

ВПЛИВ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА НАКОПИЧЕННЯ КАРОТИНОЇДІВ ДЕЯКИМИ ШТАМАМИ БАЗИДИОМІЦЕТІВ

А.К. Велигодська, О.В. Федотов

Донецький національний університет, м. Вінниця, Україна. Email: o.fedotov@donnu.edu.ua

Досліджено вплив мікроелементів на ріст та накопичення каротиноїдів високопродуктивними штамми базидіоміцетів при їх поверхневому періодичному культивуванні на глюкозо-пептонному середовищі (ГПС). Об'єкти дослідження – 3 штами ксилотрофів: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill Ls-08, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. Ff-1201 – з порядку *Polyporales* та *Fistulina hepatica* (Schaeff.) Sibth Fh-18 – порядку *Agaricales*. Матеріали досліджень – мицелії і культуральний фільтрат (КФ) штамів. Абсолютно суху біомасу (АСБ) мицелію визначали ваговим методом, вміст каротиноїдів – спектрофотометричним методом в ацетонових екстрактах за формулою Ветштейна. Встановлено індивідуальний вплив мікроелементів на накопичення біомаси і каротиноїдів дослідженими штамми базидіоміцетів. Вивчена можливість регуляції цих процесів шляхом внесення до складу глюкозо-пептонного середовища різних концентрацій сульфатів Fe, Cu, Zn, Ni та Mn. Так, оптимальним для підвищення інтенсивності ростових процесів та накопичення каротиноїдів штамом *L. sulphureus* Ls-08 є експериментальне середовище, до складу якого входить сульфат Zn у концентрації 8 мкмоль/л. Для індукції накопичення АСБ та каротиноїдів у мицелії та КФ штаму *F. fomentarius* Ff-1201 доцільно внесення у середовище сульфату Mn у концентрації 1,6 мкмоль/л. З метою підвищення каротиногенезу штаму *F. hepatica* Fh-18 виправдане внесення до ГПС сульфату Mn в концентрації 8 мкмоль/л. Ці концентрації мікроелементів дозволяють оптимізувати поживне середовище для культивування високопродуктивних штамів базидіоміцетів – продуцентів каротиноїдів.

Ключові слова: базидіоміцети, каротиноїди, мікроелементи, глюкозо-пептонне середовище.

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА НАКОПЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ НЕКОТОРЫМИ ШТАММАМИ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

А.К. Велигодская, О.В. Федотов

Донецький національний університет, г. Вінниця, Україна

Исследовано влияние микроэлементов на рост и накопление каротиноидов высокопроизводительными штаммами базидиомицетов при их поверхностном периодическом культивировании на глюкозо-пептонной среде (ГПС). Объекты исследования – 3 штамма ксилотрофов: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill Ls-08, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. Ff-1201 – порядка *Polyporales* и *Fistulina hepatica* (Schaeff.) Sibth Fh-18 – порядка *Agaricales*. Материалы исследований – мицелии и культуральный фильтрат (КФ) штаммов. Абсолютно сухую биомассу (АСБ) мицелия определяли весовым методом, содержание каротиноидов – спектрофотометрическим методом в ацетоновых экстрактах по формуле Ветштейна. Установлено индивидуальное влияние микроэлементов на накопление биомассы и каротиноидов исследованными штаммами базидиомицетов. Изучена возможность регуляции этих процессов путем внесения в состав глюкозо-пептонной среды различных концентраций сульфатов Fe, Cu, Zn, Ni и Mn. Так, оптимальным для повышения интенсивности ростовых процессов и накопления каротиноидов штаммом *L. sulphureus* Ls-08 является экспериментальная среда, в состав которой входит сульфат Zn в концентрации 8 мкмоль/л. Для индукции накопления АСБ и каротиноидов в мицелии и КФ штамма *F. fomentarius* Ff-1201 целесообразно внесение в среду сульфата Mn в концентрации 1,6

Citation:

Velygodska A.K., Fedotov O.V. (2016). Effects of microelements on the carotenoid synthesis by some Basidiomycetes strains. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*, 6 (2), 181–187.

Поступило в редакцию / Submitted: 02.06.2016

Принято к публикации / Accepted: 02.08.2016

crossref <http://dx.doi.org/10.15421/201650>

© Velygodska & Fedotov, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License

мкмоль/л. С целью повышения каротиногенеза штамма *F. hepatica* Fh-18 оправдано внесения в ГПС сульфата Mn в концентрации 8 мкмоль/л. Эти концентрации микроэлементов позволяют оптимизировать питательную среду для культивирования высокопроизводительных штаммов базидиомицетов – продуцентов каротиноидов.

Ключевые слова: базидиомицеты, каротиноиды, микроэлементы, глюкозо-пептонная среда.

EFFECTS OF MICROELEMENTS ON THE CAROTENOID SYNTHESIS BY SOME BASIDIOMYCETES STRAINS

A.K. Velygodska, O.V. Fedotov

Donetsk National University, Vinnytsia, Ukraine

The effect of microelements on growth and accumulation of carotenoids highly productive strains of basidiomycetes at surface cultivation on glucose-peptone medium was investigated. The objects of research are 3 wood destroying strain. There are *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill Ls-08, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. Ff-1201 from the order *Polyporales* and *Fistulina hepatica* (Schaeff.) Sibth Fh-18 from the order *Agaricales*. Research materials are strains mycelium and culture filtrate (CF). Absolutely dry biomass (ADB) mycelium was determined by the gravimetric method, the content of carotenoids was determined by spectrophotometric method in acetone extracts of the Vetshteyn formula. Established individual influence of microelements on the accumulation of biomass and carotenoids of basidiomycetes strains. The possibility of the regulation of these processes by introducing into the glucose-peptone medium of various Fe, Cu, Zn, Ni and Mn sulphate. So, the best to increase the intensity of the growth processes and the accumulation of carotenoids strain of *L. sulphureus* Ls-08 is an experimental environment which includes Zn sulfate in a concentration of 8 mmol/L. To induce the accumulation of ADB and carotenoids in the mycelium and CF of strain *F. fomentarius* Ff-1201 making in is expedient Mn sulfate in a concentration of 1.6 mmol/L. To improve carotenogenesis of *F. hepatica* Fh-18 strain expedient entry in GPM Mn sulphate at concentration of 8 mmol/L. These allow to optimize the concentration of microelements in nutrient medium for the cultivation of carotenoids high-producing strains of Basidiomycetes.

Key words: Basidiomycetes, carotenoids, microelements, glucose-peptone medium.

ВСТУП

Розвиток сучасної біотехнології спрямований на пошук нових продуцентів та розробку методів їх культивування і виділення біологічно активних метаболітів (Пирог, 2010). Численні дослідження довели перспективність використання високопродуктивних культур базидіомицетів в якості джерел таких сполук (Fedotov, 2007; Капич et al., 2008; Wasser et al., 2010). З метою підвищення продуктивності об'єктів біотехнології є актуальним вивчення культурально-морфологічних та біосинтетичних характеристик нових штамів за умов дії різноманітних факторів культивування (Велигодська, 2014).

Не зменшується увага дослідників до каротиноїдів, що мають численні фізіологічні функції, обумовлені їх будовою. Ці пігменти поліенової природи відносяться до ізопреноїдів терпенового ряду і виявляють антиканцерогенну, імуномодельючу, антиоксиданту дію, пригнічують процеси фотосенсибілізації та знижують ризик серцево-судинних хвороб тощо. Їм притаманна провітамінна функція, оскільки окислювальний розпад каротиноїдів веде до утворення вітаміну А в тваринних та рослинних тканинах (Геслер, 2003; Bunghez et al., 2012; Eldahshan, 2013).

Встановлено, що інтенсивність метаболічних процесів в живих організмах суттєво залежить від чинників навколишнього середовища та факторів культивування, в тому числі – вмісту мікроелементів у поживному середовищі (Беккер, 1988). Так, дослідження доводять можливість інтенсифікації ростових процесів культур *Vicia faba* при використанні добрив з солями Zn, Mn та Mo. Позитивні результати підвищення показників врожайності відмічені для *Glycine max* при внесенні у субстрат певних концентрацій сполук Fe та Zn, а для *Zea mays* – Mg, Cu та Fe (Heidarian et al., 2011; Eisa, 2014). Виявлено, що мікроконцентрації Mn та Zn у середовищі індукують ріст та накопичення розчинних білків культур штамів *Aspergillus niger*; в той час, як сульфат Fe має по відношенню до цього гриба виражену фунгіцидну дію (Paul et al., 2010). Дослідження впливу мікроелементів на активність оксидоредуктаз штамів базидіомицетів *Agrocybe cylindracea*, *Pleurotus ostreatus* та *Fistulina hepatica* показали можливість індукції пероксидазної та каталазної активності шляхом внесення до середовища певних концентрацій сульфатів Fe, Cu та Zn. Через те, знову отримані продуценти потребують вивчення впливу сполук мікроелементів з метою регуляції їх ростових та біосинтетичних

процесів. Проведені скринінгові дослідження дозволили виділити культури базидіальних грибів, здатні до підвищеного синтезу каротиноїдів (Волошко, Федотов, 2013).

Виходячи з вищезазначеного мета даної роботи – дослідження впливу певних сполук мікроелементів на синтез каротиноїдів високопродуктивними штамми базидіоміцетів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єктами дослідження були 3 штамми ксилотрофів: *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill Ls-08, *Fomes fomentarius* (L.) Fr. Ff-1201 – з порядку *Polyporales* та *Fistulina hepatica* (Schaeff.) Sibth Fh-18 – порядку *Agaricales* (Fedotov, Velygodska 2014). Вони зберігаються у Колекції культур базидіоміцетів кафедри фізіології та біохімії рослин Донецького національного університету (м. Вінниця) та депоновані у Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (ІВК) (Федотов et al., 2012).

Штами культивували поверхнево в колбах Ерленмейера на глюкозо-пептонному середовищі (ГПС, рН 6,5±0,1) з наступним складом (г/л): глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; КН₂РО₄ – 0,6 ; К₂Н-РО₄ – 0,4; MgSO₄ • 7H₂O – 0,5; CaCl₂ – 0,05; ZnSO₄ • 7H₂O – 0,001 та дистильована вода – до 1 л. Інокулюмом (0,5±0,01 г/л) слугували 10-ти денні міцеліальні культури штамів, що вирощувались на сусло-агарі.

З метою вивчення шляхів регуляції синтезу та накопичення каротиноїдів досліджуваними штамми, до ГПС додатково вносили сульфати Fe, Cu, Zn, Ni та Mn у наступних концентраціях: 0,01%, 0,05%, 0,1% та 0,2% на кінцевий об'єм середовища. Це відповідає вмісту Fe, Mn, Ni 1,6; 8; 16; 32 мкмоль/л та Cu і Zn 1,7; 8; 17; 34 мкмоль/л. Культивування штамів проводили при 27±1°C протягом 12 діб, контролем (К) слугували культури на ГПС₀ (без додавання сульфатів). Умови та час культивування штамів встановлені виходячи з результатів попередніх досліджень, де максимум вмісту каротиноїдів припадав на період їх експоненціального росту (Велигодська, 2013). Термін досліджу також пояснюється економічною недоцільністю довгострокового культивування продуцентів (Пирог, 2010).

Матеріалами досліджень були міцелії і культуральний фільтрат (КФ) досліджуваних штамів, які готували наступним чином. Культуральну рідину розділяли шляхом фільтрування при 5±1°C на міцелії та фільтрат (КФ). Отриманий міцелії додатково підсушували на фільтрувальному папері при 1±0,5°C та використовували для визначення накопичення біомаси і загального вмісту каротиноїдів. Абсолютно суху біомасу (АСБ) міцелію визначали ваговим методом (Дудка, 1982). Для визначення загального вмісту каротиноїдів, міцелії гомогенізували шляхом розтирання у стерильній ступці та екстрагували ацетоном у співвідношенні 1:10. Суміш центрифугували протягом 10 хвилин при 2000 g. Визначення кількості каротиноїдів проводили в міцелії – на одиницю маси, г та КФ – на одиницю об'єму, мл спектрофотометричним методом та розраховували за формулою Ветштейна (Мусяенко, 2001).

Досліди проводили у трикратній повторності. Статистичний аналіз експериментальних даних здійснювали з використанням Microsoft Excel та пакету програм для обробки результатів біологічних експериментів (Приседський, 1999). Достовірною вважалася різниця за рівня вірогідності P>0,95.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати вивчення впливу сполук Fe, Cu, Zn, Ni та Mn на накопичення АСБ та рН культурального фільтрату досліджуваних штамів базидіальних грибів (табл. 1) дозволяють стверджувати наступне.

По-перше, збільшення концентрацій мікроелементів приводить до підвищення показників рН культурального фільтрату всіх штамів.

По-друге, виявлено достовірний вплив мікроелементів на накопичення АСБ у 65% варіантів дослідів. При цьому високі концентрації (16, 17 та 32, 34 мкмоль/л) сульфатів металів пригнічують ростові процеси в 61% дослідів. Гальмування росту найбільше виражено для ГПС зі сполуками Fe, Cu та Ni.

Для штамів *L. sulphureus* Ls-08 та *F. fomentarius* Ff-1201 спостерігається індукція накопичення біомаси при додаванні до середовища сульфатів Mn та Zn в помірних концентраціях (1,6; 1,7 та 8

Таблиця 1. Вплив мікроелементів на ростові показники деяких штамів базидіоміцетів

Метал	С, мкмоль/ л	<i>L. sulphureus</i> Ls-08		<i>F. fomentarius</i> Ff-1201		<i>F. hepatica</i> Fh-18	
		АСБ, г/л	pH КФ	АСБ, г/л	pH КФ	АСБ, г/л	pH КФ
Fe	1,6	1,66 ± 0,11	5,49	3,13 ± 0,03	5,14	3,82 ± 0,19*	4,66
	8	1,51 ± 0,05	5,72	2,39 ± 0,18*	5,42	3,59 ± 0,24*	5,15
	16	1,44 ± 0,02*	6,19	1,84 ± 0,14*	5,78	2,80 ± 0,21	5,51
	32	1,35 ± 0,12*	6,31	1,27 ± 0,07*	6,12	1,62 ± 0,12*	5,73
Zn	1,7	2,53 ± 0,01*	5,02	4,08 ± 0,24*	4,33	2,92 ± 0,04	5,33
	8	2,97 ± 0,18*	5,19	3,99 ± 0,02*	4,48	3,68 ± 0,02*	5,35
	17	1,51 ± 0,02	5,32	3,02 ± 0,17	4,51	3,15 ± 0,12	5,01
	34	1,42 ± 0,13	5,68	2,71 ± 0,02	4,92	2,97 ± 0,04	5,16
Cu	1,7	1,58 ± 0,04	5,32	3,22 ± 0,07	5,09	2,95 ± 0,04	4,92
	8	1,49 ± 0,15	5,51	2,73 ± 0,14*	6,25	3,91 ± 0,12*	4,61
	17	1,14 ± 0,02*	5,49	1,78 ± 0,11*	6,34	3,59 ± 0,23*	4,88
	34	0,83 ± 0,09*	5,61	1,45 ± 0,08*	6,33	3,11 ± 0,13	5,02
Ni	1,6	1,54 ± 0,13	5,39	2,89 ± 0,27	4,91	3,02 ± 0,19	5,59
	8	1,26 ± 0,04*	5,82	2,74 ± 0,05*	5,32	2,31 ± 0,13*	5,93
	16	1,14 ± 0,09	6,12	2,17 ± 0,22*	5,74	1,23 ± 0,07*	6,27
	32	1,06 ± 0,10*	6,03	1,35 ± 0,06*	6,09	0,95 ± 0,04*	6,42
Mn	1,6	2,13 ± 0,04*	4,32	4,31 ± 0,15*	4,77	3,12 ± 0,04	5,31
	8	1,96 ± 0,08*	4,85	3,69 ± 0,14*	4,82	2,98 ± 0,01	5,62
	16	1,49 ± 0,11	5,32	3,09 ± 0,02	5,10	2,56 ± 0,068	6,18
	32	1,11 ± 0,12*	6,08	2,94 ± 0,16	5,16	2,15 ± 0,14*	6,14
Контроль		1,61 ± 0,05	5,44	3,17 ± 0,14	4,87	3,09 ± 0,14	5,25

Примітка: * – вірогідність відмінностей показників дослідних груп до відповідного контролю $p < 0,05$

мкмоль/л). Максимум АСБ для штаму Ls-08 зафіксований при концентрації $ZnSO_4$ 8 мкмоль/л і перевищує контроль на 84%. Середовище з концентрацією сульфату Mn 1,6 мкмоль/л є оптимальним для підвищення АСБ штаму *F. fomentarius* Ff-1201, де цей показник на 39% перевищує контрольне значення.

Індукція ростових процесів штаму *F. hepatica* Fh-18 виявлена в 5 варіантах досліджу: на середовищах з додаванням 1,6 та 8 мкмоль/л сульфату Fe, 8 та 17 мкмоль/л сульфату Cu та 1,7 мкмоль/л сульфату Zn. Максимальне накопичення АСБ цього штаму, яке перевищувало контрольне значення на 27%, спостерігається при додаванні $CuSO_4$ в концентрації 8 мкмоль/л.

Отже, підтверджена можливість регулювання ростових показників досліджених штамів базидіоміцетів шляхом зміни концентрацій мікроелементів в ГПС. Виявлені концентрації сполук Zn, Cu та Mn, які достовірно індукують накопичення АСБ. Також встановлено негативний вплив високих концентрацій сполук Fe, Cu та Ni на реєстровані ростові показники. Зафіксована зміна pH КФ може бути обумовлена зміною метаболічних процесів в бік вибіркового поглинання чи синтезу речовин певної рН. Це в новій якості підтверджує здатність сполук металів впливати на інтенсивність ростових процесів культур мікроорганізмів (Paul et al., 2010; Волошко, Федотов, 2013).

Наступним етапом досліджень вивчали вплив різних концентрацій (С) мікроелементів на накопичення каротиноїдів в міцелії та культуральному фільтраті штамів базидіоміцетів. Результати дослідження (табл. 2) говорять про наступне.

Зафіксовано достовірний вплив сульфатів металів на рівень накопичення каротиноїдів штамми базидіоміцетів в 57% дослідів. При цьому, рівень накопичення каротиноїдів визначається як концентрацією певного сульфату, так і видовою специфічністю базидіоміцетів. Підвищення вмісту каротиноїдів в міцелії зафіксовано у 20%, а в КФ – 24% дослідів. Зниження цього показника спостерігалось в 37% варіантів досліджень. При культивуванні штаму *F. fomentarius* Ff-1201 на середовищах з високими концентраціями сульфатів Fe, Cu та Ni накопичення каротиноїдів в культуральному фільтраті не зафіксоване.

Таблиця 2. Вплив мікроелементів на синтез каротиноїдів деякими штамами базидіоміцетів

Метал	С, мкмоль/ л	<i>L. sulphureus</i> Ls-08		<i>F. fomentarius</i> Ff-1201		<i>F. hepatica</i> Fh-18	
		Міцелій, мг\г	КФ, мг/мл	Міцелій, мг\г	КФ, мг/мл	Міцелій, мг\г	КФ, мг/мл
Fe	1,6	5,82 ± 0,27*	0,15 ± 0,01*	3,64 ± 0,05*	0,12 ± 0,01	3,68 ± 0,22	0,23 ± 0,01
	8	5,32 ± 0,24	0,11 ± 0,01	3,02 ± 0,04	0,10 ± 0,01	3,48 ± 0,04	0,22 ± 0,02
	16	5,27 ± 0,09	0,06 ± 0,02*	2,51 ± 0,12*	0,06 ± 0,01*	2,99 ± 0,26	0,19 ± 0,03
	32	4,52 ± 0,11*	0,04 ± 0,01*	2,34 ± 0,09*	0	2,39 ± 0,12*	0,16 ± 0,01*
Zn	1,7	5,51 ± 0,17*	0,19 ± 0,01*	3,21 ± 0,20	0,14 ± 0,01	3,37 ± 0,11	0,25 ± 0,01
	8	7,26 ± 0,05*	0,25 ± 0,02*	3,11 ± 0,11	0,12 ± 0,01	3,04 ± 0,02*	0,31 ± 0,01*
	17	5,72 ± 0,21*	0,18 ± 0,01*	2,54 ± 0,14*	0,09 ± 0,01*	2,19 ± 0,05*	0,20 ± 0,01
	34	5,32 ± 0,22	0,11 ± 0,01	1,97 ± 0,08*	0,07 ± 0,01*	1,76 ± 0,18*	0,18 ± 0,02
Cu	1,7	5,43 ± 0,05*	0,16 ± 0,02*	2,81 ± 0,22	0,15 ± 0,01	3,26 ± 0,29	0,19 ± 0,02
	8	5,21 ± 0,12	0,09 ± 0,01	2,48 ± 0,15*	0,12 ± 0,01	2,51 ± 0,18*	0,15 ± 0,01*
	17	4,71 ± 0,37	0,08 ± 0,01*	2,29 ± 0,05*	0,07 ± 0,01*	2,13 ± 0,21*	0,12 ± 0,01*
	34	2,84 ± 0,20*	0,07 ± 0,01*	1,54 ± 0,12*	0	1,12 ± 0,07*	0,09 ± 0,01*
Ni	1,6	5,11 ± 0,16	0,12 ± 0,01	3,15 ± 0,24	0,11 ± 0,01	3,34 ± 0,22	0,28 ± 0,01*
	8	4,97 ± 0,09	0,11 ± 0,02	2,49 ± 0,03*	0,12 ± 0,01	3,17 ± 0,16	0,24 ± 0,01
	16	4,51 ± 0,13*	0,06 ± 0,02*	2,25 ± 0,18*	0,04 ± 0,01*	2,65 ± 0,20*	0,20 ± 0,02
	32	3,16 ± 0,04*	0,03 ± 0,01*	1,32 ± 0,03*	0	1,12 ± 0,11*	0,19 ± 0,02
Mn	1,6	4,99 ± 0,23	0,10 ± 0,01	3,92 ± 0,19*	0,16 ± 0,01*	3,92 ± 0,13*	0,29 ± 0,03*
	8	6,37 ± 0,12*	0,21 ± 0,02*	3,36 ± 0,12	0,13 ± 0,01	4,51 ± 0,26*	0,35 ± 0,02*
	16	5,59 ± 0,16*	0,11 ± 0,02	2,98 ± 0,05	0,10 ± 0,01*	3,57 ± 0,14	0,29 ± 0,02*
	32	2,45 ± 0,07*	0,04 ± 0,01*	2,63 ± 0,12*	0,08 ± 0,01*	2,96 ± 0,22	0,21 ± 0,01
Контроль		5,08±0,09	0,12±0,01	3,06±0,27	0,13±0,01	3,44±0,13	0,23±0,02

Примітка: * – вірогідність відмінностей показників дослідних груп до відповідного контролю $p < 0,05$

Підвищення вмісту каротиноїдів штаму *L. sulphureus* Ls-08 виявлено при його культивуванні на середовищах з додаванням сульфатів Fe, Zn, Cu і Mn. Максимум накопичення пігментів як в міцелії, так і в КФ даної культури відмічається на середовищі з $ZnSO_4$ в концентрації 8 мкмоль/л. Тут реєстровані показники перевищували контроль на 43% та 108% відповідно. Всі мікроелементи у 58% всіх дослідів негативно впливають на синтез каротиноїдів штамом *F. fomentarius* Ff-1201. Лише концентрації у 1,6 мкмоль/л Fe і Mn підвищують накопичення каротиноїдів в міцелії та КФ цього штаму на 19-28% в порівнянні з контролем.

Індукція накопичення каротиноїдів в міцелії штаму *F. hepatica* Fh-18 спостерігається лише при його культивуванні на середовищі з додаванням сульфату Mn у концентраціях 1,6 та 8 мкмоль/мл, де цей показник перевищував контрольне значення на 14 та 32% відповідно. Збільшення рівня накопичення каротиноїдів в КФ штаму Fh-18 виявлено при додаванні низьких концентрацій сполук Zn та Ni, а також сульфату Mn в концентраціях 1,6, 8 та 16 мкмоль/л. Найбільше накопичення пігментів в міцелії та КФ зафіксоване при його культивуванні на середовищах з $MnSO_4$ у концентрації 8 мкмоль/л, де воно перевищувало контроль на 32 та 52% відповідно. Репресія каротиногенезу даної культури спостерігається в 32% дослідів.

Узагальнюючи отримані результати, можемо стверджувати, що з метою інтенсифікації процесів накопичення каротиноїдів в міцелії та КФ штаму *L. sulphureus* Ls-08 доцільно внесення у ГПС сульфату Zn в концентрації 8 мкмоль/л, штаму *F. fomentarius* Ff-1201 – Fe та Mn в концентрації 1,6 мкмоль/л, штаму *F. hepatica* Fh-18 – $MnSO_4$ в концентрації 8 мкмоль/л.

ВИСНОВКИ

Таким чином, досліджено вплив мікроелементів на накопичення біомаси і каротиноїдів деякими штамами базидіоміцетів. Вивчена можливість регуляції цих процесів шляхом внесення до складу глюкозо-пептонного середовища різних концентрацій сульфатів Fe, Cu, Zn, Ni та Mn. Так, оптимальним для підвищення інтенсивності ростових процесів та накопичення каротиноїдів штамом *L. sulphureus* Ls-08 є експериментальне середовище, до складу якого входить сульфат Zn у

концентрації 8 мкмоль/л. Для індукції накопичення АСБ та каротиноїдів у міцелії та КФ штаму *F. fomentarius* Ff-1201 доцільно внесення у середовище сульфату Mn у концентрації 1,6 мкмоль/л. З метою підвищення каротиногенезу штаму *F. hepatica* Fh-18 виправдане внесення до ГПС сульфату Mn в концентрації 8 мкмоль/л. Результати досліджень будуть використані при оптимізації умов культивування високопродуктивних штамів базидіоміцетів – продуцентів каротиноїдів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов. / З.Э. Беккер. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 230 с.
- Велигодська А.К. Вплив джерел азотного живлення на синтез каротиноїдів деякими штамми базидіоміцетів / А.К. Велигодська, О.В. Федотов, А.С. Петресва // Біологічний вісник Мелітопольського Державного педагогічного університету ім. Богдана Хмельницького. 2013. – Т.4(1). – С. 22–34.
- Волошко Т.С. Вплив деяких мікроелементів на активність оксидоредуктаз базидіоміцетів / Т.С. Волошко, О.В. Федотов // Біологічний вісник Мелітопольського Державного педагогічного університету ім. Богдана Хмельницького. Т.3. – С. 68–80.
- Дудка И.А. Методы экспериментальной микологии. / И.А. Дудка, С.П. Вассер, И.А. Элланская. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
- Гесслер Н.Н. Участие β-каротина в антиоксидантной защите грибной клетки. / Н.Н.Гесслер, А.В. Соколов, Т.А. Белозерская // Прикладная биохим. и микробиол. 2003. Т 39. № 4. с.427-429.
- Капич А.Н. Антиоксидантные свойства экстрактов мицелия гриба *Laetiporus sulphureus* / А.Н. Капич, Т.С. Гвоздкова, З.В. Квачева // Successes of Medical Mycology. 2008 – Т. 3. –С. 146-148.
- Мусяенко Н.Н. Спектрофотометрические методы в практике физиологии, биохимии и экологии растений / Н.Н. Мусяенко, Т.В. Паршикова, П.С. Славный. – К.: Фитосоцицентр, 2001. – 200 с.
- Федотов О.В. Колекція культур шапінкових грибів – основа мікологічних досліджень та стратегії збереження біорізноманіття базидіоміцетів / О.В. Федотов, О.В. Чайка, Т.С. Волошко, А.К. Велигодська // Вісник Донецького університету, Сер.А: Природничі науки, вип. 1. – Донецьк: ДонНУ, 2012. – С. 209-213.
- Пирог Т.П. Загальна мікробіологія / Т.П. Пирог. – К.: НУХТ, 2010. – 623 с.
- Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
- Bunghez, I.R. Obtaining of carotenoid extract from *Lycium chinense* and characterization using spectrometrical analysis. / I.R. Bunghez, S.M. Avramescu, M. Neata, G. Radulescu, R. Ion // Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 2012 – V.7(2). – P. 523–528.
- Eisa, G.S.A. Impact Spraying of Some Microelements on Growth, Yield, Nitrogenase Activity and Anatomical Features of Cowpea Plants / G.S.A. Eisa, T.B Ali // World Journal of Agricultural Sciences, 2014. – V. 10 (2) – P. 57-67
- Eldahshan, O.A. Carotenoids / O.A. Eldahshan, A.N. Singab // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2013. – V. 2(1) – P. 225–234
- Fedotov O.V. Wood-destroying fungi as bio-sources of ferments for medicinal and nutritional purposes / O.V. Fedotov // Plant and Microbial Enzymes: isolation, characterization and biotechnology applications – Tbilisi: Myza, 2007. – P. 125-129.
- Fedotov, O.V. Search producers of polyphenols and some pigments among Basidiomycetes / O.V.Fedotov, A.K. Veligodska // Biotechnologia ACTA, 2014. – V. 7(1) – P. 110-116
- Heidarian, A.R. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages / A.R. Heidarian, H. Kord, K. Mostafavi, // Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2011 – V. 3(9) – P. 189–197
- Paul, R. Micro-Elements Work for the Growth and Total Soluble Protein Production in *Aspergillus niger* at Different Concentrations / R. Paul, V. Singh, R. Tyagi, A. Singh, D. Dube // Journal of Pure and Applied Microbiology, 2010. – V. 4(1) – P. 291–296
- Wasser S.P. Medicinal mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved problems / S.P. Wasser // Int. J. Med. Mush. – 2010. – 12 (1). – P. 1–16.

REFERENCES

- Becker, Z.E. (1988). *Physiology and biochemistry of fungi*. Moscow: Moscow University Press.
- Bunghez, I.R., Avramescu, S.M., Neata, M., Radulescu, G., Ion, R. (2012). Obtaining of carotenoid extract from *Lycium chinense* and characterization using spectrometrical analysis. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 7(2), 523–528.

- Dudka, Y.A., Vasser, S.P., Éllanskaya, Y.A. (2003). *Metody eksperimental'noy mikologii*. Nauk. dumka, Kiev, 550.
- Eisa, G.S.A., Ali, T.B (2014). Impact Spraying of Some Microelements on Growth, Yield, Nitrogenase Activity and Anatomical Features of Cowpea Plants. *World Journal of Agricultural Sciences*, 10 (2), 57-67
- Eldahshan, O.A., Singab, A.N. (2013). Carotenoids. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(1), 225–234
- Fedotov, O.V. (2007). Wood-destroying fungi as bio-sources of ferments for medicinal and nutritional purposes. Plant and Microbial Enzymes: isolation, characterization and biotechnology applications. *Myza, Tbilisi*, 125–131.
- Fedotov, O.V., Chayka, O.V., Voloshko, T.E., Velyhods'ka, A.K. (2012). Kolektsiya kultur shapynkovykh hrybiv – osnova mikolohichnykh doslidzhen ta stratehiyi zberezhennya bioriznomanittya bazydiomitsetiv. *Visnyk Donetskoho universytetu*, 1, 209–213.
- Fedotov, O.V. Veligodska, A.K. (2014). Search producers of polyphenols and some pigments among Basidiomycetes. *Biotechnologia ACTA*, 7(1), 110-116 (in Ukrainian).
- Gessler, N.N., Sokolov, A.B., Belozerskaya, T. (2003). The participation of β -carotene in antioxidant protection of fungal cells. *Appl. Biochemistry and microbiology* 4(39), 427–429.
- Heidarian, A.R., Kord, H., Mostafavi, K. (2011). Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3(9), 189–197
- Kapich, A.N., Gvozdikova, T.S., Kvacheva, Z.B. (2008). Antioxidant, radioprotective and antiviral properties of the extracts of the mycelium fungus *Laetiporus sulphureus*. *Successes of Medical Mycology. US*, 3, 146–148 (in Russian).
- Musienko, M.M., Parshikova, T.V., Slavniy, P.S. (2001). Spectrophotometric methods in the practice of physiology, biochemistry and ecology of plants, *Naukova Dumka, Kiev*
- Paul, R., Singh, V., Tyagi, R., Singh, A., Dube, D. (2010). Micro-Elements Work for the Growth and Total Soluble Protein Production in *Aspergillus niger* at Different Concentrations. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 4(1), 291–296
- Pirog, T.P. (2010). *Biotechnology*. Kiev. (in Ukrainian).
- Priseds'kiy, Y.G. (1999). *Statistical processing of biological experiments results*. Kassiopeya, Donetsk (in Ukrainian).
- Veligodska, A.K., Fedotov, O.V., Petreeva, A.S. (2014). Effect of nitrogen nutrition sources on carotenoids synthesis for some basidiomycetes strains. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*, 4(1), 22-34 (in Ukrainian).
- Voloshko, T.E., Fedotov O.V. (2013). Influence of some microelements on Basydiomysetes oxidoreductases activity. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*, 1, 68–80 (in Ukrainian).
- Wasser, S.P., 2010. Medicinal mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved problems. *Int. J. Med. Mush.*, 12(1), 1–16.