

## ••• МІКОЛОГІЯ ••• MYCOLOGY •••

УДК: 582.28:635.8

### Культивування *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. за дії лазерного опромінення К.С.Решетник

Досліджено вплив лазерного опромінення на ростові параметри, строки плодоношення та врожайність гливи звичайної при твердофазному культивуванні на різних типах субстратів: соняшниковому лушпинні (СЛ), соломі пшениці (СП) та квіткових лусках кукурудзяного початка (КЛКП). Згідно з результатами проведених досліджень найкращий ріст міцелію *P. ostreatus* спостерігався при культивуванні на субстраті, який на 100% складався з КЛКП, на 37,7% меншим була швидкість росту міцелію на субстраті з 50%-им вмістом КЛКП. На субстратах з 50%-им вмістом СЛ, 100%-им вмістом СЛ та 50%-им вмістом СП швидкість росту міцелію була меншою на 50,5%, 50,3% та на 45,0% відповідно. Найменший ріст міцелію було зафіксовано на субстраті з 100%-им вмістом СП. Опромінення зеленим світлом значно покращило швидкість росту міцелію на досліджуваних субстратах. Найкраща реакція спостерігалась у відповідь на дію опромінення при культивуванні на субстраті з 100%-им вмістом СП – на 71,8% краще контролю. При культивуванні на інших видах субстратів швидкість росту за цього опромінення зростала від 23,1 до 33,7% відповідно. Водночас, опромінення червоним та синім світлом викликало незначні зміни швидкості росту міцелію. Опромінення міцелію зеленим світлом протягом 10 с сприяло збільшенню врожайності на усіх видах субстратів від 51,5 до 80,7%, крім субстрату з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), на ньому врожайність зросла найбільше – на 87,9%, також сприяло скороченню строків обростання субстрату та прискорювало плодоношення. Плодові тіла, вирощені з міцелію, який був опромінений зеленим світлом протягом 10 с, утворювалися у більшій кількості порівняно з неопроміненими варіантами. Суттєвої різниці у морфології отриманих плодових тіл грибів, вирощених з опроміненого і неопроміненого міцелію, не було виявлено. Проведені дослідження дозволили визначити найпродуктивніші субстрати та найбільш ефективний режим стимуляції ростових процесів гриба *P. ostreatus* за допомогою лазерного опромінення. Отримані нами результати свідчать про доцільність використання лазерного опромінення під час вирощування плодових тіл *P. ostreatus*.

**Ключові слова:** базидіомікотові; лазерне опромінення; фотоактивація; *Pleurotus ostreatus*.

### Cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. influenced by laser irradiation K.S.Reshetnyk

It has been studied the effect of laser irradiation on growth parameters, fruiting terms and crop capacity of *Pleurotus ostreatus* under solid phase cultivation on different types of substrates that include sunflower husk (SH), wheat straw (WS) and floral scales of corn ears (FSCE). According to the research carried out the best *P. ostreatus* mycelium growth was revealed under the cultivation on 100% FSCE, the mycelium growth on 50% FSCE was 37,7% less. The mycelium growth on 50% SH, 100% SH and 50% WS substrates was 50.5%, 50.3% and 45.0% less respectively. The least mycelium growth was recorded on 100% WS substrate. Laser irradiation nonetheless had a positive effect on the mycelium growth on the substrates under analysis. In particular, the best reaction was in response to green spectrum irradiation under the cultivation on 100% wheat straw substrate that was 71.8% better than the control. Under the cultivation on other types of substrates the mycelium growth at green spectrum irradiation increased from 23.1% to 33.7% respectively. Red and blue spectra irradiation caused only slight mycelium growth changes. Green spectrum irradiation within 10 seconds promoted the crop capacity on all the substrates from 51.5 to 80.7%, except for the substrate with SH:WS:FSCE (25:25:50%), in which the crop capacity increased the most – by 87.9%. Also 10 second green spectrum impact on the mycelium reduced the substrate fouling term and accelerated the fruiting. It has been proved that the fruiting bodies grown out of the mycelium that was under 10 second green spectrum irradiation form in greater quantity compared to non-irradiated variants. Any significant differences in fungi fruiting bodies morphology on the substrates mentioned have not been found. Thus, the research carried out allowed to distinguish the most productive substrates and the most efficient mode of *P. ostreatus* growth stimulation with the help of laser irradiation. The results of the research prove the expediency of laser irradiation usage while cultivating macromycete *P. ostreatus*.

**Key words:** Basidiomycota; laser irradiation; photoactivation; *Pleurotus ostreatus*.

## Культивування *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. при впливі лазерного облучення

Е.С.Решетник

Исследовано вплив лазерного облучення на ростові параметри, строки плодоношення і урожайність вешенки обыкновенной при твердофазном культивуванні на різних типах субстратів: подсолнечної шелухе (ПШ), соломі пшениці (СП) і цвetoчній чешує кукурудзаного початка (ЦЧКП). Згідно з результатами проведених досліджень, найкращий ріст мицелія *P. ostreatus* спостерігався при культивуванні на субстраті, який на 100% складався з ЦЧКП, на 37,7% менше була швидкість росту мицелія на субстраті з 50%-ним вмістом ЦЧКП. На субстратах з 50%-ним вмістом ПШ, 100%-ним вмістом ПШ і 50%-ним вмістом СП швидкість росту мицелія була менше на 50,5%, 50,3% і на 45,0% відповідно. Найменший ріст мицелія був зафіксований на субстраті з 100%-ним вмістом СП. Облучення зеленим світлом значно покращило швидкість росту мицелія на досліджуваних субстратах. Найкраща реакція спостерігалася в відповідь на дію облучення при культивуванні на субстраті з 100%-ним вмістом СП – на 71,8% краще контролю. При культивуванні на інших типах субстратів швидкість росту при цьому облученні росла від 23,1 до 33,7% відповідно. В той же час, облучення червоним і синім світлом викликало незначальні зміни швидкості росту мицелія. Облучення мицелія зеленим світлом впродовж 10 с сприяло збільшенню урожайності на всіх типах субстратів від 51,5 до 80,7%, крім субстрата з ПШ:СП:ЦЧКП (25:25:50%), на ньому урожайність зросла найбільше – на 87,9%, також сприяло скороченню строків обростання субстрата і прискорило плодоношення. Плодові тіла, вирощені з мицелія, який був облучений зеленим світлом впродовж 10 с, формувалися в більшій кількості порівняно з необлученими варіантами. Суттєвої різниці в морфології отриманих плодових тіл грибів, вирощених з облученого і необлученого мицелія, не було виявлено. Проведені дослідження дозволили визначити найпродуктивніші субстрати і найбільш ефективний режим стимуляції ростових процесів гриба *P. ostreatus* за допомогою лазерного облучення. Отримані результати свідчать про доцільність використання лазерного облучення впродовж вирощування плодових тіл *P. ostreatus*.

**Ключові слова:** базидіомікоцети; лазерне облучення; фотоактивація; *Pleurotus ostreatus*.

### Вступ

*Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. належить до числа базидієвих грибів з великими, їстівними плодовими тілами, що штучно вирощуються людиною в промислових масштабах. За обсягами культивування *P. ostreatus* посідає друге місце після печериць у Європі (в т.ч. в Україні) та США (Bhattacharjya et al., 2015; Figlas et al., 2016; Chanf, Miles, 1984). Для вирощування гливи використовують доволі різноманітні целюлозовмісні субстрати, такі як солома зернових, качани кукурудзи, тирса, жом, відходи бавовнику та олійної пальми, бананові листи, лущиння кокосу, кора і листя дерев, льон (Hoa et al., 2015; Lelley, Janben, 1993). Згідно з даними D.J.Royse, S.A.Zaki та S.C.Dubey, оптимальним субстратом для вирощування гливи звичайної є пшенична солома з різноманітними домішками, що сприяють збільшенню врожайності (Rouse, Zaki, 1991; Dubey, 1999). Для максимальної врожайності *P. ostreatus* потрібно ретельно підбирати склад компонентів субстрату (які в достатній кількості містять джерела азоту та вуглецю, різні мінеральні домішки та вітаміни), враховувати його структуру, рН середовища та вологість, що в подальшому створить сприятливі умови для розвитку гриба. Встановлено, що від типу субстрату та умов культивування значною мірою залежать здатність гриба до колонізації субстрату, ростові параметри, швидкість та інтенсивність плодоношення, продуктивність та харчові властивості плодових тіл *P. ostreatus* (El Kattan et al., 1991; Curvetto et al., 2002; Власенко, 2018). Для отримання біомаси мицелію гливи, на думку О.В.Федотова та співавторів, кращими вуглецевмісними компонентами живильного середовища є глюкоза та сахароза (Федотов, Брусніцина, 2008).

Одним із важливих факторів, які необхідні для росту та розвитку плодових тіл грибів, також є світло. Хоча гриби і не є фототрофними організмами, світло відіграє важливу роль у регуляції їх життєдіяльності. Характер впливу світла залежить від його спектральних характеристик та від тривалості освітлення (Kamada et al., 2010). Механізми фоторецепції грибів останнім часом є предметом інтенсивних досліджень (Поєдинок і др., 2004, 2015; Поєдинок, Бисько, 2005; Дорошкевич, 2007; Nakano et al., 2010; Herrera-Estrella, Horwitz, 2007; Purschwitz et al., 2006). Станом на цей час доведено, що гриби можуть сприймати майже ультрафіолетове, синє, зелене, червоне і дальнє червоне світло, використовуючи для цього до 11 різних фоторецепторів (Herrera-

Estrella, Horwitz, 2007; Zhenzhong, Reinhard, 2018). У геномі базидієвих макроміцетів *Coprinopsis cinerea*, *Lentinula edodes* і *Pleurotus ostreatus* виявлені гени, що кодують рецептори, відповідальні за сприйняття синього світла. Дослідження геному цих грибів також дозволило виявити фоторецепторні гени, які кодують білки, чутливі до червоного світла (Galagan et al., 2003; Kamada et al., 2010). Зелене світло сприймається опсиновими системами на основі ретиналю, біологічні функції яких ще потребують з'ясування (Zhenzhong, Reinhard, 2018).

Використання штучного світла для стимулювання біологічних процесів у грибовництві станом на цей час обмежене методами, які потребують тривалого освітлення культур на різних стадіях морфогенезу, що призводить до додаткових витрат енергії. Проте дослідження, проведені Т.Й.Кару, показали, що короткочасне (протягом кількох секунд) опромінення різних об'єктів низькоінтенсивним лазерним світлом певної довжини хвилі у відносно малих дозах (102–103 Дж/м<sup>2</sup>) сприяє виникненню ефектів, що зберігаються протягом тривалого часу (Karū, 1986; Karū, 2008). Станом на цей час відомий вплив низькоінтенсивного світла на лінійний ріст та накопичення біомаси різними видами мікроміцетів: *Agaricus bisporus*, *Ganoderma lucidum*, *Hericium erinaceus*, *Inonotus obliquus*, *Lentinula edodes* та ін. (Poyedinok et al., 2000, 2003; Poyedinok, 2001; Поєдинок, Бисько, 2005). Досліджено позитивний вплив УФ- і γ-опромінення на врожайність гриба *P. ostreatus* та встановлено, що опромінення лазерним світлом з довжиною хвилі 632,8 нм в дозах 45–230 мДж/см<sup>2</sup> стимулює проростання спор та ріст міцелію у *Hericium erinaceus* (Поєдинок, 2013).

За даними Н.Л.Поєдинок, базидієві макроміцети на різних стадіях онтогенезу є чутливими до світла низької інтенсивності у видимому діапазоні довжини хвиль з різними спектральними та енергетичними характеристиками (Поєдинок і др., 2015). Крім того, досліджено, що зміни ростової активності спор і вегетативного міцелію грибів, які викликані короткочасним опромінюванням світлом низької інтенсивності, передаються на наступні фази онтогенезу і не потребують подальшої активізації світлом (Poyedinok et al., 2000). Враховуючи літературні дані щодо фоторецепції у грибів, можна зробити висновок про доцільність використання світла для регуляції морфогенезу і біологічної активності грибів, що може стати основою для створення більш ефективних технологій їх культивування.

Слід зауважити, що використання гелій-неонових та аргонних лазерів, які мають великі габарити та значну енергоємність, ускладнює технологію стимулювання процесів росту та розвитку грибів. На нашу думку, для інтенсифікації метаболічних процесів макроміцетів значно ефективніше використовувати світлодіодні лазери, які мають великий ККД (до 50%), швидкодію (до 10–11 с), зручність збудження та малі габарити (Васюра, 1998). Крім того, вони мають невелику вартість та потребують незначних енерговитрат при застосуванні. Оскільки літературних даних про вплив світлодіодних лазерів на ростові параметри грибів досить мало, це питання потребує подальшого вивчення. Враховуючи це, метою нашої роботи було дослідити вплив опромінення світлодіодних лазерів на ростові параметри, терміни плодоношення та врожайність гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kuntm. при твердофазному культивуванні на різних типах субстратів.

#### Об'єкти та методи дослідження

Досліджувався штам Р-192 гриба гливи звичайної *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) із колекції культур шапинкових грибів кафедри фізіології та біохімії рослин Донецького національного університету імені Василя Стуса. Досліджуваний штам виділено в чисту культуру з дикоростучого плодового тіла базидієвого гриба, зібраного на території Донецької області. Субстратами для твердофазного культивування було обрано відходи сільського господарства: соняшникове лушпиння (СЛ), солому пшениці (СП) та квіткові луски кукурудзяного початка (КЛКП), змішані у різних пропорціях. Контролем слугував субстрат із соломи пшениці без домішок, оскільки за даними літератури він вважається еталоном при вирощуванні гливи (Royste, Zaki, 1991). Підготовку та стерилізацію субстратів проводили загальноприйнятими методами (Бухало і др., 2004). Компоненти субстратів зважувалися сухими. Для кращого та рівномірного зволоження їх подрібнювали за допомогою гомогенізатора ST-CM1031 Lefkadata (компанія Saturn, Китай). Інформацію про склад сумішей, що були використані для культивування гриба у нашій роботі, узагальнено в табл. 1.

З метою вивчення впливу лазерного опромінення на ріст та морфолого-культуральні ознаки гриба *P. ostreatus* міцелій штаму Р-192 культивували протягом 7 діб на сушло-агаровому середовищі (4° за Балингом) у стандартних чашках Петрі (діаметром 9 см). Згодом, за допомогою

стерильної сталеві трубки, з маточної культури вирізали міцеліальні диски діаметром 5 мм. Перед посівом на субстрат (табл. 1) їх опромінювали за допомогою світлодіодних лазерів. У дослідженнях були використані чотири варіанти опромінення: контроль – без опромінення та одноразове опромінення світлом лазера протягом 10 с (червоного, синього та зеленого спектру). Для опромінення використовували світлодіодні лазери BPR-3010-5 з випромінюванням червоного спектру з довжиною хвилі 635 нм, BBR-3010-5 з випромінюванням синього спектру з довжиною хвилі 405 нм та BGP-3010-5 з випромінюванням зеленого спектру з довжиною хвилі 532 нм (виробник BOB LASER Co., Китай). Потужність кожного лазера становила 100 мВт.

Таблиця 1.

**Склад субстрату для твердофазного культивування *Pleurotus ostreatus***

Варіант досліджу	Співвідношення компонентів субстрату, %			Маса сухого субстрату у чашках Петрі/скляних банках, г		
	СЛ	СП	КЛКП	СЛ	СП	КЛКП
1	100	0	0	10/50	0	0
2	0	100	0	0	10/50	0
3	0	0	100	0	0	10/50
4	50	25	25	5/25	2,5/12,5	2,5/12,5
5	25	50	25	2,5/12,5	5/25	2,5/12,5
6	25	25	50	2,5/12,5	2,5/12,5	5/25

Щільність енергії лазерного опромінення розраховували за І.О.Вакарчук (Вакарчук, 2012). Енергетична доза опромінення (енергія світла, яка потрапляє на одиницю площі) визначалася як добуток щільності енергії та часу опромінення. Енергія опромінення у всіх варіантах досліджу становила 51,1 мДж/см<sup>2</sup>. Це значення вибрано на основі результатів наших попередніх досліджень (Reshetnyuk, 2018) з урахуванням літературних даних (Поєдинок, 2013).

Опромінені міцеліальні диски у подальшому використовували для інокуляції чашок Петрі з субстратом та для отримання посівного міцелію. У контрольному посіві використовували неопромінений міцелій. На останньому етапі роботи охолоджений до температури 22±1°C субстрат інокулювали посівним міцелієм *P. ostreatus*. Культивування проводили за температури 26±1°C та вологості 70–80 % до повного заростання субстрату міцелієм. Після цього ємності з субстратом переносили у ростове приміщення з температурою 15–16°C, вологістю 80–90 % і освітленням денним світлом протягом 8 годин на добу.

Для оцінки росту культур гриба використовували метод, заснований на дослідженні та аналізі динаміки збільшення радіусу колоній від часу культивування. Швидкість радіального росту ( $Vr$ ) розраховували за формулою (Бухало, 1988):  $Vr = a - b / t_1 - t_0$ , де:  $a$  – радіус колонії наприкінці росту, мм;  $b$  – радіус колонії на початку фази лінійного росту, мм;  $t_1 - t_0$  – тривалість лінійного росту, дб.

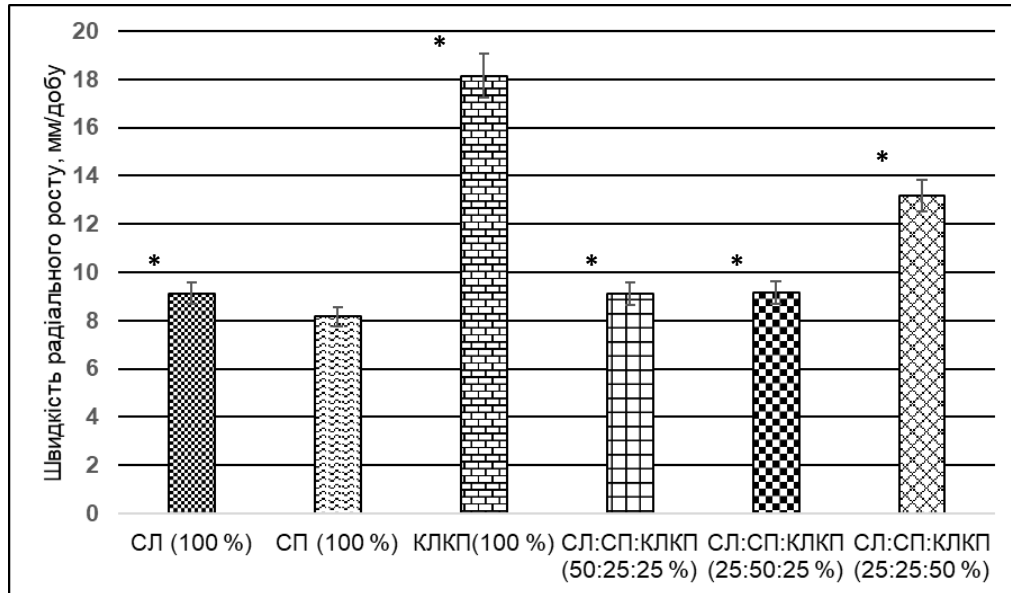
Модифікований ростовий коефіцієнт ( $PK_j$ ) розраховували за формулою (Бисько и др., 1983):  $PK_j = d \cdot h \cdot g \cdot j / t$ , де  $d$  – діаметр колонії, мм;  $h$  – висота колонії, мм;  $g$  – щільність колонії в балах;  $j$  – однорідність колонії в балах;  $t$  – вік колонії, дб.

Вивчення морфолого-культуральних ознак на різних субстратах проводили, використовуючи критерії, описані А.С.Бухало. Спостереження за ростом колоній припиняли після повного заростання чашки Петрі міцелієм (Бухало, 1988).

У процесі твердофазного культивування *P. ostreatus* у скляних банках об'ємом 500 мл реєстрували час появи примордіїв, початок плодоношення та врожайність. Усі досліді проводили у трикратній повторюваності. Для визначення достовірності різниці між варіантами застосовували метод дисперсійного аналізу. Порівняння середніх значень здійснювали за методом Даннета (Приседський, 1999). Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакета програм, створених на кафедрі фізіології рослин Донецького національного університету імені Василя Стуса (Приседський, 2005).

### Результати та обговорення

У результаті проведених досліджень було виявлено мінливість морфології колоній штаму Р-192 гриба *P. ostreatus* під час культивування на субстратах різного складу. Так, найшвидший ріст міцелію було зафіксовано на субстраті, який на 100% складався з квіткових лусок кукурудзяного початку, –  $18,14 \pm 0,53$  мм/добу (рис. 1).



**Рис. 1.** Вплив складу субстрату на ріст міцелію штаму Р-192 гриба *P. ostreatus* (\* різниця статистично значуща у порівнянні з контролем,  $P < 0,05$ )

Дещо повільнішим був ріст міцелію на субстраті, який складався з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), –  $13,17 \pm 0,52$  мм/добу. На інших субстратах спостерігався повільніший ріст міцелію: СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%), СЛ (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) – від  $9,13 \pm 0,52$  до  $9,16 \pm 0,46$  мм/добу.

Лазерне опромінення чинило позитивний вплив на ріст міцелію. Залежно від спектру опромінення різнилась і лінійна швидкість радіального росту культур. Найбільша стимуляція ростових процесів спостерігалась у відповідь на дію опромінення зеленим світлом при культивуванні на субстраті з 100%-ним вмістом СП – на 71,8% краще контролю. Опромінення міцелію синім та червоним світлом викликало менш суттєві зміни швидкості росту при культивуванні на цьому субстраті. Лазерне опромінення міцелію зеленим світлом при культивуванні на субстраті, який на 100% складався з КЛКП, достовірно збільшило швидкість радіального росту з  $18,14 \pm 0,53$  у контролі до  $24,26 \pm 0,56$  мм/добу у дослідному варіанті (на 33,7%). Лазерне опромінення червоним та синім світлом достовірно збільшило швидкість росту на 16,6% та 22,5% відповідно. Дещо гіршою була реакція у відповідь на дію лазерного опромінення міцелію зеленим світлом при культивуванні на субстраті, який складався з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%). Швидкість лінійного росту в цьому варіанті зросла на 24,1%. За дії червоного світла на цьому субстраті швидкість лінійного росту збільшилась лише на 9,0%, а лазерне опромінення синім світлом взагалі не призвело до зростання швидкості росту. При культивуванні міцелію на субстратах, які склалися з СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%), СЛ (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%), опромінення червоним світлом збільшило швидкість лінійного росту міцелію на 23,5%, 13,0% та 11,0% відповідно. За дії червоного світла ріст міцелію на цих субстратах збільшився на 22,5%, 10,8% та 11,2% відповідно. Опромінення зеленим світлом викликало зростання швидкості росту міцелію від 15,4% до 33,0% (рис. 2).

В ході досліджень нами було встановлено, що на субстраті, який на 100% складався з квіткових лусок кукурудзяного початку, спостерігався найщільніший міцелій гриба з високими повітряними гіфами. На цьому субстраті міцелій штаму Р-192 гриба *P. ostreatus* мав пухнасту колонію білого кольору з радіальною зональністю та рівним краєм, щільним непрозорим шаром

субстратного міцелію, повітряним міцелієм висотою 3–5 мм з добре розвинених гіф. На субстраті із соняшникового лушпиння та соломи пшениці міцелій штаму формував шерстисті колонії білого кольору зі слабкою радіальною зональністю. Щільність колоній була дещо меншою, висота повітряного міцелію була також нижчою (2–3 мм). Культури на субстраті з СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%) та СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%) утворювали щільний пухнастий шар міцелію білого кольору з добре вираженою радіальною зональністю, непрозорим шаром субстратного міцелію та повітряним міцелієм висотою 3–4 мм з розвиненими гіфами. На субстраті з СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) культури утворювали ще менш щільний шерстистий шар білого міцелію з повітряним міцелієм висотою 1–2 мм з розвиненими гіфами (рис. 3).

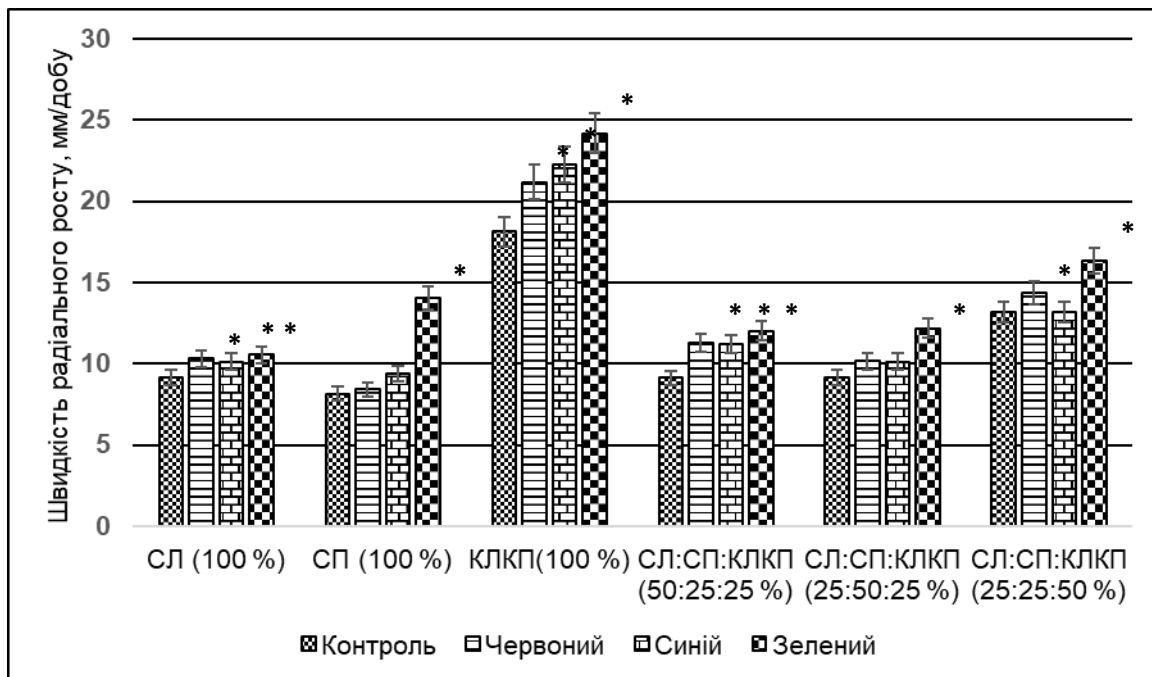


Рис. 2. Вплив лазерного опромінення на ріст міцелію штаму P-192 гриба *P. ostreatus* при культивуванні на субстратах різного складу (\* різниця статистично значуща у порівнянні з контролем,  $P < 0,05$ )

Результати вивчення морфологічних ознак досліджуваного штаму дозволяють зробити висновок про відмінність модифікованого ростового коефіцієнту при культивуванні *P. ostreatus* на субстратах різного складу. Найвище значення ростового коефіцієнта було встановлено для міцелію, культивованого на субстраті з квіткових лусок кукурудзяного початку, –  $845,1 \pm 1,7$ , слід відзначити, що на цьому субстраті уже на 6 добу культивування було зафіксовано повне заростання чашки Петрі міцелієм (табл. 2).

Ростовий коефіцієнт міцелію на субстраті, який складався з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), становив  $832,1 \pm 1,4$ , що є також високим показником росту, порівняно з іншими варіантами дослідження.  $RK_j$  на субстратах, які склалися з соняшникового лушпиння та СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%), становив  $203,1 \pm 1,4$  та  $218,6 \pm 1,3$  відповідно. Найменше значення ростового коефіцієнта для даного штаму було зафіксовано на субстраті, який складався із соломи пшениці та СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) –  $41,0 \pm 1,1$  та  $44,5 \pm 2,0$  відповідно. Опромінення міцелію монохроматичними променями різної довжини сприяло зростанню ростового коефіцієнта при культивуванні *P. ostreatus* на субстратах різного складу (табл. 3).

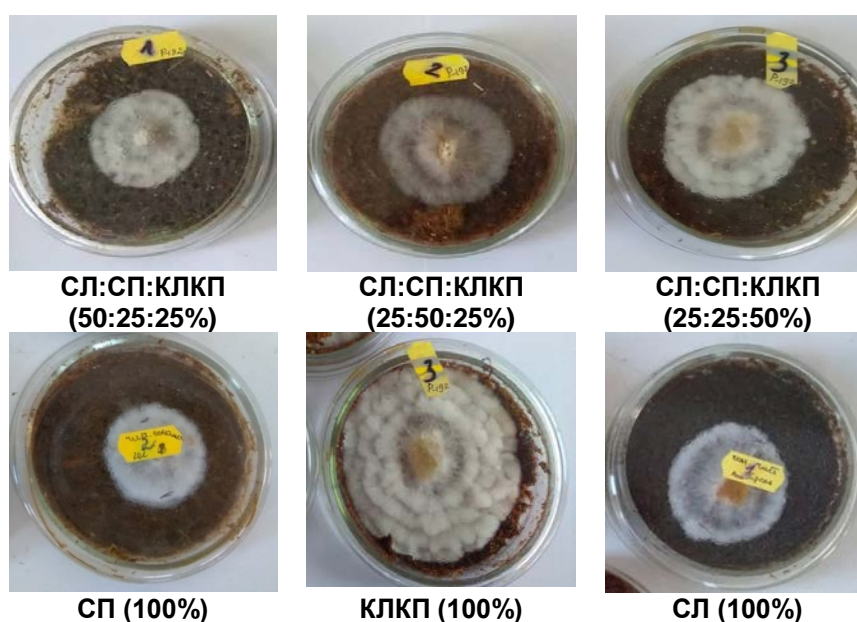


Рис. 3. Міцелій штаму P-192 гриба *P. ostreatus* при культивуванні на субстратах різного складу (культури віком 6 діб)

Таблиця 2.

Модифікований ростовий коефіцієнт міцелію штаму P-192 гриба *P. ostreatus* при культивуванні на субстратах різного складу

Склад субстрату	Параметри росту колонії					
	Діаметр колонії (мм)	Висота колонії (мм)	Щільність колонії (бал)	Однорідність колонії (бал)	Вік колонії (доба)	Ростовий коефіцієнт $PK_j$
СП (100%)	51,4±1,1	2	1	2	5	41,0±1,1
СЛ (100%)	56,4±1,4	3	2	3	5	203,1±1,4*
КЛКП (100%)	70,4±1,7	5	3	4	5	845,1±1,7*
СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%)	60,7±1,3	3	2	3	5	218,6±1,3*
СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%)	55,6±2,0	2	1	2	5	44,5±2,0*
СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%)	69,3±1,4	5	3	4	5	832,1±1,4*

Примітка: \* різниця статистично значуща у порівнянні з контролем,  $P < 0,05$ .

На 5 добу культивування було зафіксовано повне заростання чашки Петрі міцелієм під час культивування на субстраті з квіткових лусок кукурудзяного початку в результаті опромінення міцелію зеленим світлом. Було зафіксовано значне зростання  $PK_j$  міцелію на субстраті із соломи пшениці – 217,3%, а збільшення ростового коефіцієнта на субстраті з СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) – 188,3%, дані показники є найвищими порівняно з усіма варіантами дослідів. Збільшення ростового коефіцієнта міцелію на субстраті з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), КЛКП (100%), СЛ (100%) та СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%) становило – 20,7%, 27,6%, 35,4% та 34,7% відповідно.

За дії опромінення червоного спектру найвище значення ростового коефіцієнта було зафіксовано на субстратах з КЛКП (100%) та СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%) та на 27,6% і 24,1% перевищувало  $PK_j$  неопроміненого міцелію на даних субстратах. На субстратах, які склалися з СП (100%), СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) та СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), значення ростового коефіцієнта зросло на 33,9%, 23,8% та 15,7% відповідно.

Зростання  $PK_j$  для міцелію на субстраті із соняшникового лушпиння становило лише 4,3%. В результаті опромінення міцелію синім світлом найвище зростання  $PK_j$  було зафіксовано на

субстраті з соломи пшениці – на 40,2% більше контролю. Збільшення ростового коефіцієнта міцелію на субстратах, які складалися з СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%), СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%), КЛКП (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), становило 29,4%, 26,5%, 26,8% та 21,1% відповідно. Збільшення модифікованого ростового коефіцієнта міцелію на субстраті із соняшникового лущиння становило лише 5,5%.

Таблиця 3.

Модифікований ростовий коефіцієнт міцелію штаму P-192 гриба *P. ostreatus* за дії лазерного опромінення

Склад субстрату	Параметри росту колонії					
	Діаметр колонії (мм)	Висота колонії (мм)	Щільність колонії (бал)	Одно-рідність колонії (бал)	Вік колонії (доба)	Ростовий коефіцієнт PKj
Опромінення червоним світлом протягом 10 с						
СП (100%)	68,6±2,1	2	1	2	5	54,9±2,1*
СЛ (100%)	58,8±1,4	3	2	3	5	211,8±1,4*
КЛКП (100%)	89,8±2,5	5	3	4	5	1078,1±2,5*
СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%)	75,4±2,0	3	2	3	5	271,4±2,0*
СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%)	68,8±1,5	2	1	2	5	55,1±1,5*
СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%)	80,3±2,1	5	3	4	5	963,6±2,1*
Опромінення синім світлом протягом 10 с						
СП (100%)	71,8±1,8	2	1	2	5	57,5±1,8*
СЛ (100%)	60,4±2,0	3	2	3	5	217,4±2,0*
КЛКП (100%)	89,3±1,6	5	3	4	5	1071,8±1,6*
СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%)	78,6±2,1	3	2	3	5	283,0±2,1*
СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%)	70,4±1,5	2	1	2	5	56,3±1,5*
СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%)	84,0±1,5	5	3	4	5	1008,0±1,5*
Опромінення зеленим світлом протягом 10 с						
СП (100%)	81,7±1,7	2	2	2	5	130,7±1,7*
СЛ (100%)	76,4±2,2	3	2	3	5	275,0±2,2
КЛКП (100%)	89,9±2,1	5	3	4	5	1078,8±2,1*
СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%)	81,8±2,4	3	2	3	5	294,5±2,4*
СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%)	80,2±2,4	2	2	2	5	128,3±2,4*
СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%)	83,7±1,6	5	3	4	5	1004,4±1,6*

Примітка: \* різниця статистично значуща у порівнянні з контролем,  $P < 0,05$ .

У процесі твердофазного культивування *P. ostreatus* на досліджуваних субстратах було досліджено строки обростання субстрату, початок появи примордіїв та плодоношення, врожайність. Так, строк обростання досліджуваних субстратів міцелієм становив у середньому 8–9 діб, тобто за цим показником субстрати не мали суттєвої різниці. Лише на солі пшениці та СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) строк обростання субстрату був на 3 доби довший, що, ймовірно пов'язано з більшою щільністю субстрату. Примордії на субстратах з КЛКП (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%) з'явилися найшвидше. Пізніше (на 2 доби) почали з'являтися на субстратах з СЛ (100%) та СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%), найповільніше (на 6 діб) на субстратах з СП (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%). За строками плодоношення на різних субстратах було встановлено вірогідну різницю. Найшвидше плодові тіла з'явилися на субстратах з КЛКП (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%) – 24 доба культивування, трохи пізніше (30 доба) на субстратах з СЛ (100%) та СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%). Останнім плодоносив штам, культивованим на субстраті з СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%). Найкращу врожайність було встановлено на субстратах із СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%) та КЛКП (100%) – на 51,7% та на 45,2% більше контролю. Деякі нижчі показники врожайності були при



культивуванні на субстратах з СЛ (100%), СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) та СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%) – від 11,8 до 22,2% більше контролю (табл. 4).

**Таблиця 4.**  
**Параметри росту штаму P-192 гриба *P. ostreatus* при культивуванні на субстратах різного складу**

Склад субстрату	Характеристика росту колонії			
	Строк обростання субстрату міцелієм, доба	Строк появи примордіїв, доба	Початок плодоношення, доба	Врожайність (г/кг субстрату)
1	2	3	4	5
СП (100%)	11–12	25–26	34–35	12,82±0,37
СЛ (100%)	8–9	21–22	30–31*	14,33±0,47*
КЛКП (100%)	8–9	19–20	24–25*	18,62±0,71*
СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%)	8–9	21–22	30–31*	15,66±0,51*
СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%)	11–12	25–26	34–35*	14,44±0,47*
СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%)	8–9	19–20	24–25*	19,43±0,41*

*Примітка:* \* різниця статистично значуща у порівнянні з контролем,  $P < 0,05$ .

Оскільки нами було встановлено, що найкраща реакція спостерігається у відповідь на опромінення зеленим світлом, ми вирішили перевірити, яким чином цей вид опромінення впливає на ростові параметри грибів роду *Pleurotus* при твердофазному культивуванні (табл. 5).

**Таблиця 5.**  
**Параметри росту штаму P-192 гриба *P. ostreatus* за впливу зеленого світла**

Склад субстрату	Характеристика росту колонії			
	Строк обростання субстрату міцелієм, доба	Строк появи примордіїв, доба	Початок плодоношення, доба	Врожайність (г/кг субстрату)
СП (100%)	5–6	17–18	26–27*	19,42±0,44*
СЛ (100%)	7–8	20–21	29–30*	21,83±0,27*
КЛКП (100%)	5–6	15–16	20–21*	33,64±0,54*
СЛ:СП:КЛКП (50:25:25%)	5–6	17–18	26–27*	27,63±0,22*
СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%)	7–8	20–21	29–30*	24,65±0,57*
СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%)	5–6	17–18	20–21*	36,52±0,31*

*Примітка:* \* різниця статистично значуща у порівнянні з контролем,  $P < 0,05$ .

В результаті опромінення міцелію зеленим світлом строк обростання субстрату із соломи пшениці скоротився на 6 діб. Для інших субстратів (крім СЛ (100%)) цей строк скоротився на 3–4 доби. Лазерне опромінення міцелію, культивованого на субстраті із соняшникового лушпиння, скоротило строк обростання субстрату лише на 1 добу. Під час дослідження строків появи примордіїв та початку плодоношення було встановлено їхнє прискорення на 4–5 днів. Раніше на 7–8 діб з'явилися примордії та почалося плодоношення під час культивування на субстраті із соломи пшениці. Опромінення міцелію зеленим світлом сприяло підвищенню врожайності на усіх видах субстратів від 51,5 до 80,7%. Причому найкращий результат було встановлено при культивуванні на субстраті з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%) – на 87,9% більше контролю. Також лазерне опромінення міцелію сприяло збільшенню кількості плодових тіл.



Рис. 4. Зразки плодових тіл *Pleurotus ostreatus*, культивовані на різних видах субстратів та за дії лазерного опромінення зеленим світлом протягом 10 с

Згідно з результатами проведених досліджень, найкращий ріст міцелію *P. ostreatus* було встановлено під час культивування на субстраті, який на 100% складався з КЛКП, на 37,7% меншим був ріст міцелію на субстраті з 50%-им вмістом КЛКП. На субстратах з 50%-им вмістом СЛ, 100%-им вмістом СЛ та 50%-им вмістом СП швидкість росту міцелію була меншою на 50,5% та на 45,0% відповідно. Найменший ріст міцелію було зафіксовано на субстраті з 100%-им вмістом СП. Лазерне опромінення значно покращило швидкість росту міцелію на досліджуваних субстратах. Найкраща реакція спостерігалась у відповідь на дію опромінення зеленим світлом при культивуванні на субстраті з 100%-им вмістом СП – на 71,8% більше контролю. При культивуванні на інших видах субстратів швидкість росту за цього режиму опромінення зростала від 23,1 до 33,2% відповідно. Опромінення червоним та синім світлом викликало незначні зміни швидкості росту міцелію. Опромінення міцелію сприяло зростанню ростового коефіцієнта при культивуванні *P. ostreatus* на субстратах різного складу. Було зафіксовано значне зростання *PKj* міцелію, опроміненого зеленим світлом та культивованого на субстраті із соломи пшениці – 217,3%, а збільшення ростового коефіцієнта на субстраті з СЛ:СП:КЛКП (25:50:25%) – 188,3%, дані показники є найвищими порівняно з усіма варіантами дослідів. В результаті опромінення міцелію зеленим

світлом строк обростання субстрату із соломи пшениці скоротився на 6 дїб. Опромінення міцелію сприяло збільшенню врожайності на усіх видах субстратів від 51,5 до 80,7%, крім субстрату з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), на ньому врожайність зроста найбільше – на 87,9%, також було встановлено скорочення строків обростання субстрату та прискорення плодоношення. Особливої різниці у морфології отриманих плодівих тіл грибів на зазначених субстратах не було виявлено (рис. 4).

Оскільки плодіві тіла, отримані з опроміненого вегетативного міцелію, з'являлися швидше, їх маса та кількість була більшою, можна зробити висновок, що зміни, викликані світлом, мають пролонговану дію і можуть передаватися на подальші стадії життєвого циклу грибів. Такі реакції можна пов'язати із змінами в параметрах клітинного гомеостазу і вони вписуються в теорію про універсальні механізми фотостимуляції, відповідно до якої фізичні чи хімічні зміни у фотоакцепторних молекулах супроводжуються каскадом біохімічних реакцій в клітинах, які не вимагають подальшої активізації світлом (Кару, 2008).

### Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що склад субстрату впливає на показники росту міцелію та розвиток плодівих тіл *P. ostreatus*. Визначено, що для культивування *P. ostreatus* найпродуктивнішими субстратами є КЛКП (100%) та СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%). Найкращий ріст міцелію *P. ostreatus* було встановлено під час культивування на субстраті, який на 100% складався з КЛКП, на 37,7% меншим був ріст міцелію на субстраті з 50%-им вмістом КЛКП. На цих субстратах також були встановлені найвищі значення ростового коефіцієнта, швидка поява плодівих тіл та найкраща врожайність.

Встановлено, що найкраща реакція у відповідь спостерігається на одноразове опромінення міцелію зеленим світлом протягом 10 с. За дії опромінення при культивуванні міцелію на субстраті з 100%-им вмістом СП швидкість радіального росту зроста на 71,8%, а модифікований ростовий коефіцієнт міцелію збільшився на 219,2%. Опромінення міцелію сприяло збільшенню врожайності на усіх видах субстратів від 51,5 до 80,7%, крім субстрату з СЛ:СП:КЛКП (25:25:50%), на ньому врожайність зроста найбільше – на 87,9%. Було встановлено скорочення строків обростання субстрату та прискорення плодоношення. Опромінення червоним та синім світлом викликало незначні зміни показників росту міцелію та розвитку плодівих тіл *P. ostreatus*. Отримані нами результати свідчать про доцільність використання лазерного опромінення під час вирощування плодівих тіл *P. ostreatus*.

### Список літератури / References

- Бисько Н.А., Бухало А.С., Вассер С.П. и др. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. – К.: Наук. думка, 1983. – 312с. /Bysko N.A., Bukhalo A.S., Vasser S.P. et al. Higher edible basidiomycetes in superficial and deep culture. – Kyiv: Naukova Dumka, 1983. – 312p./
- Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. – К.: Наукова думка, 1988. – 144с. /Bukhalo A.S. Highest edible basidiomycetes in pure culture. – Kyiv: Naukova Dumka, 1988. – 144p./
- Бухало А.С., Бисько Н.А., Соломко Э.Ф. и др. Культивирование съедобных и лекарственных грибов: Практик. реком. – К., 2004. – 120с. /Bukhalo A.S., Bysko N.A., Solomko E.F. et al. Cultivation of edible and medicinal mushrooms: Practical recommendations. – Kyiv, 2004. – 120p./
- Вакарчук І.О. Квантова механіка: підручник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 872с. /Vakarchuk I.O. Quantum mechanics: a textbook. – Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 2012. – 872p./
- Васюра А.С. Елементи та пристрої систем управління автоматки. – Вінниця: ВДТУ, 1998. – 420с. /Vasiura A.S. Elements and devices of automation control systems. – Vinnytsa: Vinnytsa National Technical University, 1998. – 420p./
- Власенко К.М. Вплив хімічного складу субстрату на показники росту, врожайності та синтез летких органічних сполук при твердофазному культивуванні *Pleurotus ostreatus* // Наукові доповіді НУБіП України. – 2018. – Т.2, №72. – С. 2–13. /Vlasenko K. M. Influence of substrate chemical composition on growth, yield and synthesis of volatile organic compounds in solid-phase cultivation of *Pleurotus ostreatus* // Naukovi dopovidi NUBiP of Ukraine – 2018. – Vol.2, no.72. – P. 2–13./
- Дорощкевич Н.В. Вплив лазерного опромінення на продуктивність гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer // Вісник Донецького університету. Сер. А. Природн. науки. – 2007. – №1. – С. 290–292. /Doroshkevich N.V. Influence of laser irradiation on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer mushroom productivity // Visnyk of Donetsk University. Ser. A. Natural science – 2007. – No.1. – P. 290–292./

- Кару Т.Й. Универсальный клеточный механизм лазерной биостимуляции: фотоактивация фермента дыхательной цепи цитохромоксидазы. Голография: фундаментальные исследования, инновационные проекты и нанотехнологии // XXVI школа по когерентной оптике и голографии. – 2008. – С. 156–175. /Karu T.Y. Universal cellular mechanism of laser biostimulation: photoactivation of the enzyme of the respiratory chain of cytochrome oxidase. Holography: fundamental research, innovative projects and nanotechnologies // XXVI School of Coherent Optics and Holography. – 2008. – P. 156–175./
- Поединок Н.Л., Бисько Н.А., Михайлова О.Б. и др. Интенсификация технологических этапов культивирования съедобного гриба вешенки обыкновенной // Биотехнология. – 2004. – №5. – С. 64–67. /Poedynok N.L., Bysko N.A., Myhaylova O.B. et al. Intensification of the technological stages of cultivation of edible oyster mushroom // Biotechnology. – 2004. – No.5. – P. 64–67./
- Поединок Н.Л., Бисько Н.А. Использование света в биотехнологии промышленного культивирования вешенки обыкновенной и шампиньона двуспорового // Достижения, проблемы и перспективы культивирования грибов. Современные технологии. Сборник научных трудов. – 2005. – С. 24–27. /Poedynok N.L., Bysko N.A. The use of light in the biotechnology of industrial cultivation of oyster mushroom and *Agaricus bisporus* // Achievements, problems and prospects for the cultivation of mushrooms. Modern technologies. Collection of scientific papers. – 2005. – P. 24–27./
- Поединок Н.Л., Михайлова О.Б., Ходаковский В.М., Дудка И.А. Влияние на ростовую активность посевного материала культивируемых макромицетов низкоинтенсивного лазерного излучения // Микробиология и биотехнология. – 2015. – Т.29, №1. – С. 77–86. /Poedynok N.L., Myhaylova O.B., Hodakovskyy V.M., Dudka I.A. Influence on growth activity of the seed material of cultivated macromycetes of low-intensity laser radiation // Microbiology and Biotechnology. – 2015. – Vol.29, no.1. – P. 77–86./
- Поединок Н.Л. Енергоефективні системи штучного освітлення у технологіях вирощування їстівних та лікарських грибів // Наука та інновації. – 2013. – Т.9, №3. – С. 46–59. /Poedynok N.L. Energy-efficient artificial lighting systems in edible and medicinal mushroom cultivation technologies // Science and Innovation. – 2013. – Vol.9, no.3. – P. 46–59./
- Приседський Ю.Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів. – Донецьк: ДонНУ, 2005. – 84с. /Prysedskyy Yu.G. Software package for statistical processing of the results of the biological experiments – Donetsk: DonNU, 2005. – 84p./
- Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210с. /Prysedskyy Yu.G. Statistical processing of the results of biological experiments. – Donetsk: Cassiopeia, 1999. – 210p./
- Федотов О.В., Брусніцина О.М. Вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і каталазу активність штаму P-6v *Pleurotus ostreatus* // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2008. – Т.1, №8. – С. 248–253. /Fedotov O.V., Brusnitsyna O.M. The influence of carbon sources on the growth and catalase activity of strain P-6v of *Pleurotus ostreatus* // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2008. – Vol.1, no.8. – P. 248–253./
- Bhattachariya D.K., Paul R.K., Miah Md.N., Ahmed K.U. Comparative study on nutritional composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Fr.) cultivated on different sawdust substrates // Bioresearch Communications. – 2015. – Vol.1 (2). – P. 93–98.
- Curvetto N.R., Figlas D., Devalis R., Delmastro S. Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH<sub>4</sub> and/or Mn(II) // Bioresource Technology. – 2002. – Vol.84. – P. 171–176.
- Chang S.T., Miles P.G. A new look at cultivated mushrooms // Bioscience. – 1984. – Vol.34, no. 6. – P. 358–362.
- Dubey S.C. Effect of different substrates and amendments on yield of *Pleurotus* sp. // Mycology and Plant Pathology. – 1999. – No.29. – P. 209–216.
- El Kattan M.H., Helmy Z.A., El Leithy M.A., Abdelkwaï K.A. Studies on cultivation techniques and chemical composition of oyster mushrooms // Mushroom J. Tropics. – 1991. – Vol.11. – P. 59–66.
- Figlas N.D., Matute G., Curvetto N. Sunflower seed hull: its value as a broad mushroom substrate // Annals of Food Processing and Preservation. – 2016. – Vol.1 (1). – 1002.
- Galagan G.V., Calvo S.E., Borkovich K.A. et al. The genome sequence of the filamentous fungus *Neurospora crassa* // Nature. – 2003. – Vol.422. – P. 859–868.
- Herrera-Estrella A., Horwitz B.A. Looking through the eyes of fungi: molecular genetics of photoreception // Molecular Microbiology. – 2007. – Vol.64, no.1. – P. 5–15.
- Hoà H.T., Wang C.-L., Wang C.-H. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*) // Mycobiology. – 2015. – Vol.43 (4). – P.423–434.

- Kamada T., Sano H., Nakazawa T., Nakahori K. Regulation of fruiting body photomorphogenesis in *Coprinopsis cinerea* // Fungal Genetics and Biology. – 2010. – Vol.11. – P. 917–921.
- Karu T.J. On the molecular mechanism of therapeutic action of low-intensity laser radiation // Dokl. AN SSSR. – 1986. – Vol.29. – P. 1245–1249.
- Lelley J.I., Janben A. Interactions between supplementation, fructification–surface and productivity of the substrate of *Pleurotus* // Mushroom Biology and Mushroom Products. – 1993. – Vol.9. – P. 345–349.
- Nakano Y., Fujii N., Kojima M. Identification of blue-light photoresponse genes in mushroom mycelia // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. – 2010. – Vol.10. – P. 2160–2165.
- Poyedinok N.L. Influence of low-intensity laser radiation on the growth and development of *Hericium erinaceus* (Bull.:Fr.) Pers. and *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. // Int. J. Med. Mushr. – 2001. – Vol.3, no.2–3. – P.199.
- Poyedinok N.L., Potemkina J.V., Buchalo A.S. et al. Stimulation with low-intensity laser light of basidiospore germination and growth of monocaryotic isolates in Medicinal Mushroom *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. (Aphyllorphoromycetidae) // Int. J. Med. Mushr. – 2000. – Vol.2, no.4. – P. 339–342.
- Poyedinok N.L., Buchalo A.S., Negriyko A.M. et al. The action of argon and helium-neon laser radiation on growth and fructification of culinary-medicinal mushrooms *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm., *Lentinus edodes* (Berk.) Singer, and *Hericium erinaceus* (Bull.:Fr.) Pers. // Int. J. Med. Mushr. – 2003. – Vol.5. – P. 293–299.
- Purschwitz J., Muller S., Kastner C., Fischer R. Seeing the rainbow: light sensing in fungi // Current Opinion in Microbiology. – 2006. – Vol.9. – P. 566–571.
- Reshetnyk K.S. Investigation the effect of laser irradiation on the growth characteristics of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm. // 2nd International Conference «Smart Bio». – 2018. – P.344.
- Royse D.J., Zaki S.A. Yield stimulation of *Pleurotus flabellatus* by dual nutrient supplementation of pasteurized wheat straw // Science and Cultivation of Edible Fungi. – 1991. – P. 545–547.
- Zhenzhong Yu., Reinhard F. Light sensing and responses in fungi // Nature Reviews Microbiology. – 2018. – No.17 (1). – P. 25–36.

**Представлено: В.В.Рогач / Presented by: V.V.Rogach**

**Рецензенти: О.Ю.Акулов, О.І.Віннікова / Reviewers: O.Yu.Akulov, O.I.Vinnikova**

*Подано до редакції / Received: 24.04.2019*

**Про автора:** К.С.Решетник – Донецький національний університет імені Василя Стуса, вул. 600-річчя, 21, Вінниця, Україна, 21021, k.reshetnyk@donnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7419-9401>

**About the author:** K.S.Reshetnyk – Vasyl' Stus Donetsk National University, St. 600 anniversary, 21, Vinnitsa, Ukraine, 21021, k.reshetnyk@donnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7419-9401>

**Об авторе:** Е.С.Решетник – Донецкий национальный университет имени Василия Стуса, ул. 600-летия, 21, Винница, Украина, 21021, k.reshetnyk@donnu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7419-9401>