

- бізнесу. — Режим доступу: <http://www.agribusiness.kiev.ua/>
6. *Месель-Веселяк В.Я.* Розвиток форм господарювання в аграрному секторі України (результати, проблеми) / В.Я. Месель-Веселяк // Економіка АПК. — 2006. — № 12. — С. 34–41.
  7. *Молдаван Л.В.* Форми господарювання в аграрному секторі країни в умовах глобалізації / Л.В. Молдаван // Економіка АПК. — 2010. — № 1. — С. 13–17.
  8. Організація сільськогосподарського виробництва: [підручник] / Т.С. Тарасенко, Л.Я. Зрінняк та ін.; [за ред. Г.С. Тарасенка]. — К.: ФАДА, ЛТД, 2000. — 446 с.
  9. *Хаффер П.* Среднесрочная перспектива развития сельскохозяйственной отрасли и сектора рынка удобрений на период 2010/11–2015/16 г. / П. Хаффер. — Международная ассоциация производителей удобрений, 2011. — С. 38.

УДК 663.1

## ОЦІНЮВАННЯ ДІЇ ІМПУЛЬСНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА РОЗВИТОК МІЦЕЛІЮ *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.: FR.) KUMMER

*Н.В. Дорошкевич*

кандидат сільськогосподарських наук,

Донецький національний університет

Показано, що попереднє оброблення посадкового міцелію ІМП інтенсивністю 1 Гц протягом однієї години збільшує лінійний ріст вегетативного міцелію досліджених ізолятів на 12% порівняно з контролем. Визначено, що під дією ІМП (1 Гц) ізоляти (СА, В-99) та контрольний штамп НК-35 здатні накопичувати біомасу на 20–40%. Водночас спостерігалось зменшення вмісту позаклітинних білків в КР на 10–20% порівняно з контролем, а споживання вуглецю живильного субстрату відбувалося в умовах кислого середовища (рН=5,8–6,0).

**Ключові слова:** імпульсне магнітне поле (ІМП), інтенсивність оброблення, вегетативний міцелій, накопичення біомаси, позаклітинні білки, рН.

Підвищення техногенного електромагнітного забруднювання фону Землі значно збільшує інтерес до вивчення впливу електромагнітних полів на біологічні об'єкти різного ступеня організації [1]. Окрім цього, актуальним є пошук нових технологій керування фізико-біологічними характеристиками живих організмів за допомогою різних фізичних факторів, що сприятиме підвищенню врожайності сільськогосподарських культур [2, 3].

Отримані експериментальні дані свідчать, що фізичні фактори, зокрема магнітні поля, суттєво впливають на життєдіяльність живих організмів [1, 2]. Установлено, що в деяких видів актиноміцетів, бактерій та мікроміцетів під впливом ІМП відбувається магнітоіндукована стимуляція, або інгібування, різних фаз розвитку, зниження фосфоліпазної активності або зміни морфометричних характеристик клітин [1–5].

Автори [4] довели, що сила впливу магнітних полів на живі організми суттєво залежить від життєвих фаз та концентрації вуглецю в живильному середовищі.

Останнім часом з метою отримання екологічно чистого білкового продукту харчування в багатьох країнах світу поширено культивування грибів роду *Pleurotus*, які мають високу цінність завдяки своїм смаковим якостям та характеризуються великим вмістом біологічно активних речовин з протимікробними, антиоксидантними та імуномодельовальними властивостями [6; 10]. Нині актуальним є пошук нових шляхів підвищення корисних властивостей ксилотрофних базидіоміцетів, зокрема гриба *Pleurotus ostreatus*, без застосування трансгенних технологій для отримання більшої кількості харчового білка та корисних речовин. З цією метою все ширше застосовуються фізичні фактори впливу на гриб, а саме: магнітні

або електромагнітні поля [11–13]. Зокрема, автори [14] встановили суттєвий вплив електромагнітних хвиль на метаболічну активність вищого базидіального гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer.

Гриб глива звичайна *P. ostreatus* є цінною сільськогосподарською культурою, з підвищенням врожайності якої можна зменшити проблему дефіциту харчового білка [15–17]. У зв'язку з високою життєздатністю та простою технологією культивування цей гриб можна використати як моделюючий об'єкт для вивчення впливу ІМП на фізіологічні та біологічні показники базидіальних грибів [14–16; 18].

На підставі наведених даних зроблено висновок, що дослідження дії ІМП на гриб *P. ostreatus* нині актуальні їх використати як для вирішення фундаментального наукового завдання, яке стосується впливу електромагнітних полів на біологічні об'єкти, так і для практичного застосування — розробити нові методики щодо підвищення продуктивності їстівних базидіальних грибів, зокрема гриба гливи звичайної.

Метою дослідження було вивчення впливу ІМП на фізіологічні показники гриба *P. ostreatus* та визначення оптимальних параметрів його дії. Для досягнення цієї мети були поставлені такі завдання:

- оцінити лінійний ріст нових ізолятів та штаму НК-35 гриба *P. ostreatus* після впливу ІМП на твердому агаризованому середовищі;
- визначити фізіологічні показники гриба *P. ostreatus* після впливу ІМП за поверхневого культивування на рідкому живильному середовищі.

Для роботи взято ізоляти СА, К-99, В-99 і Д-29, які виділено з плодів тил згідно методики [19], та штам НК-35, який занесено до Державного реєстру сортів України і останім часом використовується в промисловому грибовництві [20], з колекції кафедри фізіології рослин Донецького національного університету.

Інокуляцію агаризованого живильного середовища проводили шматочками міцелію (20×2 см), попередньо отриманого на суцільноагаровому середовищі в пробірках протягом семи діб з подальшим використанням для оброблення ІМП.

Оброблення вегетативного міцелію ІМП здійснювали однополярними експоненці-

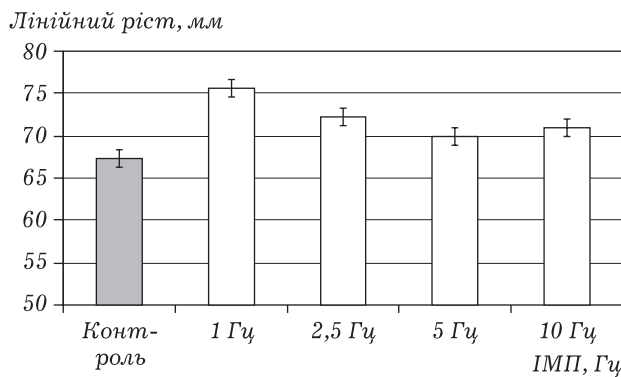
ально зростаючими імпульсами слабкого ( $10^4$ – $10^5$  А/м) магнітного поля з інтенсивністю 1; 2,5; 5; 10 і тривалістю 300 мкс при температурі 40°C протягом однієї години. Отриманий міцелій використовували інкулюму для посадки в колби ємністю 250 мл з рідким живильним середовищем.

Для визначення лінійного росту гриба *P. ostreatus* культивування проводили на твердому агаризованому середовищі Чапека із сахарозою. Час культивування під впливом ІМП становив 7 діб. Контролем було агаризоване живильне середовище з міцелієм гриба *P. ostreatus* без оброблення ІМП. Лінійний ріст (мм) розраховували за виміром лінійних показників приросту міцелію за кожну добу культивування. Радіус колоній вимірювали за допомогою математичної лінійки за 1–7 добу культивування.

Рідке живильне середовище Чапека із сахарозою (30 г/л) було використано для дослідження фізіологічних показників під дією ІМП. Досліди на рідкому середовищі проводили в умовах поверхневої культури в колбах Ерленмейера ємністю 250 мл, в які додавали 50 мл живильного середовища. Контролем були колби з міцелієм без оброблення ІМП. Час культивування становив 30 діб у термостаті при температурі 26°C.

Стерилізувати всі живильні середовища в автоклаві АГ-1 при температурі 121°C протягом 45 хв. По закінченню експерименту міцелій відокремлювали від культуральної рідини (КР), промивали в проточній воді, поміщали в металеві бюкси і висушували до постійної маси в сушильній шафі з температурою 105°C [19]. Загальну кількість позаклітинних білків у культуральній рідині (КР) визначали спектрофотометрично за методом Г.А. Кочетова [21] при довжині хвилі 260 і 280 нм. Концентрацію водневих іонів (рН) КР по закінченню дослідів визначали потенціометричним методом [19]. Досліди проводили в трикратній повторності. Статистичне оброблення отриманих даних здійснювали за допомогою двофакторного дисперсійного аналізу та множинного порівняння середніх за методом Данета [22].

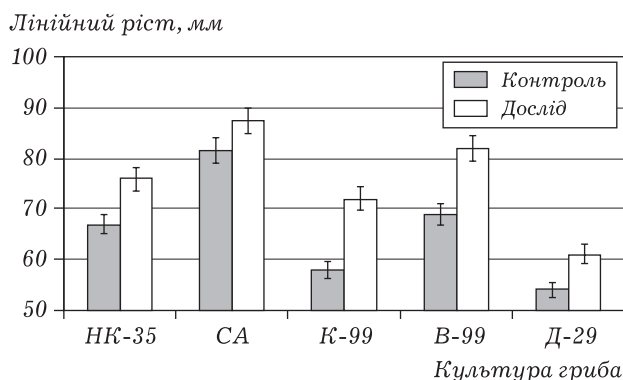
З рис. 1 видно, що оброблення вегетативного міцелію ІМП інтенсивністю в діапазоні 1–10 Гц позитивно впливало на лінійний ріст штаму НК-35 гриба *P. ostreatus* за культивування на агаризованому живильному середовищі Чапека із сахарозою. Підра-



**Рис. 1.** Вплив ІМП на лінійний ріст вегетативного міцелію штаму НК-35 гриба *P. ostreatus* на твердому агаризованому середовищі Чапека (сахароза, 30 г/л)

ховано, що ІМП підвищувало лінійний ріст міцелію штаму НК-35, який збільшувався на 4–12% порівняно з контрольним. Найбільший лінійний ріст вегетативного міцелію (75,7 мм) за період культивування протягом семи діб спостерігався при обробленні ІМП інтенсивністю 1 Гц і мав тенденцію до зменшення при підвищенні інтенсивності частоти до 10 Гц (71,0 мм), однак це перевищувало значення контролю (67,3 мм). Отримані дані лінійного росту за інтенсивності 5 Гц (70,0 мм) та 10 Гц (71,0 мм) вірогідно не відрізнялися за своїми значеннями і були в межах помилки.

На підставі отриманих даних можна стверджувати, що найбільш оптимальним режимом для оброблення ІМП вегетативного міцелію штаму НК-35 є інтенсивність 1 Гц, яка суттєво підвищувала лінійний ріст гриба.



**Рис. 2.** Вплив ІМП на лінійний ріст ізолятів гриба *P. ostreatus* на твердому агаризованому середовищі Чапека (сахароза, 30 г/л)

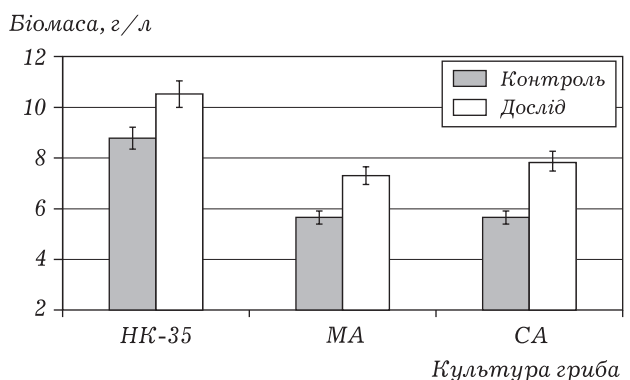
Визначену оптимальну інтенсивність оброблення (1 Гц) було в подальшому використано для встановлення впливу ІМП на лінійний ріст усіх досліджених ізолятів гриба *P. ostreatus*, які культивували на агаризованому живильному середовищі Чапека із сахарозою (рис. 2).

З рис. 2 видно, що лінійний ріст вегетативного міцелію в усіх ізолятів під дією ІМП підвищувався в 1,1–1,2 рази порівняно з контрольним. Найвищий показник лінійного росту виявлено в ізоляту СА і в контролі (81,5 мм), і в досліді (87,5 мм). Найменший лінійний ріст був у ізоляту Д-29 і в контролі (54,0 мм), і в досліді (61,0 мм) за весь період культивування.

Таким чином, оброблення ІМП інтенсивністю 1 Гц суттєво впливало на лінійний ріст ізолятів гриба *P. ostreatus*. Відповідна реакція гриба на дію ІМП залежить від індивідуальних особливостей, притаманих кожній досліджуваній культурі.

Результати дослідження гриба *P. ostreatus* за умов поверхневого культивування на середовищі Чапека із сахарозою (30 г/л) свідчать (рис. 3), що всі досліджені культури гриба під впливом ІМП збільшували здатність накопичувати біомасу в 1,2–1,4 рази (7,3–10,5 г/л) порівняно з контрольним (5,7–8,8 г/л). Сила впливу ІМП на досліджені ізоляти залежала від індивідуальних фізіологічних особливостей кожної культури.

Установлено, що під впливом ІМП найбільшу здатність накопичувати біомасу мав штам НК-35 (10,5 г/л), що в 1,2 рази більше порівняно з контрольним. Оброблення ІМП ізолятів МА і СА підвищувало їхню здатність



**Рис. 3.** Вплив ІМП на накопичення біомаси грибом *P. ostreatus* за поверхневого культивування на середовищі Чапека

накопичувати біомасу в 1,3–1,4 раза порівняно з контрольним, що було в 1,3–1,5 раза нижче, ніж у НК-35 як у контролі, так і в досліді.

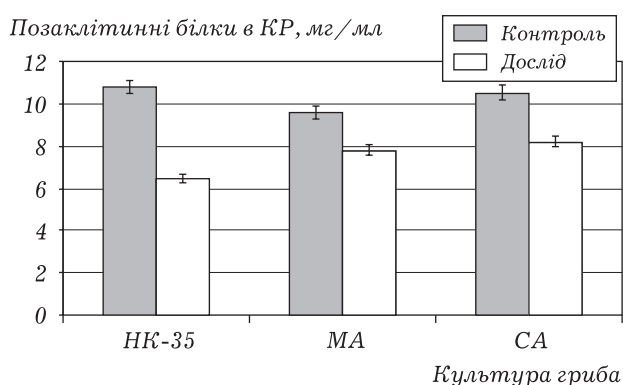
Дані рис. 4 свідчать, що ІМП впливало на здатність гриба *P. ostreatus* продукувати позаклітинні білки в КР при культивуванні на рідкому середовищі Чапека із сахарозою. Установлено, що вміст позаклітинних білків у КР в усіх ізолятих гриба *P. ostreatus* знижувався в 1,2–1,5 раза (6,5–8,2 мг/мл) порівняно з контрольним (9,6–10,8 мг/мл). Згідно з даними рис. 4, під впливом ІМП штам НК-35 мав найменшу здатність продукувати позаклітинні білки в КР, що в 1,2–1,3 раза менше порівняно з ізолятами МА і СА. Однак дані рис. 3 також свідчать, що за показником накопичення біомаси під впливом ІМП штам НК-35 був найкращий. Такі самі зміни відбуваються у фізіологічних показниках в ізолятих МА і СА, які, навпаки, під впливом ІМП збільшували продукування білків. У той же час накопичення біомаси ізоляти МА і СА зменшували порівняно зі штамом НК-35, що зумовлено індивідуальними особливостями кожної культури. Це може свідчити про здатність гриба пристосовуватися до різних фізичних умов існування та застосовувати свій індукційний механізм задля забезпечення своєї життєдіяльності.

З рис. 5 видно, що найбільш прийнятним для культивування гриба *P. ostreatus* є кисле середовище (рН < 6).

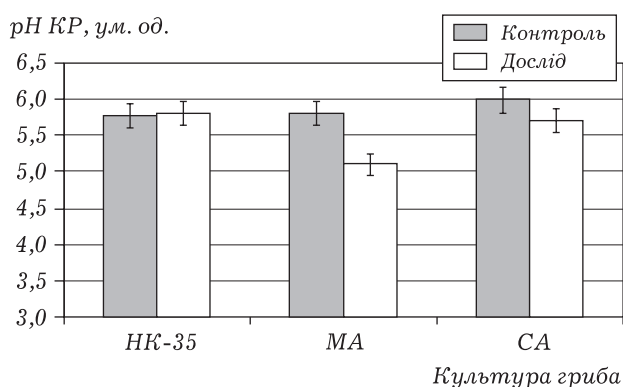
Установлено, що після поверхневого культивування в досліді рН КР знижувалася на 5–10% (до 5,1 і 5,7) порівняно з контролем (5,8 і 6,0) у ізолятих МА і СА відповідно, що свідчить про накопичення кислих продуктів метаболітів. Винятком був штам НК-35, у якого цей показник не змінювався впродовж експерименту (рН=5,8).

## ВИСНОВКИ

За результатами дослідження запропоновано нову методику попереднього оброблення, застосування якої позитивно впливає на фізіологічні показники гриба *P. ostreatus*. Установлено, що попереднє оброблення інокулюм ІМП інтенсивністю 1 Гц протягом однієї години збільшує лінійний ріст вегетативного міцелію цього гриба до 12% порівняно з контрольним. Показано, що сила ІМП визначається його інтенсивністю та індивідуальними фізіологічними особливос-



**Рис. 4.** Вплив ІМП на вміст позаклітинних білків у КР гриба *P. ostreatus* після поверхневого культивування на середовищі Чапека (сахароза, 30 г/л)



**Рис. 5.** Вплив ІМП на рН КР гриба *P. ostreatus* після поверхневого культивування на середовищі Чапека (сахароза, 30 г/л)

тями культури гриба *P. ostreatus*. Визначено, що під впливом ІМП ізоляти та контрольний штам НК-35 здатні збільшувати накопичення біомаси на 20–40% та зменшувати продукування позаклітинних білків на 10–20% порівняно з контрольним за поверхневого культивування на рідкому живильному середовищі Чапека із сахарозою, що може бути використано в подальшому для визначення впливу ІМП за інтенсивного культивування на твердому субстраті.

Автор висловлює подяку науковим співробітникам Донецького фізико-технічного інституту імені О.О. Галкіна НАН України за співпрацю.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Панина Л.К. Аномальний полярний ріст міцелія в умовах «магнітного вакуума» /



- Л.К. Панина, Е.В. Богомолова, Ю.М. Гаврилов, С.П. Дмитриев, Н.А. Доватор // Микол. и фитопатол. — 2012. — Т. 46. — Вып. 1. — С. 81–85.
2. Лихачева А.А. Влияние СВЧ-излучения на физиологические характеристики культур актиномицетов и бактерий / А.А. Лихачева, А.А. Лукьянов, Г.М. Зенова и др. // Биотехнология. — 2000. — № 5. — С. 31–35.
  3. Казаков А.В. О биологической роли электромагнитных излучений оптического и радиочастотного диапазонов / А.В. Казаков, Б.Н. Орлов, А.В. Чурмасов // Сельскохозяй. биол. — 2009. — № 6. — С. 11–17.
  4. Быстрова Е.Ю. Влияние постоянного магнитного и экранированного геомагнитного полей на развитие колоний микромицетов / Е.Ю. Быстрова, Е.В. Богомолова, Ю.М. Гаврилов, Л.К. Панина, В.Е. Стефанов, С.В. Сурма, Б.Ф. Щеголев // Микол. и фитопатол. — 2009. — Т. 43. — Вып. 5. — С. 438–446.
  5. Лозова О.Г. Вплив постійного магнітного поля на виживання та фізіологічну активність клітин дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* 1968 / О.Г. Лозова, Т.П. Касаткіна // Молодь і поступ біології: I міжнар. конф. студ. та асп., 11–14 квітня, 2005 р.: Тези доп. — Львів: СПОЛОМ, 2005. — С. 165.
  6. Sánchez C. Detection of highly productive strains of *Pleurotus ostreatus* by their tolerance to 2-deoxy-D-glucose in starch-based media / C. Sánchez, G. Viniestra-González // Mycol. Res. — 1996. — V. 100, I. 4. — P. 455–461.
  7. Lechner B.E. Search for new naturally occurring strains of *Pleurotus* to improve yields *Pleurotus albidus* as a novel proposed species for mushroom production / B.E. Lechner, E. Alberto // Rev. Iberoameric. Mycol. — 2011. — V. 28, I. 4. — P. 148–154.
  8. Silva S.O. Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel., substrates and residue after cultivation / S.O. Silva, S.M. Gomes da Costa, E. Clemente // Brasil. Arch. Biol. Technol. — 2002. — V. 45. — P. 531–535.
  9. Krasnopolskaya L.M. Screening of strains of the genus *Pleurotus* (Fr.) Kumm. with a broad spectrum of antimicrobial activity / L.M. Krasnopolskaya, I. Belitsky, G. Feodorova, G. Katurusha // Int. J. Med. Mushrooms. — 2001. — V. 3. — P. 172.
  10. Lindequist U. The pharmacological potential of mushrooms. Review / U. Lindequist, T.H.J. Niedermeyer, W.D. Julich // eCAM. — 2005. — V. 2 (3). — P. 285–299.
  11. Pazur A. Magnetoreception in microorganisms and fungi / A. Pazur, C. Schimek, P. Galland // Cent. Eur. J. Biol. — 2007. — V. 2 (4). — P. 597–659.
  12. Wang P.L. Tubulin assembly is disordered in a hypogeomagnetic field / P.L. Wang, X.S. Wang, R. Xiao, Y. Liu, R.Q. He // Biochem. Biophys. Res. Comm. — 2008. — V. 376. — P. 363–368.
  13. Avagyan I.A., Zamgargyan A.G. Anti-inflammatory activity of *Pl. ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. extract // FEBS and EFCS Workshop, «Inflammatory diseases and immune response: basic aspects, novel approaches and experimental models» (September, 2010). — Vienna, Austria, 2010. — P. 14.
  14. Авагян И.А. Изменение метаболической активности культуры *Pleurotus ostreatus* под воздействием электромагнитных излучений / И.А. Авагян, А.В. Неркарарян, Л.А. Минасбекия, С.Г. Нанагюлян // Микол. и фитопатол. — 2011.

## Новини Новини

### Новини • Новини • Новини

#### ЕНЕРГІЯ З ВОДИ: ЕКОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Науковці з університету Колорадо в Боулдері розробили новий метод отримання екологічного палива — водню — із використанням сонячної енергії та води. Розробники стверджують, що їхній винахід дозволяє отримувати енергію дешево, а головне — сам процес є екологічним.

Ідея науковців полягає в тому, щоб розщепити воду на кисень та водень за допомогою сонячної енергії. Для реакції потрібні будуть оксиди металів (заліза, кобальту та алюмінію) та високі температури — деякі компоненти потрібно буде розігріти до 1350 градусів за Цельсієм.