

В.В. Теслюк, кандидат технічних наук,
М.Д. Мельничук, доктор біологічних наук, член-кореспондент НААН,
І.П. Григорюк, доктор біологічних наук, член-кореспондент НАН,
В.О. Дубровін, доктор технічних наук,
Національний університет біоресурсів і природокористування України

**БІОТЕХНОЛОГІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ОДЕРЖАННЯ
І ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІСАХАРИДІВ ІЗ ГРИБА ТРУТОВИК
СПРАВЖНІЙ (*FOMES FOMENTARIUS* (L. FR.), GILL.)
ДЛЯ ІНДУКЦІЇ ЗАХИСНИХ МЕХАНІЗМІВ
КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ВІД ХВОРОБ**

*Сформульовано біотехнологічну концепцію щодо одержання і використання полісахаридів, зокрема хітину й глюканив із гриба трутовик справжній (*Fomes fomentarius* (L. Fr.), Gill.) як еліцитерів для біосинтезу фітоалексинів та захисту культурних рослин від хвороб. Висвітлено способи заготівлі, сушіння, зберігання, подрібнення і екстракції полісахаридів із клітинної стінки, відділення екстракту від нерозчинної грибної біомаси, а також змішування компонентів.*

Ключові слова: гриби, подрібнення, екстракція, клітинна стінка, гіфи, мікобіопрепарат, захист рослин від хвороб, хітин, глюкани, біофунгіцид, біологічна ефективність, урожай.

Обґрунтування. Культурні рослини в період росту постійно перебувають в умовах екологічного стресу, який спричинений впливом шкідливих патогенів, нерегламентованим внесенням пестицидів, добрив тощо. Для підвищення адаптивних властивостей, продовження вегетації і формування врожаю, рослини запускають механізми захисних реакцій. В процесі розвитку і поширення хвороб вище порогового значення, рослини не в змозі їм протистояти, що призводить до щорічних втрат урожаю від шкідників, хвороб та бур'янів на 30 – 50% [1]. Тому, захист рослин від шкідників і хвороб в технологічному процесі вирощування рослинницької продукції є однією з кардинальних проблем сучасного сільськогосподарського виробництва. Застосування
© Теслюк В.В., Мельничук М.Д., Григорюк І.П., Дубровін В.О., 2011.

синтетичних препаратів викликає потенційну і реальну безпеку забрудненню навколишнього природного середовища. Звідси пріоритетним є розробка і створення новітніх, екологічно безпечних та високоєфективних біотехнологій захисту культурних рослин від хвороб [2].

У рослинах містяться гени стійкості проти ураження шкідливими організмами, реакція надчутливості яких в процесі окультурення і підвищення продуктивності рослин частково втрачена. Тому одним із актуальних і ефективних шляхів активації механізмів стійкості рослин проти шкідливих організмів є застосування біологічно активних речовин біогенної та абіогенної природи.

Полісахариди хітин і його похідні хітозан й глюкани, які володіють еліситерними властивостями, беруть участь в захисті культурних рослин від хвороб шляхом вмикання генів захисту та біосинтезу антипатогенних фітоантибіотиків – фітоалексинів. Отримані теоретичні і практичні результати ефективності цих полісахаридів дозволили нам розробити біотехнологію одержання біополімерів й запропонувати новітні препарати на основі хітину та хітозану.

Основною сировиною і найдосконалішою технологією одержання полісахаридів хітину й хітозану є використання *Arthropoda* - панцирів креветок, крабів, омарів, лангустів та раків. Проте, суттєвим недоліком промислового застосування такої сировини є те, що панцирі ракоподібних досить дорога сировина, ціна якої залежить від сезонності і пов'язана з віком та видом краба. Одним із перспективних і актуальних сировинних джерел одержання полісахаридів хітину й хітозану є вищі базидіальні гриби, які до теперішнього часу досліджені лише фрагментарно. З урахуванням наукових і техніко-економічних характеристик щодо вибору сировини найбільшою мірою оптимальним критерієм задовольняє гриб трутовик справжній (*Fomes fomentarius* (L. Fr.), Gill). В умовах України він розповсюджений по території лісових господарств, головним чином на мертвих стовбурах, сухостійних деревах і пеньках усіх видів берези, тополі, вільхи, рідше ясена, липи, дуба, верби та деяких інших листяних деревних рослин. Заготівлю плодових тіл грибів здійснюють в природних екосистемах впродовж року. Для забезпечення проведення технологічних операцій щодо переробки, що включають сушіння, зберігання та подрібнення, визначають якісні показники плодових тіл грибів, які формуються за цей проміжок часу. Плодові тіла гриба, як органічна сировина, що подрібнюють і надалі екстрагують, характеризується властивостями грибної речовини, яка сформувалася природним шляхом на ростучих, сухих, повалених деревних рослинах та пеньках. Грибна речовина – це полі-

сахариди (хітин, целюлоза, глюкани), що виконують опорну функцію в клітинній стінці гриба трутовик справжній, а також біополімери, які складають матрикс [3].

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягала у науковому обґрунтуванні технологічних операцій і режимів біотехнології одержання максимальної кількості полісахаридів хітину й глюканів із клітинної стінки гриба трутовик справжній, як основної діючої речовини мікобіопрепарату для захисту культурних рослин від хвороб.

У цьому плані перед нами були поставлені такі завдання:

- 1) вивчити фізико-механічні властивості плодових тіл гриба трутовик справжній;
- 2) дослідити вплив режимів екстракції на вихід полісахаридів із клітинної стінки гриба;
- 3) визначити біотехнологічну ефективність застосування мікобіопрепарату на основі виділених із гриба полісахаридів, для захисту культурних рослин від хвороб.

Методика досліджень. Розміри плодових тіл грибної сировини для мікобіопрепаратів визначали в трьох напрямках шляхом замірювання максимального розміру ширини гриба - (d), довжини плодового тіла, від основи кріплення до краю гриба, яка перпендикулярна діаметру - (l) та товщини за висотою в місці кріплення плодового тіла до стовбура дерева - (h). Дослідження фізичних властивостей проводили на 25 плодових тілах, які відбирали із партії масою 200 кг.

Вологість грибів досліджували прямим методом висушування цілих плодових тіл в сушильній шафі за температури повітря $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ на різних технологічних етапах залежно від пори року і розташування деревних рослин при їх заготівлі, умов зберігання та висушування плодових тіл [4, 5]. Щільність плодових тіл гриба визначали за експлуатаційною вологістю, яка характеризує відношення маси зразка в повітряно-сухому або кімнатно-сухому стані за вологості 11...15 % до його об'єму.

Вивчення механічних властивостей грибів проводили впродовж 2008–2010 рр. на кафедрі механіки опору матеріалів та будівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України із використанням машини FM-500 із електронною фіксацією експериментальних даних на комп'ютері в системі «Specimen» відповідно до відомих стандартизованих методик визначення характеристик деревини шляхом дослідження малих (без пошкоджень) зразків [6, 7]. Необхідною умовою відбору і виготовлення дослідних зразків було досягнення експлуатаційної вологості 11–15 %.

Вологість плодових тіл грибів вимірювали портативним вимірювачем вологи деревини ІВ-1. Для визначення показників міцності і жорсткості були виготовлювали зразки із плодових тіл грибів, що зростали на рослинах берези бородавчатої (*Betula verrucosa* Ehrh.) та тополі пірамідальної (*Populus pyramidalis* Moench) у формі прямокутної призми (рис. 1).

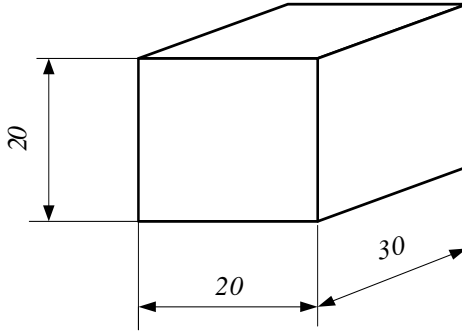


Рис. 1. – Дослідний зразок плодового тіла гриба трутовик справжній

Зразки вирізали висотою вздовж трубчастого геміофору рендомізованим вибірковим методом. Характерною ознакою внутрішньої будови гриба трутовик справжній є розміщення трубок шарами висотою від 2 до 20 мм. Для чистоти експерименту дослідні зразки вирізали із відібраних плодових тіл грибів різних розмірів, не звертаючи уваги на висоту трубчастого шару. Для проведення механічних випробувань на зсув дослідні зразки виготовляли із плодових тіл грибів у формі паралелепіпеда з розмірами сторін $a \times b \times h = 10 \times 10 \times 35$ мм.

Біотехнологічний процес екстракції подрібнених плодових тіл грибів вивчали за умов різних режимів роботи реактора (температура і тривалість екстракції,) та норм компонентів (подрібненої грибної біомаси і луку) з метою одержання грибних полісахаридів із клітинної стінки гриба. Лужну екстракцію подрібнених грибів здійснювали в лабораторних колбах. Параметрами оцінки процесу екстракції слугували якісні (зовнішній вигляд, колір, та запах) і кількісні (концентрація іонів водню (рН), густина (г/см^3) та вміст еліситерів (глюканів) (г/л)) показники лужного екстракту. [8, 9].

Визначення концентрації водневих іонів (рН) лужного екстракту проводили компенсаційним вимірюванням ЕРС, що виникає на електродах, занурених у суспензію лужного екстракту. Густина луж-

ного екстракту визначали методом занурення ареометра в колбу К-2-500-29/32 ТС, ГОСТ 25336 з екстрактом, а вміст еліситерів – діючої (сухої) речовини в лужному екстракті – методом випаровування маси лужного екстракту на водяній бані з електронагрівачем. Статистичну обробку результатів дослідження виконували за допомогою програмних пакетів Statistica 6.0, StatSoft, яка дозволяє проаналізувати та інтерпретувати отримані результати [10].

Результати досліджень. Основними фізичними властивостями грибів, які характеризують плодові тіла і мають важливе значення для визначення послідовності технологічних операцій переробки і технічного забезпечення, є зовнішній вигляд, розміри, вологість та щільність.

Встановлено, що за формою плодові тіла гриба трутовик справжній копитоподібні та язикоподібні, без ніжок, в обрисі мають форму півкола. Верхня сторона опукла, з концентричними борознами, гола або тонко опушена, гладка, вкрита твердою шкіркою, край тупий, вкритий нижнім пушком.

Результати проведених замірів розмірів плодових тіл трутовика звичайного із рослин берези та тополі за місяцями в умовах звичайного росту наведено в таблиці 1.

1. – Розміри плодових тіл гриба трутовик справжній
в умовах звичайного росту

Місяць	Береза			Тополя		
	<i>d</i> , мм	<i>l</i> , мм	<i>h</i> , мм	<i>D</i> , мм	<i>l</i> , мм	<i>h</i> , мм
Січень	163,8	115,5	89,00	216,7	166,4	125,4
Квітень	171,3	120,0	91,5	212,7	163,3	121,5
Липень	155,4	101,6	73,8	223,8	174,1	127,7
Жовтень	144,1	104,5	72,3	223,2	172,0	125,7
Середнє	158,7	110,4	81,7	219,1	169,0	125,1

Виявилось, що середні розміри гриба із берези та тополі коливались від 72,3 до 223,8 мм, а максимальний розмір, зібраний із тополі – 387 мм. Обробкою одержаних даних, що відносяться до масових явищ при великих вибірках ($N > 20-30$) та відображають вплив розсіювання випадкових факторів визначено коефіцієнти варіації, які становили для грибів із берези від 30,3 до 37,7 %, а тополі 14,9 – 23,9 %, що відносяться до середнього та великого рівня варіювання. Точність дослідів для розмірів грибів із берези становила від 5,5 до 7,5 %, а тополі від 3,0 до 5,9 %. При цьому вологість плодових тіл свіжозібраних із

рослин берези і тополі грибів в умовах звичайного росту протягом року становила від 33,33 до 52,50 %, причому найменша вологість зафіксована в літній та осінній періоди року. Відносна вологість свіжозібраних грибів із берези і тополі, які зростали на деревах в умовах підвищеної вологості в різні періоди року складала від 38,5 до 65,2 %, що передбачає обов'язкове сушіння плодівих тіл до процесу подрібнення. Свіжозібрані плодові тіла грибів з дерев доставляють на відкритий майданчик або під навіс для сортування та зберігання. На майданчику гриби висипають із мішкотари і проводять повітряно-сухе сушіння.

Нашими експериментами встановлено, що вологість плодівих тіл грибів, які зібрані із деревних рослин тополі та берези в різні пори року, коливалась від 10,3 (липень) до 22,8 % (січень). На подальше зберігання і підсушування плодові тіла переносять в умови закритого приміщення, де в холодну пору року підтримується температура 16...22 °С. Показано, що вологість плодівих тіл із берези і тополі в різні періоди року становить 8,10 % (береза, липень) – 14,1 % (тополя, січень). Наявна вологість не перевищувала експлуатаційну (11 – 15 %), тому після такого зберігання гриби цілими придатні до подрібнення без додаткового сушіння. За таких умов експлуатаційна щільність плодівих тіл гриба трутовик справжній зібраних із рослин берези становила – $0,38 \text{ г см}^{-3}$, а тополі – $0,34 \text{ г см}^{-3}$ [4].

Біотехнологічний процес виробництва полісахаридів із гриба трутовик справжній включає механічну і хімічну обробку плодівих тіл. Механічна обробка передбачає технологічну операцію їх подрібнення в дрібнодисперсну грибну біомасу. У результаті механічні властивості плодівих тіл грибів характеризують здатність чинити опір механічним навантаженням. До механічних властивостей плодівих тіл грибів трутовик справжній відносять пружні властивості, межі текучості і міцності, граничні деформації, ударну міцність [11].

Плодові тіла гриба трутовик справжній відносять до природних матеріалів з яскраво вираженою ортотропною анізотропією, тому визначення інтегральних показників механічних властивостей проводять вздовж і поперек трубчастого гемінофору (радіальним та тангентальним).

За результатами випробування деформування плодівих тіл грибів трутовик справжній із берези і тополі нами побудовано усереднені діаграми стиску в координатах навантаження F та абсолютну деформацію стиску Δh , Δa . Як видно із діаграми стиску вздовж трубчастого гемінофору (рис. 2, а) між зусиллям F і деформацією Δh на поча-

тку навантаження спостерігається незначна нелінійна залежність, причому нелінійність зростає у міру збільшення навантаження. Величина граничного навантаження $F_{ну}^y$ до точки А діаграми характеризує умовну межу пружних деформацій; $F_{умт}$ – умовну межу текучості (точка В); $F_{руїн}$ – навантаження в момент руйнування зразка.

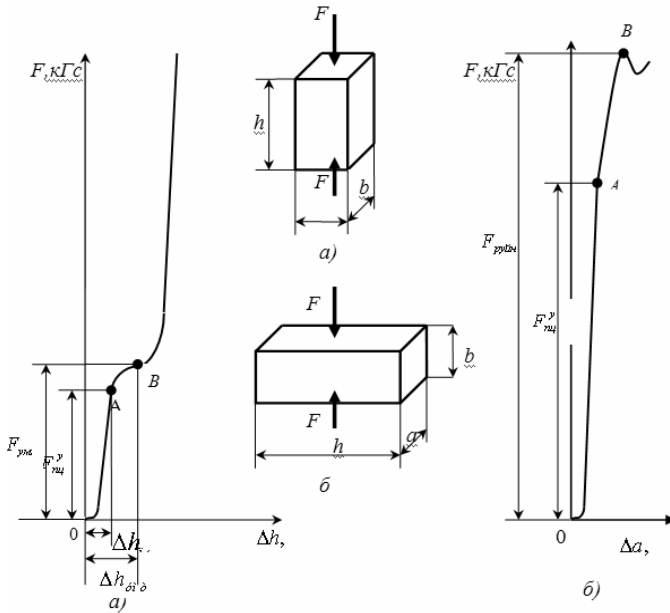


Рис. 2. – Характер деформування зразків плодових тіл грибів трутовик справжній із рослин берези і тополі за умов стиску:

- а) вздовж трубчастого гемінофору;
- б) поперек трубчастого гемінофору

За умов стиску зразків плодових тіл гриба трутовик справжній із берези і тополі поперек волокон діаграма $F - \Delta a$ має інший вигляд (рис. 2, б). Аналіз показує, що до точки А, як і за навантаження вздовж трубчастого гемінофору, спостерігається незначна нелінійна залежність, причому аналогічно попередній, нелінійність зростає по мірі збільшення навантаження. При досягненні точки В дослідний матеріал руйнується в результаті чого з'являються видимі деформації (тріщини і сколи).

Із одержаних машинних діаграм нами визначено абсолютні де-

формації зразків Δh і Δa , які відповідають граничним величинам навантажень F_{nc}^y , $F_{умт}$ й $F_{руїн}$ та розраховано граничні напруження, на підставі яких встановлено відносні деформації стиску вздовж та поперек волокон.

Аналіз результатів засвідчує, що для плодових тіл грибів трутовик справжній із берези умовна межа текучості $\sigma_{умт}$ знаходиться в межах від 1,81 до 2,57 МПа, середня величина – $\sigma_{умт.сер} = 2,24$ МПа, а межа міцності $\sigma_{руїн}$ від 3,35 до 5,68 МПа, середня величина – $\sigma_{руїн.сер} = 5,13$ МПа. Аналогічно для плодових тіл грибів із тополі умовна межа текучості $\sigma_{умт}$ від 2,52 до 2,76 МПа, середня величина $\sigma_{умт.сер} = 2,66$ МПа, межа міцності $\sigma_{руїн}$ становить 5,54 – 6,87 МПа, середня величина $\sigma_{руїн.сер} = 6,30$ МПа. Порівняння функцій отриманих даних грибів із берези і тополі дозволяє дійти висновку, що умовна межа текучості у плодових тіл грибів із тополі в середньому на 18,8 % більше, ніж у берези, і відповідно межа міцності у грибів із тополі вище на 22,8 %.

Коефіцієнт анізотропії характеризує відмінність механічних властивостей плодових тіл грибів трутовик справжній із рослин берези і тополі вздовж й поперек трубчастого геміофору. У результаті обробки отриманих даних, нами розраховано коефіцієнти анізотропії (K), які становили для грибів із берези 0,44 та тополі 0,42.

Визначальним показником, який характеризує здатність плодових тіл гриба чинити опір деформуванню, тобто зміні розмірів і форми, є модуль пружності, який для плодових тіл гриба трутовик справжній із берези на стиск варіював: вздовж волокон від 36,3 до 80,5 МПа, поперек від 25,1 до 55,6 МПа, а грибів із тополі від 33,8 до 113,9 та від 16,7 до 67,9 МПа. Такі широкі межі варіювання показників модуля пружності плодових тіл гриба трутовик справжній із рослин берези і тополі спричинені їх високими анізотропними властивостями та неоднорідністю структури.

Доведено, що характер руйнування зразків плодових тіл грибів трутовик справжній із берези і тополі за умов зсуву подібний й відзначається появою крихкості. Руйнування відбувається без значних залишкових деформацій. Встановлено складний характер напруженого стану за перерізання волокон трубчастого геміофору, тобто, що окрім зсуву, трубки стискаються і згинаються.

В наших експериментах визначено розсіювання величин дотичних напружень $\tau_{зсубу}$ для плодкових тіл грибів трутовик справжній, які становлять для грибів із берези від 6,82 до 12,5 МПа, а тополі – 11,2 до 15,4 МПа. За умов проведення конструктивних розрахунків робочих органів дробарки необхідно брати максимальну величину дотичних напружень.

Ударна міцність за динамічного різання плодкових тіл грибів характеризує їх здатність поглинати роботу в момент удару до моменту руйнування за умов миттєвого навантаження. Чим більше величина роботи, яка необхідна для руйнування плодового тіла гриба, тим вище робота руйнування різання. Мірою ударного опору за динамічного навантаженні є питома величина роботи, яка необхідна для руйнування зразка за ударного різання.

Визначено, що питома робота, яка витрачається на руйнування плодкових тіл грибів, зібраних із берези складає від 151,2 до $331,7 \frac{H \cdot m}{кг}$, а із тополі – від 73,7 до $321,9 \frac{H \cdot m}{кг}$.

Для вибору способу подрібнення й розрахунку конструктивно-технологічних параметрів робочих органів дробарки плодкових тіл грибів трутовик справжній вихідними вимогами технічних розрахунків приймають максимальне значення питомої роботи на ударну міцність різання, що в нашому випадку отримане для грибів із берези.

Виявилось, що питома руйнівне навантаження за умов стиску цілих плодкових тіл грибів із берези має широкий діапазон показників і становить від 9,60 до $31,8 \frac{кН}{кг}$, середня величина – $19,6 \frac{кН}{кг}$,

дових тіл зібраних із тополі від 2,80 до $22,8 \frac{кН}{кг}$, середня величина –

$12,5 \frac{кН}{кг}$. Водночас, питома руйнівне навантаження на плодові тіла

грибів із берези в середньому в 1,56 рази більше, ніж на із тополі. За умов проведення конструктивних розрахунків робочих органів дробарки беруть максимальну величину питомого руйнівного навантаження. В наших дослідженнях, енергозатрати на руйнування плодкових тіл для грибів трутовик справжній із берези становили від 1,06 до 3,23 Дж/г, середня величина – 2,08 Дж/г, для тополі від 0,29 до 2,16 Дж/г, середня величина – 1,23 Дж/г. У цілому, питома робота

на руйнування плодкових тіл гриба із берези в середньому в 1,69 рази була більшою, ніж із тополі.

При розрахунку енергозатрат на процес подрібнення плодкових тіл грибів із берези і тополі за умов застосування змішаної сировини враховують максимальне значення питомої роботи на руйнування, що для плодкових тіл із берези становить 3,23 Дж/г за експлуатаційної вологості.

Полісахариди і глюкани із гриба у вигляді лужного екстракту із подрібнених плодкових тіл грибів трутовик справжній одержано згідно розробленої нами біотехнології [12]. Органолептичним методом встановлено, що лужний розчин гриба трутовик справжній після екстракції за усіма варіантами має специфічний грибний запах і темно-коричневий колір [9].

Вплив маси грибів і луку та тривалості екстракції на концентрацію іонів водню (рН) лужного екстракту відображено на рис. 3.

$$F(8, 81)=103,25; \quad p=0,0000$$

Коефіцієнт кореляції: маса грибів $r = -0,31$; маса луку, $r = 0,93$;

тривалість екстракції $r = -0,18$

Довірчі інтервали - 0,95

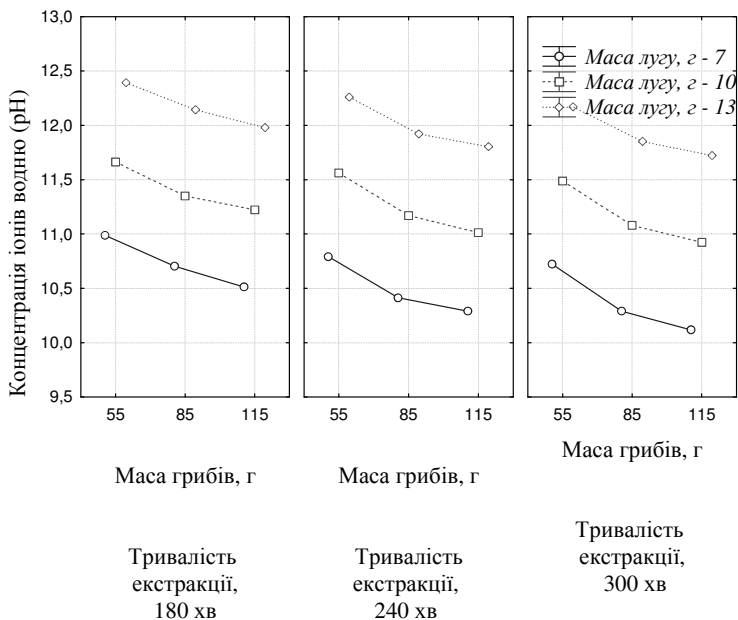


Рис. 3. – Залежність концентрації іонів водню (рН) лужного екстракту від маси грибів, маси луку та тривалості екстракції

Для встановлення впливу і аналізу факторів маси грибів і лугу та тривалості екстракції на густину лужного екстракту нами побудовано графіки (рис. 4).

$F(8, 81)=69,312; p=0,0000$
 Коефіцієнт кореляції: маса грибів $r = 0,84$; маса лугу, $r = 0,40$;
 тривалість екстракції $r = 0,11$
 Довірчі інтервали - 0,95

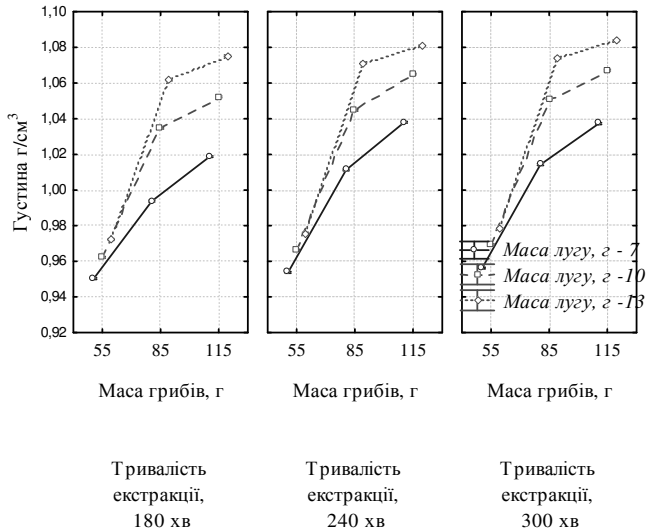


Рис. 4. – Залежність густини лужного екстракту від маси грибів, маси лугу та тривалості екстракції

Зафіксовано, що із збільшенням маси грибів та тривалості екстракції густина лужного грибного екстракту зростає. За умов збільшення маси грибів від 55 до 85 г на 1 л води за аналогічних показників тривалості екстракції збільшення густини лужного розчину інтенсивніше, ніж за показниках тривалості, але зі збільшенням маси грибів від 85 г до 115 г на 1 л. На підставі отриманих даних нами за допомогою дисперсійного аналізу кореляційної залежності встановлена тісна позитивна кореляційна залежність ($r = 0,84$), і відповідно ($r = 0,40$), тоді як між тривалістю екстракції і (рН) кореляційна залежність є слабкою ($r = 0,11$).

Нами узагальнено вплив джерел варіації маси грибів і маси лугу й тривалості екстракції на виділення еліситерів з клітинної стінки гриба трутовика справжнього зібраного на березах та тополі в лужно-му екстракті (рис. 5).

$$F(8, 81) = 1069,7; \quad p = 0,0000$$

Коефіцієнт кореляції: маса грибів $r = 0,51$; маса лугу, $r = 0,24$;
 тривалість екстракції $r = 0,76$
 Довірчі інтервали - 0,95

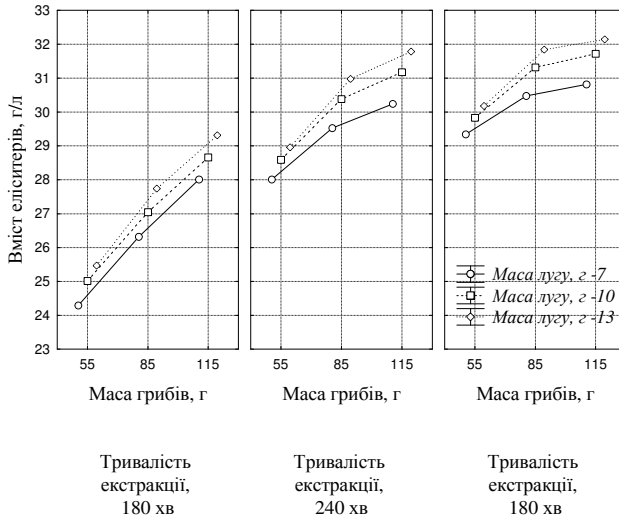


Рис. 5. – Залежність вмісту еліситерів лужного екстракту від маси грибів і маси лугу та тривалості екстракції

Показано, що зі збільшенням маси грибів і тривалості екстракції вміст еліситерів у лужному грибному екстракті зростає. За умов збільшення тривалості екстракції до 180 хв. і маси подрібнених грибів від 55 до 115 г на 1 л води й маси лугу від 7 до 13 г на 1 л води виділення еліситерів із клітинної стінки грибів відбувається інтенсивніше, ніж за умов збільшення маси грибів від 55 до 115 г на 1 л води та маси лугу від 7 до 13 г на 1 л води за тривалості екстракції 240 хв і 300 хв.

Дисперсійний аналіз кореляційної залежності визначення впливу маси грибів і тривалості екстракції на вміст еліситерів у лужному екстракті виявив тісну позитивну кореляційну залежність ($r = 0,51$), і відповідно - ($r = 0,76$), тоді як між масою лугу й вмістом еліситерів кореляційна залежність є також позитивною але слабкою ($r = 0,24$).

Ефективність різних доз еліситерів вивчали за умов обприскування вегетуючих рослин картоплі і томатів згідно прогнозу появи хвороб в період формування урожаю [13]. Витрати композиції складали 100, 300 та 1000 г/га в перерахунку на суху масу комплексу еліситерів. Контролем слугували рослини без обробки. Як еталони використовували хімічний препарат ефаль (3 л/га) і розчин хітозану з розра-

хунку 500 г/га за сухою речовиною. Встановлено практично однакову ефективність композиції полісахаридів із гриба трутовик справжній за норм понад 300 г/га порівняно із використанням відомого фунгіциду ефаль і більш високу відносно способу з використанням хітозану (табл. 2).

Аналіз отриманих результатів показав, що застосування еліситерів дає можливість рослинам набути системну стійкість до патогенів. Найбільший ефект захисту досягався за обробки насіння, оскільки активне індукування стійкості відбувалось на початкових етапах розвитку рослин. Було зафіксовано формування розвинутішої кореневої системи, що забезпечило підвищену стійкість рослин до стресових умов (засуха, сильні вітри), які спостерігалися за час проведення досліджень.

Основною перевагою застосування полісахаридів і глюканів із гриба трутовик справжній є високоефективна пролонгована дія, відсутність токсичності для людини й природних об'єктів та гарантована стабільність результатів, що не поступається найефективнішим протруйникам. Це дозволяє також захищати рослини від більшості патогенів, підвищувати ростові процеси, врожайність та якість продукції.

2. – Біологічна ефективність різних способів захисту рослин від фітофторозу на картоплі і томаті

Варіант	Розвиток хвороби, %	Біологічна ефективність, %	Урожайність, т/га
Картопля, сорт Луговська			
Контроль	41,3	0	17,3
Хітозан+солі, 500 г/га	9,7	76,5	23,8
Ефаль, 3 л/га	9,0	78,2	24,0
Еліситери із гриба, г/га	100	78,3	24,0
	300	79,3	24,3
	1000	79,4	24,3
НІР ₀₅ , т/га			0,54
Томат, сорт Лагідний			
Контроль	37,7	0	12,0
Хітозан+солі, 500 г/га	10,6	71,9	49,0
Ефаль, 3 л/га	9,3	73,4	49,3
Еліситери із гриба, г/га	100	73,5	49,2
	300	76,2	49,5
	1000	76,2	49,5
НІР ₀₅ , т/га			0,58

Висновки

1. Плодові тіла гриба трутовик справжній копитоподібні і язиковидні, без ніжок, в обрисі з формою півкола, верхня сторона опукла, з концентричними борознами, гола або тонко опушена, гладка, вкрита твердою шкіркою, край тупий, вкритий ніжним пушком. Середні розміри грибів на рослинах берези і тополі становлять 72,3 – 223,8 мм, а максимальний розмір на тополі в діаметрі – 387 мм, що є вихідними даними для розрахунку параметрів та розробки робочих органів дробарки.

2. У результаті повітряно-сухого зберігання в літній період і кімнатно-сухого зберігання за умов додержання температурного режиму досягається вологість, що придатна для подрібнення плодових тіл грибів. Гриби, які зібрані в інших умовах потребують сушіння для досягнення виробничої або експлуатаційної вологості. Щільність плодових тіл гриба трутовик справжній на березі становить $0,38 \text{ г см}^{-3}$, а тополі – $0,34 \text{ г см}^{-3}$. Кількість фітомаси плодового тіла в одиниці об'єму плодових тіл грибів із берези більша, ніж тополі.

3. Умовна межа текучості і міцності у плодових тіл грибів трутовик справжній із тополі на 18,8 – 22,8 % більша, ніж берези. Коефіцієнт анізотропії (K) для плодових тіл грибів із берези становить 0,44, а тополі 0,42. Робота на руйнування за умов динамічного різання цілих плодових тіл грибів із рослин берези і тополі змінюється в широких інтервалах. Середнє значення питомої роботи на руйнування за динамічного різання

грибів із берези $(242,1 \frac{H \cdot M}{кг})$ в 1,84 рази більше середнього значення із

тополі $(131,7 \frac{H \cdot M}{кг})$, причому максимальні величини дорівнюють 331,7

та $321,9 \frac{H \cdot M}{кг}$.

Максимальне питоме руйнівне навантаження на плодові тіла цілих грибів із рослин берези за умов стиску $(31,8 \frac{кН}{кг})$ в 1,39 рази більше, ніж

тополі $(22,8 \frac{кН}{кг})$. При проведенні конструктивних розрахунків робочих органів дробарки рекомендовано брати максимальну величину питомого руйнівного навантаження.

4. В біотехнологічному процесі екстракції полісахаридів із клітинної стінки гриба трутовик справжній концентрація іонів водню (рН) лу-

жного екстракту найістотніше залежить від маси луку ($r = 0,93$), густина лужного екстракту – маси грибів ($r = 0,84$), а вміст еліситерів за залишком сухої речовини – тривалості екстракції ($r = 0,76$).

5. За ефективністю полісахариди із грибів не поступаються найефективнішим протруйникам, що дозволяє надійно захищати культурні рослини від більшості патогенів, а також підвищувати врожай та якість продукції.

Бібліографія

1. Федоренко В. П. Інтегрований захист сільськогосподарських культур в Україні / В. П. Федоренко // Інтегрований захист рослин на початку ХХІ століття. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Інститут захисту рослин. – К. : Колоб'іг, 2004. – С. 3 – 28.

2. Мельничук М. Д. Методологічні і біотехнологічні основи індуквання механізмів захисту рослин від хвороб (наукові основи і рекомендації) / [Мельничук М. Д., Теслюк В. В., Дубровін В. О. та ін.]. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 41 с.

3. Феофилова Е. П. Клеточная стенка Грибов / Е. П. Феофилова. – М. : Наука, 1983. – 276 с.

4. Дубровін В. О. Дослідження технологічних характеристик грибної сировини для виробництва мікобіопрепаратів / [Дубровін В. О., Бойко О. А., Теслюк В. В., Виговський А. Ю.] // Науковий вісник НУБіП України / Серія «Техніка і енергетика АПК» / Редкол. : Д. О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – 2011. – Вип. 166. – Ч. 1 – С. 29 – 35.

5. Гриби. Трутовик справжній. Технічні умови. СОУ 01.12-37-554:2007. [Чинний від 2007-10-01]. – К. : Мінагрополітики, 2007. – 14 с. – (Національні стандарти України).

6. Перельгин Л.И., Древесиноведение 4-е изд., испр. и дополн / Л. И. Перельгин, Б. Н. Уголев. – М. : Лесная промышленность, 1971. – 288 с.

7. Дубровін В. О. Механічні властивості плодових тіл грибів трутовик справжній (*Fomes fomentarius* (L. Fr.), Gill.) для виробництва мікобіопрепаратів. / [Дубровін В. О., Чаусов М. Г., Швайко В. М. та ін.] // Науковий вісник НУБіП України. – 2011. – Вип. 164. – Ч. 2 – С. 189 – 193.

8. Біофунгіцид «Мікосан» Технічні умови. ТУ У 24.2-23710945.003-2001 (Вводяться вперше). [Термін дії від 2001-08-29]. – К.: 2001. – 17 с. – (Державний комітет України по стандартизації, метрології та сертифікації).

9. Теслюк В.В. Вплив факторів екстракції грибів (*Fomes fomentarius* (L. Fr.), Gill.) на одержання діючої речовини [Електронний ресурс] /

В.В.Теслюк // Наукові доповіді НУБіП України. – 2011. – 2(24). – 11 с. Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011-2/11tvv.pdf> – Назва з екрана.

10. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник / [Ермантраут Е.Р., Бобро М.А., Гопцій Т.І. та ін.]; – Х. : Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2008. – 64 с.

11. Чаусов М. Г. Механіко-технічні властивості деревини: навчальний посібник/ [наук ред. Чаусов М. Г.] – Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2008. – 260 с.

12. Теслюк В.В. Технологічні основи виробництва мікобіопрепаратів із плодкових тіл грибів / В. В. Теслюк // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 3. – С. 41 – 43.

13. Патент на корисну модель № 29953, Україна, МПК А01N 63/00, А01N 65/00, А01P 1/00, А01P 3/00. Спосіб підвищення стійкості рослин до хвороб / Заявник і власник Горовий Л.Ф., Кошевський І.І., Редько В.В., Теслюк В.В.; заявлено 27.02.2007; опубл. 11.02.2008, Бюл. № 3.

В.В. Теслюк, М.Д. Мельничук, И.П. Григорюк, В.О. Дубровин. Биотехнологическая концепция получения и использования полисахаридов из гриба трутовик обыкновенный (*fomes fomentarius* (L. Fr.), Gill.) для индукции защитных механизмов культурных растений от болезней.

Резюме. Сформулирована биотехнологическая концепция получения и использования полисахаридов, в частности хитина и глюканов из гриба трутовик обыкновенный (*fomes fomentarius* (L. Fr.), Gill.) как элистеров для биосинтеза фитоалексинов и защиты культурных растений от болезней. Освещены способы заготовки, сушения, хранения, измельчения и экстракции полисахаридов с клеточной стенки, отделения экстракта от нерастворяемой грибной биомассы, а также смешивания компонентов.

V.V. Teslyuk, M.D. Melnychuk, I.P. Grygoryuk, V.O. Dubrovin. “Biotechnological conception of getting and using of polysaccharides out of mushroom polypore real (*Fomes fomentarius*) (L.Fr), Gill.) for induction of protective mechanisms of cultural plants from diseases.”

Summary. The biotechnological conception was formulated as to the getting and using polysaccharids, namely quinine and glycans out of mushroom polypore real (*Fomes fomentarins* (L.Fr.), Gill) as elicitors for biosynthesis of phytoalexins and defending of cultural plants from diseases. It has been examined purchasing, drying, storing, crushing and extraction of polysaccharids out of cellular wall, separation of extract from unsoluble mushroom biomass and also mixing of components.