

CHAPTER «AGRICULTURAL SCIENCES»

DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF CLOSED PRODUCTION CYCLE IN INTENSIVE GROWING OF PLEUROTUS OSTREATUS AND AGARICUS BISPORUS MUSHROOMS

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМКНЕНОГО ЦИКЛУ ВИРОБНИЦТВА ПРИ ІНТЕНСИВНОМУ ВИРОЩУВАННІ ГРИБІВ PLEUROTUS OSTREATUS ТА AGARICUS BISPORUS

Mykola Kovalov¹

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-355-2-14>

Abstract. Industrial cultivation of the mushroom *Pleurotus ostreatus* leaves behind a huge amount of spent straw substrate, which must be disposed of. Therefore, to create optimal conditions for assimilation of this type of organic raw material by earthworms *Eisenia fetida*, it is necessary to destroy the lignin layer with the help of microbiological preparations. After the biological conversion of spent mushroom blocks by earthworms *Eisenia fetida*, we get EM compost, which is an ecologically safe substrate for the industrial cultivation of two-spored champignon mushrooms. *The purpose* of the work is to develop the technology of closed production cycles during the intensive cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Agaricus bisporus* mushrooms based on the use of biological preparations and vermiculture. *Methodology.* In the process of performing the work, general scientific and special research methods were used: theoretical processing of research results by methods of statistical and correlational analysis; empirical – experiments in climatic

¹ Candidate of Agricultural Sciences,
Head of Scientific Laboratories "Industrial Mushroom Growing
and Protection Technologies of Cultivated Mushrooms",
as well as "Hydroponic Cultivation of Vegetables in a Dome Greenhouse";
Senior Lecturer of the Department of General Agriculture"
Central Ukrainian National Technical University, Ukraine

chamber conditions, graphical and tabular display of results. *Results.* The speed of the growth and development phases of the exotic species of the mushroom *Pleurotus ostreatus* is a rather significant indicator that characterizes the relationship between the cultivation conditions and its morphological features. When optimal growing conditions are created with the use of substrates with a high level of nutrient supply, the growth and development of the mushroom becomes more intensive. Due to the use of EM preparations for pre-treatment of the compost mixture before vermicomposting, I will create ideal conditions for obtaining EM compost, which is absolutely safe from a sanitary and epidemiological point of view, because it does not contain pathogenic microflora and is devoid of unpleasant odors and can be used in various branches of agriculture. Further use of biological preparations during intensive cultivation of *Agaricus bisporus* with irrigation of cover soil makes it possible to influence the morphometric characteristics of the mushroom. The length of the leg in all variants during the first wave of fruiting ranged from 36,2 to 40,1 mm, the diameter of the leg from 15,9 to 19,0 mm, the height of the cap from 12,7 to 13,1 mm, and the diameter of the cap from 45,5 to 53,4 mm. When watering the cover soil during the second wave of fruiting, the size of fruiting bodies differed from the mushrooms obtained from the first wave. The length of the leg according to the options for the use of biological preparations was 35,8 38,2 mm, the diameter of the leg was 15,9 18,4 mm, the height of the cap was 11,2 12,9 mm, and the diameter of the cap was equal to 45,0 48,6 mm. Thus, it can be concluded that watering the cover soil with biological preparations had a positive effect on the morphological features of the structure of *Agaricus bisporus* fruit bodies. *Practical implications.* The obtained results have an important practical significance for farms that grow mushrooms. The use of spent straw substrates as fillers in the composition of the compost mixture increases the efficiency of vermicomposting, increasing the yield of coprolite by 10-20 % compared to the use of peat as a filler. The results of the study make it possible to recommend the use of biopreparations "EM Compost" and "Potassium humate" for two-time irrigation of the cover soil, which ensures an increase in the yield of two-spored champignon mushrooms by 19 %. Their use contributes to the growth of yield and quality. In order to achieve the maximum yield and increase the energy value of *Agaricus bisporus* mushrooms, it is advisable to water the cover soil twice with a 0,05 % solution of the biopreparation "EM Compost". *Value/originality.*

Treatment of the straw substrate with microbiological preparations EM Agro and EM Bioactive and layer-by-layer inoculation helps to shorten the period of overgrowth of blocks during intensive cultivation of *Pleurotus ostreatus*. Composting technology with obtaining EM compost aerobically method is a resource-saving technology, because it does not require much number of machines and equipment. EM compost is the key to environmental protection stability of the region and the state as a whole due to obtaining high-quality and sustainable crops, increasing the profitability of the livestock industry. When growing *Agaricus bisporus* mushroom intensively, we recommend using a 0,05 % solution of biopreparations "EM Compost" and "Potassium humate" with two waterings of the cover soil, which ensures an increase in the yield of *Agaricus bisporus* mushrooms by 19 %. Their use contributes to the growth of yield and quality.

1. Вступ

Одна з актуальних проблем технологічного розвитку сфери харчування полягає у розширенні асортименту продукції з високими поживними властивостями на основі раціонального та максимального використання наявних природних ресурсів. Спостерігається тенденція зростання ролі грибною продукції як наслідок розвитку грибовництва в Україні і, зокрема, в Кіровоградській області [1, с. 39; 2, с. 85]. Завдяки своїм смаковим якостям та корисним властивостям гриби є перспективною сировиною для виробництва напівфабрикатів та продукції громадського харчування. Грибний смак є традиційним для багатьох українських страв, тому що гриби використовуються при створенні нових видів кулінарної продукції. Всебічні наукові дослідження розкривають потенціал грибів як джерела повноцінного білка, харчових волокон, хітозану, β-глюканів, вітамінів А, групи В, РР та D, макро- та мікроелементів та інших.

Популярним родом культивованого гриба в Україні є печериця, проте останнім часом перевага у виробництві культивованих грибів надається гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) завдяки більш простій технології її вирощування та високому вмісту в ній поживних речовин. У зв'язку з зростанням обсягів виробництва гливи звичайної стає все більш актуальними питання подальшої утилізації відпрацьованого субстрату [3, с. 94].

За загальноприйнятою думкою, даний вид відходів можна використовувати або як корм для сільськогосподарських тварин, або як нетрадиційне органічне добриво [4, с. 27]. Проблема полягає в тому, що жоден вид сільськогосподарських тварин не споживає даний вид сировини. А для ґрунтового шляху утилізації необхідно створити умови для перетворення відходів на органічне добриво [5, с. 111]. Найбільш поширеним методом біоконверсії лігніновміщуючих відходів є різні види компостування, найбільш поширеними є наступні: аеробне, анаеробне та з використанням вермикультури [6, с. 25]. Кожний вид компостування має низку переваг і недоліків, про що яскраво свідчать результати експериментальних досліджень, проведених у різних природно-кліматичних зонах із використанням різних наповнювачів [7, с. 19; 8, с. 13]. Останнім часом деякі науковці вважають досить інноваційним напрямом перетворення відходів різних галузей народного господарства на компости – вермитехнологію [9, с. 42]. Вона являє собою систему організаційно-технологічних заходів, ключовим аспектом якої є застосування вермикультури – популяцій черв'яків разом із супутніми гетеротрофними організмами в конкретному органічному субстраті. Вермитехнологія є прогресивним та перспективним напрямом екологічного напрямку аграрного виробництва, який забезпечує підвищення не тільки продуктивності та екологічної стійкості, але й саморегуляційної здатності будь-якої агроєкосистеми. Тому її можна вважати ключовим елементом замкнених систем.

Дослідження проводили в лабораторії «Промислового грибівництва та технологій захисту культивованих грибів» кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2019–2021 років.

Дослід 1: Мета дослідження – порівняння дії різних ЕМ препаратів для пригнічення конкурентної мікрофлори у підготовці солом'яного субстрату до подальшої інокуляції Гливи лимонної та Гливи королівської за вирощування інтенсивним методом в штучних умовах.

Схема дослідіу:

1) Замочування солом'яного субстрату у воді з додаванням вапна в кількості 1,5 г/л при температурі навколишнього середовища 25 °С протягом 42 годин (контроль);

2) Замочування солом'яного субстрату у 1,5 % робочому розчині ЕМ Біоактив при температурі навколишнього середовища 25 °С протягом 42 годин;

3) Замочування солом'яного субстрату у 1,5 % робочому розчині ЕМ Агро при температурі навколишнього середовища 25 °С протягом 42 годин;

4) Замочування солом'яного субстрату у 1,5 % робочому розчині ЕМ Бокаші при температурі навколишнього середовища 25 °С протягом 42 годин.

ЕМ Агро – субстанція живих культур Ефективних Мікроорганізмів, до яких входять: молочнокислі, фотосинтезуючі, азот фіксуючі, дріжджі, актиноміцети, меляса цукрової тростини, вода;

ЕМ Біоактив – спеціальний комплекс живих культур Ефективних Мікроорганізмів до складу якого входять: фотосинтезуючі, молочнокислі, дріжджі, актиноміцети, азотофіксуючі, меляса цукрової тростини, вода.

ЕМ Бокаші – спеціальний комплекс, що містить Ефективні Мікроорганізми: молочнокислі, фотосинтезуючі, дріжджі, актиноміцети.

Облікова одиниця один мішок розміром 35x70 см, наповнений субстратом (5 кг). Повторюваність чотирьохразова.

У період вирощування екзотичних різновидів гливи звичайної проводили фенологічні спостереження: відмічали дати інокуляції та проростання міцелію, появу плодових тіл, початок і закінчення плодоношення І хвили; біометричні вимірювання: довжини і діаметра ніжки та шапинки, облік урожаю – методом зважування грон плодових тіл. Урожайність визначали на основі співвідношення маси зібраних плодових тіл до маси ферментованого субстрату. Дані врожайності обробляли методом дисперсійного аналізу [10, с. 57].

Дослід 2: Мета дослідження – розробити оптимальне технологічне рішення проблеми спільної утилізації відпрацьованих грибних блоків та відході тваринницьких комплексів, з мінімальними капіталовкладеннями.

Для проведення досліджень із утилізації відпрацьованого субстрату при інтенсивному вирощуванні гриба глива звичайна була приготовлена серія органічних субстратів, що містять різні види органічних відходів тваринництва та рослинництва: солома ячмінна (грибні блоки), солома пшенична (відпрацьовані грибні блоки), кукурудзяна дробина, а також

рідкі екскременти ВРХ, видалені за допомогою гідрозмиву (гноївка). Кожна з перелічених вище органічних решток була змішана із гноївкою (рН – 5,8) у співвідношенні 1:1. Усі органічні компоненти (крім торфу) попередньо були подрібнені до пастоподібного стану.

Схема досліду: 1) Контроль: гноївка (200 г) + торф (200 г).

2) гноївка (200 г) + кукурудзяна дробина (200 г);

3) гноївка (200 г) + солома ячмінна (200 г);

4) гноївка (200 г) + солома пшенична (200 г). Повторність досліду чотириразова. У кожен контейнер помістили по 20 статевозрілих (без пасків) дощових черв'яків, попередньо виміряли їхню масу. В експерименті використовували статевозрілих дощових черв'яків *Eisenia fetida*. Були відібрані черв'яки приблизно одного віку (три тижні), однакової довжини (3-3,5 см), без пасків. Було приготовлено 4 варіанти субстрату. Для кожної ємності із субстратом було відібрано по 20 черв'яків, визначена їхня загальна маса і, виходячи із цього, виведена середня маса одного черв'яка [11, с. 57; 12, с. 1]. Під час експерименту використовували кількісно ваговий, візуальний, математично статистичний методи, загально визнані в Україні методики та рекомендації [13, с. 34; 14, с. 43].

Дослід 3: дослідження – полягає у вдосконаленні технологічних прийомів промислового вирощування грибів печериці двоспорової на основі застосування біопрепаратів та підвищення їхньої продуктивності та екологічної якості.

Дослідження з вирощування печериці двоспорової проводили в умовах кліматичної камери, в якій під час культивування підтримували задані параметри температури та відносної вологості повітря. З моменту закладки субстрату та до утворення перших плодових тіл температура повітря в камері становила від 20 до 22 °С, а відносна вологість коливалася в межах 65-68 %. У період плодоношення та збирання врожаю грибів температуру повітря підтримували в межах 15-18 °С при відносній вологості не менше 85 %.

Складання формули компосту – найперший крок на шляху до отримання високого врожаю. Для оптимізації процесу ферментації після закладання субстрату співвідношення вуглецю до азоту в масі повинно дорівнювати 30:1, тобто на одну частину азоту необхідно мати 30 частин вуглецю.

За високого вмісту азоту процес компостування починається досить активно, але виділення великої кількості аміаку може різко загальмувати процес ферментації, оскільки мікроорганізми елементарно загинуть за підвищеної концентрації аміаку в масі компосту. Компост виходить липким, замазаним, з недостатньою аерацією, що неминуче призводить до виникнення анаеробних процесів, які негативно впливають на ріст та розвиток міцелію печериці. В досліді застосовували ЕМ компост [11, с. 57].

Вирощування грибів здійснювали в ящиках площею 0,25 м², повторність у досліді чотириразова. Норма внесення міцелію становила 5 % від маси сирого субстрату. Висота субстрату 15 см. Застосовували штам печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) – F 50 (білий).

Схема дослідів: Фактор А:

- 1) полив ґрунту без біопрепаратів (контроль);
 - 2) полив ґрунту 0,05 % розчином біопрепарату «ЕМ Компост»;
 - 3) полив ґрунту 0,05 % розчином біопрепарату «ЕМ Біоактив»;
 - 4) полив ґрунту 0,05 % розчином біопрепарату «Гумат натрію»;
 - 5) полив ґрунту 0,05 % розчином біопрепарату «ЕМ Бокаші»;
 - 6) полив ґрунту 0,05 % розчином біопрепарату «ЕМ Агро»;
- Фактор Б – строки застосування біопрепарату:

- 1) полив покривного ґрунту в першу хвилину плодоношення;
- 2) полив покривного ґрунту в другу хвилину плодоношення. Норма витрати водного розчину біопрепаратів за два прийоми поливу становила від 8 до 10 л на 1 м².

Облік урожаю проводили методом суцільного збирання кожного плодового тіла, яке досягло стадії технічної зрілості, коли розміри капелюшка плодових тіл досягали 15 70 мм (до 100 мм), але до початку висіву спор [15, с. 37; 16] Плодове тіло печериці витягали з покривного шару субстрату, шляхом викручування таким чином, щоб ніжка гриба не зламалася та якнайменше ґрунту та міцелію залишалася на ньому [17, с. 71]. Якість плодових тіл печериці оцінювали за такими показниками: органолептичні показники – зовнішній вигляд, забарвлення, запах і смак, ступінь зрілості, а також діаметр шапинки та ніжки [18, с. 16].

Достовірність експериментальних даних оцінювали методами математичної статистики. Імовірність різниці середніх показників визначали з використанням критерію Стьюдента. Відмінності вважали достовірними за рівня значимості $P_{0,95}$ [13, с. 37].

2. Формування урожайності екзотичних видів гливи звичайної під впливом ЕМ препаратів

Наявність поживних речовин, таких як загальний вміст азоту та фосфору є тими факторами, котрі обмежують колонізацію субстрату, а також впливають безпосередньо на рівень плодоношення [19, с. 50]. Так вміст загального азоту та фосфору на однотипних субстратах при холодному способі обробки з використанням ЕМ препаратів практично не коливався. В той же час на контрольних варіантах значення даних показників було майже в два рази меншим. Це пов'язано в першу чергу з зростанням вологості субстрату внаслідок внесення вапна (таблиця 1).

В той же час поживні речовини субстратів можуть засвоюватися міцелієм за певних значеннях кислотності поживного середовища. Більшість видів грибів надають перевагу слабо кислій реакції поживного середовища, так само як і конкурентна мікрофлора, яскравим представником якої є *Trichoderma viride*.

Таблиця 1

Залежність основних показників субстратів від способів їх обробки

Вид обробки	Показник*		
	Загальний вміст азоту, %	Загальний вміст фосфору, %	pH
1 (контроль)	0,21/0,18	0,18/0,15	7,9/7,9
2	0,57/0,47	0,55/0,46	5,6/5,8
3	0,55/0,46	0,54/0,45	5,5/5,6
4	0,65/0,55	0,57/0,49	5,7/5,8
НІР _{0,95} : загальне		0,81	
по фактору А		0,41	
по фактору Б		0,57	

*Примітка: у чисельнику значення для ячмінної соломи, а у знаменнику для пшеничної

Так як в наших дослідженнях використовувався холодний спосіб обробки субстрату на варіантах ферментації ЕМ препаратами [3; 6]. При обробці субстрату ЕМ препаратами відбувалося не тільки знищення конкурентної мікрофлори, а й попередня ферментація самого

субстрату, про що свідчать показники рН. В контрольних варіантах додавали гашене вапно у кількостях 1,5 г/л для штучного збільшення рівня лужності, що в свою чергу дещо пригнічувало розвиток конкурентної мікрофлори на перших етапах розвитку міцелію. Однак ферментації субстрату не було помічено і спостерігалися осередки зараження блоків стромами *Trichodérma víride* [20, с. 64].

Швидкість перебігу фаз росту та розвитку гливи звичайної є досить вагомим показником, котрий характеризує співвідношення між умовами культивування та морфологічними і біологічними особливостями екзотичних видів Гливи звичайної. При створенні оптимальних умов вирощування, перебіг процесів росту і розвитку гриба набуває більш інтенсивного характеру. В наших дослідженнях настання фенологічних фаз росту і розвитку гриба залежали як від створення оптимальних умов, а саме від забезпеченості певного виду субстрату поживними речовинами та ступенем ферментації самого субстрату. А це в свою чергу, вплинуло в подальшому на загальну величину врожаю і товарність плодівих тіл Ерингі та Ілмака. Урожайність Гливи королівської та Гливи лимонної складалась з декількох хвиль плодоношення, що в сумі становило загальну її врожайність. Загальний період плодоношення обох видів складає від 3 до 6 місяців. Плодові тіла характеризувались за однотипною формою, мали властиве певному виду забарвлення і відповідали встановленим технологічним вимогам вирощування. У результаті досліджень була встановлена тривалість періоду інкубації та початок вступу у плодоношення досліджуваних штамів гриба (див. табл. 2).

Цілковите засвоєння міцелієм блоків, субстрат яких не оброблявся ЕМ препаратами (контроль) відбулося через 35 днів після інокуляції, тобто на 15 днів пізніше. При чому в усіх контрольних блоках спостерігалось локальне зараження *Trichodérma víride*. При цьому варто відмітити, що початок плодоношення на контрольних блоках почався на 13-14 діб пізніше ферментованих, а ступінь ураження їх стромами *Trichodérma víride* коливався від 5 до 25 %. Цим і пояснюється така велика розбіжність між періодами обростання та плодоношення на контрольних варіантах.

При оцінці ефективності впливу забезпеченості субстратів елементами живлення на урожайність гливи звичайної визначено перевагу

Дати настання фенологічних фаз розвитку гливи звичайної

Вид гриба	Вид субстрату	Дата інокуляції	Повне обростання блоку міцелієм, діб після інокуляції	Наявність конкуруючої мікрофлори	Поява плодових тіл, діб після інокуляції	Початок плодоношення І хвилі, діб після інокуляції
Ерингі (контроль)	пшениця	02.10.19	35	присутня	38	44
	ячмінь	02.10.19	35	присутня	38	44
Ільмак (контроль)	пшениця	02.10.19	34	присутня	39	45
	ячмінь	02.10.19	34	присутня	39	45
Ерингі	пшениця	02.10.19	22	відсутня	25	31
	ячмінь	02.10.19	21	відсутня	24	30
Ільмак	пшениця	02.10.19	21	відсутня	24	30
	ячмінь	02.10.19	20	відсутня	23	30

субстрату, в основу якого входила ячмінна солома [21, с. 58]. Показники генеративної стадії наведені у таблиці 3.

Перевага в урожайності обумовлена перш за все підвищенням вмістом загального азоту та фосфору в субстраті, що сприяло інтенсивному розростанню міцелію та утворенню великої кількості плодових тіл гриба. Маса плодових тіл досліджуваних видів гриба Глива королівська на ячмінній соломі становила 1710; та 1530 г/мішок відповідно, що перевищувало загальну врожайність плодових тіл контрольного варіанта у 1,7-2,0 рази. Для Гливи лимонна врожайність на ячмінній соломі мала дещо вищі показники – 1800; 1850 та 1660 г/мішок, тобто у порівнянні з контрольними варіантами була вище в 1,8-2,0 рази. Урожайність грибних блоків з використанням ЕМ Бокаші була дещо нижча ніж з використанням ЕМ Агро та ЕМ Біоактив. На нашу думку це зумовлено специфікою самого препарату, адже на грибних блоках четвертого варіанту подекуди спостерігалось пророщення зерна міцелію, що в кінцевому випадку вплинуло на зменшення врожайності плодових тіл.

Аналіз біологічної продуктивності та часу плодоношення яскраво свідчить на користь ферментованого субстрату. Вага плодоносних зростків також була більшою 900±100 г проти 445±50 г. Збільшення пло-

доношення одного блоку розробленим нами способом ферментації та за звичайною технологією 1600-1850 г/мішок проти 840–890 г/мішок.

Таблиця 3

**Біологічна продуктивність грибних блоків
залежно від способу їх обробки**

Вид обробки блоку	Вид гриба	Субстрат	Біологічна продуктивність		
			Середня вага зростку, г	Діаметр шапинки, см	Урожайність І хвилі, г/мішок
1	Ерингі	пшениця	420±50	3-5	840±50
		ячмінь	445±50		890±50
	Льмак	пшениця	420±50	3-6	840±50
		ячмінь	445±50		890±50
2	Ерингі	пшениця	825±100	5-8	1650±100
		ячмінь	855±100		1710±100
	Льмак	пшениця	800±100	4-8	1600±100
		ячмінь	900±100		1800±100
3	Ерингі	пшениця	825±100	5-8	1650±100
		ячмінь	855±100		1710±100
	Льмак	пшениця	800±100	4-8	1600±100
		ячмінь	925±100		1850±100
4	Ерингі	пшениця	752±100	5-8	1525±100
		ячмінь	760±100		1530±100
	Льмак	пшениця	790±100	4-8	1580±100
		ячмінь	830±100		1660±100

Контрастні відмінності врожайності на нашу думку можуть бути пояснені тим, що при ферментації солом'яного субстрату ЕМ препаратами відбувається не лише розщеплення лігніну [22, с. 1475], а й повне знезараження. В той же час неферментований солом'яний субстрат на контрольних варіантах лише збільшив рівень кислотності в лужний бік. Це в свою чергу дещо пригнічувало розвиток конкурентної мікрофлори, але до повного її знищення не призвело. А сам міцелій не зміг повністю її подолати.

3. Отримання ЕМ компосту за попередньою обробкою сировини ЕМ препаратами

Ефективність процесу вермікомпостування оцінювали за відсотком виходу копроліту. Для визначення маси копроліту з ємності були витягнуті черв'яки і кокони. Ємності з переробленим субстратом були залишені для підсушування, для того щоб вологість вмісту в ємностях не перевищувала 55 %. Після підсушування перероблений субстрат був просіяний через дрібне сито, в результаті чого копроліт був відділений від не перероблених хробаками залишків.

Кількість черв'яків і коконів враховували вручну після вилучення їх з субстрату. Після вилучення з ємності та обліку черв'яки були очищені від копроліту і залишків субстрату, заново перераховані і зважені для подальшого визначення збільшення маси. Кокони також були пораховані і зважені.

Було приготовлено 3 варіанти органічного субстрату. У кожен контейнер поселили по 20 особин.

Перед запуском в субстрат визначали середню вагу черв'яків, який представлений в таблиці 4.

Контейнери з субстратом помістили в приміщення з температурою повітря +20 °С. Вологість субстрату була доведена до 80 %.

Через 45 днів після закладки досвіду був проведений облік чисельності ваги черв'яків в кожному контейнері. Оскільки в варіантах використання пивних дріжджів була відзначена масова загибель черв'яків, в контейнери даного варіанту було додано відсутню кількість особин, які попередньо також були зважені.

Через 20 днів після повторного заселення черв'яків провели облік:

- 1) черв'яків з пасками;
- 2) черв'яків без пасків;
- 3) молоді;
- 4) коконів.

Окремо були зважені черв'яки з пасками і без пасків [9, с. 42].

У кожному варіанті контролювали рівень кислотності (вимірювали рН).

Ще через 30 днів повторно провели всі операції з урахуванням чисельності черв'яків. Після чого був здійснений відсів з субстрату копроліту, шляхом просіву через сито з діаметром отворів 3 мм (див. табл. 5).

Таблиця 4

Середня вага черв'яків в кожному контейнері, (г)

Варіант дослідю	Повторність	Кількість черв'яків / контейнер, шт.	Біомаса черв'яків / контейнер, г	Вага 1-го черв'яка, г
1	1	20	1,640	0,08
	2	20	1,900	0,09
	3	20	1,785	0,08
	4	20	1,815	0,08
2	1	20	2,680	0,13
	2	20	1,645	0,08
	3	20	2,785	0,13
	4	20	2,564	0,11
3	1	20	2,495	0,12
	2	20	2,510	0,12
	3	20	3,095	0,15
	4	20	2,492	0,14

У відповідності з результатами дослідю було визначено, що через тиждень після інтродукції дощових черв'яків у всіх варіантах крім контрольного (з торфом) спостерігалось сильне запліснявіння субстрату і масова загибель черв'яків. З цієї причини залишилися живих черв'яків витягли з субстрату.

Таблиця 5

Вплив складу субстрату на кількість і вага черв'яків

Варіант дослідю	Кількість черв'яків, шт.		Вага черв'яків / контейнер, г		Вага одного черв'яка, г	
	На початку дослідю	В кінці дослідю	На початку дослідю	В кінці дослідю	На початку дослідю	В кінці дослідю
1 (Контроль)	20	24	4,63	15,42	0,23	0,63
2	20	20	4,2	12,25	0,2	0,59
3	20	19	4,13	7,84	0,2	0,41*
4	20	16	4,28	10,69	0,21	0,64

Субстрат ретельно перемішали і залишили на два тижні до повного припинення процесів бродіння низькомолекулярних цукрів і появи цвілі. Повторний запуск черв'яків проводили за вище описаною схемою. Через місяць черв'яків витягли з субстрату, перерахували та провели контрольне зважування.

З даних, представлених у таблиці 5, видно, що в субстратах з ячмінною та пшеничною соломою раніше спостерігалася незначна загибель черв'яків, що свідчить про необхідність більш тривалого періоду попередньої обробки субстрату ЕМ Біоактив з подальшою біоконверсією [9, с. 43] та вермикультивуванням даних видів відходів.

За період експерименту маса одного черв'яків на всіх варіантах, окрім контрольного варіанту збільшилася майже в 3 рази. Надбавка маси одного черв'яка у варіантах з кукурудзяною дробиною та пшеничною соломою була на рівні контрольних значень. У варіанті з ячмінною соломою спостерігався мінімальний приріст маси одного черв'яка (приблизно в 2 рази)

Отже, для підтримки фізіологічних процесів дорослих особин дощових черв'яків кукурудзяною дробиною та пшеничної соломи забезпечують рівень харчування, схожий з традиційним субстратом, тобто гноївкою ВРХ.

Для оцінки впливу складу субстрату на генеративні функції дощових черв'яків в кінці експерименту здійснили підрахунок кількості і ваги коконів. Максимальна кількість коконів було виявлено в контролі – на субстраті з гноєм ВРХ (див. табл. 6).

Таблиця 6

Вплив складу субстрату на кількість і вагу коконів

Варіант досліджу	Кількість коконів / контейнер, шт.	Вага коконів / контейнер, г	Вага одного кокона, г	Кількість молодих черв'яків
1 (Контроль)	0	0	0	0
2	9	0,13	0,014	0
3	50	0,8	0,016	9
4	84	0,86	0,01	11

Серед досліджених видів відходів формуванню найбільшої кількості коконів сприяли ячмінна та пшенична солома. В даних варіантах окрім коконів було виявлено також 9 та 11, відповідно молодих черв'яків. У субстратах з пивною дробиною кокони були відсутні.

Таким чином, результати експерименту показали, що для підтримки високих показників плодючості черв'яків жоден з досліджених харчових відходів не забезпечує такого ж рівня живлення як традиційний субстрат – гній ВРХ. Тільки очищення картоплі забезпечили показники плодючості черв'яків порівнянні з контрольними.

Збільшення чисельності і ваги дощових черв'яків є основним показником ефективності процесу вермикомпостування. Основним показником процесу вермикомпостування є вихід копроліту – так званого біогумусу) – одне з найбільш цінних органічних добрив.

Відсів копроліту з переробленого черв'яками субстрату і його зважування показало, що використання в якості субстрату харчових відходів сприяє помітному збільшенню виходу копроліту в порівнянні з використанням гною ВРХ. При цьому максимальний вихід копроліту був відзначений у варіанті з різними видами соломи, а мінімальний у варіанті з кукурудзяною дробиною (див. табл. 7).

Таблиця 7

Вплив складу субстрату на вихід копроліту

Варіант досліді	Маса субстрату, г	Маса копроліту, г	Вихід копроліту, % к субстрату
1 (Контроль)	202,0	156,3	61,7
2	225,7	157,7	61,0*
3	228,7	178,0	77,8*
4	203,0	160,7	79,1*

Збільшення виходу копроліту в варіантах з рослинними рештками в порівнянні з субстратом на кукурудзяній дробині скоріше за все пов'язано з більш низькою харчовою цінністю для черв'яків дослідженої побічної продукції і, як наслідок, необхідністю більш активного поглинання субстрату. А от субстрат на основі гноївки ВРХ та кукурудзяної дробини, навпаки, відрізняється більшою поживністю і тому поглинається черв'яками менш інтенсивно, забезпечуючи в першу чергу при-

ріст ваги самих черв'яків і коконів, а не продуктів їх життєдіяльності, тобто копроліту. З цієї причини кукурудзяна дробина + гноївка більше підходить для процесів вермикультивування, а досліджені гноївка + солом'яні відходи грибного виробництва – для процесів вермікомпостування.

Відсутність коконів у контрольних варіантах може бути пов'язано зі зниженим вмістом вуглецю і азоту, а також більш широким їх співвідношенням (див. табл. 8).

Таким чином, результати експерименту показали, що застосування досліджених харчових відходів в якості поживного середовища для дощових черв'яків не забезпечує підвищення продуктивності процесів вермикультивування, а, навпаки, обумовлює зниження біомаси дощових черв'яків і зменшення показників їх плодючості.

Таблиця 8

Вміст загального вуглецю та азоту в субстраті

Варіант досліджу	Вміст вуглецю, С %	Вміст азоту, N %	Співвідношення С : N
1 (Контроль)	46,67 ± 9,33	1,95 ± 0,12	23,93
2	41,33 ± 8,27	1,53 ± 0,11	27,0
3	47,01 ± 9,41	2,06 ± 0,13	25,0
4	47,61 ± 9,52	2,00 ± 0,12	23,8

Серед досліджених видів відходів тільки кукурудзяна дробина забезпечила показники біомаси черв'яків і їх плодючості, порівнянні з рослинними рештками, котрі традиційно використовуються у вермикультивування для отримання органічного добрива.

Для визначення економічної ефективності досліджуваних факторів утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ Біоактив за основу були взяті наступні показники: виробничі витрати, вартість валової продукції, чистий прибуток, собівартість і рівень рентабельності. В основу розрахунків покладені нормативні затрати праць і засобів. Розрахунок витрат на утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ Біоактив наведено в таблиці 9.

Відповідно до наведених у таблиці розрахунків, сума витрат на 1 т реалізованої продукції для субстрату на основі пшеничної соломи ста-

новить 2268,6 грн. У структурі витрат понад 80 % становлять виробничі, з них більше третини – це вартість субстрату для виробництва біогумусу. На оплату праці з нарахуваннями і амортизація необоротних активів припадає 30 % виробничих витрат.

Витрати від іншої операційної діяльності на половину складаються з вартості утримання адміністративного персоналу, вартість маточного поголів'я не перевищує 10 %.

Таблиця 9

**Затрати на утилізації побічної продукції рослинництва
за допомогою ЕМ Біоактив, грн/т**

Показник	1 (Контроль)	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Вартість органічних відходів на 1 т біогумусу	216,0	252,1	277,0	276,9
Транспортування органічних відходів на площадку для компостування	42,0	48,3	52,9	53,8
Навантаження органічних добрив	52,4	60,4	66,1	67,2
Розкладання органічних відходів у контейнери	52,4	60,4	66,1	67,2
Обробка органічних відходів ЕМ препаратами	135,7	156,2	171,2	174,0
Заселення компосту маточним поголів'ям	308,5	355,0	389,0	395,5
Догляд за компостом (полив, рихлення, укриття солом'яно)	419,6	482,8	529,0	537,9
Вибірка готового біогумусу	216,0	248,5	272,3	276,9
Пересівання біогумусу	259,1	298,2	326,8	332,2
Інші витрати	67,9	78,1	85,6	87,0
Разом	1769,6	2039,8	2236,0	2268,6

Економічна ефективність утилізації відпрацьованих грибних блоків за допомогою ЕМ препарату в значній мірі визначається затратами на оплату праці, ціною політикою на гній, солом'яно, зелену масу, маточне поголів'я черв'яка, які сформувалися на момент розрахунку.

Варто також зауважити, що на ціну біогумусу, ЕМ препарату та біомасу черв'яків значною мірою впливають їх якісні показники –

сукупність органічних та фізико-хімічних властивостей, які обумовлені дотриманням технологічних стандартів виробництва та якістю компонентів.

Більш ціннішою продукцією вермикюльтури є біомаса черв'яка, вартість якої суттєво різниться відносно визначеного напряму реалізації. Оптова ціна продажу маси черв'яка для переробки на кормові цілі не перевищує 10 тис. грн/т. Реалізація дрібних партій для риболовецьких цілей є більш рентабельною, оскільки ціна за 1 кг у середньому на ринку коливається від 150-200 грн.

Маточне поголів'я можна реалізувати іншим підприємствам у вигляді маточних сімей за ціною від 200 грн./г або від 400 до 550 гривень за сім'ю. Сім'я складається з не менше 2000 штук особин. Маточне поголів'я черв'яків складається з: дорослі черв'яки – 10-25 %; молоді черв'яків – 60-80 %; кокони черв'яків – 10-15 %.

Однак, реалізація біомаси черв'яка за даними напрямками обмежується відносно незначним попитом [3].

Основні показники економічної ефективності утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ препаратів наведені у таблиці 10.

Таблиця 10

Економічна ефективність утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ препаратів

Показники	Варіант дослідю			
	1 (Контроль)	2	3	4
1	2	3	4	5
Вихід біогумусу, кг з 1 кг побічної продукції	0,617	0,71	0,778	0,791
Виручка від реалізації біогумусу, грн.	3,09	3,55	3,89	3,96
Затрати на виробництво біогумусу, грн./кг	1,77	2,04	2,24	2,27
Умовно чистий прибуток від реалізації біогумусу, грн.	1,32	1,51	1,65	1,69
Рівень рентабельності, %	74,34	74,03	73,97	74,34
Виручка від реалізації маточного поголів'я, грн.	0,00	45,72	47,79	48,15
Виручка від реалізації біомаси черв'яків, грн.	154,20	122,50	78,40	106,90

У структурі доходу від продажу утилізації відпрацьованих грибних блоків на основі ячмінної та пшеничної соломи за допомогою ЕМ препаратів основну частку складає біогумус. На реалізацію черв'яка для кормових цілей припадає близько четверті усіх доходів від вермикультури. Проте, слід зазначити, що реалізація біомаси черв'яка для риболовецьких цілей і розведення маточного поголів'я дозволить підвищити її частку у структурі доходу.

4. Морфологічні параметри грибів печериці двоспорової залежно від виду біопрепаратів та термінів їх застосування

Вид біопрепарату та терміни їх застосування при вирощуванні печериці двоспорової на субстратах, приготованих як у зимовий, так і літній період часу, значно впливали на морфологічні особливості будови плодових тіл (див. табл. 10).

Середня маса плодових тіл за роками та за варіантами мала суттєві відмінності, але все ж таки можна простежити певну динаміку [23, с. 101]. Практично на всіх варіантах середня маса плодового тіла була на рівні від 22,6 до 27,3 г. Найдрібніше були отримані гриби на контрольних варіантах з дворазовим поливом покривного ґрунту водою, маса грибів була на рівні 21,1 г. Довжина ніжки за варіантами застосування біопрепаратів коливалася в межах від 35,2 до 39,0 мм, діаметр ніжки від 15,4 до 19,6 мм, висота шапинки від 11,6 до 13,8 мм, а діаметр шапинки від 46,1 до 51,4 мм.

Максимальні значення показника середня маса плодового тіла ми отримали на варіантах з дворазовим поливом покривельного ґрунту біопрепаратами «Гумат калію» та «ЕМ Бокаші» – 26,1 г та 27,3 г відповідно.

На субстраті з такими біопрепаратами, як «ЕМ Агро» та «ЕМ Біо-актив», зовнішній вигляд грибів погіршувався, усередині ніжки та капелюшки часто спостерігалися порожнечі, плодові тіла були дрібні, спостерігалася абортация покривала. Гриби, вирощені на субстраті, із застосуванням біопрепарату «ЕМ Компост», мали привабливий вигляд, щільну консистенцію, висота шапинки коливалася на рівні 13,8 мм, ніжка була товста, пружна, без порожнеч.

Морфологічні особливості плодових тіл залежали також від хвилі плодоношення (див. табл. 11).

Таблиця 10

Характеристика морфологічних особливостей плодів печериці за першу хвилю плодоношення з дворазовим поливом покривного ґрунту біопрепаратами при вирощуванні грибів (середнє за 2019–2020 роки)

Вид біопрепарата	Середня маса плодового тіла, г	Довжина ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм	Висота шапинки, мм	Діаметр шапинки, мм
Без біопрепаратів (контроль)	21,1	36,8	16,4	12,7	41,6
«ЕМ Біоактив»	25,5	35,2	16,0	12,2	46,6
«ЕМ Компост»	23,7	39,0	19,6	13,8	48,4
«Гумат калію»	26,1	38,9	18,2	13,4	49,1
«ЕМ Бокаші»	27,3	38,6	17,9	12,0	48,7
«ЕМ Агро»	23,4	37,9	15,4	11,6	51,4

Таблиця 11

Характеристика морфологічних особливостей плодів печериці за дві хвилі плодоношення з дворазовим поливом покривного ґрунту біопрепаратами, (середнє за 2019–2020 роки)

Вид біопрепарату	Строки застосування	Середня маса плодового тіла, г	Довжина ніжки, мм	Діаметр ніжки, мм	Висота шапинки, мм	Діаметр шапинки, мм
Без біопрепаратів (контроль)	I хвиля	15,7	38,8	17,0	13,1	46,2
	II хвиля	13,2	36,3	16,1	12,4	39,8
«ЕМ Біоактив»	I хвиля	17,7	36,2	15,9	12,7	53,4
	II хвиля	17,6	35,8	16,3	12,3	46,4
«ЕМ Компост»	I хвиля	18,7	39,7	19,0	13,1	50,6
	II хвиля	18,5	38,2	18,4	12,9	48,6
«Гумат калію»	I хвиля	20,3	40,1	18,0	13,0	48,4
	II хвиля	19,6	39,4	17,6	12,2	46,6
«ЕМ Бокаші»	I хвиля	18,5	39,9	17,1	11,6	45,5
	II хвиля	18,4	38,4	16,8	11,2	45,0
«ЕМ Агро»	I хвиля	17,4	39,0	16,2	12,0	46,4
	II хвиля	17,0	37,2	15,9	11,6	46,0

Мінімальна маса плодового тіла врожаю першої та другої хвилі за роки досліджень була на «контролі» та становила 15,7 та 12,2 г. Також мінімум було зафіксовано в урожаї грибів другої хвилі з поливом покривного ґрунту біопрепаратом «ЕМ Агро», маса грибів була на рівні 17,0 г.

При вирощуванні грибів з поливом покривного ґрунту довжина ніжки за варіантами застосування біопрепаратів за першу хвилю плодоношення коливалася в межах від 36,2 до 40,1 мм, діаметр ніжки від 15,9 до 19,0 мм, висота шапинки від 12,7 до 13,1 мм, а діаметр шапинки від 45,5 до 53,4 мм. При поливі ж покривного ґрунту + після врожаю першої хвилі розмір плодкових тіл відрізнявся від грибів, отриманих з першої хвилі. Довжина ніжки за варіантами застосування біопрепаратів становила 35,8 38,2 мм, діаметр ніжки – 15,9 18,4 мм, висота шапинки – 11,2 12,9 мм, а діаметр капелюшка дорівнював 45,0 48,6 мм.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що полив покривного ґрунту біопрепаратами позитивно впливав на морфологічні особливості будови плодкових тіл печериці двоспорової [24, с. 27].

Результати наших досліджень щодо вивчення впливу біопрепаратів та термінів їх застосування показали, що тривалість плодоношення та врожайність грибів печериці двоспорової багато в чому залежить від часу приготування субстрату [25, с. 16; 26, с. 19].

За першу хвилю плодоношення врожайність грибів печериці двоспорової на субстраті без застосування біопрепаратів, серед усіх варіантів, що вивчаються в досліді, була мінімальною та становила в 2019 році 4,7 кг/м², а в аналогічному періоді 2020 року дорівнювала 6,8 кг/м² (див. табл. 12).

Застосування дворазового поливу покривного ґрунту 0,05 % водним розчином біопрепаратів підвищувало врожайність грибів з одиниці площі. У досліді із дворазовим поливом покривного ґрунту 0,05% водним розчином біопрепаратів найбільший ефект від їх застосування у 2019 році спостерігався на варіантах з поливом біопрепаратом «Гумат калію» – 12,5 кг/м², така сама картина спостерігалася і в умовах 2020 року – «Гумат калію» та 13,4 кг/м².

Також позитивний результат у 2019–2020 роках було одержано поливом покривного ґрунту біопрепаратом «ЕМ Компост», врожайність була на рівні 11,6 12,3 кг/м². Застосування цих біопрепаратів призводило до збільшення врожайності порівняно з контролем у 2,23 2,07 разів.

**Урожайність печериці двоспорової з дворазовим поливом
покровного ґрунту водним розчином біопрепаратів
при вирощуванні грибів на субстраті, приготовленому
в зимовий період часу (середнє за 2019–2020 роки), кг/м²**

Вид біопрепарата	Період вирощування		
	2019 рік	2020 рік	середнє за 2019–2020 роки
Без біопрепаратів (контроль)	4,7	6,8	5,8
«ЕМ Біоактив»	6,7	7,5	7,1
«ЕМ Компост»	11,6	12,3	12,0
«Гумат калію»	12,5	13,4	12,9
«ЕМ Бокаші»	7,9	10,0	8,99
«ЕМ Агро»	6,7	8,6	7,7
НІР ₀₅	0,80	0,61	0,58

На субстраті, приготовленому в літній період часу без застосування біопрепаратів, урожайність грибів гливи звичайної за першу хвилю плодоношення була в 2019 році на 6,8 % більша, а в 2020 році, навпаки, на 16,6 % менша, ніж на субстраті, приготовленому в зимовий період часу, і становила в середньому відповідно 5,04 і 5,68 кг/м². За другу хвилю плодоношення на контролі формувалося грибів за роками додатково від 2,01 до 2,69 кг/м² та загалом за дві хвилі плодоношення збирання плодівих тіл у 2019 році становило 7,05 кг/м², а у 2020 році вже 8,37 кг/м² (див. табл. 13).

Варто відзначити, що терміни поливу покровного ґрунту біопрепаратами на зміну врожайності грибів першої та другої хвилі плодоношення в середньому за фактором практично не впливали.

Частка впливу фактора Б – термін застосування біопрепарату у підвищенні врожайності грибів печериці двоспорової першої та другої хвилі плодоношення була на рівні 0,06-0,16 %, а взаємодія двох факторів на зміну величини врожаю плодівих тіл по другій хвилі становило 0,10-0,13%. Виходячи з отриманих даних, можна дійти висновку, що терміни поливу покровного ґрунту істотно не впливають на врожайність грибів як першої, так і другої хвилі.

**Врожайність печериці двоспорової при вирощування грибів
на субстраті, приготовленому в літній період часу
(середнє за 2019–2020 роки), кг/м²**

Вид біопрепарату (фактор А)	Строки поливу (фактор В)	Хвиля плодоношення		Середнє за фактором А	
		І	ІІ	І	ІІ
1	2	3	4	5	6
2019 рік					
Контроль	-	5,04	2,01	5,04	2,01
«ЕМ Біоактив»	І хвиля	7,36	2,82	7,36	2,93
	ІІ хвиля		3,04		
«ЕМ Компост	І хвиля	12,73	4,83	12,73	5,07
	ІІ хвиля		5,31		
«Гумат калію»	І хвиля	12,47	4,67	12,47	4,97
	ІІ хвиля		5,27		
«ЕМ Бокаші»	І хвиля	8,89	3,47	8,89	3,55
	ІІ хвиля		3,62		
«ЕМ Агро»	І хвиля	7,51	2,82	7,51	2,99
	ІІ хвиля		3,16		
2020 рік					
Контроль	-	5,68	2,69	5,68	2,69
«ЕМ Біоактив»	І хвиля	6,96	2,72	6,96	2,77
	ІІ хвиля		2,82		
«ЕМ Компост	І хвиля	12,83	5,11	12,83	5,12
	ІІ хвиля		5,13		
«Гумат калію»	І хвиля	11,85	4,67	11,85	4,72
	ІІ хвиля		4,77		
«ЕМ Бокаші»	І хвиля	9,21	3,63	9,21	3,67
	ІІ хвиля		3,71		
«ЕМ Агро»	І хвиля	7,99	3,15	7,99	3,19
	ІІ хвиля		3,22		

(Закінчення таблиці 13)

Середнє за фактором В	2019 рік		2020 рік		Доля впливу фактора, %			
	Хвиля плодоношення							
	1	2	1	2				
I хвиля	10,39	3,97	10,14	4,01	2019 рік		2020 рік	
II хвиля		4,31		4,08	Хвиля плодоношення			
НІР ₀₅ заг	0,45	0,17	0,32	0,20	1	2	1	2
фактор А	0,32	0,12	0,23	0,14	96,51	96,6	99,23	97,7
фактор В	0,16	0,06	0,11	0,07	0,02	0,03	0,04	0,06
Взаємовплив АВ	0,16	0,06	0,11	0,07	2,30	2,45	0,09	0,10

Таким чином, при вирощуванні печериці двоспорової на субстраті, приготовленому в літній період часу, для отримання найбільшої врожайності грибів за першу хвилю плодоношення необхідно здійснювати дворазовий полив покривного ґрунту біопрепаратами «ЕМ Компост» та «Гумат калію». За другу хвилю плодоношення при даному способі застосування біопрепаратів з 1 м² субстрату можна додатково отримувати гриби від 2,32 до 2,62 кг. Якщо ж ще застосовувати полив покривного ґрунту біопрепаратом після збирання грибів урожаю першої хвилі, то додатково до другого врожаю можна одержати збільшення від 2,62 до 2,87 кг.

Різні продукти відрізняються за своєю харчовою цінністю, проте серед них немає шкідливих чи винятково корисних [21, с. 169; 27]. Продукти корисні за дотримання принципів збалансованого харчування, але можуть шкодити при порушенні зазначених принципів (див. табл. 14).

Залежно від часу приготування субстрату, хвилі плодоношення, а також виду та способу застосування біопрепаратів енергетична цінність грибів суттєво змінювалася за роками. З субстрату, приготовленого в зимовий період було зібрано одну хвилю врожаю грибів. На «контролі», в середньому за роки досліджень енергетична цінність грибів була мінімальною – 11,7 ккал.

Енергетична цінність грибів печериці двоспорової, вирощених на ЕМ компості, приготовленому в зимовий період у 2019–2020 роках

Вид біопрепарату	2019 рік	2020 рік	Середнє
Без біопрепаратів (контроль)	12,0	11,4	11,7
«ЕМ Біоактив»	14,3	14,3	14,3
«ЕМ Компост»	14,4	14,1	14,2
«Гумат калію»	15,9	16,0	15,9
«ЕМ Бокаші»	14,1	14,1	14,1
«ЕМ Агро»	14,8	16,7	15,7

Полив покривного ґрунту біопрепаратами сприяв підвищенню засвоюваності та надходженню поживних речовин із субстрату, тим самим підвищуючи енергетичну цінність плодівих тіл печериці двоспорової.

Найбільшу енергетичну цінність (при вихідній вологості) в урожаї 2019 року мали гриби, вирощені з дворазовим поливом покривного ґрунту біопрепаратами «Гумат калію» та «ЕМ Агро» – 15,9 та 14,8 ккал відповідно, а в 2020 році – застосування цих біопрепаратів їхня енергетична цінність становила 16,06 та 16,7 ккал. І в середньому за два роки енергетична цінність на цих варіантах становила 15,9 та 15,7 ккал відповідно.

Також позитивно зарекомендував себе біопрепарат «ЕМ Компост», при його застосуванні спостерігалася відносна стабільність в енергетичній цінності грибів за роками: у 2019 році – 14,4 ккал, а в 2020 році – 14,1 ккал.

На варіанті без застосування біопрепаратів (контроль) енергетична цінність 100 г сухих грибів печериці двоспорової була на рівні 159,25 ккал у середньому за 2019–2020 роки, що було мінімальним значенням результатів проведених досліджень (див. табл. 15).

Найкращі результати нами були зафіксовані у грибів печериці двоспорової, вирощених на ЕМ компості, приготовленому в зимовий період часу з дворазовим поливом покривного ґрунту розчином біопрепарату «ЕМ Компост» – 172,0 ккал на 100 г сухих грибів в зимовий період).

**Енергетична цінність грибів печериці двоспорової,
вирощених на ЕМ компості, приготовленому в зимовий період
в 2019–2020 роках (на 100 г сухих грибів, ккал)**

Вид біопрепарату	2019 рік	2020 рік	Середнє
Без біопрепаратів (контроль)	160,8	157,7	159,3
«ЕМ Біоактив»	168,2	166,45	167,3
«ЕМ Компост»	172,0	171,2	171,6
«Гумат калію»	170,5	169,3	169,9
«ЕМ Бокаші»	168,0	167,7	167,8
«ЕМ Агро»	170,3	170,16	170,2

Полив покривного ґрунту такими біопрепаратами як «Гумат калію» та «ЕМ Агро» також сприяв підвищенню енергетичної цінності грибів порівняно з контрольным варіантом на 6,5 % (або на 10,69 ккал) та 6,9 % (або на 10,91 ккал) відповідно. Використання при поливі біопрепаратів «ЕМ Біоактив» та «ЕМ Бокаші» дозволяє отримувати гриби печериці двоспорової, що незначно відрізняються енергетичною цінністю – від 168,0 до 168,2 ккал на 100 г сухих грибів.

За підсумками проведеного дослідження можна відзначити, що, застосування біопрепаратів при поливі покривного ґрунту дозволяє підвищити енергетичну цінність грибів печериці двоспорової.

Максимальна енергетична цінність 100 г сухих грибів першої хвилі у 2019 та 2020 роках спостерігалася на субстраті з поливом покривного ґрунту біопрепаратами «Гумат калію» (170,5 та 169,3 ккал відповідно) та «ЕМ Компост» (172,0 та 171,2 ккал відповідно). А в середньому за два роки енергетична цінність на цих варіантах становила 169,9 та 171,6 ккал (див табл. 5). На «контролі» врожайність грибів першої хвилі, так і другої хвилі значення енергетичної цінності було мінімальним і становило 160,8 та 157,7 ккал відповідно.

Застосування таких біопрепаратів як «ЕМ Біоактив», «Гумат калію» та «ЕМ Агро» для поливу покривного ґрунту в першій та другій хвилі плодоношення є доцільним, оскільки спостерігається динаміка зростання енергетичної цінності грибів (в перерахунку на 100 г сухих грибів) [29, с. 98].

5. Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити висновки:

Дослід 1:

Обробка солом'яного субстрату ЕМ препаратами і пошарова інокуляція сприяє скороченню терміну обростання блоків при інтенсивному вирощуванні Гливи королівської та Гливи лимонної.

Субстрат з пшеничної соломи доцільно використовувати для культивування екзотичних видів Гливи звичайної, однак він характеризується нижчими поживними властивостями ніж ячмінна солома.

Найвищою урожайністю I хвилі плодоношення 1850 г на 5 кг субстрату володіє Глива лимонна за умови обробки ячмінної соломи препаратом ЕМ Агро, а нижчим урожаєм Глива королівська – 1530 г за умови обробки пшеничної соломи препаратом ЕМ Бокаші.

Для забезпечення населення свіжою продукцією екзотичних видів грибів можна рекомендувати до вирощування усі досліджувані види гриба Глива звичайна.

Дослід 2:

Наші дослідження показали, що запропонована технологія утилізації побічної продукції рослинництва за допомогою ЕМ препаратів є ефективною, з економічної точки зору, навіть за реалізації продукції за оптовими цінами (ринкова ціна біогумусу станом на 2019 рік становила 6000 грн. /т). Зазначена технологія забезпечила отримання умовно чистого прибутку по всім варіантам від 1,32 грн. на контрольних варіантах до 1,69 грн. на варіанті утилізації відпрацьованих грибних блоків на основі пшеничної та ячмінної соломи, а також рівень рентабельності в межах 74 %.

Серед досліджених видів поживних решток тільки ячмінна солома забезпечують рівень достатній рівень живлення, у порівнянні з традиційним субстратом виготовленим на основі гною ВРХ [30, с. 36; 31, с. 323]. Тому даний вид відходів в більшій мірі підходить для вермикультури, забезпечуючи підтримку високих показників плодючості дощових черв'яків і отримання їх високої біомаси.

Використання солом'яних наповнювачів у складі органічного субстрату підвищує ефективність вермикомпостування, на 10-20 % збільшуючи вихід копроліту порівняно з використанням торфу та гноївки.

Дослід 3:

Тривалість плодоношення та врожайність грибів печериці двоспорової залежить від часу приготування субстрату – при його приготуванні в зимовий період часу в основному спостерігається лише одна хвиля плодоношення, а при приготуванні у літній період часу – дві хвили.

У середньому за два роки досліджень максимальна врожайність печериці двоспорової, відзначена на субстраті приготовленому в зимовий період при поливі покривного ґрунту біопрепаратом «ЕМ Компост» і становила 12,78 кг/м², що вище за значення контрольного варіанта в 2,4 рази.

Максимальний позитивний ефект за варіантами досліду із застосуванням біопрепаратів був відзначений на варіантах із дворазовим поливом покривного ґрунту біопрепаратами «ЕМ Компост» та «Гумат калію» – маса плодових тіл грибів була на рівні середніх значень – 18,7 та 20,3 г відповідно.

Список літератури:

1. Горшкова Л. М., Верченко Є. В. Вплив ЕМ-технологій на урожайність гливи звичайної (*pleurotus ostreatus*) : зб. наукових праць V Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих учених і студентів. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. С. 38–40.
2. Ковальов М. М. Мостіпан М. І., Мащенко Ю. В. Вплив ЕМ препаратів на формування врожаю різних штамів гливи звичайної. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. 2020. Вип. 111. С. 83–87.
3. Войтенко Т. Л. Режими термічної обробки субстрату при вирощуванні гливи звичайної у штучних умовах. *Овочівництво і багтанництво*. 2010. Вип. 56. С. 91–95.
4. Вдовенко С. В. Вирощування їстівних грибів. Вінниця : Навч. посібн., 2011. 135 с.
5. Ковальов М., Михайлова Д. Ферментація відпрацьованих грибних блоків ЕМ-препаратами для отримання компосту. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* : Матеріали міжнародної наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, 20 листопада 2019 р. Тернопіль, 2019. С. 110–113.
6. Цизь О. М. Грибівництво : навчальний посібник. Київ : Компрінт, 2018. 246 с.
7. Технологічний процес виробництва субстрату для вирощування гливи методом ферментації в пастеризаційній камері / за ред. Голуб Г. А. Київ : Науковий світ, 2010. 30 с.
8. Гаценко М. В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. № 19 (1). С. 11–20.

9. Ковальов М. М., Мостіпан М. І., Кулик Г. А. Отримання біокомпосту за попередньою обробкою сировини ЕМ-препаратами. *Аграрні інновації Рецензований науковий журнал*. 2020. № 3. С. 39–44.
10. Ковальов М. М., Мостіпан М. І. Формування урожайності екзотичних видів гливи звичайної під впливом ЕМ препаратів. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. 2020. Вип. 113. С. 55–61.
11. Ковальов М. М. Грунтовий спосіб утилізації відпрацьованих грибних блоків за попередньою обробкою ЕМ препаратами. *Аграрні інновації Рецензований науковий журнал*. 2020. № 4. С. 51–59.
12. Спосіб приготування компостів на основі осадів стічних вод за допомогою ЕМ-препаратів Пат. 143338 У Україна, МПК (2020.01) C05F 17/00. заявл. 24.01.2020; опубл. 27.07.2020. Бюл. № 14.
13. Яровий А. Т., Страхов Є. М. Багатовимірний статистичний аналіз: начальньо-методичний посібник для студентів математичних та економічних фахів. Одеса : Астропринт, 2015. 132 с.
14. Бандура І. І., Бісько Н. А., Хареба В. В., Куц О. В., Хареба О. В., Цизь О. М., Кулик А. С. Методика наукових досліджень у грибівництві / За ред. докт. с.-г. наук, проф., академіка НААН України Хареби В. В. Інститут овочівництва і баштанництва НААН. Київ, 2022. 128 с.
15. Цизь О. М. Культивування їстівних грибів : монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 276 с.
16. Мельник Віктор Гливи. Грибник. 2017. URL: <http://gribnick.org.ua/grib-glyvi.html>
17. Бухало А. С., Бісько Н. А., Соломко Е. Ф. та ін. Культивування їстівних і лікарських грибів / под ред. А. С. Бухало. Київ, 2011. 103 с.
18. Ільчук Р. В., Дидів І. В., Дидів О. Й., Сидорчук С. І. Печериця двоспорова: біологія і технологія вирощування : навч. посіб. Львів : ЛНАУ, 2018. 156 с.
19. Овчарук В. І. Екологічна особливість гливи звичайної за екстенсивного способу вирощування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.18. С. 48–52.
20. Дудка І. А., Бісько Н. А., Білай В. П. Культивування їстівних грибів. Київ : Урожай, 2012. 158 с.
21. Zied D.C., Pardo-Giménez A. (Eds.). Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. John Wiley & Sons. 2017. 585 p.
22. Alan L. Wright, Tony L. Provin, Frank M.Hons, David A. Zuberer, Richard H. White Nutrient accumulation and availability in compost – amended turfgrass soil. *Journal of Hortscience* 2007. Vol. 42. October. P. 1473–1477.
23. Дудка І. А., Вассер С. П. Гриби: довідник міколога і грибника. Київ : Наукова думка, 2007. 535 с.
24. Никодем Саксон. Інтенсивне вирощування печериць. Познань-Київ : 2007. 135 с.
25. Латюк Г. І., Попова Л. М. Грибівництво : практикум для студентів вищих закладів освіти I-IV рівнів акредитації, які навчаються за освітньо-професійними програмами бакалавр і магістр спеціальностей «Агрономія» та «Садівництво і виноградарство». Одеса : Астропринт, 2021. 140 с.

26. Соловйов І. О., Мудрак С. В. Маркетингові горизонти грибного бізнесу. *Маркетинг в Україні*. 2005. № 1. С.18–22.

27. Дятлов В. В. Хімічний склад печериць різного морфологічного стану. [Електронний ресурс]. *Збірник ХДУХТ*. Харків, 2008. URL: http://www.nbu.gov.ua/portal/Pt/2008_1/08_1_6.htm

28. Chen L., Zhang J. B., Zhao B. Z., Xin X. L., Zhou G. X., Tan J. F., Zhao J. H. Carbon mineralization and microbial attributes in straw-amended soils as affected by moisture levels. *Pedosphere*. 2014. Т. 24. № 2. Р. 167–177.

29. Барна М. Ю. Кон'юктура ринку грибною продукції. *Вісник національного лісотехнічного університету України*. 2010. Вип. 20.11. С. 97–101.

30. Ковальов М. М., Резніченко В. П. Розроблення енергозощаджуючої технології вирощування гливи звичайної за рахунок використання ЕМ-препаратів *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. 2019. Вип. 108. С. 34–38.

31. Cerutti A. K., Beccaro G. L., Bounous G., Bagliani M., Gioelli F., Balsari P. Evaluation of the sustainability of swine manure fertilization in orchard through ecological footprint analysis: results from a case study in Italy. *Journal of Cleaner Production*. 2011. Т. 19. № 4. Р. 318–324.

References:

1. Horshkova L. M., & Verchenko Ye. V. (2014). Vplyv Em-tekhnologii na urozhainist hlyvy zvychnoi (pleurotus ostreatus) [Influence of EM-technologies on the productivity of oyster mushroom (pleurotus ostreatus)]. Coll. of Scientific : *zb. naukovykh prats V Vseukrainskoi nauk.-prakt. konf. molodykh uchenykh i studentiv – Works of V All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students*. (pp. 38–40). Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka. (in Ukrainian)

2. Kovalov M. M., Mostipan M. I., & Mashchenko Yu. V. (2020). Vplyv EM preparativ na formuvannia vrozhaiu riznykh shtamiv hlyvy zvychnoi [Influence of EM solutions on the formation of crop of different strains of oyster mushroom]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky – Tavriyskyi Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural Sciences*, vol. 111, pp. 83–87. (in Ukrainian)

3. Voitenko T. L. (2010). Rezhymy termichnoi obrobky substratu pry vyroshchuvanni hlyvy zvychnoi u shtuchnykh umovakh [Modes of heat treatment of the substrate in cultivation of oyster mushrooms in artificial conditions]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo – Vegetables and melons Growing*, vol. 56, pp. 91–95. (in Ukrainian)

4. Vdovenko S. V. (2011). *Vyroshchuvannia yistivnykh hrybiv* [Cultivation of edible mushrooms]. Vinnytsia: Navch. posibn. (in Ukrainian)

5. Kovalov M. M., & Mikhailova D. (2019). Fermentatsiia vidpratovanykh hrybnykh blokiv EM preparatamy dlia otrymannia kompostu [Fermentation of used fungal blocks by EM-preparations to obtain compost]. *Proceedings from Materialy mizhnarodnoi naukovoï internet konferentsii "Suchasnyi stan nauky v*

silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka – Current state of science in agriculture and nature management "theory and practice Proceedings of the international scientific Internet conference", pp. 110–113. Ternopil. (in Ukrainian)

6. Tsyz O. M. (2018). *Hrybivnytstvo: navchalnyi posibnyk* [Mushroom growing: Study guide]. Kyiv: Komprynt. (in Ukrainian)

7. Holub H. A. (Eds.). (2010) *Tekhnolohichni protses vyrobnytstva substratu dlia vyroshchuvannia hlyvy metodom fermentatsii v pasteryzatsiinii kameri* [Technological process of production of substrate for cultivation of oyster mushrooms by fermentation method in a pasteurization chamber]. Kyiv: Naukovi svit. (in Ukrainian)

8. Hatsenko M. V. (2014). Kompostuvannia orhanichnoi rechovyny. [Composting of organic matter]. *Mikrobiolohichni aspekty. Silskohospodarska mikrobiolohiia – Microbiological aspects. Agricultural microbiology*, no. 19(1), pp. 11–20. (in Ukrainian)

9. Kovalov M. M., Mostipan M. I., & Kulyk H. A. (2020). Otrymannia biokompostu za poperednoiu obrobkoiu syrovyny EM-preparatamy [Production of biocompost by pretreatment of raw materials with EM preparations]. *Ahrarni innovatsii Retsenzovanyi naukovyi zhurnal – Agrarian innovations Peer-reviewed scientific journal*, no. 3, pp. 39–44. (in Ukrainian)

10. Kovalov M. M., & Mostipan M. I. (2020). Formuvannia urozhainosti ekzotychnykh vydiv hlyvy zvychnoi pid vplyvom EM preparativ [Formation of productivity of exotic species of common mushroom under the influence of EM preparations]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky – Tavriiskyi Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural Sciences*, vol. 113, pp. 55–61. (in Ukrainian)

11. Kovalov M. M. Gruntovi sposib utylizatsii vidpratsovanykh hrybnykh blokiv za poperednoiu obrobkoiu EM preparatamy [Soil method of utilisation of spent mushroom blocks after preliminary treatment with EM preparations]. *Ahrarni innovatsii Retsenzovanyi naukovyi zhurnal – Agrarian innovations Peer-reviewed scientific journal*, no. 4, pp. 51–59. (in Ukrainian)

12. Kovalov M. M., Vasylykova K. V., Reznichenko V. P., Mostipan M. I. (2020). Sposib pryhotuvannia kompostiv na osnovi osadiv stichnykh vod za dopomohoiu EM-preparativ [The method of preparing composts based on sewage sludge using EM preparations] Ukrainian patent, no. 143338.

13. Yarovi A. T., & Strakhov Ye. M. (2015). *Bahatovymirnyi statystychnyi analiz: nachalno-metodychnyi posibnyk dlia studentiv matematychnykh ta ekonomichnykh fakhiv* [Multivariate statistical analysis: a textbook for students of mathematics and economics]. Odesa: Astroprynt. (in Ukrainian)

14. Khareba V. V. (Eds.). (2022). *Metodyka naukovykh doslidzhen u hrybivnytstvi* [Methods of scientific research in mushroom growing]. Kyiv: Instytut ovochivnytstva i bashtannytstva NAAN. (in Ukrainian)

15. Tsyz O. M. (2014). *Kultyvuvannia yistivnykh hrybiv: monohrafiia* [Cultivation of edible mushrooms: a monograph]. Kyiv: Tsentri uchbovoi literatury. (in Ukrainian)

16. Sait zhurnalu "Hrybnyk" [Site of journal "Mushroom picker"]. Available at: <http://gribnick.org.ua/grib-glivi.html> (in Ukrainian)
17. Bukhalo A. S., Bisko N. A., & Solomko E. F. et al. (2011). *Kul'tyuvannia yistivnykh i likarskykh hrybiv* [Cultivation of edible and medicinal mushrooms]. Kyiv: Znannia. (in Ukrainian)
18. Ilchuk R. V., Dydiv I. V., Dydiv O. Y., & Sydorчук, S. I. (2018). *Pecherytsia dvosporova: biolohiia i tekhnolohiia vyroshchuvannia: navch. posib.* [Dvuspovyi mushroom: biology and technology of cultivation: a textbook]. Lviv: LNAU. (in Ukrainian)
19. Ovcharuk V. I. (2013). Ekolohichna osoblyvist hlyvy zvychnoi za eksten-syvnoho sposobu vyroshchuvannia [Ecological peculiarity of oyster mushrooms for extensive cultivation method]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, vol. 23.18, pp. 48–52. (in Ukrainian)
20. Dudka I. A., Bisko N. A., & Bilai V. P. (2012). *Kul'tyuvannia yistivnykh hrybiv* [Cultivation of edible mushrooms]. Kyiv: Urozhai. (in Ukrainian)
21. Zied D. C., & Pardo-Giménez A. (Eds.) (2017). *Edible and medicinal mushrooms: technology and applications*. John Wiley & Sons.
22. Alan L. Wright, Tony L. Provin, Frank M. Hons, & David A. (2007). Zuberer, Richard H. White Nutrient accumulation and availability in compost – amended turfgrass soil. *Journal of Hortscience*, vol. 42, October, pp. 1473–1477.
23. Dudka I. A., & Vasser S. P. (2007). *Hryby: dovidnyk mikoloha i hrybnyka* [Mushrooms: a reference book for mycologist and mushroom picker]. Kyiv: Naukova dumka. (in Ukrainian)
24. Nykodem Sakson (2007). *Intensyvne vyroshchuvannia pecheryts* [Intensive cultivation of champignons]. Poznan-Kyiv: Naukova dumka. (in Ukrainian)
25. Latiuk H. I., & Popova L. M. (2021). *Hrybivnytstvo: praktykum dlia studentiv vshchychkh zakladiv osvity I–IV rivniv akredytatsii, yaki navchaiutsia za osvithoprofesiinymy prohramamy bakalavr i mahistr spetsialnosti "Ahronomiia" ta "Sadivnytstvo i vynohradarstvo"* [Mushroom growing: a workshop for students of higher educational institutions of I–IV accreditation levels studying under the bachelor's and master's degree programmes in "Agronomy" and "Horticulture and viticulture"]. Odesa: Astroprint. (in Ukrainian)
26. Soloviov I. O., & Mudrak S. V. (2005). Marketynhovi horyzonty hrybnoho biznesu [Marketing horizons of mushroom business]. *Marketynh v Ukraini – Marketing in Ukraine*, no. 1, pp. 18–22. (in Ukrainian)
27. Diatlov V. V. (2008). Khimichniy sklad pecheryts riznoho morfolohichnoho stanu [Chemical composition of champignons of different morphological state]. *Zbirnyk KhDUKht – Collection of the Kharkiv State University of Chemical Technology*. Kharkiv. Available at: http://www.nbu.gov.ua/portal/Pt/2008_1/08_1_6.htm (in Ukrainian)
28. Chen L., Zhang J. B., Zhao B. Z., Xin X. L., Zhou G. X., Tan J. F., & Zhao J. H. (2014). Carbon mineralization and microbial attributes in straw-amended soils as affected by moisture levels. *Pedosphere*, vol. 24, no. 2, pp. 167–177.
29. Barna M.Iu. (2010). Koniuktura rynku hrybnoi produktsii [Market conditions of mushroom products]. *Visnyk natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu*

Ukrainy – Bulletin of the National Forestry University of Ukraine, vol. 20.11, pp. 97–101. (in Ukrainian)

30. Kovalov M. M., & Reznichenko V. P. (2019). Rozroblennia enerhozaoshchadzhuichochoi tekhnolohii vyroshchuvannia hlyvy zvychainoi za rakhunok vykorystannia EM-preparativ [Development of energy-saving technology for growing oyster mushroom through the use of EM preparations]. *Tavriiskiyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky – Tavriiskiyi naukovyi vestnik: Scientific journal. Agricultural sciences*, vol. 108, pp. 34–38. (in Ukrainian)

31. Cerutti A.K., Beccaro G.L., Bounous G., Bagliani M., Gioelli F., & Balsari P. (2011). Evaluation of the sustainability of swine manure fertilization in orchard through ecological footprint analysis: results from a case study in Italy. *Journal of Cleaner Production*, vol. 19, no. 4, pp. 318–324.