

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Агрономічний факультет
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«Допускається до захисту»
Декан агрономічного факультету
к.с.-г.н., доцент Олександр ІЖБОЛДІН

“ _____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр» на тему:
ВПЛИВ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОМПОСТУ НА РІСТ І
ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЕЧЕРИЦІ ДВУСПОРОВОЇ В УМОВАХ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
ДОЧІРНЕ ПІДПРИЄМСТВО «АГРОФІРМА МРІЯ»
НОВОМОСКОВСЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ

Здобувач _____ Ігор ФОРМАНЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи
доцент _____ Олександр МИЦИК

Дніпро – 2024

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Агрономічний факультет
Кафедра загального землеробства та ґрунтознавства
Спеціальність 201 «Агрономія»
Освітньо-професійна програма «Агрономія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан агрономічного факультету
к.с.-г.н., доцент Олександр ІЖБОЛДІН

(підпис)
“ ____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи здобувачу
другого (магістерського) рівня вищої освіти
Форманчука Ігоря Миколайовича

1. Тема роботи: Вплив якісних показників компосту на ріст і продуктивність печериці двоспорової в умовах товариства з обмеженою відповідальністю Дочірнє підприємство «Агрофірма Мрія» Новомосковського району Дніпропетровської області

2. Термін подачі здобувачем завершеної кваліфікаційної роботи на кафедру “ ____ ” 2024 р.

3. Вихідні дані для роботи:

- с.-г. підприємство – Дочірнє підприємство «Агрофірма Мрія»
- сільськогосподарська культура – печериця двоспорова

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їй належить розробити) Вивчити вплив якісних характеристик компосту на ріст і продуктивність печериці двоспорової у промислових умовах, проаналізувати сучасні технології підготовки компосту та його вплив на врожайність грибною культури, вивчити параметри мікроклімату (температура, вологість, вентиляція) та їхню роль у вирощуванні печериці, визначити методи дослідження якості компосту, включаючи аналіз його хімічного складу та мікробіологічної активності, виявити залежність врожайності грибів від якісних показників компосту та умов вирощування, визначити економічну ефективність застосування різних видів компосту, проаналізувати заходи з охорони праці та екологічної безпеки у виробничому процесі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Схема технологічного процесу підготовки компосту для вирощування печериці двоспорової, графік динаміки змін температури та вологості у процесі ферментації компосту, креслення конструкції камери для вирощування грибів із зазначенням системи вентиляції та клімат-контролю.

6. Дата видачі завдання: _____

Керівник
кваліфікаційної роботи

_____ Олександр МИЦИК
(підпис)

Завдання прийняв
до виконання

_____ Ігор ФОРМАНЧУК
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літератури	01.04.2024 – 30.04.2024	<i>виконано</i>
2.	Об'єкт, предмет та умови проведення досліджень	01.05.2024 – 30.06.2024	<i>виконано</i>
3.	Методика та результати проведення досліджень	15.10.2024. – 30.10.2024	<i>виконано</i>
4.	Економічна оцінка	15.10.2024. – 30.10.2024	<i>виконано</i>
5.	Охорона праці	15.11.2024. – 24.11.2024	<i>виконано</i>
6.	Оформлення роботи, висновки і рекомендації виробництву	06.12.2024	<i>виконано</i>

Здобувач

_____ Ігор ФОРМАНЧУК
(підпис)

Керівник
кваліфікаційної роботи

_____ Олександр МИЦИК
(підпис)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ.	6
1.1 Світовий досвід промислового вирощування грибів.	6
1.2 Міжнародні стандарти та регулювання в грибовництві	8
1.3 Технології промислового вирощування <i>Agaricus bisporus</i>	11
1.4 Умови вирощування грибної культури <i>Agaricus bisporus</i>	14
1.5. Динаміка хвиль врожайності у промисловому грибовництві.	19
1.6. Фітопатогенні інфекції та шкідники у промисловому грибовництві. . .	24
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.	27
2.1 Географічна та адміністративна характеристика місця проведення досліджень.	27
2.2 Кліматичні умови місця досліджень.	28
2.3 Особливості циклу компостного виробництва.	31
2.4 Методика проведення досліджень.	42
..	
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.	44
3.1 Порівняння характеристик компосту на етапах виробництва.	44
3.2 Вплив мікробіологічних процесів на якість компосту	53
.	
3.3.Якість зразків субстрату в культиваційних камерах..	59
3.4 Результати культивування і врожайність <i>Agaricus bisporus</i>	66
4 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	69
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	72
5.1 Загальні положення.	72
5.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.	73
5.3 Заходи безпеки при роботі в лабораторії.	74
ВИСНОВКИ	78
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82

РЕФЕРАТ

Тема дипломної роботи. Вплив якісних показників компосту на ріст і продуктивність печериці двоспорової в умовах товариства з обмеженою відповідальністю Дочірнє підприємство «Агрофірма Мрія».

Об'єкт вивчення. Процеси формування продуктивності печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) в залежності від якісних показників компостів.

Предмет дослідження. Якісні показники компосту, що впливають на ріст та продуктивність печериці двоспорової, в умовах промислового виробництва.

Методи дослідження. Польовий експеримент з оцінки впливу якісних характеристик компосту, лабораторні методи для аналізу мікробіологічних процесів у компості, статистичні методи для аналізу продуктивності та врожайності, економічний аналіз для оцінки ефективності використання різних видів компосту.

Наукова новизна Вперше було встановлено зв'язки між якісними характеристиками компосту та продуктивністю печериці двоспорової в умовах товариства з обмеженою відповідальністю Дочірнє підприємство «Агрофірма Мрія».

Структура кваліфікаційної роботи. Загальний обсяг роботи становить 87 сторінок в т.ч. 18 таблиць, 2 рисунків. Робота містить вступ, 6 розділів, висновків і пропозицій виробництву, список використаних літературних джерел із 57 джерел.

Ключові слова: ПЕЧЕРИЦЯ ДВОСПОРОВА, *AGARICUS BISPORUS*, ЯКІСТЬ КОМПОСТУ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ГРИБІВНИЦТВО, ПРОМИСЛОВЕ ВИРОЩУВАННЯ, АГРОТЕХНОЛОГІЇ.

ВСТУП

Актуальність дослідження, спрямованого на вивчення впливу якісних показників компосту на ріст і продуктивність печериці двоспорової, обумовлена зростанням попиту на високоякісну харчову продукцію та необхідністю ефективного використання природних ресурсів. У сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва особливу увагу привертає інноваційний підхід до вирощування грибів, який дозволяє не лише збільшити обсяги продукції, а й підвищити її якість. Гриби є джерелом білків, вітамінів та мікроелементів, що робить їх цінним елементом раціону харчування. Водночас, їхнє виробництво сприяє переробці органічних відходів, що відповідає принципам екологічної сталості.

Об'єктом дослідження є печериця двоспорова (*Agaricus bisporus*), яка займає провідне місце серед культивованих грибів як в Україні, так і у світі. Особливого значення набуває якість компосту як основного субстрату, від якого залежить ріст, розвиток та продуктивність грибів. Використання оптимальних технологій приготування компосту та його якісний склад є ключовими факторами для досягнення високих урожаїв.

Результати цього дослідження мають вагоме значення як для аграрної науки, так і для практики. Вони дозволять визначити оптимальні параметри компосту, що забезпечать найвищу врожайність і якість грибів. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню ефективності грибного виробництва, зниженню витрат ресурсів і покращенню екологічної ситуації завдяки переробці органічних залишків. Крім того, впровадження отриманих рекомендацій на практиці створить умови для розвитку малого та середнього бізнесу в галузі грибівництва, що позитивно позначиться на економіці регіону.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ

1.1 Світовий досвід промислового вирощування грибів

Промислове вирощування грибів є важливою складовою сучасного аграрного сектору, що поєднує економічні, екологічні та соціальні аспекти. Завдяки високому вмісту білків, вітамінів та мікроелементів, гриби мають важливе значення для харчової промисловості, а їх лікувальні властивості відкривають широкі можливості у фармацевтиці. Крім того, культивування грибів сприяє раціональному використанню природних ресурсів через переробку органічних відходів.

Найпоширенішими видами грибів для комерційного культивування є:

- Печериці (*Agaricus bisporus*) — лідери за обсягами вирощування у світі.
- Гливи (*Pleurotus spp.*) — популярні завдяки легкості вирощування та поживним властивостям.
- Шиїтаке (*Lentinula edodes*) — традиційно культивуються в країнах Азії.
- Енокі (*Flammulina velutipes*) — широко вирощуються в Китаї та Японії.
- Мейтаке (*Grifola frondosa*) — цінуються за високі лікувальні властивості.

У Європі провідні країни, такі як Нідерланди, Польща та Італія, використовують високотехнологічні методи, що дозволяють досягати вражаючих результатів у виробництві грибів. Нідерланди, наприклад, забезпечують понад 30% європейського виробництва печериць завдяки інтегрованим системам управління виробництвом. Польща займає лідерські позиції, експортувавши у 2022 році понад 330 тисяч тонн грибів. У цих країнах

застосовуються комп'ютеризовані системи контролю температури, вологості та вмісту CO₂, що забезпечує максимальну ефективність і стабільність виробничих процесів. Значна увага приділяється утилізації відходів та повторному використанню субстрату, що сприяє зменшенню екологічного впливу [1].

У Китаї та Японії акцент робиться на традиційні методи вирощування, що доповнюються сучасними технологіями. Китай є найбільшим у світі виробником грибів, забезпечуючи близько 75% глобального виробництва. Основними видами є шіїтаке, гливи та енокі, які культивують на деревних блоках або у спеціалізованих теплицях. Наприклад, у 2022 році в Китаї виробництво шіїтаке перевищило 12 мільйонів тонн. Японія, з іншого боку, відома своєю високотехнологічною підходом, впроваджуючи роботизовані системи збору грибів, які підвищують продуктивність і знижують витрати. У Японії шіїтаке складають понад 40% від загального споживання грибів, при цьому експорт також є значною статтею доходів [2].

У США та Канаді промислове вирощування грибів базується на великих фермах із високим ступенем механізації, що забезпечує значну частину внутрішнього ринку та експорту. У Сполучених Штатах у 2022 році загальний обсяг виробництва печериць становив приблизно 370 тисяч тонн, із яких значна частина вирощується у закритих системах культивації. Ці системи дозволяють забезпечити постійний кліматичний контроль, включаючи температуру, вологість і рівень CO₂, що створює оптимальні умови для вирощування грибів протягом усього року. У Канаді гриби є одним із провідних напрямів сільськогосподарського виробництва, із загальним обсягом експорту грибів до США, що у 2022 році перевищив 150 мільйонів канадських доларів. Значний акцент робиться на автоматизації процесів, що знижує витрати та підвищує якість продукції [3].

Україна також має значний потенціал у вирощуванні грибів, особливо печериць та глив. Станом на 2022 рік, обсяг виробництва грибів в Україні оцінювався у понад 60 тисяч тонн на рік, з яких понад 80% припадає на печериці. Провідними регіонами вирощування є Київська, Львівська та

Вінницька області, де активно впроваджуються сучасні технології, включаючи автоматизовані системи контролю умов культивування. Українські компанії експортують гриби переважно до країн ЄС, таких як Польща та Німеччина. Інвестиції в інфраструктуру, зокрема в будівництво сучасних теплиць і цехів переробки, дозволяють підвищити конкурентоспроможність української продукції на світовому ринку. Зростаючий внутрішній попит на органічні продукти також стимулює розвиток галузі [4].

1.2 Міжнародні стандарти та регулювання в грибівництві.

У сфері грибівництва, як і в інших галузях агропромислового виробництва, забезпечення безпеки харчових продуктів є ключовим завданням. Система ISO 22000 встановлює міжнародні вимоги до управління безпечністю харчових продуктів на всіх етапах виробничого ланцюга — від вирощування до реалізації. Впровадження стандарту дозволяє знижувати ризики забруднення продукції, забезпечуючи високу якість грибів. Система HACCP (аналіз ризиків та критичні контрольні точки) доповнює ISO 22000, концентруючись на підході до виявлення та контролю потенційних небезпек. У грибівництві це може включати контроль температурного режиму, вологості, залишкових пестицидів та можливого мікробіологічного забруднення.

GLOBALG.A.P. (глобальний порядок гарантії сільськогосподарської практики) є провідним стандартом, спрямованим на забезпечення безпеки та екологічності вирощування сільськогосподарської продукції. Для грибівництва GLOBALG.A.P. встановлює вимоги до вирощування грибів у контрольованих умовах з використанням екологічно безпечних технологій. Стандарт охоплює питання раціонального використання ресурсів, управління викидами, безпеки працівників та простежуваності продукції. Виконання вимог GLOBALG.A.P. дозволяє виробникам отримати доступ до міжнародних ринків та підвищити довіру споживачів [5].

Органічне грибівництво стає все більш популярним, особливо в контексті зростання попиту на екологічно чисту продукцію. Основні

міжнародні стандарти в цій сфері включають NOP (National Organic Program) — стандарт органічного виробництва в США, який регулює використання субстратів, добрив та засобів захисту рослин, виключаючи синтетичні речовини; EU Organic — стандарт Європейського Союзу, який визначає вимоги до вирощування органічних грибів, зокрема використання сертифікованих органічних матеріалів; JAS (Japanese Agricultural Standards) — японський стандарт органічного виробництва, який включає вимоги до простежуваності та маркування. Дотримання цих стандартів забезпечує виробникам визнання продукції як органічної на ключових міжнародних ринках [6].

Codex Alimentarius, розроблений спільно ВООЗ та ФАО, слугує глобальним орієнтиром для забезпечення якості та безпеки харчових продуктів. У контексті грибовництва Codex визначає граничні рівні залишкових пестицидів у грибах, санітарні норми для обробки та зберігання продукції, а також вимоги до маркування та простежуваності. Дотримання рекомендацій Codex Alimentarius дозволяє гармонізувати вимоги до грибів на міжнародному рівні та сприяє розвитку глобальної торгівлі.

Санітарні та фітосанітарні норми є важливим інструментом для забезпечення якості та безпеки грибною продукції, а також для підтримки здоров'я споживачів. Ці норми спрямовані на попередження забруднення продукції та захист від шкідливих впливів на всіх етапах виробництва й обігу грибів [7].

Контроль забруднень і залишків пестицидів є ключовим аспектом санітарних норм. У грибовництві регулярно проводиться моніторинг залишкових речовин у продукції, таких як пестициди, важкі метали та інші забруднювачі. Для цього використовуються сучасні методи тестування, які дозволяють виявляти навіть мінімальні концентрації небезпечних речовин.

Протидія біологічним і хімічним ризикам включає заходи, спрямовані на запобігання розвитку патогенних мікроорганізмів, грибків чи токсичних речовин у продукції. Особливу увагу приділяють санітарії виробничих приміщень, контролю умов зберігання та транспортування грибів [8].

Регулювання обігу грибів на міжнародному ринку передбачає дотримання вимог імпортуємих країн щодо якості та безпеки продукції. Це включає відповідність міжнародним стандартам, таким як Codex Alimentarius, та виконання фітосанітарних протоколів.

Сертифікація грибної продукції є важливим кроком для підтвердження її якості, безпеки та відповідності стандартам. Вона надає виробникам можливість отримати доступ до нових ринків та підвищити довіру споживачів.

Процедура сертифікації включає кілька етапів, серед яких аудит виробництва, лабораторний аналіз продукції та перевірка відповідності встановленим стандартам. Органи сертифікації перевіряють як сам процес вирощування грибів, так і кінцевий продукт [9].

Вимоги до маркування продукції є важливим елементом сертифікації. На упаковці повинні бути зазначені походження продукту, інформація про сертифікаційний орган, відповідність стандартам, а також дані про спосіб виробництва, наприклад, органічне чи традиційне.

Визнання сертифікації на міжнародному рівні забезпечується завдяки використанню уніфікованих стандартів, таких як ISO або GLOBALG.A.P., а також через взаємне визнання сертифікатів між країнами. Це дозволяє спростувати експорт грибної продукції та знижувати бар'єри у міжнародній торгівлі [10].

Міжнародне регулювання грибівництва значною мірою залежить від регіональних підходів, які враховують особливості законодавства, кліматичних умов та вимог до безпеки продукції в різних частинах світу.

Регулювання у країнах Європейського Союзу передбачає суворі вимоги до безпеки харчових продуктів, простежуваності та екологічності виробництва. Зокрема, директиви ЄС регулюють залишковий вміст пестицидів, маркування продукції та контроль за використанням добрив. Стандарти органічного виробництва в ЄС є одними з найдетальніших у світі.

Вимоги США та Канади акцентують увагу на безпеці харчових продуктів та маркуванні. У США діють стандарти FDA (Управління з контролю

за продуктами і ліками) та USDA (Міністерство сільського господарства), які регулюють вирощування, обробку і продаж грибів. У Канаді діють подібні норми, доповнені вимогами до експорту та імпорту грибної продукції.

Особливості стандартів у країнах Азії варіюються залежно від держави. Наприклад, у Японії діють суворі вимоги до органічного виробництва відповідно до стандарту JAS. У Китаї акцент робиться на експортній сертифікації та контролі залишків пестицидів, тоді як країни Південно-Східної Азії зосереджуються на забезпеченні безпеки внутрішнього ринку [11].

Міжнародне регулювання грибовництва стикається з численними викликами, але водночас відкриває перспективи для вдосконалення галузі.

Проблеми уніфікації стандартів виникають через різноманітність регіональних норм та підходів. Це ускладнює експорт продукції та створює додаткові бар'єри для виробників, які прагнуть вийти на міжнародні ринки.

Розвиток сталого грибовництва є одним із ключових напрямів, що поєднує економічну ефективність із екологічною відповідальністю. Впровадження новітніх технологій, таких як переробка відходів чи використання відновлюваних джерел енергії, сприяє досягненню цих цілей.

Інновації у регулюванні та стандартизації відіграють важливу роль у гармонізації вимог. Це може включати створення цифрових платформ для простежуваності продукції, розробку нових методів тестування та підвищення прозорості сертифікаційних процедур. Усі ці заходи сприятимуть подальшому розвитку міжнародного грибовництва [12].

1.3 Технології промислового вирощування *Agaricus bisporus*.

Основою успішного та рентабельного виробництва грибів є якісний компост, що створює ідеальні умови для росту міцелію та культивуції печериць. Для його приготування зазвичай використовують такі компоненти: солома, кінський гній, пташиний послід, гіпс і вода. Варто зазначити, що склад компосту може змінюватися залежно від потреб виробництва.

Процес приготування компосту включає кілька етапів. На підготовленій ділянці викладають соломі рівним шаром заввишки до 30 см, шириною 1,6-1,8 м та довжиною близько 3 м. Соломі ретельно розподіляють по всій площині, а потім на неї укладають шар кінського гною. Зверху рівномірно розсипають пташиний послід. Після цього матеріали зволожують водою та ущільнюють. Процедуру повторюють кілька разів, формуючи бург із 5-6 шарів соломи, гною та посліду [13].

Коли компост досягає належної якості, на його поверхню наносять покривну суміш, найкращим матеріалом для якої є торф. Завдяки своїй здатності утримувати велику кількість води й поступово її віддавати, торф створює оптимальні умови для росту грибів. На 1 м² компосту наносять 25-32 кг покривного матеріалу, формуючи шар завтовшки 4-6 см. Оптимальною є товщина 5 см, оскільки вона забезпечує достатню вологість і сприятливий мікроклімат для розвитку міцелію.

Після нанесення покривного шару його розпушують, вирівнюють і злегка ущільнюють. Ці дії забезпечують рівномірну товщину покриття, що важливо для рівного росту міцелію та якісного зволоження. При ручному вирівнюванні слід уникати надмірного ущільнення, щоб не пошкодити структуру ґрунту. Легке прикочування поверхні стимулює вегетативний ріст міцелію.

Недостатня товщина покривного шару або низька його вологоємність можуть негативно впливати на якість грибів, змушуючи частіше проводити поливи. Це призводить до затримки утворення врожаю, погіршення зовнішнього вигляду грибів і підвищення ризику розвитку бактеріальних інфекцій.

Печериці можна вирощувати за допомогою різних методів, серед яких:

- на грядках;
- у спеціальних мішках;
- у формованих блоках;
- у контейнерах;

- на багаторівневих стелажах.

Методи вирощування печериць різноманітні й залежать від умов, ресурсів і рівня механізації виробництва. Контейнерна система широко застосовується в таких країнах, як США, Канада та Австралія. У ній використовуються спеціальні дерев'яні контейнери, оброблені для захисту від цвілевих грибків. Основним недоліком цього методу є висока вартість обладнання для заповнення контейнерів компостом, нанесення покривного ґрунту, вивантаження та самих контейнерів. Полична система, відома як "голландська", є поширеною в Нідерландах, де печериці вирощуються на багатоярусних полицях. Однак вона має недолік у вигляді ризику поширення хвороб і шкідників: зайва вода може переносити інфекції з верхніх ярусів на нижні [14].

Грядкова система застосовується рідше, здебільшого в підземних приміщеннях, таких як шахти, овочесховища або пташники. Компост викладають на підлогу, зазвичай на поліетиленову плівку. Основною перевагою цього методу є відсутність витрат на ємності для компосту, але недоліками залишаються значна кількість ручної праці, труднощі в підтриманні санітарії та ризик швидкого поширення інфекцій.

Найпопулярнішим серед дрібних і середніх виробників є мішечний метод. Він передбачає використання мішків, що потребують менших капіталовкладень у порівнянні з поличною та контейнерною системами. Головна перевага цієї системи полягає в можливості ефективно боротися з хворобами та шкідниками: заражені мішки легко ізолювати та видалити. Проте недоліками є велика кількість ручної праці, необхідної для заповнення, транспортування та встановлення мішків, а також нанесення покривного ґрунту [15].

Кожен із цих методів має свої особливості, а вибір системи залежить від масштабу виробництва, доступних ресурсів і фінансових можливостей виробника.

Процес вирощування печериць включає кілька важливих етапів. Першим етапом є підготовчі роботи, на яких готують приміщення для вирощування грибів. Витрати на обладнання однієї камери площею 180 м² у наявній будівлі складають близько 24 000 грн. Один цикл вирощування займає від 1,5 до 2 місяців, під час якого потрібен компост, засіяний міцелієм. Наступним етапом є підготовка приміщення, яке може бути існуючою будівлею, фермою, корівником чи складом, що потребує переобладнання для створення оптимального мікроклімату. Третій етап — підготовка субстрату для компосту, що є складним і трудомістким процесом, тому доцільно купувати готовий субстрат. Основні постачальники субстрату знаходяться в містах Тернопіль, Донецьк і Канів. Інкубаційний період триває близько двох тижнів, під час якого температуру в приміщенні підтримують на рівні 20-27°C, а вологість повітря повинна бути 80-90%. Проростання грибниці відбувається за цей час, після чого компост ущільнюється і засипається ґрунтом. Після цього можна знизити температуру до 15-22°C, а вологість — до 50%. Період плодоношення настає через 1,5 місяця після посадки і триває близько 7 днів. Протягом цього часу блоки можуть дати кілька хвиль врожаю. Для оптимальних умов плодоношення необхідні температура 12-18°C, вологість повітря 85-90% і посилена вентиляція. Збір врожаю найкраще проводити під час першої хвилі, оскільки гриби в цей період найвищої якості. З кожним наступним збором якість знижується [16].

1.4 Умови вирощування грибної культури *Agaricus bisporus*.

Для виробництва грибів необхідні приміщення, ґрунт-компост (субстрат) і посадковий матеріал. На колективних і присадибних городах печериці можна вирощувати в парниках, теплицях, сараях, у підпіллі і підвалах. Сонячне світло для них не потрібне. Чим рівніше, без коливань підтримується температура в приміщенні, тим більше воно придатне для вирощування печериць. Якщо приміщення має висоту 1,7–2 м, то в ньому влаштовують в 2–4 яруси стелажі шириною 60–70 см. Замість стелажів нерідко кладуть бруски, на

які встановлюють ящики глибиною 18–20 см. Відстань між ящиками по висоті 30–40 см, від стелі до верху ярусу 70–80 см. Будь-яке приміщення для вирощування печериць повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією [17].

Найкращим ґрунтом для вирощування печериць є напіврозкладений соломистий кінський гній. Гній укладають у пухкий бурт шириною 1,5–1,7 м, висотою 1,2–1,3 м. При укладанні бурту на 1 т гною бажано додати 200–250 кг курячого посліду і обов'язково 3–4 кг сечовини або 5 кг аміачної селітри. Після укладання температура в бурти піднімається до +55 ... +65 °С, після чого бурт починає осідати. У цей час роблять перебивання бурту, переміщаючи його зовнішні краї всередину. При перебивці зазвичай гній зволожують так, щоб біля основи бурту з'явилася вода. Потрібно 4–5 перебивок, і при останній перебивки до гною додають алебастр або гіпс з розрахунку 20–25 кг на 1 т гною [18].

У процесі горіння і перебивок гній набуває рівномірного темно-коричневого забарвлення і солома від скручування легко рветься. При стисканні в руці готового ґрунту виділяється коричнева рідина. Запах гною в ґрунті відсутній і лише розрізняються слабкі тони аміаку. Але кінський гній дістати важко, і замість нього беруть солому. На 1 т сухої соломи додають 20 кг сечовини і 250–300 кг курячого посліду, рівномірно розподіляючи органічні та мінеральні добавки в купі соломи. Потім солому добре зволожують. З мокрої соломи формують бурт, при укладанні якого додатково вносять 300–400 кг сирого курячого посліду. При останній перебивки вносять до 60 кг алебастру. Готовий компост щільно укладають плоскими грядками шириною 1–1,2 м, висотою 25–30 см [19].

У парнику компост укладають по всьому котловану, щоб шар ґрунту дорівнював глибині парника. Такий же шар компосту повинен бути на стелажі, а в ящиках – 20–25 см. Покладений на стелажі або в гряди компост внаслідок посилення мікробіологічних процесів знову розігрівається до 40 – 50 °С, але

вже через 5–6 днів температура компосту починає знижуватися і коли вона на глибині 10–12 см знизиться до 25 – 27 °С, приступають до посадки грибниці.

Для розведення печериць потрібен спеціальний субстрат. Його рекомендується виготовляти з подрібненої соломи озимих культур, кінського гною і сечовини з додаванням вапна, крейди або гіпсу. Замість кінського гною допустимо використовувати коров'ячий, кролячий або свинячий. Якщо немає соломи, замість неї можна взяти побічну сільськогосподарську продукцію від огородніх культур.

Печериці чутливі до змін температури. В період проростання міцелію (12–14 днів) температуру підтримують у межах 25 – 26 °С, але як тільки міцелій розростеться і тяжі його будуть помітні на поверхні ґрунту, папір, що прикриває компост, знімають і насипають покривну суміш з низинного торфу з вапном (співвідношення вагових частин 3–4:1) або перегною і просіяного землі з додаванням крейди в розмірі 3–5 %. Шар покривної суміші (3–4 см) зволожують з лійки в перші 5–6 днів по 1 л на 1 кв. м, але щоб вода не потрапляла в компост. За 7–10 днів міцелій проростає в покривний шар. З моменту появи на гіфах вузликів (зачатків плодових тіл) температуру в приміщенні знижують до 15–17 °С і підтримують на такому рівні весь період плодоношення. Оптимальна відносна вологість повітря для печериць 85–90 % [20].

Після збору грибів на поверхні покривної суміші утворюються ямки, які потрібно присипати ґрунтовою сумішшю і злегка полити (0,5–1 л на 1 кв. м) з лійки з дрібним ситом. Загальний період плодоношення до двох місяців. За цей час збирають до 5–6 кг з 1 кв. м. Враховуючи, що для проростання печериць оптимальна температура повинна бути в межах 15–17 °С, потрібно розраховувати щоб терміни укладання компосту і посіву міцелію припадали на другу половину серпня, а плодоношення на вересень-жовтень.

Для підготовки покривного ґрунту рекомендується віддавати перевагу торфу, добутому на верхових сфагнових болотах. Вибір матеріалів обмежується такими типами торфу:

1. Чорний торф, видобутий фрезерним способом;
2. Чорний торф, добутий екскаватором (ковшовий);
3. Коричневий торф, отриманий за допомогою фрези;
4. Коричневий ковшовий торф, видобутий екскаватором;
5. Коричневий фрезерний торф, висушений до вологості приблизно 50%;
6. Перехідні типи торфу, які видобуваються екскаватором.

Коричневі торфи. Покривний ґрунт, виготовлений виключно з коричневого фрезерного або ковшового торфу, має недостатню щільність. Проте його можна використовувати на фермах із відсутнім сучасним кліматичним обладнанням, за умови правильного приготування та дотримання техніки поливу. Перевага коричневих торфів полягає в тому, що майже всі вони забезпечують «відкриту» структуру покривної суміші. Зазвичай фрезерний торф, який доставляють на ферму, є підсушеним, що знижує його вологість і порушує структуру. Тому важливо починати його зволоження мінімум за 5 днів до нанесення на компост. Такий ґрунт не здатний утримувати достатньо вологи, через що вода часто не досягає нижніх шарів покриття. Недостатня кількість вологи може спричинити надмірний розвиток міцелію у вигляді дрібних і тонких гіф у цій частині шару. Якщо нижній шар покриття пересихає, відбувається відшарування покривного ґрунту від компосту. Зв'язок між компостом і покривним шаром є ключовим фактором успішного вирощування грибів. Його порушення призводить до значного зниження врожайності. Сильно висушений матеріал покривного шару важко повторно зволожити. До того ж, вільна вода, яку покриття не вбирає, може накопичуватись на поверхні, сприяючи розвитку бактеріальної плямистості на грибах [21].

Такий покривний матеріал потребує частіших поливів. При зволоженні матеріал стає щільнішим через дрібну структуру частинок торфу. Це може призводити до розмивання поверхні покривного шару, коли частинки торфу відділяються і здатні забруднювати гриби. Тому під час використання такого матеріалу необхідно проводити розпушування, іноді навіть кілька разів. Перший етап розпушування виконується поверхнево, як проміжний, а другий

— коли міцелій проростає на $\frac{2}{3}$ глибини покривного шару. Таким чином можна створити достатньо "відкриту" структуру покривного шару. Регулюючи кількість поливів у процесі проростання міцелію, можна досягти бажаного характеру його росту. Покривний ґрунт із коричневого торфу легко наноситься вручну, що дозволяє обходитися без використання техніки. Проте гриби, вирощені на такому покривному шарі, будуть невеликими за розміром і легкими[22].

Коричневий ковшовий торф зазвичай утримує вологу краще, ніж фрезерний, завдяки своїй структурі. Як і фрезерний, він містить значну кількість рослинних залишків, але, на відміну від останнього, ці залишки не подрібнені. Через це ковшовий торф має більші пори, що сприяє підвищеній вологоємності. Проте великі повітряні пори дозволяють йому поглинати багато води, але утримувати її він не здатен. Це створює ситуацію, протилежну до використання дрібного фрезерного торфу. Вода швидко проходить через верхній шар покривного ґрунту і накопичується в нижньому шарі, що може спричинити перезволоження. У такому середовищі міцелій не зможе прорости, оскільки шар води стане перешкодою, а це може призвести до втрати контакту між компостом і покривним шаром.

Для забезпечення нормального росту міцелію потрібні помірні поливи, оскільки надлишок води призводить до утворення «вільної» води, яка заповнює простір між порами і закриває структуру покривного шару. Такий ґрунт не сприяє отриманню високого врожаю великих і важких грибів. Для досягнення таких результатів краще використовувати покривні суміші на основі чорного торфу [23].

1.5. Динаміка хвиль врожайності *Agaricus bisporus* у промисловому грибівництві

Поняття хвиль врожайності має суттєве значення для розуміння процесів плодоношення печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*). Загалом, хвиля

врожайності сприймається як циклічне зародження, розвиток та досягнення стадії зрілості плодових тіл в певні проміжки часу. Даний процес залежить від фізіологічних процесів, що відбуваються у системі міцелій-субстрат, та залучення ресурсів для утворення плодових тіл.

Фізіологічно, хвиля плодоношення розпочинається зі стимулювання утворення зародків плодових тіл, що виникає внаслідок завершення певних етапів вегетативного розвитку міцелію. Це супроводжується активним використанням накопичених речовин (глікогену, протеїнів, макро-та мікроелементів), зарезервованих в субстраті та клітинах міцелію.

Взаємозв'язок між етапами розвитку міцелію та плодоношення обумовлений слідуючими чинниками. На початку вегетативної фази міцелій забезпечує повне колонізування субстрату та створює запаси речовин. Перша хвиля плодоношення часто найбільше продуктивна, оскільки вона залежить від накопичених ресурсів. Наступні хвилі залежать від здатності міцелію відновлювати запаси речовин та утримувати оптимальний мікроклімат.

Біологічні фактори, що впливають на утворення хвиль, включають якість вихідної сировини, рівень засіяності субстрату спорами, видові та штамові особливості печериці двоспорової, а також параметри мікроклімату, такі як вологість, температура, та вентиляція. Своєчасна корекція цих факторів, використання збалансованих рецептів субстрату і регулярний моніторинг умов вирощування сприяють стабільності хвиль врожайності та підвищенню продуктивності культури [24].

Особливості підготовки субстрату є одним із ключових етапів у забезпеченні стабільних хвиль врожайності печериці двоспорової. Основна мета підготовки субстрату полягає у створенні сприятливих умов для розвитку міцелію. Цей процес включає ретельне змішування компонентів субстрату (соломи, гною, гіпсу та інших добавок), регулювання їх вологості, а також термічну обробку, яка знищує патогенні мікроорганізми та конкурентну мікрофлору. Рівномірність розподілу компонентів і їх належна ферментація є

вирішальними для забезпечення якісного росту міцелію та формування високої врожайності.

Температура, вологість та газовий режим відіграють вирішальну роль у динаміці хвиль врожайності. Температурний режим визначає швидкість метаболічних процесів у міцелії. Оптимальною температурою на етапі вегетативного росту є 24–26°C, тоді як для стимуляції плодоношення вона знижується до 16–18°C. Вологість субстрату має підтримуватися на рівні 60–65%, а відносна вологість повітря у приміщенні повинна становити 85–95%. Газовий режим також є критичним: високий рівень вуглекислого газу (понад 1000 ppm) сприяє вегетативному росту, тоді як для утворення плодових тіл необхідно забезпечити адекватну вентиляцію для зниження концентрації CO₂.

Значення мікроклімату у вирощувальних приміщеннях важко переоцінити. Умови мікроклімату, включаючи температуру, вологість, освітлення та циркуляцію повітря, повинні бути строго контрольованими на кожному етапі виробничого циклу. Недотримання параметрів мікроклімату може призвести до зниження врожайності, погіршення якості грибів та нерівномірного утворення хвиль. Сучасні системи автоматизації дозволяють забезпечити точний контроль параметрів мікроклімату, що суттєво підвищує ефективність виробництва. Використання кліматичних камер із датчиками для моніторингу умов дозволяє уникати різких коливань параметрів, що є критичним для стабільного плодоношення [25].

Технологічні аспекти формування хвиль врожайності базуються на комплексному підході до підготовки субстрату, підтриманні оптимальних параметрів температури, вологості та газового режиму, а також створенні сприятливого мікроклімату у вирощувальних приміщеннях. Їх дотримання забезпечує стабільність та високу продуктивність хвиль врожайності печериці двоспорової.

Динаміка хвиль врожайності у промислових умовах є важливою складовою агрономічної науки, оскільки дозволяє детально дослідити процеси формування та накопичення врожаю, а також оцінити ефективність різних

методів управління цими процесами на промислових агрогосподарствах. Ключовим аспектом цієї динаміки є хвилі плодоношення, що визначаються певними біологічними та екологічними факторами, які зумовлюють періодичність і кількість врожаю. У рамках промислових умов виділяють три основні хвилі плодоношення, кожна з яких має свої особливості, продуктивність, а також різний часовий розподіл і тривалість.

Перша хвиля плодоношення, як правило, є основною і найпродуктивнішою. Вона виникає в результаті активного цвітіння і формування плодів, що відбувається на початку вегетаційного періоду. Продуктивність цієї хвилі часто є визначальною для врожайності культури і залежить від багатьох чинників, зокрема від погодних умов, попередніх технологій обробки ґрунту, вибору сортів та наявності або відсутності хвороб. У промислових умовах перша хвиля може бути максимально стабільною завдяки контролю за агротехнічними заходами, які знижують ризик негативного впливу екологічних факторів.

Друга хвиля плодоношення часто має меншу інтенсивність і коротший період розвитку порівняно з першою. Вона може бути результатом повторного цвітіння рослин, яке інколи спостерігається після певного періоду спокою або стресових умов, таких як нестача вологи або низькі температури. Ця хвиля, як правило, менш продуктивна, оскільки більша частина ресурсів рослини вже витрачена на підтримку першої хвилі. Проте в промислових умовах її можна стимулювати за допомогою регулювання умов вирощування, зокрема за допомогою внесення добрив або оптимізації поливу, що дозволяє підвищити її врожайність.

Третя хвиля плодоношення є найменш інтенсивною і часто не дає значного внеску у загальний врожай. Вона виникає у результаті другої хвилі цвітіння і може бути спричинена сприятливими умовами для росту рослин, однак її розвиток обмежується виснаженням запасів енергії в рослині, оскільки більшість ресурсів вже використано. Продуктивність третьої хвилі зазвичай є низькою, але у промислових умовах можна вжити заходів для її стимуляції,

наприклад, шляхом застосування стимуляторів росту або корекції агротехнічних заходів, щоб підвищити ефективність цієї хвилі [26].

Порівняння врожайності між хвилями демонструє значну різницю в продуктивності, де перша хвиля зазвичай є найбільш врожайною, а друга та третя — менш продуктивними. Однак ефективність кожної хвилі може змінюватися залежно від факторів навколишнього середовища, технічних умов і специфіки культури. Враховуючи це, промислові агрогосподарства повинні коригувати свої стратегії управління залежно від інтенсивності кожної хвилі, щоб максимально збільшити загальний врожай.

Часовий розподіл та тривалість кожної хвилі плодоношення також варіюються в залежності від виду культури та умов вирощування. Перша хвиля зазвичай починається на ранніх етапах вегетації і триває до середини сезону, надаючи основний обсяг врожаю. Друга хвиля часто припадає на серединний період вегетації і має меншу тривалість. Третя хвиля, якщо вона має місце, зазвичай відбувається наприкінці сезону і триває протягом короткого часу. У промислових умовах важливо правильно розподіляти час між цими хвилями, щоб забезпечити максимально ефективне використання ресурсів та стабільність врожайності на всіх етапах вегетаційного циклу.

Врожайність культур в агрономії є результатом складної взаємодії біологічних, агротехнічних та екологічних факторів. Кожна хвиля плодоношення має свої особливості, і її врожайність визначається рядом зовнішніх та внутрішніх факторів. Дослідження цих факторів дозволяє створити оптимальні умови для стабільного отримання високих врожаїв та мінімізації ризиків втрат. Вплив на врожайність кожної хвилі плодоношення здійснюється через такі фактори, як умови вирощування, агротехнічні прийоми, а також біотичні та абіотичні стресори.

Умови вирощування є одними з основних факторів, що визначають продуктивність кожної хвилі плодоношення. До таких умов належать температурні режими, рівень вологості, освітленість та характеристика ґрунтів. Вода є критичним ресурсом для росту рослин, і її нестача або надлишок

може значно вплинути на врожайність, особливо у другій та третій хвилях плодоношення, коли рослини часто відчують стрес від несприятливих погодних умов. Також важливу роль відіграє температура: оптимальні температурні умови сприяють активному цвітінню та формуванню плодів, тоді як низькі або високі температури можуть викликати затримку в розвитку або зниження кількості зав'язей. Окрім того, освітленість, що безпосередньо залежить від часу року та кліматичних умов, також суттєво впливає на інтенсивність процесів фотосинтезу, що є основним джерелом енергії для рослин, визначаючи, зокрема, врожайність першої хвилі.

Агротехнічні прийоми мають вирішальне значення для стабілізації врожайності на кожній хвилі плодоношення. Правильне управління агротехнічними заходами здатне мінімізувати негативний вплив несприятливих екологічних факторів, підвищуючи ефективність вирощування культур. Наприклад, застосування добрив забезпечує рослини необхідними макро- і мікроелементами, що позитивно впливає на ріст і розвиток, зокрема в першу хвилю плодоношення. Добриво на основі азоту, фосфору та калію особливо важливе для стимулювання активного росту рослин та забезпечення хорошого цвітіння. Застосування засобів захисту рослин, таких як пестициди, також відіграє важливу роль у боротьбі з шкідниками та хворобами, що можуть значно знижувати врожайність, особливо у другій та третій хвилях плодоношення. Водночас оптимізація строків посіву, глибини посіву та інших агротехнічних заходів сприяє збільшенню стійкості рослин до стресових умов та підвищує їх адаптивність до змін клімату.

Біотичні стресори, зокрема шкідники та хвороби, здатні істотно знижувати врожайність на кожній хвилі плодоношення. Пошкодження рослин шкідниками, такими як комахи або гризуни, призводить до механічного пошкодження тканин рослин, зниження їхньої здатності до фотосинтезу та утворення плодів. Хвороби, зокрема грибкові, бактеріальні та вірусні інфекції, можуть порушувати нормальні фізіологічні процеси рослин, знижуючи їхню продуктивність. Вплив біотичних стресорів найбільше відчутний під час другої та третьої хвилі плодоношення, коли рослини вже виснажені першою хвилею плодоношення, що робить їх більш вразливими до атаки шкідників та інфекцій.

Абіотичні стресори, до яких відносяться фактори навколишнього середовища, такі як екстремальні температури, недостатня або надмірна вологість, а також посухи, значною мірою впливають на продуктивність рослин. Наприклад, посуха може знижувати рівень вологи в ґрунті, що призводить до порушення водного обміну в рослинах, зменшується процес транспірації та фотосинтезу, що, в свою чергу, знижує кількість плодів та їхню якість. У таких умовах перша хвиля плодоношення може значно знизити свою врожайність, а друга та третя хвилі можуть взагалі не сформуватися через обмежену здатність рослин до відновлення. Водночас, надмірна вологість або часті дощі можуть спричинити розвиток грибкових захворювань, які можуть пошкоджувати плоди або навіть призводити до їхнього загнивання, що також знижує врожайність на всіх етапах [27].

Усі ці фактори разом визначають рівень продуктивності та стабільності врожайності культур у промислових умовах. Взаємодія між умовами вирощування, агротехнічними прийомами, біотичними та абіотичними стресорами визначає не тільки рівень врожайності кожної хвилі, але й можливість адаптації до змінних екологічних умов. Своєчасне реагування на ці фактори і застосування комплексного підходу в управлінні агротехнічними заходами дозволяє знижувати ризики та забезпечувати стабільний і високий рівень продуктивності на всіх етапах плодоношення.

1.6 Фітопатогенні інфекції та шкідники у промисловому грибівництві.

Для уникнення більшості проблем, пов'язаних зі спалахами хвороб і шкідників, важливо суворо дотримуватися технології, виконувати гігієнічні вимоги та проводити профілактичні заходи.

Основною умовою є обов'язкова дезінфекція приміщень, інструментів, обладнання, тари та всіх предметів, які використовуються під час вирощування та плодоношення їстівних грибів. Компостування має здійснюватися дуже ретельно, без контакту компосту з ґрунтом, на спеціально відведеному майданчику. Під час підготовки компосту потрібно уважно стежити за

температурою, вологістю та аерацією. На етапі пастеризації важливо уникати перегріву субстрату, оскільки це призведе до втрати його селективності [28].

Покривна суміш підлягає ретельній обробці парою або формаліном. Культиваційні камери мають бути герметично ізольовані від проникнення збудників хвороб і шкідників. Роботи в приміщеннях рекомендується починати з ділянок, де вирощування грибів лише розпочалося, і завершувати там, де процес плодоношення підходить до завершення, забезпечуючи дотримання всіх мікрокліматичних параметрів. Відходи виробництва необхідно оперативно вивозити з камер, щоб уникнути появи джерел біологічного забруднення. Якщо поблизу споруди накопичується гній, використаний компост або залишки грибних тіл, це неминуче спричинить проникнення збудників хвороб та шкідників у приміщення, що негативно позначиться на врожаї.

Серед бактеріальних хвороб грибів, зокрема печериці двоспорової, найчастіше зустрічається бура плямистість. На капелюшках з'являються бурі або коричневі плями, які можуть охопити всю поверхню. Уражені частини підсихають, радіально тріскаються, а на ніжках утворюються поздовжні тріщини. Тканина капелюшків в місцях ураження стає водянистою та відмирає, хоча плодові тіла зберігають свою форму.

Швидкий розвиток бактеріозу обумовлений високою вологістю повітря (понад 85%) та підвищеною температурою (16-18 °C).

Ураження плодових тіл проявляється у вигляді муміфікації, яка уповільнює або повністю припиняє їхній ріст. Такі гриби стають шорсткими на дотик, набувають сіруватого забарвлення та неприємного запаху. Зазвичай хвороба проявляється наприкінці кожної хвили плодоношення. Джерелами інфекції є покривна земля, погано підготовлений компост, неякісний міцелій та залишки грибів на поверхні покривної суміші. При виявленні перших ознак захворювання необхідно видалити заражені контейнери з приміщення, де здійснюється культивування грибів [29].

Для боротьби з бактеріями рекомендується застосовувати 1%-ний розчин хлорного вапна або інші засоби, що містять хлор. Також можна використовувати розчин формаліну, але його застосування слід адаптувати до фази росту грибів.

Щодо вірусів їстівних грибів, хімічних засобів боротьби поки що не розроблено. У цьому випадку важливо використовувати безвірусний міцелій, дотримуватися профілактичних заходів і фітосанітарних правил, а також забезпечувати якісну фільтрацію повітря, що надходить у культиваційне приміщення.

Хвороби, такі як оливкова пліснява, коричнева та біла гіпсовки, мікогноз, вертицильоз, фузаріозне в'янення та інші (особливо при вирощуванні шампінйонів), виникають головним чином через порушення умов компостування та пастеризації, невідповідну лужну реакцію субстрату, недостатню дезінфекцію покривної землі або відхилення мікрокліматичних параметрів у культиваційному приміщенні.

Гриби часто зазнають пошкоджень від грибних мушок, комариків та нематод. Шкідники потрапляють у приміщення через забруднений інвентар, взуття, вентиляційні отвори без захисних сіток або через порушення технології підготовки субстрату та покривного шару.

Іноді на грядках з'являються небажані види грибів. Також шкоду можуть завдавати ногохвостки, кліщі, грибні жуки, стоноги та слимаки. Для боротьби з ними застосовують хімічні засоби в періоди між збиранням урожаю.

Дотримання профілактичних заходів допомагає ефективно захистити урожай від хвороб і шкідників, забезпечуючи високу якість продукції [30].

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Географічна та адміністративна характеристика місця проведення досліджень.

Дочірнє підприємство «Мрія» розташоване у східній частині Новомосковського району Дніпропетровської області. Адміністративний центр господарства знаходиться у селі Левенцівка, яке характеризується сприятливим географічним положенням та розвиненим транспортним сполученням. Відстань до районного центру, міста Новомосковськ, становить 30 км, а до обласного центру, міста Дніпро, – 70 км. Така територіальна наближеність до основних транспортних вузлів забезпечує зручні умови для постачання ресурсів та реалізації продукції на великих споживчих ринках. Крім того, наявність розвиненої інфраструктури сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів.

Земельний фонд господарства протягом останніх років залишається стабільним і складає 1,2 га. Раціональне використання земельних ресурсів забезпечує високу продуктивність підприємства. Щорічний обсяг врожаю становить 520 тонн, що свідчить про ефективність впроваджених агротехнологій та високий рівень організації виробничої діяльності. Досягнення таких результатів можливе завдяки дотриманню сучасних стандартів культивування та застосуванню інноваційних підходів у вирощуванні грибів.

На території господарства функціонує дванадцять спеціалізованих камер для вирощування грибів, кожна з яких має площу 530 м². Загальна площа камер становить 6360 м². Камери обладнані сучасними системами контролю параметрів мікроклімату, що дозволяє створювати оптимальні умови для розвитку грибів. Такий підхід сприяє забезпеченню стабільного плодоношення, мінімізації ризиків виникнення захворювань та підвищенню загальної врожайності.

Для культивування печериць на підприємстві застосовуються різні типи міцелію, кожен з яких має унікальні характеристики:

Онїкс синтетичний – вирізняється високою якістю та стійкістю до патогенів;

Просяний міцелій – характеризується швидким проростанням та стабільною врожайністю;

Зерновий міцелій – забезпечує рівномірний розвиток грибів та високу продуктивність.

Технологічний процес вирощування базується на використанні компосту другої фази, інколи третьої. Компост другої фази піддається ретельній обробці для мінімізації ризику інфекційного зараження, тоді як компост третьої фази застосовується для отримання ще вищих якісних показників. Такий підхід дозволяє досягти стабільних результатів та забезпечити відповідність продукції встановленим стандартам якості.

Географічне розташування підприємства має ключове значення для його успішної діяльності. Природно-економічні умови регіону сприяють реалізації аграрного потенціалу. Близькість до великих міст та зручність транспортних шляхів дозволяють підприємству оперативно доставляти продукцію споживачам, а також створюють сприятливі умови для конкуренції на внутрішньому ринку. Завдяки впровадженню сучасних технологій та ефективному управлінню виробничими процесами господарство демонструє стабільні показники продуктивності, що сприяє його подальшому розвитку та зміцненню позицій на ринку [31].

2.2 Кліматичні умови місця досліджень.

Клімат на території господарства характеризується як континентальний, помірно посушливий, зі середньорічною температурою повітря 8,5 °С. Річна кількість опадів становить 513 мм, причому близько 38 % загальної кількості припадає на літні місяці. У період вегетації (квітень – листопад) випадає приблизно 53 % усіх опадів. Згідно з багаторічними спостереженнями

метеостанції Губиниха, середньорічна температура повітря в регіоні становить 7,7 °С [32].

Таблиця 2.1 демонструє динаміку середньорічних температур.

Таблиця 2.1

Кількість атмосферних опадів і розподіл їх по місяцях, мм(за даними метеостанції Губиниха)

Роки	Місяці												Сума за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2023	33,9	45,1	24,6	84,1	32,8	52,5	29,2	49,1	0,6	5,4	59,7	28,4	525,4
2024	34,6	25,2	43,7	35	45,2	26,3	0	0	-	-	-	-	
Середньо-багато річні	45,0	36,0	34	38,0	46,0	59,0	56,0	37,0	36,0	32,0	42,0	52,0	513,0

За даними метеостанції Губиниха, кількість атмосферних опадів у 2023 році склала 525,4 мм, що перевищує середньо-багаторічний рівень, який становить 513 мм. Найбільше опадів випало у квітні – 84,1 мм, що значно перевищує середній показник для цього місяця (38 мм). Мінімальна кількість опадів зафіксована у вересні – лише 0,6 мм, що є аномально низьким значенням. Помітне перевищення середньо-багаторічних показників також спостерігалось в листопаді, коли випало 59,7 мм опадів, у порівнянні зі звичними 42 мм. Літній період 2023 року характеризувався помірною кількістю опадів, однак у липні зафіксовано лише 29,2 мм, що значно нижче за середньо-багаторічний показник у 56 мм.

У 2024 році дані представлені лише за період з січня по липень. За цей час кількість опадів варіювалася від 45,2 мм у травні до повної відсутності опадів у липні, що є аномальним явищем. Таке зниження може вказувати на суттєві зміни погодних умов у регіоні. Відсутність даних за серпень–грудень ускладнює повноцінний аналіз цього року.

Середньо-багаторічні показники свідчать, що найбільша кількість опадів зазвичай припадає на літні місяці – червень (59 мм) і липень (56 мм), тоді як найменші значення спостерігаються восени та взимку: у жовтні (32 мм), листопаді (42 мм) та грудні (52 мм).

Таким чином, 2023 рік демонструє перевищення середньо-багаторічних рівнів опадів, тоді як 2024 рік характеризується нестабільністю, зокрема аномально низькою кількістю опадів у літні місяці. Для повного аналізу кліматичних тенденцій необхідне продовження спостережень та оновлення даних за поточний рік.

У таблиці 2.2 наведено дані середньомісячної і середньорічної температури повітря, °С.

Таблиця 2.2

Середньомісячна і середньорічна температура повітря, °С

Роки	Місяці												Середня за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2023	-2,7	-0,7	4,3	8,9	16,3	21,3	22,7	22,6	20,0	7,4	4,7	0,4	10,4
2024	-3,1	1,9	8,5	16	20,7	22,7	27,3	26,7					
Середньо-багаторічні	-5,4	-4,1	0,7	9,4	16,0	19,6	21,3	20,6	15,4	8,5	2,7	-2,0	8,5

В окремі місяці спостерігаються суттєві відхилення від середньомісячних температурних показників. Найвищу позитивну температуру зафіксовано у липні, вона становила +21,3°C, тоді як найнижча негативна температура була зареєстрована у січні і дорівнювала –5,5°C.

Зима в регіоні зазвичай малосніжна і нестійка, з частою зміною відлиг та морозів. Стійкий сніговий покрив формується у третій декаді грудня і тримається до першої декади березня. Висота снігового покриву незначна, у середньому – 3 см. Загальна кількість днів зі сніговим покривом складає

близько 75 на рік, що свідчить про нетривалість зимового періоду та м'який характер клімату.

Вегетаційний період, під час якого температура повітря перевищує +15 °С, триває в середньому 208 днів. Він починається на початку першої декади квітня і завершується наприкінці третьої декади жовтня. Безморозний період становить близько 170 днів на рік. Заморозки закінчуються, як правило, у третій декаді квітня, а починаються – у другій декаді жовтня. Проте в окремі роки можливі відхилення: зафіксовані випадки пізніх весняних заморозків (до 18 травня) та ранніх осінніх (від 27 вересня).

Такі кліматичні особливості створюють сприятливі умови для вирощування печериць. Тривалий період вегетації дозволяє отримувати високоякісну продукцію, а помірний рівень опадів забезпечує належний баланс вологості для оптимального розвитку грибів. Крім того, кліматичні параметри сприяють ефективному функціонуванню систем контролю мікроклімату в культиваційних камерах, що є важливим елементом у забезпеченні стабільної врожайності господарства. Географічне розташування та кліматичні умови створюють сприятливі передумови для подальшого розвитку підприємства та підвищення його конкурентоспроможності [33].

2.3 Особливості циклу компостного виробництва.

Сівозміни в Україні насичені культурою кукурудзи, що розширює сировинну базу для грибівництва. А технології з використанням кукурудзи для компостування вже випробовані в європейських країнах.

Загальнопоширеною для компостування є солома пшениці, також відомі технології з використанням кукурудзяного бадилля і стрижнів качанів, які мають повноцінний вуглеводний склад та відрізняються високою водоутримувальною здатністю, що сприяє покращенню мікробіологічної ферментації.

Особливо ефективним таке компостування є у зимовий період, бо компости на кукурудзі розігріваються до 72°C, однак слід запобігати

потрапляння в рослинну масу для ферментації стрижнів з пліснявою та підгнилого листа. Рисова солома та бадилля рису не придатні для компостування у грибівництві.

Гриби є швидкорослою культурою, яка дозволяє отримувати два врожаї за 52 дні (7,5 тижнів) при використанні компосту на основі кінського гною або підстилки для тварин. Проте така швидкість є радше винятком, оскільки тривалість компостування залежить від багатьох факторів. У різних виробників використовуються різні підходи до Фази I, що включають різні цикли виробництва. Основними чинниками є склад сировини, система аерації та методологія. Тривалість Фази I може варіюватися від трьох днів, якщо застосовується 100% кінський гній, у якому вже почався процес компостування, до 28 днів при використанні попередньо обробленої соломи. Фаза II є більш стандартизованою та включає такі етапи: вирівнювання компосту, прогрівання, пастеризацію, кондиціонування для видалення аміаку, охолодження компосту та посів (інокуляцію) міцелію. Компост, інокульований міцелієм, використовується для культивації грибів у різних системах [34].

Для виготовлення компосту використовують такі компоненти, як пшенична солома, курячий послід, гіпс, а також відпрацьовану воду. Виробники оцінюють фізичні та хімічні властивості цих компонентів згідно з визначеними рецептурами, що дозволяє отримати гомогенний компост. Однорідний компост характеризується рівномірною консистенцією, однаковим кольором і рівномірним ступенем зволоження. Така однорідність забезпечує стабільність якості компосту протягом року, що є важливим фактором для отримання прогнозованого врожаю грибів. Гомогенність компосту підтверджується лабораторними показниками, які мають залишатися стабільними на всіх етапах компостування.

Компост виконує роль джерела поживних речовин для грибів, але одночасно може стати середовищем для розвитку конкурентних мікроорганізмів, таких як цвілеві гриби *Trichoderma*. Основним компонентом компосту є пшенична солома, яка є джерелом вуглецю, необхідного для

живлення грибів. Якість соломи залежить від кліматичних умов, у яких вирощували пшеницю. Солома, вирощена в морському кліматі, має м'яку структуру, тоді як солома з регіонів із сухим кліматом є жорсткішою та сухішою. Курячий послід забезпечує компост азотом, що сприяє активності мікроорганізмів і підвищенню температури до 65–70 °С. Оптимальний об'єм курячого посліду становить до 800 кг на тонну соломи [35].

Крім курячого посліду, додатковими джерелами азоту можуть бути сечовина та сульфат амонію. Сечовина, яка містить 46% азоту, потребує рівномірного внесення для забезпечення гомогенності компосту. Гіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) додається до компосту для зменшення жирності, покращення його структури та забезпечення проникності повітря. Перед використанням гіпсу важливо перевірити його на вміст важких металів. У процесі компостування застосовується вода, яку повторно використовують під час Фази I. За потреби воду можна доповнювати дощовою або ґрунтовою. Важливим є дотримання стандартів, які забезпечують оптимальну кількість кисню в воді, оскільки його нестача негативно впливає на мікроорганізми, що беруть участь у процесі компостування. Для збагачення води киснем її продувають повітрям або використовують багаторівневі резервуари для очищення. Це дозволяє забезпечити належну якість води для процесу компостування.

Цикл компостного виробництва є складним багатофазним процесом, який включає підготовку сировини, пастеризацію, кондиціонування та посів міцелію. Кожна з цих фаз відіграє ключову роль у формуванні якісного компосту, що є основою для успішного вирощування грибів. Особливістю цього циклу є інтеграція біологічних, хімічних і фізичних процесів. Наприклад, розкладання воскового шару на соломі забезпечується термофільними мікроорганізмами, які активуються за умов оптимальної вологості та температури. Пастеризація знищує патогенні організми, а кондиціонування стабілізує компост і очищує його від токсичних речовин, таких як аміак.

Попереднє зволоження соломи є початковим і надзвичайно важливим етапом у циклі компостного виробництва. Воно забезпечує активацію

ферментаційних процесів, які формують основу для подальшого розвитку компосту. Для зволоження соломи застосовуються три основні методи: метод ванни, метод душу та метод занурення [36].

Метод ванни передбачає занурення розпакованих тюків соломи у спеціальні резервуари, заповнені водою. Тривалість перебування соломи у воді визначається візуально – до припинення утворення бульбашок, що свідчить про повне насичення вологою. Цей метод дозволяє досягти високого рівня зволоження, однак існує ризик надмірного перебування соломи у воді, що може призвести до уповільнення ферментації через зниження температури.

Метод душу полягає в зрошенні соломи водою зверху. На початковому етапі процес здійснюється безперервно, а згодом – із певними інтервалами. Хоча цей метод є менш трудомістким, ніж метод ванни, нерівномірний розподіл води може стати проблемою, яка потребує додаткового контролю.

Метод занурення є найефективнішим з точки зору рівномірності зволоження. Тюки соломи занурюють у резервуари з водою, і процес триває до тих пір, поки їхня вага не стабілізується. Цей метод потребує точного визначення часу занурення, що досягається через постійне зважування тюків на різних етапах.

Незалежно від обраного методу, якість зволоження соломи має вирішальне значення. Кожна соломину повинна бути рівномірно зволоженою, без утворення сухих зон. Надлишок води необхідно зливати, щоб уникнути формування анаеробних зон у подальшому процесі. Оптимальний рівень вологості забезпечує активацію термофільних мікроорганізмів, які запускають ферментацію.

Особливо важливим процесом під час підготовки сировини є розкладання воскового шару, що вкриває соломину. Восковий шар перешкоджає проникненню вологи, тому його розкладання є обов'язковою умовою для успішного старту компостування. У цьому процесі ключову роль відіграють термофільні мікроорганізми. За підвищення температури до 40-60°C ці мікроорганізми починають активно розщеплювати восковий шар,

забезпечуючи проникнення вологи в соломину та створення сприятливого середовища для ферментації.

Швидкість цього процесу залежить від низки факторів. Солома, зібрана нещодавно, має вищу жорсткість і більший вміст воску, що уповільнює розкладання. Навпаки, солома, яка пролежала понад пів року, вже частково втратила восковий шар і швидше вбирає вологу. Також різні види соломи мають свої особливості: наприклад, житня та рисова солома розкладаються швидше завдяки меншій щільності структури.

Наступним етапом підготовки сировини є створення гомогенного компосту шляхом змішування соломи з курячим послідом. Цей процес є критичним, адже забезпечує рівномірний розподіл поживних речовин і сприяє активній діяльності мікроорганізмів. Солома, попередньо зволожена, стає ідеальним середовищем для взаємодії з послідом, який є джерелом азоту та інших поживних речовин [37].

Принципи змішування передбачають ретельне дотримання технологічних вимог. По-перше, товщина шару соломи, на який наноситься курячий послід, має бути оптимальною, щоб уникнути нерівномірного покриття. По-друге, змішування повинно забезпечити рівномірний розподіл компонентів, аби кожна частина соломи отримала необхідну дозу посліду. Нерівномірне змішування призводить до формування гетерогенної маси, в якій можуть виникати зони з надлишком або дефіцитом поживних речовин.

Типові помилки під час змішування, такі як недостатнє зволоження соломи, нерівномірний розподіл посліду або неправильний вибір пропорцій компонентів, можуть негативно вплинути на якість кінцевого продукту. Це призводить до порушення процесу ферментації, підвищення рівня рН та утворення аміаку, який ускладнює розвиток корисних мікроорганізмів.

Етап підготовки сировини є основоположним для успішного циклу компостного виробництва. Дотримання технологічних вимог та уникнення типових помилок забезпечують створення якісного гомогенного компосту, який стане основою для подальших фаз процесу.

Фаза пастеризації та кондиціонування є наступним важливим етапом циклу компостного виробництва, метою якого є очищення компосту від шкідливих мікроорганізмів, зниження рівня токсичних речовин та створення оптимальних умов для розвитку корисних мікроорганізмів і подальшого посіву міцелію.

Для проведення пастеризації компост завантажується у спеціальні тунелі, які забезпечують необхідні умови для цього процесу. Конструкція тунелю має низку особливостей. Підлога тунелю розташована на підвищенні, зазвичай на висоті 70 см над рівнем проходу, і має ґратчасту структуру, що дозволяє рівномірно подавати повітря через компост. Зверху на ґратчастій підлозі розміщуються спеціальні сітки, які запобігають забиванню вентиляційних отворів та забезпечують належну аерацію. Стіни тунелю ізолювані для підтримання стабільного температурного режиму та уникнення впливу зовнішніх факторів.

Завантаження компосту в тунель здійснюється рівномірним шаром висотою 2,5–3,2 м, що відповідає 1000–1400 кг компосту на квадратний метр площі. Такий рівномірний розподіл є критично важливим для забезпечення стабільного повітряного потоку через масу компосту.

Регулювання температури та кисневого середовища в тунелі є важливим аспектом управління процесом. Повітря подається через ґратчасту підлогу і циркулює в масі компосту, забезпечуючи рівномірний розподіл тепла та кисню. Для цього використовується система вентиляторів, які працюють у режимі включення/вимкнення залежно від температурного режиму. Контроль температури і кисню здійснюється за допомогою датчиків, розміщених у різних точках тунелю [38].

Процес пастеризації складається з декількох послідовних етапів, кожен з яких має свою мету та особливості.

Вирівнювання температури є першим етапом. Після завантаження тунелю в компості можуть спостерігатися значні температурні перепади через нерівномірність процесів ферментації. Для усунення цих перепадів температура

повітря встановлюється на рівні 44–46 °С, а вентилятори працюють на максимальній швидкості. Така рівномірна аерація дозволяє знизити різницю температур до 3 °С між різними зонами компосту.

Після вирівнювання температури починається активний процес підвищення температури, що ініціюється мікроорганізмами. При температурі понад 56 °С розпочинається етап пастеризації, основною метою якого є знищення патогенних організмів і сторонніх шкідників. Підтримання температури на рівні 56–60 °С протягом 8 годин забезпечує ефективне руйнування шкідливих мікроорганізмів, комах і грибків. На цьому етапі також знищується частина аміаку (NH_3), що покращує якість компосту.

Після завершення пастеризації починається етап кондиціонування компосту. Основною метою цього процесу є стабілізація біологічної активності компосту, остаточне видалення аміаку та створення сприятливих умов для майбутнього посіву міцелію [39].

На початковому етапі кондиціонування проводиться зниження вмісту аміаку. Для цього температура компосту поступово знижується до рівня 45–49 °С, що сприяє активності мікроорганізмів, які розкладають залишки аміаку. Оптимальний вміст аміаку досягається через 2–3 дні. Занадто швидке зниження концентрації аміаку може негативно вплинути на структуру компосту, тоді як недостатнє видалення цієї речовини уповільнює процес дозрівання.

На фінальному етапі кондиціонування забезпечується готовність компосту до посіву міцелію. Температура компосту поступово знижується до 25 °С. В цей момент компост має бути вільним від аміаку і сторонніх патогенів. Правильна підготовка компосту на етапі кондиціонування забезпечує рівномірний розвиток міцелію та високу якість кінцевої продукції.

Фаза II процесу компостного виробництва є вирішальною для формування якісного та стабільного компосту. Поняття про процес другої фази компостування було введено Синдлером і Хаузером, які є розробниками короткого способу компостування, що означає швидке завершення процесу компостування у контрольованих умовах. Термічною обробкою субстрату, яка

сьогодні набула статусу основою технологічного процесу. Ця технологія була першим кроком в інтенсифікації грибівництва.

Дотримання технологічних вимог на кожному етапі – від завантаження в тунель до завершення кондиціонування – гарантує створення оптимального середовища для подальшого вирощування грибів.

Посів міцелію, або інокуляція, є заключним етапом циклу підготовки компосту, що забезпечує його готовність до вирощування грибів. Цей етап передбачає створення оптимальних умов для рівномірного розподілу посівного матеріалу в компості та забезпечення належної життєздатності міцелію.

Однією з ключових складових успішного посіву міцелію є правильна підготовка компосту. Основним завданням цього етапу є охолодження компосту до оптимальної температури [40].

Після завершення кондиціонування температура компосту поступово знижується до 25 °C, що є оптимальним для розвитку міцелію. Процес охолодження здійснюється шляхом відкриття вентиляційних систем і подачі свіжого повітря. Важливо уникати різких змін температури, оскільки це може негативно вплинути на структуру компосту та активність корисних мікроорганізмів. У сприятливих умовах охолодження проводиться вночі, щоб посів міцелію можна було розпочати вже наступного ранку.

Температурний режим є критичним: надмірне охолодження (нижче 23 °C) або залишкова висока температура (понад 27 °C) може суттєво знизити ефективність інокуляції, спричиняючи розвиток небажаних мікроорганізмів або уповільнення росту міцелію.

Посів міцелію здійснюється шляхом рівномірного перемішування посівного матеріалу з компостом. Основними вимогами до цього процесу є рівномірність розподілу міцелію та запобігання розвитку пліснявих грибків.

Рівномірність розподілу посівного матеріалу забезпечує оптимальний розвиток міцелію в усій масі компосту. Посівний матеріал, що складається зі спорової культури міцелію на зерновій основі, має бути ретельно перемішаний із компостом. Це дозволяє ниткам міцелію швидко розвиватися і проникати в

усі частини компосту. Нерівномірний розподіл посівного матеріалу призводить до утворення зон без міцелію, що ускладнює подальший процес вирощування грибів.

Для запобігання розвитку пліснявих грибків використовуються такі підходи:

- Ретельна стерилізація обладнання, що використовується під час інокуляції.
- Дотримання санітарних норм у приміщеннях для посіву.
- Використання посівного матеріалу високої якості, що не містить домішок або забруднень.

Зони, в яких міцелій відсутній, стають сприятливим середовищем для розвитку патогенних грибків, таких як *Trichoderma*. Їх поява може повністю знищити урожай, тому дотримання вимог гігієни на цьому етапі є критично важливим.

Якість посівного матеріалу є основним чинником успішного вирощування грибів. На неї впливають умови виробництва, зберігання та транспортування.

Температура та умови зберігання є вирішальними факторами для збереження життєздатності міцелію. Посівний матеріал має зберігатися при температурі близько 2 °C, що запобігає надмірній активності міцелію до моменту посіву. Високі температури або їхні коливання під час зберігання та транспортування можуть викликати втрату життєздатності міцелію. Також важливими є умови вологості: надмірна вологість може спричинити розвиток пліснявих грибків у посівному матеріалі.

Ознаки життєздатності міцелію визначаються за такими критеріями:

- Відсутність дефектів у зерновій основі (не допускаються злипання зерен, сторонні включення).
- Однорідний білий колір, який свідчить про здоровий розвиток міцелію.
- Відсутність сторонніх запахів, що може свідчити про бактеріальне або грибкове зараження.

Зниження життєздатності міцелію може проявлятися у вигляді розвитку строми – щільної білої маси, що утворюється на поверхні компосту. Це свідчить про порушення температурного режиму або надмірне зволоження. Поява строми або інших дефектів є підставою для звернення до постачальника посівного матеріалу.

Таким чином, Фаза III є завершальним і критично важливим етапом циклу компостного виробництва. Забезпечення оптимальної температури компосту, правильне виконання інокуляції та використання високоякісного посівного матеріалу гарантують рівномірний ріст міцелію і закладають основу для успішного вирощування грибів.

Контроль якості компосту є одним із ключових етапів виробничого процесу, оскільки забезпечує дотримання технологічних параметрів і сприяє досягненню оптимальних умов для вирощування грибів. Ефективний контроль передбачає поєднання лабораторного аналізу та регулярного моніторингу основних параметрів під час виробництва.

Лабораторний аналіз є обов'язковим елементом контролю якості компосту, оскільки дозволяє точно визначити основні хімічні та фізичні властивості матеріалу.

Одним із найважливіших показників є рівень рН. Значення кислотності є критичним для активності мікроорганізмів, які забезпечують ферментацію. На початкових етапах компостування рН може бути високим, але поступово він знижується до оптимального діапазону 6,8–7,2. Відхилення цього показника свідчать про дисбаланс у складі компосту або про помилки у процесі ферментації.

Інший важливий параметр – вологість компосту. Оптимальний рівень вологості знаходиться в межах 63–68%, що забезпечує необхідні умови для діяльності мікроорганізмів. Надмірна вологість може спричинити утворення анаеробних зон, тоді як недостатня кількість води уповільнює ферментаційні процеси.

Вміст азоту в компості визначається методом К'ельдаля, що дозволяє оцінити концентрацію як органічного, так і амонійного азоту (NH_4^+). Азот є основним поживним елементом для мікроорганізмів, тому його рівень повинен бути збалансованим. У процесі ферментації відбувається поступове споживання азоту мікроорганізмами, а його концентрація у готовому компості має становити близько 2%.

Ще одним важливим показником є вміст вуглецю та співвідношення C/N (вуглець/азот). Оптимальне співвідношення для компосту становить 17:1–20:1. Занадто високий вміст вуглецю уповільнює процес розкладання органіки, а низький – призводить до швидкого виснаження поживних речовин.

Лабораторний аналіз є точним, але не постійним методом контролю. Для підтримання якості компосту в реальному часі використовується моніторинг ключових параметрів, таких як аерація, температурний режим та кислотність.

Аерація є критичним фактором у процесі компостування. Для забезпечення рівномірного доступу кисню до всієї маси компосту використовуються системи вентиляції та регулярне перемішування. Недостатня аерація призводить до утворення анаеробних зон, що викликає процеси гниття і підвищення рівня аміаку. З іншого боку, надмірна аерація сприяє швидкій втраті вологи [41].

Температурний режим також відіграє важливу роль у компостуванні. На різних етапах процесу температура має бути в межах 50–85°C. Висока температура сприяє розкладанню органіки та знищенню патогенних мікроорганізмів, але перевищення 85°C може спричинити загибель корисних термофільних мікроорганізмів. Регулярний моніторинг температури здійснюється за допомогою датчиків, розміщених у різних точках компостної маси.

Контроль кислотності є важливим для запобігання небажаним хімічним реакціям у компості. У разі значного підвищення або зниження рН застосовуються коригувальні заходи, наприклад, додавання гіпсу для нейтралізації кислотності або зміна аераційного режиму.

Управління відхиленнями в процесі базується на результатах аналізів та моніторингу. Якщо виявляються значні відхилення, необхідно вжити коригувальних заходів. Наприклад:

- За надмірної вологості проводиться додаткова аерація або збільшується час перебування компосту.
- У разі нестачі азоту додаються азотні компоненти, такі як курячий послід або мінеральні добавки.
- При зниженні температури перевіряється аераційна система та коригується подача повітря.

Контроль процесу компостування та аналіз його якості є інтегрованою системою, яка забезпечує стабільний результат і відповідність кінцевого продукту технологічним стандартам. Регулярний моніторинг та оперативне управління відхиленнями дозволяють оптимізувати виробничий процес і досягати високої якості компосту [42].

2.4 Методика проведення досліджень

Дослідження включали наступні варіанти:

1. Компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр»;
2. Компост від ТОВ «Агротандем-Плюс».

Під час досліджень проводилися визначення кількісного складу мікроміцетів, актиноміцетів та інших представників мікрофлори на різних стадіях підготовки компостів. Це дало змогу оцінити ефективність процесу компостування та вплив окремих компонентів на формування мікробного середовища, що є критично важливим для якості субстрату. У процесі роботи застосовували сусло-агар як універсальне середовище, що забезпечує зростання широкого спектра мікроорганізмів, елективне середовище з креатиніном для селективного вирощування мікроорганізмів, здатних метаболізувати креатинін, середовище Чапека, що підтримує ріст цвілевих грибків, та елективне середовище для визначення мікроміцетів родів *Penicillium* і *Aspergillus*.

Зразки компостів відбирали на різних стадіях технологічного процесу, зокрема на етапах початкового змішування компонентів (солома, гній), після ферментації та після термічної обробки. Це дозволило виявити джерела

контамінації, ефективність термічної обробки та мікробіологічну якість кінцевого субстрату. Вологість субстратів визначали гравіметричним методом згідно з ДСТУ 7946:2015. Зразки висувували в сушильній шафі за температури 105 °С до досягнення постійної ваги, що забезпечує високу точність результатів і є критично важливим для коректного перебігу ферментаційних процесів.

Контроль мікробіологічної якості виконували відповідно до вимог ДСТУ ISO 7218:2022, який регламентує загальні принципи мікробіологічних досліджень харчових продуктів і кормів. Усі процедури, включно з підготовкою середовищ, проведенням посівів і культивації, виконували із суворим дотриманням стерильності для мінімізації впливу сторонніх факторів. Аналіз та ідентифікацію мікроорганізмів здійснювали на основі морфологічних характеристик колоній та мікроскопічного дослідження. Враховували такі параметри, як форма і колір колоній, характер росту, а також структурні особливості мікроорганізмів.

Загалом, усі роботи виконували у відповідності до стандартів ДСТУ ISO 7218:2022 «Мікробіологія харчових продуктів і кормів. Загальні правила», ДСТУ 7946:2015 «Визначення вологості методом гравіметрії» та ДСТУ ISO 6887-1:2020 «Підготовка проб для мікробіологічного аналізу». Застосування зазначених стандартів дозволило забезпечити надійність та точність отриманих результатів, що сприяло всебічному оцінюванню мікробіологічного стану субстратів на всіх етапах дослідження.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Порівняння характеристик компосту на етапах виробництва.

Культиваційні камери для вирощування печериць є ключовим елементом сучасного грибівництва, оскільки вони забезпечують оптимальні умови для росту та розвитку грибів. У таких камерах підтримується стабільний мікроклімат із регульованими параметрами вологості, температури та концентрації вуглекислого газу, що є важливими для продуктивного циклу культивування. Ефективність роботи камер залежить від їхньої технічної оснащеності, зокрема систем вентиляції, зволоження та обігріву, які забезпечують постійність фізико-хімічних показників внутрішнього середовища.

Особливе значення у вирощуванні печериць має покривний ґрунт, який взаємодіє з компостом і виконує кілька важливих функцій. Зокрема, він забезпечує необхідну вологість для розвитку міцелію, сприяє рівномірному розподілу тепла та газообміну, а також створює сприятливі умови для утворення та зростання плодових тіл. Для забезпечення ефективної взаємодії з компостом покривний ґрунт повинен відповідати низці вимог: мати високі водоутримувальні властивості, достатню пористість, нейтральний або слабокислий рівень рН, а також здатність підтримувати біологічну активність.

Взаємодія покривного ґрунту з компостом значною мірою визначає кінцевий результат культивування. Правильно підібраний склад ґрунту, його фізико-хімічні характеристики та баланс із мікрофлорою компосту здатні істотно підвищити врожайність і якість грибів. З огляду на це, дослідження якісних характеристик компосту та його взаємодії з покривним шаром набувають особливого значення у вдосконаленні технології виробництва печериць.

Основними складовими цього компосту були солома, пташиний послід, гіпс і вода. Гіпс є надзвичайно важливою складовою в приготуванні компостів. Гіпс має здатність зв'язувати компостні колоїди, додаючи більшої розпушеності структурі матеріалу, що покращує аерацію і підвищує водоутримувальну здатність. Частково сульфат кальцію виконує роль нейтралізації сильно лужної реакції «недозрілого» субстрату.

Таким чином досягання кондиційних властивостей компосту без додавання гіпсу є неможливим. В практиці відомі технології в яких його додають двічі – на початкових стадіях для пришвидшення процесу компостування та вже під час буртування компосту, коли він виконує другу важливу практичну роль. При застосуванні гіпсу зменшуються втрати сухих речовин при можливому перезволоженні субстрату.

Технологія включала такі етапи: ферментація (активний розігрів сировини за рахунок мікробіологічної активності) і перетворення органічних компонентів на субстрат, придатний для розвитку печериць

Для проведення досліджень було обрано два типи компосту, які значно відрізнялися за своєю природою та способом виробництва: компост власного виробництва ТОВ «Агротандем-Плюс» і закуплений компост ТОВ «Міко Центр». Компост власного виробництва, виготовлений у 2023 році, використовував базову технологію компостування.

На етапі вирощування печериці двоспорової штаму *Amycel Triple* у 2023 року спостерігалися певні проблеми з якістю компосту: висока концентрація азоту, спричинена надмірним використанням пташиного посліду, що негативно впливало на розвиток грибів; нестабільний мікробіологічний склад, зокрема низька частка спороутворюючих бактерій, які є ключовими для балансу мікрофлори компосту; недостатня пастеризація, що сприяло збереженню патогенних мікроорганізмів, таких як *Trichoderma*.

Оскільки компост власного виробництва давав неоднорідні врожаї, що спонукало нас до ретельних досліджень компостного виробництва на різних його етапах.

Оскільки якість компосту залежить від великої кількості складових особливо від початкових етапів підготовки і це все є різностадійними мікробіологічними процесами, то були проведені аналізи мікробіологічного ценозу. Мікробіологічні процеси у компості потребують ретельного дослідження, які були проведені на різних етапах, для того щоб відслідкувати правильність процесу компостування на всіх стадіях згідно з технологією.

У 2024 році було здійснено оптимізацію процесу виробництва компосту, яка включала контроль за кількістю пташиного посліду з метою зменшення концентрації азоту до оптимального рівня, поліпшення аерації та температурного режиму на етапі ферментації для стимуляції розвитку спороутворюючих бактерій, підвищення якості пастеризації для ефективного знищення патогенних мікроорганізмів.

Оптимізований компост ТОВ «Агротандем- Плюс» 2024 року відзначався збалансованим вмістом поживних речовин, покращеним мікробіологічним складом, що забезпечило високий рівень конкурентоспроможності мікробіому щодо грибів-конкурентів, та вищою якістю субстрату для культивування шампінйонів.

Компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» був виготовлений на професійному підприємстві з багаторічним досвідом у виробництві компостів для печериць. Він характеризувався високою стабільністю якості завдяки автоматизації процесів та використанню сировини стандартної якості, оптимальним мікробіологічним балансом, досягнутим через ретельний контроль усіх етапів виробництва, та відсутністю суттєвих відхилень у хімічному складі.

Цей компост слугував контролем для порівняння ефективності власного виробництва. Його використання забезпечувало стабільно високі результати урожайності та якості грибів. Таким чином, дослідження було спрямоване на порівняння цих двох видів компосту з метою виявлення недоліків у власному виробництві та шляхів їх усунення для забезпечення конкурентоспроможності продукту.

На початкових етапах мікрофлора компостування різниться в залежності від вихідного матеріалу, його вологості, тривалості зберігання. При контакті з вологою виділяються водорозчинні речовини з маси соломи, які містять легкозасвоювані крохмалевмісні речовини та цукри пентози. Також в стеблах рослин містяться пектини, речовини легкодоступні для епіфітної мікрофлори, що залучаються до біодеградації у компості у першу чергу.

Всі добавки у субстрат як органічні так і мінеральні мають бути в максимально подрібненому стані або розбавлені баластними речовинами для рівномірного розподілу по масі компосту що є запорукою отримання однорідної маси.

У таблиці 3.1 визначено таксономічний склад мікробіому компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр».

Таблиця 3.1

Таксономічний склад мікробіому для компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр»

Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
	Бактерії	Гриби	Стрепто-міцети	
Амоніфікувальні	5700±453	—	—	5800±460
Амілолітичні	4000±380	—	—	4000±380
Целюлозоруйнівні	3,2±0,25	0,8±0,02	—	4,0±0,3
Пектиноруйнівні	5,5±0,5	2,4±0,1	—	7,9±0,7

Таксономічний склад мікробіому для компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр» відображає розподіл різних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, включаючи бактерії, гриби та стрептоміцети. У складі амоніфікувальної групи переважно присутні бактерії з кількістю 5700±453 одиниць, що становить майже всю групу, разом їхній загальний показник складає 5800±460. Амілолітичні мікроорганізми представлені виключно бактеріями, їх чисельність

становить 4000 ± 380 одиниць. У групі целюлозоруйнівних мікроорганізмів також переважають бактерії з чисельністю $3,2 \pm 0,25$, а гриби становлять $0,8 \pm 0,02$, що в сукупності дає загальну кількість $4,0 \pm 0,3$. Для пектиноруйнівної групи кількість бактерій становить $5,5 \pm 0,5$, а грибів – $2,4 \pm 0,1$; разом ця група налічує $7,9 \pm 0,7$ одиниць. Стрептоміцети у представлених групах відсутні.

У процесі компостування окрім групи аміلولітичних та пектиноруйнівних мікроорганізмів провідну роль мають целюлозоруйнівні мікроорганізми. Фізіологічна група целюлозоруйнівних мікроорганізмів поділяється на декілька таксономічних груп, як різняться швидкістю засвоєння целюлози. Серед цих мікроорганізмів є мезофільні та термофільні, які ефективні в різних температурних діапазонах, відповідно в різних зонах комфорту та різних стадіях будуть поводитися неоднаково. Суттєвим регулятором активності буде хімічний склад компосту, зокрема для цієї групи є важливим доступний азот. В залежності від його концентрації та форми азоту комплекси целюлозоруйнівних мікроорганізмів будуть засвоювати вуглецеві сполуки з різною швидкістю. Частина мікроорганізмів живиться амонійними формами азоту, а більша частина нітратними. Джерелом азоту в компості є пташиний послід, який може бути неоднорідним в залежності від сезону, його походження та тривалості зберігання. Птахофабрики використовують різні системи утримання птиці та схеми годування, що впливає на якісні показники посліду.

Надлишок аміаку у пташиному посліді може діяти як антисептик, знищуючи частку корисних мікроорганізмів компосту. Зони компосту перенасичені аміаком можуть відставати у інтенсивності мікробіологічних процесів порівняно з основною масою, наслідком чого є нерівномірний розподіл поживних речовин і фізична неоднорідність.

У таблиці 3.2 представлено еколого-трофічний склад мікробіому для компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр» за окремими групами.

**Еколого-трофічний склад мікробіому для компосту ТОВ «Агаріс
Міко Центр» за окремими групами**

Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
	Бактерії	Гриби	Стрепто-міцети	
Оліготрофи на МПА 1:10	1255000±13500	—	—	1255000±13500
Оліготрофи на КАА 1:10	112000±3800	—	—	112000±3800
Оліготрофи на ГА	645000±3400	—	—	645000±3400

Таблиця демонструє розподіл еколого-трофічних груп мікробіому у компості ТОВ «Агаріс Міко Центр», зокрема чисельність бактерій, грибів і стрептоміцетів для кожної групи.

Група оліготрофів на середовищі МПА 1:10 представлена виключно бактеріями, чисельність яких становить 1255000±13500 одиниць, що є найбільшим показником серед усіх груп.

У складі оліготрофів на середовищі КАА 1:10 також представлені лише бактерії з чисельністю 112000±3800 одиниць.

Оліготрофи на середовищі ГА мають чисельність 645000±3400 бактеріальних одиниць.

Гриби та стрептоміцети у всіх представлених еколого-трофічних групах відсутні, а загальна чисельність кожної групи дорівнює чисельності бактерій.

У таблиці 3.3 відображені дані еколого-трофічний склад мікробіому для компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр» за окремими групами.

Еколого-трофічний склад мікробіому для компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр» за окремими групами

Еколого-трофічні групи	Таксономічний склад			Разом
	Бактерії	Гриби	Стрепто-міцети	
Оліготрофи на МПА 1:10	5±0,3	—	—	5±0,3
Оліготрофи на КАА 1:10	15±0,6	—	—	15±0,6
Оліготрофи на ГА	72,0±2,5	—	—	72,0±2,5

Дані таблиці відображають чисельність мікроорганізмів у різних еколого-трофічних групах мікробіому компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр».

У всіх представлених групах виявлені лише бактерії, тоді як гриби та стрептоміцети відсутні.

Група оліготрофів на середовищі МПА 1:10 має найменшу чисельність бактерій, яка складає 5±0,3 одиниць.

Оліготрофи на середовищі КАА 1:10 представлені 15±0,6 бактеріальними одиницями.

Найвища чисельність бактерій серед представлених груп спостерігається у оліготрофів на середовищі ГА, де їх кількість становить 72,0±2,5 одиниць.

Загальна чисельність кожної групи дорівнює кількості бактерій, оскільки гриби та стрептоміцети у цих групах не виявлені.

У таблиці 3.4 наведено дані порівняння якості компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» з компостом ТОВ «Агаріс Міко Центр».

Таблиця 3.4

**Порівняння якості компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» з компостом ТОВ
«Агаріс Міко Центр»**

Еколого-трофічна група	Таксономічний склад компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» (2023 рік)	Таксономічний склад компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» (2024 рік)	Таксономічний склад компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр»
Оліготрофи на МПА 1:10	500000 ± 20000	1200000 ± 15000	1255000 ± 13500
Оліготрофи на КАА 1:10	50000 ± 5000	110000 ± 4000	112000 ± 3800
Оліготрофи на ГА	200000 ± 15000	640000 ± 3500	645000 ± 3400
Амоніфікувальні	2000 ± 150	5700 ± 450	5800 ± 460
Амілолітичні	1500 ± 100	3900 ± 350	4000 ± 380
Целюлозоруйнівні	1,0 ± 0,1	3,9 ± 0,2	4,0 ± 0,3
Пектиноруйнівні	2,0 ± 0,2	7,7 ± 0,5	7,9 ± 0,7

У таблиці порівняно якість компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» за 2023 і 2024 роки із компостом ТОВ «Агаріс Міко Центр». У 2023 році всі показники компосту були значно нижчими, що свідчить про його низьку якість. Після оптимізації у 2024 році показники значно покращилися й стали близькими до купленого компосту. Найсуттєвіші покращення відбулися в кількості оліготрофів, амоніфікувальних і амілолітичних мікроорганізмів, що вказує на підвищення екологічної та трофічної активності компосту.

У таблиці 3.5 наведено дані щодо мікробіологічного склад компостів ТОВ «Агротандем-Плюс» та ТОВ «Агаріс Міко Центр» на різних етапах виготовлення.

Таблиця 3.5

Мікробіологічного склад компостів ТОВ «Агротандем-Плюс» та ТОВ «Агаріс Міко Центр» на різних етапах виготовлення.

Етап виготовлення	Мікробіологічний склад	ТОВ «Агротандем-Плюс»	ТОВ «Агаріс Міко Центр»
Мікроміцети			
Початковий етап (день 1)	Кількість мікроміцетів (КУО/г)	12±1,5	50±3
Середина процесу (день 7)	Кількість мікроміцетів (КУО/г)	30±2	85±4
Завершення процесу (день 14)	Кількість мікроміцетів (КУО/г)	45±3	100±5
Актиноміцети			
Початковий етап (день 1)	Кількість актиноміцетів (КУО/г)	10±0.5	45±2
Середина процесу (день 7)	Кількість актиноміцетів (КУО/г)	25±1	60±3
Завершення процесу (день 14)	Кількість актиноміцетів (КУО/г)	50±2	85±4
Мікробна комбінація (міцелій та гній)			
Початковий етап (день 1)	Міцелій + гній (КУО/г)	5±0.3	15±0.8
Середина процесу (день 7)	Міцелій + гній (КУО/г)	10±0.5	30±1
Завершення процесу (день 14)	Міцелій + гній (КУО/г)	20±1	45±2

У процесі виготовлення компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» спостерігається поступове збільшення вмісту мікробіоти, зокрема мікроміцетів і актиноміцетів. Водночас компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» має значно вищі показники на всіх етапах, що свідчить про стабільну мікробіологічну активність у процесі його виготовлення. На етапі початкової інкубації (день 1) компост ТОВ «Агротандем-Плюс» має менший рівень мікробної активності,

але після оптимізації процесу та зростання концентрації міцелію й гною, до завершення процесу (день 14) рівень мікробіологічної активності наближається до компосту від ТОВ «Агаріс Міко Центр».

3.2 Вплив мікробіологічних процесів на якість компосту.

В 2023 році під час компостування компосту з дотриманням технологічних норм було вивчено вплив мікробіологічних процесів на якість компосту на різних етапах компостування, зокрема на фазах початку, пастеризації, кондиціювання та охолодження. Дані, отримані за цією методологією, показали динаміку змін у розвитку різних груп мікроорганізмів.

У таблиці 3.6 наведено дані динаміки розвитку амоніфікувальних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2023 році

Таблиця 3.6

Динаміка розвитку амоніфікувальних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2023 році

Термін відбору зразків	Амоніфікувальні	
	Спорові $\pm m$	Всі $\pm m$
Початок фази	$17,6 \pm 0,08$	$6703 \pm 58,8$
Пастеризація	$20,9 \pm 0,05$	$586 \pm 4,4$
Кондиціювання	$13,2 \pm 0,60$	$5783 \pm 48,2$
Охолодження	$17,0 \pm 0,07$	$2937 \pm 24,5$

На початковому етапі компостування спостерігається висока активність амоніфікувальних мікроорганізмів, особливо спорових бактерій ($17,6 \pm 0,08$). Загальна кількість амоніфікувальних бактерій досягає $6703 \pm 58,8$, що вказує на активний процес амоніфікації, тобто перетворення органічних сполук у аміак.

На етапі пастеризації активність амоніфікувальних мікроорганізмів знижується через високі температури. Кількість спорових бактерій зменшується до $20,9 \pm 0,05$, а загальна кількість амоніфікувальних бактерій знижується до $586 \pm 4,4$, що вказує на стабільність процесу після початкової активності.

Під час кондиціювання, коли умови стають оптимальними, активність амоніфікувальних мікроорганізмів знову зростає: загальна кількість бактерій досягає $5783 \pm 48,2$, а спорових бактерій — $13,2 \pm 0,60$. Це свідчить про продовження процесу амоніфікації.

На етапі охолодження активність амоніфікувальних мікроорганізмів значно знижується. Кількість спорових бактерій падає до $2,1 \pm 0,01$, а загальна кількість амоніфікувальних бактерій зменшується до $2937 \pm 24,5$, що свідчить про завершення активного процесу амоніфікації.

У таблиці 3.7 наведено дані динаміки розвитку целюлозоруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2023 році.

Таблиця 3.7

Динаміка розвитку целюлозоруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2023 році

Термін відбору зразків	Целюлозоруйнівні		
	Бактерії $\pm m$	Мікроміцети $\pm m$	Разом $\pm m$
Початок фази	$83,5 \pm 4,18$	$23,0 \pm 1,15$	$106 \pm 5,3$
Пастеризація	$594 \pm 28,3$	$3,0 \pm 0,14$	$597 \pm 28,4$
Кондиціювання	$84,9 \pm 3,27$	$80,5 \pm 3,10$	$35,3 \pm 0,17$
Охолодження	$2,1 \pm 0,01$	$33,2 \pm 0,16$	$35,3 \pm 0,17$

На початковому етапі спостерігається помірний розвиток целюлозоруйнівних мікроорганізмів. Загальна кількість бактерій і мікроміцетів становить $259,3 \pm 2,13$, що свідчить про активний процес розкладу целюлози.

На етапі пастеризації активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів суттєво знижується. Загальна їх кількість складає лише $35,2 \pm 0,29$, що зумовлено впливом високих температур, які пригнічують їх активність.

Під час кондиціювання кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів знову зростає, досягаючи $76,9 \pm 0,63$. Це свідчить про відновлення активності бактерій і мікроміцетів, які сприяють розкладу органічних речовин, зокрема целюлози.

На етапі охолодження активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів продовжує зростати. Загальна кількість мікробів становить $105 \pm 0,06$, що вказує на продовження процесу розкладу целюлози в завершальній фазі компостування.

У таблиці 3.8 наведено дані динаміки розвитку пектинруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2023 році.

Таблиця 3.8

Динаміка розвитку пектинруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2023 році

Термін відбору зразків	Пектинруйнівні		
	Бактерії $\pm m$	Мікроміцети $\pm m$	Разом $\pm m$
Початок фази	$145 \pm 1,2$	$114,3 \pm 0,96$	$259,3 \pm 2,13$
Пастеризація	$12,6 \pm 0,11$	$22,6 \pm 0,19$	$35,2 \pm 0,29$
Кондиціювання	$40,3 \pm 0,34$	$36,6 \pm 0,31$	$76,9 \pm 0,63$
Охолодження	$78,1 \pm 0,66$	$27,0 \pm 0,23$	$105 \pm 0,06$

На початковому етапі кількість пектинруйнівних бактерій і мікроміцетів є помірною і становить $114,3 \pm 0,96$. Це вказує на початкову активність розкладу пектинових речовин.

На етапі пастеризації активність пектинруйнівних мікроорганізмів значно знижується через високу температуру. Кількість бактерій і мікроміцетів зменшується до $38,2 \pm 0,20$, що є характерним для цього етапу.

Під час кондиціювання спостерігається збільшення кількості пектинруйнівних мікроорганізмів, які досягають загальної чисельності $85,5 \pm 0,7$. Це вказує на відновлення їх активності та ефективний процес розкладу пектинів.

На етапі охолодження кількість пектинруйнівних мікроорганізмів залишається стабільною і становить $110,5 \pm 0,5$, що свідчить про завершення активного розкладу пектинових сполук в кінцевій фазі компостування.

Мікробіологічні процеси, які відбуваються в компостуючому матеріалі у 2023, показують закономірне зменшення кількості амоніфікувальних бактерій

після початкової активності та підвищення активності целюлозоруйнівних і пектиноруйнівних мікробів в процесі кондиціювання та охолодження, що є ознакою правильного і ефективного компостування.

У 2024 році дослідження було спрямовано на вдосконалення технологій компостування та оптимізацію мікробіологічних процесів. Високоточні вимірювання показали кращі результати на різних етапах компостування, демонструючи зростання активності целюлозоруйнівних і пектинруйнівних мікроорганізмів у фазі кондиціювання і охолодження. Це свідчить про досягнення кращих показників ефективності компостування в умовах, наближених до оптимальних

У таблиці 3.9 наведено дані динаміки розвитку амоніфікувальних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2024 році.

Таблиця 3.9

Динаміка розвитку амоніфікувальних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2024 році

Термін відбору зразків	Амоніфікувальні	
	Спорові $\pm m$	Всі $\pm m$
Початок фази	$18,5 \pm 0,06$	$6900 \pm 52,5$
Пастеризація	$21,2 \pm 0,04$	$600 \pm 5,0$
Кондиціювання	$14,0 \pm 0,45$	$5900 \pm 45,0$
Охолодження	$18,0 \pm 0,05$	$3100 \pm 23,0$

Згідно з отриманими даними, спостерігалася позитивна динаміка та кращі результати порівняно з 2023 роком.

На початку фази компостування кількість спорових бактерій склала $18,5 \pm 0,06$, а загальна кількість амоніфікувальних бактерій досягла $6900 \pm 52,5$, що свідчить про активний процес амоніфікації та інтенсивну трансформацію органічних сполук у аміак.

На етапі пастеризації, коли висока температура пригнічує розвиток багатьох мікроорганізмів, кількість спорових бактерій збільшилася до $21,2 \pm 0,04$, тоді як загальна кількість амоніфікувальних мікроорганізмів зменшилася

до $600 \pm 5,0$. Це свідчить про стабільність спорових бактерій на фоні температурного стресу.

На етапі кондиціювання, коли умови стають оптимальними для розвитку мікроорганізмів, кількість спорових бактерій знизилася до $14,0 \pm 0,45$, а загальна кількість амоніфікувальних бактерій зросла до $5900 \pm 45,0$, що свідчить про відновлення процесу амоніфікації та його активність.

На етапі охолодження кількість спорових бактерій зросла до $18,0 \pm 0,05$, а загальна кількість амоніфікувальних мікроорганізмів знизилася до $3100 \pm 23,0$, що вказує на завершення активного процесу амоніфікації.

Дослідження підтвердили кращі результати у порівнянні з попередніми роками, що вказує на ефективність застосованих методів компостування для стимуляції активності амоніфікувальних мікроорганізмів.

У таблиці 3.10 наведено дані динаміки розвитку целюлозоруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2024 році.

Таблиця 3.10

Динаміка розвитку целюлозоруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2024 році

Термін відбору зразків	Целюлозоруйнівні		
	Бактерії $\pm m$	Мікроміцети $\pm m$	Разом $\pm m$
Початок фази	$90,2 \pm 3,8$	$25,5 \pm 1,2$	$115 \pm 5,1$
Пастеризація	$610 \pm 27,5$	$3,5 \pm 0,10$	$613 \pm 25,4$
Кондиціювання	$88,0 \pm 2,9$	$85,0 \pm 2,8$	$173,0 \pm 5,0$
Охолодження	$3,0 \pm 0,01$	$35,0 \pm 0,12$	$38,0 \pm 0,12$

На початковому етапі компостування зафіксовано помірну активність целюлозоруйнівних бактерій ($90,2 \pm 3,8$) та мікроміцетів ($25,5 \pm 1,2$), сумарний показник яких склав $115 \pm 5,1$. Це свідчить про запуск процесів целюлозолізу та початковий розвиток відповідних груп мікроорганізмів, які беруть участь у руйнуванні рослинних залишків.

Під час пастеризації спостерігалось суттєве зростання чисельності целюлозоруйнівних бактерій до $610 \pm 27,5$, що можна пояснити підвищенням

температури та активізацією термотолерантних видів. Водночас активність мікроміцетів значно знизилася ($3,5 \pm 0,10$), що призвело до загального показника $613 \pm 25,4$. Така картина вказує на пригнічення розвитку мікроскопічних грибів під впливом високотемпературних умов пастеризації.

На етапі кондиціювання, коли температура знизилася і умови стали оптимальнішими для розвитку мікроорганізмів, відбулося відновлення активності мікроміцетів ($85,0 \pm 2,8$), тоді як кількість бактерій дещо зменшилася ($88,0 \pm 2,9$). Сумарна кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів на цьому етапі становила $173,0 \pm 5,0$, що свідчить про інтенсифікацію процесів розкладу целюлози за участі різних груп мікробіоти.

На етапі охолодження активність бактерій різко знизилася ($3,0 \pm 0,01$), тоді як кількість мікроміцетів продовжила зростати, досягнувши $35,0 \pm 0,12$. Сумарний показник склав $38,0 \pm 0,12$, що вказує на завершальний етап розкладу целюлозних структур, у якому основну роль відіграють мікроскопічні гриби.

Дослідження продемонструвало покращену динаміку розкладу целюлози завдяки ефективній активності целюлозоруйнівних бактерій на етапі пастеризації та поновленню активності мікроміцетів на пізніших етапах процесу. Отримані результати підтверджують оптимізацію умов компостування та сприяють кращому розумінню динаміки мікробіологічних процесів у компості.

У таблиці 3.11 наведено дані динаміки розвитку пектинруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2024 році.

Таблиця 3.11

Динаміка розвитку пектинруйнівних мікроорганізмів на різних етапах компостування у 2024 році

Термін відбору зразків	Пектинруйнівні		
	Бактерії $\pm m$	Мікроміцети $\pm m$	Разом $\pm m$
Початок фази	$150 \pm 1,4$	$120 \pm 1,1$	$270 \pm 2,5$
Пастеризація	$14,2 \pm 0,10$	$24,0 \pm 0,15$	$38,2 \pm 0,20$
Кондиціювання	$45,0 \pm 0,4$	$40,5 \pm 0,5$	$85,5 \pm 0,7$
Охолодження	$80,0 \pm 0,6$	$30,5 \pm 0,25$	$110,5 \pm 0,5$

На початковому етапі компостування зафіксована висока активність пектинруйнівних бактерій ($150 \pm 1,4$) та мікроміцетів ($120 \pm 1,1$), що в сумі становило $270 \pm 2,5$. Це свідчить про інтенсивний розклад пектинових речовин у початковий період, зумовлений наявністю легкодоступних субстратів та оптимальними умовами для розвитку відповідної мікрофлори.

Під час пастеризації спостерігалось суттєве зниження кількості пектинруйнівних бактерій до $14,2 \pm 0,10$ та мікроміцетів до $24,0 \pm 0,15$, що разом склало $38,2 \pm 0,20$. Таке падіння активності пов'язане з впливом високих температур, які пригнічують розвиток більшості пектинолізуючих мікроорганізмів, особливо бактерій.

На етапі кондиціювання спостерігалось відновлення активності пектинруйнівних мікроорганізмів. Кількість бактерій зросла до $45,0 \pm 0,4$, а мікроміцетів – до $40,5 \pm 0,5$, що в сумі дало $85,5 \pm 0,7$. Це свідчить про реактивацію процесів пектинолізу завдяки зниженню температури та стабілізації умов середовища.

На етапі охолодження спостерігалось подальше збільшення кількості бактерій до $80,0 \pm 0,6$, тоді як кількість мікроміцетів дещо знизилася до $30,5 \pm 0,25$. Сумарний показник пектинруйнівних мікроорганізмів склав $110,5 \pm 0,5$, що вказує на завершальний етап розкладу пектинів, де основну роль відіграють бактерії, а активність мікроміцетів залишається на стабільному рівні.

Дослідження засвідчило ефективний розвиток пектинруйнівних мікроорганізмів, особливо на початковому етапі та під час кондиціювання, що підтверджує покращені умови компостування та оптимізацію процесів розкладу пектинових речовин.

3.3 Якість зразків субстрату в культиваційних камерах.

У 2023 році було проведено комплексне дослідження якості субстрату, що використовувався для вирощування печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) штаму *Amysel Triple X* у культиваційних камерах. Результати дослідження виявили значні технологічні порушення, які негативно вплинули

на ріст і розвиток культури. Особливо виразним було наявність надзвичайно високої концентрації органотрофних мікроорганізмів у зразку компосту ТОВ «Агротандем- Плюс», що перевищувала 113 млн КУО/г. Субстрат демонстрував «плями» відсутності росту міцелію печериці, що свідчить про високий рівень токсинів, які продукують мікроорганізми, зокрема цвілеві гриби. Ці токсини мали здатність поширюватися на кілька сантиметрів за межі колоній, утворюючи природні гальмівники росту конкурентних організмів.

Компост перед відвантаженням з камер після пропарювання вже містив велику кількість цвілевих грибків роду *Penicillium*. Використання елективних середовищ (креатинін-агар, середовище Чапека) виявило значну контамінацію: чашки Петрі були повністю вкриті колоніями грибків, що унеможливлювало проведення точного обліку мікробіологічних показників. Високий рівень контамінації цвіллю та органотрофними мікроміцетами був виявлений у всіх камерах, причому найгірший стан спостерігався у камері з субстратом власного виробництва.

Результати підкреслюють незначні технологічні недоліки у виробництві субстрату, що потребують негайного виправлення. Важливо було розробити більш жорсткі заходи контролю якості субстрату на всіх етапах виробництва, включаючи підготовку вихідної сировини та перевірку готового продукту. Належна гігієна виробництва, використання високоякісних компонентів та оптимізація технології компостування стали ключовими кроками для зниження негативного впливу токсичних метаболітів цвілі та забезпечення стабільно високої врожайності *Agaricus bisporus*. Подальші дослідження були зосереджені на удосконаленні методів біологічної оцінки субстрату та розробці стратегій нейтралізації специфічних токсичних метаболітів, що продукуються мікроорганізмами. Впровадження таких заходів сприяло підвищенню ефективності культивування та якості вирощуваних на компості грибів.

У таблиці 3.12 наведено дані загальної чисельності мікроміцетів у зразках з культиваційних камер.

**Загальна чисельність мікроміщетів у зразках з культиваційних камер.
(в тисячах КУО на 1 г абсолютно сухого субстрату)**

Середовище	Компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр»	Компост від ТОВ «Агротандем- Плюс»
Сусло-агар	8,87	29,0
Чапека	4,21	16,3
Креатинин-агар	18,3	23,17
Хлібний агар	0,3	2,9

У 2023 році було проведено комплексне дослідження якості субстрату, використаного для вирощування печериці двоспорової (*Agaricus bisporus*) штаму *Amysel Triple X* у культиваційних камерах. Результати дослідження засвідчили наявність порушень технології, що негативно вплинули на ріст і розвиток культури.

Зокрема, у зразку компосту від ТОВ «Агротандем- Плюс» було зафіксовано надзвичайно високу концентрацію органотрофних мікроорганізмів, яка перевищувала 113 млн КУО/г. Аналіз субстрату показав наявність «плям» відсутності росту міцелію печериці. Причиною таких порушень могли бути токсини, які продукуються мікроорганізмами, зокрема цвілевими грибами. Ці токсини, що є добре водорозчинними, мали здатність поширюватися на кілька сантиметрів за межі колоній, діючи як природні гальмівники росту конкурентних організмів. У субстраті зразка компосту від ТОВ «Агротандем- Плюс» кількість грибків роду *Penicillium* сягала 2818 тис. КУО/г, що суттєво перевищує допустимі норми для вирощування печериці.

Культивування грибків на елективних середовищах (креатинин-агар, середовище Чапека) виявило значну контамінацію: чашки Петрі були повністю вкриті колоніями грибків, що унеможливлювало проведення точного обліку мікробіологічних показників. Аналогічні результати були отримані й для інших досліджених субстратів. Високий рівень контамінації цвіллю та

органотрофними мікроміцетами було виявлено в усіх камерах, причому найгірший стан спостерігався у камері з субстратом власного виробництва.

На рисунку 3.1 зображено різну інтенсивність росту цвілевих грибків у субстратних зразках із культиваційних камер за 2023 рік.

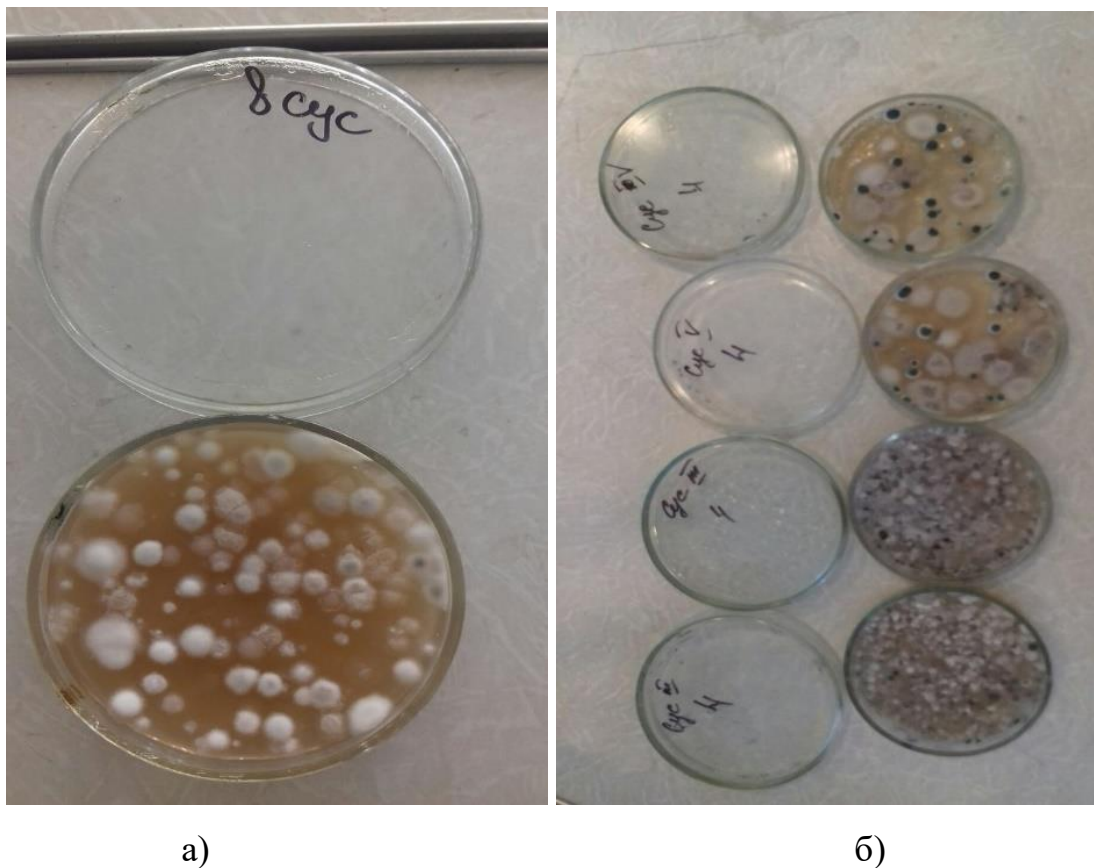


Рис 3.1 - Рівень контамінації субстрату цвілевими грибами у зразках з культиваційних камер за 2023 рік

За результатами дослідження субстрат зразку компосту від ТОВ «Агротандем- Плюс» визнано гіршим за мікробіологічними показниками. Значна контамінація мікроорганізмами стала однією з основних причин зниження врожайності печериці, оскільки токсичні метаболіти цвілевих грибків суттєво гальмували ріст міцелію.

Отримані дані свідчать про наявність серйозних недоліків у технологічному процесі виробництва субстрату, що потребують негайного виправлення. Зокрема, доцільно розробити більш жорсткі заходи контролю якості субстрату на всіх етапах виробництва, починаючи з підготовки вихідної сировини та завершуючи перевіркою готового продукту. Для мінімізації

негативного впливу токсичних метаболітів цвілі слід забезпечити належну гігієну виробництва, використання високоякісних компонентів та оптимізацію технології компостування.

Подальші дослідження були зосереджені на удосконаленні методів біологічної оцінки субстрату, зокрема на визначенні специфічних токсичних метаболітів, які продукуються мікроорганізмами, та розробці стратегій їх нейтралізації. Впровадження таких заходів сприятиме підвищенню ефективності культивування печериці двоспорової та забезпеченню стабільно високої врожайності.

На рисунку 3.2 зображено рівень контамінації субстрату цвілевими грибами у зразках з культиваційних камер за 2024 рік.

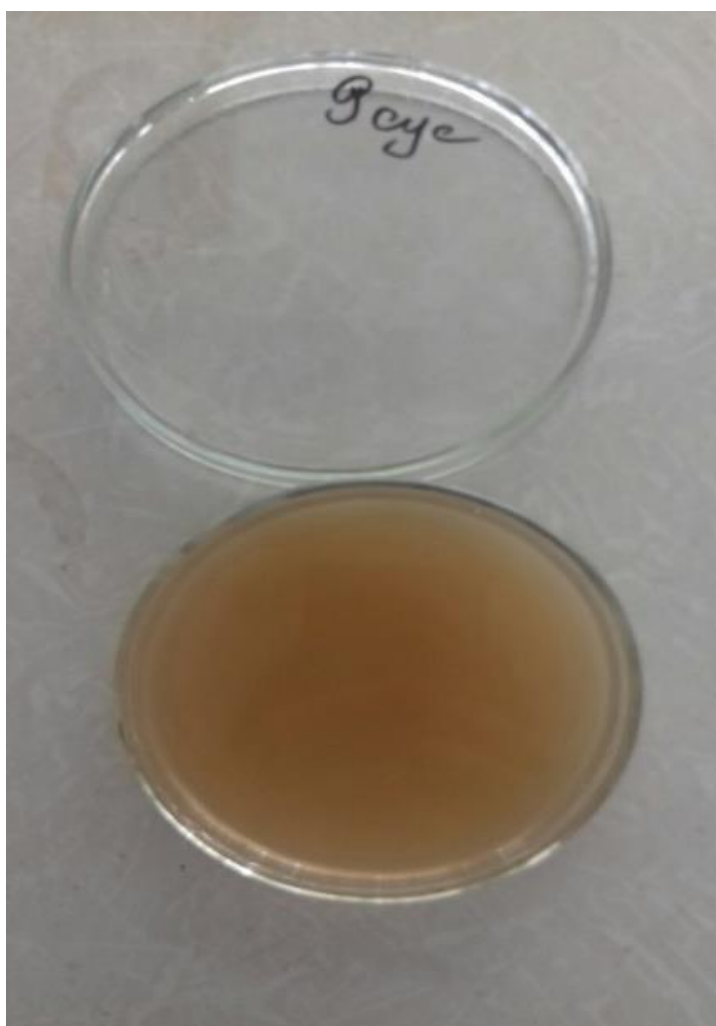


Рис. 3.2 – Рівень контамінації субстрату цвілевими грибами у зразках з культиваційних камер за 2024 рік

Проби сухого міцелію *Agaricus bisporus*, вирощеного на цьому компості, не містили жодної сторонньої мікрофлори. Це свідчить про те, що технологія компостування та дотримання високих гігієнічних стандартів дозволили створити безпечне середовище для культивування печериці двоспорової. Сухий міцелій печериці не впливав на якість компосту, а відсутність сторонньої мікрофлори гарантувала високу якість субстрату та майбутню якість вирощуваних на ньому грибів.

Аналіз змін значення коефіцієнту мінералізації дозволяє визначити, наскільки ефективно проходять процеси мінералізації та чи досягнуто оптимального співвідношення між білковою і загальною мікробною активністю

У таблиці 3.13 представлені дані коефіцієнтів мінералізації (КАА/МПА) компостного матеріалу за 2023-2024 роки.

Таблиця 3.13

Тип компосту	2023 рік (КАА/МПА)	2024 рік (КАА/МПА)
ТОВ «Агротандем-Плюс»	0,1	0,092
ТОВ «Агаріс Міко Центр»	0,089	0,089

Коефіцієнт мінералізації (КАА/МПА) є важливим індикатором мінералізаційної активності мікроорганізмів у компостному матеріалі. Він відображає співвідношення кількості оліготрофних бактерій на середовищі КАА (казеїн-пептонний агар) до їхньої чисельності на середовищі МПА (м'ясо-пептонний агар). Цей показник дає змогу оцінити здатність мікробіоти розщеплювати білкові сполуки відносно її загальної чисельності, що є важливим для забезпечення балансу процесів компостування.

Дані за 2023 рік свідчать, що коефіцієнт мінералізації у компості ТОВ «Агротандем-Плюс» становив 0,1, що значно перевищувало показник закупленого компосту, який дорівнював 0,089. Високе значення коефіцієнта для компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» вказує на надмірну активність білкової мінералізації. Це можна пояснити високою концентрацією азотистих сполук, зокрема через надлишок пташиного посліду, який використовувався у складі

компосту. Такий дисбаланс стимулював розвиток амоніфікувальних і білок-руйнівних мікроорганізмів, однак пригнічував розвиток інших важливих трофічних груп, таких як целюлозо- та пектиноруйнівні бактерії. Це створювало нерівномірність мікробних процесів і гальмувало загальну якість компосту.

Компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» у 2023 році мав значно кращий баланс мікробної активності. Його коефіцієнт мінералізації залишався на рівні 0,089, що свідчить про стабільність процесів білкової мінералізації у відношенні до загальної чисельності мікроорганізмів. Така стабільність пояснюється високим рівнем автоматизації та контролю під час виробництва, що забезпечувало оптимальні умови для рівномірного перетворення органічних сполук.

У 2024 році після оптимізації технології компостування коефіцієнт мінералізації компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» знизився до 0,092. Зменшення цього показника свідчить про покращення балансу мікробного складу. Оптимізаційні заходи, зокрема зменшення кількості пташиного посліду, поліпшення аерації та контроль температурного режиму, сприяли збільшенню активності інших трофічних груп мікроорганізмів (зокрема, целюлозуруйнівних і пектиноруйнівних бактерій). Водночас, хоча значення коефіцієнта наблизилося до показників компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр», воно все ще залишалося дещо вищим. Це може свідчити про залишкові недоліки, наприклад, нерівномірний розподіл азотистих сполук чи недостатню стабільність мікробної спільноти.

Компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» у 2024 році зберіг стабільність і продемонстрував незмінне значення коефіцієнта мінералізації на рівні 0,089. Це підтверджує сталість його технологічного процесу, який забезпечує оптимальне співвідношення між білковою мінералізацією та загальною мікробною активністю. Така стабільність свідчить про високу якість компосту, що є еталоном для порівняння та орієнтиром для вдосконалення процесів у власному виробництві.

Значення коефіцієнта мінералізації (КАА/МПА) дозволяють оцінити якість і збалансованість мікробних процесів у компостному матеріалі. У 2023 році компост ТОВ «Агротандем-Плюс» демонстрував надмірну білкову мінералізацію, що негативно впливало на його якість, тоді як компост ТОВ «Агаріс Міко Центр» мав більш збалансований мікробний склад. У 2024 році оптимізація виробничих процесів суттєво покращила показники компосту власного виробництва ТОВ «Агротандем-Плюс», однак він усе ще трохи поступався закупленому компосту за рівнем збалансованості та стабільності.

3.4 Результати культивування і врожайність *Agaricus bisporus*.

У 2023 році було проведено порівняння продуктивності *Agaricus bisporus* при вирощуванні на компості власного виробництва ТОВ «Агротандем-Плюс» та закупленому компості ТОВ «Агаріс Міко Центр». За умовами експерименту, для обох типів компосту використовувалися однакові умови вирощування, що дозволило забезпечити порівняння результатів на одному рівні.

Результати експерименту показали, що при вирощуванні на компості ТОВ «Агротандем-Плюс» продуктивність *Agaricus bisporus* була значно нижчою, ніж при використанні компосту ТОВ «Агаріс Міко Центр». Це сталося через те, що якість компосту власного виробництва не відповідала належним стандартам. Вміст поживних речовин та мікробіологічна активність компосту були недостатньо оптимальними, що, в свою чергу, негативно вплинуло на ріст та розвиток грибів. На першому етапі вирощування спостерігалось затримання росту міцелію, а на пізніших етапах – зниження кількості плодових тіл.

З іншого боку, компост, придбаний у спеціалізованих постачальників, демонстрував набагато кращі результати. Він мав вищий рівень мікробної активності, а також збалансовану поживну основу, що сприяло активному росту міцелію та високій врожайності. *Agaricus bisporus*, вирощені на закупленому компості, росли швидше та були більш стійкими до хвороб, що в кінцевому підсумку призвело до вищого рівня продуктивності.

У таблиці 3.14 наведено дані врожайності *Agaricus bisporus* за технології вирощування на власному і закупленому компості.

Таблиця 3.14

Врожайність *Agaricus bisporus* штаму *Amycel Triple X* за 2023 рік

Хвиля врожайності	На компості від ТОВ «Агротандем-Плюс» (т)	На компості ТОВ «Агаріс Міко Центр» від (т)
Перша хвиля (1-20 днів)	4,0	6,0
Друга хвиля (21-40 днів)	2,0	4,0
Третя хвиля (41-56 днів)	1,0	1,0
Разом	7,0	11,0

У першій хвилі врожайності на компості ТОВ «Агаріс Міко Центр» було отримано кращі результати, зібравши 6 т грибів, порівняно з 4 т на компості від ТОВ «Агротандем-Плюс».

За результатами другої хвилі, компост також перевершив ТОВ «Агротандем-Плюс», забезпечивши 4 т врожаю проти 2 т на власному компості.

Третя хвиля врожайності була однаковою для обох типів компосту, оскільки на цей період врожайність зазвичай зменшується до 1 т.

Таблиця 3.15

Врожайність *Agaricus bisporus* штаму *Amycel Triple X* за 2024 рік

Хвиля врожайності	На компості від ТОВ «Агротандем-Плюс» (т)	На компості ТОВ «Агаріс Міко Центр» від (т)
Перша хвиля (1-20 днів)	5,5	6,0
Друга хвиля (21-40 днів)	3,5	4,0
Третя хвиля (41-56 днів)	1,5	1,0
Разом	10,5	11,0

Загалом, компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» показав вищі результати за всі три хвилі врожайності, що підтверджує його більшу ефективність у порівнянні з компостом ТОВ «Агротандем-Плюс».

У таблиці 3.15 наведено дані врожайності *Agaricus bisporus* штаму *Amycel Triple X* за 2024 рік.

У першій хвилі врожайності покращений компост ТОВ «Агротандем-Плюс» показав кращі результати, зібравши 5,5 т грибів, проте не перевищив куплений компост, на якому було отримано 6 т.

За результатами другої хвилі, компост ТОВ «Агротандем-Плюс» давав 3,5 т врожаю, що теж набагато більше порівняно з результатами 2023 року, але все ще менше, ніж на купленому компості.

Третя хвиля показала схожі результати для обох видів компосту: 1,5 т на покращеному власному компості та 1 тонна на закупленому.

Основною причиною низької продуктивності на компості ТОВ «Агротандем-Плюс» є його неадекватна якість на момент використання. Це підкреслює важливість забезпечення належного контролю за процесом виготовлення компосту, щоб досягти оптимальних умов для вирощування грибів.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сировина для виготовлення субстрату під вирощування печериці свіжої є запорукою збільшення врожайності, валових зборів якісної продукції і підвищенням ефективності виробництва.

Впровадження окремих технологічних заходів для підвищення якості субстратів та вибір якісного посівного матеріалу (міцелію), удосконалення технічного забезпечення, впровадження нових сортів більш адаптованих до різних конкурентних патогенних грибків і мікроорганізмів, технологій вирощування печериці, всі вище згадані фактори - забезпечать зростання врожайності, збільшення валових зборів свіжої продукції та підвищення ефективності виробництва.

Економічна оцінка результатів науково-дослідних робіт включає в себе:

а) витрати на закупівлю посівного матеріалу (міцелію), на освітлення , опалення, зрошення, контроль клімату, тощо.

б) оцінка рівня врожайності шампінйонів-кількість грибів ,які можна отримати з однієї тони компосту враховуючи повний цикл вирощування.

в) прогнозування можливих доходів від продажу вирощеної якісної продукції, враховуючи поточні ринкові ціни на печериці свіжі як роздрібні так і оптові.

г) оцінка впливу новітніх технологій і методів на зниження витрат чи підвищення ефективності вирощування грибів за допомогою автоматизації та вдосконалення методів обробки.

д) врахування впливу вирощування печериць на навколишнє середовище, а також соціальних факторів, таких як створення робочих місць у сільських районах.

При обчисленні річного економічного ефекту необхідно забезпечити порівнянність варіантів (базового та інноваційного) за обсягами виробленої

продукції, її якісними характеристиками, цінами, що використовуються для оцінки витрат, та соціальними аспектами виробництва й використання продукції. Порівняння здійснюється за початковими даними при однакових умовах, за винятком змін, викликаних застосуванням науково-дослідних рішень.

Для оцінки економічної ефективності технологічних заходів необхідно враховувати зміни у технології виробництва та витрати, зазначені в технологічній карті. Основними показниками економічної ефективності є: урожайність, обсяг продукції в натуральному та грошовому вираженні, виробничі витрати, собівартість продукції, обсяг чистого доходу, рівень рентабельності та окупність витрат.

Усі розрахунки економічної ефективності узагальнено у таблиці 5.1, яка надається до захисту у кваліфікаційній роботі.

Таблиці 5.1

Економічна ефективність вирощування *Agaricus bisporus*

Показники	Агаріс Міко Центр	Агротендем-Плюс
Урожайність, кг ц компосту	33,3	17,4
Ціна 1т продукції, грн.	75770	75770
Вартість валової продукції з 1 ц, грн	2523,14	1318,40
Виробничі витрати на 1кг, грн	53,79	56,73
Собівартість, грн./т	52,8	56
Умовно чистий прибуток, грн	12239	4985
Затрати праці на 1 кг, люд.-год.	11,26	11,96
Затрати праці на 1т, люд.-год.	11260	11960
Рівень рентабельності виробництва, %	40,87	17,84

У таблиці 5.1 представлено два види компосту: ТОВ “Агротандем-Плюс” і виробник ТОВ “Агаріс Міко Центр”

Найвища врожайність була зафіксована на компості виробництва “Агаріс Міко Центр” що становить - 33,3кг/ц.к. цей результат перевищує показники

компосту виробництва «Агротандем-Плюс» - 17,4кг/ц.к. Це свідчить про те, що врожайність, як один з основних факторів економічної ефективності.

Рівень рентабельності виробництва демонструє найвищі показники для компосту «Агаріс Міко Центр» (40,87%) що є суттєво вищим порівняно з виробником компосту «Агротандем-Плюс», де рентабельність знизилася до (17,84%). Зниження рентабельності при вирощуванні на обумовлено як зменшенням врожайності, так і зростанням собівартості продукції, що також впливає на загальний рівень прибутковості

Зважаючи на порівняно велику різницю в рівні урожайності між дослідженими компостами, чистий прибуток виявився на «Агаріс Міко Центр» (12239 тис. грн.) порівняно з «Агротандем-Плюс» (4985 тис. грн.), що відображає позитивний вплив середніх витрат на одиницю продукції та більш високого рівня рентабельності. При використанні компосту «Агротандем-Плюс» через суттєве зниження врожайності, умовно чистий прибуток становить лише 4985 тис. грн., що є значно меншим і вказує на те, що даний компост не має суттєвого економічного ефекту через низьку врожайність і зменшення прибутку.

Собівартість 1кг свіжої печериці була найнижчою для «Агаріс Міко Центр» (53,79 грн), а найвищою для (56,73 грн.). Це свідчить про те, що зменшення циклу обороту на компості і збільшення врожайності веде до зменшення собівартості одиниці продукції, а отже позитивно позначається на економічній ефективності вирощування печериць.

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

До виконання робіт у захищеному ґрунті допускаються особи, які відповідають вимогам законодавства України з охорони праці, а саме: Закону України «Про охорону праці», «Кодексу законів про працю України», а також відповідним нормам Державних санітарних правил та норм. Відповідно до законодавства, працівники повинні бути старші 18 років, пройти попередній медичний огляд для виключення медичних протипоказань, а також пройти спеціальне теоретичне та практичне навчання, вступний та первинний інструктажі на робочому місці, виробниче навчання й перевірку знань з питань охорони праці [43].

Організація роботи в тепличному комплексі повинна відповідати вимогам безпеки, визначеним «Правилами охорони праці для працівників сільського господарства». Для цього слід забезпечити чітке визначення меж робочої зони, що погоджується з безпосереднім керівником робіт, і виключити перебування сторонніх осіб у зоні проведення робіт [44].

Виконання робіт у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, а також у хворобливому чи стомленому стані суворо забороняється відповідно до вимог статті 13 Закону України "Про охорону праці". Роботу можна виконувати лише у спеціальному захисному одязі, який не має пошкоджень чи елементів, що можуть бути захоплені рухомими деталями, відповідно до стандартів, затверджених ДСТУ 340:2018 «Одяг захисний» [45].

Протягом робочої зміни працівники зобов'язані стежити за своїм самопочуттям. У разі погіршення стану здоров'я слід негайно повідомити керівника робіт та за потреби звернутися до медичного працівника, використати медичні засоби з аптечки, що передбачено статтею 19 Закону України «Про охорону праці» [46].

Робота повинна виконуватись відповідно до доручення або наряду. Передоручення її іншим особам забороняється, крім випадків, пов'язаних з екстреними чи аварійними ситуаціями. Місця для відпочинку, вживання їжі та питної води мають бути обладнані відповідно до санітарних норм і правил, затверджених Державною службою України з питань праці [47].

Дотримання цих вимог є обов'язковим для забезпечення безпечних умов праці та збереження здоров'я працівників, відповідно до норм статті 43 Конституції України, яка гарантує право на належні, безпечні та здорові умови праці [48].

5.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Роботи по догляду за рослинами вимагають суворого дотримання правил охорони праці з метою забезпечення безпеки працівників і попередження аварійних ситуацій. Ці заходи регламентуються відповідними законами України, серед яких основними є: Закон України «Про охорону праці» (№ 2694-XII від 14.10.1992 р.), який встановлює основні принципи державної політики в галузі охорони праці, включаючи права і обов'язки працівників і роботодавців; Кодекс законів про працю України, що регулює умови праці, трудові відносини та забезпечення безпечних умов для виконання професійних обов'язків; Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (№ 4004-XII від 24.02.1994 р.), який визначає вимоги до забезпечення безпечних умов праці з точки зору гігієни та санітарних норм. Згідно з цими законами, перед початком виконання робіт по догляду за рослинами необхідно перевірити справність інструменту та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): працівники повинні переконатись у цілісності рукавичок, окулярів, захисних масок тощо. ЗІЗ мають відповідати стандартам, затвердженим державними нормативними актами [49].

Теплиця повинна бути звільнена від усіх присутніх осіб для уникнення травм від можливих технічних несправностей або випадкових дій. Провести перевірку робочого місця: необхідно оглянути місця підключення електрофрези

до електромережі, переконатися у відсутності пошкоджень електричних проводів, перевірити проходи для розкладання кабелю, а також облаштування місць відпочинку та прийому їжі. Оглянути технічний стан електрофрези: необхідно перевірити ізоляцію кабелю, цілісність штепсельних з'єднань, кріплення нульового проводу до корпусу електрофрези, а також огороження барабана та приводу пристрою. Це забезпечить безпеку під час роботи з електричним обладнанням відповідно до технічних регламентів [50].

Використання приладів вимірювання концентрації вуглекислого газу у робочій зоні дозволяє уникнути перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК). У разі перевищення ГДК необхідно провентилювати теплицю перед початком роботи. Дотримання вимог щодо підживлення рослин вуглекислим газом: робота не повинна починатися, якщо вміст супутніх газів перевищує допустимі норми, встановлені санітарними правилами [51].

Дотримання вимог законодавства України про охорону праці, а також впровадження системного підходу до організації робочих процесів, дозволяє забезпечити безпеку працівників під час виконання робіт по догляду за рослинами в теплицях. Виконання зазначених заходів сприяє запобіганню травматизму, зниженню ризиків для здоров'я та створенню комфортних умов праці [52].

5.3 Заходи безпеки при роботі в лабораторії

Робота в лабораторії, особливо при дослідженні технологій вирощування грибів, потребує суворого дотримання правил охорони праці та техніки безпеки. Вона регламентується такими основними законами України: Законом України «Про охорону праці» (№ 2694-XII від 14.10.1992 р.), який встановлює основні вимоги до забезпечення безпечних умов праці; Законом України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (№ 4004-XII від 24.02.1994 р.); а також нормативними документами, такими як "Правила техніки безпеки в лабораторіях" та Державними санітарними нормами і правилами [53].

Перед початком роботи слід перевірити справність лабораторного обладнання, приладів і інструментів. Особливу увагу потрібно приділити герметичності контейнерів для хімічних реагентів, працездатності витяжних шаф і справності електричних пристроїв. Усі працівники мають бути проінструктовані щодо безпечного користування обладнанням.

Працівники лабораторії повинні користуватися спеціальним одягом (халати, рукавички, захисні окуляри, маски або респіратори), який забезпечує захист від контакту зі шкідливими речовинами, біологічними агентами та механічними впливами [54].

Лабораторне робоче місце має бути обладнане згідно з нормативними вимогами. У приміщеннях необхідно забезпечити достатню вентиляцію, оптимальне освітлення та зручний доступ до аварійного виходу. Робочий стіл має бути чистим, а непотрібні для роботи речовини й інструменти повинні зберігатися у спеціальних місцях.

При роботі з хімічними речовинами потрібно дотримуватись правил їх зберігання та використання. Всі операції, що супроводжуються виділенням шкідливих парів або газів, необхідно проводити під витяжною шафою. Біологічні матеріали повинні оброблятися в умовах, що запобігають їх розповсюдженню за межі лабораторії [55].

У разі розливу хімічної речовини слід негайно скористатися адсорбуючими матеріалами, які є в лабораторії, та повідомити керівника. У випадку виходу з ладу обладнання або виникнення пожежі потрібно діяти відповідно до інструкції з ліквідації надзвичайних ситуацій.

У лабораторії має бути аптечка з усіма необхідними засобами для надання долікарської допомоги. У разі травмування або отруєння потрібно негайно звернутися за медичною допомогою, повідомити керівника та зафіксувати інцидент у відповідному журналі [56].

5.4 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Роботи, пов'язані з дотриманням заходів охорони праці, є невід'ємною частиною забезпечення безпечного середовища для працівників та уникнення небезпечних ситуацій. Відповідно до чинного законодавства України, основними нормативними документами, що регулюють охорону праці, є: Закон України «Про охорону праці» (№ 2694-XII від 14.10.1992 р.), який встановлює права працівників на безпечні умови праці, а також обов'язки роботодавців щодо їх забезпечення; Кодекс законів про працю України, що регламентує умови праці, трудові відносини і відповідальність сторін; Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» (№ 4004-XII від 24.02.1994 р.), який встановлює санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці.

Згідно з цими нормативними актами, під час виконання робіт необхідно дотримуватись наступних заходів. При виявленні пожежі негайно повідомляється пожежна охорона, після чого вживаються заходи щодо гасіння або локалізації пожежі. Організовується евакуація людей із небезпечної зони, про що обов'язково повідомляється керівник підприємства. Такі дії регулюються статтями Закону України «Про пожежну безпеку» (№ 3745-XII від 17.12.1993 р.), які встановлюють порядок реагування на пожежі та зобов'язують підприємства мати відповідний план евакуації [57].

У випадку аварії обладнання працівники повинні негайно припинити роботу, залишити приміщення та викликати аварійну службу. Керівника робіт необхідно повідомити одразу після вжиття первинних заходів безпеки. Такі дії передбачені відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та технічних регламентів безпеки обладнання, затверджених постановами Кабінету Міністрів України.

При травмуванні, опіках, отруєнні чи ураженні електричним струмом необхідно надати долікарську допомогу потерпілому, викликати медичних працівників і організувати доставку потерпілого до медичного закладу. Про інцидент слід негайно повідомити керівника робіт. Це відповідає статтям

Закону України «Про екстрену медичну допомогу» (№ 5081-VI від 05.07.2012 р.) та положенням Закону України «Про охорону праці» [58].

Дотримання зазначених заходів дозволяє забезпечити ефективну реакцію на небезпечні ситуації та мінімізувати ризики для життя і здоров'я працівників. Виконання законодавчих вимог та постійний моніторинг дотримання правил охорони праці сприяють створенню безпечних і комфортних умов праці на підприємстві.

ВИСНОВКИ

Результати проведених досліджень дозволяють зробити наступні висновки та рекомендації виробництву:

1. У процесі виготовлення компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» спостерігається поступове збільшення вмісту мікробіоти, зокрема мікроміцетів і актиноміцетів.
2. Компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» має значно вищі показники на всіх етапах, що свідчить про стабільну мікробіологічну активність у процесі його виготовлення.
3. На початковому етапі компостування спостерігається висока активність амоніфікувальних мікроорганізмів, особливо спорових бактерій ($17,6 \pm 0,08$). Загальна кількість амоніфікувальних бактерій досягає $6703 \pm 58,8$, що вказує на активний процес амоніфікації, тобто перетворення органічних сполук у аміак.
4. На етапі пастеризації активність амоніфікувальних мікроорганізмів знижується через високі температури. Кількість спорових бактерій зменшується до $20,9 \pm 0,05$, а загальна кількість амоніфікувальних бактерій знижується до $586 \pm 4,4$, що вказує на стабільність процесу після початкової активності.
5. Під час кондиціювання, коли умови стають оптимальними, активність амоніфікувальних мікроорганізмів знову зростає: загальна кількість бактерій досягає $5783 \pm 48,2$, а спорових бактерій — $13,2 \pm 0,60$. Це свідчить про продовження процесу амоніфікації.
6. На етапі охолодження активність амоніфікувальних мікроорганізмів значно знижується. Кількість спорових бактерій падає до $2,1 \pm 0,01$, а загальна кількість амоніфікувальних бактерій зменшується до $2937 \pm 24,5$, що свідчить про завершення активного процесу амоніфікації.
7. Коефіцієнт мінералізації у компості ТОВ «Агротандем-Плюс» становив 0,1, що значно перевищувало показник закупленого компосту, який дорівнював 0,089. Високе значення коефіцієнта для

- компосту ТОВ «Агротандем-Плюс» вказує на надмірну активність білкової мінералізації. Це можна пояснити високою концентрацією азотистих сполук, зокрема через надлишок пташиного посліду, який використовувався у складі компосту.
8. У першій хвилі врожайності на компості ТОВ «Агаріс Міко Центр» було отримано кращі результати, зібравши 6 т грибів, порівняно з 4 т на компості від ТОВ «Агротандем-Плюс».
 9. За результатами другої хвилі, компост також перевершив ТОВ «Агротандем-Плюс», забезпечивши 4 т врожаю проти 2 т на власному компості.
 10. Третя хвиля врожайності була однаковою для обох типів компосту, оскільки на цей період врожайність зазвичай зменшується до 1 т.
 11. Загалом, компост від ТОВ «Агаріс Міко Центр» показав вищі результати за всі три хвилі врожайності, що підтверджує його більшу ефективність у порівнянні з компостом ТОВ «Агротандем-Плюс».
 12. Рівень рентабельності виробництва демонструє найвищі показники для компосту «Агаріс Міко Центр» (40,87%) що є суттєво вищим порівняно з виробником компосту «Агротандем-Плюс», де рентабельність знизилася до (17,84%). Зниження рентабельності при вирощуванні на обумовлено як зменшенням врожайності, так і зростанням собівартості продукції, що також впливає на загальний рівень прибутковості.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для вдосконалення процесу виробництва компосту, необхідно дотримуватися технологічних вимог за мікробіологічними процесами особливо на початкових стадіях компостування та особливо ретельно за дотриманням умов пастеризації компосту, як ключовому етапі врівноваження балансу в мікробних співтовариствах, що сприяють росту подальшому та розвитку печериці.

На етапі активного утворення біомаси грибів рекомендуємо створити алгоритми управління умовами культивування печериці двуспорової для оптимального забезпечення потреб культури та обмеження розвитку мікроміцетів у субстраті, що сприятиме підвищенню ефективності виробництва якісної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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
2. Маркевич Л. С. Перспективи розвитку та особливості формування ринку органічної продукції в Україні. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 40. С. 42–47.
3. Zhang K, Pu Y, Sun D. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus biosporus*): A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018, № 78 pp.72–82. DOI: 10.1016/j. tifs.2018.05.012.
4. Wang, G., Kong, Y., Yang, Y., Ma, R., Shen, Y., Li, G., & Yuan, J. (2022). Superphosphate, biochar, and a microbial inoculum regulate phytotoxicity and humification during chicken manure composting. *Sci Total Environ*, 10(824),153958. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153958>
5. Дудка І.А., Вассер С.П. Грибы: справочник миколога и грибника. – К.: Наукова думка, 1987. – 535 с
6. Лихацький В.І., Бургарт Ю.Є. Овочівництво: Практикум. – К.: Вища школа, 1994. – 366 с.
7. 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.
8. Вдовенко С.А. Вирощування їстівних грибів: навч. посіб. Вінниця: Нова книга, 2010. 120 с.
9. 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.
10. Gapiński M., Woźniak W. *Uprawa grzybów*. – Poznań: PWRiL, 1991. – 153 s
11. Gapiński M., Woźniak W. *Pieczarka. Technologia uprawy i przetwarzania*. – Poznań: PWRiL, 1999. – 416 s.

12. Vedder P.J.C. Nowoczesna uprawa pieczarki. – Warszawa: PWRiL, 1980. – 423 s.
13. Цизь О. М. Культивування їстівних грибів: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 276 с.
14. Sharma, A., Sharma, R., Arora, A., Shah, R., Singh, A., Pranaw, K., & Nain, L. (2014). Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium. *Int J Re-cycl Org Waste Agricult*, 3:54. <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0054-2>
15. 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» / Г.І. Латюк, Л.М. Попова. – Одеса : Астропринт, 2021. – 140 с.
16. Вдовенко С.А. Вирощування їстівних грибів. Навч. посібник. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. – 120 с
17. Никодем Саксон. Інтенсивне вирощування печериць. Познань-Київ: 2007. 135 с. Пирог Т. П., Ігнатова О. А. Загальна біотехнологія : Підручник. К. : НУХТ, 2009. 336 с.
18. Вдовенко С.А Виробництво гливи звичайної в захищеному ґрунті: монографія / С.А.Вдовенко – Вінниця: ВНАУ, 2013. - 163 с
19. Атраментова Л. О., Утевська О. М. Статистика для біологів. Харків : Видавництво «НТМТ», 2014. 331 с.
20. Sana M., Xhabiri G., Seferi E., Sinani A. Influence of soy flour in baked products. *Albanian journal of agricultural sciences*. 2012. Vol. 11, No. 4. P. 255-259
21. Onipe O. O., Jideani A. I., Beswa D. Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. Vol. 50. P. 2509-2518.
22. Zheljaskov V. D., Vick B. A., Ebelhar M. W., Buehring N., Baldwin B. S., Astatkie T., Miller J. F. Yield, oil content, and composition of sunflower

- grown at multiple locations in Mississippi. *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 100, No. 3. P. 635-642.
23. Dhole A. B., Rathod M. G. Diversity of cultivable edible species of mushrooms. *Research insights of life science students*. (Volume–3) Chapter no. 259, 2022, pp. 20–23. (ISBN: 978-93-91342-27-2) JPS Scientific Publications, India. URL: https://www.researchgate.net/publication/364868027_Biotechnology_of_Mushroom
24. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / [за ред. Г. Л. Бондаренка і К. І. Яковенка]. – Х. : Основа, 2001. – 369 с.
25. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М., Пузік Л. М., Попов С. І. Дослідна справа в агрономії : навчальний посібник. Книга друга – статистична обробка результатів досліджень / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, Л. М. Пузік, С. І. Попов. Харків : Вид-во Майдан, 2016. 340 с.
26. Ковальов М.М., Мостіпан М.І., Кулик Г.А. Виготовлення біокомпосту шляхом попередньої обробки сировини ЕМ-препаратами. *Науковий журнал «Аграрні інновації»*. Випуск №3, 2020. Видавничий дім «Гельветика», сторінки 39–44.
27. Вдовенко С.А. Вирощування їстівних грибів: навч. посіб. Вінниця: Нова книга, 2010. 120 с. (23–48)
28. Ільчук Р. В., Дидів І. В., Дидів О. Й., Сидорчук С. І. Двоспорова печериця: особливості біології та методи вирощування: навчальний посібник. Львів: ЛНАУ, 2018. 156 с. (с. 8–17).
29. Ковальов М. М., Резніченко В. П. Створення енергоефективної технології вирощування гливи звичайної із застосуванням ЕМ-препаратів. *Науковий журнал «Таврійський науковий вісник»*.
30. https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/32998017/
31. Клімат, ґрунти, рослинний та тваринний світ Дніпровського району. Поверхневі водойми та водно-болотні угіддя URL: https://dnipr.dp.gov.ua/OBLADM/dnepr_rda.nsf

32. А. С. Горб, Н. М. Дук. Клімат Дніпропетровської області: Монографія: Видавництво ДНУ, 2006. 204 с
33. Гаценко М.В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. Сільськогосподарська мікробіологія. 2014. № 19 (1). С. 11–20
34. 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.
35. 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. (8–17).
36. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Наукові основи екобіотехнології/ Навчальний посібник. – К.: Наукова думка, 2006. – 504 с.
37. Березівський П. С. Організація виробництва в аграрних формуваннях: Навчальний посібник/ П. С. Березівський, Н. І. Михалюк; Мін-во освіти і науки України, Львівський держ. аграрний ун-т. - К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 559 с.
38. Цизь О. М. Культивування їстівних грибів: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 276 с.
39. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Аналіз методів переробки відходів птахівництва та тваринництва. Збірник наукових праць «Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України». Ніжин, 2019. Випуск 12, с. 298–304.
40. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Характеристики біодобрив, отриманих в результаті анаеробної ферментації гною. Збірник наукових праць ТДАТУ. Мелітополь, 2013. Випуск 13, том 3, с. 110–118.
41. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109
42. Конституція України: Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР

43. Кодекс законів про працю України: Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII
44. Закон України «Про охорону праці»: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII
45. Державні санітарні правила та норми (ДСанПіН): чинні нормативно-правові акти України у сфері санітарного законодавства
46. Правила охорони праці для працівників сільського господарства: затверджено наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240
47. ДСТУ 340:2018 «Одяг захисний. Загальні вимоги та методи випробування»: затверджено Національним органом стандартизації України
48. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»: Закон України від 24.02.1994 № 4004-XII
49. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»: Закон України від 24.02.1994 № 4004-XII
50. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів: затверджені наказом Міністерства палива та енергетики України від 25.07.2006 № 258.
51. Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014): затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30.12.2014 № 1417
52. Кодекс законів про працю України: Закон України від 10.12.1971 № 322-VIII
53. НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час роботи з хімічними речовинами»: затверджено наказом Міністерства надзвичайних ситуацій України від 12.05.2010 № 347
54. ДСТУ ISO 15190:2022 «Лабораторії медичні. Вимоги безпеки»: затверджено Національним органом стандартизації України
55. Закон України «Про пожежну безпеку»: Закон України від 17.12.1993 № 3745-XII

56. Закон України «Про екстрену медичну допомогу»: Закон України від 05.07.2012 № 5081-VI.

57. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»: затверджено наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417