

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата біологічних наук, наукового співробітника відділу мікології

Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

Шевченко Марії Василівни

на дисертаційну роботу

Бондарук Світлани Володимирівни

**"Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами
базидієвих грибів"**

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 09 "Біологія" за спеціальністю 091 "Біологія"

Актуальність теми.

Одним із перспективних напрямів сучасних біологічних досліджень є використання базидієвих грибів для біотрансформації ксенобіотиків – чужорідних для живих організмів хімічних сполук, які можуть потрапляти в навколишнє середовище внаслідок промислової, сільськогосподарської та фармацевтичної діяльності. До таких речовин належать пестициди, фармацевтичні препарати, ароматичні сполуки, барвники, нафтопродукти та інші органічні забруднювачі. Значна частина ксенобіотиків характеризується стійкістю до природного розкладання, здатністю накопичуватися в компонентах екосистем і негативно впливати на живі організми, що зумовлює необхідність пошуку ефективних способів їх детоксикації.

Базидієві гриби виконують ключову роль у розкладанні органічних речовин у природі. Вони здатні продукувати позаклітинні окисно-відновні ферменти, зокрема лакази, пероксидази та марганець-залежні пероксидази, які беруть участь у трансформації складних органічних сполук. Завдяки неспецифічності дії цих ферментів базидієві гриби можуть здійснювати перетворення широкого спектра ксенобіотиків, сприяючи їх деградації або утворенню менш токсичних метаболітів.

Таким чином, обрана дисертанткою тема "Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів" є **актуальною** як з наукової, так і з практичної точки зору. Вивчення здатності грибних культур трансформувати стійкі органічні сполуки сприяє розширенню уявлень про їх метаболічні можливості та може стати основою для розроблення екологічно безпечних технологій біоре mediaції забруднених об'єктів довкілля.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Рецензована дисертаційна робота виконувалась у відділі мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України відповідно до планів НДР за темами № 468 "Біологічна активність штамів колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ІВК (№ державної реєстрації – 0120U101111)" та № 492 "Наукові засади застосування чистих культур грибів колекції ІВК для біотрансформації синтетичних хімічних сполук та лікарської сировини рослинного походження (№ державної реєстрації – 0125U001329)".

Наукова новизна одержаних результатів.

Світлана Володимирівна Бондарук уперше провела дослідження здатності міцелію дев'яти штамів п'яти видів базидієвих грибів до біотрансформації ряду ксенобіотиків різної хімічної будови. Дисертантка уперше використала міцелії штамів *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma sichuanense*, *Laricifomes officinalis* та *Schizophyllum commune* для біотрансформації ксенобіотиків. Світланою Володимирівною відзначено перспективність використання міцелію з метою отримання гідроксильованих метаболітів вихідних речовин, а також виявлено зменшення концентрації досліджуваних речовин у культуральній рідині за участі міцелію досліджених штамів видів базидієвих грибів. Уперше проведено дослідження впливу зерна ячменю на довготривале зберігання міцелію дев'яти штамів п'яти видів дереворуйнівних базидієвих грибів при низькій температурі, а

також уперше проведено кріозберігання міцелію штамів двох видів базидієвих грибів: *Fomitopsis pinicola* та *Ganoderma sichuanense*. Дисертанткою наведено нові дані про вплив додавання соняшникового лецитину на накопичення міцеліальної біомаси трьох штамів *Laricifomes officinalis* при глибинному культивуванні на рідкому живильному середовищі.

Практичне значення отриманих результатів.

Світланою Володимирівною було встановлено здатність міцелію усіх дев'яти штамів п'яти видів базидієвих грибів до біотрансформації ксенобіотиків різної хімічної будови; досліджено шляхи біотрансформації цих сполук; верифіковано й депоновано до міжнародної бази даних GenBank вісім штамів базидієвих грибів із Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного (ІВК).

Дисертанткою модифіковано метод довготривалого зберігання міцелію дев'яти штамів п'яти видів базидієвих грибів та доведено успішне збереження високої життєздатності всіх досліджених культур щонайменше протягом 12 місяців. Також Світланою Володимирівною модифіковано склад живильного середовища шляхом додавання соняшникового лецитину з метою збільшення концентрації біомаси трьох повільно зростаючих штамів *Laricifomes officinalis*.

Отримані здобувачкою результати розширюють знання про властивості міцелію дереворуйнівних базидієвих грибів та можуть бути використані в біотехнології для отримання цінних метаболітів для біоремедіації навколишнього середовища від забруднювачів.

Повнота викладення основних наукових положень дисертації в опублікованих працях.

Результати рецензованого дисертаційного дослідження представлено у трьох статтях, опублікованих у періодичних фахових виданнях України, дві з

яких у журналі, що індексується наукометричною базою даних SCOPUS. Основні положення дисертації представлені та обговорені на засіданнях відділу мікології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, а також на чотирьох наукових конференціях. Матеріали дисертації повною мірою відображено в опублікованих роботах, а кількість публікацій відповідає існуючим вимогам.

Відсутність порушення академічної доброчесності.

Дисертаційне дослідження Атаманчук А.Р. виконане з дотриманням вимог до наукових робіт та без будь-яких ознак порушення академічної доброчесності. Авторка дисертації зробила цілком оригінальне дослідження. Усі використані результати інших авторів мають відповідні посилання на першоджерела.

Відповідність теми дисертації профілю спеціальності.

Дисертація Бондарук С.В. повністю відповідає стандарту спеціальності 091 "Біологія", галузі знань 09 "Біологія".

Обґрунтованість наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих в дисертації, їхня достовірність.

Мета і завдання дисертаційної роботи Бондарук С.В. сформульовані чітко і зрозуміло. Для вирішення поставлених завдань авторка використала як загальноприйняті мікологічні й мікробіологічні методи, так і сучасні молекулярно-генетичні, фізичні, спектроскопічні методи роботи, зокрема ядерну магнітно-резонансну спектроскопію, а також відповідні статистичні методи для аналізу результатів. Вважаю, що поєднання традиційних та сучасних методів, застосованих у дисертаційній роботі С.В. Бондарук дозволили дисертантці отримати достовірні дані та науково обґрунтовані результати, що чітко сформульовані у висновках.

Оцінка структури, змісту та форми дисертації.

Дисертація Бондарук С.В. складається зі вступу, 10 розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 210 сторінок. Основна частина дисертації викладена на 127 сторінках, містить 32 рисунки та 15 таблиць.

У розділі **Вступ** обґрунтована актуальність обраної теми, вказана мета та завдання дослідження, перелік методів, наведено зв'язок з науковими темами. Обґрунтовано наукову новизну отриманих результатів, розкрито їх теоретичне та практичне значення. Окремо зазначено особистий внесок дисертанта у виконання дослідження, а також представлено відомості щодо апробації основних результатів дисертації.

У розділі **1. Теоретичні та практичні засади процесів біотрансформації у грибів** дисертантка аналізує сучасну термінологію та еволюцію поняття "біотрансформація", особливості процесів біотрансформації у різних груп організмів, а також роль базидіоміцетів та їхніх ферментів у цьому процесі.

У розділі **2. Матеріали та методи** наведено походження штамів грибів, використаних для вивчення біотрансформації, та подано перелік застосованих методів досліджень, зокрема, молекулярно-генетичних, методу аналітичної високоефективної рідинної хроматографії, газової, хіральної хроматографії, ядерної магнітно-резонансної спектроскопії та ін.

Розділ 3 присвячений **молекулярно-генетичним** дослідженням. У ньому дисертантка наводить отримані нею результати ідентифікації досліджених штамів грибів із Колекції культур шапинкових грибів (ІВК).

Четвертий розділ **Дослідження накопичення міцеліальної біомаси обраних штамів видів базидієвих грибів** присвячений вивченню динаміки накопичення біомаси дереворуйнівних базидієвих грибів при глибинному культивуванні, підбору оптимального часу для внесення ксенобіотиків, а також модифікації складу живильних середовищ для повільно зростаючих штамів базидієвих грибів.

У розділі 5. Кріозберігання міцелію дереворуйнівних базидієвих грибів Світланою Володимирівною наведено оригінальні дані щодо розробки і удосконалення методів довготривалого зберігання міцелію грибів при температурі -80°C . Доведено, що такий метод кріозберігання забезпечує збереження високої життєздатності всіх досліджених культур щонайменше протягом 12 місяців та гарантує відтворюваність подальших досліджень.

У розділах 6-10 містяться результати оригінальних експериментальних досліджень, присвячених біотрансформації обраних штамів грибів ксенобіотиків різної хімічної будови: біциклічні амідів, дихлоранілінів, диклофенаку, напроксену, адамантану та адамантанолу. Дисертанткою продемонстровано здатність до біодеградації та біотрансформації досліджених сполук, шляхи біотрансформації, а також сполуки, що утворюються внаслідок цього процесу. Здобувачка виділила найбільш перспективні штами для біотрансформації біологічно активних речовин різної хімічної будови, що демонструють перспективність використання міцелію обраних штамів для «зеленої хімії».

Висновки, наведені в роботі, чітко сформульовані, відповідають поставленим завданням. Дисертація має достатній рівень новизни, а отримані результати – вагоме практичне значення.

Зауваження до дисертаційної роботи.

У підрозділі **2.2. Рективи** один і той самий реактив наводиться двічі під хімічними назвами-синонімами: гідроортофосфат калію (K_2HPO_4) та калій фосфорнокислий двозаміщений (K_2HPO_4).

Для дослідження біотрансформації циклічний амідів та дихлоранілінів було взято сім із дев'яти штамів досліджених видів. Потребує пояснення, чому два штами не увійшли до цих експериментів. Також у **розділі 7. Біотрасформація дихлоранілінів міцелієм базидієвих грибів під час глибинного культивування** та **розділі 8. Біотрансформація активних фармацевтичних інгредієнтів міцелієм базидієвих грибів** авторка

спочатку наводить результати власних досліджень, а наприкінці розділів – літературні дані та актуальність вивчення біотрансформації цих сполук. Логічніше було б подати цю інформацію у зворотному порядку.

У підписах до **рис. 6.3, 7.3, 8.1 і 8.2.**, на яких узагальнено шляхи біотрансформації досліджених ксенобіотиків, варто було б зазначити назви сполук, що утворилися в результаті біотрансформації.

У висновку 6 дисертантка стверджує, що "основними шляхами біотрансформації диклофенаку міцелієм більшості штамів були гідроксилювання та внутрішньомолекулярна циклізація". При цьому термін "внутрішньомолекулярна циклізація" у тексті дисертації не використовується та не роз'яснюється.

Вважаю, що дані, наведені у **розділі 10. Аналіз результатів дослідження та практичні рекомендації**, не варто було виділяти в окремий розділ. Натомість навести їх у підсумках до розділів 6, 7, 8 та 9.

Висловлені зауваження мають виключно рекомендаційний характер і жодним чином не впливають на високу позитивну оцінку рецензованої дисертаційної роботи.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертаційна робота Бондарук Світлани Володимирівни на тему "Біотрансформація біологічно активних речовин чистими культурами базидієвих грибів" є актуальним, завершеним науковим дослідженням, що має значний рівень наукової новизни і вагоме практичне значення.

Вважаю, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Бондарук Світлани Володимирівни відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. "Про затвердження вимог до оформлення дисертації" та постанови Кабінету Міністрів України "Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про

присудження ступеня доктора філософії" № 44 від 12 січня 2022 р. (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 3 травня 2024 року, № 507), а її автор Бондарук Світлана Володимирівни заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 09 "Біологія" за спеціальністю 091 "Біологія".

Рецензент:

кандидат біологічних наук,

науковий співробітник

відділу мікології

Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного

НАН України

Марія ШЕВЧЕНКО

Підпис М.В. Шевченко засвідчую:

Зав. ВК Ольга КОРОВІЙ