

МІКРОБНІ АГЕНТИ АКТИВІЗАЦІЇ РОСТОВИХ ПРОЦЕСІВ НАСІННЯ ТА САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

Бойко Г. О., Кульбанська І. М.

ВСТУП

Серед основних завдань щодо ефективного ведення лісового господарства України, слід вказати на підвищення біологічної стійкості і продуктивності лісів на засадах, наближених до природних, які базуються на видовому й формовому біорізноманітті у системі єдності його складників (автотрофів і гетеротрофів).

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є цінним лісовірним видом деревних рослин, насадження за участю якої охоплюють понад 30% площі лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю. Як і переважна більшість інших хвойних деревних рослин, сосна звичайна у природних умовах відновлюється тільки насіннєвим шляхом, тому для забезпечення лісокультурного виробництва сіянцями та саджанцями необхідна значна кількість якісного насіння. На якість насіння впливають різноманітні абіотичні та біотичні чинники, серед яких особлива роль належить епіфітній та ендоефітній мікобіоті.

Важливим аспектом у вирішенні цього завдання є вирощування якісного садивного матеріалу з урахуванням процесів лісовідновлення і лісорозведення та складного комплексу заходів, зокрема використання потенційних продуцентів біологічно активних речовин мікробної етіології, у тому числі й у частині захисті лісових насаджень від шкідливих організмів.

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), як і переважна більшість інших хвойних лісових деревних рослин, у природних умовах відновлюється тільки насіннєвим шляхом. Поліпшення посівних якостей насіння з використанням мікробних біотехнологій є одним із ключових елементів за умов її вирощування. Міко- і мікробіота виступають визначальним стимулюючим й інгібуючим чинником, який впливає на схожість і енергію проростання насіння та біометричні показники сіянців, зокрема і сосни звичайної. Певна кількість видового різноманіття мікобіоти використовується для виробництва стимуляторів росту рослин, серед яких і пробіотики. Наразі у лісовому господарстві ці аспекти залишилися, практично поза увагою як лісівничої науки, так і практики лісогосподарського виробництва. Разом із тим, міко- й мікробіота насіння, як і рослин на різних етапах їх росту та розвитку, особливо в

ювенільний період їх розвитку, суттєво впливає не лише на метаболічні процеси, а й на характер росту, розвитку рослин. Це тим більше важливо, бо лише в останні два десятиріччя експериментально доведена нестерильність насіння щодо патогенних організмів, у тому числі – й облігатних.

З'ясування лісівничих чинників у контексті регуляції міко- та мікробіоти і тепер залишається досить актуальним, оскільки дозволяє певною мірою стимулювати не лише сапротрофний складник мікробного комплексу рослин, а й підсилювати на цій основі стимуляцію регуляторних чинників. На особливу увагу заслуговують дослідження видового складу і властивостей міко- та мікробіоти насіння сосни звичайної. Це дозволяє відібрати штами мікроорганізмів з високою біологічною активністю, що можуть бути використані не лише як потенційні мікробні препарати, а й продуценти біологічно активних речовин у процесі вирощування якісного садивного матеріалу сосни звичайної. Саме на з'ясування вказаних цих аспектів і спрямована представлена робота, яка, на наш погляд, досить своєчасна і актуальна.

Аутоміко- та мікробіота являють собою важливий складник насіння деревних і кущових рослин, значною мірою її різноманіття впливає на стабільність екосистеми. Отже, розробка та застосування високоефективних і екологічно безпечних біопрепаратів, пробіотиків природних продуцентів біологічно активних речовин, створених на основі живих культур бактерій, грибів, є актуальним за умов вирощування якісного садивного матеріалу сосни звичайної.

1. Роль грибних мікроорганізмів у лісовому біоценозі

Основною властивістю кожного біогеоценозу є специфічна взаємодія його компонентів. Актуальним залишається системне вивчення місця і ролі окремих складників лісового біоценозу, зокрема грибів, оскільки в деяких випадках гриби можуть бути ключовими видами, втрата яких екосистемою може призвести до значної негативної зміни останньої. Дослідження угруповань грибів у природі має важливе наукове і практичне значення. Гриби являють собою екологічну гетерогенну групу організмів, важливий і необхідний елемент лісових біогеоценозів, які разом з бактеріями здійснюють деструкцію біоти, виступають потужним фактором, що впливає на життя лісу вцілому. Сапротрофні гриби мінералізують органічні залишки, що дозволяє їх вважати активними ґрунтоутворювачами. Гриби-мікоризоутворювачі сприяють росту й розвитку деревних рослин і відіграють важливу роль щодо їх захисту. Особлива роль належить грибам – збудникам хвороб, які здатні завдавати значної шкоди лісовому господарству. Вони уражують

рослини на всіх стадіях їхнього розвитку, починаючи з ювенільної і продовжуючи свій вплив у віці дорослих рослин. Також мінералізують рослинні залишки, особливо гриби-ксилотрофи¹.

Широка екологічна пластичність грибів за способом живлення і значне біорізноманіття дозволяють їм займати практично всі ніши лісового фітоценозу, забезпечувати кругообіг речовин у біоценозі. Відомо, що найбільш давньою формою існування грибів є сапротрофний спосіб життя, і перехід до паразитизму у них відбувався в ході тривалого еволюційного розвитку. За ступенем паразитичної активності і способу життя виділяють групи грибів, які розташовуються на різних щаблях еволюційної драбини².

Паразитичні гриби характеризуються спеціалізацією – властивістю до паразитування лише на певному колі рослин або в їхніх органах і тканинах. Спеціалізація може бути широкою і вузькою, існує видова та сортова спеціалізація. Крім того, всередині одного виду можуть зустрічатися форми (популяції), які зовні не відрізняються, але паразитують на різних видах рослин (*forma specialis*). Розрізняють також філогенетичну (приуроченість до певних живильних рослин) і онтогенетичну (приуроченість до певного вікового етапу, індивідуального росту й розвитку рослин) спеціалізації. Типи спеціалізації мають практичне значення для розробки методів боротьби з хворобами рослин.

Мікроорганізми – постійні компоненти насіння, хвої, вони локалізуються як на його поверхні, так і всередині. Серед них трапляються антагоністи до патогенів, а також продуценти стимуляторів та інгібіторів росту рослин. На якість насіння впливає багато чинників, серед яких особлива роль належить епіфітній та ендofітній мікрофлорі, яка виконує певну функцію – захищає насіння від патогенних мікроорганізмів, виділяючи біологічно активні речовини, підтримує його життєдіяльність та доброякісність. Механізм захисту складний і відбувається не тільки за рахунок антагоністичних властивостей епіфітів і ендofітів до патогенів, а, передусім, визначається конкуренцією між ними. Саме цим і пояснюють практичну відсутність патогенів серед мікрофлори здорового насіння³.

Ендofіти слугують джерелом біологічно активних речовин: гормонів, ферментів, сидерофорів, антибіотиків та фітогормона – індолілоптової кислоти. На відміну від епіфітів, екологічною нішою яких є

¹ Билай В. И., Гвоздяк Р. И., Скрипаль И. Г. Микроорганизмы-возбудители болезней растений. Київ : Наук. думка, 1988. С. 147–184.

² Билай В. И. Биологически активные вещества микроскопических грибов и их применение. Київ : Наук. думка, 1965. С. 33–69.

³ Гвоздяк Р. І., Гойчук А. Ф., Розенфельд В. В. Бактеріози лісових деревних порід. Житомир : Полісся, 2012. 171 с.

поверхні органів, ендоефітні мікроорганізми колонізують внутрішню тканину рослин, не виявляючи при цьому ознак інфекційного процесу⁴. Вони займають екологічну нішу всередині рослини, і тому отримують все необхідне для своєї життєдіяльності та захищені від несприятливих природних умов. Збережені всередині рослинних тканин бактерії здатні поновлювати популяцію і підтримувати таким чином власну присутність у рослині протягом усього періоду її вегетації. Ендоефіти, продукуючи різні сполуки, можуть бути перспективним джерелом одержання природних речовин для використання в сучасній медицині, сільському господарстві та промисловості. Наприклад, виділені, з дерев тропічного лісу, продукують такі антибіотичні речовини, як таксол, криптицин, криптокандіон, ооцидин, псевдоміцин. Вважається, що скринінг антимікробних сполук, утворених штамми-ендоефітами, є перспективним напрямом досліджень з метою запобігання появі стійких штамів патогенів людини. Антимікробні метаболіти, які продукують ендоефіти, належать до різних класів біологічних сполук – алкалоїдів, пептидів, стероїдів, терпеноїдів, фенолів, хінонів і флавоноїдів. Відомо, що насіння являє собою своєрідний резерват інфекції, яка здатна акумулюватися в сіянцях, а в подальшому – і в дорослих рослинах. Усупереч думці, що тканини рослин можуть бути інфікованими лише патогенними мікроорганізмами, численні дослідники виявили мікроорганізми, які здатні перебувати тривалий час у тканинах рослин, не викликаючи патологічних явищ. Через низький рівень вологості насіння (10–12 %) у мікроорганізмів немає можливості використати їхні поживні речовини, тому життєздатне насіння фактично знаходиться в анабіозі з живими мікроорганізмами⁵.

Перше відомості про наявність видів *Trichoderma* в ґрунті зробили. Надалі було встановлено, що види *Trichoderma* є одним з важливих компонентів ґрунтової мікобіоти. Однак багато питань екології та поширення грибів роду *Trichoderma* в природі залишаються мало вивченими. Є лише розрізнені дані про народження їх в ґрунтах тих чи інших спільнот і регіонів⁶.

Гриби роду *Trichoderma* широко зустрічаються на самих різних субстратах практично у всіх географічних зонах світу. Але найчастіше вони зустрічаються в підстилці і ґрунті. Накопичено великий фактичний матеріал про поширення їх в ґрунтах різних типів, включаючи піщани

⁴ Патица В. П., Омелянець Т. Г., Гриник І. В., Петриненко В. Ф. Екологія мікроорганізмів. Київ : Основа, 2007. 192 с.

⁵ Зерова М. Я. Атлас грибів України. Київ : Наук. думка, 1974. 252 с.

⁶ Громовых Т. И., Прудникова С. В., Громовых В. С., Могиляная О. А. Новые аборигенные штаммы грибів рода *Trichoderma*. Красноярск, 2001. С. 123–128.

або торф'яні а також сільськогосподарські та садові ґрунту. При цьому більшість авторів указують на відсутність видовий приуроченості до певних типів ґрунтів і космополітизм.

Показано, що ці гриби пов'язані в основному з нижнім горизонтом підстилки, в ґрунті їх менше. Наприклад, *T. harzianum* домінувала на підстилці, а дослідження, проведені в південній Індії, продемонструвало, що *Trichoderma viride* є складником останньої ланки сукцесії на підстилці в тропічних трав'яних угіддях, і грає роль кліматичного виду. Численні роботи з вивчення ґрунтової мікофлори поки викликають, що гриби роду *Trichoderma* широко поширені і здатні існувати в найрізноманітніших ґрунтах. Однак зазначаються деякі закономірності в поширенні окремих видів по географічним зонам⁷.

Зазначає нерівномірний розподіл грибів роду *Trichoderma* і їх більш високу частоту появу в ґрунтах, багатих органічними залишками, описуючи формування хламідоспор грибами роду *Trichoderma* в тканинах рослин і органічних залишках, роблять висновок про те, що органічна речовина – це екологічна ніша для освіти хламідоспор і виживання грибів в ґрунті. У вологих Північних ґрунтах, як правило, живуть представники видів *T. lignorum*, *T. koningii*, *T. viride*, але відсутні *T. album*, *T. Glaucum*⁸. Високу зустрічальність грибів роду *Trichoderma* відзначає поділи практично у всіх досліджених ґрунтах гірської тундри найчастіше відзначається присутність в ґрунтах європейської частини *T. harzianum*, *T. koningii*. Вивчали поширення грибів роду *Trichoderma* в лісових ґрунтах різних кліматичних зон США і вияви, що грибів роду *Trichoderma* завжди більше в підстилці і самому верхньому горизонті ґрунту⁹. Особливо їх багато у вологих ґрунтах холодних західних районів штату Вашингтон (70 % від загальної кількості), а в помірно посушливих районах Північної Кароліни їх чисельність значно нижче (18,8 %). Види *T. viride* і *T. polysporum* поширені в районах з холодною температурою, в той час як вид *T. harzianum* приурочений до проживання в регіонах з теплим кліматом. *T. koningii* і *T. hamatum* – найбільш широко розповсюджені і виявлені види у всіх Дослідження географічного розподілу видів секції *Longibrachiatum* показали, що *T. longibrachiatum* поширений дуже широко, але африканські ізоляти сильно відрізнялися від інших *T. citrinoviride* (телеоморфи *H. schweinitzii*) зустрічається в помірній зоні Європи і Північної Америки. *T. pseudokoningii* зустрічається в основному в Австралії, Океанії та Новій Зеландії. *T. reesei* (телеоморфи *H. jecorina*) відноситься

⁷ Мирчик Т. Г. Почвенная микология. М. : Изд-во МГУ, 1988. 220 с.

⁸ Ibid.

⁹ Методы экспериментальной микологии: справочник. Київ : Наук. думка, 1982. 550 с.

до тропічних областях і Американському і Африканському континентах. Виявлено група ізолятів *H. schweinitzii* з Китаю¹⁰.

Види *Trichoderma* є типовими представниками мікобіоти ґрунтів лісових екосистем показав, що *T. viride* і *T. polysporum* типові для хвойного лісу в південному Квебеку. виявили *T. inhamatum* (*T. harzianum*) в лісовому ґрунті Колумбії (Південна Америка). Зустрічається в ґрунті і на рослинних рештках у мангрових лісах. У ялиновому лісі при низьких температурах переважають *T. polysporum* (зимою) і *T. viride* (навесні). А *T. koningii* переважала в літні місяці розподіл видів роду *Trichoderma* більш тісно пов'язано з загальними абіотичними умовами, ніж з віком лісу¹¹. Однак відомі численні знахідки і в інших типах місцезнаходжень, в тому числі і в агроекосистемах. Наприклад, природні популяції *Trichoderma* виявлені в ґрунтах яблуневих садів у Вісконсині, серед яких п'ять видів. *T. hamatum*, *T. harzianum*, і *T. koningii* зустрічалися частіше, ніж *T. virens* і *T. viride*. Кожен вид виділявся з усіх географічних областей, крім *T. virens*, яка була виявлена тільки в ґрунті в південному Вісконсині¹².

Вивчали вплив агротехнічних заходів на видове різноманіття роду *Trichoderma*. Установлено, що в ґрунтах в Південно-Східній Австралії, підданих вапнуванню, збільшився вміст *T. polysporum*, в порівнянні з необробленими ґрунтами. Однак відмічено, що в агроценозах частота видів цього роду і їх велика кількість скорочується в порівнянні з природними (не підданими антропогенному впливу) місцезнаходження. Види *Trichoderma* зустрічаються і на інших субстратах. Представники грибів цього роду присутні у великій кількості як в ґрунті, так і в зразках рослинного матеріалу, житлових приміщеннях, живуть на каменях і беруть участь в руйнуванні пам'яток архітектури. Гриби роду *Trichoderma* зустрічаються повсюдно, і поширення окремих видів залежить в основному від абіотичних факторів навколишнього середовища (температура, вологість субстрату і вміст органічних речовин). Однак в цілому дані досить уривчасті і суперечливі, спеціальних досліджень присв'ячених географії роду в цілому немає¹³.

¹⁰ Volksch B., Weingart H. Toxin production by pathovars of *Pseudomonas syringae* and their antagonistic activities against epiphytic microorganisms. *Microbiol.* 1998. № 6. P. 135–145.

¹¹ Kohl J. Schlosser E. Effect of two *Trichoderma* spp. on the infection of maize roots by vesiculararbuscular mycorrhiza. *Z. Pflanzenkrankh und Pflanzenschutz.* 1989. № 4. P. 439–443.

¹² Patil I. S., Srikant K., Hegde R. K. Antagonistic action of species of *Trichoderma*, *Bacillus* and *Streptomyces* on *Drechslera sorokiniana* (Sacc) subram & jain. *Pesticides.* 2001. № 12. P. 2–23.

¹³ Danielson R. M., Davey C. B. Non nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. *Soil Biology and Biochemistry.* 1973. P. 495–504.

Досліджуючи мікобіоту насіння, слід зазначити, що для різних живильних середовищ характерні певні відмінності у видовому різноманітті таксонів грибів та їхньому співвідношенні. Для росту і розвитку мікроорганізмів необхідною умовою є наявність у достатній кількості живильних речовин, які в легкодоступній формі знаходяться в поживних середовищах. При цьому, поживні середовища не завжди придатні для виявлення властивостей мікроорганізмів чи забезпечення росту інших видів грибів. Тобто кожне середовище створює умови для життєздатності та перевірки чутливості мікроорганізмів і дає змогу виділити найбільшу кількість компонентів мікобіоти.

Очевидно, і в природних умовах видове і формове різноманіття мікологічного та мікробіологічного угруповань сосни звичайної безпосередньо пов'язане з режимом живлення (за інших рівних умов). Відомо, що рослина селекціонує свій міко- та мікрокомплекс і, цілком вірогідно, що це пов'язано з живленням рослини. Для міко- та мікроорганізмів притаманна вибірковість до тих чи інших органічних і мінеральних сполук, а їхнє співвідношення значимо впливає на мікобіоту.

Для дослідження із насіння сосни звичайної різних вікових груп та різного за забарвленням шкірки на різних поживних середовищах були ізольовані гриби родів *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* – потенційні продуценти біологічно активних речовин, які можуть бути використані для підвищення схожості, енергії проростання насіння сосни звичайної та вирощування якісного садивного матеріалу. Ідентифіковані сапротрофи *Mucor sp.* та *Rhizopus sp.* та потенційні фітопатогенні гриби з родів *Fuzarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Cladosporium sp.* Так, на поживному середовищі Чапека були виділені гриби родів *Penicillium Link.* (до 70 % видів), ідентифіковано гриби з роду *Alternaria Link* *Aspergillus Michel* (16,8 %) та *Trichoderma Link.* (близько 3 %). Також серед мікобіоти було виділено сапротрофні види родів *Mucor* і *Rhizopus* (до 40 %) та потенційні фітопатогенні види з родів *Fuzarium* (12 %) і *Cladosporium* (34 %) (рис. 1).

Максимальну кількість мікроміцетів спостерігали на середовищі КГА (від 75,3 % – на насінні з чорним забарвленням до 97,7 % – на насінні з бурим забарвленням) (рис. 2).

Найбільша кількість виділених ізолятів була відзначена на середовищі КГА (87,0–88, 7 %). За різних умов виділення мікобіоти (волога камера, середовище Чапека, КГА, МПА) більш сприятливими були КГА та середовище Чапека (рис. 3).



а)



б)

Рис. 1. Мікробіота насіння сосни звичайної з чорним забарвленням: а – середовище Чапека, 10-та доба культивування; б – середовище КГА, 14-та доба культивування



в)



з)

Рис. 2. Мікробіота насіння сосни звичайної з бурим забарвленням шкірки: (в – середовище Чапека, 10-та доба культивування; з – середовище МПА, 14-та доба культивування)

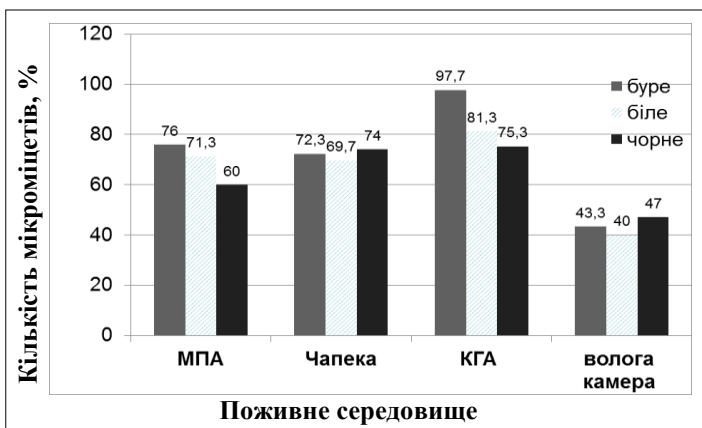


Рис. 3. Заселення насіння сосни звичайної різного за забарвленням мікробіотою за різних умов культивування, %

М'ясо-пептонний агар (МПА) являє собою універсальне середовищем для вилучення бактеріальної мікробіоти і характеризується найменшою заселеністю мікроміцетами. А його використання під час проведення дослідів дало можливість відібрати штами бактерій *Bacillus subtilis*, у тому числі із антагоністичними властивостями.

Отже, встановлено, що найбільший рівень заселення насіння сосни звичайної різних вікових груп був на середовищі КГА – від 74 % (на насінні, відібраному з молодняків) і до 88,7 % – на насінні з середньовікової групи.

Мінімальна кількість мікроміцетів виявлена у вологих камерах – від 40 % на насінні, зібраному в стиглому деревостані, до 43,3 % – на насінні, відібраному з молодняків. Максимальне заселення мікробіотою за всіх умов культивування спостерігали у насіння стиглого насадження – від 40 % до 88,7 %, а мінімальне – у насіння молодого насадження (від 73,3 % до 74,0 %) (рис. 4).

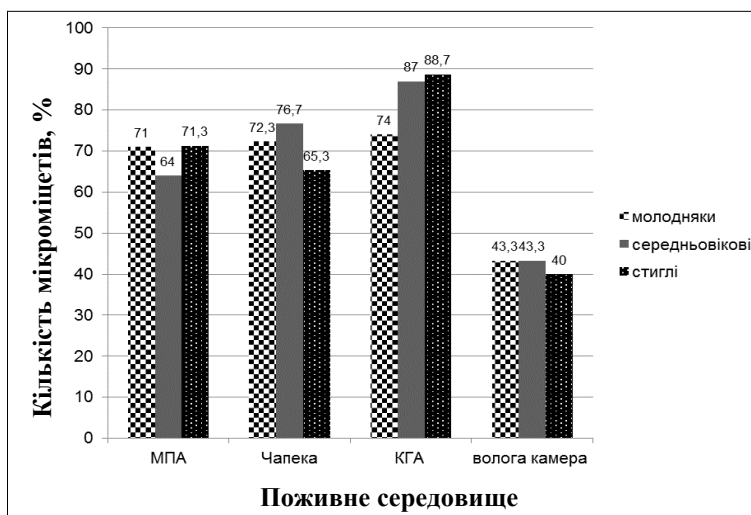


Рис. 4. Заселення насіння сосни звичайної різних вікових груп мікробіотою за різних умов культивування, %

Встановлено, що найсприятливішим середовищем для ідентифікації є поживне середовище Чапека та КГА, як і оптимальні для живлення мікроміцетів, виділених з насіння сосни звичайної (74, 7–88,7 %). Середовище МПА та КГА – універсальним середовищем для виділення бактерій.

2. Методи стимулювання проростання насіння сосни звичайної в умовах *in vitro*

Відомо, що в природних екосистемах здатність до саморегуляції та ефективного використання природних ресурсів забезпечується трофічними й енергетичними зв'язками між рослинами, тваринами, птахами, комахами та мікроорганізмами. Мікроорганізми через виділення біологічно активних речовин можуть безпосередньо впливати на мікробіоценоз, а також на ріст, розвиток і продуктивність рослин. Вони є потенційними продуцентами ауксинів, гіберлінів, вітамінів, здатні стимулювати ріст і розвиток рослин, підсилувати їх фотосинтез¹⁴.

Два століття тому рід *Trichoderma* Pers. Fr. вперше був описаний помилково, як гастероміцет, і тільки половину століття тому була встановлена його справжня природа, хоча його походження і нуменклатура була і далі предметом постійних сумнівів. Рід був спочатку представлений *Persoon* в 1794 р чотирма видами, з яких зберігся лише один – *T. viride*. Бейкер вперше визначив, що цей рід відноситься до гіфоміцетів, і звернув увагу на важливість мікроскопічних ознак для ідентифікації видів цього роду, особливо, таких як характер розгалуження кондієносців, будова і розташування фіалід і морфологія спор. Вперше на родинний зв'язок аскоміцетів *Hypocrea* і *T. viride* звернули увагу брати *T. ulasne* і в наразі встановлено, що більшість видів *Trichoderma* мають здійснювати стадію, що відноситься до роду *Hypocrea*¹⁵.

Перша спроба систематизувати рід *Trichoderma* була зроблена *Saccardo*, який привів опис 22 видів. Надалі, більш детально цей рід вивчили. Ці автори вперше підійшли до розгляду представників даного роду більш диференційовано і виділили наступні чотири види: *T. lignorum* (Tode) Harz, *T. koningii* Oudem, *T. glaukum* Abbott і *T. album* Preus. Ця система отримала широке поширення і внесла деякий порядок в роботи пов'язані з родом *Trichoderma*. В цьому випадку необхідно вивчення механізмів, що лежать в основі мінливості цих грибів в гаплоїдній стадії¹⁶.

Важливий крок до вирішення проблеми системи роду *Trichoderma* зроблений при використанні макромолекулярних методів систематики. Цей підхід дозволяє оцінити однорідність групи, з'ясувати стосунки між видами і обумовити зв'язок анаморфної і телеоморфної стадії. І в ідеалі

¹⁴ Dixit R. B., Gupta J. S. Effect of on the production of antifungal substances by *Streptomyces olivaceus* and *Aspergillus versicolor*. *Geobios*. 1983. № 4. P. 189–191.

¹⁵ Volksch B., Weingart H. Toxin production by pathogens of *Pseudomonas syringae* and their antagonistic activities against epiphytic microorganisms. *Microbiol.* 1998. № 6. P. 135–145.

¹⁶ Pawuk W. H. Damping-off of container – grown longleaf pine seedlings by seed borne *Fusaria*. *Plant Disease Reporter*, 1978. P. 872

може допомогти в досягненні природної класифікаційної системи для цієї групи¹⁷.

Крім того, показана потенційна можливість використання методів аналізу ДНК для визначення родів *Trichoderma* і *Gliocladium*, а також для ідентифікації видів роду *Trichoderma*, але застосування одних цих методів неможливо без ретельного походження морфології досліджуваних ізолятів.

Багато видів роду *Trichoderma* утворюють хламідоспори сферичні або округлі, термінальні або інтеркалярні, гладкі, зелені, менше 15 мкм в діаметрі. Наявність хламідоспор – характерна ознака родів *Trichoderma*, але їх форма не є діагностичною для встановлення виду. Характерні ознаки зростання колоній на агарових середовищах ледь вловимі. Більшість видів росте швидко і легко спороносьє на звичайних середовищах. На відміну від порівнянних родів, таких як *Penicillium* Link, або *Fusarium* Link, у грибів роду *Trichoderma* фактично немає повітряного міцелію, а велика частина дифузійної пігментації зазвичай набуває жовтого відтінку. Жовтий пігмент – характерна ознака деяких видів секції *Longibrachiatum*. Колонії *Trichoderma* часто характеризуються зональністю розвитку спороншення. Вони були й лишаяються рівноправною й обов'язковою складовою частиною різноманітних екосистем у процесі їх еволюції. За кількістю видів гриби займають третє місце після тварин та рослин. На сьогодні відомо понад 200 тис. видів, і серед них мітоспорові гриби представлені майже 15 тис. видами¹⁸.

Деякі види грибів мають здатність утворювати токсини і це підвищує їх конкурентноспроможність в освоєнні субстрату. Велике значення для розвитку біоти має токсинутворення ряду видів грибів. Мікроміцети, що утворюють фітотоксини можуть викликати вянення рослин завдяки поглинанню їх коренями. Мітоспорові, облігатні паразитичні й мікоризні гриби відомі своєю біосинтетичною активністю, в тому числі здатні синтезувати біостимулятори. У нинішній час 70 гіберелових кислот більш як 25 продукуються мікроскопічними грибами. Майже 30 видів грибів здатні продукувати цитокініни та цитокінінові компоненти¹⁹.

Проникнення грибів у рослини чи рослинні субстрати відбувається за допомогою відповідних ферментів. Розклад рослинних субстратів грибами у ґрунті має безперервний характер і відбувається циклічно.

¹⁷ Patil I. S., Srikant K., Hegde R. K. Antagonistic action of species of *Trichoderma*, *Bacillus* and *Streptomyces* on *Drechslera sorokiniana* (Sacc) subram & jain. *Pesticides*. 2001. № 12. P. 2–23.

¹⁸ Білокінь І. П. Ріст і розвиток рослин. Київ : Вища шк. 1975. 430 с.

¹⁹ Гвоздяк Р. І. Перспективні напрями дослідження фітопатогенних бактерій. Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія. Житомир : ДАУ, 2005. С 3–8.

Гриби роду *Aspergillus* характеризуються здатністю утворювати антибіотичні речовини та токсини проти бактерій, вірусів та найпростіших. Ізоляти видів роду *Trichoderma* також характеризуються широким спектром антибіотичної дії, у тому числі вони здатні утворювати легкі антибіотики та гліотоксини. Незначна антибіотична активність притаманна видам роду *Fusarium* та представникам родини *Mukoraceae*, але перші активно утворюють Т-2 токсини, зераленон ниваленон, фузаренон та інші²⁰.

Важливе значення у поширенні грибів у ґрунтах та їх життєдіяльності мають такі біотичні фактори, як швидкість проростання спор і швидкість росту міцелію. Відома значна кількість речовин ендо- та екзогенного походження, які викликають самоінгібування і інгібування проростання спор фітопатогенних та сапротрофних видів грибів у ґрунті. Найбільше значення для ґрунту мають токсини сапрофітних і фітопатогенних грибів, які являються його постійними мешканцями²¹.

Під час утворення в ґрунті токсинів вони можуть отруювати його і впливати на рослину. В результаті утворюються складні відносини між мікроорганізмами, ґрунтом і рослиною, де ґрунт стає посередником між двома іншими компонентами в біоценозі. Тоді вплив мікроорганізмів на рослину виявляється через ґрунт, що в свою чергу може мати значення для розкриття взаємовідносин окремих компонентів в біоценозах²². При утворенні токсинів в ґрунті виникає явище токсикозу ґрунтів і як частковий випадок його – ґрунтостомлення. Воно відомо в практиці сільськогосподарства давно, значно раніше, ніж токсикоз ґрунтів. Токсикоз проявляється в різному пригніченні рослин і зниженні їх врожаю, яке виникає при монокультурі. Токсикоз ґрунтів більш широке поняття. Воно містить пригнічування росту рослин, яке виявляється і на цілинних ґрунтах, і на окультурених, де відбувається зміна культур; виявляється на самих різних рослинах, в тому числі і на сіянцях деревних порід²³. Токсикоз ґрунтів може проявлятися і по відношенню до мікроорганізмів. Найбільш добре це простежено на таких мікроорганізмах, як азотобактер, целюлозоруйнуючі бактерії, пригнічення яких часто

²⁰ Zimand G., Valinsky L, Elad Y., Chet I., Manulis S. Use of the RAPD procedure for the identification of *Trichoderma* strains. *Mycological Research*. 1994. P. 531–534.

²¹ Thinggaard K. Biological control of root pathogenic fungi by *Trichoderma* / Interrelationships Between Microorganisms and Plants Soil.: Proc. Int. Symp. Lublice : Praha, 1989. P. 395–401.

²² Yurekli F. The synthesis of indole-3acetic acid by the industrially important white rot fungus *Lentinus sajor-caju* under different culture conditions. *Mycological Res.* 2003. № 3. P. 305–309.

²³ Booth C. *Fusarium – laboratory guide to the identification of the major species*. Common wealth Mycological institute. Kew, Surrey, England, 1971. P. 58–98.

пов'язане з низкою родючістю ґрунтів, наявністю несприятливих умов в цих ґрунтах і іноді співпадає з пригніченням рослин²⁴.

Особливим проявом токсикозу ґрунтів може бути фунгістазис – явище, яке виражається в сильній затримці та пригніченні проростання спор грибів, які знаходяться в ґрунті, або яких помістили в нього. Фунгістазис поширений в багатьох ґрунтах і виявляється на різній глибині по профілю ґрунту. Найбільш сильно фунгістазис проявляється в ґрунтах з великою кількістю мікроорганізмів і дефіцитом поживних речовин. В Україні рядом вчених виділено 150–190 культур мікроорганізмів та грибів і доведено, що орієнтовно 40–70 % здатні синтезувати гетерауксини та вітаміни. Висока активність синтезу цих речовин відзначена у бактерій видів *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Mycobacterium album*, актиноміцетів *Actinomycetes violaceus*, *Act. vulvoviridis*, *Act. flabus* ціанобактерій, дріжджів та грибів (*Fusarium gibbosum*, *F. sambucinum*, *F. verticillioides*, *Penicillium vitale*²⁵ .

Позитивний вплив мікроорганізмів на рослини завдяки стимуляторам росту сприяє формуванню добре розвинутих, здорових рослин, які менше уражуються шкідниками та збудниками хвороб. Разом з тим, серед ґрунтових міко- і мікроорганізмів наявні також види, які утворюють інгібітори росту та фітотоксини, викликають захворювання деревних рослин. Фітотоксини пригнічують проростання насіння, ріст проростків та розвиток рослин. Мікроорганізми, які продукують фітотоксичні речовини, відносяться до різних таксономічних груп У їхньому середовищі виокремлюється група серед них відмічаємо групу фітопатогенних бактерій, які здатні уражувати лісові деревні рослини. Серед них окремо виділив бактерії родів *Pseudomonas*, *Ervinia*, з їх здатністю до продукування фітотоксинів. Токсичність епіфітних та ендоефітних мікроорганізмів у лісових деревних рослин вивчено недостатньо, хоча, як відомо, утворення фітотоксинів фітопатогенами слугує показником їхньої здатності спричиняти захворювання рослин. Серед численних епіфітів і ендоефітів існують потенційні збудники бактеріозів²⁶.

Деякі епіфітні бактерії, наприклад, штами *Pseudomonas agglomerans*, продукуючи фітогормон ауксин, здатні також змінювати нормальний розвиток і ріст рослин. Але найбільша кількість видів із фітотоксичними властивостями виділена серед мікроскопічних грибів. Найбільшу відносно сільськогосподарських рослин і тварин проявляють гриби родів *Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. ochraceus*), *Dendrodochium*,

²⁴ Білай В. Й. Фузарии. В. Й. Білай. Київ : Наук. думка, 1977. 442 с.

²⁵ Baker R. Improved *Trichoderma* spp. for promoting crop productivity. *Trend Biotechnol.* 1987. № 2. P. 34–58.

²⁶ Danielson R. M., Davey C. B. Non nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. *Soil Biology and Biochemistry.* 1973. P. 495–504.

Fusarium (*F. graminearum* *F. lateritium* *F. solani* *F. oxysporum*), *Helminthosporium*, *Penicillium* (*P. funiculosum* *P. nigricans* *P. purpurogenum* *P. verrucosum* var. *cyclopium*), *Stachybotrys* та *Verticillium* та інших. Фітотоксичний і стимулюючий вплив мікроміцетів для лісового господарства залишається мало вивченим і потребує проведення детальних наукових досліджень. Тому подальшими нашими дослідженнями стала перевірка виділених мікроміцетів на схожість насіння²⁷.

За результатами наших досліджень було встановлено фітотоксичний вплив штамів грибів родів *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichothecium*, які за літературними джерелами є потенційними збудниками захворювань насіння та сянців сосни звичайної, а також стимулювання проростання насіння під впливом культуральних рідин *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201 (табл. 1.1).

Ідентифіковані у процесі нами гриби відзначалися як стимулюючою, так і фітотоксичною дією. Свідченням цього є прискорення та гальмування ростових процесів насіння сосни звичайної за передпосівної обробки насіння штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Trichoderma viride* 16, *Alternaria alternata* 2016, *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16.

Встановлено, що найвищими показниками ростових процесів насіння сосни звичайної відзначався штам *Trichoderma viride* 2016 (лабораторна схожість перевищували на 14–17%). При цьому спостерігалось збільшення довжини проростків на 1,2 см та маси ростків на 0,07 г.

Штам *Trichoderma lignorum* 201 мав також високі стимулюючі властивості. За його впливу виявлено значне збільшення довжини проростків на 1,9 мм та маси на 0,04 г, схожість зросла на 7–19%.

Штам *Trichoderma viride* 16 характеризувався стимулюючим впливом на проростання насіння (схожість була 18–22%), при цьому збільшувалася довжина проростків на 1,5 мм та маса на 0,13 г. Штами *Trichoderma* найкраще проявили себе в лабораторних дослідженнях і, на нашу думку, доцільно перевірити їх стимулюючу дію на ріст однорічних сянців у розсаднику лісництва. За умов обробки штамом *Alternaria alternata* 2016 відзначалося збільшення схожості при культивуванні (14 доба) на 7%, довжини проростків на 0,3 мм. За обробки згаданим штамом маса проростків зменшувалась на 0,2 г.

Штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 стимулювали ріст проростків сосни звичайної в середньому на 7–22% порівняно з контролем (середовище Чапека).

²⁷ Bissett J. A revision of the genus *Trichoderma*. I Section *Longibrachiatum* sect. nov. *Canadian Journal of Botany*. 1983. P. 924–931.

Таблиця 1.1

**Стимулюючий та фітотоксичний вплив мікроміцетів
на проростання насіння сосни звичайної, %**

№ з/п	Штам гриба	Лабораторна схожість, %		Довжина проростків, см (14 доба)	Маса проростків, г (14 доба)
		доба культивування			
		7	14		
1	Контроль (Чапека)	73,3±1,6	73,5±1,2	3,2±0,11	0,34±0,08
2	<i>Trichoderma viride</i> 2016	87,0±2,3	90,0±1,8	4,4±0,17	0,41±0,06
3	<i>Alternaria alternata</i> 16	37,2±1,9	47,0±1,1	2,1±0,11	0,28±0,04
4	<i>Trichoderma lignorum</i> 201	80,0±1,1	92,1±2,2	5,1±0,28	0,38±0,04
6	<i>Alternaria alternata</i> 2016	73,0±3,2	80,0±1,3	3,5±0,20	0,32±0,02
7	<i>Fusarium oxysporum</i> 206	31,1±2,1	27,0±3,6	2,2±0,18	0,11±0,01
8	<i>Fusarium sambucinum</i> 16	23,0±1,3	23,4±1,5	1,3±0,12	0,13±0,04
9	<i>Fusarium sambucinum</i> 2016	15,0±2,3	27,2±1,0	2,8±0,25	0,14±0,05
10	<i>Penicillium variabile</i> 16	12,0±1,2	13,0±1,7	1,2±0,07	0,04±0,03
11	<i>Penicillium lanosum</i> 201	17,0±1,9	20,0±2,4	1,3±0,01	0,08±0,01
12	<i>Aspergillus fumigatus</i> 20	17,0±2,4	27,0±2,9	1,8±0,23	0,12±0,04
13	<i>Aspergillus fumigatus</i> 2016	11,0±1,7	10,4±2,9	1,2±0,3	0,03±0,01
14	<i>Trichothecium roseum</i> 2016	40,3±2,9	47,0±1,3	3,1±0,23	0,16±0,02
15	<i>Trichoderma viride</i> 16	95,0±2,7	93,0±3,0	4,7±0,37	0,47±0,02

Продуктування рістстимулюючих речовин згаданими штамми вказує на те, що біопрепарати на основі мікроміцетів *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201 можуть відзначатися позитивним впливом на якісні показники насіння, що потребує в подальшому детальшого долідження.

Підвищення рістстимулюючого ефекту спостерігали на 14-ту добу культивування (рис. 5).

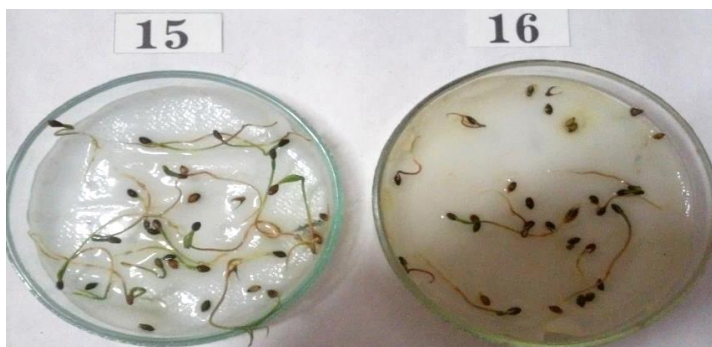


Рис. 5. Стимулювання ростових процесів насіння сосни звичайної за обробки штамом *Trichoderma viride* 16 (15 – *Trichoderma viride* 16; 16 – контроль (вода))

Найменшою схожість була за обробки штамми *Fusarium sambucinum* 2016 (лабораторна схожість становила $15,0 \pm 2,3\%$), *Aspergillus fumigatus* 2016 ($10,4 \pm 1,7\%$), *Penicillium variable* 16 ($12,0 \pm 1,2\%$), що в середньому на 50 % нижче порівняно з контролем. У середньому спостерігалось зменшення маси на 0,20 г, та довжини ростків на 2 см відповідно (рис. 6).

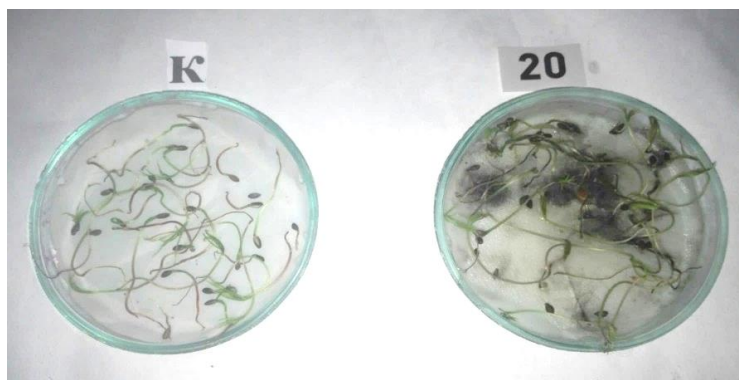


Рис. 6. Пригнічення ростових процесів насіння сосни звичайної під дією штаму *Fusarium oxysporum* 206 (20 – *Fusarium oxysporum* 206, K – контроль (вода))

Максимальне сповільнення процесів проростання, тобто найбільший фітотоксичний вплив здійснювали *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variable* 16; *Aspergillus fumigatus* 2016. За проведеними дослідженнями, *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 сповільнювали ростові процеси в середньому на 25,9–74,6 %. Одночасно з пригніченням росту спостерігалось зменшення довжини ростків на 4,2 мм, та їхньої маси на 0,4 г, порівняно з контролем.

Найменша схожість відзначена за оброблення насіння штамами *Fusarium sambucinum* 2016 (лабораторна схожість становила $15,0 \pm 2,3$ %), *Aspergillus fumigatus* 2016 ($10,4 \pm 1,7$ %), *Penicillium variable* 16 ($12,0 \pm 1,2$ %), що в середньому на 50 % нижче порівняно з контролем. У середньому спостерігалось зменшення маси на 0,20 г та довжини ростків на 2 мм порівняно з контролем. За одержаними результатами дослідженнями *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 сповільнювали ростові процеси в середньому на 25,9–74.

3. Вплив аутомікобіоти на біометричні показники сіянцив сосни звичайної

Для одержання якісного садивного матеріалу сосни звичайної цікавим і актуальним видається використання вискоелективних та екологічно-безпечних препаратів, в основі яких знаходяться живі культури мікроорганізмів. Крім цього, гриби та бактерії здатні продукувати біологічно активні речовини зі стимулюючим ефектом. Відібрана мікобіота насіння сосни звичайної з різних екологічних умов характеризувалася широким спектром продукування біологічно активних речовин, що дало змогу дослідити їх вплив на вирощування сіянцив сосни звичайної.

Мікроорганізми відіграють важливу роль у житті рослинних і тваринних організмів. За літературними даними, найбільш активними продуцентами ауксину є різні види азотобактера, псевдомонас та актиноміцетів, із виділених дослідниками 150–190 культур мікроорганізмів та грибів приблизно 40–70 % здатні синтезувати гетерауксини та вітамін В₁. Висока активність синтезу відзначена у бактерій видів *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Mycobacterium album*, актиноміцетів *Actinomycetes violaceus*, *Act. vulvoviridis*, *Act. flabus*, цианобактерій, дріжджів, та грибів (*Fusarium gibbosum*, *F. sambucinum*, *F. Verticillioides*, *Penicillium vitale*). У культуральній рідині грибів містяться продукти метаболізму, такі як гетерауксин, що стимулюють репродуктивні процеси в рослині, зокрема плодоношення.

Стимулювання пояснюється вмістом в культуральній рідині грибів значної кількості вітамінів, амінокислот і мінеральних елементів. Штами грибів володіють біологічною активністю, здатною прискорювати ріст мікроорганізмів, рослин, характеризуються високим вмістом білка і широким спектром різних біологічно активних речовин у біомасі та культуральній рідині, що зазвичай важливо для біотехнології. У вирощених сіянцих вимірювали висоту та діаметр кореневої шийки з точністю до 1 мм. Сіянци зважували на електронних вагах з точністю до 1 мг і визначали масу їх коренів у повітряно-сухому стані. Отримані результати обробляли статистично.

Для проведення досліджень у польових умовах були відібрані найбільш активні штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

**Вплив активних штамів мікроміцетів
на біометричні показники сіянцих**

Вид, штам гриба	Біометричні показники				Повітряно-суха маса 100 сіянцих, г/%	
	висота		діаметр кореневої шийки		коріння	усього
	H ± m, см /%	tф	D ± m, мм /%	tф		
Контроль (вода)	10,7±0,27 / 100	–	1,9±0,04 / 100	–	11,9 / 100	45,6 / 100
<i>Trichoderm viride</i> 2016	12,3±0,33 / 115	3,80	2,4±0,05 / 121	6,16	16,8 / 139	58,6 / 128
<i>Trichoderm 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>Trichoderm viride</i> 16	12,8±0,26 / 119	5,56	2,1±0,06 / 110	1,43	18,5 / 140	60,4 / 132

Примітка: tst = 1,98 (P=0,95); tst =2,62 (P=0,99); H – висота; D – діаметр.

За аналізом наведених даних можна стверджувати, що найефективнішими виявилися штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Trichoderma viride* 16, що підтверджено лабораторними дослідженнями.

У лісовому розсаднику за передпосівної обробки насіння найбільш активними були штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 – вони збільшували висоту сіянців на 15–19 %, при збільшенні діаметра кореневої шийки на 10–21 % та маси коріння на 39–40 % (рис. 7).



Рис. 7. Стимулюючий вплив *Trichoderma viride* 16 на біометричні показники сіянців сосни звичайної: 2 – *Trichoderma viride* 16, К – контроль

Крім цього, штам *Trichoderma lignorum* 201 суттєво впливав на збільшення висоти сіянців на 14 %, діаметра кореневої шийки на 5 % і маси коріння – на 37 % (рис. 8).



Рис. 8. Вплив мікроміцетів (8 – *Trichoderma lignorum* 201; К – контроль) на висоту однорічних сіянців

За впливу штаму *Alternaria alternata* 2016 відбувалося незначне збільшення висоти сіянців та діаметра кореневої шийки на 5 %, а маси коріння – на 37 %. За даними ряду авторів, гриби роду *Trichoderma* активно беруть участь у розкладанні органічних сполук, процесах амоніфікації і посилення мобілізації фосфору та калію, збагачуючи ґрунт рухливими поживними речовинами; сприяють зростанню бактерій роду *Azotobacter* і бульбочкових бактерій²⁸.

Деякі дослідники відзначають кореляцію між вмістом грибів роду *Trichoderma* в коренях і високою врожайністю рослин. У літературі є відомості про те, що внесення грибів роду *Trichoderma* значно активізує багато ферментів рослин – інвертазу, каталазу, амілазу, уреазу. Окрім опосередкованої дії через ризосферну мікрофлору, гриби роду *Trichoderma* можуть безпосередньо впливати на метаболічні процеси, що відбуваються в рослині, так як гриби здатні виділяти ауксини, гібереліни і інші сполуки. Висловлюється припущення, що гриби роду *Trichoderma* безпосередньо впливають на ростові процеси, але не за гібереліновим, а за ауксиновим типом, при якому відбувається не тільки витягування клітин, а й накопичення біомаси, потовщення рослин, що узгоджується і з нашими дослідженнями²⁹.

З отриманих даних можна зробити висновок, що гриби роду *Trichoderma* виявляють безпосередній стимулюючий ефект на ростові процеси насіння та біометричні показники сіянців сосни звичайної, що доповнює інформацію, висвітлену в літературному огляді.

ВИСНОВКИ

1. За умов підготовки насіння до сівби з подальшим вирощуванням із нього садивного матеріалу надзвичайно важливо враховувати мікробний ценоз у системній єдності та знаходити шляхи і методи для підтримання його динамічної рівноваги. Адже видовий склад мікобіоти впливає на ступінь ураження рослин фітопатогенами.

2. Найвищі показники ростових процесів насіння сосни звичайної в умовах *in vitro* виявлено за умов обробки штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201. Менш ефективними були штами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016. У лісовому розсаднику за умов передпосівної обробки насіння найактивнішими відзначено *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata*

²⁸ Roulston S., Lane S. D. Observations on the interaction between *Trichoderma viride* and three *Botrytis* species. *Mycologist*. 1988. № 4. P. 176–177.

²⁹ Samuels G. J., Petrini O., Kuhls K., Lieckfeldt E., Kubicek C. P. The *Hypocrea schweinitzii* complex and *Trichoderma* sect. *Longibrachiatum*. *Stued. Mycol.* 2003. P. 923–935.

2016. Фітотоксичним впливом характеризувалися штами *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variable* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016.

3. Встановлено, що найсприятливішим середовищем для ідентифікації є поживне середовище Чапека та КГА, як і оптимальні для живлення мікроміцетів, виділених з насіння сосни звичайної (74,7–88,7%). Середовище МПА та КГА – універсальним середовищем для виділення бактерій.

4. Найвищими показниками ростових процесів насіння сосни звичайної відзначались за впливу на них штамів *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201 та *Trichoderma viride* 16. У лісовому розсаднику за умов проведення передпосівної обробки насіння культуральними рідинами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 підвищувались біометричні показники однорічних сіянців. Продукування рістстимулюючих речовин згаданими штамми вказує на те, що біопрепарати на основі мікроміцетів *Trichoderma viride* 16, *Trichoderma lignorum* 201 можуть відзначатися позитивним впливом на якісні показники насіння, що потребує в подальшому детального дослідження.

АНОТАЦІЯ

Монографія присвячена дослідженню видового складу і біологічних властивостей аутоміко- та мікробіоти насіння сосни звичайної. Акцентується увага, що біота насіння являє собою важливу складову частину сосни звичайної, її різноманіття впливає на стабільність екосистеми, дозволяє відібрати потенційні продуценти біологічно активних речовин, корисних для біотехнологічних процесів за умов вирощування якісного садивного матеріалу сосни звичайної. Аутоміко- та мікробіота насіння сосни звичайної включає різні систематичні й функціональні групи бактерій і грибів, у тому числі патогенних, які виконують у них широкий спектр функцій та забезпечують метаболічні процеси. З насіння сосни звичайної було ізольовано мікроміцети 3 відділів (*Zygomycota*, *Ascomycota*, *Deuteromycota*), 4 класів цих відділів *Zygomycetes*, *Euascomycetes*, *Hyphomycetes*, *Agonomycetes* та 7 родин *Mortierellaceae*, *Mucoraceae*, *Chaetomiaceae*, *Moniliaceae*, *Dematiaceae*, *Tuberculariaceae*, *Agonomycetaceae*. Серед мікроміцетів насіння, різного за забарвленням, відібраного з різних за віком дерев і в різних лісорослинних умовах, виявлені *Mycelia sterilia*, *Trichoderma viride*, *Alternaria alternata* – потенційні патогени рослин та антагоністи шкідливих мікроорганізмів (згадані види були типовими представниками мікробіоти насіння сосни звичайної). До типових компонентів мікробіоти також належать представники родів *Penicillium* і *Aspergillus*, які є потенційними продуцентами мікотоксинів, продукування яких небезпечно для росту та розвитку рослин сосни звичайної.

Експериментально встановлено, що найінтенсивніше ростові процеси відбуваються у насіння чорного забарвлення, відібраного у свіжому суборі в стиглих та середньовікових насадженнях. Домінуючими у мікобіоті насіння всіх вікових груп були види *Trichoderma viride* (20–95,8 %), *Mycelia sterilia* (33–83,3 %), *Alternaria alternata* (6,7–83,3 %), *Cladosporium cladosporioides* (6,7–69,2 %).

Для одержання якісного садивного матеріалу сосни звичайної нині актуальним є використання високоефективних та екологічно безпечних препаратів, основу яких становлять живі культури мікроорганізмів. Установлено, що найвищими показниками ростових процесів насіння сосни звичайної відзначались за впливу на них штамів *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201 та *Trichoderma viride* 16. У лісовому розсаднику за умов проведення передпосівної обробки насіння культуральними рідинами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma viride* 16 підвищувались біометричні показники однорічних сіянців.

У монографії акцентується увага на тому, що фізіологічно-активні речовини, які містить лісова підстилка, істотно впливають на проростання насіння, ріст і розвиток сходів. Установлено, що енергія проростання та схожість суттєво збільшилися за обробки насіння водною витяжкою мортмаси листків берези, осики і зростали відповідно на 20 % і 22 %, ліщини – на 5 % і 17 % порівняно з контрольним варіантом. Це свідчить про ефективність досліджуваних витяжок мортмаси листків та перспективність їх використання в лісовому господарстві. Разом із тим водна витяжка мортмаси листків дуба та вільхи пригнічувала ростові процеси насіння. На нашу думку, в підстилці дуба та вільхи нами були ізольовані бактерії, які уповільнюють ріст насіння, що підтверджують дослідження різних авторів. Тобто фізіологічно-активні речовини цих рослин діють зазвичай як інгібітори росту, гальмуючи ріст проростків.

Серед видового складу мікобіоти насіння сосни звичайної відібраного за різних екологічних умов, є види – потенційні продуценти біологічно активних речовин. Подібні їм види використані при створенні високоефективних та екологічно безпечних препаратів, які можна застосувати для одержання якісного садивного матеріалу сосни звичайної. Лабораторна схожість насіння сосни звичайної під дією препаратів Триходермін, Планриз збільшувалася до 15 % порівняно з контролем, схожість насіння, обробленого препаратами Фітоспорин та Мікосан, знаходилася на рівні контролю. Гаупсин також певною мірою стимулював ростові процеси. У лісовому розсаднику за обробки Гаупсином, Триходерміном, Планризом сіянці перевершували контроль за висотою на 14–15 %, діаметром кореневої шийки – на 9–21 %, масою корінців – на 27–53 %.

Важливим аспектом за умов вирощування якісного садивного матеріалу є використання сучасних методів біотехнологій, які базуються на комплексності процесів лісовідновлення і лісорозведення та враховують складний комплекс заходів, зокрема використання потенційних продуцентів біологічно активних речовин мікробної етіології, у тому числі й у захисті лісових насаджень від шкідливих організмів.

Література

1. Baker R. Improved *Trichoderma* spp. for promoting crop productivity. *Trend Biotechnol.* 1987. № 2. P. 34–58.

2. Bissett J. A revision of the genus *Trichoderma*. I Section *Longibrachiatum* sect. nov. Canadian. *Journal of Botany.* 1983. P. 924–931.

3. Booth C. *Fusarium – laboratory guide to the identification of the major species.* Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 1971. P. 58–98.

4. Danielson R. M., Davey C. B. Non nutritional factors affecting the growth of *Trichoderma* in culture. *Soil Biology and Biochemistry.* 1973. P. 495–504.

5. Dixit R. B., Gupta J. S. Effect of on the production of antifungal substances by *Streptomyces olivaceus* and *Aspergillus versicolor*. *Geobios.* 1983. № 4. P. 189–191.

6. Kohl J. Schlosser E. Effect of two *Trichoderma* spp. on the infection of maize roots by vesiculararbuscular mycorrhiza. *Z. Pflanzenkrankh und Pflanzenschutz.* 1989. № 4. P. 439–443.

7. Patil I. S., Srikant K., Hegde R. K. Antagonistic action of species of *Trichoderma*, *Bacillus* and *Streptomyces* on *Drechslera sorokiniana* (Sacc) subram & jain. *Pesticides.* 2001. № 12. P. 2–23.

8. Pawuk W. H. Damping-off of container – grown longleaf pine seedlings by seed borne *Fusaria*. *Plant Disease Reporter.* 1978. P. 872.

9. Roulston S., Lane S. D. Observations on the interaction between *Trichoderma viride* and three *Botrytis* species. *Mycologist.* 1988. № 4, P. 176 –177.

10. Samuels G. J., Petrini O., Kuhls K., Lieckfeldt E., Kubicek C. P. The *Hypocrea schweinitzii* complex and *Trichoderma* sect. *Longibrachiatum*. *Stued. Mycol.* 2003. P. 923–935.

11. Thinggaard K. Biological control of root pathogenic fungi by *Trichoderma* / Interrelationships Between Microorganisms and Plants Soil.: Proc. Int. Symp. Lublice : Praha, 1989. P. 395–401.

12. Volksch B., Weingart H. Toxin production by pathovars of *Pseudomonas syringe* and their antagonistic activities against epiphytic microorganisms. *Microbiol.* 1998. № 6. P. 135–145.

13. Yurekli F. The synthesis of indole-3acetic acid by the industrially important white rot fungus *Lentinus sajor-caju* under different culture conditions. *Mycological Res.* 2003. № 3. P. 305–309.

14. Zimand G., Valinsky L, Elad Y., Chet I., Manulis S. Use of the RAPD procedure for the identification of *Trichoderma* strains. *Mycological Research*. 1994. P. 531–534.
15. Билай В. И. Биологически активные вещества микроскопических грибов и их применение. Киев : Наук. думка, 1965. С. 33–69.
16. Билай В. И., Гвоздяк Р. И., Скрипаль И. Г. Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Киев : Наук. думка, 1988. С. 147–184.
17. Білай В. Й. Фузарии. В. Й. Билай. Київ : Наук. думка, 1977. 442 с.
18. Білокін І. П. Ріст і розвиток рослин. Київ : Вища шк. 1975. 430 с.
19. Гвоздяк Р. І. Перспективні напрями дослідження фітопатогенних бактерій. Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія. Житомир : ДАУ, 2005. С 3–8.
20. Гвоздяк Р. І., Гойчук А. Ф., Розенфельд В. В. Бактеріози лісових деревних порід. Житомир : Полісся, 2012. 171 с.
21. Громовых Т. И., Прудникова С. В., Громовых В. С., Могильная О. А. Новые аборигенные штаммы грибов рода *Trichoderma*. Красноярск, 2001. С. 123–128.
22. Зерова М. Я. Атлас грибов Украины. Киев : Наук. думка, 1974. 252 с.
23. Методи експериментальної мікології : справочник. Киев : Наук. думка, 1982. 550 с.
24. Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М. : Изд-во МГУ, 1988. 220 с.
25. Патица В. П., Омелянець Т. Г., Гриник І. В., Петриненко В. Ф. Екологія мікроорганізмів. Київ : Основа, 2007. 192 с.

Information about the authors:

Boiko Hanna Oleksiivna,

Candidate of Agricultural Sciences,

Associate Professor at the Department of Forestry,

Education and Research Institute of Forestry and Landscape-Park

Management

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15, Heroiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine

Kulbanska Ivanna Mykolaivna,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Associate Professor at the Department of Forestry,

Education and Research Institute

of Forestry and Landscape-Park Management

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

15, Heroiv Oborony str., Kyiv, 03041, Ukraine