

ВПЛИВ ЦИТРАТІВ МЕТАЛІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ АКВАНАНОТЕХНОЛОГІЇ, НА РІСТ ШТАМІВ ЛІКАРСЬКИХ МАКРОМІЦЕТІВ *GANODERMA LUCIDUM* 1900 І *TRAMETES VERSICOLOR* 353

Аль-Маалі Г.А. Вплив цитратів металів, отриманих методом аквананотехнології, на ріст штамів лікарських макроміцетів *Ganoderma lucidum* 1900 і *Trametes versicolor* 353. — Укр. ботан. журн. — 2015. — 72(4): 393—397.

Узагальнені результати дослідження впливу різних концентрацій цитратів і сульфатів металів (заліза, міді, цинку та марганцю) на ріст штамів цінних лікарських макроміцетів *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst 1900 і *Trametes versicolor* (L.) Lloyd 353 із Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України. Встановлені оптимальні концентрації цитратів металів для накопичення біомаси міцелію досліджуваних штамів. Найбільшу біомасу *T. versicolor* 353 (8,6 г/л) отримано на живильному середовищі з цитратом міді за концентрації іонів міді 4 мг/л, а найбільшу біомасу *G. lucidum* 1900 (9,9 г/л) — на живильному середовищі з цитратом цинку з концентрацією іонів цинку 1 мг/л.

Ключові слова: *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor*, цитрати металів, біомаса

Вступ

Особливе місце серед лікарських базидіомицетів посідають *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst і *Trametes versicolor* (L.) Lloyd., які мають тривалу історію використання у традиційній східній медицині для лікування та профілактики численних захворювань (Lui, 1999a). Сучасні дані підтверджують значний лікарський потенціал цих видів, що проявляється в антипухлинних, імуностимулювальних, антибактеріальних, антивірусних, гепатопротекторних, протизапальних властивостях (Chen et al., 2006; Paterson et al., 2006; Patel et al., 2012), які обумовлені наявністю численних сполук із фармакологічною активністю (Mizuno et al., 1995a, b; Zong et al., 2012; Wasser, 2014). Крім того, міцелій і культуральну рідину *G. lucidum* і *T. versicolor* використовують для отримання лігноцелюлозолітичних ферментів, таких як лаказа та Mn-пероксидаза (Wang et al., 2006; Levasseur et al., 2008).

Велику роль у фізіології живлення *G. lucidum* і *T. versicolor* відіграють іони міді та марганцю, що обумовлено високим біологічним значенням ферментних систем, які містять вказані мікроелементи в координаційному центрі. Не менш важливіми для цих видів є цинк і залізо, що беруть участь у численних клітинних біохімічних процесах, пов'язаних із різними катаболічними й анаболіч-

ними реакціями. Відомо, що органічні сполуки металів характеризуються більшою біологічною доступністю, ніж неорганічні аналоги. Перспективними з цього погляду є солі карбонових кислот, у тому числі цитрати металів, дозволені до використання в харчовій промисловості (Serdiuk et al., 2009). Проте традиційні методи одержання карбоксилатів працездатні й енергозатратні, до того ж отримані сполуки мають низьку хімічну чистоту. Інтенсивний розвиток нанотехнологій дав змогу створити низку методів, що уможливило промислове виробництво цитратів металів із високим ступенем чистоти (Kosionov, Kaplunenko, 2006). Ряд дослідників (Nanomaterialy., 2010) відзначають високу біологічну активність цитратів металів щодо рослинних об'єктів, мікроорганізмів і тварин. У дослідженнях І.І. Бандури (Bandura, 2014) зазначається, що комплексне добриво «Аватар-1», яке складається з суміші цитратів різних металів, позитивно позначається на плодоношенні грибів із роду *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. У роботах щодо впливу цитратів заліза та цинку на *T. versicolor* 353 (Klechak et al., 2013) не проведено детального дослідження дії різних концентрацій цитратів і сульфатів металів на ріст міцелію.

Нашою метою було вивчення впливу цитратів металів, порівняно з сульфатами аналогічних металів, на ріст штамів цінних лікарських макроміцетів *G. lucidum* 1900 і *T. versicolor* 353.

Варіанти дослідів із цитратами металів

Вид, штам	Концентрація цитрату металу, мг/л			
	цитрат міді	цитрат цинку	цитрат заліза	цитрат марганцю
<i>Trametes versicolor</i> 353	0,25; 0,5; 2; 3; 4; 5	0,25; 0,5; 1; 2;	0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4;	0,25; 0,5; 1; 2;
<i>Ganoderma lucidum</i> 1900	0,25; 0,5; 1; 2; 3;	0,25; 0,5; 1; 2;	0,25; 0,5; 1; 2;	0,25; 0,5; 1; 2;

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктами дослідження ми взяли штами *G. lucidum* 1900 і *T. versicolor* 353 з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України. Штами обрані за результатами скринінгів біотехнологічно цінних штамів *G. lucidum* і *T. versicolor*, проведених Л.О. Антоненко (Antonenko, 2013) та Т.А. Круподьоровою (Krupodorova, 2009).

Міцелій вирощували 7 діб у стаціонарній культурі за температури 26° С у колбах Ерленмейєра об'ємом 250 мл, що містили 50 мл живильного середовища такого складу (г/дм³): глюкоза — 25; пептон — 3; дріжджовий екстракт — 3; K₂HPO₄ — 1; KH₂PO₄ — 1; MgSO₄ · 7H₂O — 0,25; дистильована вода — 1 дм³; рН 6,5 (ГПД/ГРҮ). Інокулюм отримували впродовж семи діб на ГПД середовищі з 20 г/л агар-агару. Інокуляцію проводили дисками міцелію діаметром 5 мм з розрахунку 5 дисків на 50 мл живильного середовища.

У дослідних варіантах до живильного середовища ГПД додавали різні концентрації цитратів цинку, марганцю, міді та заліза (таблиця). Усі цитрати металів отримані методом аквананотехнології в Українському державному науково-дослідному інституті нанобіотехнологій та ресурсозбереження при Державному агентстві резерву України (Patent Ukraine на korysnu model № 39392).

Контролем слугувало живильне середовище (ГПД), що не містило досліджуваній мікроелемент. Коли ж цитрат металу суттєво впливав на приріст біомаси щодо контролю, ставили додатковий до-

слід з аналогічними концентраціями цього металу у формі сульфату.

Кількість отриманої біомаси визначали гравіметрично після висушування міцелію за 105° С до постійної ваги.

Результати опрацьовували статистично (середні значення, похибки середніх, середні квадратичні відхилення для n=5, рівень значущості P=0,95), аналізували із застосуванням Microsoft Excel.

Результати досліджень і їх обговорення

За підсумками здійсненого дослідження визначено оптимальні концентрації іонів металів (у формі цитрату) в середовищі для накопичення біомаси взятих штамів: *T. versicolor* 353 — 4 мг/л Cu²⁺, 1 мг/л Zn²⁺, 1 мг/л Mn²⁺, 3 мг/л Fe²⁺; *G. lucidum* 1900 — 1 мг/л Cu²⁺, 1 мг/л Zn²⁺, 1 мг/л Mn²⁺, 1 мг/л Fe²⁺.

Серед досліджених цитратів металів найменший приріст біомаси *G. lucidum* 1900 і *T. versicolor* 353 встановлено для цитрату заліза. Так, вихід за біомасою *G. lucidum* 1900 зростав лише на 3,7 % (1 мг/л), а *T. versicolor* 353 — на 9,2 % (3 мг/л) порівняно з контролем. Зазначимо, що в подібних дослідженнях О.В. Ященко (Yashchenko, 2013), де вивчався вплив цитрату заліза на *G. lucidum*, отримана аналогічна біомаса міцелію. У дослідях І.Р. Клечак (Klechak et al., 2013) стосовно впливу цитрату заліза на *T. versicolor* 353 концентрацією 0,3 мг/л в умовах глибинної культури отримано близько 4 г/л біомаси міцелію, що на 25 % менше, ніж у нашому дослідженні.

Цитрати цинку, міді та марганцю різною мірою стимулювали синтез біомаси *G. lucidum* 1900 і *T. versicolor* 353.

Кількість біомаси *G. lucidum* 1900 на середовищі з 1 мг/л іонів цинку у формі цитрату збільшувалася на 28,3 % (рис. 1), а *T. versicolor* 353 — на 36,7 % (рис. 2) щодо контролю. Встановлено, що заміна в живильному середовищі цитрату цинку на сульфат цинку також стимулювала синтез біомаси *T. versicolor* 353, але не так ефективно: вона

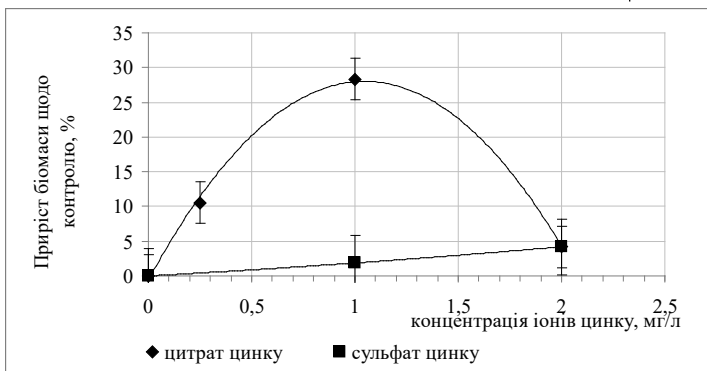
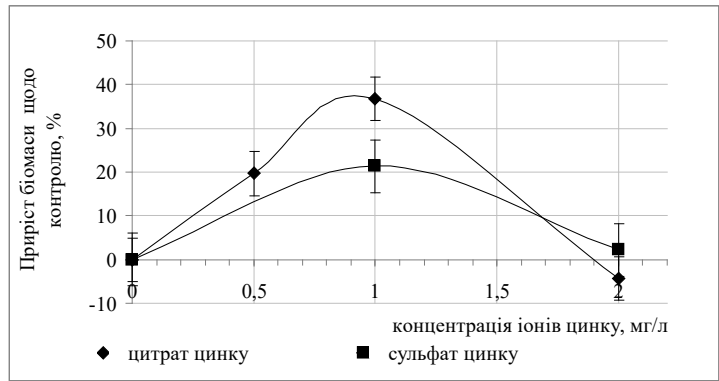


Рис. 1. Вплив різних концентрацій цитрату і сульфату цинку на приріст біомаси міцелію *G. lucidum* 1900 за поверхневого культивування на ГПД середовищі (7-а доба)

Fig. 1. Effect of different concentrations of zinc citrate and zinc sulfate on increase of mycelial biomass of *G. lucidum* 1900 in a stationary culture on GPY medium (7 days)

Рис. 2. Вплив різних концентрацій цитрату і сульфату цинку на приріст біомаси міцелію *T. versicolor* за поверхневого культивування на ГПД середовищі (7-а доба)

Fig. 2. Effect of different concentrations of zinc citrate and zinc sulfate on increase of mycelial biomass of *T. versicolor* 353 in a stationary culture on GPY medium (7 days)



зростала на 22 % щодо контролю (рис. 2). Водночас заміна цитрату цинку на сульфат цинку в середовищі не призводила до статистично достовірного збільшення біомаси *G. lucidum* 1900 порівняно з контролем (рис. 1). Зазначимо, що О.В. Ященко (Yashchenko 2013) в досліджах стосовно впливу цитрату цинку на *G. lucidum* одержала подібні результати. В роботі І.Р. Клечак (Klechak et al., 2013), де вивчали дію цитрату цинку на *T. versicolor* 353, отримана аналогічна біомаса міцелію.

З'ясовано, що цитрат марганцю, як і цитрат цинку, стимулює синтез біомаси обох видів. Так, із додаванням до живильного середовища цитрату марганцю в оптимальній концентрації за іоном марганцю (1 мг/л) біомаса міцелію *T. versicolor* 353

зростала на 28,9 % (рис. 3), а біомаса *G. lucidum* 1900 — на 15,2 % (рис. 4) порівняно з контролем. Досліджено, що сульфат марганцю з аналогічною концентрацією іонів марганцю в середовищі також стимулює синтез біомаси *G. lucidum* 1900, у цьому випадку на 10,3 % (рис. 4). Разом з тим заміна цитрату марганцю на сульфат марганцю в живильному середовищі достовірно не впливала на синтез біомаси *T. versicolor* 353 порівняно з контролем (рис. 3).

Слід зазначити, що оптимальні концентрації марганцю (1 мг/л) та цинку (1 мг/л) у формі цитрату збіглися для *G. lucidum* 1900 та *T. versicolor* 353. Тим часом оптимальна концентрація іонів міді (4 мг/л) для синтезу біомаси *T. versicolor* 353 була чвертеро вищою, ніж для *G. lucidum* 1900. До-

Рис. 3. Вплив різних концентрацій цитрату і сульфату марганцю на приріст біомаси міцелію *T. versicolor* 353 за поверхневого культивування на ГПД середовищі (7-а доба)

Fig. 3. Effect of different concentrations of manganese citrate and manganese sulfate on increase of mycelial biomass of *T. versicolor* 353 in a stationary culture on GPY medium (7 days)

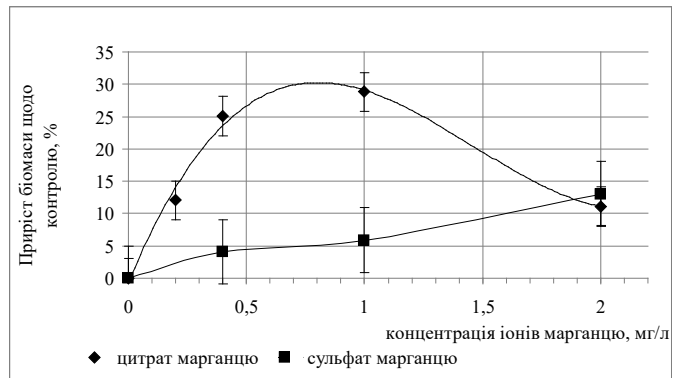
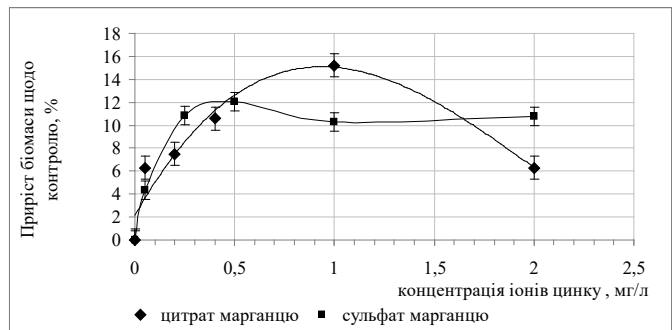


Рис. 4. Вплив різних концентрацій цитрату і сульфату марганцю на приріст біомаси міцелію *G. lucidum* 1900 за поверхневого культивування на ГПД середовищі (7-а доба)

Fig. 4. Effect of different concentrations of manganese citrate and manganese sulfate on increase of mycelial biomass of *G. lucidum* 1900 in a stationary culture on GPY medium (7 days)



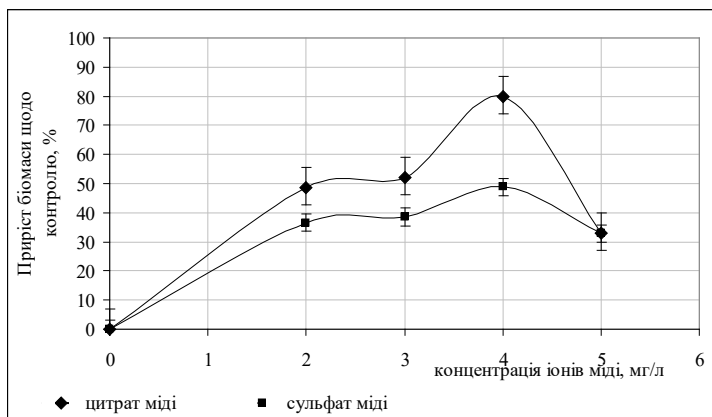


Рис. 5. Вплив різних концентрацій цитрату і сульфату міді на приріст біомаси міцелію *T. versicolor* 353 за поверхневого культивування на ГПД середовищі (7-а доба)

Fig. 5. Effect of different concentrations of copper citrate and copper sulfate on increase of mycelial biomass of *T. versicolor* 353 in a stationary culture on GPY medium (7 days)

слідні види відрізнялись і тим, що за оптимальних концентрацій іонів міді в живильному середовищі приріст біомаси *T. versicolor* 353 становив 79,9 %, а *G. lucidum* 1900 — лише 11,4 %. Приріст біомаси *T. versicolor* 353 стосовно контролю на середовищі з цитратом міді був у 1,6 раза більшим, аніж на середовищі з сульфатом міді (рис. 5).

За низьких концентрацій іонів міді в середовищі (2—3 мг/л) цитрат міді на 11—13 % краще стимулює синтез біомаси *T. versicolor* 353 порівняно з сульфатом міді. Зі збільшенням концентрації міді до 5 мг/л сульфат і цитрат міді стимулювали синтез біомаси міцелію *T. versicolor* 353 однаково (32,9 % щодо контролю) (рис. 5).

Криві залежності біомаси *T. versicolor* 353 від концентрації іонів міді та цинку (у формі цитрату та сульфату) були подібними (рисунки 2, 5). Так, оптимальні концентрації цинку в різних формах збіглися (1мг/л).

Порівнюючи вплив цитратів і сульфатів цинку на ріст *G. lucidum* 1900, можна побачити, що за концентрації іонів цинку 1 мг/л у формі сульфату біомаса міцелію майже не зростала (рис. 3). Залежність приросту біомаси від вмісту сульфату міді свідчить, що його оптимальна концентрація буде за межею досліджуваного інтервалу та значно вищою, ніж оптимальна концентрація міді у цитратній формі. Подібну залежність приросту біомаси *T. versicolor* 353 від вмісту іонів ми спостерігали і в досліді із цитратом і сульфатом марганцю (рис. 4).

Суттєво відрізняються графіки, що відображають залежність приросту біомаси *G. lucidum* 1900 від концентрації іонів марганцю у формі цитрату та сульфату (рис. 4). До того ж, у цьому випадку оптимальна концентрація іонів марганцю для цитрату була вдвічі більшою, ніж для сульфату — 1 мг/л та 0,5 мг/л відповідно. Однак стосовно контролю за оптимальних концентрацій іонів марганцю в обох формах приріст біомаси *G. lucidum* 1900 виявився однаковим.

Висновки

Уперше досліджено вплив різних концентрацій цитратів і сульфатів цинку, заліза, міді та марганцю на продуктивність біомаси культур цінних лікарських грибів *T. versicolor* 353 та *G. lucidum* 1900.

З'ясовано, що ефективність цитратів металів стосовно *T. versicolor* 353 за показником приросту біомаси міцелію зменшується в такій послідовності: цитрат міді > цитрат цинку > цитрат марганцю > цитрат заліза. Аналогічна послідовність для *G. lucidum* 1900 виглядає таким чином: цитрат цинку > цитрат марганцю > цитрат міді > цитрат заліза.

Встановлено, що найбільша біомаса міцелію *T. versicolor* 353 (8,6 г/л) отримана за концентрації 4 мг/л Cu^{2+} (у формі цитрату) в живильному середовищі. Найбільша біомаса міцелію *G. lucidum* 1900 (9,9 г/л) зафіксована за концентрації 1 мг/л Zn^{2+} (у формі цитрату) в живильному середовищі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Antonenko L.A. *Biotechnology of biomass higher basidiomycetes of the genus Coriolus*: Cand. Sci. Diss. Abstract, Kyiv, 2013, 22 p. [Antonenko L.A. *Биотехнология получения биомассы высших базидиальных грибов рода Coriolus*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.20 «Биотехнология». — Киев, 2013. — 22 с.]
- Bandura I.I. *Improvement of technological elements for industrial production of edible mushroom Pleurotus (Fr.) P. Kumm.*: Cand. Sci. Diss. Abstract, Kyiv, 2014, 22 p. [Бандура І.І. *Удосконалення елементів технології промислового виробництва їстівних грибів роду Pleurotus (Fr.) P. Kumm.*: автореф. дис. ... канд. сільськогосп. наук: спец. 06.01.06 «Овочівництво» — К., 2014. — 22 с.]
- Chen X., Hu Z.P., Yang X.X., Huang M., Gao Y., et al. Monitoring of immune responses to a herbal immunomodulator in patients with advanced colorectal cancer, *Int. immunopharmacol.*, 2006, **6**, pp. 499—508.
- Klechak I.R., Bisko N.A., Mytropol'ska N.Iu., Antonenko L.O. *Naukovi visti NTUU KPI*, 2013, **3**, pp. 59—64 [Клечак І.Р., Бісько Н.А., Митропольська Н.Ю., Антоненко Л.О. Вплив цитратів біогенних металів, отриманих методом аквананотехнологій, на ріст і біосинтетичну активність лікарсько-

- го гриба *Trametes versicolor* // *Наукові вісники НТУУ «КПІ»*. — 2013. — 3. — С. 59—64].
- Kosionov M.V., Kaplunenko V.H., 2009, *Sposib otrymannia karboksylativ kharchovykh kyslot z vykorystanniam nanotekhnologii. Patent VA № 39392*, publ. 25.02.2009 [Способ получения карбоксилатов харчових кислот з використанням нанотехнології: патент України на корисну модель № 39392, МПК (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, B82B 3/00. Опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4/2009/ Косіонов М.В., Каплуненко В.Г.].
- Krupodorova T.A. *Biological peculiarity of Ganoderma applanatum (Pers.) Pat. and G. lucidum (Curtis) P. Karst in culture*: Cand. Sci. Diss. Abstract, Kyiv, 2009, 21 p. [Круподорова Т.А. *Біологічні особливості Ganoderma applanatum (Pers.:Wallr.) Pat. та G. lucidum (Curtis: Fr.) P. Karst. в культурі*: автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.21 «Мікологія». — К., 2009 — 21 с.].
- Levasseur A., Piumi F., Coutinho P.M., Rancurel C., Asther M. et al. FOLy: an integrated database for the classification and functional annotation of fungal oxidoreductases potentially involved in the degradation of lignin and related aromatic compounds, *Fungal Genet. Biol.*, 2008, **45**, pp. 638—645.
- Lui G.-T. Recent Advances in research of pharmacology and clinical applications of *Ganoderma* P. Karst. species (*Aphyllphoromycetideae*) in China, *Intern. J. Med. Mushr.*, 1999, **1**(1), pp. 63—67.
- Mizuno T., Sakamura S. Food and medicinal properties of *Ganoderma lucidum*, *Chem. Biol.*, 1995a, **23**, pp. 797—802.
- Mizuno T., Sakamura S. Reichi. *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma tsugae*: bioactive substances and medicinal effects, *Food Rev. Intern.*, 1995b, **60**, pp. 151—166.
- Nanomaterialy v biologii. Osnovy nanoveterynarii*. Eds: V.B. Borysevych, V.H. Kaplunenko, Kyiv: Avitsena, 2010, 416 p. [*Наноматеріали в біології. Основи нановетеринарії* / Ред. В.Б. Борисевич, В.Г. Каплуненко. — К.: ВД «Авіценна», 2010. — 416 с.].
- Patel S., Goyal A. Recent developments in mushrooms as anti-cancer therapeutics: a review, *Biotech.*, 2012, **2**(1), pp. 1—15.
- Paterson R.R. *Ganoderma* — a therapeutic fungal biofactory, *Phytochemistry*, 2006, **67**, pp. 1985—2001.
- Sanodiya B.S., Thakur G.S., Baghel R.K., Prasad G.B., Bisen P.S. *Ganoderma lucidum*: a potent pharmacological macrofungus, *Curr. Pharm. Biotechnol.*, 2009, **10**, pp. 717—742.
- Serdiuk A.M., Gulich M.P., Kaplunenko V. G., Kosinov N. V. *Materialy VI Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii «Aktulni pitannia ta organizatsiino-pravovi zasady spivrobitnitstva Ukraini ta KNR u sferi visokikh tekhnologii»*, Kyiv, 2009, pp. 135—140 [Сердюк А. М., Гулич М. П., Каплуненко В. Г., Косинов Н. В. Перспективы использования достижений нанотехнологии для решения проблемы дефицита микроэлементов в питании населения // *Мат-ли VI Міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні питання та організаційно-правові засади співробітництва України та КНР у сфері високіх технологій»* (м. Київ, 2 червня 2009 р.). — К., 2009. — С. 135—140].
- Wang H.X., Ng T.B. A laccase from the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2006, **72**, pp. 508—513.
- Wasser S.P. Medicinal mushroom science: current perspectives, advances, evidences, and challenges, *Biomed. J.*, 2014, **37**(6), pp. 345—356.
- Yashchenko O.V. *Hygienic assessment of food and biological value of fungi, cultivated on the nutrient mediawith addition of biometal nanocitrates*: Cand. Sci. Diss. Abstract, Kyiv, 2013, 21 p. [Ященко О.В. *Гігієнічна оцінка харчової та біологічної цінності грибів, культивованих на поживних середовищах з додаванням наноцитратів металів*: автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія». — К., 2013. — 21 с.].
- Zong A., Cao H., Wang F. Anticancer polysaccharides from natural resources: A review of recent research, *Carbohydr. Polym.*, 2012, **90**, pp. 1395—1410.
- Рекомендує до друку Надійшла 09.07.2015 р.
І.О. Дудка
- Аль-Маали Г.А. **Влияние цитратов металлов, полученных методом аквананотехнологии, на рост штаммов лекарственных макромицетов *Ganoderma lucidum* 1900 и *Trametes versicolor* 353.** — Укр. ботан. журн. — 2015. — 72(4): 393—397.
- Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины
ул. Терещенковская, 2, г. Киев, 01004, Украина
- Представлены результаты исследования влияния разных концентраций цитратов и сульфатов металлов (железа, меди, цинка и марганца) на рост штаммов ценных лекарственных макромицетов *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst 1900 и *Trametes versicolor* (L.) Lloyd 353 из коллекции культур шляпочных грибов Института ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины. Установлены оптимальные концентрации цитратов металлов для накопления биомассы мицелия изучаемых штаммов. Наибольшая биомасса *T. versicolor* 353 (8,6 г/л) получена на питательной среде с цитратом меди при концентрации ионов меди 4 мг/л. Наибольшая биомасса *G. lucidum* 1900 (9,9 г/л) зафиксирована на питательной среде с цитратом цинка при концентрации ионов цинка 1 мг/л.
- К л ю ч е в ы е с л о в а : *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor*, цитраты металлов, биомасса.
- Al-Maali G.A. **The influence of metal citrates obtained by aquanotechnology on growth of the strains of medical macromycetes *Ganoderma lucidum* 1900 and *Trametes versicolor* 353.** — Ukr. Bot. J. — 2015. — 72(4): 393—397.
- M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine
2, Tereshchenkivska Str., Kyiv, 01004, Ukraine
- The article presents results of the research on influence of different concentrations of metal citrate and sulfate (iron, copper, zinc and manganese) on the growth of medicinal macromycetes strains *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst 1900 and *Trametes versicolor* (L.) Lloyd 353. The strains are preserved in the Culture collection of mushrooms of M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine. Concentrations of metal citrates, optimal for biomass accumulation, were determined for the studied strains. The highest biomass of *T. versicolor* 353 (8.6 g / L) was obtained in a medium with copper citrate, with a concentration of copper ions of 4 mg / L while the highest biomass of *Ganoderma lucidum* 1900 (9.9 g/L) was obtained in a medium with zinc citrate, with a concentration of zinc ions of 1 mg / L.
- К е у о r d s : *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor*, metals citrate, biomass.