

УДК 582.284.3+681.3

Л.О. Антоненко, В.М. Кучма,
Ю.С. Крисюк**ВПЛИВ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ
ГРИБІВ РОДУ *CORIOLUS* QUEL (*TRAMETES*
FR.) І ЇХ АНТИОКИСНЮВАЛЬНУ АКТИВ-
НІСТЬ****Вступ**

Важливим напрямком сучасних біотехнологічних досліджень базидіальних грибів залишається вивчення поживних потреб культур, їх вимог до кислотності поживного середовища, встановлення оптимальних параметрів росту і синтезу біологічно активних речовин (БАР). Сучасні грибні біотехнології дотримуються принципу безвідходної технології використання міцелію і культуральної рідини.

Створення конкретних біотехнологічних процесів потребує вивчення фізіології культур-продуцентів, кількісних характеристик, які пов'язують швидкість росту з різноманітними умовами глибинного культивування. Біосинтетичні процеси, що відбуваються в грибній клітині, достатньо лабільні та легко піддаються регуляції за допомогою зміни фізико-хімічних параметрів і джерел живлення. Підбір оптимальних умов культивування грибів дає можливість отримувати і регулювати накопичення БАР в міцелії та культуральній рідині. Крім того, таким чином можна значно покращити показники росту грибної культури, компонентний склад міцелію та здатність до накопичення БАР. Завдяки лікарським властивостям базидіальних грибів їх міцеліальна маса використовується для виготовлення біологічно активних добавок, наприклад таких, як "Мікотон", "Мікосвіт" [1, 2], "Трамелан" [3–5] та ін.

Джерела вуглецевого і азотного живлення відіграють важливу роль у процесах росту та розвитку *in vitro* культур базидіоміцетів.

У живленні вищих базидіальних грибів основними є сполуки, в яких міститься вуглець, оскільки вони виконують дві важливі функції в метаболізмі цих гетеротрофних організмів: поставляють вуглець для синтезу речовин живої клітини та беруть участь у процесах окиснення, в яких вони виступають єдиним джерелом енергії.

Азотовмісні сполуки створюють основу білків – важливу складову протоплазми, відіграю-

чи значну роль в обміні речовин у грибів. На відміну від деяких бактерій гриби не здатні зв'язувати атмосферний азот. Вони можуть брати його тільки у формі неорганічних солей або ж органічних азотних сполук. Одним із найпоширеніших неорганічних джерел азоту для грибів є солі амонію [6].

Дереворуйнівні гриби роду *Coriolus* Quel (*Trametes* Fr.) є перспективними як продуценти для промислової біотехнології, оскільки, з одного боку, вони не вимогливі до складу поживних середовищ і характеризуються високою швидкістю росту в поверхневій і глибинній культурі, а з іншого боку, біологічна цінність їх зумовлена наявністю в міцелії та культуральному фільтраті речовин (полісахариди, ферменти, білки, ліпіди тощо) з широким спектром властивостей [7, 8]. Крім того, ксилотрофні гриби, до яких належать і гриби роду *Coriolus*, здатні утворювати сполуки, які мають антиокиснювальні властивості [9–12], і можуть бути джерелом речовин-біоантиокисників. Цінність біоантиокисників природного походження для організму полягає в тому, що вони запобігають вільнорадикальному окисненню ліпідів у мембранах, що, в свою чергу, попереджує розвиток патологій. Причинами активації вільнорадикального окиснення в тканинах організму може бути нестача в харчовому раціоні біоантиокисників, шкідлива дія зовнішніх факторів, таких, як іонізуюче опромінення, систематичний емоційний стрес тощо [9, 11]. Стабілізація процесів перекисного окиснення ліпідів можлива введенням в організм біоантиокисників, краще природного походження, джерелом яких можуть бути гриби роду *Coriolus*.

Постановка задачі

Актуальність даної статті полягає в тому, що для об'єктів нашого дослідження недостатньо вивчено вплив вуглецевого і азотного живлення на накопичення біомаси та показники антиокиснювальної активності культуральної рідини грибів роду *Coriolus*. Слід зазначити, що для базидіальних грибів роду *Coriolus* антиокиснювальна активність досліджена лише для спиртових екстрактів біомаси [9, 10], а культуральна рідина в цьому плані не вивчена. У зв'язку з цим нашою метою було вивчення впливу джерел вуглецю і азоту на накопичення біомаси і антиокиснювальну активність культуральної рідини грибів роду *Coriolus*.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктами дослідження були чотири штами базидіальних грибів роду *Coriolus* Quel (*Trametes* Fr.): *Coriolus zonatus* (Fr.) Quel 5302, *C. versicolor* (L.: Fr.) Quel 353, *C. villosus* (Fr.) M. Bond et S. Herrera 1009, *C. hirsutus* (Fr.) Quel 5137, отримані з Колекції шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України [13] і відібрані в попередніх дослідженнях за максимальним біосинтезом біомаси.

Для відбору оптимальних для накопичення біомаси і антиокиснювальної активності джерел вуглецевого живлення до основного складу глюкозо-пептонного середовища як джерело вуглецю (в кількості, еквівалентній 20 г/дм³ глюкози) додавались окремо такі речовини, як моносахариди (глюкоза, лактоза, галактоза), дисахариди (мальтоза, сахароза, фруктоза), пентози (ксилоза, арабіноза), сахароспирти (інозит, сорбіт, маніт), полісахарид (крохмаль). Для відбору джерел азотного живлення аналогічно додавались як джерело азоту (в кількості, еквівалентній 3 г/дм³ нітрату натрію) хлорид амонію, нітрат амонію, сульфат амонію, дигідрофосфат амонію, нітрат натрію, пептон, триптофан, метіонін. Контролем слугував ріст культур на вибраному середовищі: в одному випадку – без джерела вуглецю, в іншому – без джерела азоту.

За критерієм оптимальності вмісту вуглецю і азоту в поживному середовищі було взято максимальні величини відповідного досліджуваного показника (накопичення біомаси та антиокиснювальної активності).

Посівний матеріал отримувався в глибинних умовах на середовищах відповідного складу в колбах Ерленмейера місткістю 250 см³ у двох повторностях протягом семи діб. Інокулюм вносився в кількості 10 % (об'ємних) на 50 см³ середовища. Культивування проводилось у двох повторностях у колбах 250 см³ протягом семи діб, у стаціонарних умовах, при температурі 30 °C.

Проби для визначення характеристик росту культури (рН, концентрації біомаси, антиокиснювальної активності) відбиралися в кінці культивування. Концентрація біомаси отримувалась ваговим методом [14], антиокиснювальна активність культуральної рідини – за методом В.Л. Семенова [15].

Результати і обговорення

Вуглець відіграє провідну роль у живленні грибів, оскільки є необхідним компонентом живої клітини і бере участь у процесах окиснення як джерело енергії.

Ступінь засвоєння для грибів тієї чи іншої поживної сполуки визначається її хімічною будовою. За даними літератури [16], найкраще гриби використовують гексози. Універсальним джерелом вуглецю з них вважається глюкоза, хоч вона і не завжди забезпечує максимальний розвиток грибної культури, що підтверджує й наше дослідження. Наприклад, для *C. zonatus*, за одними даними, найкращий ріст спостерігався саме на глюкозі (5,2 г/дм³) [17], а за іншими – *C. zonatus* краще ріс на мальтозі, лактозі та крохмалі (4,1 г/дм³ біомаси), ніж на глюкозі [16]. При цьому дослідники [17] зазначали, що здатність засвоювати моно- і дисахариди значною мірою може змінюватись залежно від штаму одного і того самого виду.

Такі джерела вуглецю, як моносахариди (глюкоза, галактоза, фруктоза), дисахариди (мальтоза, сахароза) та полісахарид (крохмаль) забезпечували накопичення біомаси досліджуваних штамів грибів у межах 1,5–2,9 г/дм³ (таблиця).

Сприятливі джерела вуглецю для кожного штаму можна розмістити в порядку зменшення концентрації біомаси у вигляді таких рядів:

- для штаму *C. versicolor* 353: крохмаль (мальтоза) > глюкоза > фруктоза;
- для штаму *C. zonatus* 5302: сахароза > мальтоза (глюкоза, фруктоза) > крохмаль;
- для штаму *C. hirsutus* 5137: крохмаль (мальтоза) > глюкоза (сахароза) > галактоза;
- для штаму *C. villosus* 1009: сахароза > крохмаль (глюкоза) > фруктоза.

Активне засвоєння грибами роду *Coriolus* моноцукрів фруктози і галактози можна пояснити тим, що гриби взагалі легко засвоюють цукри, які близькі за будовою до глюкози. Так, напевно, штам 5137, що споживає галактозу, має активні галактооксидази, які каталізують процес перетворення галактозо-1-фосфат у глюкозо-1-фосфат з наступним перетворенням у глюкозо-6-фосфат, а потім у глюкозу.

Досліджувані штами грибів активно засвоювали такі дисахариди, як сахароза і мальтоза. Отже, вони здатні легко розщеплювати глюкозо-фруктозний зв'язок сахарози та α -глікозидний зв'язок мальтози.

Таблиця. Накопичення біомаси грибами роду *Coriolus* на різних джерелах вуглецю

Джерело вуглецю	Концентрація біомаси, г/дм ³			
	<i>C.versicolor</i> 353	<i>C.zonatus</i> 5302	<i>C.hirsutus</i> 5137	<i>C.villosus</i> 1009
Глюкоза	2,34 ± 0,14	2,5 ± 0,14	2,57 ± 0,08	1,50 ± 0,12
Галактоза	1,5 ± 0,13	1,04 ± 0,12	2,31 ± 0,03	1,02 ± 0,08
Фруктоза	2,15 ± 0,07	2,48 ± 0,13	2,25 ± 0,09	1,72 ± 0,1
Ксилоза	2,05 ± 0,16	1,14 ± 0,01	1,83 ± 0,01	0,98 ± 0,11
Арабіноза	1,62 ± 0,12	1,16 ± 0,05	1,15 ± 0,01	0,89 ± 0,02
Лактоза	1,20 ± 0,06	1,58 ± 0,04	1,83 ± 0	0,85 ± 0,1
Мальтоза	2,83 ± 0,14	2,51 ± 0,13	2,76 ± 0,05	1,22 ± 0,04
Сахароза	1,47 ± 0,11	2,99 ± 0,13	2,47 ± 0,11	1,84 ± 0,09
Крохмаль	2,85 ± 0,15	1,84 ± 0,11	2,87 ± 0,1	1,49 ± 0,1
Сорбіт	1,67 ± 0,05	1,39 ± 0,08	1,19 ± 0,03	0,83 ± 0,08
Маніт	1,62 ± 0,09	1,11 ± 0	1,12 ± 0,03	0,91 ± 0,01
Інозит	0,92 ± 0,05	0,89 ± 0	0,92 ± 0,03	0,85 ± 0,03
Контроль	0,89 ± 0	0,91 ± 0	0,64 ± 0,03	0,83 ± 0

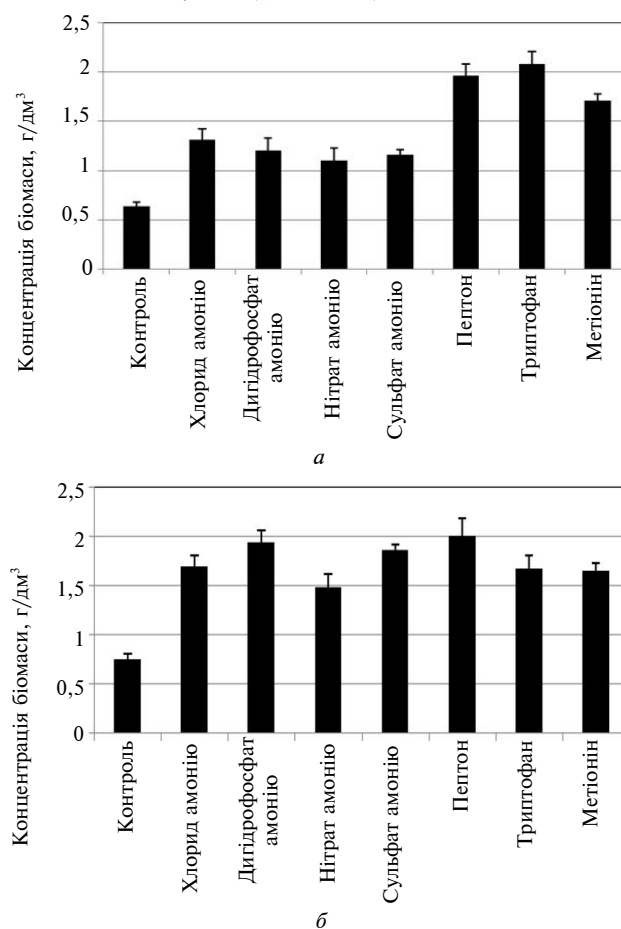
Відомо, що крохмаль є одним із найкращих джерел вуглецю для багатьох вищих базидіальних грибів [16, 17]. Це пояснюється тим, що в природі саме полімерні форми простих цукрів – звичайне джерело вуглецю. Крім того, за даними літератури, гриби мають активні амілази, які багато дослідників відносять до конституційних. Наші попередні дослідження [18] підтвердили наявність ферментів амілаз у культурах роду *Coriolus*, а отже, штами *C.versicolor* 353, *C.hirsutus* 5137, *C.villosus* 1009 активно розщеплюють крохмаль.

Сахароспирти (сорбіт, маніт, інозит) забезпечували невелике накопичення біомаси – від 0,9 до 1,6 г/дм³. Певно, це пов'язано з відсутністю активної альдегідної або кетонної групи та з необхідністю окиснення сахароспиртів перед залученням їх до дихального циклу, через що на їх фосфорилування потрібно більше часу, ніж на перетворення альдоз та кетоз.

Для забезпечення росту міцелію і високого вмісту в ньому протеїну важливо правильно підібрати джерело азоту в поживному середовищі. Загально визнано, що гриби можуть використовувати як органічні, так і неорганічні сполуки азоту.

Найкращі результати було отримано на середовищах з органічними джерелами азоту, оскільки в природних умовах дереворуйнівні гриби ростуть на субстратах, в яких міститься азот у формі органічних сполук – переважно білків та пептидів. Органічні джерела азоту, а саме пептон (продукт гідролізу білків), забез-

печували накопичення біомаси міцелію в межах 1,4–2,4 г/дм³ (рис. 1 і 2).

Рис. 1. Накопичення біомаси штамами *C.versicolor* 353 (а) і *C.zonatus* 5302 (б) на різних джерелах азоту

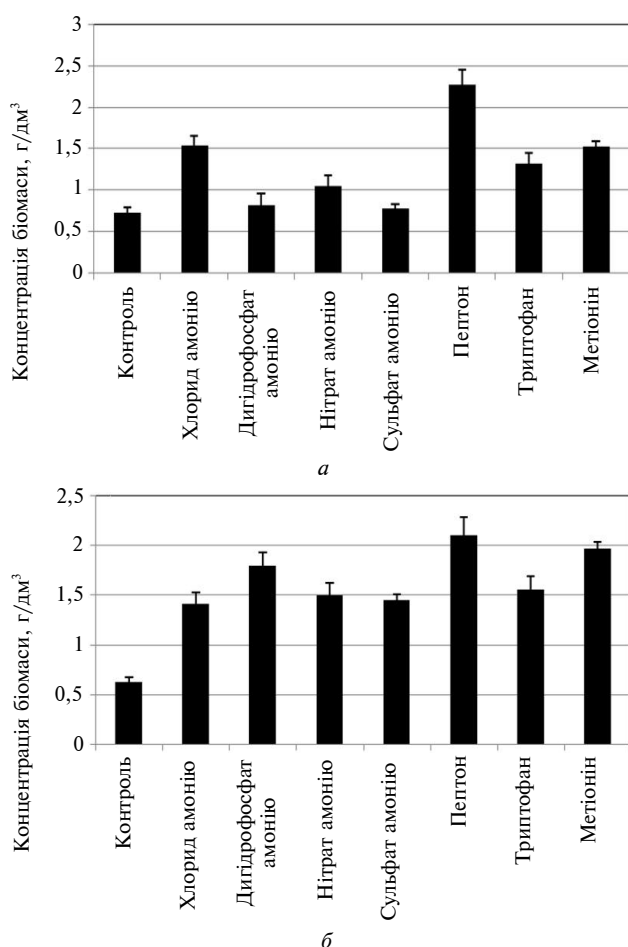


Рис. 2. Накопичення біомаси штамми *C. hirsutus* 5137 (а) і *C. villosus* 1009 (б) на різних джерелах азоту

Серед неорганічних азотовмісних сполук для дослідження було використано солі амонію різних кислот, оскільки азот амонійного катіона, згідно з даними літератури, легше засвоюється. Ступінь використання солей амонію визначається аніоном. Тому переваги в засвоєнні азотних сполук для досліджуваних грибів розподілилися по-різному: для *C. versicolor* 353 кращими були хлорид амонію та дигідрофосфат амонію (рис. 1, а), для *C. zonatus* 5302 – дигідрофосфат амонію та сульфат амонію (рис. 1, б), для *C. hirsutus* 5137 – хлорид амонію і нітрат амонію (рис. 2, а), для *C. villosus* 1009 – дигідрофосфат амонію та нітрат амонію (рис. 2, б).

Азот у вигляді нітрату натрію досліджувані гриби зовсім не використовували. Це можна пояснити тим, що нітрат-редуктаза є індукованим ферментом і для її утворення необхідно значно більше часу, ніж тривалість нашого експерименту. Цей факт нами було підтверджено в попередніх дослідженнях. Крім того, відомо, що при об-

меженому доступі кисню деякі гриби дисимілюють нітрати як протилежний водню акцептор кисню. Цей процес може викликати акумуляцію токсичної кількості вільного нітриту.

Результати дослідження показують, що серед запропонованих органічних і неорганічних джерел азоту рівноцінної заміни пептону як джерела азоту не знайдено.

За даними літератури, антиокиснювальну активність (АОА) мають низькомолекулярні речовини фенольної природи (поліфеноли і флавоноїди), амінітолові сполуки, сірковмісні амінокислоти, токоферолі, ретинол, аскорбінова кислота, рослинні есенціальні фосфоліпіди, убіхінон. Рівень АОА в міцелії корелює з вмістом вільних амінокислот, ліпофільних сполук, фосфоліпідів, стеринів. Фенольні речовини можуть міститись як в міцелії, так і в культуральній рідині [19, 20], тому і міцелій, і культуральна рідина можуть проявляти АОА. Ряд дослідників – Н.А. Бисько, О.Ю. Кваско, Т.А. Круподьорова [21, 22] – встановили, що показники АОА культуральної рідини перевищують величини, отримані для біомаси. Стосовно досліджуваних нами грибів роду *Coriolus* у спеціальній літературі, загалом, трапляється інформація щодо дослідження АОА спиртових екстрактів міцелію, зокрема базидіального гриба *C. hirsutus*, а потенціал культуральної рідини від культивування грибів даного та інших видів роду *Coriolus* в цьому плані майже не досліджено.

Експериментально ми встановили, що: по-перше, при глибинному культивуванні базидіальних грибів видів *C. versicolor*, *C. zonatus*, *C. villosus* і *C. hirsutus* культуральна рідина проявляє антиокиснювальну активність, по-друге, джерела вуглецю і азоту також впливають на прояв антиокиснювальної активності культуральної рідини штамів досліджуваних грибів. Так, високі показники АОА в діапазоні $3,0 \cdot 10^{-4}$ – $7,8 \cdot 10^{-4}$ дм³/см³·хв відзначено для штаму *C. villosus* 1009 при використанні глюкози, сахарози, ксилози і крохмалю; для штаму *C. hirsutus* 5137 – в діапазоні $1,22 \cdot 10^{-4}$ – $2,11 \cdot 10^{-4}$ дм³/см³·хв спостерігалися при використанні лактози, сахарози, галактози і фруктози. Взагалі, значення АОА для грибів *Coriolus* при використанні деяких джерел вуглецевого і азотного живлення знаходяться на рівні показників, отриманих для інших ксилотрофних базидіоміцетів [8]. Що стосується джерел азотного живлення, то найбільша АОА в культуральній рідині спостерігалася при використанні NH₄NO₃ для штаму

1009 ($5,46 \cdot 10^{-3}$ дм³/см³·хв) і штаму 5302 ($1,4 \cdot 10^{-3}$ дм³/см³·хв). При культивуванні штамів 1009 і 5302 на поживному середовищі з різними джерелами азоту антиокиснювальна активність культуральної рідини проявлялась вибірково при певних сполуках азотного живлення.

У подальших дослідженнях планується оптимізувати склад середовища для глибинного культивування з використанням вибраних для грибних культур джерел вуглецю і азоту для збільшення накопичення біомаси та антиокиснювальної активності культуральної рідини.

Висновки

Видова здатність чотирьох досліджених грибних культур проявлялась у різному рівні продукування біомаси міцелію і показника ан-

тиокиснювальної активності культуральної рідини під час культивування на поживному середовищі з різними джерелами вуглецю та азоту.

Серед дванадцяти джерел вуглецевого живлення досліджувані штами базидіальних грибів роду *Coriolus* добре засвоювали не тільки гексози, але й ди- і полісахариди, забезпечуючи рівень біомаси в межах 1,5–2,9 г/дм³. Як джерело азоту для максимального біосинтезу біомаси найдоцільніше використовувати пептон.

Досліджувані гриби роду *Coriolus* не засвоюють азот у складі нітратного аніона.

Культуральна рідина при культивуванні грибів *C.versicolor* 353, *C.zonatus* 5302, *C.hirsutus* 5137 і *C.villosus* 1009 проявляє антиокиснювальні властивості. Джерела вуглецевого і азотного живлення впливають на дану активність, збільшуючи її в півтора–два рази.

Л.А. Антоненко, В.Н. Кучма, Ю.С. Крысюк

ВЛИЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ НА РОСТ ГРИБОВ РОДА *CORIOLOUS* QUEL (*TRAMETES* FR.) И ИХ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ

Исследованы рост и антиокислительная активность четырех штаммов базидиальных грибов на питательной среде с добавлением двенадцати источников углерода (моно-, ди-, полисахариды, спирты) и восьми источников азота (органической и неорганической природы). Установлено влияние углеродного и азотного питания на накопление биомассы грибов рода *Coriolus* и антиокислительную активность культуральной жидкости. Определены соединения углерода и азота, которые обеспечивают максимальное накопление грибной биомассы и наибольшую антиокислительную активность.

L.O. Antonenko, V.M. Kuchma, Yu.S. Krysyuk

THE INFLUENCE OF NUTRITION SOURCES ON GROWTH AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MUSHROOMS OF GENUS *CORIOLOUS* QUEL (*TRAMETES* FR.)

In this paper, we study the growth and antioxidant activity of four basidiomycetes strains on a nourishing medium by adding 12 sources of carbon (mono-, di-, polysaccharides, alcohols) and 8 sources of nitrogen (organic and inorganic nature). We determine the influence of carbon and nitric nutrition on concentration of mushrooms biomass of genus *Coriolus* and antioxidant activity of culture liquid. In addition, we specify the compounds of carbon and nitrogen, which provide the maximal accumulation of mushroom biomass and the highest antioxidant activity.

1. Трутнева І.А., Горова Т.Л., Дудченко Л.Г. Вищі базидіальні гриби – об'єкт медичних досліджень. Імуномодулююча активність // Фітотерапія. Часопис. – 2003. – № 1-2. – С. 32–35.
2. Трутнева І.А., Горова Т.Л., Дудченко Л.Г. Вищі базидіальні гриби – об'єкт медичних досліджень. Сорбційні та радіопротекторні властивості // Там же. – № 3. – С. 34–37.
3. Горшина Е.С. Биотехнологические препараты лекарственных грибов рода *Trametes* // Усп. мед. микологии / Под общ. ред. Ю.В. Сергеева. – М.: Нац. академия микологии, 2005. – V. – С. 246–249.
4. Горшина Е.С. Грибы рода *Trametes* Fr. как объекты биотехнологии // Современная микология в России. II съезд микологов России: Тез. докл. – М.: Нац. академия микологии, 2008. – С. 328–329.
5. Горшина Е.С., Скворцова М.М. Трамелан – отечественная биологически активная добавка на основе сухой биомассы лекарственного базидиомицета *Trametes pubescens* (Schumach.) и другие препараты грибов

- рода *Trametes (Coriolus)* // Усп. мед. микології. – 2005. – 5. – С. 262–266.
6. Мюллер Э., Леффлер В. Микологія / Пер. с нем. – М., 1995. – 343 с.
 7. Белова Н.В. Перспективы использования биологически активных соединений высших базидиомицетов в культуре // Микологія и фитопатология. – 2004. – 38, № 2. – С. 1–5.
 8. Бухало А.С., Соломко Е.Ф., Митропольська Н.Ю. Базидіальні макроміцети з лікарськими властивостями // Укр. ботан. журн. – 1996. – 53, № 3. – С. 192–201.
 9. Бабицкая В.Г., Щерба В.В., Олешко В.С., Осадчая О.В. Физиологически активные вещества гриба *Coriolus hirsutus* (Fr.) Quel // Прикл. биохимия и микробиология. – 1994. – 30, № 4-5. – С. 624–631.
 10. Капич А.Н. Биоантиокислительная активность деструктурирующих базидиомицетов при глубинном культивировании // Микологія и фитопатология. – 1990. – 24, вып. 5. – С. 377–384.
 11. Капич А.Н. Антиокислительная активность экстрактов мицелия ксилотрофных базидиомицетов // Там же. – 1995. – 29, вып. 5-6. – С. 35–40.
 12. Капич А.Н. Антиокислительные и проокислительные свойства ксилотрофных базидиомицетов // Усп. мед. микології. – 2006. – 5, гл. 6. – С. 89–191.
 13. Каталог культур Колекції шапінкових грибів (ІВК) / А.С. Бухало, Н.Ю. Митропольська, О.Б. Михайлова. – К.: Ін-тут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, НВФ “Славутич-дельфін”, 2006. – 36 с.
 14. Методы технологического и микробиологического контроля в виноделии / Под ред. Г.Г. Валуйко. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 144 с.
 15. Семенов В.Л., Ярош А.М. Метод определения антиокислительной активности биологического материала // Укр. биохим. журн. – 1985. – 57, № 3. – С. 50–52.
 16. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубоководной культуре / Н.А. Бисько, А.С. Бухало, С.П. Вассер и др. – К.: Наук. думка, 1983. – 312 с.
 17. Ганбаров Х.Г. Эколого-физиологические особенности деструктурирующих высших базидиальных грибов. – Баку: ЭЛМ, 1989. – 200 с.
 18. Антоненко Л.О., Клечак І.Р., Крисюк Ю.С. Дослідження ферментів базидіальних грибів роду *Coriolus* Quel (*Trametes* Fr.) в поверхневій культурі // Молодь та поступ біології: Зб. тез V Міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів (12–15 травня 2009 р., м. Львів): В 2-х томах. – Львів, 2009. – Т. 1. – С. 5.
 19. Никитина Ж.В. Технология высоковолокнистых биологически активных добавок с антиоксидантной и липолитической активностями: Дис. ... канд. техн. наук: 03.00.20. – Одесса: Одес. гос. академия пищевых технологий, 1999. – 234 с.
 20. Осейчук О.В. Особенности пероксидазного окисления фенольных соединений: Дис. ... канд. биол. наук: 02.00.10. – Одесса: НАН Украины, 2007. – 159 с.
 21. Кваско О.Ю., Бисько Н.А., Паршикова Т.В. Влияние источников углеродного и азотного питания на антиоксидантную активность штаммов *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) P.Karst. // Современное состояние и перспективы развития микробиологии и биотехнологии: Матер. VI Междунар. научн. конф. (Минск, 2–6 июня 2008 г.). – Минск: Издатель И.П. Логвинов, 2008. – С. 253–255.
 22. Круподьорова Т.А. Біологічні особливості *Ganoderma applanatum* (Pers.: Wallr.) Pat. та *G. lucidum* (Curtis: Fr.) P. Karst. в культурі: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.21. – К.: Ін-тут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 2009. – 21 с.