



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj77.06.472>

Ріст та культурально-морфологічні особливості деяких штамів *Laetiporus sulphureus* (Polyporales, Basidiomycota) за дії лазерного опромінення

Катерина С. РЕШЕТНИК, Юрій Г. ПРИСЕДСЬКИЙ

Донецький національний університет імені Василя Стуса
вул. 600-річчя 21, Вінниця 21021, Україна
k.reshetnyk@donnu.edu.ua

Reshetnyk K.S., Prysedsyky Yu.G. 2020. **Growth, cultural and morphological characteristics of strains of *Laetiporus sulphureus* (Polyporales, Basidiomycota) under the influence of laser irradiation.** *Ukrainian Botanical Journal*, 77(6): 472–479.

Vasyl' Stus Donetsk National University
21 600th Anniversary Str., Vinnytsia 21021, Ukraine

Abstract. The article provides growth, cultural and morphological characteristics of the vegetative mycelium on agar nutrient medium under the influence of laser irradiation for three strains of *Laetiporus sulphureus* from the Collection of basidiomycete cultures of the Department of Botany and Ecology of Vasyl' Stus Donetsk National University. The study was performed on potato-glucose agar (PGA) at a temperature of 26 ± 1 °C. It has been found that cultural and morphological characteristics of the colonies and the radial rate of their growth depend on the duration of irradiation (5 and 10 s) and the wavelength of light – green (532 nm), blue (405 nm) and red light (635 nm). For all studied strains of *L. sulphureus*, the most effective irradiation is that with green light (irradiation energy 51.1 mJ/cm²) lasting 10 s. Under the influence of this regime, the rate of radial mycelium growth increased from 23.4% to 66.7%, respectively, and the inoculum and the central zone of the surrounding colony formed a denser and higher mycelium of a pale sandy color. In general, the cultural and morphological features of the mycelial colonies of *L. sulphureus* strains under different conditions were somewhat different, but they were typical for this species.

Keywords: growth rate, morphology, photoactivation, vegetative mycelium, *Laetiporus*

Submitted 07 August 2020. Published 24 December 2020

Решетник К.С., Приседський Ю.Г. 2020. **Ріст та культурально-морфологічні особливості штамів *Laetiporus sulphureus* (Polyporales, Basidiomycota) за дії лазерного опромінення.** *Український ботанічний журнал*, 77(6): 472–479.

Реферат. Представлено дані щодо швидкості росту та культурально-морфологічних характеристик вегетативного міцелію для 3 штамів гриба *Laetiporus sulphureus* з Колекції культур базидієвих грибів кафедри ботаніки та екології Донецького національного університету імені Василя Стуса за дії лазерного опромінення. Обрані штами були культивовані на картопляно-глюкозному агарі (КГА) за температури 26 ± 1 °C. Встановлена залежність показників від тривалості опромінення (5 та 10 с) та довжини хвилі світла (зелене – 532 нм, синє – 405 нм та червоне – 635 нм). Для усіх досліджуваних штамів найефективнішим виявилось опромінення зеленим світлом (енергія опромінення 51,1 мДж/см²) тривалістю 10 с. За дії такого режиму швидкість радіального росту міцелію зросла від 23,4% до 66,7% відповідно, а інокулом та центральна зона колонії навколо нього утворювали більш щільний та високий міцелій, забарвлений в блідо-пісочний колір. В цілому культурально-морфологічні особливості міцеліальних колоній штамів *L. sulphureus* за різних умов дещо відрізнялися, проте були типовими для цього виду.

Ключові слова: вегетативний міцелій, морфологія, фотоактивація, швидкість росту, *Laetiporus*

Вступ

Наразі існує достатньо інформації про дослідження культур базидієвих грибів, які є продуцентами великої кількості біологічно активних речовин. Відомі розробки, що стосуються отримання біомаси їстівних грибів для харчових та кормових цілей, а також використання культивованого міцелію в якості посівного матеріалу для отримання плодових тіл у процесах біоконверсії рослинних відходів (Bilau, 1984; Vuchalo et al., 2011; Bisko, 2012). Дереворуйнівні гриби все частіше привертають увагу вчених, оскільки вони порівняно легко виділяються в чисту культуру, характеризуються високою швидкістю росту, не потребують дорогих та складних живильних середовищ для культивування. Крім того, вони здатні утилізувати складні рослинні полімери, в тому числі відходи лісової, деревопереробної промисловості та сільськогосподарського виробництва (Bhattacharjya et al., 2015; Figlas et al., 2016).

Laetiporus sulphureus (Bull.) Murrill належить до екологічної групи грибів-ксилотрофів. Він є факультативним сапротрофом та збудником бурої призматичної гнилі, яка розвивається у центральній частині стовбура дерева. Цей гриб відомий завдяки наявності у його плодових тілах та в міцелії великої кількості каротиноїдів, які мають радіопротекторні, антиоксидантні та інші фармакологічні властивості (Gvozdkova et al., 2003; Kapits et al., 2004; Ozerova, 2006). Крім того, молоді плодові тіла цього гриба мають високу харчову цінність (Maslova, 1972). Відомо, що світло є одним із важливих чинників, які регулюють ріст та розвиток грибів. Досліджено, що особливості впливу світла залежать від його спектральних характеристик та тривалості освітлення (Kamada et al., 2010). На сьогодні механізми фоторецепції грибів досить широко досліджуються вченими (Purschwitz et al., 2006; Herrera-Estrella et al., 2007; Nakano et al., 2010). З літератури відомо, що гриби можуть сприймати ультрафіолетове, синє, зелене, червоне світло, використовуючи для цього 11 різних фоторецепторів (Herrera-Estrella et al., 2007; Yu, Fischer, 2019). У геномі *Coprinopsis cinerea* (Schaeff.), *Lentinula edodes* (Berk.) і *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm встановлено гени, які кодують рецептори, відповідальні за сприйняття синього світла. Дослідження 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 (Yu, Fischer, 2019).

Враховуючи літературні дані щодо фоторецепції у грибів, можна зробити висновок про перспективність використання світла для регуляції ростових та біосинтетичних процесів грибних організмів, що дозволить створити більш ефективні технології їхнього культивування.

Метою нашого дослідження було дослідити швидкість росту та культурально-морфологічні особливості штамів гриба *L. sulphureus* на агаризованому живильному середовищі за дії лазерного опромінення, оскільки в літературі такі відомості відсутні.

Матеріали та методи

Дослідження проводили на кафедрі ботаніки та екології Донецького національного університету імені Василя Стуса (ДонНУ). Були використані три штами гриба *L. sulphureus*, зібрані на території м. Вінниця (штам Ls-17: місце збору – Парк Дружби народів, стовбур дерева виду роду *Populus* L. (3,9 км до місця збору штаму Ls-16), 2016; штам Ls-16: місце збору Центральний міський парк Вінниці, стовбур дерева *Aesculus hippocastanum* L., 2016; штам Ls-18: місце збору м. Вінниця, вул. Академіка Янгеля, 4, стовбур дерева *Populus* sp., 2015 (4,8 км до місця збору штаму Ls-16)). Штами зберігаються у Колекції культур базидієвих грибів кафедри ботаніки та екології ДонНУ. Для визначення швидкості росту штамів Ls-17, Ls-16, Ls-18 гриба *L. sulphureus* вегетативний міцелій культивували на агаризованому середовищі (КГА), г/дм³: картопля – 200, глюкоза – 10, агар мікробіологічний – 10; H₂O (дистильована) – 1 дм³.

З метою вивчення впливу лазерного опромінення на ріст штамів Ls-17, Ls-16, Ls-18 гриба *L. sulphureus* міцелій культивували на середовищі КГА впродовж 7 діб у стандартних чашках Петрі (діаметром 9 см). Диски міцелію діаметром 5 мм вирізали стерильною сталевією трубкою на відстані 8–10 мм від краю активного росту колонії та містили в центр чашки Петрі. Міцелій інкубували в термостаті за температури 26 ± 1 °C. Радіуси колоній вимірювали в чотирьох взаємно перпендикулярних напрямках на 2, 4, 6, 8, 10 та 12-ту доби культивування. Для розрахунку середньої швидкості радіального росту (V_r , мм/доба) будували криві залежності радіуса

Таблиця 1. Схема опромінення міцелію гриба *Laetiporus sulphureus*
Table. 1. Scheme of irradiation of the mycelium of *Laetiporus sulphureus*

Варіант досліджу	Варіант опромінення / довжина хвилі			Енергія опромінення, мДж/см ²
	Червоне світло 635 нм	Синє світло 405 нм	Зелене світло 532 нм	
	Тривалість опромінення, с			
1 (контроль)	0	0	0	0
2	5	0	0	25,05
3	0	5	0	25,05
4	0	0	5	25,05
5	10	0	0	51,1
6	0	10	0	51,1
7	0	0	10	51,1
8	15	0	0	77,3
9	0	15	0	77,3
10	0	0	15	77,3
11	20	0	0	102,5
12	0	20	0	102,5
13	0	0	20	102,5

міцеліальної колонії від часу культивування. У фазі лінійної залежності приросту радіуса від часу визначали середню швидкість росту за формулою:

$$V_R = \frac{R_1 - R_0}{t_1 - t_0},$$

де R_1 – радіус колонії в кінці фази лінійного росту, R_0 – радіус колонії на початок фази лінійного росту, $t_1 - t_0$ – тривалість лінійної фази росту (доба) (Bisko et al., 2012).

Дослідження культурально-морфологічних характеристик колоній проводили кожні 2–3 дні культивування впродовж 12 діб (Buchalo, 1988). Морфологічна характеристика колоній включала опис текстури, забарвлення, щільності, зональності, краю колонії та його зовнішньої лінії (Bondartsev, 1954; Stalpers, 1978).

Для лазерного опромінення вегетативного міцелію використовували пристрій, сконструйований співробітниками кафедри ботаніки та екології ДонНУ. Пристрій складається з восьмигранної дзеркальної призми, що сприймає промінь LED-лазерів (виробник BOB LASER Co., Китай): BRP-3010-5, з випромінюванням червоного спектра з довжиною хвилі 635 нм; BBP-3010-5 з випромінюванням синього спектра (405 нм) та BGP-3010-5 з випромінюванням зеленого спектра (532 нм) і відбиває його на транспортерну стрічку, на якій розміщується чашка Петрі з міцелієм. Потужність кожного лазера становить 100 мВт. Пристрій має два електродвигуни, що відповідають за рух дзеркальної призми та транспортерної стрічки. Керування пристроєм здійснюється за допомогою панелі

управління, оснащеної кнопками для регулювання часу опромінення та вибору необхідного лазера з відповідною довжиною хвилі світла (рис. 1).

Міцелій опромінювали у такий спосіб: чашка Петрі з міцелієм рухається на транспортерній стрічці під променем світла з встановленою довжиною хвилі: 635, 405 та 532 нм, отримуючи необхідну енергію опромінення (25,05–102,5 мДж/см²) залежно від мети дослідження. Міцелій опромінювали впродовж 5, 10, 15 та 20 с. Потім за допомогою стерильної сталевий трубки з колонії вирізали міцеліальні диски діаметром 5 мм та здійснювали інокуляцію на живильне середовище (КГА) відповідного складу. Для інокуляції контрольних чашок Петрі застосовували неопромінєну культуру. Міцелій опромінювали в декількох варіантах (табл. 1).

Усі досліді проводили у 3-кратній повторності. Для визначення вірогідності впливу лазерного опромінення на ростові параметри застосовували метод дисперсійного аналізу. Порівняння середніх значень здійснювали методом Даннета (Prysedskyi, 1999). Обробку даних проводили з використанням пакета статистичних програм, створених на кафедрі фізіології та біохімії рослин ДонНУ (Prysedskyi, 2005).

Результати та обговорення

Проведеними дослідженнями було встановлено мінливість морфології колоній штамів Ls-17, Ls-16, Ls-18 гриба *L. sulphureus* за дії лазерного

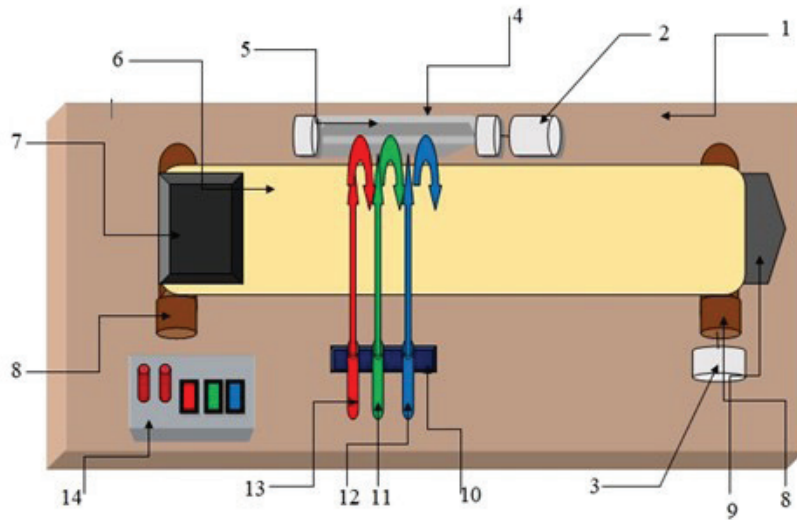


Рис. 1. Пристрій для опромінення міцелію монохроматичним світлом за допомогою LED-лазерів. 1 – платформа для кріплення пристрою; 2, 3 – електродвигуни; 4 – захисна кришка для дзеркальної призми; 5 – дзеркальна призма; 6 – транспортерна стрічка; 7 – бункер для об'єктів до опромінення; 8 – валик, який рухає транспортерну стрічку; 9 – платформа для опромінених об'єктів; 10 – штатив для кріплення LED-лазерів; 11 – LED-лазер BGP-3010-5 з випромінюванням зеленого спектра (довжина хвилі 532 нм); 12 – LED-лазер BBP-3010-5 з випромінюванням синього спектра (довжина хвилі 405 нм); 13 – LED-лазер BRP-3010-5, з випромінюванням червоного спектра (довжина хвилі 635 нм); 14 – панель управління

Fig. 1. Device for irradiating the mycelium with monochromatic light using LED lasers. 1 – platform for mounting the device; 2, 3 – electric motors; 4 – protective cover for the mirror prism; 5 – mirror prism; 6 – conveyor belt; 7 – hopper for objects before irradiation; 8 – moving roller conveyor belt; 9 – platform for irradiated objects; 10 – tripod for mounting LED lasers; 11 – LED laser BGP-3010-5 with green spectrum radiation with a wavelength of 532 nm; 12 – LED laser BBP-3010-5 with radiation blue spectrum with a wavelength of 405 nm; 13 – LED laser BRP-3010-5 with red spectrum radiation with a wavelength of 635 nm; 14 – control panel.

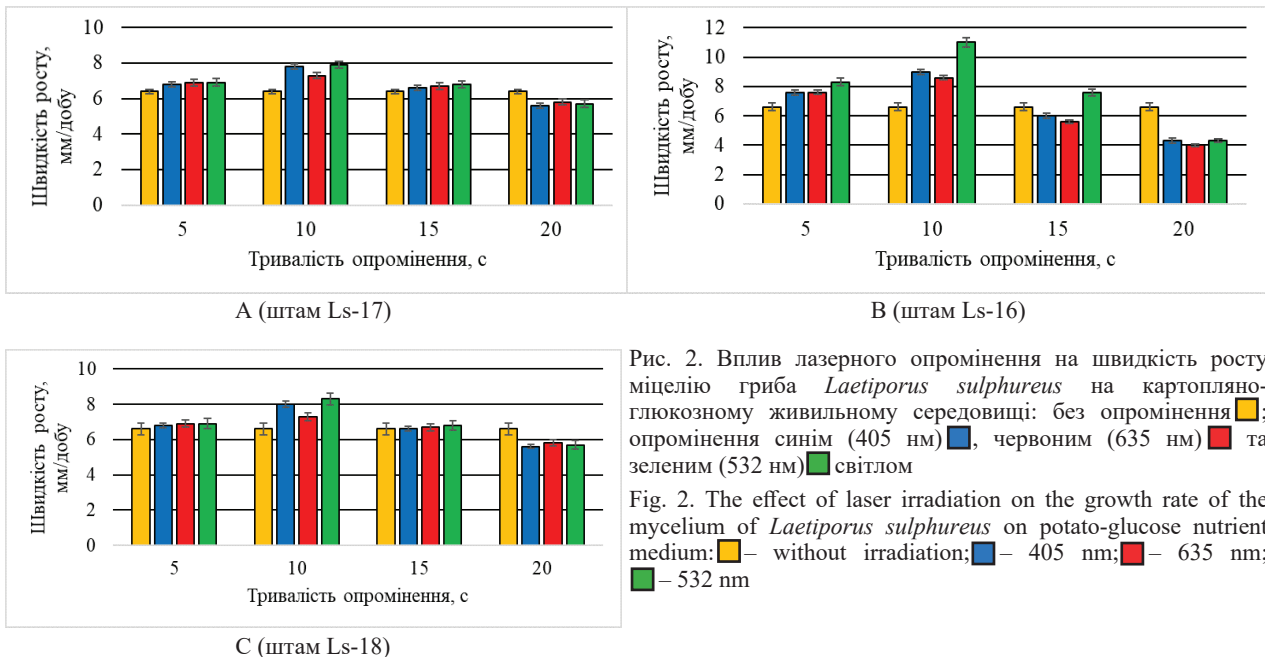


Рис. 2. Вплив лазерного опромінення на швидкість росту міцелію гриба *Laetiporus sulphureus* на картопляно-глюкозному живильному середовищі: без опромінення (жовтий); опромінення синім (405 нм) (синій), червоним (635 нм) (червоний) та зеленим (532 нм) (зелений) світлом

Fig. 2. The effect of laser irradiation on the growth rate of the mycelium of *Laetiporus sulphureus* on potato-glucose nutrient medium: without irradiation (yellow); 405 nm (blue); 635 nm (red); 532 nm (green)

опромінення. Залежно від часу опромінення та штаму різнилась і швидкість радіального росту культур (рис. 2, А, В, С). У попередніх дослідженнях нами було отримано дані для деяких інших видів базидієвих грибів (Reshetnyk et al., 2019). Зокрема для *Pleurotus ostreatus* Fr. найефективнішим є опромінення зеленим світлом (532 нм, енергія опромінення 51,1 мДж/см²), для його штаму Р-192 швидкість радіального росту міцелію зросла на 27,8% (Reshetnyk et al., 2019). Для макроміцета *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer найкращим є опромінення синім (405 нм, енергія опромінення 25,05 мДж/см²) та зеленим світлом (532 нм, енергія опромінення 51,1 мДж/см²), так для штаму F-03 швидкість радіального росту міцелію зросла на 53,7–55,5% (Reshetnyk, 2019). Для лікарського гриба *Schizophyllum commune* Fr. найефективнішим є опромінення міцелію червоним світлом (635 нм, енергія опромінення 51,1 мДж/см²), для штаму S.c.-03 швидкість росту міцелію зросла на 84,3% (Reshetnyk, Yuskov, 2020). Нами вперше було встановлено, що лазерне опромінення міцелію впливає на ростові процеси штамів гриба *L. sulphureus*.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що для штамів Ls-17, Ls-16, Ls-18 *L. sulphureus* найефективнішим є опромінення зеленим світлом (532 нм, енергія опромінення 51,1 мДж/см²) тривалістю 10 с. За дії цього режиму опромінення швидкість радіального росту міцелію зросла від 23,4% до 66,7% відповідно до контролю. При лазерному опроміненні синім світлом (405 нм, енергія опромінення 51,1 мДж/см²) тривалістю 10 с середня швидкість радіального росту для усіх досліджуваних штамів цього виду збільшилася від 21,8 до 36,4%. Опромінення червоним світлом (635 нм, енергія опромінення 51,1 мДж/см²) тривалістю 10 с сприяло зростанню середньої швидкості росту міцелію для усіх досліджуваних штамів цього виду від 10,6 до 30,3% відповідно. Швидкість росту міцелію за дії лазерного опромінення тривалістю 5 с червоним (635 нм), синім (405 нм) та зеленим (532 нм) світлом з енергією опромінення 25,05 мДж/см² зростала від 15,1 до 25,7% для усіх досліджуваних штамів.. Опромінення протягом 15 с та 20 с червоним, синім та зеленим світлом з енергією опромінення 77,3 та 102,5 мДж/см² відповідно суттєво не впливало на середню швидкість радіального росту, а навпаки, пригнічувало ріст міцелію усіх досліджуваних штамів *L. sulphureus* (рис. 2, А, В, С). Для подальших досліджень було відібрано штам Ls-16 гриба *L. sulphureus*, швидкість

росту якого при опроміненні зеленим світлом (енергія опромінення 51,1 мДж/см²) тривалістю 10 с зростала на 66,7% відносно контролю.

Отримані нами дані дещо відрізняються від результатів досліджень Дзигун (Dzyhun, 2004) та Сашенкової зі співавторами (Sashenkova et al., 2005). Зокрема, швидкість росту неопроміненого міцелію, культивованого на КГА, в нашому досліді становила 6,4–6,6 мм/добу. За дії лазерного опромінення міцелію зеленим (532 нм), синім (405 нм) та червоним (635 нм) світлом протягом 10 с нами було отримано значно вище значення швидкості росту міцелію.

Культурально-морфологічні особливості міцеліальних колоній штамів *L. sulphureus* на агаризованому живильному середовищі (КГА) були типовими для цього виду і відповідали описаним в літературі (Sashenkova et al., 2005; Ozerova, 2006). Для всіх досліджуваних нами штамів *L. sulphureus* характерним був повстяно-борошнистий тип колоній. За кольоровою шкалою Бондарцева (Bondartsev, 1954) для штамів *L. sulphureus* було встановлено блідо-пісочне забарвлення міцелію. В усіх досліджуваних штамів за дії лазерного опромінення протягом 5 та 10 с спостерігали зональність росту колоній міцелію. Інокулом та центральна зона колонії навколо нього за дії протягом 10 с опромінення довжиною хвилі 532 нм (зелене світло) утворювали більш щільний та високий міцелій, забарвлений в блідо-пісочний колір. Далі від центру інокулюму до краю колонії розходилися концентричні кола менш щільного та більш високого міцелію, забарвлення якого було світлішим, ближче до світло-кремового кольору. Субстратний міцелій по краю колонії був також світло-кремовий. Колонії міцелію за дії опромінення червоним (635 нм) та синім (405 нм) світлом упродовж 5 та 10 с і зеленим (532 нм) протягом 5 с мали слабо виражену концентричну зональність та досить щільний шар міцелію ближче до центру інокулюму, а край колонії був менш щільним та блідо забарвленим. У контрольному варіанті досліді та за дії опромінення міцелію протягом 15 та 20 с зональність колонії не була відмічена. Реверзум колонії в усіх досліджуваних штамів *L. sulphureus* був однаковим, пігментації в товщу живильного середовища не відбувалося (рис. 3).

Отримані нами результати можна пояснити з точки зору теорії про універсальність механізмів фотоіндукції (Karu, 2008), згідно з якою первинні хімічні реакції супроводжуються появою вільних радикалів, які запускають окислювальні процеси,

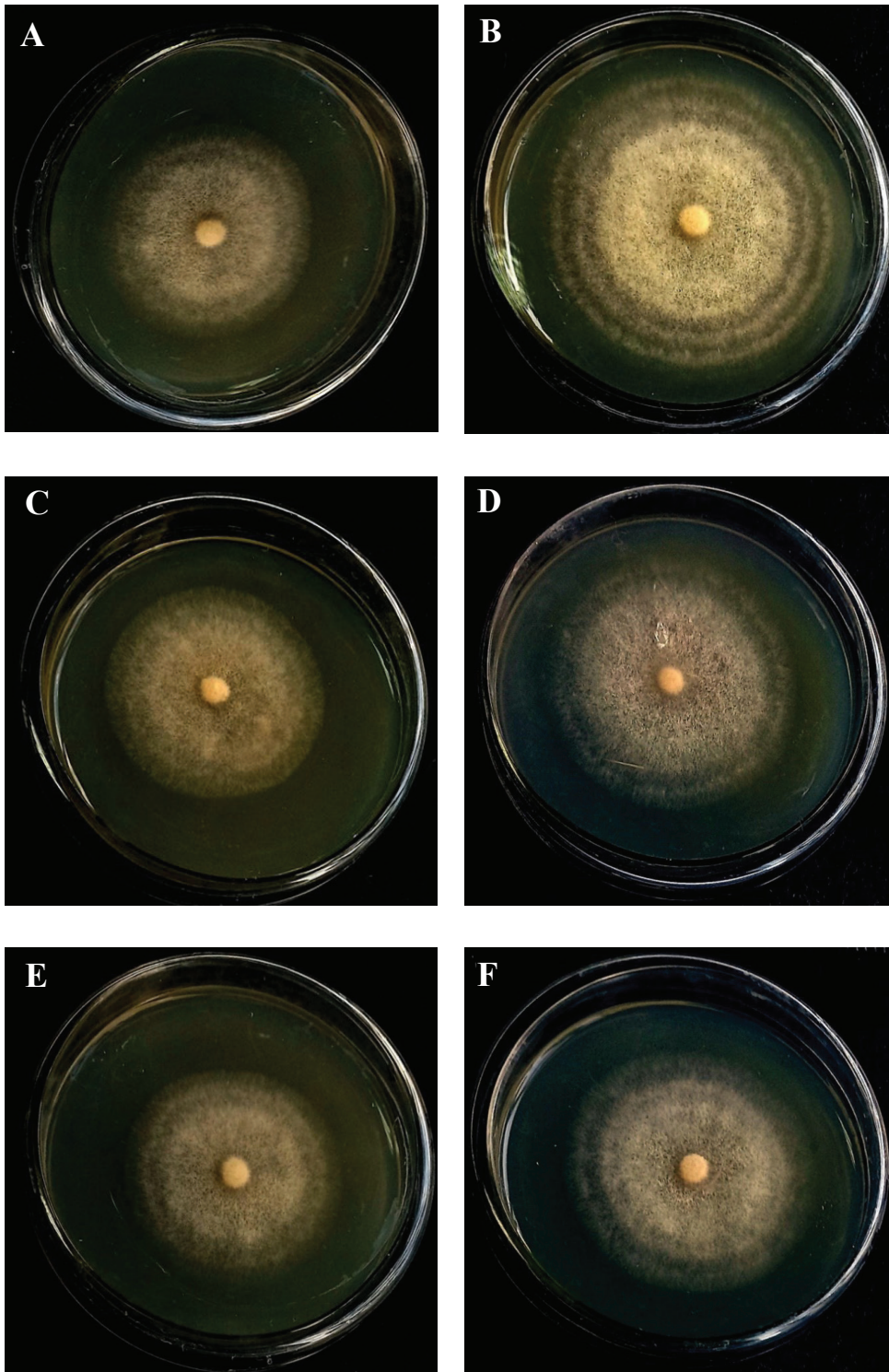


Рис. 3. Колонії гриба *Laetiporus sulphureus* (штам Ls-16) на агаризованому живильному середовищі (КГА) впродовж 5 діб за дії лазерного опромінення. А: 532 нм, 5 с; В: 532 нм, 10 с; С: 405 нм, 5 с; D: 405 нм, 10 с; Е: 635 нм, 5 с; F: 635 нм, 10 с

Fig. 3. Colonies of the *Laetiporus sulphureus* strain Ls-16 on agar nutrient medium (PGA) (5 days) under the influence of laser irradiation: A: 532 nm, 5 s; B: 532 nm, 10 s; C: 405 nm, 5 s; D: 405 nm, 10 s; E: 635 nm, 5 s; F: 635 nm, 10 s

що мають ланцюговий характер. Відповідно зміни, викликані світлом в фотоакцепторних молекулах, супроводжуються каскадом біохімічних реакцій у клітинах, які не вимагають подальшої активізації світлом. Цим фактом пояснюється механізм багаторазового посилення первинного ефекту опромінення. Отже, можна припустити, що основу механізму впливу LED-лазерів на клітини становлять процеси, що відбуваються на клітинному та молекулярному рівнях. Крім того, відомо, що лазерне опромінення стимулює метаболічну активність клітин. Відповідно, стимулювання біосинтетичних процесів може визначати дію опромінення на процеси життєдіяльності та регенерації клітин і тканин.

Висновки

Нами вперше отримано показники швидкості радіального росту міцелію та вивчено культурально-морфологічні особливості колоній культур у трьох штамів *L. sulphureus* за дії лазерного опромінення на агаризованому живильному середовищі КГА. Статистично достовірну максимальну швидкість радіального росту міцелію – 11 мм/добу, було встановлено для штаму Ls-16 за дії лазерного опромінення міцелію впродовж 10 с зеленим світлом (532 нм). Культурально-морфологічні особливості міцеліальних колоній штамів *L. sulphureus* на агаризованому живильному середовищі (КГА) були типовими для цього виду, проте різнилися залежно від тривалості опромінення та довжини хвилі світла. Слід зазначити, що за дії опромінення зеленим світлом (532 нм) упродовж 10 с інкулюм та центральна зона міцеліальної колонії навколо нього утворювали найщільніший та найвищий міцелій.

Подяки

Робота виконана в рамках проекту НДР № 0120U102962 "Розробка способів підвищення продуктивності рослин і грибів за допомогою LED лазерних систем".

Список посилань

Bhattacharjya D.K., Paul R.K., Miah Md.N., Ahmed K.U. 2015. Comparative study on nutritional composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* Fr.) cultivated on

different sawdust substrates. *BioResearch Communications*, 1(2): 93–98.

Bilay V.I. 1984. *Metody eksperimentalnoy mikologii*. Kyiv: Naukova Dumka, 545 pp. [Билай В.И. 1984. *Методы экспериментальной микологии*. Киев: Наукова думка, 545 с.].

Bisko N.A., Babitskaya V.G., Buchalo A.S., Krupoderova T.A., Lomborg M.L., Mykhaylova O.B., Puchkova T.A., Solomko E.F., Shcherba V.V. 2012. *Biological features of medicinal macromycetes in culture*, vol. 2. Ed. S.P. Wasser. Sumy: Liaposchenko O.V., 459 pp. [Бисько Н.А., Бабицкая В.Г., Бухало А.С., Круподерова Т.А., Ломберг М.Л., Михайлова О.Б., Пучкова Т.А., Соломко Э.Ф., Щерба В.В. 2012. *Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре*, т. 2. Под ред. С.П. Вассера. Суми: Ляпощенко О.В., 459 с.].

Bondartsev A.S. 1954. *Shkala tsvetov*. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 27 pp. [Бондарцев А.С. 1954. *Шкала цветов*. Москва: Издательство АН СССР, 27 с.].

Buchalo A.S. 1988. Higher edible *Basidiomycetes* in pure culture. Kyiv: Naukova Dumka, 144 pp. [Бухало А.С. 1988. *Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре*. Киев: Наукова думка, 144 с.].

Buchalo A.S., Babitskaya V.G., Bisko N.A., Wasser S.P., Dudka I.A., Mitropolskaya N.Yu., Mikhaylova O.B., Negreyko A.M., Poedinok N.L., Solomko E.F. 2011. *Biological features of medicinal macromycetes in culture*, vol. 1. Ed. S.P. Wasser. Kyiv: Alterpress, 212 pp. [Бухало А.С., Бабицкая В.Г., Бисько Н.А., Вассер С.П., Дудка И.А., Митропольская Н.Ю., Михайлова О.Б., Негрейко А.М., Поединок Н.Л., Соломко Э.Ф. 2011. *Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре*, т. 1. Под ред. С.П. Вассера. Киев: Альтерпрес, 212 с.].

Dzyhun L.P. 2004. *Ukrainian Botanical Journal*, 61(1): 100–105. [Дзигун Л.П. 2004. Культуральні особливості дереворуйнівного базидіомицета *Laetiporus sulphureus* (Bull.: Fr.) Murrill. *Український ботанічний журнал*, 61(1): 100–105].

Figlas N.D., Matute G., Curvetto N. 2016. Sunflower seed hull: its value as a broad mushroom substrate. *Annals of Food Processing and Preservation*, 1(1): 1002.

Galagan J.E., Calvo S.E., Borkovich K.A., Selker E.U., Read N.D., Jaffe D., Fitzhugh W., Ma L.-J., Smirnov S., Purcell S., Rehman B., Elkins T., Engels R., Wang Sh., Nielsen C.B., Butler J., Endrizzi M., Qui D., Ianakiev P., Bell-Pedersen D., Nelson M.A., Werner-Washburne M., Selitrennikoff C.P., Kinsey J.A., Braun E.L., Zelter A., Schulte U., Kothe G.O., Jedd G., Mewes W., Staben Ch., Marcotte E., Greenberg D., Roy A., Foley K., Naylor J., Stange-Thomann N., Barrett R., Gnerre S., Kamal M., Kamvysselis M., Mauceli E., Bielke C., Rudd S., Frishman D., Krystofova S., Rasmussen C., Metznerberg R.L., Perkins D.D., Kroken S., Cogoni C., Macino G., Catcheside D., Li W., Pratt R.J., Osmani S.A., DeSouza C.P.C., Glass L., Orbach M.J., Berglund J.A., Voelker R., Yarden O., Plamann M., Seiler S., Dunlap J., Radford A., Aramayo R., Natvig D.O., Alex L.A.,

- Mannhaupt G., Ebbole D.J., Freitag M., Paulsen I., Sachs M.S., Lander E.S., Nusbaum Ch., Birren B. 2003. The genome sequence of the filamentous fungus *Neurospora crassa*. *Nature*, 422(6934): 859–868. <https://doi.org/10.1038/nature01554>
- Gvozdkova T.S., Mishin L.T., Chernook T.V., Plenina L.V., Kapich A.N. 2003. *Advances in Medical Mycology*, 3: 218–220. [Гвоздкова Т.С., Мишин Л.Т., Черноок Т.В., Пленина Л.В., Капич А.Н. 2003. Глубинный мицелий ксантофиллсодержащего гриба *Laetiporus sulphureus* основа новой биологически активной добавки. *Успехи медицинской микологии*, 3: 218–220].
- Herrera-Estrella A., Horwitz B. A. 2007. Looking through the eyes of fungi: molecular genetics of photoreception. *Molecular Microbiology*, 64(1): 5–15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2958.2007.05632.x>
- Kamada T., Sano H., Nakazawa T., Nakahori K. 2010. Regulation of fruiting body photomorphogenesis in *Coprinopsis cinerea*. *Fungal Genetics and Biology*, 11: 917–921. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2010.05.003>
- Kapits A.N., Gvozdkova T.S., Kvatseva Z.B., Nikolaeva S.N., Shishkina L. N., Galkin S., Khatakka A., Konoplya E.F., Vereshchako G.G., Khodosovskaya A.M., Rutkovskaya Zh.A. 2004. *Advances in Medical Mycology*, 3: 146–148. [Капич А.Н., Гвоздкова Т.С., Квацева З.Б., Николаева С.Н., Шишкина Л.Н., Галкин С., Хатакка А., Конопля Е.Ф., Верещако Г.Г., Ходосовская А.М., Рутковская Ж.А. 2004. Антиоксидантные, радио-защитные и противовирусные свойства экстрактов мицелия гриба *Laetiporus sulphureus* в условиях глубинного культивирования. *Успехи медицинской микологии*, 3: 146–148].
- Karu T.Y. 2008. In: *Holography: basic research, innovative projects and nanotechnology: materials of XXVI school on coherent optics and holography*. Irkutsk, pp. 156–175. [Кару Т.И. 2008. Универсальный клеточный механизм лазерной биостимуляции: фотоактивация фермента дыхательной цепи цитохромоксидазы. В кн.: *Голография: фундаментальные исследования, инновационные проекты и нанотехнологии: материалы XXVI школы по когерентной оптике и голографии*. Иркутск, с. 156–175].
- Maslova R.A. 1972. *The growth and development of some aphylliphorous fungi on various nutrient media*: Cand. Sci. Diss. Abstract. Leningrad, Penza State Agricultural Academy, 25 pp. [Маслова Р.А. 1972. *Рост и развитие некоторых афиллофоровых грибов на различных питательных средах*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.101 "Физиология растений". Ленинград, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 25 с.].
- Nakano Y., Fujii N., Kojima M. 2010. Identification of blue-light photoreponse genes in oyster mushroom mycelia. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, 10: 2160–2165. <https://doi.org/10.1271/bbb.100565>
- Ozerova N.S. 2006. *Ecological characteristics of xylophilic basidiomycetes of the genera Laetiporus Murrill and Ganoderma P. Karst. Penza region*: Cand. Sci. Diss. Abstract. Moscow, Penza State Agricultural Academy, 23 pp. [Озерова Н.С. 2006. *Экологические особенности ксилотрофных базидиомицетов родов Laetiporus Murrill и Ganoderma P. Karst. Пензенской области*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.24 "Микология". Москва, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 23 с.].
- Prysedskyi Yu.H. 1999. *Statystychna obrobka rezultativ biolohichnykh eksperymentiv*. Donetsk: Kassyopeia, 210 pp. [Приседский Ю.Г. 1999. *Статистична обробка результатів біологічних експериментів*. Донецьк: Кассіопея, 210 с.].
- Prysedskyi Yu.H. 2005. *Paket proqram dlia provedennia statystychnoi obrobky rezultativ biolohichnykh eksperymentiv*. Donetsk: DonNU, 84 pp. [Приседский Ю.Г. 2005. *Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів*. Донецьк: ДонНУ, 84 с.].
- Purschwitz J., Muller S, Kastner C, Fischer R. 2006. Seeing the rainbow: light sensing in fungi. *Current Opinion in Microbiology*, 9: 566–571. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2006.10.011>
- Reshetnyk K.S. 2019. *Scientific Reports of Nules of Ukraine. Biological Series*, 81(5): 1–8. [Решетник К.С. 2019. Вплив LED лазерів на ростові процеси макроміцета *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. *Наукові доповіді НУБіП України. Серія біологічна*, 81(5): 1–8].
- Reshetnyk K.S., Yuskov D.S. 2020. *Agroecological Journal*, 2: 106–111. [Решетник К.С., Юськов Д.С. 2020. Інтенсифікація росту базидієвого гриба *Schizophyllum commune* за допомогою лазерного опромінення. *Агроекологічний журнал*, 2: 106–111].
- Reshetnyk K., Prysedsky Yu., Yuskov D. 2019. The influence of laser irradiation on the development of vegetative micelium *Pleurotus ostreatus*. *Biologija*, 65(4): 243–250.
- Sashenkova S.A., Ilina G.V., Kozyreva N.S., Ivanov A.I. 2005. *Mikologiya i Phytopatologiya*, 39(1): 35–40. [Сашенкова С.А., Ильина Г.В., Козырева Н.С., Иванов А.И. 2005. Рост и морфологические особенности мицелия чистых культур трутовика серно-желтого *Laetiporus sulphureus* в зависимости от условий культивирования. *Микология и фитопатология*, 39(1): 35–40].
- Stalpers J.A. 1978. Identification of wood-inhabiting *Aphylliphorales* in pure culture. *Studies in Mycology*, 16: 1–248.
- Yu Z., Fischer R. 2019. Light sensing and responses in fungi. *Nature Reviews Microbiology*, 17(1): 25–36. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0109-x>

Рекомендує до друку М.М. Сухомлин