



Н.Л. ПОЄДИНОК<sup>1</sup>, О.О. СИВАШ<sup>1</sup>,  
О.Б. МИХАЙЛОВА<sup>1</sup>, А.С. БУХАЛО<sup>1</sup>, В.В. ЩЕРБА<sup>3</sup>,  
Ж.В. ПОТЬОМКИНА<sup>2</sup>, А.М. НЕГРІЙКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна  
*poedinok@ukr.net*

<sup>3</sup> Інститут фізики НАН України  
пр. Науки, 46, м. Київ, 01022, Україна  
*negriyko@iop.kiev.ua*

<sup>3</sup> Інститут мікробіології НАН Білорусі  
вул. Купревича, 2, м. Мінськ, 220141, Білорусь  
*micomp@mbio.bas-net.by*

## **СВІТЛОВА РЕГУЛЯЦІЯ РОСТУ ТА БІОСИНТЕТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ *GANODERMA LUCIDUM* У ЧИСТІЙ КУЛЬТУРІ**

*Ключові слова: вищі базидіоміцети, світло, біосинте-  
тична активність, когерентність, полісахариди*

Відомо, що світло є одним з морфогенетичних факторів росту й розвитку багатьох видів грибів. Поряд з температурним режимом і вологістю воно належить до визначальних екологічних факторів, які впливають на життєдіяльність грибного організму. Встановлено, що різні види грибів, зокрема й вищі базидіоміцети, що були об'єктом наших досліджень, неоднаково реагують на дію електромагнітного випромінювання [2, 8, 9, 17, 18]. Це ускладнює створення уніфікованих методичних підходів при вивченні впливу світлового фактора на макроміцети. Механізми фоторецепції у грибів поки що вивчені недостатньо, тому нині переважає емпіричний підхід до розробки методів впливу світла на гриби. Це пов'язане

© Н.Л. ПОЄДИНОК,  
О.О. СИВАШ,  
О.Б. МИХАЙЛОВА,  
А.С. БУХАЛО,  
В.В. ЩЕРБА,  
Ж.В. ПОТЬОМКИНА,  
А.М. НЕГРІЙКО, 2008

з відставанням теоретичного й експериментального обґрунтування механізму дії світлових потоків різної інтенсивності та спектрального складу на грибний організм. Проте практичне використання світла, зокрема у біотехнологічних процесах, можливе навіть за відсутності загальноприйнятої концепції про механізми його дії, але за умови ретельного дослідження спектра дії, найефективнішої довжини хвиль, режимів опромінення (інтенсивності, дози, геометрії, поляризації, когерентності і т.п.).

Роботи з виявлення найактивніших ділянок електромагнітного спектра при вивченні впливу світла на вищі базидіальні гриби розпочато ще в позаминулому сторіччі [13]. Тоді було встановлено, що різні види грибів відрізняються за морфогенетичними реакціями на різні ділянки спектра [21]. Крім того, спектральна чутливість може змінюватися у процесі онтогенезу, залежно від фаз розвитку [16].

Попри численні дослідження, залишається відкритим питання щодо механізмів дії лазерного випромінювання низької інтенсивності на біологічні об'єкти. Існують різні, у тому числі протилежні, погляди на те, чи є специфіка у дії когерентного лазерного випромінювання порівняно з тепловим, некогерентним світлом [5, 7]. Сьогодні маємо достатньо вагомні підстави для дослідження специфічних механізмів дії когерентного лазерного світла на біологічні об'єкти.

Ми вивчали вплив низькоінтенсивного випромінювання різної довжини хвилі, отриманого з різних джерел, на ріст і біосинтетичну активність чистої культури відомого лікарського гриба *Ganoderma lucidum* — об'єкта сучасних біотехнологій.

### **Об'єкти та методика досліджень**

У роботі використано штам лікарського базидіального гриба *Ganoderma lucidum* (Kurt.: Fr.) P. Karst. 921 з колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки НАН України. Міцелій вирощували на агаризованому (чашки Петрі) та рідкому (колби Еленмейера об'ємом 750 мл із 150 мл середовища) середовищах такого складу(г/л): глюкоза — 10,0, пептон — 3,0,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,0,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — 1,0,  $\text{MgSO}_4$  — 0,25, кукурудзяний екстракт — 2,0. Глибинне культивування проводили на круговій качалці за 180 об/хв. протягом 8—14 діб. На агаризоване середовище гриб висівали міцеліальним диском діаметром 6 мм у центр чашки, а потім опромінювали. Опромінювання міцелію, який вирощували глибинним способом, проводили у плоскодонній колбі. Як джерело світла використовували аргоновий (514,5 нм), гелій-неоновий (632,8 нм) (неперервний і переривчастий з тривалістю імпульса 1 мс та періодом повторення 2 мс режими) і твердотільний фемтосекундний імпульсний (частота повторення — 76 МГц, тривалість імпульсу  $t = 140$  фс, довжина хвилі — 701 нм) лазери, а також світлодіоди. Обираючи режим світлової обробки, встановлювали таку експозицію, щоб число падаючих фотонів було однаковим при опроміненні міцелію світлом з різною довжиною хвилі. Неопромінений (контроль) і опромінений міцелій використовували для інокуляції ферментаційних середовищ.

По закінченні ферментації міцелій гриба відокремлювали від культуральної рідини фільтруванням, промивали дистильованою водою. Біомасу міцелію визначали ваговим способом.

Для одержання внутрішньоклітинних полісахаридів подрібнений міцелій заливали дистильованою водою у співвідношенні 1:5, кип'ятили на водяній бані 12—18 год, центрифугували 15 хв при 3000 g. Одержаний супернатант обробляли етиловим спиртом (1:1). Полісахариди, які випали в осад, діалізували, переосажували етиловим спиртом (1:2), промивали ефіром, ацетоном і сушили при 40 °С [15]. Для кількісного визначення полісахаридів наважку сухого міцелію (100 мг) вміщували у пробірку об'ємом 20 мл, доливали 5 мл 1 М NaOH, закривали корком й екстрагували в термостаті за 60 °С протягом 1 год, періодично перемішуючи [20]. Отриманий екстракт центрифугували 20 хв при 5000 g. Осад відокремлювали, у супернатанті визначали вміст полісахаридів фенол-сірчано-кислотним методом [1].

Для виділення екзополісахаридів культуральну рідину концентрували шляхом випарювання у 2—3 рази, обробляли етиловим спиртом (1:1), залишали за температури 4 °С до повного їх осадження. Потім полісахариди з осаду відокремлювали центрифугуванням, діалізували, переосажували етиловим спиртом, відокремлювали центрифугуванням і сушили за температури 40 °С [11].

Вуглеводний склад полісахаридів після їх попереднього гідролізу 7%-ною сірчаною кислотою на водяній бані за 100 °С протягом 5 год визначали методом ГРХ у вигляді триметилсилільних (ТМС) похідних цукрів. ТМС-похідні вуглеводи і мітчики, якими слугували ксилоза, маноза, галактоза, глюкоза («Sigma», США), одержували за відомим методом [6, 12]. Хроматографію проводили на приладі «Chrom 5» (Чехія) з полум'яно-іонізаційним детектором, використовуючи колонку з нержавіючої сталі довжиною 2,8 м, заповнену хроматоном N-AW-HMDS з 5 %-ною рідкою фазою SE-30, за програмування температури в межах 140—280 °С зі швидкістю 5 °С на хв. Вміст кожного моносахарида розраховували як відсоток площі його піка від загальної площі піків на хроматограмі. Представлені дані є середніми арифметичними з 3—5 повторів.

Мікроструктуру чистих культур *G. lucidum* досліджували у сканувальному електронному мікроскопі СЕМ JSM-35С (Японія). Для цього використовували модифікований метод Е. Квательбаума і Г. Карнера [14].

## Результати досліджень та їх обговорення

Оскільки різні види грибів відрізняються за чутливістю до світла, обираючи режими опромінення *G. lucidum*, ми керувалися власними даними та отриманими іншими дослідниками при вивченні фотобіологічних реакцій різних видів грибів [3, 6—8, 16—18]. Ми встановили, що найбільшу чутливість *G. lucidum* має до синього та червоного світла. При цьому не виявлено достовірної різниці між радіальною швидкістю росту та накопиченням біомаси після опромінення гриба червоним і довгохвильовим червоним світлом (табл. 1). Це до певної міри

суперечить результатам досліджень авторів, що вивчали фотобіологічні ефекти у грибів, які містять каротин: *Candida guilliermondii*, *Verticillium agaricinum* і *Puccinia graminis* [2]. У *C. guilliermondii* опромінення світлом 660 нм збільшувало швидкість поділу дріжджових клітин, у *P. graminis* — позитивно впливало на проростання уредоспор, а у *V. agaricinum* — впливало на каротиноутворення. Наступне опромінення світлом 730 нм (червоним довгохвильовим) повністю знімало такі ефекти. Автори розглядають їх як характерну ознаку фітохромної системи каротинвмісних грибів. Відсутність такої закономірності у *G. lucidum* може свідчити про існування інших механізмів фотобіологічних реакцій у цього виду.

Крім того, фотобіологічний ефект після опромінення міцелію чіткіше виражений у разі росту гриба на рідкому середовищі. Ми вважаємо, що аналізуючи ріст грибів, у тому числі проводячи скринінг за критерієм швидкості росту, недостатньо оцінювати швидкість лінійного росту на твердих середовищах, бо цей показник не враховує щільність і висоту міцеліальної колонії. Накопичення біомаси на рідких середовищах дає змогу достовірніше визначити вплив будь-якого чинника на ріст грибів. Так, після опромінення гриба зеленим світлом ми не виявили достовірних розбіжностей у значеннях швидкості лінійного росту порівняно з контролем, тимчасом як при культивуванні гриба на рідкому середовищі поверхневим і глибинним способами кількість біомаси після опромінення інокулюма в тому ж режимі збільшувалася на 6,0—10,8 % і 16,0—19,4 %, відповідно. Зауважимо, що ефект опромінення виразніше проявляється при глибинному культивуванні.

Для виявлення специфічності впливу лазерного випромінювання низької інтенсивності ми опромінювали *G. lucidum* світлом у різних діапазонах довжини хвиль, отриманим за допомогою джерел когерентного (He-Ne, аргонівий, твердотільний фемтосекундний лазер) і некогерентного (світлодіоди) світла. Після цього вивчали ріст гриба при поверхневому і глибинному культивуванні (табл. 1, рисунки 1, 2). Ми з'ясували, що опромінювання лазерним світлом у червоному та синьому діапазонах більшою мірою сприяло росту та накопиченню біомаси гриба, ніж некогерентним світлом у тому ж діапазоні довжини хвиль.

Як правило, оцінюючи біохімічну дію світла, беруть до уваги енергію світлового кванта, інтенсивність світлового потоку (кількість світлових квантів на одиницю площі за одиницю часу), дозу, спектральний склад світла. У цьому аспекті лазерні джерела здатні забезпечити, навіть за низької середньої інтенсивності, спектральну щільність (енергію на одиничний частотний інтервал), недоступну тепловим джерелам; завдяки добрій просторовій когерентності лазерний пучок може бути чітко сфокусованим і створювати велику інтенсивність світла. Для лазерного світла легко забезпечити задану поляризацію (лінійну, кругову, еліптичну). Тому, погоджуючись, що когерентне і некогерентне світло однакових за довжиною хвилі та дозою однаково впливає на біологічні об'єкти [3]. З унікальними характеристиками лазерного світла можна пов'язати певні

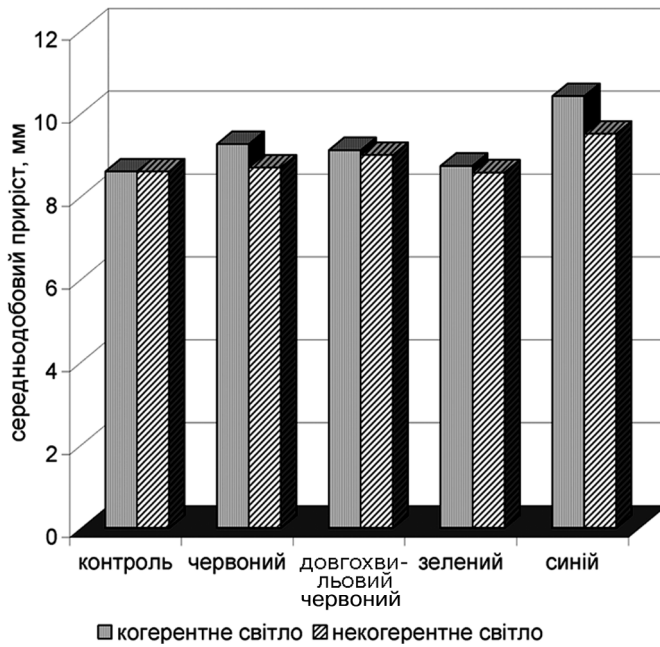


Рис. 1. Ріст *Ganoderma lucidum* на агаризованому середовищі після опромінення когерентним і некогерентним світлом

Fig. 1. Growth of *Ganoderma lucidum* on agar medium after irradiation with coherent and not coherent light

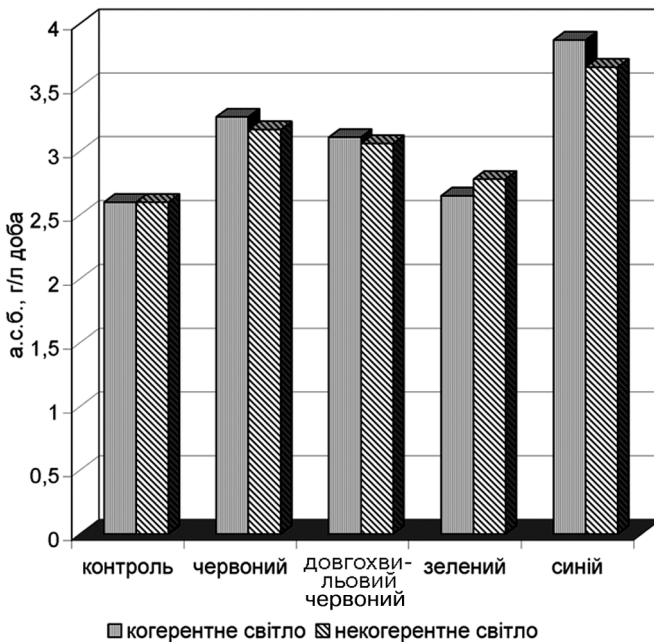


Рис. 2. Накопичення біомаси *G. lucidum* після опромінення когерентним та некогерентним світлом

Fig. 2. The accumulation of *G. lucidum* biomass after irradiation with coherent and not coherent light

Таблиця 1. Ріст *Ganoderma lucidum* у стаціонарній культурі та глибинному культивуванні після світлових впливів

Варіанти дослідів	Некогерентне світло				Когерентне світло			
	660,0 нм (червоний)	520,0 нм (зелений)	430,0 нм (синій)	720 нм (довгохвильовий червоний)	632,8 нм (червоний)	514,5 нм (зелений)	488,0 нм (синій)	720,0 нм (довгохвильовий)
% збільшення середньодобового приросту	6,7±0,7	1,6±0,1	9,6±0,7	6,2±0,5	7,8±0,7	-1,9±0,1	10,4±1,0	4,9±0,3
% збільшення біомаси	17,9±0,6	6,0±0,3	8,5±0,8	17,2±0,2	25,8±1,2	10,8±0,8	36,5±1,4	20,5±0,7
% збільшення біомаси	21,7±1,1	16,0±0,8	20,0±0,6	18,7±0,7	26,2±1,4	19,4±0,8	38,7±0,6	28,3±0,9
	Глибинний ріст							
	Лінійний ріст на агаризованому середовищі							
	Стаціонарна культура на рідкому середовищі							

Таблиця 2. Ріст *G. lucidum* після впливів безперервного, переривчастого та імпульсного світла

Варіанти дослідів	Режим опромінення					
	контроль	701,0 нм, імпульсний	701,0 нм, безперервний	632,8 нм, переривчастий	632,8 нм, безперервний	488,0 нм, переривчастий безперервний
середньодобовий приріст, мм	8,6±0,4	8,8±0,6	8,5±0,2	11,3±0,1	9,3±0,2	12,1±0,7
% збільшення	3,37	0,01	31,40	7,80	40,93	21,16
	Глибинний ріст					
	Лінійний ріст на агаризованому середовищі					
середньодобовий приріст, г/л	2,6±0,1	2,8±0,1	2,7±0,1	3,5±0,1	3,3±0,1	4,1±0,1
% збільшення	8,46	2,31	36,15	25,77	58,46	48,85

специфічні механізми його дії на речовину, зокрема на біологічні об'єкти. Так, високі інтенсивності світла можуть спричинювати нелінійно-оптичні ефекти: насичення поглинання, дво- і багатофотонне поглинання, фотоіонізацію молекул, виражені теплові ефекти та ін. Поляризоване світло достатньо низької інтенсивності орієнтує рідкі кристали на полімерній підкладці. Спектр-картина (зернистість, неоднорідний розподіл інтенсивності у лазерному пучку, зумовлений інтерференцією розсіяного поверхнею зразка світла) і градієнти розподілу інтенсивності пояснюють біологічну активність когерентного лазерного випромінювання через механізм просторової неоднорідності лазерного поля [7]. Вже за помірних інтенсивностей світла спостерігаються ефекти оптичного накачування, які можуть проявлятися у деяких фотобіологічних процесах.

Вивчаючи вплив лазерного світла на різні біологічні об'єкти деякі дослідники встановили вищу чутливість клітин до імпульсного випромінювання [10]. Нині експериментально показано, що лазерні імпульси фемтосекундної тривалості можуть застосовуватися для керування фотохімічними процесами у біологічних молекулах [19]. Залежність біологічної дії від тривалості світлового імпульсу експериментально показано на живих клітинах [4].

Ми порівняли вплив світла різної довжини хвилі в безперервному, імпульсному та переривчастому режимі на лінійний ріст *G. lucidum* на агаризованому середовищі й накопичення біомаси за умов глибинного культивування (табл. 2). Доведено, що імпульсне та переривчасте світло справляє більший стимулюючий вплив, ніж неперервне за тих самих дози та довжини хвилі.

Одним із важливих моментів, які визначають економічну ефективність біотехнологічного процесу, є кількість інокулюма, котру вносять до ферментаційного середовища. Результати наших досліджень впливу різної кількості інокулюма *G. lucidum* на накопичення біомаси за глибинного культивування засвідчують, що попередня обробка міцеліального інокулюма світлом дала змогу знизити кількість його внесення у субстрат (табл. 3). Зниження кількості опроміненого інокулюма удвічі не зменшує накопичення біомаси. За мінімальної кількості внесення опроміненого міцелію (1,2 %) накопичення біомаси вище, ніж у контролі при інокуляції субстрату 5 % неопроміненого міцелію. Слід зазначити, що в разі зменшення кількості внесення активізованого інокулюма позитивний ефект опромінення зростає: при 2,5 % інокуляції накопичення біомаси збільшується на 94 % порівняно з контролем, при 1,2 % — на 115 %. Це узгоджується з даними інших дослідників, які вважають, що фоторегуляція в позитивному сенсі (стимуляція) може відбуватися лише тоді, коли швидкість росту культури не є максимально можливою [3].

Ми встановили, що опромінення посівного міцелію монохроматичним світлом у червоному, зеленому і синьому діапазонах довжини хвиль не тільки стимулює його ріст і накопичення біомаси, а й у всіх варіантах дослідів скорочує лаг-фазу і прискорює ріст культур (рис. 3). Ріст культури досягає стаціонарної фази на 12-ту добу при опроміненні світлом 632,8 нм і 488,0 нм і на 14-ту добу — 514,5 нм. У контролі ріст культури досягає стаціонарної фази значно

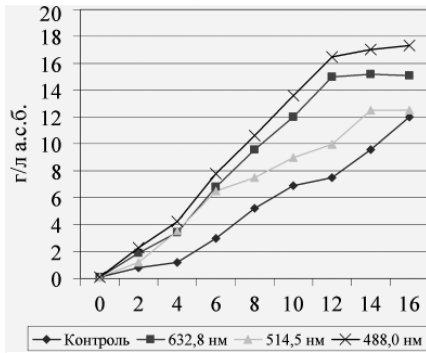


Рис. 3. Динаміка накопичення біомаси *G. lucidum* після світлових впливів

Fig. 3. The dynamics of biomass of *G. lucidum* accumulation after light irradiation

*G. lucidum* як стимулятор синтезу полісахаридів (табл. 4). У цих дослідках синє та червоне світло позитивніше впливало на біосинтетичну активність.

Ми встановили, що опромінення в досліджених нами режимах суттєво впливає на вуглеводний склад екзополісахаридів *G. lucidum* як у стаціонарній культурі, так і при глибинному культивуванні (табл. 5). Опромінення інокулюма низькоінтенсивним лазерним світлом 632,8 нм і 488,0 нм сприяло збільшенню відсоткового вмісту в екзополісахаридах ксилози і глюкози та значному (вдвічі) зменшенню манози у стаціонарній культурі гриба на рідкому середовищі. При

пізніше. Тому можна дійти висновку, що світлова обробка посівного міцелію дозволить не тільки у кілька разів зменшити дозу його внесення до ферментаційних середовищ, а й значно скоротити сам процес ферментації на рідких середовищах.

Крім цього, важливо було дослідити вплив світлового фактора на біосинтетичну активність *G. lucidum*, зокрема продукцію полісахаридів. Отримані нами результати дають змогу стверджувати, що низькоінтенсивне світло видимої ділянки спектра можна використати у біотехнології глибинного культивування

Таблиця 3. Вплив лазерного випромінювання на активність інокулюма та накопичення біомаси *G. lucidum* (г/л а.с.в.)

Кількість інокулюма, %	Контроль	632,8 нм	514,5 нм	488,0 нм
5	8,9±0,4	12,3±0,6	8,8±0,1	13,3±0,2
2,5	6,5±0,2	11,5±0,1	6,0±0,6	12,6±0,3
1,2	4,6±0,3	9,3±0,3	3,4±0,2	10,9±0,6

Примітка: накопичення біомаси визначали через 14 діб після інкубації.

Таблиця 4. Накопичення біомаси та біосинтез полісахаридів *G. lucidum* після світлових обробок

Випромінювання, (довжина хвилі, нм)	Біомаса, г/л	Полісахариди			
		екзо-, г/л	% збільшення	ендо-, %	% збільшення
Контроль, без опромінення	6,9±0,2	4,6±0,1	—	7,6±0,2	—
632,8	12,9±0,4	6,8±0,3	47,9	12,3±0,1	61,9
514,5	9,0±0,2	5,8±0,1	26,0	10,1±0,1	32,9
488,0	12,6±0,1	6,3±0,2	43,7	12,6±0,3	64,0



Таблиця 5. Вплив опромінення на вуглеводний склад екзополісахаридів *G. lucidum*

Режим опромінення	Вуглеводи, %			
	ксилоза	маноза	галактоза	глюкоза
Стационарна культура на рідкому середовищі				
контроль	35,4±1,3	29,4±0,5	—	40,1±0,8
632,8 нм	47,1± 1,5	11,5±0,3	—	48,5±1,4
488,0 нм	49,1±1,1	8,2±0,1	—	49,7±1,0
514,5 нм	39,9±0,7	10,8±0,4	—	42,0±0,9
Глибинний ріст				
контроль	10,9±0,2	7,3±0,4	—	81,7±2,9
632,8 нм	8,9±0,4	42,1±0,3	—	50,8±1,5
488,0 нм	8,0±0,3	38,3±0,9	—	53,6±2,0
514,5 нм	10,1±0,6	8,5±0,3	—	79,8±2,1

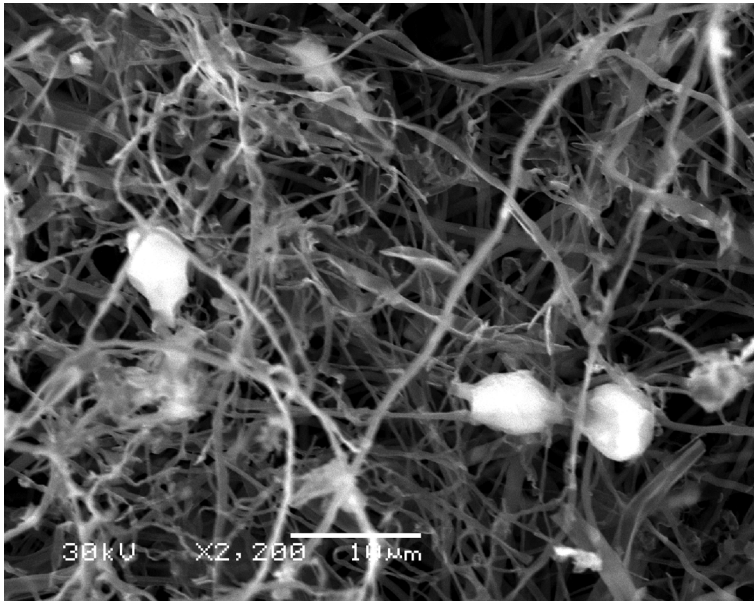


Рис. 4. Неопромінений міцелій *G. lucidum* (загальний вигляд з хламідоспорами)  
 Fig. 4. Mycelia of *G. lucidum* without irradiation (a general view with chlamidospores)

глибинному культивуванні гриба на такому ж середовищі опромінення інокулюма в аналогічних режимах, навпаки, призводить до зменшення вмісту ксилози і глюкози та значного збільшення (в 5—6 разів) манози. Це дозволяє припустити, що трансформація світлової енергії, поглиненої грибними клітинами, значною мірою залежить від подальших умов вирощування гриба.

Проведені нами мікроморфологічні дослідження показали, що опромінення не впливає на формування характерних для *G. lucidum* мікроструктур (пряжки, кла-

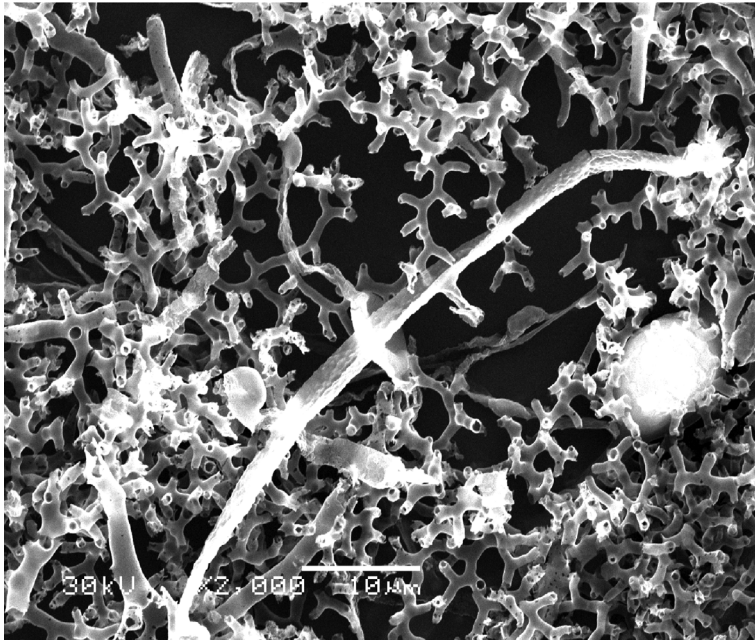


Рис. 5. Міцелій *G. lucidum* після опромінення червоним світлом (довжина хвилі 632,8 нм). Центральна гіфа з коралоподібними гіфами і хламідоспори

Fig. 5. Mycelia of *G. lucidum* after irradiation with red light (length of a wave of 632,8 nanometers). The central gif with coral gifs and chlamidospores

мідоспори, хламідоподібні клітини) — їх кількість і співвідношення достовірно не відрізнялися в різних варіантах дослідів та контролі. Однак зауважимо, що, на наш погляд, опромінення червоним та синім світлом стимулювало формування у *G. lucidum* більшої кількості коралодіних гіф, ніж у контролі (рисунки 4, 5).

## Висновки

1. Визначена чутливість міцелію *G. lucidum* до різних режимів світлового опромінення: найбільшою вона є щодо синього та червоного світла, фотобіологічний ефект після опромінення міцелію чіткіше виражений у разі росту гриба на рідкому середовищі.

Когерентне та імпульсне (переривчасте) світло має більшу стимулюючу активність, ніж некогерентне та неперервне в тій самій дозі та за тієї самої довжини хвилі.

2. Світлова обробка інокулюма дозволяє не тільки вдвічі зменшити кількість його внесення у ферментаційні середовища, а й значно скоротити тривалість процесу ферментації.

3. Опромінення в досліджених нами режимах суттєво впливає на синтез екзополісахаридів та їх вуглеводний склад як у стаціонарній культурі, так і при глибинному культивуванні, і не впливає на формування характерних для виду мікроструктур (міцелій, пряжки, хламідоспори, хламідоподібні клітини).

1. Грушенко М.М., Аникиенко Т.С., Резников В.М. Лигноуглеводные комплексы древесины / Под ред. В.Н. Сергеевой. — Рига: Зинатне, 1978. — 70 с.
2. Данова Н.Н., Василевская А.И. Экстремальная экология грибов в природе и эксперименте. — Киев: Наук. думка, 1982. — 168 с.
3. Кару Т.И. Универсальный клеточный механизм лазерной биостимуляции: фотоактивация фермента дыхательной цепи цитохром-с-оксидазы // Докл. Акад. наук. — 1986. — **291**, № 5. — С. 1245—1249.
4. Кару Т.И., Рябых Т.П., Антонов С.Н., Летохов В.С. Различная чувствительность клеток организма — опухоленосителя к непрерывному и импульсному излучению He-Ne лазера. // II Съезд биофизиков России: Тез. Разд. 9: Мед. биофиз. — М., 1999.
5. Лобко В.В., Кару Т.И., Летохов В.С. Существенная ли когерентность низкоинтенсивного лазерного света при его воздействии на биологические объекты // Биофизика. — 1985. — **30**, вып. 2. — С. 366—371
6. Методы исследования углеводов / Под ред. А.Я. Хорлина. — М.: Мир, 1975. — С. 9—13.
7. Механизмы биостимуляции низкоинтенсивного лазерного излучения / Под ред. И.Г. Ляндреса. — Минск, 1998. — 207 с.
8. Поединок Н.Л., Негрейко А.М., Михайлова О.Б. и др. Использование лазерного света при культивировании некоторых видов съедобных грибов // Биотехнология. — 2003. — № 3. — С. 66—78.
9. Поединок Н.Л., Негрейко А.М., Михайлова О.Б. и др. Рост и плодоношение *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. в результате воздействия аргонового и гелий-неонового лазера // Микол. и фитопатол. — 2004. — **38**, № 1. — С. 66—78.
10. Посудин Ю.И. Лазерная фотобиология. — Киев: Вища шк., 1989. — 245 с.
11. Babitskaya V.G., Scherba V.V., Mitropolskaya N.Y., Bisko N.A. Exopolysaccharides of some medicinal mushrooms: production and composition. // Int. J. Med. Mushrooms. — 2000. — **2**, № 1. — P. 51—54.
12. Bao X., Liu C., Fang J., Li X. Structural and immunological studies of major polysaccharide from spores of *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst // Carbohydrate Research. — 2001. — **33**, № 1. — P. 67—74.
13. Brefeld O. Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. H. 3. Basidiomyceten I. — Leipzig: Felix, 1877. — 266 p.
14. Buchalo A.S., Zakordonec O.A., Sašek V. Scanning electron microscopic study of clamp connection in higher Basidiomycetes // Folia Microbial. — 1985. — **30**, № 6. — P. 506—508.
15. Chihara G., Hamuro J., Maeda Y.Y., Arai Y., Fukuoka F. Fractionation and purification of polysaccharides with marked antitumor activity, especially lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (an edible mushroom) // Cancer Res. 1970. — **30**, № 11. — P. 2776—2781.
16. Duand R. Photomorphogenèse d'un basidiomycète *Coprinus congregatus* Bull. Ex Fr.: influences de variations quantitatives et qualitatives de la lumière sur les phases successives du développement des carpophores. Analyse du phénomène du photoreception. — Thèse doct. Sci. boil. — Lyon: Univ. Claude-Bernard, 1975. — 116 p.
17. Poyedinok N.L., Potemkina J.V., Negriyko A.M., et al. Stimulation with low-intensity laser light of basidiospore germination and growth of monocaryotic isolates in medicinal mushroom *Hericium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. (*Aphylllophoromycetidae*) // Int. J. of Med. Mushrooms. — 2000. — **2**, № 4. — P. 339—342.
18. Poyedinok N.L., Buchalo A.S., Potemkina J.V. et al. The action of argon and helium-neon laser radiation on growth and fructification of culinary-medicinal mushrooms *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* and *Hericium erinaceus*. // Int. J. of Med. Mushrooms. — 2003. — **3**, № 4. — P. 251—257.
19. Prokhorenko V.I., Nagy A.M., Waschuk S. A. et al. Coherent control of retinal isomerization in bacteriorhodopsin // Science 1 September 2006. — **313**, № 5791. — P. 1257—1261.

20. Tang Y.J., Zhong J.J. Fed-batch fermentation of *Ganoderma lucidum* for hyperproduction of polysaccharide and ganoderic acid // Enzyme and Microb. Technol. — 2002. — 31, № 1. — P. 20—28.
21. Schenk E. Die Fruchtkörperbildung bei einiger *Bolbitius* und *Coprinusarten* // Bein. Bot. Cbl. — 1919. — 36, № 1/2. — P. 355—413.

Рекомендує до друку  
І.О. Дудка

Надійшла 17.05.2007

Н.Л. Поєдинок<sup>1</sup>, А.А. Сиваш<sup>1</sup>, О.Б. Михайлова<sup>1</sup>, А.С. Бухало<sup>1</sup>, В.В. Щерба<sup>3</sup>,  
Ж.В. Потемкина<sup>2</sup>, А.М. Негрейко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут ботаники ім. Н.Г. Холодного НАН України, г. Київ

<sup>2</sup> Інститут фізики НАН України, г. Київ

<sup>3</sup> Інститут мікробіології НАН Білорусі, г. Мінск

### СВЕТОВАЯ РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА И БИОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ *GANODERMA LUCIDUM* В ЧИСТОЙ КУЛЬТУРЕ

Определена чувствительность мицелия высшего базидиального лекарственного гриба *Ganoderma lucidum* (Kurt.: Fr.) P. Karst. к световым потокам разного спектрального состава, геометрии и поляризации. Наибольшую чувствительность гриб проявлял по отношению к синему и красному свету. Световая обработка инокуляма позволила снизить его количество при внесении в субстрат и сократить длительность ферментационного процесса. Изучено влияние облучения на синтез полисахаридов и углеводный состав экзополисахаридов *G. lucidum* и ее микроструктуру. Когерентный и импульсный свет вызывали больший стимулирующий эффект, чем некогерентный и непрерывный.

*К л ю ч е в ы е с л о в а*: высшие базидиомицеты, свет, биосинтетическая активность, когерентность, полисахариды.

N.L. Poyedinok<sup>1</sup>, A.A. Sivash<sup>1</sup>, O. B. Mykchaylova<sup>1</sup>, A. S. Buchalo<sup>1</sup>,  
V.V. Scherba<sup>3</sup>, J.V. Potyemkina<sup>2</sup>, A. M. Negriyko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

<sup>2</sup> Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

<sup>3</sup> Institute of Microbiology of National Academy of Byelorussia, Minsk

### LIGHT REGULATION OF GROWTH AND BIOSYNTHETIC ACTIVITY *GANODERMA LUCIDUM* IN PURE CULTURE

Mycelial sensitivity of higher basidiomycete medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (Kurt. is determined: Fr.) P. Karst. to light streams of different spectral quality, geometry and polarization has been determined. The mushrooms culture showed the greatest sensitivity to blue and red light. Light processing of inoculum has allowed to lower its quantity and to reduce the duration of fermentative process. The influence of irradiation on polysaccharides synthesis, carbohydrate composition of exopolisaccharides of *G. lucidum* and mycelial microstructure has been investigated. Coherent and pulse light caused the greater stimulating effect comparing with not coherent and continuous light.

*К e y w o r d s*: light irradiation, growth, biosynthetic activity, coherency, polysaccharides.