МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології

|  |  |
| --- | --- |
|  | «Допускається до захисту» Завідувач кафедри, д-р мед. наук \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*А. М.*Бондаренко «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_201\_\_ р. |

**К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А**

**М А Г І С Т Е Р С Ь К А Р О Б О Т А**

тема:

**«Дослідження ефективності створення екологічно безпечного виробництва грибів та утилізації відходів грибної ферми»**

Здобувач:

гр.ЗЕО-19м , Маслова Д.М

Керівник:

канд. біол. наук,

Бондаренко А.М.

Кривий Ріг

2020

ВСТУП

До початку ХХ-го століття з’явилося декілька крупних виробництв та дрібних фермерських господарств, що займаються розведенням грибів. До фермерів-професіоналів почали приєднуватися фермери-аматори. Згодом, цей напрямок знову почав занепадати. Новий етап для існування та функціонування грибної промисловості розпочався уже у 2005 р.. Поступове збільшення дрібних та крупних підприємств з вирощування грибів уже зараз дозволяють нашій країні отримувати свіжі печериці, вішанки та інші гриби протягом усього року.

Світовими флагманами по вирощуванню грибів зараз досі залишаються країни Європи, Азії та Америки. Однак Український ринок продовжує розширюватися та застосовувати все більш нові технології, які відповідатимуть умовам міжнародних стандартів.

 Кожного року Україна продає іншим країнам більше 500 т грибів та близько 18 тис т компосту. Враховуючи те, що в країнах Європейського Союзу зростає споживання свіжих грибів, а також постійно зростаючими і перспективними ринками для експорту може стати Молдова та Білорусь. За цими даними, можна зробити висновок, що для українських виробників грибів відкриваються широкі можливості для розширення бізнесу.

Ці процеси стимулюють підприємства збільшувати об’єми випуску готової продукції аби задовольнити потреби ринку. Збільшення попиту та об’ємів виробництва призводять до збільшення кількості відпрацьованого субстрату, в якому міститься велика кількість міцелію та активно розвиваються мікроорганізми. Такі відходи володіють рядом небезпечних характеристик, які вимагають правильної утилізації. Складування відходів грибних ферм на полігонах міських звалищ занадто дорога процедура, яка потребує додаткових знезаражуючих процедур. До того ж, відпрацьовані грибні субстрати є патогенними і виступають середовищем на якому відмінно розвиваються пліснява та шкідники у вигляді комах.

Не дивлячись на те, що грибне виробництво саме по собі можна вважати чудовим прикладом того, як можна використовувати відпрацьований матеріал. Оскільки зараз для вирощування грибних тіл використовують гній великої рогатої худоби, подрібнену пшеничну чи трав’яну солому, зчеси бавовни та інші матеріали сільсько-господарської, лісо-заготівельної та дерево-обробної промисловостей. Однак відходи цього виробництва також утворюються достатньо активно і потребують послідовного перетворення та утилізації.

Через це з’явилась потреба у пошуку та розвитку методів утилізації відходів грибних ферм, їх повторного застосування в цій галузі, та створення проектів безвідходного виробництва.

При підготовці роботи було проаналізовано велику кількість літературних джерел у галузі грибної промисловості. Найчастіше, зустрічалися джерела (роботи українських та російських вчених та фермерів), у яких описано повторне застосування відпрацьованих субстратів як покривних шарів ґрунтів для вирощування дерев, кущів та овочів. У більшості випадків, як у друкованих, так і у інтернет ресурсах спрямування застосування грибних відходів досить вузьке. Однак більш цікаві ідеї у застосуванні такого матеріалу були у роботах та наукових статях іноземних спеціалістів. Адже більш високі та суворі стандарти у галузі сільського господарства стимулювали українських конкурентів до розвитку методів утилізації.

Доцільність застосування відпрацьованих субстратів грибного виробництва у вирощуванні інших культур вже достатньо вивчено. Однак повторне застосування поживного компосту після вирощування гриба усередині виробництва, досліджено не достатньо. Це і стало однією із причин вибору подібної теми для створення дипломної роботи.

**Метою роботи** є відбір найкращих методів для застосування відходів грибної ферми всередині виробництва, та подальшого впровадження на великих фермах.

**Основні цілі та задачі роботи:**

1. Вивчити особливості вирощування найбільш популярних видів їстівних грибів.
2. Обґрунтувати доцільність створення грибних ферм з концепцією нульових відходів.
3. Розрахунок ефективності застосування відпрацьованих грибних субстратів від вирощування Pleurotus як нову основу для нового грибного блоку.
4. Визначити економічну доцільність рециркуляції у грибному виробництві.

**1. СУТЬ ГРИБНОЇ ФЕРМИ**

**1.1. Гриби та їх користь як продукту харчування**

Гриби − велика група організмів, що нараховує близько 100 тис. видів. Вони займають особливе положення в системі органічного світу, представляючи, особливе царство, поряд з царствами тварин і рослин. Вони позбавлені хлорофілу й тому живляться органічною речовиною (їх називають гетеротрофними). За наявності в обміні сечовини, хітину в оболонці клітин, запасного продукту – глікогену, а не крохмалю – вони наближаються до тварин. З іншого боку, за способом живлення шляхом всмоктування (адсорбтивне живлення), а не заковтування їжі, по необмеженому зростанню, вони нагадують рослини. [1,2].

Гриби, які культивуються в штучних умовах є цінним харчовим продуктом, який містить в собі широкий спектр корисних сполук. Впродовж довгих років гриби розглядалися в основному як джерело альтернативного протеїну і як харчово-смакова добавка для різноманітних технологій в харчовій промисловості. Останнім часом гриби привертають увагу як цінне джерело біологічно активних речовин різноманітної хімічної природи і містять в своєму складі окрім повноцінного білку, жирних кислот, простих і складних вуглеводів велику кількість мінеральних речовин і вітамінів.

Гриби дуже різноманітні за зовнішнім виглядом, місцями зростання та фізіологічними особливостями. Проте у них є і спільні риси. Основою вегетативного тіла грибів є міцелій, або грибниця, що представляє собою систему тонких розгалужених ниток, або гіф, що знаходяться на поверхні субстрату, де живе гриб, або всередині його. Зазвичай грибниця буває дуже багата, з великою загальною поверхнею. Через неї осмотичним шляхом відбувається всмоктування їжі. У грибів, умовно званих нижчими, грибниця не має перегородок (некліткова); у деяких тіло представляє голий протопласт; у решти грибниця розділена на клітини.

Головна привабливість та користь грибів знаходиться в їх збалансованому складі всіх цінних для організму людини компонентів. В них є і білки, і жири, і вуглеводи та інші корисні компоненти. Але, не зважаючи на це гриби є достатньо низькокалорійними та дієтичними, адже на 90 % гриб складається з води.

Найчастіше в домашніх умовах та в умовах фермерського господарства культивують гриби найменш вибагливі до умов навколишнього середовища. Зараз популярності набули грибні гливи, печериці та шіїтаке. Також, дуже часто культивують гриб зимовий, вольваріелла, трюфель, опеньки, строфарію кільцеву та умовно їстівні гриби зморшок.

# В грибах містяться аж 18 амінокислот: лейцин, глутамін, аргінін та інші амінокислоти, які здійснюють позитивний вплив на організм людини *(табл. 1, табл. 2).*

# *Таблиця 1*

**Вміст амінокислот (у % на сиру вагу) у грибах**

|  |  |
| --- | --- |
| *Амінокислоти* | *Вміст* |
| *Ніжка* | *Капелюшок* | *Грибниця* |
| **Незаміні** |  |
| Аргідін | 1,39 | 0,14 | 0,29 |
| Валін  | 0,22 | 0,13 | 0,52 |
| Гістидин | 0,12 | 0,07 | 0,70 |
| Ізолейцин | 0,19 | 0,17 | 0,44 |
| Лейцин | 0,31 | 0,18 | 0,35 |
| Лізин | 0,50 | 026 | 0,40 |
| Цистеїн |  |  |  |
| **Заміні** |  |
| Аланін | 0,24 | 0,14 | 0,44 |
| Аспаргін | 0,58 | 0,40 | 0,63 |

*Таблиця2*

**Енергетична цінність грибів у порівнянні з іншими найбільш вживаними продуктами(сирий вигляд)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Найменування продуктів* | *Засвоєння речовини в 100 грамах продукту* | *Калорійність продукту на100 г, (ккал)* |
| *білки* | *жири* | *вуглеводи* |
| Печериці | 3 | 0,24 | 3 | 25 |
| Опеньки | 3 | 0,5 | 0,2 | 13 |
| Білий гриб | 4 | 2 | 1 | 34 |
| Яблуко | 0,37 | 0,4 | 13 | 57 |
| Картопля | 2 | 0,2 | 19 | 89 |
| Вівсянка | 6 | 2 | 22 | 137 |
| Гречка | 3 | 0,62 | 20 | 92 |
| Чай | 0 | 0 | 0,1 | 0,48 |
| Апельсин | 0,92 | 0,22 | 11 | 50 |
| Куряче філе | 30 | 1 | 0,49 | 134 |

# За своєю харчовою та товарною цінністю їстівні гриби прийнято підрозділяти на чотири категорії:

# І категорія – білі гриби, Грибні Гливи, рижики;

# ІІ категорія – підосиновики, підберезовики (окрім болотних), маслята, Гливи синіючі, Гливи осикові, дубовики, польські гриби;

# ІІІ категорія – моховики, козляки, Гливи чорні, білянки, сірушки, валуї, сироїжки, лисички, шампіньйони, сморчки;

# ІV категорія – Гливи перечні, скрипиці, горькушки, підмолочники, сироїжки (жгучоїдка та гостроїдка), свинушки, зеленушки, рядовики, вішанки [3].

# Вміст інших, важливих для організму людини, речовин у грибних тілах на прикладі синьо-зеленої та великої зеленої сироїжок можна побачити у таблиці 3.

# *Таблиця 3*

# Вміст макроелементів у грибних тілах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Вміст елементів* | *Сироїжка синьо-зелена* | *Сироїжка велика зелена* |
| *шапка* | *ніжка* | *шапка* | *ніжка* |
| Гігроскопіна волога, % | 12,9 | 10,9 | 12,3 | 10,1 |
| Сирий протеїн, % | 25,2 | 16,2 | 23,5 | 17,9 |
| Сира клітковина, % | 6,9 | 5,7 | 7,75 | 6,8 |
| Калій, % | 0,46 | 0,33 | 0,38 | 0,29 |
| Натрій, % | 0,039 | 0,065 | 0,42 | 0,43 |
| Фосфор, % | 0,633 | 0,44 | 0,56 | 0,253 |
| Кальцій, % | 0,306 | 0,341 | 0,292 | 0,326 |
| Розчинені вуглеводи, % | 8,47 | 5,99 | 7,99 | 5,58 |
| Вітамін В, мг/100 г | 5,11 | 0,82 | 4,17 | 0,36 |
| Вітамін РР, мг/100 г | 130 | 16 | 96 | 17 |
| Енергетична цінність на 100 г, к Дж | 98 | 74 | 90 | 65 |

**1.2 Актуальність створення грибних ферм**

# Вже в 90-і роки в загальному обсязі щорічного споживання грибів у світі частка дикоростучих становила тільки близько 20%. При сучасній технології вирощування культивованих грибів врожай збирають 5 разів у рік. Їх культивують більш ніж в 70 країнах світу, головний виробник − США (близько 25 % світового виробництва). Україна не відстає від загальносвітової тенденції до зростання виробництва грибів. Обсяг виробництва культивованих грибів в Україні становить близько 1,5...2 тис. тон за рік. Завдяки своєму географічному розташуванню до основних імпортерів грибів і кліматичних умов вона має непогані шанси в майбутньому стати одним з основних постачальників свіжих і перероблених грибів у країни Європи. Хоча зараз виробництво штучно вирощуваних грибів у країні перебуває в стадії становлення, український експорт грибів щорічно збільшується. У боротьбі за ринок прагнення до здешевлення продукції призвело до вдосконалення структури виробництва малопродуктивних для інших цілей, наприклад на різних нехарчових відходах; при цьому субстрат звичайно використовується двічі: після збору врожаю грибів він стає коштовним джерелом перегною для садівництва [4].

# За даними Грибного інформаційного агентства України, наша країна є регіональним лідером з виробництва культивованих грибів. За оцінками ІВ УМДИС у 2017 році обсяги вирощених шампіньйонів склали близько 51,3 тис т, вішанки та екзотичних грибів – близько 4,9 тис т. Кількість грибних ферм вже становить близько 300 та це число не є заключним, так як кількість грибних ферм продовжує рости. При цьому більша кількість цих ферм є малими виробництвами, що випускають близько п’яти – десяти т грибів на місяць.

# За даними глобального В2В довідника підприємств *Kompass*, зараз (дані 2020 року) в Україні діє 278 крупних підприємств з культивування їстівних грибів та міцелію. Лідерами грибної промисловості нашої країни є Львівська (20 підприємств), Дніпропетровська (18 підприємств) та Одеська (18 підприємств) області. Не дивлячись на це, найбільші підприємства в цій галузі розміщені в Київській області.

# Серед господарств Дніпропетровської області відомі: Приватне підприємство «Агросервіс 1», Агрофірма ДчП «Мрія», ТОВ «Орільська агрофірма», ТОВ «Альянс», фермерське господарство «Колос», Селянське (фермерське) господарство «Едем», ТОВ «Рулонні газони України», ТОВ «ВК Еталон», ТОВ «Агро Крона», ТОВ «Троянди Катерини», фермерське господарство «Дзінтарс», ТОВ «Сморком», ТОВ «Харківські газони», ТОВ «Наша Дача», ТОВ «Рулонні газони», ТОВ «Агро спектр». Безпосередньо у Кривому Розі розміщені ТОВ «Друїди» та ТОВ ФГ «Колос».

# Ринок та виробництво шампіньйонів продовжують зростати достатньо високими темпами. За останні роки спостерігався постійний приріст вирощування шампіньйонів на 8% кожного року. Таким чином, середня врожайність Українських господарств складає 22 кг з м2, при цьому багато господарств отримують середньорічну врожайність на рівні 28 кг.

# Експорт шампіньйоні ще в 2017 році зріс в 13 разів в порівнянні з 2016-м роком, та досягнув 528 тон, або 1% внутрішнього обсягу виробництва.У тому ж році на третину зріс обсяг експорту компостного міцелію – він досяг рекордного показника 18 тис т. Це складає близько 9% всього виробництва за рік компосту в Україні. Основні країни до яких експортують компост сьогодні: Росія, Молдова та Білорусь.

# Імпорт свіжих грибів та компосту відсутній, оскільки внутрішній ринок достатньо насичений та ціни на ньому порівняно низькі. Середня ціна реалізації з господарства у 2019 році склала 36 грн за кілограм свіжого гриба (тара та доставка не враховуються). Навіть лідери Європи з експорту грибів – сусід України Польща – не поставила до українського ринку жодної тони грибів за останні декілька років.

# Основними технологічними проблемами грибної промисловості України зостаються порівняно низькі якість вирощеного гриба, що в свою чергу пов’язано з робото. На Фазі ІІ компосту, та далекий від ідеалу ланцюг у більшості постачальників, нестабільні характеристики компосту , нестандартизована тара, відсутність відповідності умовам сертифікації за НАССР. Разом з тим, в останні роки, багато підприємств досягли значних успіхів у боротьбі з даними недоліками. Зокрема, ряд підприємств вдало впровадити вимоги сертифікації ISO 22000 і отримали відповідні сертифікати.

# Невисокі ціни на продукцію, поряд з подорожчанням сировини та енергоносіїв, в останні роки зробили особливо актуальними питання ефективності функціонування грибних ферм, зниження експлуатаційних витрат, покращення системи продажу. До цього додався значно загострений дефіцит робочої сили, в особливості збору урожаю. У відповідь на це, ми спостерігаємо помітні рухи в аспектах застосування більш дешевих, ніж газ, енергоносіїв, впровадження організованих змін, посилення маркетингової складової. Підвищується зарплатня за збір врожаю, що супроводжується покращенням умов праці і більшою увагою керівництва до навчання співробітників.

# 1.3 Етапи грибного виробництва

# 1.3.1 Підбір грибного виду для культивування

Під час підбору виду грибів, які будуть в подальшому культивуватися, по-перше – слід врахувати одне з основних правил економіки – попит створює пропозицію. За цим правилом найголовнішим є потреба суспільства. По-друге – враховують економічну доцільність вирощування того чи іншого виду гриба. Гриби, що довго культивуються та дають малий об’єм врожаю з 1 м2 – виключаються одразу. По-третє – важливими завжди будуть залишатися витрати на вирощування, адже собівартість продукції має виправдовуватися та відповідати умовам ринку. Порівняння їстівних та умовно їстівних грибів для вирощування на фермах, за основними параметрами, можна відслідкувати у таблиці 4.

*Таблиця 4*

**Характеристика їстівних грибів**

| *Гриби* | *Попит* | *Строки до першого врожаю* | *Кількість генерацій* | *Період до повторної генерації* | *Об’єм врожаю з 1 м2 за 1 генерацію* |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Печериці | ✓✓ | 2-3 місяці | 6-7 | 10-14 днів | 2-3 кг |
| Вішанки | ✓ | 1-2 місяці | 2-3 | 14-25 днів | 2-3 кг |
| Шіїтаке | ✓ | 6-18 місяців | 2-4 | 14 днів | 2-3 кг |
| Зимові опеньки |  | 1,5-2 місяці | 1-2 | 10-14 днів | 2-2,5 кг |
| Вольваріелла |  | 1-2 місяці | 1-2 | 5-10 днів | 1,6-2 кг |
| Зморшки (умовно їстівні) |  | 2-3 тижні | 2-3 | 10-14 днів | 1-2 кг |
| Опеньки |  | 4-5 тижнів | 2-3 | 14 днів | 2-3 кг |
| Строфарія кільцева |  | 1,5-2 місяці | 2-4 | 2-3 тижні | 1-2 кг |
| Маслюк |  | 1,5-2 місяці | 5-6 | 2-3 тижні | 1-1,5 кг  |
| Трюфель | ✓ | 3-4 роки | 5-7 шт з одного деревця |  |  |

З таблиці віще, можна зробити висновки, що найбільш доцільним, у промислових масштабах, є культивування печериць, вішанок (гливи звичайної), екзотичних грибів шіїтаке та опеньок.

**1.3.2 Підбір субстрату для вирощування грибів у промислових умовах**

**1.3.2.1 Підбір методу та способу культивування грибів**

Перевірені способи вирощування грибів передбачають два варіанти: інтенсивний та екстенсивний методи. Перший – полягає у догляді за придбаними або самостійно зробленими ділянками субстрату, зараженого міцелієм. Другий метод – передбачає вирощування грибів на зрубах дерев та пнях, з просвердленими дірками по периметру та спилами, заповнених міцелієм та замкнених від комах за допомогою феллем (пробок виготовлених з натуральної деревини).

Вирощування грибів інтенсивним методом передбачає штучно створені умови. На відміну від екстенсивного методу, гриби плодоносять протягом усього року. Але мінуси також є у вирощуванні таким методом. По-перше , гриби потребують особливого клімату, що буде сприяти хорошому плодоношенню навіть зимою. По-друге, такий метод потребує постійного спостереження. Недостатня кількість вологи може призвести до відсутності урожаю. По-третє, будь яка ферма потребує фінансових вкладів, до появи прибутку.

Зараз відомі та часто застосовуються два способи інтенсивного вирощування грибів – стерильний та нестерильний. Стерильний спосіб (перший промисловий спосіб вирощування грибів) полягає в тому, що зволожене поживне середовище розміщають в автоклаві, стерилізують, а потім вводять до нього грибницю. При такому способі конкурентні мікроорганізми гинуть, а міцелій гриба вільно розвивається. Цей спосіб дає чудові результати, але він не дуже підходить для вирощування у домашніх умовах, адже потребує дотримання ряду вимог: дотримання стерильних умов протягом усього періоду культивування або внесення в стерилізований субстрат так названої мікробіологічної добавки (добавка містить в собі комплекс бактерій, які попереджають розвиток пліснявих грибів, а не самого культивованого гриба). Таку мікробіологічну добавку слід замовляти з за кордону. Найчастіше застосовують добавки виготовлені в Угорщині та Франції.

Наприкінці 1920-х років біло розроблено нестерильний спосіб вирощування грибів , зокрема вішанки (гливи звичайної), при якому необхідна тільки пастеризація (пропарювання) субстрату, а всі інші процеси проводяться у нестерильних умовах. При цьому способі немає потреби вносити бактеріальні добавки, але обов’язково слід дотримуватися санітарно гігієнічних норм, що попереджають утворення плісняви на субстраті, зараження пліснявими грибами та їх розвиток.

Нестерильний спосіб ідеально підходить для грибників-любителів, а досвід з застосування способу достатньо великий. З невеликою обережністю можна такий спосіб застосовувати на невеликих фермерських господарствах по вирощуванню грибів. Однак, серед мінусів цього способу є необхідність застосування низки складних технологічних прийомів, що потребують спеціального обладнання та підготовки спеціалістів-технологів.

Слід відмітити, що нестерильний спосіб не дає 100%-ї гарантії отримання хорошого, стабільного врожаю: завжди залишається загроза плесневіння субстрату. Тому для грибників початківців слід вирощувати невеликі партії грибів, таким чином легше проводити профілактичні заходи [5].

Простим методом пророщення грибів є екстенсивний метод, що передбачає зараження міцелієм безпосередньо деревини. Для приготування субстрату частини деревних стволів (тополя, осина, смерека, береза тощо) розрізають на короткі частини довжиною 35-40 см, або на довгі частини довжиною до 1-го мю Діаметр стволів повинен бути не меншим ніж 14 см, так як на вузьких стволах будуть утворюватися занадто маленькі плодові тіла. Крім того, деревина дуже швидко розкладається, у зв’язку із цим врожай буває невеликим. Оптимальний діаметр стовбура 30-40 см.

Одразу після підготовки зрубів їх заражають міцелієм. Найкраще робити це у суху сонячну погоду з квітня по травень. Тоді перший врожай можна очікувати вже через 3-4 місяці.

Зараження міцелієм виконують у в місцях придатних до інкубації, або безпосередньо на грибній плантації [6].

Найбільш ефективним методом є інтенсивний – адже за цим методом можна швидше очікувати першого врожаю, і це пояснюється створенням ідеальних умов для культивування того чи іншого виду грибів.

Серед способів слід зупинитися на стерильному, оскільки тільки цей спосіб може гарантувати гарний врожай у дуже короткі строки. Хоча цей спосіб потребує певних умінь, для промислового виробництва цей спосіб буде найбільш доцільним.

**1.3.2.2 Визначення субстрату для культивування**

Вибір субстрату для культивування грибів слід обирати відповідно до потреб виду гриба, що буде вирощуватися. Оскільки найбільш популярними є такі види грибів як печериці, вішанки, шіїтаке та трюфелі розглянемо варіанти субстратів, що будуть задовольняти потреби цих видів. Печериці слід вирощувати на субстратах з компосту та соломи, найчастіше використовують кінський гній – як основу субстрату. Що до вішанок (гливи) та шіїтаке вони можуть рости на субстратах з соломи, соняшникового лушпиння, кавовій гущі та інших матеріалах. Трюфелі ростуть на підстилці у добових лісах, утворюючи симбіози з корінням дубових дерев. Вирощуючи інтенсивно трюфелі, зазвичай, використовують подрібнену дубову кору та листя.

Виходячи з цього, застосування відходів лісової, деревообробної та сільськогосподарської промисловості дозволяє вирішувати ряд екологічних проблем пов’язаних з їх утилізацією, шляхом створення лігноцелюлози. Таким чином, ***лігноцелюлозні субстрати*** є ще одним економічно та екологічно виправданим способом для вирощування грибів. Досить часто використовують поєднання компостного та лігноцелюлозного субстрату для більшої кількості поживного матеріалу.

Субстрат для вирощування грибів повинен відповідати певним вимогам, аби цілком задовольняти потреби культури, що вирощуватиметься (табл. 5).

# *Фізичні властивості:*

# Розмір фракції та однорідність маси для культивування. Такий параметр визначається за типом вихідної сировини та видом грибів, який культивуватиметься. Тверді частки невеликого розміру створюють хорошу структуру субстрату, та забезпечують достатню оптимальну щільність. Часто застосовують луску соняшника або подрібнену солому.

# Кількість вологи. Вологість повинна бути підібрана індивідуально під кожен культивований вид грибів, але в межах 70%. Перезволоження грибного субстрату створює ідеальні умови для розвитку бактерій та плісняви. В результаті розвитку мікрофлори виділяється велика кількість тепла. Це тепло розігріває весь субстрат та призводить до подальшої активізації розвитку мікрофлори.

# Ступінь аерації. Ступінь аерації регулюється розміром твердих часток, в які замкнені пустоти різного розміру. Пустоти заповнені різними газами (киснем, азотом, вуглекислим газом),водою або сумішшю газу з водою.

# Стійкість до обробки. Матеріал для вирощування має бути стійким та не втрачати своєї форми або спресовуватися, не перетворюватися на труху під час ведення підготовчих робіт.

# *Таблиця 5*

# *Фізичні параметри соломистого субстрату*

| *Показники* | *Щільність субстрата при його вологості в 75%* |
| --- | --- |
| *0,3* | *0,4* | *0,5* |
| *Об’єм субстрату, Vоб.* | 1 м3 | 1 м3 | 1 м3 |
| *Маса субстрату, mс* | 300 кг | 400 кг | 500 кг |
| *Маса сухої речовини, mс.в.* | 75кг | 100 кг | 125 кг |
| *Масса води, mв* | 225 кг | 300 кг | 375 кг |
| *Об'єм твердої фази, Vт.ф.* | 0.25 м3 | 0.33 м3 | 0.42 м3 |
| *Об'єм води,Vв* | 0.225 м3 | 0.300 м3 | 0.375 м3 |
| *Газовий об'єм,Vгаз=Vоб - ( Vв + Vт.ф.)* | 0.525 м3 | 0.37 м3 | 0.225 м3 |
| *Вільний газовий простір,ВГП= Vгаз/ Vоб х 100%* | 52.5 % | 37% | 22.5 % |
|

# Буферність – тобто здатність підтримувати постійний рівень рН середовища на відповідному рівні. Культивування більшості видів грибів відбувається за слабко кислої реакції (нормальним рівнем рН прийнято вважати 6 одиниць).

# Збалансованість вмісту поживних речовин. Функціонування міцелію буде порушуватися за недостатньої кількості або дисбалансі елементів. Підвищена кількість цукрів у нестерильному субстраті буде стимулювати розмноження сорних видів, серед яких пліснява.

# Рослинна сировина містить різноманітні мінеральні елементи, накопичені рослинами в процесі росту. Усереднений склад макро- та мікроелементів рослин вказано у *таблиці* нижче.

# До основних макроелементів рослинної сировини: калій, кальцій, фосфор, магній, сірка.

# *Хімічний склад:*

# До мікроелементів відносять: залізо, мідь, марганець, цинк, молібден, кобальт.

# Вміст мінеральних елементів у рослинній сировині, зазвичай, достатньо високий та їх щільність забезпечує потреби у мінеральних елементах культивованого гриба (табл. 6, 7).

# *Таблиця 6*

# *Мінеральний склад рослинних субстратів*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Елементи* | *Вміст у сухій масі, % /ppm* | *Головні функції елементів в грибах* |
| *Макроелементи* |
| Калій (К) | 0,5-6 | Входить до складу ферментів. Необхідний для синтезу білку. Активатор ферментів |
| Кальцій (Са) | 0,2-3,5 | Компонент клітинних стінок. Активатор ферментів. Клітинна проникність |
| Фосфор (Р) | 0,1-0,8 | У складі енергетичних фосфатів (АТФ) |
| Магній (Mg) | 0,1-0,8 | Активатор ферментів |
| Сірка (S) | 0,5-1 | Компонент амінокислот та білків |
| *Мікроелементи* |
| Залізо (Fe) | 25-300 | Входить до складу ферментів |
| Мідь (Cu) | 4-30 | Активатор ферментів |
| Марганець (Mn) | 15-800 | Активатор ферментів |
| Цинк (Zn) | 15-100 | Активатор ферментів |
| Молібден (Mo) | 0.1-5?0 | Активатор ферментів |
| Кобальт (Со) | <0,1 | Азотфіксація |

# *ррт – 1 частина на мільйон (1 мг\кг).*

# *Таблиця 7*

# *Вміст мінеральних речовин у різноманітних субстратах % від сухої маси субстрату*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Субстрат* | *N* | *Р* | *К* | *С* |
| Солома: |  |  |  |  |
| Пшениця | 0,62 | 0,07 | 0,79 | 0,21 |
| Ячмінь | 0,59 | 0,11 | 1,33 | 0,32 |
| Жито | 0,56 | 0,09 | 0,9 | 0,26 |
| Овес | 0,66 | 0,1 | 1,35 | 0,2 |
| Рис | 0,62 | 0,07 | 1,22 | 0,19 |
| Залишки кукурудзяних качанів | 0,37 | 0,02 | 0,37 | 0,1 |
| Бавовняні зчеси | 0,62 | 0,07 | 0,87 | 0,14 |
| Сіно (різнотрав’я) | 1,12 | 0,21 | 1,2 | 0,48 |

# Біологічні властивості: стерильність або селективність готового субстрату.

# Стерильність – перед заселенням грибниці, в субстраті вбивають мікрофлору.

# Селективність – знижує конкурентні властивості живих організмів в порівнянні з основною культурою.

# Екологічна безпека:

# Субстрат повинен містити допустимий рівень концентрації пестицидів, радіонуклідів, важких металів.

**1.4 Підготовка субстрату**

**Подрібнення**. Цей перший етап підготовки субстрату дозволяє зробити його більш компактним. Довгі частинки гірше обробляються, між ними при недостатньому ущільненні утворюються порожнечі, які міцелій повинен долати. Зі зменшенням розміру частинок збільшується питома поверхня субстрату і збільшується швидкість освоєння субстрату. Подрібнення особливо важливо, коли доводиться використовувати як субстрат свіжу, ще не злежалу солому. У промисловому виробництві солому подрібнюють до розмірів менше 5 см за допомогою спеціальних машин (рис.1). У домашніх умовах досить буде подрібнення до 5-10 см.



***Рис. 1 Подрібнювач для соломи:*** *1 – стійки, 2 – підставка, 3 – опори кочення, 4 – фреза дискова, 5 – лопості вентилятора, 6 – біти молоткової дробарки, 7 – сітка калібруюча, 8 – приводний електродвигун, 9 – бункер, 10 – подпресовщик, 11 –відкидний кожух подрібнювача, 12 – стаціонарний кожух подрібнювача, 13 – ремінна передача, 14 – шків, 15 – механізм натягу ременів.*

**Змішування.** Для приготування комплексних субстратів, що складаються з декількох компонентів, потрібно змішування складових. Змішування буде ефективним тільки тоді, коли склад кожного з компонентів буде більш-менш однорідним, в цьому випадку даний процес можна механізувати.

**Зволоження.** Це дуже відповідальний момент. Подрібнений субстрат замочують у воді, щоб він ввібрав необхідний запас вологи на весь період культивування. Для різних технологій обробки субстрату застосовуються різні способи зволоження. Найчастіше зволоження доповнюється промиванням субстрату, при якій відбувається часткове видалення інгібіторів росту міцелію, які в природних умовах можуть зберігатися на соломі 3-4 місяці.

Внесення при зволоженні або промиванні вапна в деякій мірі полегшує насичення субстрату водою. Від надлишку вологи позбавляються або вручну, або за допомогою спеціальних пристосувань, наприклад, для цих цілей використовують валики на зразок тих, які встановлюють на пральних машинах

Оптимальна вологість субстрату − 70%. Визначають її в такий спосіб. Субстрат, відібраний з 5-10 місць, змішують. З отриманої маси відбирають 3 проби, зважують і поміщають в сушильну шафу або СВЧ-піч, висушуючи до постійної ваги. Вологість сировини розраховують за формулою

***В = (М1 – М2) х 100% / М1,***

 де, В − вологість субстрату; М1 − маса відібраної проби, г; М2 − маса висушеної проби, р.

Наступним етапом є **дезінфекція** субстрату. У природі гриби не ростуть на субстратах, які використовують для інтенсивного культивування. Н цих субстратах розвитку грибів заважають різні мікроорганізми та цвільові гриби. Більшість з них − конкуренти грибної культури, які поселяються на заготовлений субстраті, поглинають поживні речовини, перешкоджають розвитку грибниці і утворення плодових тіл. Тому при культивуванні в штучних умовах намагаються перешкоджати розвитку конкурентів. Іноді, поселяють в субстрат спеціально вирощені мікроорганізми роду баціллюс, корисні для більшості грибів і не дозволяють рости цвілевим грибам. Але в будь-якому випадку субстрат піддають дії високих температур, рідше хімічної, радіаційної обробці або СВЧ-випромінювання.

**Ферментація**. Це процес, при якому субстрат одночасно обробляють теплим і свіжим повітрям. Температуру субстрату намагаються швидко підняти до рівня 60-70 ° С і витримують протягом 8-12 годин. При даній температурі відбувається пастеризація субстрату. Далі слідує поступове охолодження субстрату до 45 ° С протягом 48-72 годин. Цей процес називається конденсуванням. Під час проведення ферментації вологість субстрату повинна знаходитися в межах 70-80%. Якщо вологість буде вище, то активізується діяльність гнильних мікроорганізмів, для існування яких не потрібен кисень. Якщо ж вологість буде нижче, то через нестачу вологи ефективність ферментації знизиться. За час ферментації в субстраті розвивається мікрофлора, що виділяє в середовище речовини антибіотичної дії, завдяки яким гальмується ріст конкурентів грибної культури, а сама вона на такому субстраті відмінно розвивається.

Температуру субстрату регулюють за допомогою пари і повітря. Свіже повітря подається через бактеріальний фільтр. Після закінчення ферментації субстрат, використовуючи примусове повітряне охолодження, доводять до температури 25-28 ° С. Природне охолодження може викликати розвиток сторонньої мікрофлори (рис.2).



***Рис. 2 Графік ферментації***

При ферментації втрати сухої маси становлять 8-15%. Температура при ферментації не повинна перевищувати 70 ° С, що створює умови для розвитку захисної мікрофлори і придушення небажаної. Для різних субстратів підбирають різні температурні і тимчасові режими обробки. Так, дослідження вчених-мікологів показали, що оптимальним часом ферментації при 60 ° С для соломи злаків і стрижнів кукурудзи є 48 годин, для букових тирси і соломи рису − 72 години, для березових і вільхових тирси − 96 годин.

**1.5. Ініціація плодоношення**

Ініціацію плодоношення по-іншому можна назвати терміном інкубації. Інкубація це процес витримки зараженого міцелієм субстрату, протягом якого міцелій розвивається до рівня, коли буде можливе плодоношення. За обраним нами методом він проводиться у штучно створених умовах.

Для кожного виду грибів необхідні свої унікальні умови (табл. 8 ), однак підтримка спеціального мікроклімату – найважливіше:

* Висока відносна вологість повітря 90-95%;
* Температура повітря в межах 21-26оС;
* Вентиляція, для нормального рівня вуглекислого газу в повітрі;
* Затемнені приміщення ( світло не потрібне, а в деяких випадках може навіть зашкодити);

*Таблиця 8*

**Оптимальні умови росту та плодоношення грибниці**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Назва гриба* | *Оптимальна температура для росту грибниці, оС* | *Оптимальна температура перед початком плодоношення, оС* | *Оптимальна температура плодоношення, оС* | *Вологість повітря, %* |
| Вішанка (глива звичайна) | 22-25 | 3-6 | 12-15 | 90-95 |
| Зимовий гриб | 24-25 | 3-5 | 5-8 | 75-85 |
| Опеньок справжній | 20-23 | - | 10-15 | - |
| Опеньок літній | 20-23 | 17-20 | 17-20 | 90-95 |
| Печериці | 23-25 | 13-16 | 13-16 | 75-85 |
| Кільцевики | 25-28 | 15-18 | 20-22 | 70-75 |

**1.6 Збір врожаю**

Після того, як плодові тіла гриба повністю сформувались, можна починати збирати врожай. У кожній грибниці будуть ростки не тільки великого розміру, але і малі, однак зрізати плоди слід усі разом. Якщо залишати дрібні грибки, після зрізання крупних, малі також перестануть розвиватися, та почнуть псуватися. Такі процеси можуть скоротити врожай та попередити появу наступних генерацій гриба.

Зазвичай, на першу хвилю культивації припадає найбільша кількість врожаю – до 70%. З наступними хвилями врожаю загальна маса плодів все менша. Якщо субстрат для культивації розміщується у пакетах, а не у ящиках, гриби не потрібно промивати чи обробляти після збору. Достатньо зрізати, укласти у спеціальні ємності для транспортування до місця реалізації.

Гриби слід транспортувати обережно, аби не пошкодити плодове тіло і гриб не втратив товарний вигляд. Ящики, зазвичай, накривають поліетиленовою плівкою аби зберегти температуру і вологу.

**2. ВІДХОДИ ГРИБНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА СПОСОБИ ЇХ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ**

**2.1 Об’єми утворення відходів грибного виробництва**

# Об’єми відходів від грибної ферми на пряму залежить від виду гриба, що культивується. Це пояснюється тим, що для кожного гриба необхідна своя кількість субстрату, та різні види грибів потребують субстратів різного складу. Розглянемо це питання на прикладі печериць та вішанок (гливи звичайної).

# За нормальних умов, при правильному підборі та виготовленні субстрату можна зібрати до 2-4 генерацій (врожаїв) гливи з однієї ділянки субстрату (грибного блоку). І таке виробництво не є безвідходним. З однієї тони вирощених плодових тіл гливи, зазвичай, утворюється не менше 6 т відпрацьованого субстрату. Цей субстрат є ферментованим міцелієм грибів з органічного матеріалу (солома, луска, кавова гуща тощо).

# Також, після вирощування гливи, залишається значна кількість поліетиленових пакетів, які повторно не застосовуються.

# Для того, щоб розуміти яку кількість відходів утворюють ферми з вирощування шампіньйонів, звернути увагу на практичний досвід вже існуючих ферм. Якщо враховувати, що зі 100 % поживного субстрату на відходи залишається приблизно 60-70% сировини (кількість врожаю буде складати приблизно 40% від маси субстрату). Отже кожен кілограм свіжих грибів буде залишати нам 2,5 кг свіжого відпрацьованого грибного субстрату. Враховуючи, що при вирощуванні печериць (*Agaricus bisporus*), покривний шар розміщується вище компосту, можна зробити висновок, що 1 кг свіжих грибів дає 3,24 кг відпрацьованого грибного субстрату, включаючи торф та вапняковий шар[18]. Гриби, що мають більш низьку ефективність перетворення ніж печериці, можуть давати до 5 кг свіжих відходів грибного виробництва на кожен 1 кг вирощених грибів. Таким чином, необхідно знайти застосування для утворених відходів [19]. Шляхом простих математичних обчислень можна отримати представлені нижче результати.

# На 1 т свіжого компосту доводиться 2-3 хвилі дозрівання грибів. Після збору останнього врожаю утилізувати необхідно близько 600-700 кілограмів використаного субстрату. З огляду на, що навіть сама невелика ферма складається з декількох блоків сировини, тобто приблизно 10-ти т компосту, змінювати який доводиться раз в 1-2 тижні, вже за місяць відпрацьований компост печериць буде складати приблизно 6-7 т.

# Якщо уявити об’єми утворення відходів не на маленьких фермерських господарствах, а на величезних плантаціях, де на фазу вирощування гриба приходиться хоча б 100 т. компосту. Таким чином об’єм відходів збільшується до 60-70 т за одну закладку. За місяць ці показники зростуть у 2-3 рази, а за рік можуть складати 2100-2500 т відходів. Таким чином вже можна сказати, що без утилізації таких відходів може виникнути серйозна екологічна проблема. Субстрат для вирощування печериць розміщується у спеціальних пластикових піддонах або ящиках. Такі відходи потребують утилізації після багаторазового використання.

# По мірі старення грибних блоків відбувається накопичення шкідливих організмів, і в кінцевому етапі відпрацьований субстрат представляє собою джерело інфекції для наступних генерацій. Нерідко фермери залишають на території господарства відпрацьовані блоки або гній. Частина з яких продовжує пророщувати гриби. Постійно діючий смітник відпрацьованого та не відпрацьованого субстрату, відповідно, створює постійний інфекційний фон на території господарства. Тому для підтримання санітарної обстановки на високому рівні та стабільній роботі підприємства, важливе значення має своєчасний вивіз відпрацьованого субстрату та рішення проблеми його утилізації.

# Джерелами інфекції можуть бути вихідні матеріали для приготування субстрату. Тому складування та зберігання сировини рекомендується проводити окремо від «чистої» зони [7].

# Раніше, будо нормальним, замість утилізації відпрацьовані субстрати грибного виробництва просто викидати на звалище. Таке поводження з відходами не є доцільним з екологічної та економічної точки зору. Адже на прикладі наших європейських колег, які вже давно ведуть свої підприємства за принципом *Zero waste* (нульові відходи). За цим принципом, підприємство не розглядає матеріал, який лишився після виробництва осьового продукту підприємства як «відходи виробництва», цей матеріал розглядається як той, що може повторно приносити користь і, що не мало важливо, додатковий прибуток. Таким чином, те що у нашій країні розглядається як проблема, у країн-сусідів розглядається як спосіб розширення виробництва.

# Грошові витрати на викидання 1 т відходів у 2007- 2009 роках складали 170 грн. З урахуванням інфляційних процесів та підвищення тарифів оплати за послуги, зараз вартість за скидання 1 т відходів грибного виробництва буде складати 450 грн. У цю суму входить вартість за розміщення відходу на звалищі – 160 грн/т, плата за збиток навколишньому середовищу – 60 грн/т, та транспортні витрати 270 – 330 грн/т. Виходячи з цього, можна розрахувати вартість скидання 100 т відходів грибного виробництва на сміттєзвалище, і ця сума буде складати 273 тис грн.

# У зв’язку із цим з’являється необхідність у пошуку раціональних способів та розробці науково обґрунтованих рекомендацій з утилізації відходів виробництва грибів.

# 2.2 Визначення класу небезпеки відходів грибного виробництва

# Клас небезпеки відходів встановлюється залежно від вмісту в них високотоксичних речовин розрахунковим методом або згідно з переліком відходів, наведених у Державному класифікаторі відходів. На всі види відходів розробляється технічний паспорт згідно з Міждержавним стандартом ДСТУ-2195-93, дія якого поширюється на 10 країн СНД.

# Стандарт «Класифікація і загальні вимоги безпеки» (ГОСТ 12.1.007-76 «Класифікація і загальні вимоги безпеки») визначає наступні ознаки для визначення класу небезпеки. Віднесення відходів до певного класу небезпечності є підставою для поводження з ними та вибору методу утилізації.

# За ступенем впливу на організм шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки:

# І – надзвичайно небезпечні;

# ІІ – високо небезпечні;

# ІІІ – помірно небезпечні;

# ІV – безпечні речовини.

# ***Перший клас небезпеки:***

# Відпрацьовані лампи люмінесцентні.

# ***Другий клас небезпеки:***

# Батареї акумуляторні свинцеві некондиційні;

# Акумулятори лужні, у т. ч. кадмій-нікелеві, некондиційні;

# Батареї свинцеві зіпсовані або відпрацьовані (автотранспорт);

# ***Третій клас небезпеки***

# Масла та мастила моторні, трансмісійні інші зіпсовані або відпрацьовані;

# Відходи піску, забрудненого нафтопродуктами;

# Матеріали обтиральні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені (Промащене ганчір'я);

# Матеріали фільтрувальні зіпсовані, відпрацьовані чи забруднені (автомобільні фільтри);

# Лакофарбувальні відходи;

# ***Четвертий клас небезпеки***

# Шини, зіпсовані перед початком експлуатації, відпрацьовані, пошкоджені чи забруднені під час експлуатації;

# Відпрацьовані накладки гальмових колодок автомашин;

# Брухт чорних металів (у т.ч. списане обладнання);

# Брухт кольорових металів (у т.ч. списане обладнання, що вміщує кольорові метали, кабельна продукція);

# Макулатура;

# Брухт абразивного інструменту;

# Пил абразивно – металевий;

# Відходи зварювальних електродів;

# Використаний спецодяг;

# Взуття зношене чи зіпсоване;

# Одяг захисний зіпсований, відпрацьований чи забруднений (рукавиці брезентові, діелектричні, костюми брезентові);

# Вироби та матеріали гумові зіпсовані або відпрацьовані (рукавички гумові, діелектричні коврики);

# Матеріали та вироби з пластмаси зіпсовані (кабіни таксофонні, каски захисні);

# Списане обладнання, деталі, у т.ч. комп’ютерне обладнання, крім джерел безперебійного живлення, акумуляторів;

# Відходи деревини;

# Будівельні відходи;

# Інші відходи [9,10].

Відходи грибного виробництва прийнято вважати абсолютно безпечними та відносити до IV-го класу небезпеки відходів. Тобто відходи грибного виробництва можна вважати цілком безпечними, навіть не дивлячись на те, що субстрат після 3-4 генерації може бути уражений пліснявою та цвільовими грибами. Оскільки усе це - безпечні для навколишнього середовища матеріали. Не дивлячись на невеликий рівень небезпеки, кожен клас відходів здійснює певний негативний вплив на природне середовище.

# Ще одним показником, що впливає на віднесення відпрацьованого субстрату до певного класу безпеки є матеріал, який застосовували під час його виготовлення. Якщо до поживного середовища було внесено гній великої та малої рогатої худоби або коней, то клас небезпеки буде IV -м. При внесенні гною свиней, курячого або гусиного посліду – відпрацьований субстрат вже відносять до ІІІ-го класу небезпеки.

# Плата за збитки середовищу в такому випадку зростають від 20 до 980 грн/т.

# Клас небезпеки відходів можна визначити скориставшись формулами:

# $$K\_{i}=\frac{lg\left(LD\_{50}\right)}{\left(S+0.1F+C\_{i}\right)}$$

# де: *Кі* – індекс токсичності кожного і- хімічного інгредієнта, що входять до складу відходів;

# *lg(LD50)* – логарифм середньої смертельної дози хімічного інгредієнта при введенні у шлунок

# *S* – коефіцієнт розчинності хімічного інгредієнта у воді;

# *F* – коефіцієнт леткості хімічного інгредієнта (визначається за тиском насиченої пари);

# *Сі* – кількість цього інгредієнта у загальній масі відходу, т/т.

# Дані для розрахунку: логарифм середньої смертельної дози хімічного інгредієнта (*lg(LD50))*, коефіцієнт розчинності інгредієнта у воді *(S)*, та коефіцієнт леткості хімічного елемента (*F)* - є сталими даними та визначаються за таблицями.

# Клас небезпеки (*Кі*) розраховують для кожного елементу відходу окремо, потім відбирають 2-3 найбільших значення та сумують їх:

# $$K\_{c}=K\_{n}+K\_{m}+K\_{h}$$

# де: *Кс* – середній індекс токсичності відходу виробництва;

# *Кn*, *Кm*, *Кh*, – індекс токсичності найбільш небезпечних елементів відходів виробництва.

# Клас небезпечності відходів відповідає значенню *Kc*, округленому до цілого числа в межах від 1 до 4. Якщо значення *Kc* більше 4, то відходи нетоксичні і можуть складуватись разом з твердими побутовими відходами [11].

# 2.3 Способи обробки субстрату після культивування грибів для його подальшого використання та утилізації

# 2.3.1 Спалювання та методи хімічної обробки субстрату

# Як вже говорилося раніше, усі субстрати, після культивування є ураженими пліснявою, цвільовими грибами, залишками грибниць. І звичайно, такий субстрат можна спробувати застосувати повторно в інших напрямках, додатково не обробляючи. Таким чином, застосувавши такий субстрат, наприклад, у сільському господарстві – як добриво, ми піддаємо ризику майбутній урожай.

# Дуже часто невеликі фермерські господарства не обробляють субстрат після вирощування грибів і, або застосовують як добриво без обробки, або просто спалюють. На перший погляд такий метод може здатися чудовим варіантом для утилізації залишків від вирощування грибів. Навіть складності із висушуванням субстрату, адже його вологість більше 70%, не є великою перешкодою. Боряться із нею за допомогою перетворення (подрібнення в дробарках до більш дрібної фракції та висушування субстрату). Зараз із цією ціллю застосовують Агрегат-сушіння-подрібнення.

# Енергоефективний агрегат для одночасної ударно-термічної сушки та подрібнення або надтонкого подрібнення сипучих дисперсних матеріалів активаторно-вихрового типу з організованими множинними зустрічно стикаючимися потоками [12].

# Хоча система подрібнення і спалення відходів достатньо налагоджена і є найлегшою, така система – є найгіршою. Під час спалювання органічних речовин у повітря буде виділятися додаткова кількість вуглекислого газу (СО2 – парниковій газ), СО, попіл тощо. Такий спосіб не є гарною ідеєю для утилізації, бо буде створювати додатковий негативний ефект на навколишнє середовище. Тому спалювання, як спосіб утилізації не розглядається. Але подрібнення та пресування – це чудовий спосіб для створення пелетів для твердопаливних котлів. Слід також врахувати, що дана галузь потребує дотримання певних вимог, яким відповідають пелети Європи.

# Створення пелет є єдиним методом переробки використаного субстрату, за якого немає потреби застосовувати додаткові пристрої. Оскільки Агрегат сушіння подрібнення знижує рівень вологи до 10% і менше а при такому рівні вологи міцелій розвиватися не здатен. В усіх інших випадках субстрат слід додатково обробити одним з методів вказаних нижче.

# Тому, перед будь яким наступним застосуванням субстрату його слід обробляти задля знищення плісняви, грибів-конкурентів та залишків грибниці. Знезаразити субстрат можна застосовуючи методи різних напрямків:

# Хімічна обробка;

# Біологічна обробка;

# Фізична обробка субстрату:

# Ксеротермічна обробка;

# Гідротермічна обробка;

# Агротехнічна обробка.

# Основні засоби хімічної обробки:

# *Хлорне вапно.* Його додають в середовище за півроку до посадки культур. Через великий строк дії, на грибних субстратах застосовується рідко. На 1 м2 доводиться до 200 г речовини, яку вносять в верхній шар землі. Хлор швидко і ефективно знищує збудників різних хвороб. Однак деякі рослини - помідори, картопля, огірки, плодові та ягідні культури - негативно реагують на цей елемент. Це необхідно враховувати у тому випаду, коли в подальшому такий матеріал повинен застосовуватися як добрива на ріллі.

# *ТМТД.* Цей фунгіцид використовується як в формі 0,6% -ї суспензії, так і в сухому стані. У першому випадку препарат розчиняють у відрі з водою і вносять в відпрацьований безпосередньо перед посадкою культурних рослин. Після внесення фунгіциду варто якісно розпушити субстрат. На кожен квадратний метр беруть близько 60 г препарату в сухому стані. При використанні суспензії на 1 м2 вносять по 10 л. Перевага цього засобу - відсутність негативного впливу на рослини.

# *Іпродіон* (2%). Суху речовину розкидають по ділянці так, щоб на 1 м2 припадало по 150 г препарату, після чого закладають його в матеріал для обробки. Засіб допомагає в боротьбі проти збудників сірої гнилі, склеротініоз, фузаріозу.

# *Формалін*. Речовина використовують приблизно за 2 тижні до того, як рослини будуть висаджені. При мінусових температурах застосовувати його недоцільно. Один стакан речовини в 40% -ї концентрації переливають у відро з водою і ретельно перемішують. Рідини, що вийшла вистачає для обробки квадратного метра субстрату (один блок). Після внесення препарату до субстрату або повторно формують блок для вирощування грибів, або готують до подальшого застосування у вигляді добрив. Допускається повторне мульчування соломою, дезинфікованим перегноєм або свіжоскошеної травою. Через три дні всі матеріали слід перемішати. В результаті формалінові пари виходять назовні. Якщо формалін не вивітрити з субстрату, то посаджені рослини на такому добриві – загинуть.

*Мідний купорос*. Дуже стійкий, агресивний фурніцід. Спосіб приготування: 50 г препарату ретельно перемішують у відрі з водою і поливають блоки. Незважаючи на позитивний вплив мідного купоросу на культурні рослини (в невеликих кількостях), не слід перевищувати рекомендовану дозу. При надлишку міді субстрат починає істотно гірше пропускати повітряні маси. У навколишнє середовище посилено виділяється закис азоту. Насадження, сильно перегодованому цим елементом, нездатні самостійно добувати собі з ґрунту залізо і фосфор. Страждають і корисні мікроорганізми. Використовувати мідний купорос можна не частіше ніж один раз на 5 років. Тому застосування такого методу дезінфікування не застосовуется.

# 2.3.2 Методи біологічної та агротехніяної обробки субстрату

# *Переробка субстратів після вирощування грибів за допомогою вермикультури для подальшого використання*

# Такий метод використовують на відпрацьованих субстратах після вирощування гливи та шіїтаке для подальшого використання субстрату у культивуванні більш цінних видів грибів.

# Субстрат після культивування гливи додатково не обробляють, а от субстрат з грибів шіїтаке – обробляють або температурою, або анаеробним бродінням.

# Спочатку субстрат буде низької температури (10о С). У нього вносять маточний субстрат з червами. І в перші три доби з субстрату продовжують рости гриби, а черви через низьку температуру залишаються на маточному субстраті без розмноження. На десяту добу після заселення субстрату червами, починається позитивна динаміка та рух червів по всьому субстрату. На 20-у добу температура субстрату з червами підіймається до 15 о С. На 42-гу добу розмноження червів починає відбуватися по всій поверхні субстрату. На 70-ту добу культура піддається першій перевірці біохімічним аналізом. Зазвичай, така культура вже достатньо перероблена для повторного створення субстрату на ній.

# Після обробки вермикультурою субстрату вміст білків збільшився в 3,6 рази, в той самий час зменшується кількість глікогену – в 2,1 рази та ліпідів у 1,8 рази.

Суть методу агротехшічшої обробки полягає у ярусному вкладанні субстрату разом із гноєм для подальшого компостування. При цьому заражений субстрат обдають парою протягом 3-4 годин. Такий спосіб буде тривалішим, але також як і більшість перерахованих вище, дозволить повторно культивувати на субстраті не тільки гриби, але й використовувати його як добрива для ріллі.

**2.3.3 Метод гідротермічної обробки субстрату**

# Часто гідротермічну обробку використовують в процесі його підготовки до пророщування гриба. Однак, той самий метод можна використати і для наступної обробки субстрату, аби прибрати міцелій.

# Вода має найбільшу теплопровідність, тому обробка субстрату у воді досить ефективна. Можливі декілька варіантів обробки:

# Субстрат укладається в контейнер з металічної сітки. Контейнер завантажують у металічний бак з гарячою водою (температура води повинна бути більше 70-80оС) на 1-2 години. Бак можна розігрівати знизу газовою горілкою. Температуру в середині бака вимірюють довгим термометром. Після обробки контейнер виймають, вологу зливають та розкладають солому на пласку поверхню для охолодження.

#  Субстрат укладають в бак шаром до 1 м. Біля дна баку вмонтовані ТЕНи. Над ними встановлюється міцна решітка, яку накривають дрібною термостійкою сіткою. Воду доливають до повного занурення субстрату. Вода розігрівається ТЕНами до необхідної температури (вище 60-80оС), процес можна оптимізувати, встановивши термічні датчики. Тривалість обробки залежить від температури та може тривати від декількох годин за температури більше 70-90оС до 16-24 годин при температурі, що буде вищою за 65оС.

# Субстрат завантажують транспортером в запарник. В запарник заливають воду так, аби субстрат був повністю занурений. Воду підігрівають парою. Обробку проводять за температури більше 90оС. Обробка повинна тривати більше 2-8 годин. Після обробки воду слід злити та розкласти на пласкій поверхні для охолодження.

# Проводити гідротермічну обробку можна за допомогою спеціальних тунелів (пастеризація). Застосування такого обладнання рекомендується для великих підприємств і пояснюється досвідом великої кількості підприємств по вирощуванню печериць. Для обробки за допомогою тунелів достатньо мати бетонну площадку або мілкий басейн для замочування великих об’ємів соломи (чи інших елементів субстрату). Принцип роботи та облаштування тунелю для пастеризації можна побачити на рис.3.

# Рис. 2.

# *Рис. 3 Конструкція тунелю: 1 – шахта приточної вентиляції, 2 – фільтр мікробіологічного очищення повітря, 4 – елемент охолодження повітря, 3, 5 – регулюючі канали зовнішнього та внутрішнього тиску, 6 – забірна шахта рециркуляційного повітря, 7 – вентилятор, 8 – дифузор, 9 – камера статичного тиску, 10 – підлога тунелю з щілинами, 11 – трубопровід подачі пари* [29]*.*

# У гідротермічної обробки є ряд переваг для дезінфекції, серед яких:

# Відсутність необхідності повторного зволоження субстрату перед обробкою;

# Можливість точного регулювання температури та часу обробки;

# Замочування сприяє вимиванню легкодоступних джерел харчування або інгібіторів, таким чином, селективність субстрату буде вищою;

# В гарячій воді швидко відбувається гідратація спор мікроорганізмів та підвищує їх чутливість до термічної обробки.

# Недоліки гідротермічної обробки:

# Великі витрати води;

# Великі втрати енергії на розігрівання води;

# На деяких субстратах можливе сильне перезволоження (бавовняні счеси) або втрата структурних властивостей (луска гречки);

# Не достатньо хороший метод для великих об’ємів виробництва.

# Після гідрологічної обробки необхідно ретельно контролювати вологість субстрату в процесі вивантаження субстрату з бака. Верхні шари субстрату, зазвичай, мають оптимальну вологість (68-72%), нижчі шари є перезволоженими.

# В наступній таблиці можна побачити різні варіанти для гідрологічної обробки субстрату (табл. 9).

# *Таблиця 9*

# Варіанти гідротермічної обробки

| *Субстрат* | *Режим**обробки* | *Примітки* |
| --- | --- | --- |
| Солома + вапно | 60-65оС13 годин | Солому завантажують в бак 3 м3 і заливають гарячою водою (70оС), охолоджують, промивають холодною водою |
| Солома | 60-80оС16 годин | Солому завантажують в бак 2,5 м3 і заливають водою (90 оС), залишають на ніч охолоджуватися, порціями, в невеликій ванні обробляють |
| Солома | 60оС6 годин | Солому завантажують в бак 2,5 м3 і заливають водою, гріють парою до 60оС. Охолодження порціями на столах |
| Солома | 70оС5 годин | Солому завантажують в бак 1,5 м3 . Воду нагрівають парою до 70оС (протягом 7 годин). Охолодження проводять порціями |
| Солома | 60оС2 години | Солому завантажують в бак 2,5 м3 і заливають водою, воду гріють до 60оС. Охолодження проводять холодною водою |
| Луска+счеси бавовни+шкірки (10%) | 60оС48 годин | Субстрат завантажують в бак 2 м3 і заливають вже гарячою водою (70оС). Охолоджувати слід порційно у ваннах. |
| Луска соняшника | 65оС12 годин | Луску завантажують в бак 2 м3 і заливають гарячою водою (70оС). Охолоджують порційно у ваннах. |
| Бавовняні счеси | 70оС2 години | Счеси завантажують в бак 2 м3 і заливають гарячою водою (75оС). Охолоджують невеликими порціями на столах. |
| Багаття льону+папір+шкірки | 90оС2-3 години | Субстрат завантажують у змішувач-запарник (С-6), заливають водою, воду нагрівають парою до 90оС. Субстрат періодично перемішують. Охолоджують водою. |

# 2.3.4 Методи обробки субстрату ксеротермічним методом

# Ксеротермічна технологія обробки субстрату відноситься за типом дії до жорсткої пастеризації. За цим методом сухий субстрат, що може складатися з соломи або кінського гною, за умов атмосферного тиску нагрівається парою до 100оС (за допомогою простих пристроїв) або до 102-103оС (виконується на більш складних пристроях). Вперше такий метод обробки було застосовано після нафтової кризи у 1977 р в Угорщині.

# Основні характеристики ксеротермічної технології:

# Коротка експозиція термообробки проводиться за швидкого охолодження водою з одночасним зволоженням субстрату. Таким чином можна скоротити витрати енергії та часу.

# Цей метод дозволяє знищити первинну інфекцію, однак ендоспори бактерій та частина спор конкурентних грибів виживають.

# Зберігається незначна кількість легкодоступних поживних речовин.

# Ендогенний мікробіологічний захист відсутній за мінімальної селективності.

# Такий метод дозволяє застосовувати екзогенний захист (фунгіциди типу фундазол) з високою ефективністю.

# Даний метод потребує дотримання певних вимог: всі роботи повинні проводитися в чистих умовах, із застосуванням тільки стерильного та швидкоростучого міцелію. Стерильного швидкоростучого міцелію беруть тільки конкурентні комерційні сорти, що не є чутливими до бактеріальних метаболітів.

# Багатий субстрат, що насичений легкозасвоюваними поживними речовинами, не застосовується безпосередньо після ксеротермічної обробки, спочатку необхідно провести мікробіологічну ферментацію. Поживні добавки до субстрату краще не додавати.

# Вода для замочування та охолодження субстрату повинна бути мікробіологічно чистою (або просто стерильною).

# При застосуванні повітряно-сухої сировини на 1 тону субстрату додають 1,5-2,0 тони води. Внесення до субстрату 0,01% фундазолу забезпечує захист від конкурентних представників плісняви.

# Таким чином маса блоку субстрату не повинна перевищувати 25 кг, а щільність субстрату повинна знаходитись в межах 0,3-0,50 кг/л.

# Важливі особливості ксеротермічної обробки, що до процесу проведення технології можна побачити у табл. 10.

# *Таблиця 10*

# Особливості ксеротермічної технології

|  |  |
| --- | --- |
| *Параметри* | *Характеристика* |
| Тиск | В межах атмосферного |
| Температура обробки | 100-103оС |
| Термін обробки | 1-4 години |
| Термічний гідроліз | Слабко виражений |
| Селективність | Втрачається практично повністю |
| Мікрофлора | Залишаються тільки ендоспори бактерій |
| Екзогенний захист | Можливе додавання беномілу (фундазолу) |
| Умови інокуляції та фасування | Близькі до стерильних |
| Міцелій | Стерильний |
| Сорти | Стійкі до бактеріальних виділень |
| Вода | Мікробіологічно чиста (дистильована) |

# Ксеротермічна обробка (європейського варіанту) складається з декількох послідовних етапів:

# Субстрат перед обробкою повинен бути подрібненим, якщо це не було проведено під час його підготовки до культивування (розмір 15-20 мм).

# Подрібнений шрот подається шнеком до контейнера, де рівномірно розподіляється спеціальним пристроєм. До одного контейнеру входить 2,5 тони сухого подрібненого шроту. На 1 тону повітряно-сухої сировини додають 1,5 – 2.0 т води.

# Камера виготовлена з нержавіючої сталі та має гарну теплоізоляцію скловатою.

# Будь які контейнери для обробки такого типу виповнені з нержавіючого термостійкого матеріалу. Контейнери кріпляться на колесах, для зручності транспортування. Контейнер цілком розміщують у ксеротермічній камері для обробки з «брудної» зони. Для ксеротермічної обробки можна застосовувати частково переобладнаний пристрій – запарник-змішувач (рис.4, рис. 5).

# Рис. 1.

# *Рис. 4. Змішувач кормів одновальний СКО-Ф-3-1: 1 – корпус, 2 – кришка, 3 – змішувач, 4 – завантажувальний отвір, 5 – шиберна заслінка, 6 – оглядовий люк, 7 – привід вивантажувального шибера, 8 – вивантажувальний шибер, 9 – вивантажувальний шнек, 10 – привід вивантажувального шнеку, 11 – паророзподілювач, 12 – електродвигун, 13 – редуктор, 14 – пульт керування, 15 – зрошувач.*

# *http://ok-t.ru/studopedia/baza13/1640085218159.files/image126.gifРис. 5. Система керування СКО-Ф-3-1: 1 – шток, 2 – гвинт, 3 – електродвигун, 4 – шнек вивантажувальний, 5 – корпус, 6,8 – кінцеві вимикачі, 7 – важіль* [28].

# В такому методі краще застосовувати ксеротермічні камери прохідного типу. Завантаження проводять з брудної зони, а вивантаження відбувається в чисту зону. Субстрат в камері обробляється парою низького тиску за температури 100оС. Для досягнення рівномірної обробки працює система циркуляції повітряно-парової суміші. На крупних підприємствах, де процес автоматизовано, управління може вестися за допомогою комп’ютера. Температуру субстрату контролюють шістьома датчиками. Данні можна зафіксувати за допомогою самописців. Також у способі застосовуються спеціальні контрольні термометри, що дозволяють контролювати температуру субстрату. Пара подається від потужного парового котла.

# Час кожної операції можна розділити на етапи, а їх тривалість описано у таблиці 11.

*Таблиця 11*

# Ксеротермічна обробка. Етапи

|  |  |
| --- | --- |
| *Етапи (Завантаження камери 10 т вологого субстрату. Змінна виробка 30 т)* | *Час* |
| Заповнений контейнер розміщують у ксеротермічній камері, приєднують до контейнеру спеціальні датчики та закривають камеру | 5 хвилин |
| Субстрат у контейнері нагрівають до 100оС при постійній підтримці циркуляції повітря | 30 хвилин |
| Обробляють субстрат при температурі 100оС в режимі постійної циркуляції повітря | 70 хвилин |
| Після обробки субстрату пару випускають з контейнеру | 10 хвилин |
| Контейнер видаляють з камери пастеризації та від’єднують усі датчики | 5 хвилин |
| Загалом: | 120 хвилин |

# Після обробки вивантаження камери відбувається в чисту зону при замкнених «брудних» воротах. Цілком можливо, виповнивши невелику кількість перетворень, можна використовувати камеру ксеротермічної обробки для пастеризації або ферментації субстрату. Контейнери з пропареним субстратом перевозять до камери вивантаження. Кожен контейнер повинен бути оснащеним розвантажувальним конвеєром. Під час вивантаження субстрат розпушується фрезерною насадкою та одночасно зволожується. Субстрат направляється через головний зволожуючий шнек, де він змішується з водою до досягнення необхідної вологості (70-72%).

# Субстратна вода питної якості подається через водяний лічильник. Вода прибуває з двох резервуарів, обладнаних змішувачами та насосами. До води можна додавати бактерицидні препарати (гіпохлорит натрію) або фунгіциди (фундащол).

# Таким чином ксеротермічна обробка завершена. Після такої обробки субстрату, наприклад після вирощування печериць, можна використати повторно в якості нового субстрату для вирощування будь-якого різновиду Agaricus (печериць). Якщо такий субстрат додатково збагатити бавовняним та соєвим шротом. На прикладі Китаю ферми дуже часто вирощують солом’яний гриб вольварієлла на субстратних залишках після вирощування печериць або гливи. На прикладі Польщі, можна використавши тирсу або солому з додаванням залишків вирощування агаріку бразильського для вирощування гливи, строфарії чи луговиків[17] .

# 3. НАПРЯМКИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ГРИБНОГО ВИРОБНИЦТВА

# 3.1 Застосування відпрацьованого грибного субстрату як основу для нового субстрату

# Вище вже не одноразово згадувалися напрямки застосування відпрацьованого грибного субстрату в нових циклах вирощування у зв’язку з його економічною та екологічною життєдіяльністю. При розгляді впровадження концепції *Zero waste* (нульові відходи) у виробництві їстівних грибів, можна застосовувати відпрацьований грибний субстрат в рамках одного процесу. Така концепція є дуже привабливою, адже дозволяє краще використовувати біомасу та енергію, задіяну в процесі, в наслідок чого підвищується енергетична ефективність процесу та економія ресурсів. Однак, така концепція створює ряд важливих ускладнень, пов’язаних з дотриманням стандартів якості вирощування грибів, з недопущенням надмірних грошових витрат, які невдало впливають на процесі вирощування загалом. Основні складності виникають через біологічні та агрономічні параметри, які пов’язані з виробництвом гриба. Повторно відпрацьовані субстрати, у нових циклах, використовувати не слід, якщо кількість врожаю зменшується, а ферма втрачає життєздатність. За дослідженнями та новими методологічними напрямками наших Європейських сусідів, стало відомо, що перероблений відпрацьований субстрат можна застосовувати для вирощування тих самих, або інших видів грибів. І це можна робити без негативного впливу на врожайність у порівнянні у порівнянні з використанням субстратів, виготовлених із 100% свіжої сировини. Таким чином кожна ферма повинна проводити свої власні технологічні дослідження, оскільки невеликі розбіжності в сировині для компосту, а також у розбіжності методів вирощування грибів та покривних шарів, оскільки вони можуть впливати на всю життєздатність грибного виробництва замкненого циклу.

# Серед можливих застосувань субстратних відходів достатньо часто зустрічається їх використання для біоремедіації (тобто очищення повітря, води, ґрунтів та розкладення пестицидів), для вирощування інших культур (квіти, овочі та фрукти), а також як звичайне добриво. Такий матеріал нерідко застосовують у ландшафтному дизайні, як корм для тварин (також у аквакультурі), при боротьбі із шкідниками у вермикультурі, як джерело деструктивних ферментів тощо.

# Гриби можуть створювати широкий спектр гідрологічних та окислювальних ферментів. Напрямок повторного застосування відпрацьованого грибного субстрату в нових циклах грибного виробництва засновано на різноманітній ферментативній активності різних видів грибів, що доводить необхідність послідовного використання такого матеріалу у наступних циклах вирощування. При повторному застосуванні матеріалів з високою ферментативною активністю для підготовки субстратів розрахованих на різні види грибів, необхідно враховувати такі аспекти, як їх збагачення та поєднання з іншими матеріалами, методи обробки та отримані результати.

# За дослідженнями різних іноземних вчених, таких як Тилль, Мерфі та Шислер, які зробили значний внесок у дослідженні та впровадженні технології повторного застосування відпрацьованого грибного субстрату, після оброки субстрату температурою до нього додають бавовняний та соєвий шрот. За для найкращого культивування грибів до субстрату перед термічною обробкою можна додати кукурудзяні початки та бавовняну муку. У різних дослідженнях застосовуються суміші некомпостованого субстрату на основі дубової тирси, проса та відпрацьованого грибного субстрату. Такі суміші з некомпостованого та відпрацьованого грибного субстрату дають таку саму кількість врожаю, як і компости першої фази без додавання спеціальних поживних речовин. Якщо створювати субстрат, який на одну половину буде складатися з некомпостованої частини, а на іншу з відпрацьованого грибного субстрату, з додаванням 10%-ї поживної добавки з поступовим вивільненням речовин, можна отримати до 27 кг грибів з 1 м2 [21, 22].

# Повторне застосування відпрацьованого грибного субстрату при створенні нового компосту повинно здійснюватися відповідно до суворих стандартів та дотриманням процесу компостування (фаза І). Всі складники повинні вноситися у правильній кількості, у відповідний період часу та зволожуватися до необхідного для грибів рівня. На першій фазі компосту печериць співвідношення азоту та вуглецю повинно бути 1:30. Тобто, на одну частину азоту потрібно 30 частин вуглець. Інше співвідношення може привести до появи аміаку у компості, що є неприпустимим для печериць (отрута) або до утворення зеленої плісняви [23]. Компост другої фази відповідає стандартам, рекомендованим для пастеризації (57 – 60о С протягом 8-12 годин) та фізичного, хімічного та біологічного кодиціонування (45-48о С Період, протягом якого відбувається пророщення буде складати 15 діб у стерильних умовах. Стерильні умови зберігаються після пастеризації та необхідні для кращого пророщення грибниці.

# Такий самий метод може застосовуватися не тільки для вирощування печериць, але і для грибів виду Pleurotus ostreatus. Таким чином можна поєднувати відпрацьований грибний субстрат від вирощування плевротів та печериць у відношенні 9:1 або 8:2. Такий субстрат буде забезпечувати врожай у межах 36-39% від початкової ваги субстрату, що не сильно відрізняється від показників, які ми отримуємо при застосуванні субстратів вперше.

# Застосування відпрацьованого грибного субстрату як основи для покривного шару

# При вирощуванні агарікових та інших видів грибів у промислових умовах, плодоношення відбувається у покривних шарах субстрату, матеріалу, який використовується у якості верхнього шару. Покривний шар субстрату вкладається після того, як субстрат заражається міцелієм для того, аби перейти від вегетативного розвитку до ініціації плодоношення. Компост, який заселяється міцелієм без додавання покривного шару не почне як слід давати врожай. Покривний шар повинен володіти певними фізичними, хімічними та мікробіологічними характеристиками. Цей шар повинен бути добре спушеним та мати достатню порозність, високу гігроскопічність, низьку засоленість та щільність [24, 25, 26]. Такий шар не повинен складатися з однорідного матеріалу, тобто до субстрату для покривного шару додають матеріали різного походження, адже вони є чудовим джерелом поживних речовин.

# У грибному виробництві відпрацьований субстрат як покривний шар застосовується часто, і таке впровадження вже широко використовується у нашій країні на крупних підприємствах. З екологічної точки зору від повної або часткової заміни торфу на відпрацьований грибний субстрат дає як екологічну та економічну вигоду для підприємств. Однак, не слід застосовувати відпрацьований грибний безпосередньо у якості покривного шару одразу, оскільки після термічної обробки (ксеротермічним або гідротермічним методом) необхідно провести промивання та дозрівання.

# Аби процес термічної обробки не був занадто енерговитратним, слід обрати найшвидший метод. Найшвидшим та найменш витратним методом буде ксеротермічний, оскільки це швидке прогрівання на 2-4 години.

# Після термічної обробки настає процес дозрівання та промивання і триває протягом 4-20-ти тижнів. Процес проводять на майданчиках схожих за умовами на приміщення для вирощування грибів.

# Ще одним способом застосування відпрацьованого грибного субстрату всередині виробництва, є виготовлення компосту за допомогою вермикультури (створення біогумусу). В подальшому такий біогумус застосовується як добавка до субстрату при вирощуванні інших грибів.

# Процес попередньої обробки субстрату вермикультурою не потребує термічної обробки (якщо відпрацьований грибний субстрат після вирощування печериць або гливи) і дозволяє одразу заселяти до нього черв’яків. Субстрат після вирощування екзотичних грибів, таких як шіїтаке, слід піддавати додатковій термічній обробці або замінити на анаєробне бродіння. Для такого методу можна використовувати дощових червів – *Lumbricina.*

# Спочатку субстрат буде низької температури (10о С). У нього вносять маточний субстрат з червами. І в перші три доби з субстрату продовжують рости гриби, а черви через низьку температуру залишаються на маточному субстраті без розмноження. На десяту добу після заселення субстрату червами, починається позитивна динаміка та рух червів по всьому субстрату. На 20-у добу температура субстрату з червами підіймається до 15 о С. На 42-гу добу розмноження червів починає відбуватися по всій поверхні субстрату. На 70-ту добу культура піддається першій перевірці біохімічним аналізом. Зазвичай, така культура вже достатньо перероблена для повторного створення субстрату на ній.

# Після обробки вермикультурою субстрату вміст білків збільшився в 3,6 рази, в той самий час зменшується кількість глікогену – в 2,1 рази та ліпідів у 1,8 рази [30]. Широкого застосування до сьогоднішнього дня метод не набув. І широкомасштабні дослідження в даному напрямку також не проводилися.

# Наступним прикладом застосування відпрацьованого субстрату може стати його застосування на присадибних ділянках або безпосередньо для тепличного вирощування їстівних культур.

# Одразу після збору грибів субстрат (грибний блок) все іще містить достатню велику кількість живильних елементів, серед яких азот, калій, кальцій, мінерали мікроорганізми та бактерії, і безпосередньо грибниці з плодовими тілами, які починають розкладатися. Таких елементів потребують рослини для швидкого та продуктивного росту, також частина вище перерахованих елементів сприяють створенню міцного імунітету у рослин. Мікроорганізми, що містяться в субстраті при потраплянні в ґрунт здатні змінити його хімічні та фізичні властивості в кращу сторону. Такий варіант є найкращим для стану земель, оскільки застосування хімічних добрив буде додатково виснажувати ґрунти та організми, які у ньому живуть (черви, мікроби, корисні бактерії). Ґрунтові організми від хімічних речовин почнуть гинути або шукати кращих джерел живлення. Таким чином вплив відпрацьованого субстрату може стати чудовим помічником для земель. Залишки органіки можуть змінювати структуру ґрунту і змінювати піщаний ґрунт на більш м’який, що буде краще втримувати вологу, а глинисті землі навпаки будуть краще підсушуватися. З відпрацьованого субстрату рослинам легше вбирати поживні речовини, оскільки вони містяться у більш доступному вигляді (компост).

# Після термічної обробки субстрат необхідно дезінфікувати. Одним з найпростіших способів оброблення – ультрафіолетовими хвилями. Ультрафіолетові хвилі здатні впливати на метаболізм та руйнує клітинну структуру бактерій. Випромінювання з довжиною хвилі 320-400 нм починає вступати в реакцію з киснем, розчиненим у воді, виробляються високоактивні форми кисню (поєднання вільних радикалів кисню та перекису водню), це і знищує патогенні організми. На невеликих фермах можна піддавати компост обробці просто неба з періодичним помішуванням. В промислових умовах слід розміщувати компост у спеціальних кімнатах з автоматичним перемішувачем та ультрафіолетовою лампою.

# Перед початком засівання ділянки збагаченої підготовленим компостом, необхідно розпушити шар ґрунту та трохи змішати з компостом. В наступних діях при висадженні культур можна дотримуватися загальноприйнятих правил.

# Застосування відходів грибного виробництва у біоремедіації земельних ресурсів

#  Біоремедіація – метод очищення навколишнього природного середовища із застосуванням метаболічного потенціалу біологічних об’єктів – мікроорганізми, гриби, рослини, комахи тощо. Зараз у літературних джерелах зустрічаються декілька основних підходи до біоремедіації ґрунтів за допомогою мікроорганізмів: біостимуляція – застосування аборигенних мікроорганізмів на забрудненій ділянці, біологічне доповнення – до ґрунтів вноситься біопрепарати, що здатні деградувати забруднювач [31].

# Застосування безпосередньо грибів для очищення земель, таких як *Pleurotus, Suillus* – вже встигло стати буденним методом. І можна зробити припущення, що відпрацьований грибний субстрат, у якому після культивування грибів залишаються саме ті речовини, які необхідні для зниження рівня токсичності ґрунту. Однак, застосування з цією метою відходів грибного виробництва поки мало розповсюджене.

# Суть методу полягає у тому, що після повного відпрацювання лігноцелюлозних субстратів від вирощування грибних культур, міцеліально-субстратний комплекс вноситься до грунтів, які уражені токсичними речовинами. Міцеліально-субстратний комплекс після відпрацювання піддавати додатковій обробці не потрібно, адже фізико-хімічні властивості існуючого комплексу є задовільними для даних цілей.

# Слід також враховувати, що за даними досліджень, які було опубліковано у 2019 році Пензенським державним аграрним університетом, рекомендовано для даного методу застосовувати відходи виробництва лікарських грибів. Зокрема відрекомендовані представники виду *Trametes versicolor* та *Ganoderma lucidum*. Також у якості біоремедіанта для застосування на грунтах забруднених поліфенольними з’єднаннями рекомендують відходи вирощування *Pleurotus ostreatus*, які дали чудові показники у переробці земель з високими показниками інтегральної токсичності [32].

# Розрахунок додаткових витрат та прибутку від утилізації відпрацьованого грибного субстрату на прикладі Pleurotus ostreatus

# Для повторного застосування відпрацьованого грибного субстрату, його необхідно обробити термічно та знову заселити міцелієм. Оскільки знезараження грибного субстрату для вирощування гливи звичайної відбувається за методами гідротермічної та ксеротермічної обробки, ці самі методи використаємо і для повторного знезараження. Зупинитися слід безпосередньо на найшвидшому методі – ксеротермічна обробка (за допомогою ксеротермічних камер). Ксеротермічна обробка триватиме 1-2 години у одновальній камері для перемішування кормів СКО-Ф-3-1. Субстрат для вирощування гриви було зроблено із соломи пшениці. Після культивування у блоках залишилося (початкова вага блоку 10 кг, вологість 72%) 2,5 кг – залишки соломи, 7,5 кг – вода та залишки грибниць.

# Технічні параметри камери, необхідні для розрахунків:

# Маса СКО-Ф-3 – 1 700 кг;

# Об’єм камери – 3 м3 = 3 000 л;

# Витрати пари – 160 – 200 кг/т;

# Тривалість обробки – 1-2 год;

# Температура субстрату початкова – 20оС (температура для вирощування літніх штамів;

# Температура субстрату кінцева – 100оС;

# Затрати електричної частини 7,77 кВт;

# Час для нагрівання – 20 хв;

# Щоби визначити затрати на ксеротермічну обробку субстрату необхідно розрахувати потужність парогенератора, кількість теплоти необхідну для обробки матеріалу. Кількість тепла для нагрівання визначається як сума кількості тепла витрачених на нагрівання баку (Q1) та тепла, необхідного для нагрівання безпосередньо самого субстрату (Q2).

# *Q1=c1m1t*

# *c1 = 0,11 ккал/(кг/оС)* – питома теплоємність металу;

# *m1 = 1 700 кг* – маса бака;

# *t = 100 – 20 = 80oC* – різниця початкової та кінцевої температури баку;

# *Q1=0,11х1 700х80=14 960 ккал.*

# *Q2=c2m2t*

# *c1 = 2,3 кДж/(кг\*оС)=0,55 ккал/(кг/оС)* – питома теплоємність солом’яного субстрату;

# *m2 = Vρ кг* – маса субстрату;

# ρ =150 кг/м3=0,15 г/см3 – щільність солом’яного відпрацьованого субстрату;

# *m2 = 3 000х0,15=450 кг;*

# *Q1=0,55 х 450 х 80=19 800 ккал.*

# *Q = 14 960 + 19 800 = 34 760 ккал.*

# Потужність – кількість енергії, яку необхідно довести до матеріалу протягом години.

# *W = QT*;

# *W = 34 760 х 0,00116=40,32 кВт.*

# Потужність розраховано за умови, що ККД парогенератора 100%. Однак, необхідно врахувати також, втрати температури (3-5%), зміни у напрузі струму (5%) та недоліки у структурі нагрівальних ТЕНів (5%).

# Таким чином значення потужності парогенератора остаточна буд рівна:

# *W = 40,32+15% = 46,37 кВт.*

# *Щоб нагріти субстрат за 30 хв, необхідно:*

# *46,37 х 2 = 92,74 кВт.*

# Оскільки термічна обробка повинна тривати протягом 2-х год, загальні витрати енергії на нагрівання будуть такими:

# *92,74 (нагрівання 30 хв + 46,37 (обробка 1 год) + 23,18 (обробка 30 хв) + 7,77 (робота електричних приладів)= 170,06 кВт* – енергетичні витрати на обробку відпрацьованого грибного субстрату (на парогенератор).

# За даними тарифних планів, які отримано з сайту novakom.com.ua, 100 кВт електроенергії – 90 грн. З цього:

# *1 кВт = 0,9 грн;*

# *170,06 х 0,9 = 153,05 грн –* затрати на ксеротермічну обробку субстрату.

# Аби визначити затрати на проведення такої обробки, необхідно врахувати ще і витрати води. Розрахувати витрати води на обробку, можна знаючи витрати пари апарату. Оскільки витрати пари складають 160 кг/т, то знаючи масу матеріалу, яку необхідно нагріти, можна визначити кількість пари, яка необхідна для обробки.

# 1 т матеріалу – нагрівається 160-ма л води;

# 450 кг субстрату – 45% від 1 т;

# 45% від 160 л – 72 л пари.

# Створення зацикленої системи подачі пари, можна іще скоротити витрати води. Таким чином конденсат від пари повторно перетворюється на пару, та знову вводиться в систему.

# За 2 години цей показник витрат води не зміниться і буде становити 72 л. Такі низькі затрати води пояснюються повторним застосуванням конденсату, що додатково буде скорочувати витрати електроенергії. Вартість 1 м3 води – 13,32 грн (вартість вказано з урахуванням відсутньої необхідності на відведення води).

# Вартість 1-го літра води буде складати 0,013 грн.

# *72 х 0,013 = 9,36 грн* – грошові витрати на воду для ксеротермії.

# Загальні витрати на ксеротермічну обробку, складатимуть 153,09 грн.

# Вага блоку субстрату для вирощування гливи звичайної приблизно 10 – 12 кг, а його вологість складає 72%. З розрахунку на те, що до нового грибного блоку увійде 9,7 кг субстрату, можна визначити які затрати йдуть на підготовку повторного субстрату:

# *450кг / 9,7 = 46,37* – мінімальна кількість блоків для вирощування гливи, на які вистачить обробленого матеріалу.

# *153,05 + 0,93 = 153,98 грн* – загальні грошові витрати на обробку 450 кг відпрацьованого грибного субстрату.

# *153,98 / 46,37 = 3,32 грн* – затрати на приготування повторного субстрату для одного блоку (без урахування витрат на міцелій та пакети для грибного блоку).

# За тим самим принципом, витрати на підготовку первинного субстрату (без урахування витрат на пакети для блоків та міцелій, адже ці показники більш менш постійні) складатимуть 3,24 грн. При розрахунку витрат було враховано вагу соломи (повітряно-сухий матеріал, який необхідно зволожувати) – 2,5 кг (щільність 0,15 г/см3) та її вартість ; витрати на роботу ксеротермісної камери; витрати на зволоження субстрату.

# З цього виходить, що витрати на підготовку поживного середовища з вже відпрацьованого субстрату будуть незначно, але більшими, ніж грошові витрати на початковий субстрат. У масштабах одного блоку різниця вартості витрат, є незначною. І така різниця буде нівелюватися за рахунок відсутності витрат на утилізацію відпрацьованих грибних матеріалів.

# Повторне застосування субстрату можна продовжувати до тих пір, поки при зборі першої хвилі гливи звичайної, не з’явиться від’ємна різниця врожаю у 10%. Навіть таке зниження врожаю є суттєвим натяком на зміну матеріалу для субстрату.

# Після отримання від’ємного показника врожаю, гливу збирають дотримуючись усіх правил та етапів. Відпрацьований субстрат піддають знову ксеротермічній обробці та використовують уже як покривний шар для вирощування овочевих та фруктових культур. Таке застосування може сприяти розширенню виробництва або створенню компостів, які можна продавати іншим аграрним підприємствам.

# Таким чином реалізовується концепція безвідходного виробництва, де відходи не розглядаються як проблема, а як нове джерело прибутку.

# ВИСНОВКИ

# З початком нового етапу у розвитку грибної промисловості, з’явилася велика кількість фермерських господарств та крупних підприємств цієї галузі. Україна кожного року намагається не відставати від країн сусідів, та брати орієнтир на світових лідерів, розширюючи виробництва та збільшуючи кількість випуску продукції. Поступово розвиваючи грибне виробництво, країна змогла вийти на рівень самозабезпечення ринку, без додаткового експорту з інших країн. У перспективі подальшого розвитку розглядається збільшення галузі до розмірів експорту до інших країн не тільки самих грибів, але і компостів для їх вирощування. Такий розвиток приводить до збільшення об’ємів утворення відходів виробництва.

# І, хоча грибне виробництво створюють як простий спосіб утилізації відходів лісо-заготівельної, деревообробної та аграрної промисловості, для зменшення відходів (створюють лігноцелюлозні субстрати), таке виробництво також утворює відходи. З ними необхідно поводитися відповідно до класу їх небезпеки. Відходи грибного виробництва вважають цілком безпечними, оскільки вони не містять токсичних речовин, не можуть негативно впливати на здоров’я людини та для них не створюють показника ГДК.

# Оскільки в процесі культивування грибів ми ніяк не можемо вплинути на кількість утворення відходів, слід звернути увагу на методи утилізації, адже скидання такого відходу на звалищах – дорога та не доцільна процедура. До того ж, знезараження відпрацьованого субстрату може допомогти у реалізації цього матеріалу в подальшому.

# Зараз відпрацьований субстрат прийнято використовувати у вигляді покривних поживних шарів для висадження огірків, помідорів або інших їстівних культур. Також часто використовують такий матеріал для вкривання простору біля кущів та дерев, що вберігає рослини від додаткового негативного впливу.

# Після обробки відпрацьованого субстрату його можна застосовувати і в середині виробництва. Таким самим чином економити кошти на утилізації та застосовувати їх для розширення виробництва.

# Застосовувати субстрат рекомендується після термічної обробки у ксеротермічній камері (парою) протягом 2-х годин. Серед напрямків застосування можна розглядати повторне введення відпрацьованого матеріалу як покривного шару до субстратів, оскільки безпосередньо культивування більшості їстівних грибів відбувається саме на цьому шарі. В таких випадках після термічної обробки до поживного середовища вносять шрот бавовни та сої. А перед обробкою, як поживний компонент можна додати бавовняну муку або кукурудзяні початки. Немало важливим може стати використання матеріалу від вирощування одних грибів, для культивування інших. Оскільки у кожного виду гриба є свої особливості та речовини які виділяються у процесі розвитку. Такі речовини можуть бути необхідні для інших видів.

# Досить цікавим для розробки може стати застосування вермикультури для створення субстратів, які в подальшому будуть застосовуватися у вирощуванні печериць. Оскільки після обробки вермикультурою значно збільшується кількість білків та знижується об’єм ліпідів і глікогену.

# Немало важливий внесок можуть давати відпрацьовані компости у біоремедіації земель, вод і повітря. Такий метод буде дозволяти покращувати загальне становище середовища. До того, це майже чи не єдиний метод, який без додавання зайвих хімічних речовин, дозволяє зменшувати токсичний індекс ґрунту після застосування пестицидів та гербіцидів, розкладаючи шкідливі речовини швидше, аніж проходить період напіврозпаду.

# Однак, за для реалізації концепції нульових відходів слід зупинитися на застосуванні субстрату у замкненому циклі – як основу нового субстрату із незначним додаванням свіжих матеріалів. До того ж різниці у врожайності таких компостно-міцеліальних комплексів немає. Що до грошових витрат на приготування свіжого та вже повторного середовища для вирощування свіжого гриба не значні. Вони будуть нівелюватися за рахунок витрат на складування відходів на звалищах, та в подальшому приводити навіть до додаткового прибутку. Після того як повторне застосування вже існуючих субстратів буде не придатним до подальшої рециркуляції (коли врожай першої хвилі знизиться на 10% від показників нового субстрату), такий матеріал можна буде використати як компост, який вберігатиме їстівні культури від шкідників, та покращуватиме хіміко-фізичні характеристики ґрунту. Отже така методика буде доцільною з екологічної та економічної точки зору і дозволить вирішити ряд проблем, які набувають актуальності у нашій країні.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. И.С. Косенко //Возможность использования отходов производства кофе и чая в комбикормах /И.С. Косенко, Е.С. Шумелев, Е.В. Соловьева // Известия ВУЗов. Пищевая технология, № 2, 2007. - С. 101 - 102.
2. Літуєв, Д. С. Антиокисна активність деяких штамів їстівних грибів [Текст] / Д. С. Літуєв, Д.В. Фєдотов // Методологические основы познания биологических особенностей грибов – продуцентов физиологически активных соединений и пищевых продуктов.
3. Андрест Борис Владимирович.   Грибы. М., "Экономика", 1968, 111с. Тираж 100000 экз.
4. Эрл, М. Разработка пищевых продуктов [Текст] / М. Эрл, Р. Эрл, А. Андерсен; перевод с англ. В. Ашкинази, Т. Фурманской. – СПб: Профессия, 2004. – 384 с. – ISBN 4-587-1008-9.
5. Л. Гарибова Выращивание грибов [Текст]/Л. Гарибова. Научная работа
6. Лобанкова О.Ю. Грибоводство [Текст] / Лобанкова О.Ю., Есаулко А.Н., Агеев В.В. и др. /**/Учебное пособие. - Ставрополь: АГРУС, 2012. - 140 с.: ил. ISBN 5-9596-0299-7**
7. Грибы и грибоводство /Авт. – сост. П.А. Сычёв, Н.П. Ткаченко: Под общ. ред. 17 П.А.Сычёва. – Д.: Издательство Сталкер, 2003. – 512с.
8. Мюррей Р. Цель — Zero Waste. (Перев. с англ. Горницкого В.О.). — М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2004 — 232 с. ISBN 5 94442 008 1
9. ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. ДСТУ 2195-99
(ГОСТ 17.9.0.2-99) 3. С. Бройде, канд. техн. наук; Ю. А. Макаров; І. Й. Рождов; С. П. Сушон, канд. техн. наук; В. А. Довбах; А. І. Сігал, канд. техн. наук; і. 3. Аронов, канд. техн. наук; В. Г. Братчиков, канд. техн. наук; В. А. Уліцький, канд. фіз.-мат. наук, О. Ю. Васильвицький, канд. хім. НаукДСТУ-Н Б A 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів.
10. [З](http://www.dbn.com.ua/)авойський А.К., к.т.н.; Кокшарьов В.М., к.т.н.; Полонська CO., к.т.н.; за участю Кононенко А.О., к.т.н.. Науково-дослідний інститут будівельного виробництва Мінбуду Україн. 5 квітня 2007 р. № 117, чинні з 1 грудня 2007 р.
11. О.В. Солошенко, А.М. Фесенко, Н.Ю. Гаврилович, С.І. Кочетова, Л. С. Осипова, В.І. Солошенко, Безпалько В.В. Поводження з промисловими відходами: Методичні рекомендації до виконання лабораторно – практичної роботи з інженерної екології. – Х.: ХНТУСГ, 2012. – 20 с.
12. Агрегаты сушки-измельчения. Слипченко П.П., ГК "ЭкоЭнергия". 2002–2020/[Текст] Описание установки г. Псков
13. Лігноцелюлоза як альтернативна сировина для одержання біобутанолу С.М.Шульга, О.О. Тігунова, Я.Б. Блюм. ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України, Київ, 2012 – 11 с.
14. Хімічний склад плодових тіл окремих видів роду russula s.f. gray// Т.В. Колодій. НЛТУ України, м. Львів
15. Статья «Грибная отрасль Украины: основные цифры». По материалам доклада Енченко М.В. на конференции “Украинское грибоводство 2018: взгляд в будущее”. Грибное информационное агенство. Киев. 2018
16. Субстраты для культивирования вешенки: Часть 1 – Характеристика субстратов. А.Д. Тишенков/ главный специалист Школы грибоводства/ Школа грибоводства. Москва - 1999
17. Cunha Zied, D.; Sánchez, J.E.; Noble, R.; Pardo-Giménez, A. Use of Spent Mushroom Substrate in New Mushroom Crops to Promote the Transition towards A Circular Economy. *Agronomy* 2020, *10*, 1239.
18. Zisopoulos, F.V.; Becerra, H.A.; van der Goot, A.J.; Boom, R.M. A resource efficiency assessment of the industrial mushroom production chain: The influence of data variability. J. Clean. Prod. 2016, 126, 394–408
19. Hanafi, F.H.M.; Rezania, S.; Taib, S.M.; Din, M.F.M.; Yamauchi, M.; Sakamoto, M.; Hara, H.; Park, J.; Ebrahimi, S.S. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): An overview. J. Mater. Cycles Waste Manag. 2018, 20, 1383–1396.
20. Rinker, D.L. Handling and using “spent” mushroom substrate around the world. In Mushroom Biology and Mushroom Products; Sánchez, J.E., Huerta, G., Montiel, E., Eds.; Universidad Autónoma del Estado de Morelos: Cuernavaca, México, 2002; pp. 43–60
21. Мамиро, Д.П. .; Роуз, Д.г .; Бильман, Р.Б.Урожайность, размер и содержание сухих веществ в грибах Agaricus bisporus, полученных на некомпостированном субстрате и использованном грибном компосте. World J. Microbiol. Biotechnol. 2007, 23, 1289–1296
22. Мамиро, Д. Несоставные и отработанные грибные субстраты для производства Agaricus bisporus. Кандидат наук. Диссертация, Университет штата Пенсильвания, Высшая школа, Колледж сельскохозяйственных наук, Государственный колледж, Пенсильвания, США, 2006 г.
23. Царёв А. В. Промышленное производство компоста и выращивание шампиньонов «Первая фаза приготовления компоста» Методическая статься - интернет ресурс: agaricus.ru
24. Нобл, Р. Маніпуляція температурою та контрольованим рівнем CO2 для синхронізації режиму промивання гриба Agaricus bisporus. Наук. Гортічний. Амст. 1991, 46, 177–184
25. Бечара, М.А .; Хайнеманн, П.Х .; Уокер, П.Н .; Демірчі, А .; Ромен, К.П. Оцінка додавання активованого вугілля до термообробленої оболонки грибів для субстратів на основі зерна та компосту. Біоресурс. Технол. 2009, 100.
26. Пардо-Гіменес, А.; Де Хуан, Дж. Пардо, Дж. Е. Ефективність компостованих лозових пагонів як альтернативи торфу в оболонкових матеріалах для вирощування грибів. J. Food Agric. Навколишнє середовище. 2003, 1, 209–214.
27. Субстраты для культивирования вешенки: Часть 2 – Приготовление субстратов. А.Д. Тишенков/ главный специалист Школы грибоводства/ Школа грибоводства. Москва - 1999
28. **Физические основы электроники. Учебное пособие.** Удальцов А.Н., Шкитина Д.С. СибГУТИ, 630102, г. Новосибирск. 16 с. 1998 г.
29. Л. А. Девочкин Шампиньоны. Издание второе, переработанное и дополненное. Москва, ВО "Агропромиздат", 1989 . - 175 с: ил.
30. Крот А. Научная статья: Переработка субстратов после выращивания грибов с помощью вермикультуры для последующего использования. Организация: Органические удобрения. Применение и бизнес. 2012
31. Янкевич, М. И. Биоремедиация почв: вчера, сегодня, завтра / М. И. Янкевич, В. В Хадеева, В. П. Мурыгина // Биосфера: междисциплинарный научный и прикладной журнал. – 2015. – № 7. – С. 199–208.
32. Г. В. Ильина. Изучение возможности использования отходов грибоводства в биоремедиации почв сельскохозяйственного назначения, С. А. Сашенкова, Д. Ю. Ильин, «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, 2019
33. Выращивание вешенки (Приусадьбное хозяйство), Морозов А. И., Аст, Сталкер. 2003, Москва 49 с: ил.
34. Технология промышленного выращивания вешенки (Технология: мицелий вешенки и шампиньона). Асоціація «Союз Грибовиробників України», Киев, с: 31.
35. Інтернет ресурс – Комунальні тарифи для розрахунків: novakom.com.ua.
36. Інтернет ресурс: методика розрахунку потужності парогенератора: https://adin.ru/primer-rascheta-pgvk.html