

UDK 579.61+634.74|581.6(477)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.33>

ЕНДОФІТНІ ІЗОЛЯТИ МІКРОМІЦЕТІВ ІЗ ПЛОДІВ *CHAENOMELES THIBETICA* ТА ЇХ ФУНГІСТАТИЧНА АКТИВНІСТЬ

Лихолат Ю.В., Дрегваль О.А., Дідур О.О., Хромих Н.О., Скляр Т.В., Давидов В.Р., Лихолат Т.Ю.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
просп. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро
lykholat2006@ukr.net, odrehval@gmail.com, didur@ua.fm, khromykh@ukr.net,
microviro@ukr.net, vadim.davodof@gmail.com, lyktata89@ukr.net

Робота присвячена вивченню фунгістатичного потенціалу симбіотичних мікроміцетів, виділених із плодів *Chaenomeles thibetica* Т.Т. Ю., інтродукованого в степовій зоні України. Рослини цього виду відомі як джерело біологічно-активних речовин з підвищеною антиоксидантною здатністю, які застосовуються у традиційній медицині. Крім того, *Ch. thibetica* має високу стійкість до збудників мікозів, що може бути частково забезпечено дією ендоефітних мікроорганізмів. Проте ендоефітні угруповання мікроорганізмів у рослинах хеномелесу майже не досліджені. Обґрунтовано актуальність здійснення екологічно безпечного контролю патогенів і розроблення біологічних препаратів на основі ендоефітних мікроорганізмів (або їх метаболітів), які розглядаються як альтернатива хімічним пестицидам, фунгіцидам і бактеріцидам. Актуальність цього завдання для степової зони аргументовано недостатнім видовим різноманіттям плодів рослин, які мають оздоровчі властивості. Ендоефіти ізолювали з плодів *Ch. thibetica*, зібраних у ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Для дослідження ізолятів мікроміцетів застосовували методи макроскопічного аналізу (форма, розмір, структура колонії, колір зовнішнього боку колонії та її реверзум) та мікроскопічного аналізу (тип і розмір конідієносіців, розмір конідій, фіалід та метул, наявність шорсткості на структурах тощо) за допомогою світлодіодного мікроскопа Ulab XY-B2T, оснащеного тринкулярною насадкою для підключення цифрової камери-окуляра. Фунгістатичний потенціал ендоефітних ізолятів оцінювали методом подвійних культур проти фітопатогенних грибів *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum* та *Fusarium oxysporum*. Досліджені ізоляти були віднесені до роду *Penicillium* та визначені як види *P. brevicompactum* Dierckx і *P. viridicatum* Westling. Обидва ізоляти уповільнювали ріст колоній фітопатогенних грибів *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *A. alternata* (64,4–96,3 % інгібування росту відносно контролю). Фунгістатична активність обох ізолятів проти *F. oxysporum* (96,3 % і 76,6 % відповідно) перевищувала активність відомого антагоніста фітопатогенів *T. viride*, який показав 67,4 % інгібування росту. Ендоефітні гриби з плодів *Ch. thibetica* представляють практичний інтерес як потенційні агенти для біоконтролю фітопатогенів та продуценти біологічно-активних речовин. **Ключові слова:** ендоефіти, фунгістатичний потенціал, нетрадиційні плодові рослини, хеномелес тибетський.

Endophytic isolates of micromycetes from *Chaenomeles thibetica* fruits and their fungistatic activity. Lykholat Y., Dreghval O., Didur O., Khromykh N., Sklyar T., Davydov V., Lykholat T.

The work is devoted to studying the fungistatic potential of symbiotic micromycetes isolated from the fruits of *Chaenomeles thibetica* T.T. Yu., introduced in the steppe zone of Ukraine. Plants of this species are known as a source of biologically active substances with increased antioxidant capacity, which are used in traditional medicine. In addition, *Ch. thibetica* has high resistance to pathogens of mycoses, which can be partially ensured by the action of endophytic microorganisms. However, endophytic groups of microorganisms in *Chaenomeles* have hardly been studied. The relevance of ecologically safe control of pathogens and the development of biological preparations based on endophytic microorganisms (or their metabolites), which are considered as an alternative to chemical pesticides, fungicides and bactericides, is substantiated. The importance of this task for the steppe zone is argued by the insufficient species diversity of fruit plants that have health-improving properties. Endophytes were isolated from the fruits of *Ch. thibetica*, collected in the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University. To study the isolates, the macroscopic methods (shape, size, structure of the colony, color of the outer side and reverse) and microscopic analysis (type and size of conidiophores, size of conidia, phialide and metula, presence of roughness on the structures, using an LED Ulab XY-B2T microscope equipped with a trinocular attachment for connecting a digital eyepiece camera) were used. The fungistatic potential of endophytic isolates was evaluated by the method of double cultures against phytopathogenic fungi *Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum* and *Fusarium oxysporum*. The studied isolates were assigned to the genus *Penicillium* and identified as *P. brevicompactum* Dierckx and *P. viridicatum* Westling. Both isolates inhibited the growth of colonies of phytopathogenic fungi *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *A. alternata* (64.4–96.3% growth inhibition relative to the control). The fungistatic activity of both isolates against *F. oxysporum* (96.3% and 76.6%, respectively) exceeded that of the well-known phytopathogen antagonist *T. viride*, which showed 67.4% growth inhibition. Endophytic fungi from the *Ch. thibetica* fruits are of practical interest as potential agents for biocontrol of phytopathogens and producers of biologically active substances. **Key words:** endophytes, fungistatic potential, non-traditional fruit plants, *Ch. thibetica*

Постановка проблеми. Ендоефітні мікроорганізми колонізують внутрішній міжклітинний простір рослини та здатні зменшувати їх зараженість патогенами. Останнім часом відзначено підвищений науковий інтерес до вивчення ендоефітних мікроорганізмів плодів культур у контексті парадигми сталого

сільського господарства та ефективного управління цими культурами.

Актуальність дослідження. Одним із практичних підходів для екологічно безпечного контролю патогенів є розробка біологічних препаратів, на основі ендоефітних мікроорганізмів або їх метаболітів.

літів, які розглядаються як альтернативні хімічним пестицидам [1–3], фунгицидам [4] і бактеріцидам [5]. Такі препарати виявляють комплексну біологічну активність проти фітофагів або патогенів, а також здатні до тривалого перебування всередині рослин.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Представлені дослідження виконані в межах науково-дослідної роботи «Біологічно активні речовини малопоширених плодових рослин як ефективні засоби підвищення якості продукції та цінності сировини для функціонального харчування», державний номер реєстрації – 0121U109772 (замовник – МОН України, строк виконання 2021–2022).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із перспективних напрямків досліджень ендоефітної мікробіоти є вивчення ендоефітних мікроміцетів плодових культур, що проявляють високу біологічну активність та антиоксидантні властивості. До таких рослин належать види роду *Chaenomeles* Lindl. (підродина *Amygdaloideae*, родина *Rosaceae*). У степовій зоні України кілька видів і гібридів *Chaenomeles* успішно адаптувалися і плодоносять, накопичуючи високий рівень фенольних сполук і виявляючи більшу стійкість до поширених в регіоні патогенів порівняно з іншими плодовими рослинами [6]. Листя і плоди рослин *Chaenomeles* відносно мало пошкоджуються більшістю збудників, поширених у степовому регіоні (рис. 1). Мінімальна сприйнятливість до мікозів визначено для різних видів *Chaenomeles*, що може бути пов'язано із захисною функцією ендоефітів. Fedulova et al. [7] установила мінімальний ступінь чутливості *Ch. japonica* і *Ch. cathayensis* до фітопатогенних грибів, за винятком гриба *Monilia fructigena*, який демонструє більшу патогенність для плодових рослин. Виникнення хвороби плямистості листя, спричиненої *Colletotrichum gloeosporioides* на листках *Ch. sinensis* було повідомлено [8] як перший місцевий випадок чутливості

цього виду до патогенів. У дослідженні [9] з'ясовано суттєву антимікробну активність екстрактів шкірки плодів і м'якоті *Ch. cathayensis* і *Ch. × californica* проти широкого кола протестованих грамнегативних і грампозитивних штамів бактерій, а також двох штамів *Candida*. Відомостей про ендоефітні угруповання різних видів і їх гібридних форм рослин *Chaenomeles* дуже мало, за винятком великої різноманітності мікоризних грибів *Ch. speciosa* [10].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Ця робота пов'язана з недостатнім знанням ендоефітної мікробіоти видів *Chaenomeles* та їх внеску в розвиток стійкості цих рослин до патогенів.

Мета роботи – виділення та ідентифікація ендоефітних мікроміцетів із плодів *Ch. thibetica* та виявлення антифунгального потенціалу ізолятів по відношенню до фітопатогенних грибів.

Новизна. Вперше досліджено антифунгальний потенціал ізолятів мікроміцетів, виділених з плодів *Ch. thibetica*.

Методологічне або загальнонаукове значення. Виділені ендоефітні мікроміцети можуть бути використані для розробки на їх основі біологічних препаратів захисту рослин від мікозів.

Виклад основного матеріалу. Плоди рослини *Ch. thibetica* взяті з ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (48°26'7" N, 35°2'34" E, м. Дніпро, Україна). У ботанічному саду рослини роду *Chaenomeles* Lindl. були інтродуковані понад 25 років тому в степовій зоні, де спостерігається мала кількість опадів (у середньому 473 мм, але 265 мм в посушливі роки) та різьки коливання температури.

Методи досліджень. Стиглі плоди *Ch. thibetica* були зібрані в першій половині вересня 2021 року. Зразки промивали теплою водою, потім стерилізували шляхом послідовного занурення в 70% етанол на 30 сек і в 4%-вий розчин гіпохлориту натрію на 30 сек, промивали стерильною дистильованою водою



Рис. 1. Зовнішній вигляд чагарника *Ch. thibetica* з плодами

і обпалювали. Порції шкірки та м'якоті плодів (приблизно по 2,0 г) відбирали стерильним скальпелем і розтирали в стерильній ступці товкачем з додаванням 10 мл розчину хлориду натрію (0,5%). Аліквоти (1 мл) кожної суспензії інокулювали на картопляний глюкозний агар (КГА), розлитий у чашки Петрі. Посіви витримували за температури $28,0 \pm 0,2$ °C протягом 6 діб. Потім чашки Петрі досліджували візуально. гіфи з окремих колоній мікроміцетів інокулювали в нові чашки Петрі та інкубували до утворення колоній. Після інкубації чисті культури переносили на скошений КГА у пробірках і зберігали за температури 4 °C до використання в подальших дослідженнях. Макроскопічні та мікроскопічні методи були основою для ідентифікації ендоефітних мікроміцетів. Ізоляти вирощували на двох середовищах – Чапека та Чапека з дріжджовим автолізатом.

Макроскопічне дослідження морфології ендоефітів включало виявлення таких ознак як форму, розмір, структуру колонії, колір лицьового та зворотного боку колоній, дифузійні пігменти та утворення ексудату. Мікроскопічний аналіз препаратів, виготовлених із невеликої частини міцелію грибів і забарвлених метиленовим синім, проводили при 40-кратному і 100-кратному збільшенні об'єктиву за допомогою світлодіодного мікроскопа Ulab XY-B2T, який оснащений тринокулярною насадкою для підключення цифрової камери-окуляра.

Антагоністичний потенціал ендоефітних ізолятів грибів оцінювали методом подвійних культур [11] відносно фітопатогенних грибів *Alternaria alternata* КМВ-F-16 з колекції культур мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології ДНУ імені Олеся Гончара, *Fusarium culmorum* ІМВ-F-50716 та *Fusarium oxysporum* ІМВ-F-54201, які надані Інститутом мікробіології та вірусології імені Заболотного (м. Київ). Фунгістатичний потенціал ендоефітів відносно *A. alternata*, *F. oxysporum* та

F. culmorum порівнювали з дією штаму *Trichoderma viride*, основою біофунгіциду Viridin Триходермін БТ (Ензим Агро). Блоки міцелію (діаметром 7 мм) активно зростаючих 6-денних культур збудників та ізолюваних ендоефітів поміщали в чашки Петрі із середовищем КДА на рівній відстані від периферії. Контрольні чашки інокулювали патогенним грибом. Усі чашки інкубували за температури $28 \pm 0,2$ °C протягом 6 діб. Антагоністичну здатність ізолятів вимірювали як відсоток інгібування (PI %) за формулою $PI \% = [(S1-S2)/S1] \times 100$, де S1 – площа колонії для контролю патогенів, S2 – площа колонії патогена за присутності ендоефітного ізоляту.

Усі досліді проводили в п'яти повторах. Отримані дані були розраховані за допомогою Microsoft Excel XP 2007 і виражені як середнє $\pm$ стандартне відхилення ($x \pm SD$), а відмінності між середніми були перевірені за допомогою множинного критерію Тьюкі. Всі відмінності вважали статистично значущими за $P < 0,05$.

Результати дослідження. Із плодів *Ch. thibetica* виділено два ізоляти грибів.

Ізолят 1, виділений зі шкірки плодів. Колонії на середовищі Чапека з дріжджовим автолізатом діаметром до 2,5 см з піднятим центром та радіальними борознами, зелені з білою крайовою зоною, бархатисті (рис. 2). Реверзум – світло-оранжевий. На середовищі Чапека колонії 2,5 см діаметром радіально-борозчасті, спочатку білі, потім стають жовтуватого-сіро-зеленого кольору, починаючи з центру (зона спороношення), повстяні. Реверзум – кремовий. Конідієносці тервертицилятні 270×4 мкм, шорсткі; гілочки $17,9 \times 4,6$ мкм; метули $15,5 \times 3,7$ мкм; фіаліди ампулоподібні $7,9 \times 2,8$ мкм; конідії сферичні $2,9-3,4$ мкм. За морфологічними характеристиками та згідно науковим оглядам, присвячених таксономії роду *Penicillium* [12, 13], виділений ізолят може бути віднесено до *Penicillium brevicompactum* Dierckx.

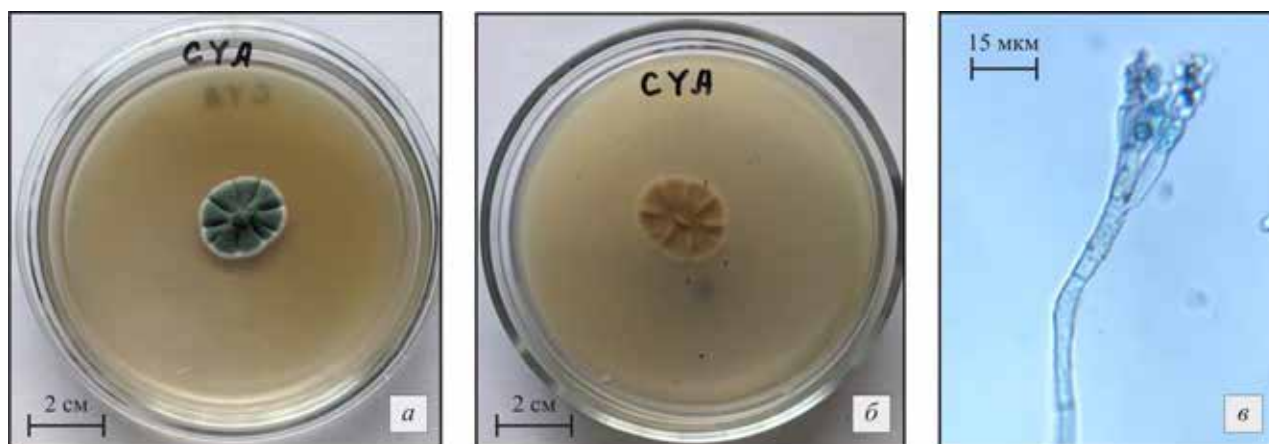


Рис. 2. Макро- та мікрофотографії ендоефітних грибів роду *Penicillium* зі шкірки плодів *Ch. thibetica* (ізолят 1, 5ома доба): а – поверхня колонії на середовищі Чапека з дріжджовим автолізатом; б – реверзум; в – конідієносець і конідії під світловим мікроскопом

P. brevicompactum – це вид космополіт, який трапляється у ґрунтах під хвойними лісами, ґрунтах сільськогосподарських угідь, на зернових та плодівих культурах, картоплі тощо. Повідомлялося, що препарати на основі вторинних метаболітів цього гриба застосовують для попередження відторгнення органів під час трансплантації [12].

Ізолят 2, виділений із м'якоті плодів. Колонії на середовищі Чапека з дріжджовим автолізатом діаметром 2,5 см, темно-зелені з білим краєм, з краплями ексудату жовтого кольору, бархатисті (рис. 3). Реверзум – жовто-оранжевий. На середовищі Чапека колонії 3,2 см, спочатку білі, потім світло-жовті з сіро-зеленим центром (зона спороношення) та білим хвилястим краєм, з концентричними круговими зонами. Реверзум – світло-жовтий. Конідиєносці тервертицилатні, довжиною $360 \times 6,1$ мкм, шорсткі; гілочки $38,2 \times 3,5$ мкм; метули $14,5 \times 3,5$ мкм; фіаліди ампулоподібні $10,8 \times 2,5$ мкм; конідії еліптичні $3,8 \times 4,2$ мкм або сферичні 4,0 мкм. За морфологічними характеристиками та згідно науковим оглядам, присвячених таксономії роду *Penicillium* [12, 13] виділений ізолят може бути віднесено до *Penicillium viridicatum* Westling.

P. viridicatum трапляється в Європі, Північній Америці, Східній Африці, Східній Азії (Тайвань, Японія); у ґрунті, ризосфері зернових та бобових

культур, на органічних (у т. ч. рослинних) рештках, спричинює пошкодження зернової продукції [12, 13].

Порівнюючи фунгістатичний потенціал виділених ізолятів та *T. viride*, який широко використовується для контролю за хворобами сільськогосподарських рослин, слід відмітити, що ізолят 1 має вищу активність відносно *F. oxysporum* – 96,26 % проти 67,45 % відповідно (табл. 1).

Ізолят 1 проявив відносно високу активність до *A. alternata* (85,98 %). Антагоністична активність ізолята 2 відносно *F. oxysporum* також вища, ніж у *T. viride* (76,6 % проти 67,45 % відповідно), хоча відносно інших протестованих фітопатогенів вона виявилася нижчою. Отже, методом подвійної культури виявлено високу фунгістатичну дію досліджуваних ізолятів відносно *F. oxysporum* (рис. 4).

Дослідники [14] на прикладі 12 видів ендоефітних грибів рослини *Securinega suffruticosa* показали, що відсоток інгібування росту *Colletotrichum siamense* коливався в межах 3,6–26,3 %. Інші науковці [15] під час дослідження ізолятів ендоефітних грибів, виділених із *Chloranthus japonicus* Sieb з'ясували, що штам F8158 виявив сильні антагоністичні властивості (відсоток інгібування росту міцелію різних патогенів складав 47,72–88,18 %). У наших дослідках антагонізм виділених ізолятів коливався в межах

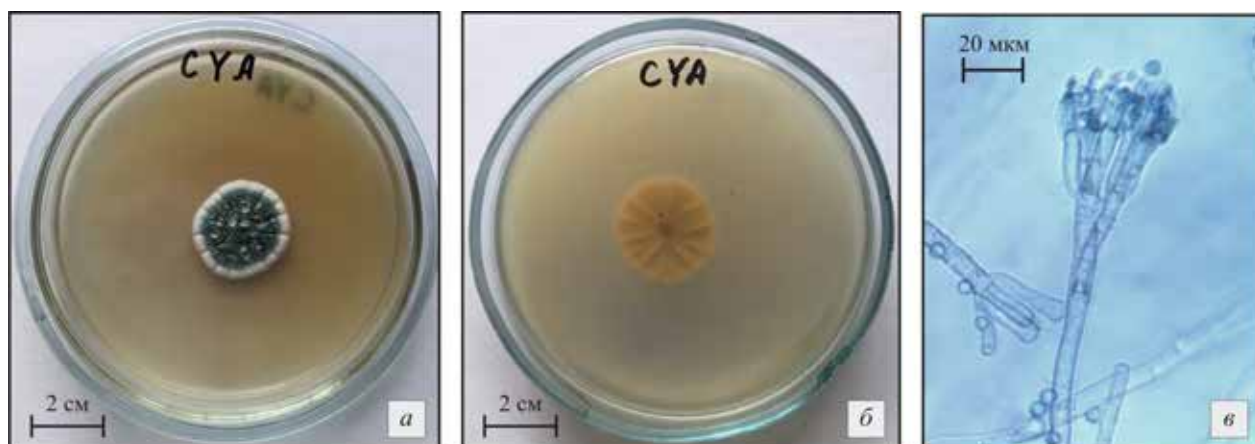


Рис. 3. Макро- та мікрофотографії ендоефітних грибів роду *Penicillium* з м'якоті плодів *Ch. thibetica* (ізолят 2, 5-та доба): а – поверхня колонії на середовищі Чапека з дріжджовим автолізатом; б – реверзум; в – конідиєносець і конідії під світловим мікроскопом

Таблиця 1

Антагоністична активність ендоефітних ізолятів грибів роду *Penicillium*, виділених із плодів *Ch. thibetica*, та *Trichoderma viride*, % інгібування в подвійній культурі ($\bar{x} \pm SD$, $n = 5$)

Тестовий фітопатоген	Ендоефітні ізоляти		<i>T. viride</i>
	1	2	
<i>A. alternata</i> КМВ-F-16	$85,98 \pm 0,2^a$	$72,71 \pm 0,15^b$	$98,53 \pm 0,02^c$
<i>F. culmorum</i> ІМВ-F-50716	$67,67 \pm 0,54^a$	$64,38 \pm 1,11^b$	$94,42 \pm 0,04^c$
<i>F. oxysporum</i> ІМВ-F-54201	$96,26 \pm 0,11^a$	$76,6 \pm 0,25^b$	$67,45 \pm 0,21^c$

Примітка. Різні літери у рядку вказують на достовірну різницю середніх (за критерієм Тьюкі, $P \leq 0,05$).

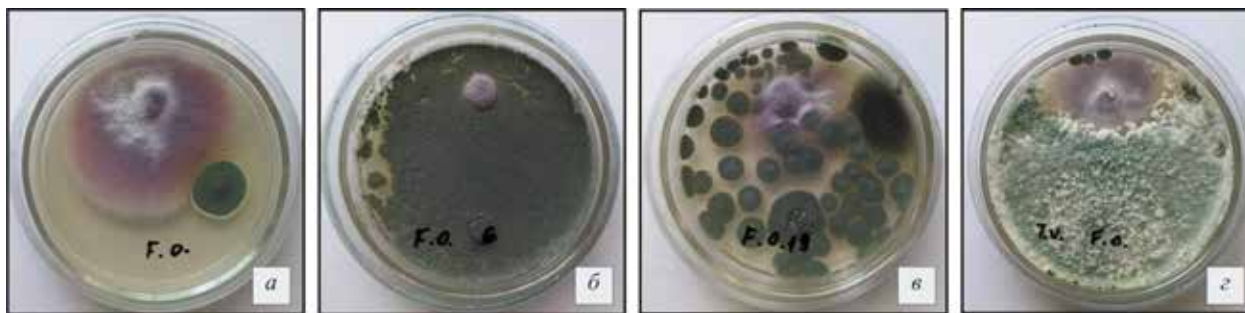


Рис. 4. Антагоністична активність ізолятів ендоефітних грибів, виділених з *Ch. thibetica*, та штаму *T. viride*: а – *F. oxysporum* (контроль), б – ізолят 1 проти *F. oxysporum*, в – ізолят 2 проти *F. oxysporum*, з – *T. viride* проти *F. oxysporum*

64,38–96,26 % і у випадку тестування відносно *F. oxysporum* IMB-F-54201 перевищував активність штаму *T. viride* (табл. 1).

Висновки. Вперше досліджено антифунгальну активність ендоефітних грибів, виділених з плодів *Ch. thibetica*, який зростає в умовах степової зони. Встановлено, що виділені ізоляти належать до роду *Penicillium* та представлені видами – *P. brevicompactum* Dierckx і *P. viridicatum* Westling. Досліджені ізоляти проявляли достатньо високу

інгібуючу активність відносно трьох фітопатогенних грибів (*F. culmorum*, *F. oxysporum*, *A. alternata*) – 64,4–96,3 % інгібування росту відносно контролю, а по відношенню до *F. oxysporum* проявляли більш високу фунгістатичну активність, ніж відомий антагоніст фітопатогенів *T. viride*. Отже, показано, що ендоефітні гриби з плодів *Ch. thibetica* представляють практичний інтерес як потенційні агенти для біоконтролю фітопатогенів та продуценти біологічно-активних речовин.

Література

1. Antifungal activity of *Bacillus* species against *Fusarium* and analysis of the potential mechanisms used in biocontrol / N. Khan, P. Martínez-Hidalgo, T.A. Ice, M. Maymon, E.A. Humm, N. Nejat, E.R. Sanders, D. Kaplan, A.M. Hirsch. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. P. 2363. doi: 10.3389/fmicb.2018.02363
2. Gamalero E., Glick B.R. The use of plant growth-promoting bacteria to prevent nematode damage to plants. *Biology*. 2020. Vol. 9, Is. 11. P. 381. <https://doi.org/10.3390/biology9110381>
3. Rui L. Plant-growth-promoting bacteria (PGPB) against insects and other agricultural pests. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, Is. 6. P. 861. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060861>
4. Probiotic endophytes for more sustainable banana production / M.J. Beltran-Garcia, A. Martinez-Rodriguez, I. Olmos-Arriaga, B. Valdez-Salas, Y.Y. Chavez-Castrillon, P. Di Mascio, J.F. White. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9. P. 1805. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091805>
5. Isobenzofuranones and isocoumarins from kiwi endophytic fungus *Paraphaeosphaeria sporulosa* and their antibacterial activity against *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* / Q. Chen, J.J. Yu, J. He, T. Feng, J.K. Liu. *Phytochemistry*. 2022. Vol. 195. P. 113050. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.113050>
6. *Chaenomeles speciosa* fruit endophytic fungi isolation and characterization of their antimicrobial activity and the secondary metabolites composition / Y.V. Lykholat, N.O. Khromykh, O.O. Didur, O.A. Drehval, T.V. Sklyar, A.O. Anishchenko. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 2021. Vol. 10. P. 83. <https://doi.org/10.1186/s43088-021-00171-2>
7. Screening of phytopathogens and phytopathogues on *Chaenomeles* (CHAENOMELES LINDL.) cultivars / Y. Fedulova, A. Kuklina, V. Sorokopudov, O. Sorokopudova, S. Shlapakova, Y. Lukashov, D. Fayzrakhmanov, B. Ziganshin, F. Nezhmetdinova, R. Shaydullin. *BIO Web of Conferences*. 2020. Vol. 17(1–2). P. 00245. doi: 10.1051/bioconf/20201700245
8. Ni H., Kong W.-L., Zhang Q.-Q., Wu X.-Q. First report of leaf spot disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on *Chaenomeles sinensis* in China. *Plant Disease*. 2021. P. 2731. doi: 10.1094/pdis-11-20-2488-pdn
9. GC-MS analysis of cuticular waxes and evaluation of antioxidant and antimicrobial activity of *Chaenomeles cathayensis* and *Ch. × californica* fruits / Y.V. Lykholat, N.O. Khromykh, O.O. Didur, T.V. Sklyar, T.A. Holubieva, T.Y. Lykholat, K.V. Lavrentieva, O.V. Liashenko. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. Vol. 12, Is. 4. P. 718–723. <https://doi.org/10.15421/022199>
10. Primary research on arbuscular mycorrhizal fungi in rhizosphere of *Chaenomeles speciosa* in Xuancheng / X. Zhu, A. Yang, Y. Zheng, X. Wei, J. Wang. *China Journal of Chinese Materia Medica (Zhongguo Zhong Yao Za Zhi)*. 2009. Vol. 34, Is. 7. P. 820–824.
11. Determination and production of antimicrobial compounds by *Aspergillus clavatonanicus* strain MJ31, an endophytic fungus from *Mirabilis jalapa* L. using UPLC-ESI-MS/MS and TD-GC-MS analysis / V.K. Mishra, A.K. Passari, P. Chandra, V.V. Leo, B. Kumar, S. Uthandi, S. Thankappan, V.K. Gupta, B.P. Singh. *PLoS One*. 2017. Vol. 12, Is. 10. e0186234. doi: 10.1371/journal.pone.0186234
12. Frisvad J.C., Samson R.A. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in mycology*. 2004. Vol. 49. P. 1–174.
13. Коваль Э.З., Руденко А.В., Волощук Н.М. Пенициллины. Руководство по идентификации 132 видов (редуцентов, деструкторов, патогенов, продуцентов). Киев, 2016. 412 с.

14. Diversity and antimicrobial activity of endophytic fungi isolated from *Securinega suffruticosa* in the Yellow River Delta / W. Du, Z. Yao, J. Li, C. Sun, J. Xia, B. Wang, D. Shi, L. Ren. *PloS one*. 2020. Vol. 15, Is. 3. e0229589. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229589>
15. Diversity and antimicrobial activity of endophytic fungi Isolated from *Chloranthus japonicus* Sieb in Qinling Mountains, China / C. An, S. Ma, X. Shi, W. Xue, C. Liu, H. Ding. *International journal of molecular sciences*. 2020. Vol. 21, Is. 17. P. 5958. <https://doi.org/10.3390/ijms21175958>