

3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, СЕЛЕКЦІЯ ТА САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412128>
Article received 2021.09.12
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Hanna Boyko
hanna.boiko@nubip.edu.ua

15 Heroiv Oborony st., Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 630*232.32 631.53.027 : 582.475.4

Вплив мікробних агентів і біопрепаратів на їх основі на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris* L.

Г. О. Бойко¹, Н. В. Пузріна², А. О. Бондар³, В. М. Гриб⁴

Найвищі показники проростання насіння *Pinus sylvestris* L. в умовах *in vitro* виявлено за умов їхнього оброблення штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. Менш ефективними виявилися штами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016. У лісовому розсаднику для передпосівного оброблення насіння найефективнішими виявилися *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016. Фітотоксичний вплив виявили штами *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variable* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Оброблення насіння штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 забезпечило збільшення висоти сіянців сосни на 15-19%, діаметра на кореневій шийці – на 10-21% та маси коренів – на 39-40%. Використання штамів *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 збільшило ці ж показники сіянців, порівняно з контролем, на 5-14, 5 та 37% відповідно.

Водна витяжка із мортмаси листків *Corylus avellana* сприяла збільшенню висоти сіянців на 19%, діаметра на кореневій шийці – на 15%, маси коренів – на 30%, порівняно із контролем. За оброблення насіння витяжкою із мортмаси листків *Tilia cordata* Mill. збільшення згаданих показників становило 13, 13 та 23% відповідно.

¹ Бойко Ганна Олексіївна – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-068-389-26-78. E-mail: hanna.boiko@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-7472-7972>

² Пузріна Наталія Василівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-093-628-90-45, E-mail: npuzrina@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-1645-7489>

³ Бондар Анатолій Омелянкович – академік Лісівничої академії наук України, начальник Вінницького обласного управління лісового та мисливського господарства, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38(0432)61-17-42. E-mail: vinwood@mail3.nest.vn.ua

⁴ Гриб Володимир Макарович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-067-501-00-94. E-mail: gvm1958@nubip.edu.ua <https://scholar.google.com.ua/citations?user=H0oUmjgAAAAJ&hl=uk>

За оброблення насіння водною витяжкою із мортмаси листків *Quercus robur* L. та *Alnus glutinosa* Gaertn. ріст сіяncів пригнічувався: їхня висота, порівняно з контролем, зменшилася на 23 і 13%, діаметр на кореневій шийці – на 29 і 11%, маса корінців – на 9 і 33%.

За оброблення насіння біопрепаратами Триходермін, Гаупсин, Планриз у лабораторних умовах, його якісні показники в усіх варіантах були вищими, ніж на контролі. У лісовому розсаднику за передпосівного оброблення насіння зазначеними вище біопрепаратами висота сіяncів збільшилася на 5-19%, діаметр на кореневій шийці – на 10-21%, а маса коренів – на 38-53%, порівняно із контролем. Менш ефективними виявилися біопрепарати Мікосан-Н і Фітоспорин.

Ключові слова: насіння; садивний матеріал; мікроміцети; мортмаса; штами грибів; висота сіяncів; діаметр на кореневій шийці; маса коренів; гриби; бактерії.

Вступ (Introduction). Для отримання якісного садивного матеріалу *Pinus sylvestris* L. цікавим і актуальним видається використання високоефективних та екологічно безпечних препаратів, в основі яких є живі культури мікроорганізмів. Крім цього, гриби та бактерії здатні продукувати біологічно активні речовини зі стимулюючим ефектом.

Штами грибів володіють біологічною активністю, здатною пришвидшувати ріст мікроорганізмів, рослин, характеризуються високим вмістом білка і широким спектром різних біологічно активних речовин у біомасі та культуральній рідині, що зазвичай важливо для біотехнології (Білай, 1984, 1998).

Створення високоефективних та екологічно безпечних технологій, які здатні на належному рівні підтримувати біотичну стійкість лісових екосистем, є актуальним завданням і має бути спрямоване на посилення біологічного захисту рослин проти шкідливих організмів. Застосування мікроорганізмів у складі біопрепаратів ґрунтується на використанні наявних у природі взаємовідносин між патогенною і сапротрофною мікобіотою та рослинами, що забезпечує їхню специфічну вибірковість, порівняно з хімічними пестицидами (Дьяков, 1992).

На сьогодні у вітчизняній і світовій науці спостережено підвищену зацікавленість до вивчення грибів. Це пов'язано, насамперед, із кардинальним переглядом значущості та унікальності екологічних функцій, які контролюються грибами у природних екосистемах. Гриби були і залишаються одним із головних та перспективних об'єктів біотехнології (Антонов, 1990).

Відзначено зацікавленість до мікроскопічних грибів, насамперед як до потенційних продуцентів господарсько значущих ферментів, що виробляються грибами родів *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Gladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, та ін. Так, про мікроміцети роду *Trichoderma*, зважаючи на їхню високу ефективність у боротьбі зі збудниками хвороб рослин, у різних країнах нагромаджено значний фактичний матеріал, який стосується фізіолого-морфологічних, біохімічних і генетичних досліджень грибів, а також технологій одержання біопрепаратів з їх успішним використанням (Харченко, 1986).

У цьому аспекті варто згадати відомий препарат Триходермін, до складу якого входять мікроміцети виду *Trichoderma viride*. Вони здатні виділяти

різні речовини: регулятори росту (ауксини, цитокіни), вітаміни та антибіотики. Фітогормони, які виділяє *Trichoderma*, надходять у рослину та стимулюють її швидкий ріст і розвиток. Препарат створено на основі гриба *Trichoderma lignorum* Harz., який є антагоністом багатьох фітопатогенних грибів, пов'язаних у своєму розвитку із ґрунтом, і характеризується високою активністю проти багатьох збудників хвороб рослин із родів *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Phoma*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Verticillium*.

Гриби роду *Trichoderma* є антагоністами збудників багатьох хвороб лісових деревних рослин, зокрема і збудників вилягання сіяncів. Механізм захисної дії *Trichoderma* spp. ґрунтується на здатності пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів у ризосфері рослин і стимулювати їхній розвиток внаслідок виділення біологічно активних речовин.

Існують дані щодо стимулюючої дії *Trichoderma* spp. на проростання насіння бавовни і кукурудзи, встановлено позитивний вплив мікроміцетів на ріст коренів і надземної маси баклажанів, перцю і томатів (Розенфельд, 2005). Водночас деякі автори (Підоплічко, 1991) вказують на фітотоксичні властивості та інгібування проростання насіння хвойних видами роду *Trichoderma*, які мають високу ферментативну активність. Здійснені зарубіжними вченими дослідження з поширення видів роду *Trichoderma* показали, що більшість видів заселяє певний субстрат (Fernbach, & Mohr, 1990). Перспективність грибів роду *Trichoderma* полягає у найповнішому залученні їхніх унікальних біологічних властивостей. За використання грибів роду *Trichoderma* зазвичай не враховують той факт, що внесення антагоністично активних штамів у сформований біоценоз спричинює комплекс складних взаємодій з ґрунтовою мікрофлорою і вищими рослинами. Також маловивчене питання щодо поширення різних видів роду *Trichoderma* в лісових біоценозах та їхнього використання для захисту рослин (Підоплічко, 1977, 1978, 1991).

Мета дослідження полягає в оцінюванні фітотоксичного і стимулюючого впливу виділених із насіння *Pinus sylvestris* штамів грибів, водної витяжки із мортмаси листків різних деревних рослин і біопрепаратів (на основі грибів, бактерій) на біометричні показники сіяncів хвойного виду.

Об'єктом дослідження були біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*. Предмет дослідження – стимулююча роль штамів грибів, водної витяжки із мортмаси листків різних деревних рослин і біопрепаратів на процес вирощування садивного матеріалу *Pinus sylvestris*.

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods). Матеріалом для досліджень слугувало насіння *Pinus sylvestris*, зібране у середньовікових соснових насадженнях свіжого грабово-дубово-соснового сугруду на території лісового фонду ДП «Городницьке лісове господарство» Новоград-Волинського району Житомирської області.

Для визначення фітотоксичності ізолятів мікроміцетів їх вирощували поверхневим методом на рідкому поживному середовищі Чапека в ерленмейєрвських колбах об'ємом 150 мл. Температура культивування грибів становила 26-28°. Токсичність культуральної рідини визначали на 7-14-ту добу росту гриба. Перед визначенням токсичності культуральну рідину відділяли від міцелію фільтруванням. Насіння *Pinus sylvestris* (по 30 насінин), замочене у фільтратах грибів (10 мл, впродовж 18 год.), розкладали на фільтрувальний папір у чашках Петрі. Контролем слугувало насіння сосни, намочене у середовищі Чапека, яке пророщували 7-14 діб за температури 20-25°C (ДСТУ 8558:2015).

У польових умовах визначали біометричні показники однорічних сіянців сосни, вирощених із насіння, обробленого різними розчинами. Для цього насіння намочували на 18 год. у свіжо приготовлених водних розчинах із мортмаси листових опадів, культуральних рідин мікроміцетів, біопрепаратів Триходермін, Гаупсин, Планриз, Мікосан, Фітоспорин (1 : 1 : 1) та у воді (контроль).

Оброблене насіння висівали у розсаднику для оцінювання впливу різних розчинів на біометричні показники садивного матеріалу *Pinus sylvestris*. Насіння висівали з розрахунку по 200 шт. на 1 м довжини посівної борозенки. Після закінчення вегетації було здійснено облік сіянців, виміряно біометричні показники (висоту, довжину корінців, діаметр на кореневій шийці). Також визначено повітряно-суху масу 100 однорічних сіянців (окремо – коренів і надземної частини) та розраховано відношення маси коренів до маси надземної частини. Отримані дані оброблено методами варіаційної статистики з визначенням їхньої достовірності за t-критерієм Стьюдента. Розрахунки і статистичне оброблення даних здійснено за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel.

У вирощених сіянців вимірювали висоту та діаметр на кореневій шийці з точністю до міліметра. Сіянці зважували на електронних вагах з точністю до 1 мг і визначали масу їхніх коренів у повітряно-сухому стані. Отримані результати обробляли статистично.

Мікологічні та мікробіологічні дослідження здійснювали у трьох повторностях. Цифровий матеріал обробляли методами варіаційної статистики. Стандартну похибку показників чисельності мікроорганізмів у мікобіоті насіння визначали за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Office. Графіки побудовано за допомогою стандартних програм Excel.

Результати (Results). Для здійснення досліджень у польових умовах було відібрано найактивніші штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив активних штамів мікроміцетів на біометричні показники однорічних сіянців

Table 1. Influence of active strains of micromycetes on biometric parameters of seedlings

Вид, штам гриба	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянців, г / %	
	висота		діаметр на кореневій шийці		корені	усього
	H ± m, см / %	t _ф	D ± m, мм / %	t _ф		
Контроль (вода)	10,7±0,27 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	11,9 / 100	45,6 / 100
<i>Trichoderma viride</i> 2016	12,3±0,33 / 115	3,80	2,4±0,05 / 121	6,16	16,8 / 139	58,6 / 128
<i>Trichoderma lignorum</i> 201	12,3±0,34 / 114	1,19	2,1±0,04 / 110	4,67	18,1 / 147	58,5 / 128
<i>Alternaria alternata</i> 2016	10,2±0,26 / 105	4,17	1,9±0,05 / 105	–	15,3 / 134	53,0 / 126
<i>Trichoderma viride</i> 16	12,8±0,26 / 119	5,56	2,1±0,06 / 110	1,43	18,5 / 140	60,4 / 132

Примітка. t_{st} = 1,98 (P=0,95); t_{st} = 2,62 (P=0,99)

У лісовому розсаднику за передпосівного оброблення насіння найактивнішими були штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16. Порівняно з контролем, їхнє застосування зумовило збільшення висоти сіянців на 15-19%, діаметра на кореневій шийці – на 10-21% та маси коренів – на 39-40% (рис. 1).

За результатами досліджень, інший штам – *Trichoderma lignorum* 201 також суттєво вплинув, порівняно з контролем, на збільшення у сіянців висоти (на 14%), діаметра на кореневій шийці (на 5%) і маси коренів (на 37%) (рис. 2).

За впливу штаму *Alternaria alternata* 2016 зафіксовано незначне збільшення висоти сіянців і діамет-

ра на кореневій шийці (на 5%), із одночасним суттєвим збільшенням маси коренів – на 37%. Гриби роду *Trichoderma* активно беруть участь у розкладанні органічних сполук, процесах амоніфікації і посилення мобілізації фосфору та калію, збагачуючи ґрунт рухливими поживними речовинами; сприяють нагромадженню бактерій роду *Azotobacter* і бульбочкових бактерій (Бойко, Башта, 2015).



Рис. 1. Стимулюючий вплив *Trichoderma viride* 16 на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*: 2 – *Trichoderma viride* 16, К – контроль

Fig. 1. The galvanizing effect of *Trichoderma viride* 16 on biometric parameters of Scots pine seedlings: 2 – *Trichoderma viride* 16, К – Control



Рис. 2. Стимулюючий вплив мікроміцетів (8 – *Trichoderma lignorum* 201; К – контроль) на висоту однорічних сіянців *Pinus sylvestris*

Fig. 2. The galvanizing effect of micromycetes (8 – *Trichoderma lignorum* 201; К – Control) on the height of annual seedlings

Окрім опосередкованої дії через ризосферну мікрофлору, гриби роду *Trichoderma* можуть безпосередньо впливати на метаболічні процеси, що від-

буваються у рослині, оскільки гриби здатні виділяти ауксини, гібереліни та інші сполуки. Гриби роду *Trichoderma* безпосередньо впливають на ростові процеси, але не за гібереліновим, а за ауксиновим типом, за якого відбувається не тільки витягування клітин, але й нагромадження біомаси, потовщення стовбурців у рослин, що узгоджується з результатами інших досліджень (Ратука, 2007).

За останні десятиріччя значного поширення набули ферментні препарати мікробіологічного походження (бактеріального і грибного), які отримують як метаболіти під час штучного культивування їх продуцентів у глибинній або поверхневій культурі, у рідкому або твердому середовищі. Серед них варто виділити такі.

Мікосан-Н – біологічний препарат фунгіцидної дії на основі афілофорального гриба *Fomes fomentarius*. Діюча речовина, отримана із грибних клітин, проникає у клітини рослин і стимулює утворення в рослинах ферментів, які мають властивість руйнувати клітинні стінки фітопатогенних грибів.

Гаупсин – бактеріальний інсекто-фунгіцидний препарат, який містить життєздатні клітини бактерій *Pseudomonas aureofaciens* і залишки компонентів живильного середовища, ефективний проти шкідливих комах і збудників хвороб. Гаупсин має антимікробну, фунгіцидну, ентомопатогенну і ростову стимулюючу дію, не поступаючись за ефективністю хімічним препаратам.

Планриз – біологічний препарат на основі ґрунтових бактерій *Pseudomonas fluorescens* AP-33. Ефективний як профілактичний засіб проти грибних і бактеріальних збудників, йому притаманні ростові стимулюючі властивості. Бактерії *Pseudomonas fluorescens*, окрім прямого пригнічення шкідливої мікрофлори, сприяють виділенню рослинами фітоалексинів, підвищують їхній імунітет, а також, за умови передпосівного оброблення насіння, пригнічують дію насіннєвої інфекції.

Фітоспорин – мікробіологічний препарат, призначений для захисту рослин від грибних і бактеріальних хвороб. Діючою речовиною препарату є живі клітини бактеріальної культури *Bacillus subtilis* (Розенфельд, 2005).

Передпосівне оброблення насіння *Pinus sylvestris* у лісовому розсаднику також було здійснено водними витяжками із мортмаси листків берези, ліщини, липи, осики, вільхи, дуба. Результати досліджень наведено у табл. 2.

Максимальну кількість бактерій виявлено у підстилці під широколистяними лісами, мінімальну – під хвойними. Подібну закономірність встановлено також для мікроміцетів, яких у підстилці рослинних угруповань у 2-3 рази більше, ніж бактерій. Найбільшу кількість видів мікроміцетів відзначено у дібровах, що узгоджується з найвищими показниками трюфності, порівняно з бідними типами лісорослинних умов, де переважають березняки, осичники і сосняки. При цьому спостережено особливості компонентів складу мікобіоти підстилки і ґрунтів у різних рослинних асоціаціях (Дьяков, 1992).

Вплив водних витяжок із мортмаси листків деревних порід на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*Table 2. Influence of water extracts of woody species leaf mortmass on biometric indicators of *Pinus sylvestris* seedlings

Водна витяжка із мортмаси листків деревних порід	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянців, г / %	
	висота		діаметр на кореневій шийці		коріння	усього
	H ± m, см / %	t _ф	D ± m, мм / %	t _ф		
Контроль	10,9±0,22 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	12,5 / 100	45,6 / 100
Береза	12,7±0,32 / 114	3,80	2,2±0,05 / 112	6,16	15,7 / 121	58,5 / 128
Ліщина	11,8±0,31 / 113	1,17	2,1±0,04 / 111	4,67	18,2 / 123	58,6 / 128
Липа	13,9±0,22 / 113	4,14	2,0±0,05 / 113	–	18,9 / 123	60,0 / 131
Осика	14,7±0,23 / 119	5,53	2,1±0,06 / 115	1,43	19,2 / 130	60,4 / 132
Вільха	9,5±0,27 / 77	–	1,0±0,02 / 71	0,44	8,1 / 91	38,5 / 91
Дуб	8,5±0,11/51	–	1,2±0,04/65	0,25	9,4/61	21,3 /78

Примітка. t_{st} = 1,98 (P=0,95); t_{st} =2,62 (P=0,99)

У варіанті оброблення насіння сосни витяжкою із мортмаси листків *Corylus avellana* L. спостережено збільшення висоти сіянців на 13%, діаметра на кореневій шийці – на 11%, маси корінців – на 23% (рис. 3).

За оброблення насіння сосни водною витяжкою із мортмаси листків *Betula pendula* Roth. відзначено збільшення висоти сіянців на 14%, діаметра на кореневій шийці – на 12%, маси корінців – на

21% (рис. 4). За оброблення насіння витяжкою із мортмаси листків *Tilia cordata* Mill. збільшення згаданих показників становило 13, 13 та 23% відповідно.

За оброблення насіння водною витяжкою із мортмаси листків *Alnus glutinosa* та *Quercus robur* ріст сіянців пригнічувався, їхня висота зменшилася на 23 і 49%, діаметр на кореневій шийці – на 29 і 35%, маса коренів – на 9 і 39% (рис. 5).



Рис. 3. Стимулюючий вплив водної витяжки із мортмаси листків *Corylus avellana* на біометричні показники сіянців: К – контроль, І – водна витяжка із мортмаси листків *Corylus avellana*

Fig. 3. The galvanizing effect of aqueous extract of hazelnut leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: K – Control, I – Aqueous extract of hazelnut leaf mortmass

Полив сіянців сосни водною витяжкою із мортмаси листків *Alnus glutinosa* об'ємом 1 л на 1 м² з періодичністю два рази на тиждень стало причиною ще більшого зменшення висоти сіянців – на 13%, діаметра на кореневій шийці – на 11%, маси

корінців – на 33% порівняно із контролем (рис. 6). Окрім цього, у лісовому розсаднику здійснено передпосівне оброблення насіння *Pinus sylvestris* різними біопрепаратами. Результати дослідів наведено у табл. 3.



Рис. 4. Стимулюючий вплив водної витяжки із мортмаси листків *Betula pendula* на біометричні показники сіянців сосни: К – контроль, 3 – водна витяжка із мортмаси листків *Betula pendula*

Fig. 4. The galvanizing effect of aqueous extract of birch leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: К – control, 3 – water extract of birch leaf mortmass



Рис. 5. Інгібіруючий вплив водної витяжки із мортмаси листків *Quercus robur* на біометричні показники сіянців: К – контроль, 12 – водна витяжка із мортмаси листків *Quercus robur*

Fig. 5. The inhibitory effect of water extract of oak leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: К – control, 12 – water extract of oak leaf mortmass



Рис. 6. Інгібіруючий вплив водної витяжки мортмаси листків *Alnus glutinosa* на біометричні показники сіянців: К – контроль, 12 – водна витяжка із мортмаси листків *Alnus glutinosa*

Fig. 6. The influence of aqueous extract of alder leaf mortmass on biometric indicators of seedlings: К – control, 12 – aqueous extract of alder leaf mortmass

Біометричні показники сіянців, вирощених за оброблення насіння біопрепаратами Триходермін, Гаупсин (концентрація 1 : 1), практично в усіх варіантах були вищими, ніж на контролі. За передпосівного оброблення насіння у розсаднику найбіль-

шу відмінність, порівняно з контролем, спостережено у варіантах з використанням Гаупсину – сіянці перевищували контроль за висотою на 15%, за діаметром на кореневій шийці – на 10%, за масою коренів – на 53% (рис. 7).

Вплив біопрепаратів на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*

Table 3. Influence of biologicals on biometric parameters of seedlings

Біопрепарат	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянців, г / %	
	висота		діаметр на кореневій шийці		коренів	усього
	H ± m, см / %	t _ф	D ± m, мм / %	t _ф		
Контроль	10,9±0,22 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	12,8 / 100	45,6 / 100
Триходермін	12,3±0,32 / 114	3,80	2,2±0,05 / 121	6,16	17,7 / 138	58,5 / 128
Мікосан – Н	11,2±0,31 / 105	1,17	2,1±0,04 / 109	4,67	19,2 / 148	58,6 / 128
Гаупсин	12,9±0,22 / 119	4,14	2,0±0,05 / 110	–	19,9 / 153	60,0 / 131
Планриз	12,7±0,23 / 115	5,53	2,1±0,06 / 110	1,43	18,2 / 140	60,4 / 132
Фітоспорин	10,5±0,27 / 99	–	1,9±0,06 / 99	0,64	11,1 / 88	41,5 / 91

Примітка. t_{st} = 1,98 (P = 0,95); t_{st} = 2,62 (P = 0,99)



Рис. 7. Стимулюючий вплив біопрепарату Гаупсин на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:
К – контроль, 10 – Гаупсин

Fig. 7. The galvanizing effect of biological product Gaupsin on biometric parameters of *Pinus sylvestris* seedlings:
K – control, 10 – Gaupsin

У варіанті оброблення насіння Триходерміном відзначено збільшення висоти сіянців на 14%, діаметра на кореневій шийці – на 21%, маси коренів – на 27% (рис. 8). Не менш ефективною вияви-

лася дія препарату Планриз на сіянці сосни, який також позитивно вплинув на збільшення висоти рослин на 15%, діаметра на кореневій шийці – на 9%, маси коренів – на 40% (рис. 9).



Рис. 8. Стимулюючий вплив біопрепарату Триходермін на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:
К – контроль, 9 – Триходермін

Fig. 8. The galvanizing effect of the biological product Trichodermin on the biometric parameters of *Pinus sylvestris* seedlings: K – control, 9 – Trichodermin



Рис. 9. Стимулюючий вплив біопрепарату Планриз на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:
К – контроль, 7 – Планриз

Fig. 9. The galvanizing effect of biological product Planriz on biometric indicators of *Pinus sylvestris* seedlings:
K – control, 7 – Planriz

За умов оброблення насіння сосни Мікосаном-Н встановлено збільшення висоти сіянців на 5%, діаметра на кореневій шийці – на 9% та маси коренів – на 48% (рис. 10).

Найменш ефективним виявилось оброблення сіянців сосни Фітоспорином, де висота сіянців та діаметр на кореневій шийці були меншими, ніж на контролі, на 1%, а маса коренів – нижчою на 12%.



Рис. 10. Стимулюючий вплив біопрепарату Мікосан на біометричні показники сіянців *Pinus sylvestris*:
К – контроль, 6 – Мікосан

Fig. 10. The galvanizing effect of the Mikosan biological product on seedling biometrics of *Pinus sylvestris*:
K – control, 6 – Mikosan

Отже, можна стверджувати, що передпосівне оброблення насіння *Pinus sylvestris* певними групами біопрепаратів мало позитивний вплив, що відобразилось на збільшенні біометричних показників сіянців деревного виду. За результатами досліджень, найвищу активність у лабораторних і польових умовах виявили препарати Триходермін і Гаупсин, які може бути рекомендовано для застосування у лісовому господарстві для передпосівного оброблення насіння.

Дискусія (Discussion). Перевагою мікробних препаратів є їхня багаторічна дія. Внесений у вигляді біопрепарату в навколишнє середовище або орган рослини мікроорганізм продовжує впро-

довж тривалого часу жити, розмножуватися і впливати не лише на мікобіоту в її системній єдності, але й на рослину. В усьому світі широко застосовують бактеріальні та грибні препарати – антагоністи фітопатогенів. Найпоширенішими є препарати на основі бактерій двох родів *Bacillus* і *Pseudomonas* (Бойко, Пузріна, 2015). Бактерії роду *Pseudomonas* не утворюють спор, але вони є природними регуляторами фітопатогенних мікроорганізмів, добре засвоюють органічні субстрати, продукують антибіотики та регулятори росту.

Важливим аспектом використання біологічних агентів у захисті рослин, здатних стримувати розвиток інфекції, є приживлюваність їх у ґрунті. Три-

вале збереження ґрунтової біоти зумовлене низкою чинників, одним з яких є кислотність ґрунтів. Щорічна оцінка дії екстрактів ґрунту лісорозсадника на продуценти біопрепаратів (штами *Trichoderma* МГ-97 і *Trichoderma*, штам «Універсальний») показала, що ґрунт розсадника має високу токсичну дію на проростання спор грибів.

Крім бактеріальних препаратів, широко застосовують препарати на основі грибів. Їх можна поділити на дві групи: 1) препарати на основі мікроміцетів-антагоністів, які в боротьбі за субстрат продукують сильні антибіотики і пригнічують розвиток фітопатогенів; 2) препарати на основі мікроміцетів-гіперпаразитів, які безпосередньо харчуються міцелієм фітопатогенів та їх спорами (Патика, 2007). Варто зазначити, що продукування стимулюючих речовин посилює ріст рослин. Виділені ізоляти бактерій *Pseudomonas* spp., *Arthrobacter* spp. і *Agrobacterium* spp. здатні стимулювати ріст *Pinus sylvestris* на глинисто-піщаному ґрунті (Egamberdiyeva, & Naahetela, 2003). Мікробні інокулянти (*Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Laccaria laccata*), щеплені окремо або в комбінації, значно покращують ріст і збільшують біомасу проростків (Ahangar, Dar, & Bhat, 2012). Саджанцям *Pinus sylvestris* потрібне синє або ультрафіолетове (UV-A) світло, а також гібереліни й ауксини, які стимулюють їхній ріст (Novikov et al., 2021). Низькоінтенсивне когерентне опромінення насіння позитивно впливає на ріст проростків як сосни, так і цукрових буряків (Salmia, 1980).

Висновки (Conclusions). Найвищі показники проростання насіння *Pinus sylvestris* в умовах *in vitro* виявлено за умов їхнього оброблення штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. Менш ефективними виявилися штами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016. У лісовому розсаднику для передпосівного оброблення насіння найефективнішими виявилися *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016. Фітотоксичний вплив виявили штами *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Оброблення насіння штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 забезпечило збільшення висоти сіянців сосни на 15-19%, діаметра на кореневій шийці – на 10-21% та маси коренів – на 39-40%. Використання штамів *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 збільшило ці ж показники сіянців, порівняно з контролем, на 5-14, 5 та 37% відповідно.

Водна витяжка із мортмаси листків *Populus tremula* сприяла збільшенню висоти сіянців на 19%, діаметра на кореневій шийці – на 15%, маси корінців – на 30%, порівняно із контролем. За оброблення насіння витяжкою із мортмаси листків *Tilia cordata* збільшення цих показників становило 13, 13 та 23% відповідно.

За оброблення насіння водною витяжкою із мортмаси листків *Alnus glutinosa* та *Quercus robur* ріст сіянців пригнічувався: їхня висота, порівняно з контролем, зменшилася на 23 і 13%, діаметр на кореневій шийці – на 29 і 11%, маса корінців – на 9 і 33%.

За умов оброблення насіння біопрепаратами Триходермін, Гаупсин, Планриз у лабораторних умовах, його якісні показники практично в усіх варіантах були вищими, ніж на контролі. У лісовому розсаднику за передпосівного оброблення насіння зазначеними вище біопрепаратами висота сіянців збільшилася на 5-19%, діаметр на кореневій шийці – на 10-21%, а маса коренів – на 38-53% порівняно із контролем. Менш ефективними виявилися біопрепарати Мікосан-Н і Фітоспорин.

Подяки (Acknowledgements). Висловлюємо подяку директору ДП «Городницьке ЛГ» Мельнику Віктору Сергійовичу за сприяння у проведенні польових досліджень під час збору експериментальних даних. Також висловлюємо подяку доценту кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій Пінчуку Андрію Петровичу за попереднє рецензування статті, а також двом невідомим опонентам.

Список літератури (References)

- Антонов, Н. М. (1990). *Влияние возраста материнского насаждения на качество семян*. Киев: Изд-во К земле с любовью [Antonov, N. M. (1990). *Influence of the age of the parent stand on the quality of seeds*. Kiev: Publishing house To the earth with love] (in Russian)
- Білай, В. І. (1998). *Біологічно активні речовини мікроскопічних грибів та їх застосування*. Київ: Наукова думка [Bilaj, V. I. (1998). *Biologically active substances of microscopic fungi and their application*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Білай, В. І. (1984). *Ґрунтові мікроміцети*. Київ: Наукова думка [Bilaj, V. I. (1984). *Soil micromycetes*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Бойко, Г. О., Башта, О. В. (2015). Мікобіота насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 25.9, 28-34. [Bojko, G. O., & Bashta, O. V. (2015). Mycobiota seeds of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 25.9, 28-34. <https://doi.org/10.15421/40250905>] (in Ukrainian)
- Бойко, Г. О., Пузріна, Н. В. (2015). Схожість та енергія проростання насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) різного кольору. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 219, 113-117. [Bojko, G. O., & Puzrina, N. V. (2015). Germination and germination energy of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds of different colors. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 219, 113-117. Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>] (in Ukrainian)

- Дьяков, Ю.Т. (1992). *Стратегії життя фітопатогенних грибів та їх еволюція*. Київ: Наукова думка [Diakov, Yu. T. (1992). *Life strategies of phytopathogenic fungi and their evolution*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- ДСТУ 8558:2015 (2015). *Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності)*. [Чинний від 01.01.2017]. Вид. офіційне. Київ: Держстандарти України [DSTU 8558:2015. (2015). *Seeds of trees and shrubs. Methods for determining sowing qualities (germination, viability, good quality)*. [Effective from 01.01.2017]. The official edition. Kyiv: State Standards of Ukraine] (in Ukrainian)
- Патика, В.П. (2007). *Екологія мікроорганізмів*. Київ: Основа [Patyka, V.P. (2007). *Ecology of microorganisms*. Kyiv: Basis] (in Ukrainian)
- Підоплічко, Н.М. (1977). *Атлас грибних мікроорганізмів*. Київ: Наукова думка [Pidoplichko N.M. (1977). *Atlas of mushroom microorganisms*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Підоплічко, Н.М. (1991). *Грибна флора ґрубих кормів*. Київ: Вид-во АН УРСР [Pidoplichko, N.M. (1991). *Mushroom flora of roughage*. Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR] (in Ukrainian)
- Підоплічко, Н.М. (1978). *Фітотоксичність грибів роду Fusarium – збудника корневих гнилей озимої пшениці*. Київ: Мікробіологія [Pidoplichko, N.M. (1978). *Phytotoxicity of fungi of the genus Fusarium – the causative agent of root rot of winter wheat*. Kyiv: Microbiology] (in Ukrainian)
- Розенфельд, В.В. (2005). *Фітопатогенні властивості штампів, виділених із насіння сосни*. Житомир: Полісся [Rozenfeld, V.V. (2005). *Phytopathogenic properties of strains isolated from pine seeds*. Zhytomir: Polissya] (in Ukrainian)
- Харченко, С.М. (1986). *Антимікробна активність мікотоксинів*. Київ: Наукова думка [Kharchenko, S.M. (1986). *Antimicrobial activity of mycotoxins*. Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Ahangar, M.A., Dar, G.H., & Bhat, Z.A. (2012). Growth response and nutrient uptake of blue pine (*Pinus wallichiana*) seedlings inoculated with rhizosphere microorganisms under temperate nursery conditions. *Annals of Forest Research*, 55 (2), 217-227. Retrieved from <https://www.afrjournal.org/index.php/afr/article/view/62>
- Egamberdiyeva, D., & Naahatela, K. (2003). Effect of plant growth promoting bacteria on growth of scots pine and silver birch seedlings. XII World Forestry Congress. Canada: Quebec. Retrieved from <https://www.fao.org/3/XII/0635-B4.htm>
- Fernbach, E., & Mohr, H. (1990). Coaction of blue/ultraviolet-A light and light absorbed by phytochrome in controlling growth of pine (*Pinus syles-tris* L.) seedlings. *Planta*, 180, 212-216. <https://doi.org/10.1007/BF00193998>
- Novikov A., Bartenev I., Podvigina O., Nechaeva O., Gavrin D., Zelikov V., Novikova T., & Ivetic V.

- (2021). The effect of low-intensive coherent seeds irradiation on germinants growth of Scots pine and sugar beet. *Journal of Forest Science*, 67, 427-435. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9681-7>
- Salmia, M.A. (1980). Inhibitors of endogenous proteinases in Scots pine seeds: Fractionation and activity changes during germination. *Physiologia Plantarum*, 48 (2), 266-270. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03253.x>

The influence of microbial agents and biological products based on them on the biometric parameters of *Pinus sylvestris* L. seedlings

H. Boyko¹, N. Puzrina², A. Bondar³, V. Hryb⁴

To obtain high-quality planting material of *Pinus sylvestris* L., it seems interesting and relevant to use highly effective and environmentally friendly preparations based on live cultures of microorganisms. In addition, fungi and bacteria are able to produce biologically active substances with a stimulating galvanizing effect.

The highest growth rates of *Pinus sylvestris* seeds *in vitro* conditions were found when they were treated with the strains of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. The strains of *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 were less effective. The strains of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 proved to be the most effective in the forest nursery for pre-sowing seed treatment. Phytotoxic effects were found in in

¹ Hanna Boyko – PhD in Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine. Tel. : +38-068-389-26-78. E-mail: hanna.boiko@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-7472-7972>

² Natalia Puzrina – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 4 Burmystenko st., Kyiv, Ukraine. Tel.: +38-093-628-90-45. E-mail: npuzrina@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-1645-7489>

³ Anatoliy Bondar – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 (0432)-61-17-42. E-mail: vinwood@mail3.nest.vn.ua

⁴ Volodymyr Hryb – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Forestry, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony st., Kyiv, Ukraine. Tel.: +38-067-501-00-94. E-mail: gvm1958@nubip.edu.ua <https://scholar.google.com.ua/citations?user=H0oUmjgAAAAJ&hl=uk>

strains of *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Seed treatment with the strains of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 provided an increase in the height of pine seedlings by 15-19, in the diameter of the root collar – by 10-21 and in the mass of the roots – by 39-40%. The use of the strains of *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016 increased the same indicators of seedlings, compared to the control, by 5-14, 5 and 37%, respectively.

Aqueous extract of *Corylus avellana* leaf mortmass increased the height of pine seedlings by 19, the diameter of the root collar by 15, and the mass of roots by 30% compared to the control. For seed treatment with water extract from the leaves of *Betula pendula* Roth. there was an increase in seedling height by 14, in the diameter of the root collar – by 12, in the mass of the roots – by 21%. For treatment of seeds with an extract from mortmass of leaves of *Tilia cordata* Mill. the increase of the mentioned indicators was 13, 13, and 23%, respectively.

When treating pine seeds with water extract from *Quercus robur* and *Alnus glutinosa* leaves, the growth of the seedlings was inhibited: their height decreased by 23 and 49, the diameter at the root collar – by 29 and 35, the root weight mass – by 9 and 39 %.

Watering pine seedlings with water extract from the leaves of *Alnus glutinosa* Gaertn. in the amount of 1 liter per 1 m² twice a week caused a decrease in the plant height by 13, in the diameter of the root collar – by 11, in the mass of the roots – by 33% compared to the control.

When treating pine seeds with an extract from mortmass of *Tilia cordata* Mill leaves. the increase in these indicators was 13, 13, and 23%, respectively.

When treating the seeds with biological preparations Trichodermin, Gaupsin, Planriz in laboratory conditions, their quality indicators in almost all variants were higher than those in the control. In the forest nursery, the pre-sowing treatment of seeds with the above biological products increased the height of seedlings by 5-19, the diameter of the root collar – by 10-21, and the mass of the roots – by 38-53% compared to the control.

The Mikosan-H and Fitosporin biologics proved to be less effective. Thus, under conditions of Mikosan-H pine seed treatment, the height of seedlings increased by 5, the diameter of the root collar – by 9, and the mass of the roots – by 48%. When treating pine seeds with Phytosporin, the height of seedlings and the diameter on the root collar were lower than in the control by 1%, and the mass of the roots was lower by 12%.

It can be argued that the most effective biological products were Trichodermin, Gaupsin and Planriz. Pre-sowing treatment of *Pinus sylvestris* seeds with these biological products had a positive effect, which was reflected in an increase in the biometric parameters of tree seedlings. The highest activity in laboratory and field conditions was found in the drugs Trichodermin and Gaupsin which can be recommended for use in forestry for pre-sowing seed treatment.

Key words: seeds; planting material; micromycetes; mortmass; fungal strains; seedling height; diameter at the root collar; root mass; mushrooms; bacteria.