

УДК 582.284.3+681.3

І.Р. Клечак, Н.А. Бісько, Н.Ю. Митропольська, Л.О. Антоненко

**ВПЛИВ ДЖЕРЕЛ ВУГЛЕЦЮ І АЗОТУ В ЖИВИЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ
НА НАКОПИЧЕННЯ БІОМАСИ БАЗИДІАЛЬНИМИ ЛІКАРСЬКИМИ ГРИБАМИ
РОДУ *TRAMETES* (FR.)**

The article investigates the impact of natural sources of carbon and nitrogen nutrition and their quantitative ratio of biomass accumulation by medicinal basidiomycetes of the genus *Trametes*. The objects of the study were 18 strains of basidiomycetes species *T. versicolor*, *T. suaveolens*, *T. gibbosa*, *T. hirsuta*, *T. zonatus*, *T. pubescens*, *T. serialis*, *T. trogii* from Institute of Botany of N.G. Kholodny Institute of botany National Academy of Sciences of Ukraine collection of mushrooms. It is shown that properly selected sources of carbon and nitrogen nutrition increase the biomass yield of the investigated strains. It was established that the highest percentage of strains that were noted high rates of growth observed when cultured on medium with sucrose (33,3 % of strains) or glucose (27,2 % of strains). It was investigated that the best source of nitrogen for the growth of strains is peptone. According to results of a study, strain *T. serialis* 1698 was selected as promising strain for biomass accumulation (9,5 g/dm³ biomass in the medium with sucrose). Ratio of carbon content to nitrogen for the growth of 18 strains of basidiomycetes genus *Trametes* was chosen. For strains of species *T. hirsuta*, *T. zonatus* and *T. pubescens* at the ratio of carbon to nitrogen content of 22,2 number of synthesized biomass increased on 22–36 % compared with those in the baseline environment in which the ratio of carbon to nitrogen content was 17,7. For strains of species *T. versicolor*, *T. suaveolens* and *T. gibbosa* at the ratio of carbon to nitrogen 26,6 number of synthesized biomass increased by 14–85 % compared to the baseline medium.

Keywords: carbon nutrition, nitrogen nutrition, basidiomycetes, *Trametes*, the ratio of carbon to nitrogen, biomass.

Вступ

Вищі базидіальні гриби роду *Trametes* мають значний терапевтичний і профілактичний потенціал. Серед широкого спектра їх біологічних властивостей відзначають протипухлинну, антивірусну, антибактеріальну, гепатопротекторну, імуномодулювальну дію [1–7].

Правильно підібрані джерела вуглецевого й азотного живлення, рН середовища мають значний вплив на накопичення біомаси, фізіологічну активність культури, а саме характер метаболізму та синтез біологічно активних сполук.

Джерелами вуглецю для базидіальних грибів можуть бути різноманітні органічні сполуки: вуглеводи (цукри та їх похідні, оліго- та полісахариди), спирти, органічні кислоти, амінокислоти, білки, похідні фенолів тощо [1–3, 7, 8].

За даними О.С. Горшиної [1] і Х.Г. Ганбарова [9], накопиченню біомаси міцелію базидіомицетам роду *Trametes* сприяють легкодоступні джерела вуглецю – моно- та дисахариди. Серед моносахаридів глюкоза вважається універсальним джерелом вуглецю, тому що вона легко фосфорилується, хоча і не завжди забезпечує максимальний розвиток грибних культур [4, 10]. Пентози в складі середовищ загалом гірше засвоюються базидіальними грибами, ніж гексози [10].

Полімерні форми цукрів (олігосахариди та власне полісахариди) попередньо гідролізують-

ся базидіальними грибами. За літературними даними, з олігосахаридів майже усіма видами ксилотрофних грибів використовується мальтоза [11]. Крохмаль, целюлоза, декстрини, як правило, також є добрими джерелами вуглецю для грибів [1, 9, 10]. Це можна пояснити тим, що в природі звичайними джерелами вуглецю для них є полімерні форми простих цукрів.

Найменш сприятливими джерелами вуглецю для дереворуйнівних грибів виявились солі органічних кислот. Використання солей органічних кислот дає досить незначний приріст біомаси, а в деяких випадках навіть пригнічує ріст грибів; цей факт деякі вчені пояснюють тим, що при фізіологічних значеннях рН клітина є непроникною для органічних кислот [9, 10].

Серед спиртів для багатьох видів базидіомицетів придатними джерелами вуглецю є гліцерин і маніт [9, 10].

Азотвмісні сполуки грають вирішальну роль у біосинтезі білків та обміні речовин у грибів. На відміну від деяких бактерій, гриби не можуть зв'язувати атмосферний азот. Вони можуть засвоювати його тільки у формі неорганічних солей або ж органічних азотних сполук [1, 3, 9, 10].

Для забезпечення росту міцелію та високого вмісту в ньому протеїну важливо правильно підібрати джерело азоту в живильному середовищі. Найбільш активний синтез білка відбувається в експоненціальній фазі росту за наявнос-

ті в середовищі достатньої кількості адекватних джерел азотного живлення. Потреба грибів у азоті значною мірою залежить від задоволення їхніх потреб джерелом вуглецю [3, 10].

Загально визнано, що базидіальні гриби можуть використовувати як органічні, так і неорганічні сполуки азоту: білки, пептон, пептиди, амінокислоти, солі амонію, нітрати та нітриди [1, 3, 9, 10].

Аналіз літератури показав, що здатність засвоювати джерела вуглецю й азоту значною мірою може змінюватись залежно від природи штамів одного і того ж виду гриба, а тому існує потреба в підборі сполук вуглецевого й азотного живлення для кожного перспективного штаму.

Важливість цієї роботи полягає в тому, що природа джерел вуглецевого й азотного живлення та їх кількісний вміст у середовищі культивування чинять значний вплив на синтез біомаси базидіальних грибів і біосинтетичні процеси, що відбуваються в клітині. Таким чином, встановивши оптимальне співвідношення вуглецю й азоту в живильному середовищі, можна досягти високого виходу біомаси лікарських базидіальних грибів.

Постановка задачі

Метою роботи є вивчення впливу природи джерел вуглецю й азоту та кількісного співвідношення цих елементів на накопичення біомаси базидіальних грибів роду *Trametes*.

Матеріали і методи досліджень

Об'єктами досліджень були 18 штамів 8 видів роду *Trametes* (Fr.) з Колекції шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України: *T. versicolor* (L.: Fr.) Quel. 353, 5095, 5131; *T. hirsuta* (Wulfen) Lloyd 338, 358, 5018; *T. zonatus* (Nees) Quel. 301, 1570, 5303; *T. pubescens* (Schumach.) Pilat 332, 1699; *T. serialis* (Fr.) Fr. 1698; *T. trogii* Berk. 337, 5097; *T. suaveolens* (L.) Fr. 1524, 5024; *T. gibbosa* (Pers.) Fr. 1937, 2167 [12].

Штами культивували на стандартному середовищі такого складу, г/дм³: глюкоза – 20, (NH₄)₂HPO₄ – 4, K₂HPO₄ – 1, KH₂PO₄ – 1, MgSO₄×7H₂O – 0,25, вода дистильована – 1 дм³. Для вивчення впливу природи джерел вуглецю й азоту на синтез біомаси замість глюкози як джерела вуглецю до живильних середовищ додавали сахарозу, мальтозу (дисахариди) або крохмаль (полісахарид) у кількості, еквівалентній 20 г глюкози за вуглецем. Як джерело азоту

замість (NH₄)₂HPO₄ були використані KNO₃ і пептон, які вносили у середовище в кількості, еквівалентній 4 г (NH₄)₂HPO₄ за азотом.

Для встановлення впливу співвідношення джерел вуглецю й азоту в живильному середовищі на накопичення біомаси в першому варіанті у середовище (пептон – 3 г/дм³, K₂HPO₄ – 1 г/дм³, KH₂PO₄ – 1 г/дм³, MgSO₄×7H₂O – 0,25 г/дм³, вода дистильована – 1 дм³) додавали 20, 25, 30 або 35 г/дм³ глюкози. У другому варіанті у середовище (глюкоза – 20 г/дм³, K₂HPO₄ – 1 г/дм³, KH₂PO₄ – 1 г/дм³, MgSO₄×7H₂O – 0,25 г/дм³, вода дистильована – 1 дм³) додавали 3, 4 або 5 г/дм³ пептону. Штами культивували в стаціонарних умовах при 28 °C 14 діб.

Живильне середовище інокулювали 5 дисками (*d* = 0,5 мм) міцелію досліджуваного штаму, який був вирощений на агаризованому глюкозо-пептонному середовищі. Штами культивували поверхневим способом протягом 14 діб при 28 °C. Біомасу відфільтровували та сушили при 105 °C до постійної маси.

Результати і їх обговорення

Отримані результати свідчать, що всі досліджені штамми 8 видів р. *Trametes* ростуть на живильних середовищах з вуглецевими сполуками різної природи: моносахаридами – гексозами (глюкоза), дисахариди (мальтоза, сахароза) та полісахаридами (крохмаль) (табл. 1). Було встановлено штамову специфічність у використанні різних джерел вуглецю, що збігається з даними літератури [9, 13]. Так, для штамів *T. zonatus* 1570, 301 і 5303 оптимальними для росту були глюкоза, крохмаль і сахароза відповідно (див. табл. 1). При цьому різниця між показниками мінімальної та максимальної продуктивності штамів на живильних середовищах з різними джерелами вуглецю збільшується в 2 рази (наприклад, штам *T. zonatus* 5303).

Для 27,7 % досліджених штамів найкращою для накопичення біомаси була глюкоза (рис. 1), для 16,7 % – крохмаль, для 22,8 % – мальтоза, для 33,3 % – сахароза. Найбільш висока продуктивність біомаси була встановлена для штаму *T. serialis* 1698 на живильному середовищі із сахарозою.

Аналіз даних табл. 1 дав можливість встановити, що найкращим джерелом азоту для накопичення біомаси всіма штамми р. *Trametes* був пептон, що збігається з даними літератури [13].

Таблиця 1. Накопичення біомаси штамами видів р. *Trametes* при культивуванні на живильних середовищах з джерелами вуглецю різної природи (г/дм³) (стаціонарне культивування, 14 діб)

Вид	Штам	Джерело вуглецю			
		Глюкоза	Крохмаль	Мальтоза	Сахароза
<i>T. hirsuta</i>	358	2,83 ± 0,12	4,38 ± 0,19	3,00 ± 0,17	2,50 ± 0,05
	338	2,50 ± 0,08	2,33 ± 0,13	3,50 ± 0,20	7,66 ± 0,23
	5018	3,33 ± 0,11	4,75 ± 0,14	3,83 ± 0,16	2,66 ± 0,09
<i>T. zonatus</i>	301	4,33 ± 0,21	5,33 ± 0,17	4,25 ± 0,11	5,00 ± 0,18
	1570	1,16 ± 0,16	3,33 ± 0,15	3,51 ± 0,12	3,33 ± 0,11
	5303	2,00 ± 0,20	1,00 ± 0,03	4,00 ± 0,17	4,33 ± 0,14
<i>T. versicolor</i>	5095	2,66 ± 0,15	2,50 ± 0,09	2,25 ± 0,14	4,00 ± 0,09
	5131	2,33 ± 0,13	2,33 ± 0,06	3,25 ± 0,18	1,25 ± 0,07
	353	2,51 ± 0,15	1,33 ± 0,04	2,83 ± 0,13	4,25 ± 0,11
<i>T. pubescens</i>	332	3,16 ± 0,18	2,76 ± 0,08	1,75 ± 0,04	2,16 ± 0,07
	1699	4,01 ± 0,29	2,33 ± 0,09	3,00 ± 0,15	2,25 ± 0,09
<i>T. serialis</i>	1698	5,16 ± 0,22	9,25 ± 0,22	6,83 ± 0,21	9,50 ± 0,24
<i>T. trogii</i>	5097	2,83 ± 0,14	2,85 ± 0,18	2,85 ± 0,09	2,16 ± 0,15
	337	3,01 ± 0,16	2,76 ± 0,12	3,50 ± 0,19	2,50 ± 0,16
<i>T. suaveolens</i>	5024	4,10 ± 0,25	3,33 ± 0,19	3,25 ± 0,16	4,50 ± 0,21
	1524	4,40 ± 0,26	3,41 ± 0,20	3,50 ± 0,14	4,00 ± 0,22
<i>T. gibbosa</i>	1937	2,83 ± 0,17	3,16 ± 0,08	3,83 ± 0,18	3,33 ± 0,17
	2167	3,50 ± 0,19	2,83 ± 0,05	1,50 ± 0,06	2,50 ± 0,16

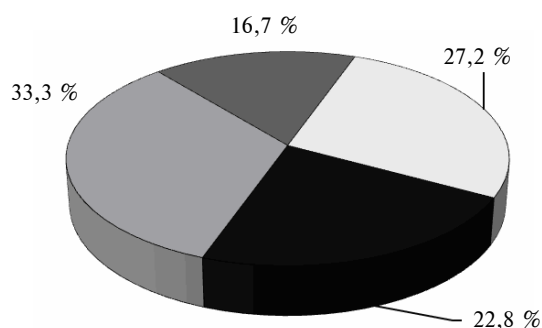


Рис. 1. Відсотковий розподіл штамів за найвищими показниками на живильних середовищах, що містять як джерело вуглецю: □ – сахарозу, ■ – крохмаль, ■ – мальтозу, □ – глюкозу

Так, наприклад, біомаса штаму *T. pubescens* 332 на живильному середовищі з пептоном була в 7,8 рази вища, ніж на середовищі з KNO_3 (табл. 2). Позитивний вплив пептону на ріст штамів зумовлений його комплексним складом. Пептони – продукти неповного ферментативного гідролізу білків; до їх складу входять високо- та низькомолекулярні пептиди і навіть вільні амінокислоти. Крім того, до складу пептидів входять ростові речовини, внаслідок чого вони становлять значний інтерес як органічні джерела азотного живлення для вищих базидіальних грибів.

Азот нітратного аніону більшість досліджених штамів засвоювала значно гірше, ніж аміачний (див. табл. 2), лише 28 % досліджених штамів, культивованих на середовищі з KNO_3 , синтезували більше біомаси, ніж на середовищі з $(NH_4)_2HPO_4$ (рис. 2).

Необхідні значення кількісного співвідношення вуглецю й азоту в середовищі можна отримати двома шляхами: варіюючи концентрацію джерела вуглецю при константному вмісті азоту та навпаки. Тому було досліджено вплив кількісного співвідношення вуглецю й азоту в живильних середовищах на синтез біомаси базидіальних грибів р. *Trametes* в обох випадках. Для штамів видів *T. hirsuta*, *T. zonatus* і *T. pubescens* збільшення концентрації глюкози до 25 г/дм³ (співвідношення вуглецю до азоту становило 22,2) сприяло зростанню кількості біомаси на 22–36 % (табл. 3).

Подальше збільшення концентрації глюкози в живильному середовищі з відповідним зростанням співвідношення вмісту вуглецю до азоту до 26,6 і 31,1 призводило до зменшення біомаси у 2,5 рази для штаму *T. hirsuta* 5018. Для штамів видів *T. versicolor*, *T. suaveolens* і *T. gibbosa* збільшення концентрації глюкози в живильному середовищі до 25 або 30 г/дм³ з підвищенням співвідношення вмісту вуглецю

Таблиця 2. Накопичення біомаси штамами видів р. *Trametes* при культивуванні на живильних середовищах з джерелами азоту різної природи (г/дм³) (стаціонарне культивування, 14 діб)

Вид	Штам	Джерело азоту		
		(NH ₄) ₂ HPO ₄	Пептон	KNO ₃
<i>T. hirsuta</i>	358	2,83 ± 0,12	7,85 ± 0,21	1,63 ± 0,11
	338	2,50 ± 0,14	8,00 ± 0,19	1,84 ± 0,16
	5018	3,33 ± 0,16	8,40 ± 0,23	2,05 ± 0,15
<i>T. zonatus</i>	301	4,33 ± 0,11	4,53 ± 0,16	2,63 ± 0,09
	1570	2,16 ± 0,09	6,23 ± 0,19	1,36 ± 0,12
	5303	2,00 ± 0,10	7,38 ± 0,18	1,82 ± 0,07
<i>T. versicolor</i>	5095	2,66 ± 0,10	8,50 ± 0,24	5,36 ± 0,11
	5131	2,33 ± 0,17	6,70 ± 0,11	4,17 ± 0,14
	353	2,50 ± 0,11	7,45 ± 0,08	5,62 ± 0,18
<i>T. pubescens</i>	332	1,16 ± 0,08	9,10 ± 0,24	1,35 ± 0,04
	1699	4,00 ± 0,13	6,05 ± 0,21	1,39 ± 0,05
<i>T. serialis</i>	1698	5,16 ± 0,11	6,24 ± 0,18	1,82 ± 0,12
<i>T. trogii</i>	5097	2,83 ± 0,15	5,40 ± 0,11	1,24 ± 0,04
	337	3,00 ± 0,07	4,80 ± 0,16	1,31 ± 0,08
<i>T. suaveolens</i>	5024	4,10 ± 0,21	5,10 ± 0,17	2,22 ± 0,09
	1524	4,40 ± 0,19	7,37 ± 0,22	3,52 ± 0,11
<i>T. gibbosa</i>	1937	2,83 ± 0,08	8,20 ± 0,16	3,66 ± 0,13
	2167	3,50 ± 0,15	7,90 ± 0,13	2,58 ± 0,11

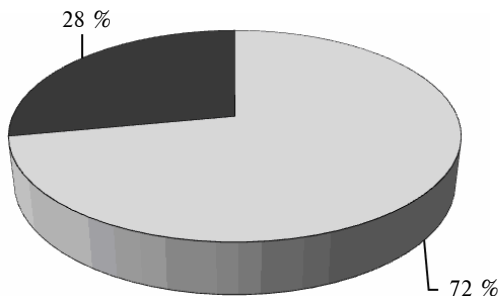


Рис. 2. Відсотковий розподіл штамів за найвищими показниками на живильних середовищах, що містять як джерело азоту неорганічної природи: □ – (NH₄)₂HPO₄, ■ – KNO₃

до азоту до 22,2 або 26,6 стимулювало синтез біомаси, кількість якої порівняно з ростом на базовому живильному середовищі (концентрація глюкози 20 г/дм³, С:N = 17,7) була більшою на 14–85 %.

При подальшому збільшенні концентрації глюкози в середовищі зі збільшенням співвідношення вмісту вуглецю до азоту до 31,1 процес синтезу біомаси уповільнювався – біомаса деяких штамів зменшувалась у 2 рази.

Результати експериментів з вивчення впливу концентрації пептону в живильному середовищі на накопичення біомаси 7 штамів 6 видів р. *Trametes* показали (табл. 4), що збільшення його вмісту до 4 або 5 г/дм³ (у вихідному сере-

Таблиця 3. Ріст культур видів роду *Trametes* на живильних середовищах з різними концентраціями вуглецю (стаціонарне культивування, 14 діб)

Вид, штам	Концентрація глюкози, г/дм ³			
	20	25	30	35
	С:N = 17,7	С:N = 22,2	С:N = 26,6	С:N = 31,1
<i>T. hirsuta</i> 5018	8,40 ± 0,25	10,66 ± 0,56	4,22 ± 0,12	4,44 ± 0,10
<i>T. zonatus</i> 5303	7,38 ± 0,21	9,01 ± 0,22	7,88 ± 0,22	8,33 ± 0,27
<i>T. versicolor</i> 5095	8,50 ± 0,27	9,01 ± 0,21	11,66 ± 0,46	6,61 ± 0,24
<i>T. pubescens</i> 332	9,10 ± 0,34	5,66 ± 0,11	8,00 ± 0,21	8,00 ± 0,23
<i>T. pubescens</i> 1699	6,05 ± 0,12	8,16 ± 0,24	6,10 ± 0,14	6,00 ± 0,11
<i>T. suaveolens</i> 1524	7,37 ± 0,12	7,66 ± 0,22	13,66 ± 0,53	7,33 ± 0,14
<i>T. gibbosa</i> 1937	8,20 ± 0,25	8,00 ± 0,24	9,33 ± 0,34	5,00 ± 0,11

Примітка. С:N – співвідношення вмісту вуглецю й азоту в середовищі.

Таблиця 4. Ріст культур видів р. *Trametes* на живильних середовищах з різними концентраціями азоту (стаціонарне культивування, 14 діб)

Вид, штамп	Концентрація пептону, г/дм ³		
	3,0	4,0	5,0
	C:N = 22,2	C:N = 16,6	C:N = 13,3
<i>T. hirsuta</i> 5018	10,66 ± 0,56	5,11 ± 0,11	5,16 ± 0,10
<i>T. zonatus</i> 5303	9,01 ± 0,22	6,44 ± 0,17	7,44 ± 0,18
<i>T. pubescens</i> 1699	8,16 ± 0,24	3,88 ± 0,05	3,77 ± 0,08
	C:N = 26,6	C:N = 20	C:N = 16
<i>T. versicolor</i> 5095	11,60 ± 0,44	8,88 ± 0,25	5,88 ± 0,09
<i>T. suaveolens</i> 1524	13,66 ± 0,53	8,22 ± 0,13	7,55 ± 0,14
<i>T. gibbosa</i> 1937	9,33 ± 0,34	7,22 ± 0,21	8,55 ± 0,24
	C:N = 31,1	C:N = 23,3	C:N = 18,6
<i>T. pubescens</i> 332	8,20 ± 0,22	–	–

Примітка. “–” – ріст відсутній.

довищі вміст пептону становив 3 г/дм³) з одночасним зменшенням співвідношення вмісту вуглецю до азоту до 16,6 і 13,3 (штами *T. hirsuta*, *T. zonatus*, *T. pubescens*) та до 20 і 16 (штами *T. versicolor*, *T. suaveolens*, *T. gibbosa*) призводить до зниження кількості біомаси.

Таким чином, встановлено здатність досліджених штамів базидіальних грибів р. *Trametes* підвищувати синтез біомаси при співвідношеннях вмісту вуглецю до азоту 22,2 і 26,6, які були досягнуті за рахунок збільшення концентрації глюкози при незмінному вмісті азоту (3 г/дм³ пептону).

Висновки

Дослідження росту 18 штамів 8 видів роду *Trametes* на живильних середовищах з різними джерелами вуглецю й азоту дали змогу встановити, що вони здатні засвоювати глюкозу, са-

харозу, мальтозу та крохмаль. Найбільшу біомасу синтезував штамп *T. serialis* 1698 на середовищі із сахарозою (9,5 г/дм³). Найбільш сприятливим джерелом азоту для всіх досліджених штамів був пептон.

Встановлено, що збільшення концентрації глюкози в живильному середовищі до 25 г/дм³ (C:N = 22,2) сприяє процесам стимуляції синтезу біомаси *T. hirsuta*, *T. zonatus*, *T. pubescens*. Для штамів *T. versicolor*, *T. suaveolens* і *T. gibbosa* найсприятливіші умови для росту створюються при концентрації глюкози в живильному середовищі 30 г/дм³ (C:N = 26,6).

У подальших дослідженнях планується дослідити вплив фосфору на синтез біомаси базидіальних грибів р. *Trametes* при встановлених оптимальних співвідношеннях вуглецю до азоту, оскільки фосфор є важливим елементом для енергетичних потреб клітини.

Список літератури

1. Горшина Е.С. Глубинное культивирование грибов рода *Trametes* Fr. с целью получения биологически активной биомассы: Дисс. ... канд. биол. наук. : 03.00.23, 03.00.24. – М., 2003. – 250 с.
2. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре. Т. 1 / А.С. Бухало, В.Г. Бабицкая, Н.А. Бисько и др.; под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера. – К.: Альтерпрес, 2011. – 212 с.
3. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре. Т. 2. / Н.А. Бисько, В.Г. Бабицкая, А.С. Бухало и др.; под ред. чл.-корр. НАН Украины С.П. Вассера. – К.: Альтерпрес, 2012. – 459 с.
4. Изучение противовирусной активности экстрактов, выделенных из базидиальных грибов, в экспериментах *in vitro* и *in vivo* в отношении штаммов вируса гриппа разных субтипов / А. С. Кабанов, Т. А. Косогова, Л. Н. Шишкина и др. // Микробиология. – 2011. – № 1. – С. 40–43.
5. K.D. Hyde et al., “Fungi – an unusual source for cosmetics (review)”, *Fungal diversity*, vol. 43, pp. 1–9, 2010.
6. Препараты на основе грибов из рода *Trametes* и их использование в ветеринарии / В.А. Чхенкели, Н.А. Горяева, А.Ю. Мартынова и др. // Иммунология, аллергология, инфектология. – 2010. – № 1. – С. 273–274.

7. *S.P. Wasser*, “Medicinal mushrooms science: history, current status, future trends, and insolved problems”, *Int. J. Med. Mushr.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–16, 2010.
8. *Elisashvili V.I., Kachlishvili E.T., Wasser S.P.* Carbon and nitrogen source effects on basidiomycetes exopolysaccharide production // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2009. – 45, № 5. – С. 592–596.
9. *Ганбаров Х. Г.* Эколого-физиологические особенности дереворазрушающих высших базидиальных грибов. – Баку: Элм, 1989. – 200 с.
10. *Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н.А. Бисько, А.С. Бухало, С.П. Вассер и др.* – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.
11. *M. Tišma et al.*, “Mathematical model for *Trametes versicolor* growth in submerged cultivation”, *Bioprocess Biosyst. Eng.*, vol. 33, pp. 749–758, 2010.
12. *Каталог культур Колекції шапинкових грибів (ІВК) / А.С. Бухало, Н.Ю. Митропольська, О.Б. Михайлова.* – К.: Альтерпрес, 2011. – 100 с.
13. *Антоненко Л.О. Кучма В.М., Крисяк Ю.С.* Вплив джерел живлення на ріст і антиокислювальну активність грибів роду *Coriolus* Quel (*Trametes* Fr.) // *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*. – 2010. – № 3. – С. 10–15.

Рекомендована Радою
факультету біотехнології і біотехніки
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
30 січня 2014 року