

УДК 631.333: 631.879.4

Голуб Г.А.*(Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства” Національної академії аграрних наук України)***Гайденко О.М.***(Кіровоградський інститут АПВ Національної академії аграрних наук України)***Кепко О.І.***(Уманський державний аграрний університет)*

ОСОБЛИВОСТІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУБСТРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГЛИВИ

Разработан технологический процесс производства соломистого субстрата для выращивания вешенки методом ферментации в пастеризационной камере с использованием поршневого уплотнителя при уплотнении и упаковке субстрата в мешки.

A process of production straw substrate for oyster mushroom cultivation by fermentation in pasteryzatsiyuniy chamber with piston sealing with sealing and packaging substrate in bags.

Вступ

Низька ефективність сільськогосподарського виробництва є одним із наслідків використання примітивних методів біологічної конверсії органічних ресурсів в агроценозах. Поряд з цим постає проблема збереження та збільшення вмісту гумусних речовин у ґрунтах, яка пов'язана з неефективним використанням органічної сировини агроценозів, відсутністю взаємозв'язку елементів біологічної конверсії з наявними ресурсами органічної сировини при існуючих формах організації сільськогосподарського виробництва.

В агроценозах утворюється значна кількість органічної сировини у вигляді соломи. Існує декілька схем та варіантів подальшого її використання. Один з найбільш доцільних передбачає використання соломи в якості субстрату для вирощування гливи та являє собою безвідходну мікотехнологію. Поряд з отриманням харчового продукту суттєву цінність являє собою відпрацьований субстрат. Однак, відсутність конкретних технологічних процесів виробництва субстрату для вирощування гливи стримує можливість створення ефективної реалізації мікотехнологій у виробництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Біоконверсія органічної сировини агроценозів у штучних умовах із вирощуванням гливи забезпечує проведення всіх початкових її стадій без участі ґрунтової мікрофлори і дає змогу максимально інтенсифікувати процес утворення первинного гумусу з органічної сировини. При цьому на стадіях біоконверсії, які передують внесенню органічної сировини в ґрунт, мікробіологічний синтез забезпечується не ґрунтовими мікроскопічними грибами, а гливою. Це дає можливість здійснювати біоконверсію органічної сировини в умовах, наближених до оптимальних, для кожного виду мікрофлори, а також отримувати додаткову білкову продукцію – гриби. Відпрацьований субстрат після вирощування гливи – це високоякісне органічне добриво, яке використовують у технологіях вермикомпостування або вносять на поля [1, 2].

У залежності від обсягів субстрату та наявності відповідного технічного обладнання застосовують наступні способи виробництва субстрату: гідротермічний, ксеротермічний та пастеризацію із ферментацією.

Гідротермічним способом виробляють субстрати обсягом партії не більше ніж 1 т. Обробку соломи проводять в герметичних ємностях, шляхом його заливання водою з температурою від 80 до 90 °С.

Ксеротермічним способом виробляють субстрати обсягом партії до 10 т. Процес здійснюють в герметичних ємностях, шляхом розігріву соломи водяною парою.

Пастеризацію із ферментацією застосовують для виробництва субстрату обсягом партії від 10 т і більше, в спеціально обладнаних пастеризаційних камерах методом розігріву водяною парою, ферментацією та охолодженням повітрям. Вихід субстрату для вирощування гливи із 1 т соломи становить від 3,0 до 3,5 т.

Термічна обробка соломистих субстратів проводиться з метою знищення нематод, кліщів, грибних мух та комарів, хвороботворних грибів та їх спор. Вона забезпечується підтриманням температури від 58 до 60 °С та 100 % вологості повітря протягом 8 – 16 годин. В таких умовах залишаються існувати тільки деякі види термофільних мікроорганізмів, які в подальшому забезпечують подальший розклад органічної речовини. Під час пастеризації із ферментацією створюються умови для відновлення та активної життєдіяльності термофільних мікроорганізмів, які асимілюють аміак та перетворюють його в білкові сполуки.

Під час виробництва субстрату в закритих пастеризаційних камерах, зволожену солому вкладають не ущільненим рівномірним шаром висотою 2,0 – 2,2 м та продувають повітрям, що забезпечує видалення продуктів життєдіяльності термофільних мікроорганізмів та збагачує їх киснем [3, 4].

Виробництво субстрату в спеціалізовано обладнаних камерах пастеризації потребує меншої площі для укладання соломи та забезпечує процес розігріву без втрат тепла, так як потребує нижчу температуру води та менший об'єм водяної пари порівняно з гідротермічним та ксеротермічним способами термічної обробки. Крім того, використання закритих пастеризаційних камер забезпечує інтенсивне використання культиваційних приміщень за основним призначенням та збільшує вихід грибів [5], але потребує попереднього зволоження соломи.

Отже, переваги використання закритих пастеризаційних камер для пастеризації із наступною ферментацією порівняно з термічною обробкою гідротермічним та ксеротермічним способами, обумовили більш широке використання камер при виробництві субстрату для вирощування гливи при виробництві значних обсягів субстрату.

Мета дослідження

Удосконалити технологічний процес виробництва соломистого субстрату для вирощування гливи методом ферментації в пастеризаційній камері з використанням поршневого ущільнювача при ущільненні та пакуванні субстрату у мішки.

Результати досліджень

Для виробництва субстрату використовують рослинну сировину (солому злакових культур, соняшникове та гречане лушпиння, стебла і стержні кукурудзи та інше), органічні (солодові ростки, висівки пшеничні, шрот соняшниковий, шрот соєвий та інше) та мінеральні добавки (карбамід, суперфосфат, вапняк, гіпс, крейду та інше).

Перед початком виробництва партії субстрату проводять агрохімічний аналіз компонентів та органічних добавок стосовно визначення вмісту в них поживних елементів (вуглецю, азоту, фосфору, калію, кальцію). Розрахунок кількості компонентів та добавок для субстрату проводять з урахуванням вмісту в них поживних елементів, згідно з СОУ 01.1-37-258:2005.

Рослинні компоненти субстрату зволожують до вологості від 70 до 75 % на майданчиках з водозбірником, для цього солому рівномірно укладають на майданчик та заливають водою. Тривалість зволоження станове до 3 діб, після чого воду з басейну зливають у водозбірник, а до соломи додають органічні і мінеральні добавки, які рівномірно

розподіляють по об'єму. Для зволоження 1 т рослинної сировини витрачають від 3 до 4 т води. Температура води має становити в межах від 10 до 30 °С.

В подальшому зволожену соломку укладають у бурти висотою до 2 м та шириною до 3 м, де відбувається самозігрівання її до температури від 45 до 65 °С. Термічну обробку проводять для видалення воскового шару та забезпечення попереднього мікробіологічного розкладу соломи. Тривалість зберігання соломи, укладеної у бурти становить від 3 до 5 діб.

Для знезараження субстрату від мікроорганізмів та підвищення його якості проводять термічну обробку. Одним із способів термічної обробки субстрату є пастеризація, яку проводять у спеціальних пастеризаційних камерах. Це споруда, яка виконується з бетонних блоків та панелей переkritтя, має достатнє утеплення огорожуючих конструкцій, спеціальну конструкцію підлоги та вентиляційну камеру. Один із варіантів виконання закритої пастеризаційної камери, для виробництва субстрату в обсязі 20 т, приведений на рис. 1. Обладнання закритої пастеризаційної камери складається із припливного розтрубу 1, повітряного фільтру 2, припливної 3 та рециркуляційної 4 заслінок, припливного повітропроводу 5, вентилятора 6, розтрубу 7, відкидного клапану 8, викидного повітропроводу 9, дощатої перегородки 10, герметичних утеплених воріт 11 та дверей 12, підлоги 13, поліпропіленової сітки 14, стічної труби 15, шківів 16, пасів 17 та електродвигуна 18.

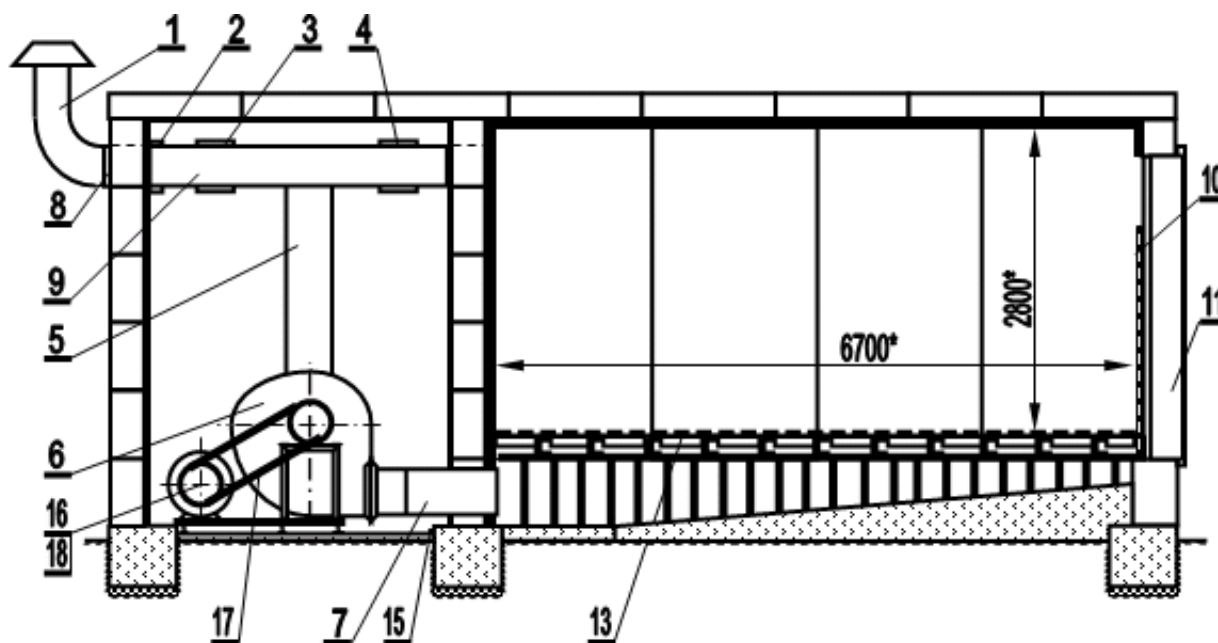


Рис. 1. Переріз закритої камери пастеризації для виробництва субстрату

Завантаження та вивантаження субстрату здійснюється через двері, які герметично закриваються. Пара подається від парогенератора, подача якого регулюється клапаном. У камері встановлюють датчики для контролю за температурою субстрату. Уведення пари низького тиску здійснюється безпосередньо в потік повітря, яке подається вентилятором.

Субстрат, після завантаження до пастеризаційної камери, поступово, протягом 10–12 годин нагрівають парою, яка поступає з парогенератора, до температури від 60 до 62 °С, при цьому витрата пари на 1 т субстрату становить до 10 кг. Під час наповнення камери, в субстраті, під підлогою та над ним розміщують датчики дистанційного контролю температури. При наявності значних розбіжностей між температурою над субстратом та під ним її вирівнюють шляхом рециркуляції повітря.

Після розігріву субстрату парою, протягом наступних 24 годин проводять його пастеризацію. Температура субстрату, при якій здійснюється пастеризація, становить від 58 до

60 °С. Завдяки посиленню мікробіологічних процесів, які проходять з виділенням тепла, досягають температури пастеризації при подачі повітря, що забезпечує концентрацію вуглекислого газу не більше 30000 ppm [3]. Важливо, щоб під час пастеризації, різниця в значеннях температури субстрату в різних місцях не перевищувала 1–2 °С [6]. За допомогою вентилятора забезпечують подачу свіжого повітря, в об'ємі від 15 до 20 м³/год. на 1 т субстрату. В таких умовах виживають лише деякі види термофільних мікроорганізмів, які забезпечують подальший розклад органічної речовини під час кондиціонування в контрольованих умовах.

По закінченню пастеризації субстрату проводять його кондиціонування шляхом збільшення подачі свіжого повітря об'ємом до 100 м³/год. на 1 т субстрату та охолодження внутрішнього повітря та субстрату до температури 50–53 °С. Мета кондиціонування – розкласти органічні речовини з одночасним синтезом біомаси термофільних мікроорганізмів, що забезпечує накопичення білкового азоту, дозволяє одержати однорідний по структурі та якості субстрат. Після охолодження субстрату відмерлі тіла термофільних мікроорганізмів стають основою для поширення міцелію гливи в субстраті [3]. Домінуюча група мікроорганізмів в субстраті під час кондиціонування – термофільні актиноміцети. Поступове і рівномірне зниження температури під час кондиціонування забезпечує їх високу активність. Тому в цей час важливо не допускати різких коливань температури субстрату. Частина аміаку під час кондиціонування викидається в атмосферу при вентиляванні камери, а інша – асимілюється мікроорганізмами з перетворенням у білкові сполуки. Субстрат втрачає також частину води за рахунок випаровування, а також частину органічної речовини, яка витрачається на енергетичні процеси з виділенням кінцевих продуктів життєдіяльності мікрофлори у вигляді вуглекислого газу, води і тепла [6]. Тривалість кондиціонування субстрату становить від 10 до 12 годин.

По закінченню кондиціонування розпочинається ферментація субстрату за якої температура повітря в камері знижується до 48 °С та забезпечується, за допомогою вентилятора, стійка рециркуляція повітря. Окрім цього в камеру подають свіже відфільтроване повітря в кількості 50–60 м³/год. на 1 т субстрату. В цих умовах температура субстрату утримується протягом 22–26 годин, а різкі коливання температури субстрату не допускаються. Після ферментації збільшують подачу свіжого повітря для охолодження внутрішнього повітря та субстрату до температури від 26 до 30 °С, протягом 10–20 годин, об'єм подачі свіжого повітря при цьому становить близько 100–150 м³/год. на 1 т субстрату.

Після термічної обробки субстрат інокують посівним міцелієм та пакують у перфоровані поліетиленові мішки. Для соломистого субстрату рекомендується використовувати мішки, з такими параметрами: діаметр від 0,2 до 0,4 м, висота від 0,6 до 0,8 м, місткість від 10 до 20 кг субстрату [4, 7].

За рекомендаціями по пастеризації субстрату, розроблених Інститутом агробіологічних досліджень (Франція), можливе скорочення тривалості пастеризації субстрату шляхом проведення короткотривалої пастеризації, при якій температуру повітря в пастеризаційній камері піднімають до 60–61 °С і підтримують до тих пір, поки температура субстрату не стане такою ж. Потім температуру повітря знижують до 53–56 °С і утримують протягом 18–21 години.

По закінченню пастеризації проводять охолодження субстрату до температури 25–30 °С шляхом подачі відфільтрованого повітря в об'ємі 100 м³/год. Для запобігання осушення субстрату після пастеризації охолоджувальне повітря подається разом з водяною парою.

Готовий субстрат для вирощування гливи повинен бути однорідної рихлої структури з вологістю від 70 до 75 %, вміст поживних речовин повинен становити (в % на с. р.) вуглецю (С) не менше ніж 40, загального азоту (N) від 1,0 до 1,2, фосфору (P_2O_5) від 0,8 до 1,5, калію (K_2O) від 0,8 до 1,6, кальцію від 2,0 до 2,5, рН від 7,0 до 8,5. А також не повинен містити нематод, кліщів, грибних мух та комарів, хвороботворних грибів та їх спор.

Інокуляція субстрату зерновим міцелієм (міцелій гливи, що розрісся на підготовленому зерні пшениці) проводиться із розрахунку 5 % від маси субстрату. Міцелій виготовляють в мікологічних лабораторіях, після чого він поступає на зберігання, яке проводиться при температурі від 2 до 4 °С протягом 2–3 місяців. Готовий до використання міцелій повинен мати білий колір і приємний запах. До кожної партії міцелію повинен додаватися паспорт – сертифікат, який включає назву штаму, дату посіву, коротку характеристику (вимоги до параметрів мікроклімату культивацийних приміщень при розростанні міцелію й плодоношенні грибів та інші параметри вирощування грибів), дату реалізації міцелію, реквізити підприємства виробника міцелію.

Існують зимові штами гливи, для плодоношення яких необхідний холодний шок (від 1 до 2 днів при температурі від 0 до 2 °С), а саме плодоношення проходить при температурі від 10 до 14 °С; проміжні – плодоносять при температурі від 5 до 20 °С без холодного шоку, літні – плодоносять при температурі від 16 до 25 °С без холодного шоку.

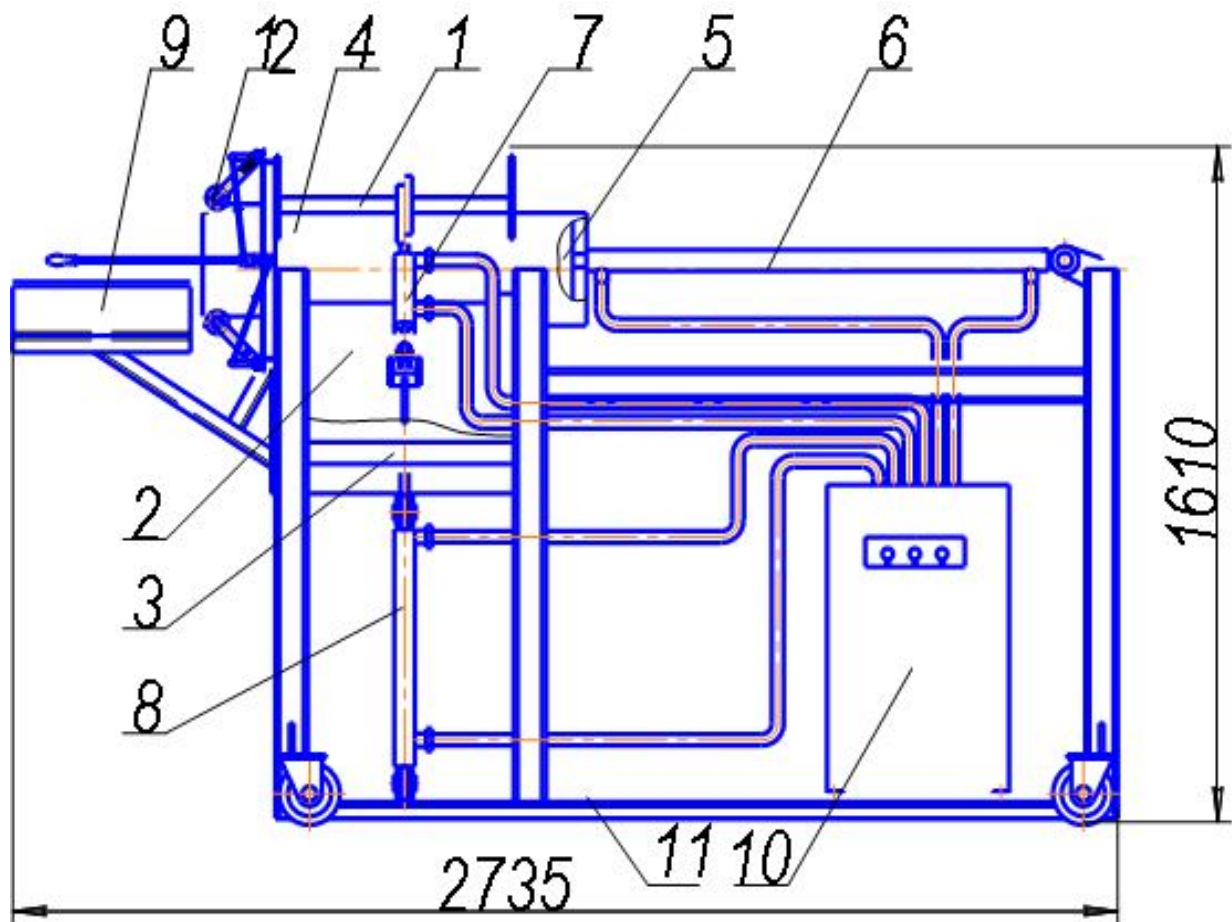
Розвантаження пастеризаційної камери поєднують із розпушуванням субстрату, оскільки він ущільнюється під дією власної ваги за час перебування в камері. Для пакування субстрату в поліетиленові мішки використовують поршневий ущільнювач субстрату ПМСГ-10 (рис. 2), за допомогою якого виконують ущільнення субстрату з одночасним пакуванням у мішки [8].

Завдяки використанню ущільнювача субстрату поршневого типу забезпечується підвищення якості субстрату (збільшення ймовірності того, що щільність субстрату знаходиться в межах технологічно заданого діапазону та забезпечення більш рівномірного розподілу міцелію завдяки переходу від пошарового до об'ємного розподілу міцелію в субстраті).

Обслуговує пастеризаційну камеру один оператор. Під час завантаження та розвантаження камери з одночасним пакуванням у мішки зайнято 4 працівника. Загальний цикл виготовлення субстрату не перевищує 7 днів.

Визначення фізико-механічних та агрохімічних властивостей субстрату проводять для кожної партії окремо. При завантаженні закритої пастеризаційної камери контролюють висоту шару субстрату. Температуру в шарі субстрату контролюють за допомогою електронних термометрів протягом всього процесу пастеризації та ферментації. Температуру в середині блоків субстрату вимірюють на глибині від 10 до 15 см, щоденно о 8⁰⁰ та 17⁰⁰ годині на кожному ярусі в центральній і трьох периферійних зонах термометром. Допустимі відхилення від норми ± 2 °С.

Вологість субстрату визначають шляхом висушування зразків до постійної вологості. Оперативний контроль вологості може бути проведений шляхом стискування порції субстрату в руці (при вологості від 60 до 65 %, волога виділяється тільки при сильному стискуванні). Кислотність, вміст азоту, фосфору, калію, кальцію та органічної речовини у субстраті визначають згідно існуючих нормативних документів. Рівномірність внесення міцелію в субстрат, визначають візуально.



1 – клапан завантажувального вікна; 2 – приймальна камера; 3 – поршень вертикальної камери; 4 – горизонтальна ущільнювальна камера; 5 – поршень горизонтальної камери; 6, 7, 8 – гідроциліндри; 9 – лоток для ущільнених блоків; 10 – гідравлічна станція; 11 – рама; 12 – прижимний механізм

Рис. 2. - Загальний вигляд двохстадійного поршневого ущільнювача субстрату ПМСГ-10

Якість субстрату визначають по результатах лабораторного аналізу 5-ти, а при посиленому контролі – 10-ти проб. В кожній пробі визначають колір, структуру та кислотність субстрату, вміст вологи. За результатами агрохімічних аналізів визначають середнє значення показників якості готового субстрату, яке заносять у паспорт, що видається на кожну партію субстрату.

Структура собівартості виробництва субстрату приведена на рис. 3. Собівартість субстрату з використанням власної сировинної бази в 1,5–2 рази менша, ніж при використанні придбаної в інших господарствах соломи [9, 10].

Використання соломи для виробництва субстрату при вирощуванні гливи значно перевищує економічну ефективність її спалювання. Ефективність використання відпрацьованого субстрату після вирощування грибів як органічного добрива значно більша ніж попелу після спалювання соломи. При собівартості виробництва субстрату в розмірі 769,4 грн./т прибуток становитиме близько 330 грн./т.

Дослідження показали, що в кожному випадку необхідно прораховувати економічну ефективність та доцільність виробництва гливи. Недодержання цієї вимоги призводить до низької ефективності та збитковості виробництва.

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень було розроблено технологічний процес виробництва субстрату для вирощування гливи методом ферментації в



пастеризаційній камері, який пройшов виробничу перевірку на базі ТОВ “Славута” с. Шкарівка Білоцерківського району. Було встановлено, що рентабельність виробництва субстрату становить від 40 до 45 %, а ймовірність отримання запакованих мішків із щільністю субстрату, яка знаходиться у технологічно заданому діапазоні щільності від 360 до 400 кг/м³, становить 85,5 %. Використання двохстадійного поршневого ущільнювача субстрату забезпечує отримання економічний ефект в розмірі 6659,3 грн. за рік, а термін окупності ущільнювача субстрату не перевищує 1 року.

Література

1. Голуб Г. А. Біоконверсія органічної сировини при вирощуванні грибів / Г. А. Голуб // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 11. – С. 13–16.
2. Гайденко О. М. Біоконверсія соломи із виробництвом гливи звичайної / О. М. Гайденко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація : зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград : КНТУ, 2006. – Вип. 17. – С. 95–99.
3. Девочкин Л. А. Шампиньоны. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Агропромиздат, 1989. – 175 с.
4. Промышленное культивирование съедобных грибов / [Дудка И. А., Вассер С. П., Бухало А. С., и др.] ; под общей ред. И. А. Дудки. – К. : Наукова думка, 1978. – 264 с.
5. Дудка И. А. Культивирование съедобных грибов / И. А. Дудка, Н. А. Бисько, В. Т. Билай. – К. : Урожай, 1992. – 160 с.
6. Голуб Г. А. Динаміка розігріву компосту у пастеризаційній камері / Г.А. Голуб, А.І. Огороднік // Міжвідомчий тематичний науковий збірник “Механізація та електрифікація сільського господарства”. – К. : Аграрна наука, 1997. – Вип. 82. – С. 64–66.
7. Раптунович Е. С. Искусственное выращивание съедобных грибов / Е. С. Раптунович, Н. И Федоров. – Мн. : Выш. шк., 1994. – 206 с.
8. Гайденко О. М. Обґрунтування типу конструкції експериментального зразка ущільнювача соломистого субстрату / О. М. Гайденко // Матеріали II Всеукр. наук.-прак. конф. молодих вчених і спеціалістів “Агропромислове виробництво України – стан та перспективи розвитку”. – Вісник Степу : наук. зб. – Кіровоград : Видавництво ПП “Ліра ЛТД”, 2006. – Вип. 3. – С. 147–150.
9. Голуб Г. А. Ефективність виробництва їстівних грибів / Г. А. Голуб // Економіка АПК. – 1999. – № 9. – С. 63–65.
10. Голуб Г. А. Вплив виробництва їстівних грибів на економічну ефективність агроценозів / Г. А. Голуб, І. В. Мельникова // Економіка АПК. – 1998. – № 10. – С. 59–61.