

УДК 582.28:574.2:614.876(477.41)

**АДАПТАЦІЯ МЕЛАНОГЕННИХ ГРИБІВ ДО
РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ**

Яворівський Р. Л., Партола К. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: forik-botan@i.ua; partolaksenia17@gmail.com

Сучасні екологічні трансформації в Чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ), зумовлені тривалим впливом іонізуючого випромінювання та новими техногенними викликами періоду повномасштабного вторгнення 2022–2026 рр., які спричинили додаткове антропогенне навантаження на екосистеми, актуалізують дослідження адаптаційного потенціалу мікробіоти, зокрема її грибної складової. У цьому контексті гриби, як ключовий компонент мікробіоти, відіграють важливу роль у функціонуванні екосистем, оскільки беруть участь у процесах деструкції органічної речовини, біогеохімічних циклах та акумуляції різних полютантів, демонструючи при цьому значну екологічну пластичність і здатність до адаптації в умовах радіаційного та хімічного навантаження.

Серед мікроскопічних грибів, поширених у ґрунтах, на поверхнях субстратів і в екстремальних екологічних умовах, виразно виділяється група меланогенних видів, у клітинах яких синтез меланіну розглядається як один із ключових механізмів радіорезистентності, що забезпечує захист від іонізуючого випромінювання та сприяє їх виживанню в умовах підвищеного радіаційного навантаження. Такі гриби демонструють здатність до колонізації найбільш забруднених ділянок і можуть використовувати радіацію як регуляторний фактор розвитку, що додатково свідчить про їхню адаптивну пластичність і екологічну значущість в умовах радіоактивного та техногенного впливу [5].

Фундаментальною основою такої стійкості у меланогенних грибів є меланін-опосередкована адаптація, що забезпечує ефективний захист клітин від оксидативного стресу та сприяє підтримці цілісності генетичного апарату в умовах мультифакторного, зокрема радіаційного й хімічного,

навантаження. Високий вміст меланіну в клітинних стінках цих грибів зумовлює їхню здатність екранувати іонізуюче випромінювання та нейтралізувати активні форми кисню. Однією з найбільш значущих стратегій адаптації є феномен радіотропізму – здатність міцелію грибів до спрямованого росту в бік джерела випромінювання, що особливо виражено у меланізованих форм. Біохімічний механізм цього явища пов'язаний зі зміною електронних властивостей меланіну під дією опромінювання, що призводить до стимуляції метаболічних процесів, підвищення інтенсивності обміну речовин і посилення росту біомаси. У цьому контексті меланін виконує роль своєрідного енергетичного трансдуктора, здатного перетворювати енергію іонізуючого випромінювання в біологічно доступні форми, що забезпечує меланогенним грибам значну конкурентну перевагу в деградованих екосистемах, де інші організми зазнають пригнічення.

Особливого значення набуває здатність меланогенних мікроміцетів протистояти поєднаному впливу радіації та хімічних ксенобіотиків, зокрема військового походження, що формують складне мультистресове середовище в умовах Чорнобильської зони відчуження. Дослідження механізмів мікоремедіації свідчать, що такі гриби ефективно акумулюють не лише радіонукліди, а й важкі метали (Pb, Cd, Cu), які потрапляють у ґрунт із залишками боєприпасів та іншими техногенними джерелами [3]. Серед них особливо виділяються представники родів *Cladosporium*, *Alternaria*, *Exophiala*, *Cryptococcus* та *Wangiella*, відомі своєю високою радіостійкістю та здатністю до інтенсивної акумуляції забруднювачів. Процеси детоксикації базуються на поєднанні біосорбції клітинною стінкою та внутрішньоклітинної акумуляції, що забезпечує зниження біодоступності токсикантів [1]. Важливу роль у цих процесах відіграє меланін, який завдяки наявності функціональних груп (карбоксильних, фенольних) виступає ефективним сорбентом, здатним зв'язувати іони металів і переводити їх у малорухомі, менш токсичні форми. Взаємодія меланогенних мікроміцетів із компонентами ракетного палива та органічними забруднювачами супроводжується проявом синергічної толерантності: попередня радіоадаптація індукує активацію ферментативних систем

(лакказ, пероксидаз), що беруть участь у деструкції складних органічних сполук. У результаті такі гриби сприяють деградації токсикантів, стабілізації ґрунтових консорціумів і підтриманню функціонування екосистем у зонах екологічного лиха [2]. Вивчення цих адаптаційних стратегій відкриває перспективи для прогнозування процесів самовідновлення екосистем ЧЗВ та розробки інноваційних підходів до біоремедіації забруднених територій [4].

Отже, меланогенні гриби є ключовим компонентом мікробіоти Чорнобильської зони відчуження, що демонструє високий адаптаційний потенціал у відповідь на комплексний вплив іонізуючого випромінювання та хімічних поллютантів. Їхня стійкість зумовлена меланін-опосередкованими механізмами, які забезпечують ефективний захист клітин, регуляцію метаболічної активності та здатність до використання радіації як екологічного чинника. Поєднання процесів радіотропізму, біосорбції та внутрішньоклітинної акумуляції токсикантів, а також активація ферментативних систем деструкції складних сполук визначають провідну роль цих організмів у трансформації та детоксикації забруднювальних речовин. У результаті меланогенні мікроміцети не лише витримують екстремальні умови середовища, а й активно сприяють стабілізації екосистем, підтриманню біогеохімічних процесів і відновленню природних комплексів. Таким чином, їхнє вивчення має важливе теоретичне та прикладне значення для розвитку сучасної радіоекології, прогнозування динаміки забруднених екосистем і обґрунтування ефективних підходів до біоремедіації територій, постраждалих унаслідок радіаційного та техногенного впливу.

Список літератури:

1. Dadachova E., Casadevall A. Ionizing radiation: how fungi cope, adapt, and exploit with the help of melanin. *Current Opinion in Microbiology*. 2008. Т. 11 № 6. С. 525–531. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18848901/>
2. Dighton J., Tugay T., Zhdanova N. Fungi and ionizing radiation from radionuclides. *FEMS Microbiology Letters*. 2008. Т. 281. № 2. С. 109–120. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18279333/>

3. Gadd G. M. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology (Reading)*. 2010. Т. 156. № 3. С 609–643. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20019082/>

4. Karpenko Y. V., Redchitz T. I., Zheltonozhsky V. A., Dighton J., Zhdanova N. N. Comparative responses of microscopic fungi to ionizing radiation and light. *Folia Microbiologica (Praha)*. 2006. Т. 51, № 1. С. 45–49. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16821711/>

5. Zhdanova N., Tugay T., Dighton J., Zheltonozhsky V., McDermott P. Ionizing radiation attracts soil fungi. *Mycological Research*. 2004. Т. 108, № 9. С. 1089–1096. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15506020/>

УДК 581.1:574.4:539.16

РОСЛИНИ-РАДІОПРОТЕКТОРИ: МОРФОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ ЗАХИСТУ ВІД ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Яворівський Р. Л., Семенюк К. Р.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: forik-botan@i.ua, katyayav2003@gmail.com

У 2026 році відзначається 40-річчя аварії на Чорнобильській АЕС – події, що спричинила масштабне радіоактивне забруднення довкілля та суттєво вплинула на структуру, видовий склад і функціонування рослинних угруповань у природних біоценозах України. Іонізуюче випромінювання, що утворилося в результаті аварії, викликало значне забруднення ґрунтів, водойм і рослинності, порушивши фізіологічні та морфологічні процеси у флорі та змінивши її видовий і кількісний склад на постраждалих територіях. Вивчення впливу радіації на рослини дозволяє не лише оцінити масштаби шкоди для довкілля, але й виявити природні механізми стійкості окремих видів флори, що можуть бути використані для відновлення забруднених територій та формування адаптивних рослинних угруповань.

Особливо цінними у цьому контексті є рослини з радіопротекторними властивостями, здатні зменшувати