

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАПАЗОНУ МАЛИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ МІКРОСКОПІЧНИХ ГРИБІВ

А. В. Тугай^{1,2}, Т. І. Тугай^{2,1}, В. О. Желтоножський³, Л. В. Садовніков³, Н. М. Сергійчук²
О. Б. Поліщук⁴

¹Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України, Київ, Україна

²Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ, Україна

³Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

⁴Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

Через 40 років після Чорнобильської катастрофи актуальним залишається дослідження віддалених наслідків дії хронічного опромінення на мікобіоту, яка є постійною і активною компонентою біогеоценозу. Особливої уваги потребує дослідження механізмів адаптації мікроміцетів до дії різних за величиною доз іонізуючого випромінювання (від великих до малих), які можуть призвести до певних змін в ценозі, зокрема, в швидкості транслокації радіонуклідів в ґрунті, і, відповідно, включенні їх у трофічні ланцюги.

В попередніх дослідженнях була розроблена методологія вивчення впливу великих доз іонізуючого опромінення на мікроміцети, що полягала у створенні та застосуванні таких модельних систем, які максимально наближені до реальних природних умов, а саме, які імітували великі дози опромінення, що в чорнобильській зоні відчуження створювали радіоактивні частинки з великою питомою активністю, так звані «гарячі» частинки. В результаті дослідження адаптації мікроміцетів до дії відносно великих доз іонізуючого опромінення, формування у них радіоадаптаційних властивостей, були виявлені вперше такі позитивні реакції на дію великих доз опромінення, як позитивний радіотропізм та радіостимуляція [1-5]. З використанням модельних систем було встановлено, що при дії великих (150 – 500 Гр) доз опромінення спостерігається стимуляція ростових процесів. Слід зазначити, що комплексне дослідження 63 штамів 13 видів 6 родів дозволило констатувати, що позитивна реакція на дію великих доз опромінення не є унікальною, притаманною окремим видам, а загальна властивість, яка сформувалася у великій кількості видів і родів мікроскопічних грибів в умовах хронічного опромінення.

Після Чорнобильської катастрофи було накопичено багато даних, які внесли свої корективи в оцінку впливу малих доз опромінення на біоту. До того часу для оцінки дії малих доз застосовували лінійно-квадратичну екстраполяцію ефектів великих (летальних і сублетальних) доз до малих, виходячи з того, що ефекти великих і малих доз розрізняються лише кількісно. Багаточисельні дослідження, проведені упродовж десятиріч після Чорнобильської катастрофи, виявили, що малі дози іонізуючого опромінення можуть ініціювати якісно інші ефекти, часто протилежні тим, що викликають великі дози опромінення.

Найчастіше, під малими розуміють дози, кількісні значення яких не більше ніж на один-два порядки перевищують значення доз, зумовлених природним рівнем опромінення, при цьому не враховують об'єкт досліджень, а ґрунтуються на довільних припущеннях, також малою вважають дозу, за якої починає виявлятися досліджуваний не летальний ефект. Іноді вважають, що малі дози іонізуючого випромінювання відповідають значенням, які на два або більше порядків менші за летальні. Дані відносно впливу малих доз опромінення на мікроміцети досить обмежені. Водночас ця прогалина є досить суттєвою, оскільки мікроскопічні об'єкти є початковою (первинною) ланкою ланцюга різноманітних процесів, що відбуваються в довкіллі. Виходячи з того, що клітини мікроміцетів мають значну радіостійкість, так для темнопігментованих видів *C. cladosporioides* сублетальна доза складала 5–7 кГр, для *C. herbarum* 4–7 кГр, для *A. alternata* 3–10 кГр [6] можна припустити, що для них кількісний діапазон малих доз буде також вище ніж у бактерій, тварин та культури клітин.

Для вивчення впливу хронічного опромінення низької інтенсивності на мікроміцети була створена спеціальна модельна установка для проведення довгострокових досліджень у контрольованих умовах, в якій джерелом іонізуючого випромінювання був ґрунт з 5 кілометрової зони відчуження. Такий методичний підхід дозволив певною мірою змоделювати умови діапазону доз хронічного опромінення, яке зазнавали мікроміцети упродовж тривалого часу знаходження в зоні відчуження. Аналіз впливу хронічного опромінення за двома параметрами – швидкістю радіального росту та

виживаністю - дозволив нам вперше визначити кількісні межі малих доз опромінення для мікроміцетів, який для досліджених видів нижче 2 Гр. Малі дози для досліджених мікроміцетів на порядок вищі за такі відомі для людини, та на два порядки вищі ніж для культури клітин [6]. Слід зазначити, що радіаційний гормезис у рослинних об'єктів проявляється двома максимумами в області малих доз: одним в діапазоні порядку 10^{-2} Гр, а іншим – в області одиниць Грей [7,8].

Результати проведених досліджень з використанням модельної системи, в якій джерелом випромінювання був ґрунт зони відчуження, підтвердили висунуту гіпотезу, що низький рівень підвищеного радіаційного фону є джерелом малих доз радіації для мікроміцетів, а позитивна реакція на дію значних доз іонізуючого опромінення в такому разі є проявом у них адаптаційної відповіді. Отримані дані щодо малих доз опромінення є поясненням виявленого нами факту, що найвища частота прояву позитивних реакцій на дію значних доз опромінення встановлена нами у досліджених мікроміцетів, виділених з місцевіснувань, в яких підвищений радіоактивний фон є джерелом малих доз опромінення для них.

В нещодавно проведених дослідженнях з штамами таких родів мікроміцетів як *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, які були виділені з зони відчуження з рівнем радіоактивного забруднення від одиниць до тисяч кБк/м² було виявлено високий рівень їх біологічної активності [9,10]. Виділені штами мікроміцети родів *Penicillium* та *Aspergillus* здатні продукувати високоактивний комплекс гідролаз, які користуються попитом у різних галузях промисловості, таких як біоконверсія відходів агропромислового комплексу, у кормовій та харчовій промисловості, виробництві мийних засобів. Виділені з зони відчуження штами різних видів роду *Trichoderma* проявили високу антагоністичну активність по відношенню до широкого кола фітопатогенних грибів, які є загрозою втрати врожаю багатьох сільськогосподарських культур. Ці штами є дуже перспективні для створення на їх основі екологічно безпечних біопрепаратів в сільському господарстві для боротьби з фітопатогенами [10].

1. N.N. Zhdanova, T. Tugay, J. Dighton, et al.. Mycol. Res. 108 (9) (2004) 1089-1096.
2. Т. І. Тугай. Укр. ботан. журн. 65(5) (2008) 723–731.
3. J. Dighton, T. Tugay, N. Zhdanova. FEMS Microbiol. Lett. 281 (2008) 109 – 120.
4. Т.І.Тугай, О.І. Бузарова, В.А. Желтонозький, та ін.. Мікробіол. журн. 73(2) (2011). 26 – 32.
5. T.I. Tugay, M.V. Zheltonozhskaya, L.V. Sadovnikov, et al. Health Physics - Radiation Safety Journal 101 (4) (2011) 375 – 382.
6. Н. Н. Жданова, А. И. Василевская Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях (К.: Наук. думка, 1988) 150с.
7. Д. М. Гродзинський. Вісник Харківського Національного аграрного університету 2 (20) (2010) 6–18.
8. Д. М. Гродзинський. Радіобіологія (К.: Либідь, 2000) 448 с.
9. Н.В. Борзова та ін. Мікробіол. журн. 82(2) (2020) 51.
10. Т. І. Тугай, А. В. Тугай, В. О. Желтонозький, та ін. Ядерна фізика та енергетика 26(4) (2025) 358-367.