

食用菌

沈业寿 主编



安徽大学

安徽省食用菌技术协会 服务窗口: 3204396913@qq.com

前 言

《食用菌》一书是编者应民生工程培训的需要，总结多年来的《真菌学》课程教学经验，通过大量的实践和研究，吸取国内外食用菌科技工作者们所积累的丰富经验，综合起来编写的。在编写过程中，力求做到引用比较新颖的资料，使用新的概念和合理的结构安排。书中的编排遵循教材的系统性、合理性（不同于国内目前出版的有关食用菌书籍）。内容包括食用菌形态结构、生长、繁殖、代谢、深层发酵、制种、栽培和病虫害防治等。出于学科的系统性，还加入了食用菌的加工贮藏相关章节。具有简明扼要、易懂的特点，因而本书适应性强，对不同文化程度的读者均有收益。

本书在编写过程中引用了国内外大量的文献资料，在此对原作者以及为本书编写提供帮助的朋友们一并致谢。

食用菌作为一门学科，其研究和生产涉及的知识面广，诸如微生物学、真菌学、栽培学、作物保护学、生态学以及医学、食品加工和发酵工业等，限于编者的水平，在编写上难免会出现错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪 论

第一章 食用真菌的一般形态

第一节 食用菌的营养体

- 一、菌丝体
- 二、菌丝的变态
- 三、菌丝的组织体

第二节 食用菌的繁殖体

第二章 食用菌的生长

第一节 丝状食用真菌的生长

- 一、菌丝顶端生长
- 二、细胞壁生长
- 三、菌丝的分枝

第二节 单细胞食用真菌的生长

- 一、延迟期
- 二、对数期
- 三、稳定期
- 四、衰亡期

第三节 食用真菌生长的测定

第四节 食用菌生长的营养要求

- 一、食用菌的营养方式
- 二、食用菌生长所需要的主要营养物
- 三、培养基的类型、应用及配方

第五节 食用菌生长的环境因素

- 一、温 度
- 二、湿 度
- 三、酸碱度
- 四、氧气和二氧化碳

五、光 照

第三章 食用菌的生殖

第一节 无性繁殖

第二节 有性生殖

一、性的亲和性

二、子囊和担子的发育

第三节 生活史

一、生活周期型

二、真菌孢子释放、传播、休眠和萌发的条件

第四章 食用菌的代谢

第一节 营养物质的降解

一、食用菌所需的碳营养

二、食用菌所需的氮营养

第二节 食用菌中多糖和有机氮的生物合成

第三节 矿质元素和生长因子的生理功能

一、矿质元素对食用菌生长的生理功能

二、生长因子对食用菌生长的生理功能

第四节 食用菌的重要代谢产物

一、抗生素（抗菌素）

二、抗肿瘤药物

三、稀有氨基酸

四、核苷酸

五、酶

六、橡胶物质

七、其它代谢产物

第五章 食用菌的深层发酵

第一节 深层培的养食用菌用途

一、作为食品或饲料的来源

二、生产液体菌种

三、提取代谢产物制品

第二节 食用菌深层发酵生产工艺

一、斜面菌种

二、摇瓶种子

三、一级、二级和三级种子

第三节 食用菌深层发酵必备条件

一、摇床

二、发酵罐

三、接种及接种量

四、无菌空气

五、液体培养基

六、灭菌及无菌操作

七、其它工艺条件

第四节 发酵过程的中间测定项目

一、纯度检查

二、活力检查

三、出菇能力检查

四、菌丝含量

五、菌丝球直径

六、发酵溶液应测残糖

第五节 发酵产物的分离精制

一、菌体分离

二、有效成分分离

第六章 食用菌的制种技术

第一节 主要制种设备及消毒药品

一、洗涤室与配料室

二、灭菌设备

三、接种室和接种箱

四、培养室和恒温箱

五、电冰箱

六、接种工具

七、消毒药品

八、其他

第二节 纯菌种的分离和培养

一、孢子分离法

二、组织分离法

三、基内菌丝分离法

四、优质菌种的鉴定

第三节 食用菌的菌种生产

一、菌种厂的设计和布局

二、母种的培养

三、原种和栽培的培养

第四节 食用菌的菌种选育

一、自然选种

二、诱变育种

三、杂交育种

第五节 菌种的保藏

一、母种的保藏

二、原种与栽培种的保藏

第七章 食用菌的栽培所需条件

第一节 菇房及菇场

一、菇房（栽培室）的建造

二、菇场的选择

第二节 主要设备

一、菇房（架）的搭建

二、机械设备的使用

第三节 原材料及其配方

一、食用菌适生寄主

二、添加的化肥种类

三、代料种类

四、培养料配方

第八章 食用菌栽培技术

第一节 段木栽培技术（香菇、木耳、银耳等）

一、段木准备

二、人工接种

三、上堆发菌

四、散堆排场

五、菇木（耳木）管理

六、采 收

第二节 短段木熟料栽培法（灵芝、桑黄等）

一、季节安排

二、切段装袋

三、熟化灭菌

四、消毒接种

五、菌袋培养

六、搭棚作畦、排场埋土

七、管 理

八、采 收

第三节 菌砖（块）栽培法（香菇、平菇、凤尾菇等）

一、菌种制作

二、制菌块

三、管 理

四、采 收

第四节 瓶栽法（猴头、灵芝、金针菇、平菇等）

一、培养料装瓶及灭菌

二、接种和培养

三、管 理

四、采 收

第五节 塑料袋栽培法（平菇、木耳、杏鲍菇、灵芝等）

一、栽培袋制作

二、灭 菌

三、接种、培养

四、栽培管理

第六节 菌棒栽培法（香菇、木耳、平菇等）

一、栽培袋制作

二、灭菌消毒

三、接种、培养

四、栽培管理

第七节 堆栽法（草菇）

一、作 畦

二、堆草下种

三、盖草被

四、管 理

五、采 收

第八节 菇床式栽培法（双孢蘑菇、平菇、草菇等）

一、培养料处理

二、菇房消毒

三、培养料进房

四、培养料消毒

五、整料铺平

六、播 种

七、覆 土

八、菇房管理

九、采 收

第九节 畦地栽培法（平菇、鸡腿菇、金福菇、大球盖等）

一、畦地的建造

二、培养料

三、播 种

四、管 理

第十节 埋木栽培法（茯苓、竹荪、蜜环菌、猪苓等）

一、备 料

二、场地选择

三、埋木栽培

四、管 理

五、采 收

第十一节 其它栽培法

一、墙式栽培法（平菇、凤尾菇、灵芝、秀珍菇等）

二、立体化栽培法（竹荪、香菇、平菇、凤尾菇等）

第九章 食用真菌病虫害及其防治

第一节 食用菌病害

一、真菌性病害

二、细菌性病害

三、病毒性病害

四、生理性病害

第二节 食用菌害虫

一、昆 虫

二、线 虫

三、螨

四、其它有害动物

第三节 病虫害的防治

一、选用优质菌种

二、卫生措施

三、药剂防治

四、改变环境因子

第十章 食用菌的加工贮藏

第一节 食用菌的干制

一、干 制

二、分级包装

三、储 藏

第二节 食用菌的盐渍和糖藏

一、盐 渍

二、糖 藏

第三节 食用菌的罐藏

一、原料的处理

二、装 罐

三、排 气

四、密 封

五、杀 菌

六、冷 却

第四节 食用菌的等级标准

一、鲜菇类

二、盐渍罐头类

三、干品类

绪 论

食用菌是一类可供食用的大型真菌的总称，如香菇、双孢蘑菇、木耳、银耳、侧耳(平菇、凤尾菇)、猴头、竹荪、羊肚菌、灵芝等。在分类上属于真菌界中的担子菌门和子囊菌门。它们的营养体结构呈分枝的丝状体，具有细胞壁和细胞器，不含叶绿素，无根、茎、叶分化，不能进行光合作用，大多以腐生或共生方式生存，它们具有性细胞的分化，能进行有性生殖，其繁殖体结构多样，有伞状、耳状、头状、珊瑚状、花瓣状、贝壳状等，颜色也各不相同，有白色、灰色、红色、褐色、黑色、青色等。

许多食用菌是营养丰富、味道鲜美的佳肴，有“山珍海味、猴头燕窝”之称。根据近年来的研究发现，菇类食品的营养成分大致介于肉类和果蔬之间，具有极高的营养价值。几乎所有的菇类都含有人体自身不能制造的8种必需氨基酸。食用菌中的一些种类，如猴头、茯苓、蜜环菌、金针菇、香菇、灵芝等，还可用来提取增鲜剂、抗生素以及其他一些药用成分，特别是那些具有抗肿瘤作用的多糖。目前人们已把食用菌列为人类的第三类食品，即动物性食物、植物性食物和菌类食物。由于所有的食用菌都具有药用价值，又被称为“健康食品”。

食用菌是国际市场上的畅销品之一，世界各国为争夺国际市场，都成立了很多教学、科研组织，在栽培技术的基础上注重液态发酵和深加工的研究，同时也注意到对食用菌新品种资源的驯化和利用，以及生理生化方面的研究，促进了食用菌应用技术的发展，从而使食用菌栽培发展成农副业生产中充分利用工农业废物的新型科学技术。

据报道，20世纪60年代，食用菌的生产主要在欧洲及北美，占世界总产的90%以上，而且平均每年以7%的速度递增。

20 世纪 70 年代，东南亚国家的食用菌事业迅速发展，由于劳动力低廉，商品竞争力较强，平均每年以 10% 的速度递增。20 世纪 80 年代以后，发达国家的食用菌生产速度渐趋稳定，其生产方式趋向于工厂化，产品力求适应消费者的生活方式，商品的规格化要求严格，并向使用方便、小包装、美观、高档化方向发展，讲究实效，充分利用自然生态条件和资源，综合防治病虫害，以提高经济效益。

近十几年来，我国的食用菌事业似雨后春笋，得到了蓬勃发展，在食用菌的产、供、销等方面，逐渐进入世界前列。双孢蘑菇的总产已跃居世界第一位。同时，在食用菌方面健全了教学体系，建立了科研机构，许多基层单位还联系生产实际创办了生产基地、菌种厂、加工场等，既提高了技术，也培训了大量专业的人才。虽然我国的食用菌生产技术已在生产中发挥了巨大作用，取得了明显的经济效益，但是，与世界先进国家相比，我国各种食用菌的单产水平还比较低，产量不够稳定，生产方式和设施还比较陈旧落后，食用菌的集约化、标准化、商品化生产和加工技术尚远远不能适应国内外消费者的要求。因此，要求我们根据我国各地的实际情况，发挥丰富的食用菌自然资源、传统经验、劳力资源和广阔的市场以及地接港澳市场等优势，坚持“洋为中用”、“古为今用”、“因地制宜”，创立具有中国特色的食用菌科研、生产、加工、供销以及人才培养的体系，为经济建设服务，把我国的食用菌生产搞上去，使之达到国际先进水平。

第一章 食用菌的一般形态

食用菌在生长和发育的一般过程中，首先要经过一定时期的营养阶段，然后进行无性繁殖和有性生殖产生孢子。食用菌营养生长阶段的菌体称为营养体；无性繁殖和有性生殖的结果，产生繁殖体或孢子体。

第一节 食用菌的营养体

食用菌的营养体，除少数是单细胞（单细胞酵母菌）外，其典型的营养体是丝状体。这些丝状体为了适应不良的外界环境往往形成一些变态或密集成组织体。

一、菌丝体

当食用菌在自然基质或实验室所使用的培养基上生长时，首先看到的就是丝状物。生物学上把每一根细丝称作菌丝（hypha），菌丝产生分枝而成网状的菌丝，则称为菌丝体（mycelium）。我们常把生于基质内的菌丝称为基内（质）菌丝，而把暴露于空间的菌丝称作气生菌丝。单细胞酵母菌，在培养过程中，以芽殖方式繁殖，芽体连续发生呈菌丝状，称为假菌丝。

菌丝体是孢子萌发生长的结果，具复杂的分枝，在显微镜下观察时，菌丝管状，其直径多在5~10微米，具横隔膜(图1-1)。

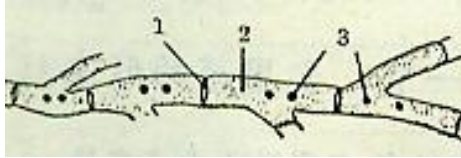


图 1-1 菌丝的形态结构

1. 隔膜；2. 细胞质；3. 细胞核

食用菌隔膜（septum）的结构多样，有的简单、有的复杂。食用菌的隔膜为桶孔状隔膜或单孔式隔膜。具有隔膜的菌丝叫有隔菌丝。

菌丝体接种在固体培养基上，经过培养，从一点出发不断地向四周辐射蔓延扩展，而形成圆形的菌落（colony）。不同种食用菌在同一种培养基上形成的菌落不同；同种食用菌在不同的培养基上形成的菌落也不同。但在相同的培养条件下，如培养基成分、温度、培养时间（一周左右）等相同时，同种食用菌所呈现的菌落特征（疏松的网状、絮状或绒毛状等）大小、颜色、纹饰等是不变的，可作分类鉴定的依据。

在食用担子菌的菌丝中，有一种特殊结构——锁状联合（clamp connection）（图 1-2）。

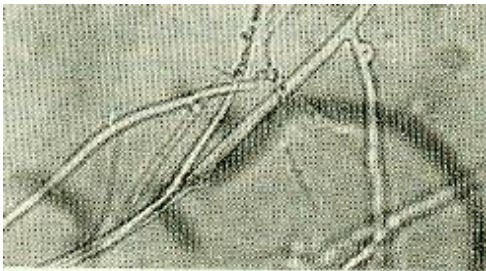


图 1-2 具有的锁状联合的菌丝

二、菌丝的变态

菌丝在培养条件下，一般变化很小。但在自然条件下，在生长发育过程中，由于长期适应不同外界环境或获取营养的特殊需要产生了不同类型的变态。在不良的环境条件下，菌丝细胞内的原生质收缩，变成圆形，外面生一层厚壁，形成厚垣孢子 (chlamydospore)，以抵抗不良的环境条件。厚垣孢子经常在老化的菌丝中形成，草菇菌丝形成厚垣孢子是草菇生活史中特有的无性周期现象。厚垣孢子是一种休眠细胞，可以在菌丝的顶端形成，也可以在菌丝中的某一或多个细胞中形成，条件适宜时，厚垣孢子萌发成菌丝。

有的木材腐朽菌的菌丝，在木材中常生出不规整的环状物叫菌环，但其作用不详。在红菇的子实体组织中，可见到圆胞，它也是菌丝的变态。

病原真菌常通过产生吸器 (haustorium)、附着胞 (appressorium) 寄生或粘附在寄主表面吸取营养。竞争性毛霉菌常以产生匍匐枝 (creeping branch) 向四周蔓延，并由匍匐枝生出假根 (rhizoid) 与基物接触，争夺营养 (图 1-3)。

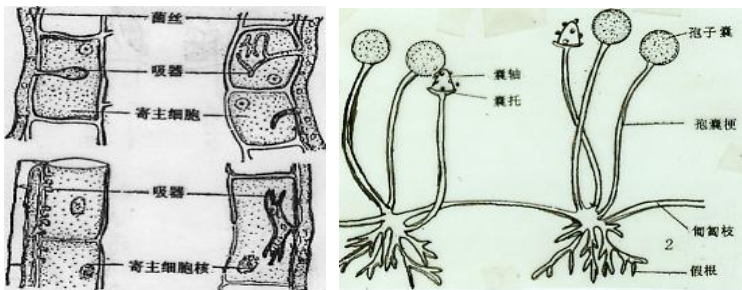


图 1-3 菌丝的变态体

1. 吸器； 2. 匍匐枝和假根

三、菌丝的组织体

食用菌在其生活史的某种阶段,菌丝体能组成一定的组织,由菌丝疏松地或紧密地交织起来形成的组织称为密丝组织。密丝组织有两种类型:疏丝组织,是由于菌丝体大致作相互平行排列形成,它们典型的长形细胞很容易被识别;拟薄壁组织,是由紧密排列的,多数是等径的或卵形的细胞组成,象高等植物薄壁组织的细胞组成,组织中的细胞失去了菌丝的独立性而且彼此不易区别。

(一) 菌核 (sclerotium)

菌核是由菌丝或菌丝与寄主组织相互交织在一起而形成的一种休眠体(图1-4),其形状、颜色、组织的紧密程度和大小差异亦很大。只由菌丝交织而形成的菌核称真菌核;包含寄主组织在内的菌核为假菌核。菌核的内部结构可分为两层,即皮层和菌髓。皮层是紧密交错的具有光泽而又有厚壁的菌丝细胞所组成,有一层或数层细胞厚;菌髓是由无色菌丝交错组成的。菌核萌发所产生的子实体都起源于菌髓。在冬天-30℃的内蒙古草原,口蘑就是通过形成菌核过冬;著名的中药材茯苓、雷丸和猪苓也都是这些食用菌的菌核。

(二) 菌索 (rhizomorph)

菌索是由菌丝平行交织组成的绳索状结构,外貌很象高等植物的根(图1-5),它有一个颜色较深的外层,当环境条件转佳时,又从尖端生长点恢复生长。蜜环菌、发光假蜜环菌(亮菌)、小皮伞等都是著名的菌索产生菌。蜜环菌的菌索生长活力与荧光强度成正比,菌索老熟后不再发光。因此可以根据菌索

能否发光或其发光强弱来判断菌索的死活及其生命力强弱。

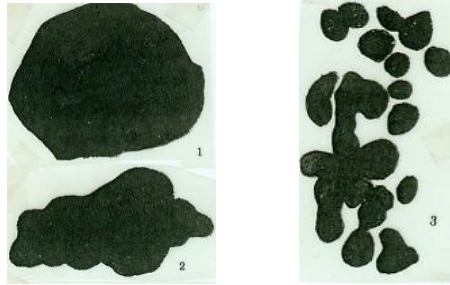


图 1-4 菌核

1. 茯苓的菌核；2. 猪苓的菌核；3. 雷丸的菌核

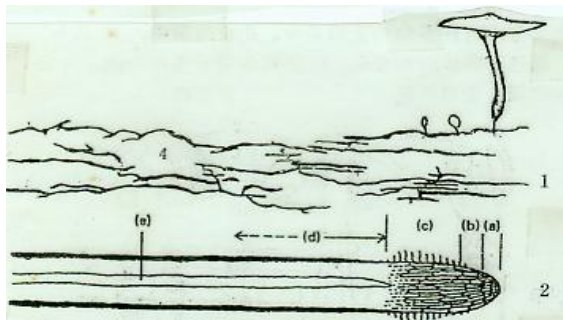


图 1-5 蜜环菌菌索

1. 菌索；2. 菌索放大图：a. 顶端 b. 伸长区
c. 吸收营养区 d. 成熟变黑的菌丝取 e. 菌髓

多数木材腐朽菌往往产生一种类似菌索的菌丝束，它也是由菌丝平行排成的绳状物，但不具备菌索那样的几层结构。

（三）子实体（fructification）

子实体是食用菌的产孢机构，形式多样，除产孢组织外，

还包括各种对孢子的保护、形成、传播有作用的组织，拟组织及辅助结构。齿菌类的子实体具有或无菌盖及菌柄，子实层生长在软齿表面，像猴头菌；多孔菌类子实层多生长在管孔的周围；子囊菌无菌褶和菌管，孢子生长在子囊里面，如羊肚菌属和马鞍菌属；腹菌子实层包裹在包被里，如马勃属；子实层生长在顶部菌盖表面，是粘液孢子体，如白鬼笔，而长裙竹荪还具有一个网格状菌幕或称菌裙；胶菌类子实体呈耳状或脑状，干燥后收缩，吸水后恢复原状，子实层分布在子实体表面，如银耳、木耳、金耳等；伞菌的子实体像一把小伞（图 1-6），一般统称为蘑菇，子实层分布在菌褶两侧或菌管里面的周围，但因种类不同，在菌盖和菌柄两部分中有许多结构上的差异。

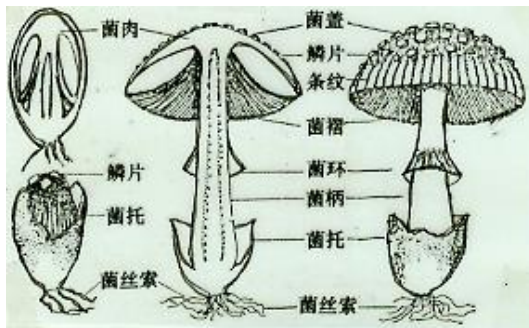


图 1-6 伞菌子实体的结构

在食用菌中，尤以伞菌为多，而且子实体结构复杂，下面就以伞菌子实体为例，分别介绍外部特征（宏观特征）和内部特征（微观特征）。

1. 菌盖 (pileus) 菌盖又名菌帽。菌盖就是我们食用的主要部分，也是食用菌的主要繁殖器官。菌盖的形态、颜色和表面特征，因食用菌种类不同各异。甚至还随着子实体的生长发育或环境的干、湿或光照情况的不同而变化。

菌盖的质地有肉质、膜质、胶质、蜡质和革质，有软、硬或脆等区别。菌盖的中部有平展、凸起、尖突、脐状或下凹等状态。菌盖边缘的形状有上翘、内卷、延伸、撕裂、波状等。菌盖的这些特征都是伞菌分类常用的重要依据。

菌盖由表皮、菌肉和子实体组成。菌盖表面的皮层或角质层（表皮）的菌丝内含有不同色素，使菌盖呈现各种不同的色泽。皮层或角质层下面的是菌肉，子实层起源于菌肉层的菌丝。

（1）菌 肉（context） 菌肉是菌盖的实体部分，也是菇蕈最有食用价值的部分。绝大多数食用菌的菌肉均为肉质，易腐烂，少数食用菌的菌肉为蜡质、胶质、革质和软骨质。

菌肉分为二类。一类全部由丝状的菌丝体组成，称丝状菌肉，绝大部分食用菌的菌肉构造是这种类型；另一类菌肉的组成除了少数丝状的菌丝外，大多数为泡囊状（图 1-7）。泡囊是由菌丝的分枝膨大而来，常失去再生能力。红菇和乳菇属的菌肉就是这种类型。因此，当用组织块来分离红菇或乳菇属菌种时不容易成功。

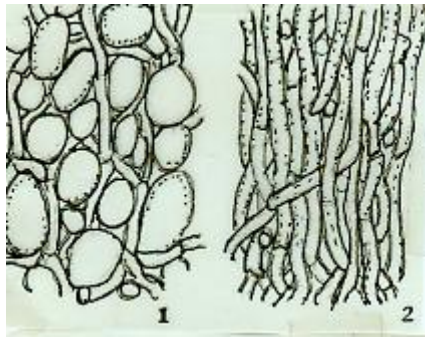


图 1-7 菌肉组织

1. 泡囊状；2. 丝状

（2）子实层 子实层是子囊菌或担子菌的产孢表面。在子囊菌中，它是由子囊（asci）和侧丝（paraphysis）组成；在担

子菌中，子实层是由无数呈栅状排列着的担子（basidia）和囊状体（cystidia）组成的。侧丝或囊状体（隔胞），都是不孕细胞。只有子囊和担子细胞才能产生子囊孢子和担子孢子。

子实层在菌盖上的着生方式因菌而异。少数是平铺在菌盖表面或外侧的，大多数食用菌的子实层着生在菌伞下面的菌管内壁或菌褶（lamella）的两面（图 1-8）。菌管呈管状，其长短、粗细，管口颜色和形状以及菌盖是否分离等特征，是鉴别牛肝菌和多孔菌的重要特征。菌褶通常为刀片状，中央是菌髓细胞，两面是子实层。菌褶与菌柄的着生关系又是有褶伞菌的重要特征，通常有直生、弯生、离生、延生四种类型（图 1-9）。

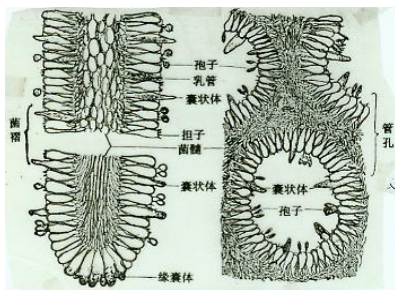


图 1-8 菌褶、菌管解剖示意图

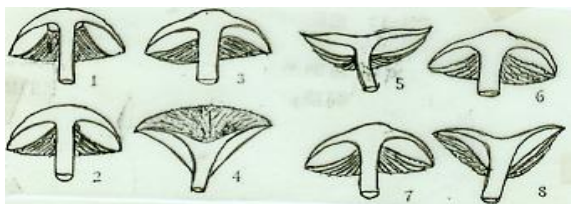


图 1-9 菌褶与菌柄着生情况及边缘特征

1. 离生；2. 弯生；3. 直生；4. 延
5. 边缘平滑
6. 边缘波浪状；7. 边缘粗糙颗粒状；8. 边缘锯齿状

直生：又名贴生。菌褶后端着生在菌柄上，如鳞耳。

弯生：又名凹生。菌褶在菌柄着生处有弯凹，如口蘑、香菇。

弯生：又名凹生。菌褶在菌柄着生处有弯凹，如口蘑、香菇。

离生：又名游生。菌褶与菌柄不接触，游离，如双孢蘑菇、草菇。

延生：又名垂生。菌褶后端随菌柄下延，如侧耳。

此外，菌褶的厚薄、形状、排列稀密，是否等长，是否会自溶，菌褶有无分叉，菌褶边缘有无锯齿，菌髓是否由泡囊细胞组成等特点，都是分类鉴定时必需注意的形态特征。

菌褶的菌髓构造有多种形式，有同型菌髓（大多为丝状菌丝组织）和异型菌髓（除丝状菌丝组织外，尚有泡囊状组织）。菌丝在菌髓中的排列纹饰有交错型、平行排列型、两侧型和逆两侧型四种（图 1-10）。

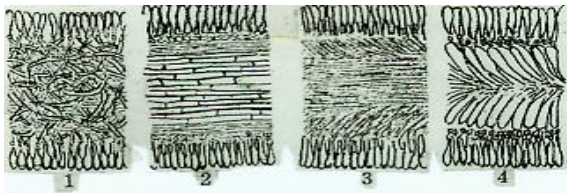


图 1-10 菌髓中菌丝排列方式

1. 菌丝交错型；2. 平行排列型；3. 两侧型；4. 逆两侧型

2. 菌柄（stipe） 菌柄是菌盖的支持部分。大多数食用菌的菌柄为肉质，与菌盖同质；少数食用菌，如构菌，它们的菌柄下部为革质，与菌盖质地相异。菌柄在菌盖上的着生位置有三种情况：菌柄生于菌盖的中央（中央生），如蘑菇、草菇；菌柄着生于菌盖的偏心处（偏生），如香菇；菌柄着生于菌盖的一侧（侧生），如侧耳。

菌柄通常为白色或近白色，圆形或纺锤形。菌柄中央的组成因种各异，如口蘑等的菌柄完全由菌肉组成（中实），构菌（金针菇）等的菌柄中央有一腔（中空），而双孢蘑菇等的菌柄中央则是疏松的髓质细胞（中松）。

3. 内菌幕与菌环（annulus） 内菌幕是有些伞菌在幼年时菌盖与菌柄间的包膜。子实体长大后，内菌幕破裂，部分残留在菌盖边缘，部分残留在菌柄上。菌环就是残留在菌柄上的内菌幕发育来的。菌环呈环状，膜质，有薄有厚，有大有小，有的固定不动，有的则能移动，有的位于菌柄的顶部（上位），有的位于菌柄的中段（中位），有的则位于菌柄的下端（下位），这些都是形态上的重要特征。

4. 外菌幕与菌托（volva） 外菌幕是某些伞菌幼年时包裹在整个菌蕾外面的菌膜。菌蕾长大后，留在菌柄基部的外菌幕，有的就发育成菌托（或称脚苞）。菌托有各种形状，质地、色泽也有所不同，这些特征在食用菌分类上都是很重要的。

第二节 食用菌的繁殖体

食用菌通过营养阶段之后，便进入繁殖阶段，经过繁殖产生许多新个体。食用菌的繁殖方式通常分为有性的（sexual）和无性的（asexual）两类。无性繁殖产生的无性繁殖体称为无性孢子，主要有芽孢子（银耳芽孢）、厚垣孢子（草菇的厚垣孢子）、分生孢子（木耳的分生孢子）；有性生殖产生的有性繁殖体称作有性孢子，有子囊孢子和担孢子（图 1-11）；在病原真菌中还有无性的孢囊孢子、粉孢子和有性的接合孢子等。

孢子（spore）的种类之多，形态也各不相同，有的浑圆如球，有的卵圆似蛋，有的象碧空的新月，有的如织女的纺锤；孢子的色泽有透明，有黄色、橙色、红色、褐色直到黑色；孢

子的数目由一个到多个；组成孢子的细胞排列，孢子的大小及产生方式也各不相同。孢子的颜色，在显微镜下大多是无色透明的，少数是有色的，但大量孢子成堆时，呈现出各自的群体颜色，因而是分类的重要依据之一，通常以孢子印作鉴别用。

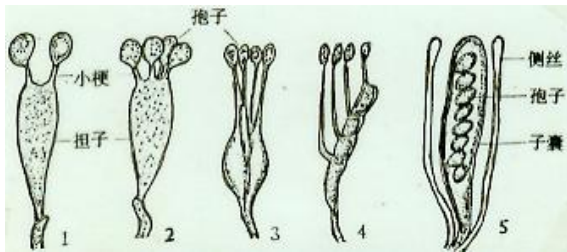


图 1-11 担子及子囊

1、2. 担子（无隔）；3. 具纵隔担子；4. 具横隔担子；5. 子囊及子囊孢子

芽孢子（blastospore）。它是由一个细胞出芽而形成的。当芽长到正常大小时，或脱离母细胞，或与母细胞相连接而继续再发生芽体。

节孢子（arthrospore）。节孢子是由菌丝细胞断裂而形成的。菌丝在顶端生长停止后，产生许多隔膜，最后在隔膜处断裂，形成一系列的短柱状或筒状，或两端稍呈钝圆形的细胞，称为节孢子。

厚垣孢子（chlamyospore）。厚垣孢子是一种休眠（或静止）细胞。它是菌丝中细胞质密集在一处，特别是类脂质物质的密集，然后在其四周生出厚壁，或原细胞壁加厚而成。有顶生和间生型。

孢囊孢子（sporangiospore）。在孢子囊内形成，先是孢囊中的液泡向四周作网状扩展，把多核的原生质体分隔成许多小团，以后这些小团逐渐变圆，被以薄壁即形成若干孢囊孢子。孢子囊长在孢子囊梗上，孢子囊梗是由菌丝分化而成，一般具

有分枝，分枝形式不同，在每个分枝的顶端着生着孢子囊。

分生孢子（conidium）。是真菌中最常见最重要的一种无性孢子，着生在具有明显分化或未分化的分生孢子梗（coniphore）的顶端或侧面。分生孢子梗是由菌丝分化而成的，一般具有分枝。分生孢子在构菌及鳞伞、鬼伞属中，是由初生菌丝或双核菌丝分割成的薄壁细胞，萌发后又变为单核菌丝；银耳、木耳以担孢子萌发而产生分生孢子。

接合孢子（zygospore）。接合孢子是由菌丝生出形态相同或略有不同的配子囊（gametangium）接合而成。两个邻近的菌丝相遇时，各自向对方生出极短的侧枝，称为原配子囊，原配子囊接触后，顶端各自膨大并形成横隔，隔成一细胞，此细胞即配子囊。配子囊下面的部分称为配子囊柄。相接触的两个配子囊之间的横壁消解，其细胞质与细胞核互相配合，同时外部形成厚壁，即接合孢子。

子囊孢子（ascospore）。由异形的配子囊或其他形式的两性器官相结合。初期仅两者的细胞质结合，而性核不结合，后来，出现一批进行生殖作用的造囊丝（ascogenous hypha），由造囊丝发育成子囊（ascus），子囊内产生子囊孢子。

担孢子（basidiospore）。经两性机构交配后，其两性核不立即结合，形成具两性核的双核菌丝，后来，双核菌丝的顶端细胞增大，形成担子（basidium）。两性核于担子中结合，成为一个双倍染色体核，单倍染色体核逐渐移至担子顶端或担子产生纵横隔分隔4核，最后形成4个具单倍染色体核的担孢子。

第二章 食用菌的生长

生长与营养是密切相关的，营养是生长的基础，生长是营养的一种表现形式，所有生物都是不断地吸收营养按照自己的方向进行新陈代谢作用。如果同化作用超过分解作用，细胞原生质不断增加，体积不断增大，便表现为生长。当细胞生长到一定限度时，就开始分裂，形成基本上相似的两个子细胞，如酵母菌，细胞个体数目的增加，是为繁殖。丝状真菌和其他多细胞生物一样，细胞数目增加而没有个体数目增加时，视为生长。

第一节 丝状食用菌的生长

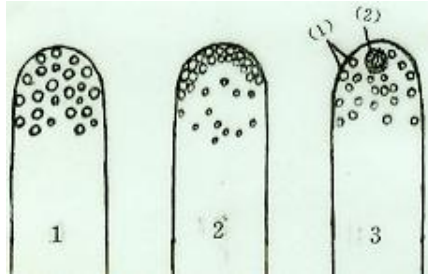
丝状食用菌菌丝由坚硬的胞壁包围着，它们的生长必需要有新物质的加入，或者是固有的物质的延伸，或者同时进行。丝状菌丝体的生长点是在菌丝的顶端，菌丝的衰老部分是不能生长的。虽然衰老的菌丝不能生长，但是对于支持菌丝顶端生长是非常重要的。正常情况下，菌丝内原生质活动很快，菌丝逐渐硬化的细胞壁和逐渐扩大的液泡的压力，使菌丝内原生质从衰老的部分向幼嫩部分（顶端）移动。由于合成物质的主动运转，有力支持了菌丝顶端的高速度生长。

近代科学技术的发展，尤其是电镜技术的应用，在观察菌丝顶端结构及阐明菌丝顶端生长的机理方面起了重要作用。

一、菌丝顶端生长

菌丝顶端生长的泡囊假说描述了此种生长过程。Grove 和

Bracker 在研究菌丝顶端细胞的超微结构时,发现菌丝顶端细胞中含有大量的细胞质泡囊。泡囊的排列方式在低、高等真菌中有所不同,在具规则隔膜的丝状真菌中,还发现在靠近菌丝顶部有一个易染色的或有折光力的小球,称为顶体(seitzenkorper)。顶端细胞中泡囊排列的形式有三种主要类型,如图 2-1。



2-1 菌丝顶部组织主要类型

1. 卵菌; 2. 接合菌; 3. 有隔真菌: (1) 泡囊; (2) 顶体

1970年 Grove 和 Bracker 及 Morre 进一步提出了“菌丝顶端生长的泡囊假说”,并描述:由于起泡作用把来自内质网的膜原料转移到高尔基体腔;在腔的成熟过程中,泡囊的类内质网膜转变为类原生质膜;从高尔基体释放出的泡囊移至菌丝顶部与质膜融合并将它们的内含物释放至壁区。这就让菌丝顶部的质膜得到增多,增加的部分相等于组入的泡囊膜表面,同时泡囊的内含物为表面膨胀作出了贡献。很明显,这些顶部泡囊内所含的物质用于菌丝壁的形成,并可能包括在壁合成中的酶或软化预先存在胞壁中的物质。无论怎样,全部的结果是菌丝伸长。上述的图解式描述如图 2-2 所示。

1976年, Bracker 等人进一步从菌丝顶端分离到一种比上述泡囊小得多的微泡囊状结构,并命名为“壳体”(chitosome)。他们认为壳体把几丁质合成酶运送到细胞表面。几丁质是许多

真菌细胞壁的重要组成，几丁质合成酶是形成几丁质微纤维的一种功能酶，所以壳体的发现更支持了泡囊假说。

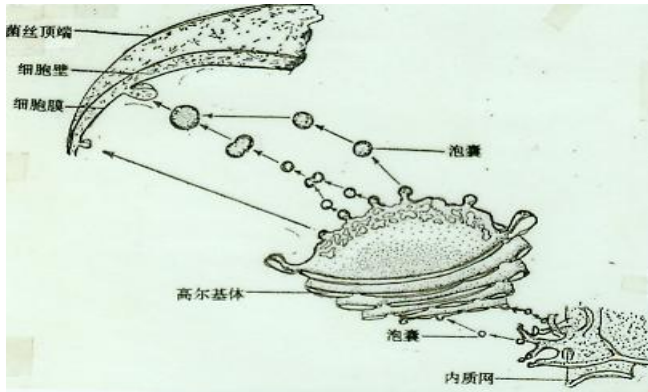


图 2-2 菌丝顶端生长的解释

二、细胞壁生长

自菌丝顶端生长的泡囊假说提出之后，1973 年 S·Barticki Garcia 进一步提出细胞壁生源说，认为自高尔基体或自内质网特定位置产生出来的泡囊，被释放到质膜上，当它与质膜融合时就被释放出进入细胞壁的内含物，这些内含物的特性还不清楚，但已知它可以诱导细胞壁溶解酶和合成酶的反应，是细胞壁前体成分的一部分。因而提出泡囊的作用具有三重性：运输酶类；运输新的细胞壁成分；在生长期增加原生质膜的表面积。细胞壁每生长一个单位（元）的假设程序见图 2-3 所示。

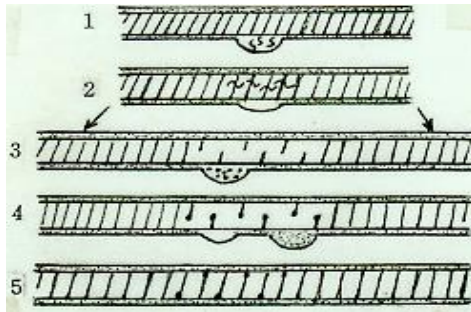


图 2-3 细胞壁生长的示意图

1. 含有细胞壁溶解的泡囊与原生质膜融合；
2. 壁原来组成之间的键被破坏；
3. 含有壁合成酶的泡囊与原生质膜融合；
4. 新细胞壁物质通过膜向外分散；
5. 一个新的细胞壁单位合成

三、菌丝的分枝

菌丝分枝与细胞质体积的增加和核分裂有着密切关系。菌丝的长度和细胞质体积与顶端数目有一定的比例。当细胞质的体积超过现存顶端需要时，新的顶端就产生了。年幼的菌落在它们发育的各个时期，一个菌丝生长单位(G)可按下列公式获得：

$$G = \frac{\text{菌丝总长度}}{\text{菌丝顶端的数目}}$$

菌丝产生分枝必须是从现存的成熟细胞产生一个全新的顶端，这个新的顶端的产生伴随着泡囊的聚集。产生分枝的部位似乎大多是在隔膜的后方，分枝形成时首先使菌丝壁软化，从这个位置上开始分枝。分枝的速度很快，经常超过原有的分枝，从而使在固体培养基上生长出圆形的菌落。

菌丝分枝现象的一个普遍规律，是在顶端生长之后的某一

距离产生正常的分枝。菌丝分枝的生长总是向前或朝向菌落的边缘。这一规律显示了真菌的顶端生长优势，目前我们还不知道这一优势在真菌中是如何维持的。

第二节 单细胞食用菌的生长

单细胞食用菌的个体生长很难测定，而且实际应用的意义不大，因此，它们的生长往往不是依据细胞的大小，而是测定群体的生长量。

单细胞酵母菌的生长和其他单细胞微生物一样，当少数酵母菌接种到一定体积的液体培养基后，在适当的条件下，定时取样测定，开始有一短暂时间菌体并不增加，以后菌体数目增加很快，继而菌体数又趋稳定，然后逐渐下降。

就酵母菌而言，虽然生长、繁殖是两个不同的概念，但由于在测定方法上，多以细胞数增加（即繁殖）作为生长指标，而且它们的繁殖也就是群体的生长，所以根据其生长繁殖速率不同，可将生长曲线分为延迟期、对数期、稳定期与衰亡期四个时期。

一、延迟期（lag phase）

把少量酵母接种到新鲜培养液后，在开始一段时间内，一般不立即进行繁殖。细胞数几乎不增加，甚至还稍有减少，这段时间被称为延迟期。延迟期的出现被认为是细胞接种到新的环境中，需要合成必要酶、辅酶或某些中间代谢产物，以及适应新的物理环境而出现的调整代谢的时期。

二、对数期（log phase）

对数期又称指数期。延迟末期，细胞开始出现分裂，培养中的细胞数按几何级数增加， $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow \dots$ ，即 $2^0 \rightarrow 2^1 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^4 \rightarrow \dots 2^n$ ，进入对数期。对数期的酵母代谢活跃，生长速率高，群体中的细胞化学组成及形态、生理特征比较一致，因此，生产上需要有较长的对数期。连续培养（continuous culture）法应用于工业发酵，克服了分批培养的许多限制。从而使生物体能够无限制地延长对数生长期，这样可以获得大量的菌体或可连续地提供代谢产物。

三、稳定期（stationary phase）

由于对数期中酵母菌活跃生长引起营养物质消耗、有害代谢产物积累以及其他环境条件如 pH、氧化还原电位等的改变对细胞生长不利，所以对数期末酵母菌生长速率逐渐下降，死亡速率渐增，以致出现新增殖的细胞数趋于平衡，此期活菌数保持相对稳定，称为稳定期。

由于稳定期活菌数达到最高水平，如要得到大量菌体，应在此期开始时收获。

四、衰亡期（declining phase）

稳定期后再继续培养，酵母菌死亡率逐渐增加，以至死亡数大大超过新生数，总活菌数明显下降，此为衰亡期。这一时期菌体出现多种形态，细胞死亡伴随着自溶作用。

第三节 食用菌生长的测定

食用菌在适宜的环境条件下吸收营养物质，通过异化和同化等代谢过程将营养物质变为本身的细胞结构成分，因而增加了个体的体积，这是一切生理活动的综合反映。食用菌的生长是与其生理特性和生产实践密切结合，所以生长现象的研究有其理论上和实践上的意义。

丝状真菌的生长主要指菌丝体的生长量，其测定方法有直线测定法和干重法。在直线测定法中，除了在显微镜下直接测量单一菌丝的顶端生长速度（mm / 小时）外，以对菌落生长速度的测定为常用。方法是将待测菌株点种于培养基平板上，每隔一定时间测量菌落的半径或直径，如以时间和生长量作曲线，在一定限度内生长量与时间成直线关系。干重法多用于工业发酵过程中的检测，即在用液体培养食用菌时，在其生长期完成之后，过滤出的菌丝，通过洗涤、离心、烘干菌丝、称量其干重。

单细胞酵母菌的个体的生长很难测定，而是测定群体的生长量。测定的方法主要有计数法和比浊法。可以用血球计数器在显微镜下进行计数，但是常用的还是平板菌落计数法，通过培养出现的菌落数，推算出原液中的菌体数。比浊法主要是测定菌悬液的浓度，菌体是不透光的，光束通过菌悬液，将会由于被散射或被吸收而降低其透过量。菌悬液的浓度与透过量的光密度成反比，因而用光电比色计等可测出菌悬液的浓度。但颜色太深的样品，或测样中含有其他物质不宜采用此法测定。

此外，还可以采用一些间接的方法来测定食用菌的生长。如测菌体的含氮量和核糖核酸含量；测定培养基糖的消耗量、氧的吸收量与菌体生长量间的相关性等。

第四节 食用菌生长的营养要求

生物的营养方式特征是同化与异化过程的统一。所谓同化过程就是有机体从外界环境中摄取适当的物质把它们同化，以构成有机体自身活体物质。同时，有机体又不断地发生异化作用，即体内的物质分解，释放出能量以供给同化作用和其他生命活动的需要，并把废物排出体外。

一、食用菌的营养方式

按照生物有机体同化外界环境物质的方式，可以把一切生物的营养区分为自养与异养两大类型。全部绿色植物和少数细菌是自养型的，他们借光能或化学能直接同化二氧化碳和其他无机物成为自己身体中全部复杂物质。绝大多数微生物，少数高等植物和整个动物界是异养生物，他们不能直接同化来自无机界的物质，必须以其他有机体或其残体作为营养物。

食用菌在生活中所需要的有机物质，依赖于自然界的其他生物。按其营养物以及他们同其他有机体间的关系，一般可分为腐生、共生和兼性寄生三种类型。

（一）腐生类型

这是大多数食用菌的营养类型。他们需要的营养都是从分解枯木、草中获得的，如木耳、香菇、侧耳、草菇等。这种类型的食用菌又称腐生菌。

（二）共生类型

属于这种类型的食用菌不能独自在枯枝腐木上生长，而是从其他活的有机体取得营养，同时又供给该活体以其他营养，这种相互关系称为共生作用，这类真食用菌称为共生菌。如松口磨、牛肝菌等。

（三）兼性寄生类型

这类食用菌的营养方式兼备上述两种类型，即他们既可在枯枝、禾草上生长，又能寄生于活的植物上。如蜜环菌，既像香菇那样在枯木上生长繁殖，又能与天麻共生。

二、食用菌生长所需的主要的营养物

通过对食用菌细胞化学组成分析，可看出，他们的生长需要大量水分，需要较多地供给构成有机物碳架的碳源，和构成含氮物质的氮源，其次还需要一些无机盐类和维生素等营养物质。

（一）碳 源

凡可构成食用菌细胞和代谢产物中碳架来源的营养物质称为碳源。碳源的主要作用是构成细胞物质和供给食用菌生长发育需要的能量。

在常见的碳源中，凡单糖、有机酸、脂肪酸和醇等小分子化合物，都可以直接被食用菌细胞膜所吸收运转到胞内；而纤维素、半纤维素、木质素、果胶、淀粉等大分子化合物则不能直接被吸收，只有在食用菌分泌的各种胞外酶的作用下，分解成单糖或双糖等才能被吸收利用。在自然界中，植物来源的碳水化合物为食用菌提供了丰富的碳源。

（二）氮 源

凡是构成食用菌细胞或代谢产物中氮素来源的营养物质称为氮源。氮素是除碳素以外最重要的营养素，是食用菌合成氨基酸、蛋白质、核酸和细胞质所必不可少的主要原料，一般不提供能量。食用菌所需的氮源主要有蛋白质、氨基酸、尿素、氨、铵盐和硝酸盐等。其中以铵盐和硝酸盐为最佳。但硝酸盐必须还成 NH_3 才能被利用。蛋白质是一类高分子化合物，不能直接被利用，必须经蛋白酶分解成氨基酸后才能被吸收。

食用菌菌丝体的生长和子实体的发育与基质中碳、氮的含量密切相关，一般高氮环境不利于子实体的发生和生长。在营养生长阶段，培养基中的含氮量以 0.016~0.064% 为宜，含氮量低于 0.016% 时菌丝生长受阻；子实体发育阶段，培养基中的含氮量宜在 0.016~0.032% 间。因此，碳氮比要恰当。一般认为食用菌在营养生长阶段碳氮比（C/N）以 20:1 为最好，而在生殖生长阶段碳氮比以 30:1~40:1 为好。

（三）无机盐类

无机盐类包括硫酸盐、磷酸盐及含钾、钙、镁、铁等的化合物。它的主要功能是：构成细胞的组成成分；作为酶的组成部分；维持酶的活性；调节细胞渗透压、氢离子浓度、氧化还原电位等。

食用菌在生长发育过程中需要的无机盐类，以磷、钾、镁、钙四元素为最重要。故在配制培养基中加入一定量的磷酸二氢钾、硫酸镁等以满足食用菌生长对上述四种元素的需求。此外，食用菌生长还需要微量的铁、钴、锰、锌、铜、钼等元素。这些金属元素在普通用水（河水、自来水等）中都已含有，因此除了蒸馏水配制的培养基外，一般不必另外再添加。

（四）水

水是食用菌机体的重要组成部分，在代谢过程中也占极重要地位，它除直接参加一些代谢反应外，又是进行代谢反应的内部介质。水，由于其比热高，能有效地吸收代谢过程中放出的热，使细胞内温度不致骤然上升。同时，水又是热的良导体，有利于散热，可调节细胞的温度。由此可见，水的功能是多方面的，食用菌离开水便不能进行生命活动。

（五）生长因子

有些食用菌在具有合适水分、碳源、氮源、无机盐的条件下，仍不能生长或生长不好，是因为缺少了维持正常生活且需求量又不大的一类特殊营养物，即生长因子。生长因子按其化学结构及代谢功能可分成三类，维生素；氨基酸；嘌呤和嘧啶。

大多数维生素是辅酶的组成成分。如维生素 B₁，它是辅羧酸的重要组成成分，而辅羧酸酶是食用菌碳代谢所必不可少的酶类。因此，如果培养基中缺少维生素 B₁，食用菌生长必迟缓，严重缺乏时，其生长完全停止。

氨基酸、嘌呤和嘧啶是许多食用菌所需要的生长因子，因为有些食用菌缺乏合成这些氨基酸的酶类，缺乏构成自身体内核酸和辅酶的嘌呤和嘧啶。

生长因子在马铃薯、麦芽、酵母膏和米糠中有较高含量，因此，用这些材料配制培养基时可不必再添加。但这些生长因子不耐高温，在 120℃ 以上高温极易被破坏。所以在培养基灭菌时需要防止灭菌温度过高。

三、培养基的类型、应用及配制

培养基 (culture medium) 是人工配制的适合于不同食用菌生长繁殖或积累代谢产物的营养基质。它是进行科学研究、生产食用菌及应用等方面的基础。由于各种食用菌所需要的营养不同, 所以培养基的种类也有所不同。培养基可根据不同的使用目的, 营养物质的不同来源以及培养基的物理状态等分成若干类型以适应科研、生产的需要。

(一) 配制培养基的原则

不同种食用菌所要求的营养物质是不同的, 因此, 我们配制培养基的第一个原则是根据他们的营养需要, 配制不同的培养基。此外, 在配制培养基时, 注意各营养物质的浓度, 配比是应考虑的另一原则, 特别是 C / N (碳氮比) 的影响更为明显。配制培养基时的第三个原则是调节适宜的酸碱度 (pH 值)。各类生物生长繁殖的最适 pH 值是不同的, 一般来说, 食用菌多喜偏酸的环境。第四个原则是根据我们培养食用菌的目的配制, 比如是为了得到它们的菌体还是其代谢产物, 是实验室用还是大生产用。此外, 由于生产中培养基的用量很大, 所以, 如何寻找价廉易得的原料也是我们配制培养基时应考虑的重要因素 (见后面有关章节), 本节主要介绍实验室制种培养基的配制。

(二) 培养基的类型及应用

培养基的种类很多, 按照对于培养基的组成物质的化学成分是否完全了解, 可以把培养基分为合成培养基与天然培养基。合成培养基是用化学成分完全清楚的物质配制成的, 一般适用于在实验室范围做有关营养、代谢、分类、鉴定、生物测定及选育菌种、遗传分析等研究工作。天然培养基是采用化学成分

还不清楚或化学成分不恒定的天然有机物（例如马铃薯浸液、玉米粉、麸皮、木屑等）制成的培养基。

按其制成后的物理状态，培养基又可分为固体培养基、液体培养基和半固体培养基。液体培养基常用于食用菌的深层发酵（后面有关章节介绍）。液体培养基加一定凝固剂（常用琼脂）便成固体培养基。一般将一些天然的固体基质做成的培养基（例如麸皮、棉籽壳、锯木屑、米糠）也称固体培养基。固体培养基为食用菌的生长提供了一个营养的表面与培养基质，在这样一个营养表面上生长的真菌可形成菌落，因此固体培养基可用于食用菌的分离、鉴定、保藏等。食用菌制种培养基可分为母种培养基、原种培养基和栽培种培养基。

1. 母种培养基 用于食用菌母种分离、培养和保存的培养基为母种培养基。常用的母种培养基有以下几种：

（1）马铃薯—蔗糖—琼脂培养基（PDA）：马铃薯煮汁 1000ml，蔗糖（或葡萄糖）20g，琼脂 15~20g，自然 pH 值。

配制方法：取洗净去皮的马铃薯 200g，切成小块，加水 1000ml 煮沸 30 分钟，滤去马铃薯块，将滤液补足至 1000ml，然后加蔗糖和琼脂，待琼脂完全溶化后，最后补足至 1000ml 装管（瓶）、灭菌、备用。

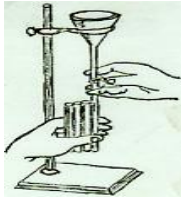
（2）综合马铃薯培养基（SYP）：20% 马铃薯汁 1000ml，葡萄糖 20g，磷酸二氢钾 3g，硫酸镁（含 7 个结晶水）1.5g，硫胺素（VB₁）微量，琼脂 15~20g，pH 值 6 左右

（3）蛋白陈—葡萄糖—琼脂培养基（PGA）：蛋白陈 20g，葡萄糖 20g，磷酸二氢钾 0.5g，磷酸氢二钾 1.0g，硫酸镁 0.5g，硫胺素（VB₁）0.5mg，蒸馏水 1000ml，琼脂 15~20g，pH 值 6.5。

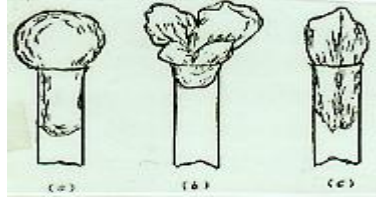
（4）葡萄糖—麦芽膏—酵母膏培养基（GMY）：葡萄糖 10g，麦芽膏 10g，酵母膏 4g，琼脂 15~20g，水加 1000ml，自然 pH 值。

母种培养基一般分装在大试管内（20 × 200mm），在

0.11MPa 压力下或 120℃ 灭菌 30 分钟左右，取出、摆斜面、冷却、备用（图 2-4）。



培养基分装



(a) 正确

(b)、(c) 不正确



摆斜面

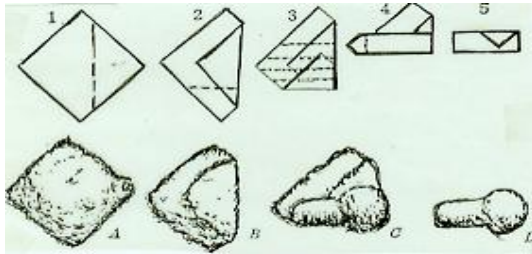


图 2-4 培养基分装及棉塞制作

2. 原种培养基 用于扩大母种的培养基。食用菌所用的原种培养基大致可分为两类，凡木材生菇类都可用木屑—米糠培养基；凡草地生菇都可用草茎或草粪—厩肥培养基。

(1) 锯木屑培养基 锯木屑（或棉籽壳）80%，米糠（或麦麸）18%，石膏粉 1%，食糖 1%，含水量 60% 左右。

配制方法：先将食糖溶于水中，然后同木屑和米糠（或麸皮）等材料拌和。木屑最好选用旧木新锯的硬质树木屑。米糠

则不能取霉变的。培养基的加水量随木屑种类而异，一般可用手测试，以配好的培养基捏成团时手指间有水挤出但不下滴为度。培养基配制好后，即可分装入 500ml 圆锥瓶或 750ml 广口瓶内，并在培养基中间用捣木戳一洞穴，直通瓶底（图 2-5），以利于以后母种菌丝体的蔓延。原种培养基的灭菌应比母种培养基的温度高些，灭菌时间也长些，但也不宜过高，以免破坏营养成分。

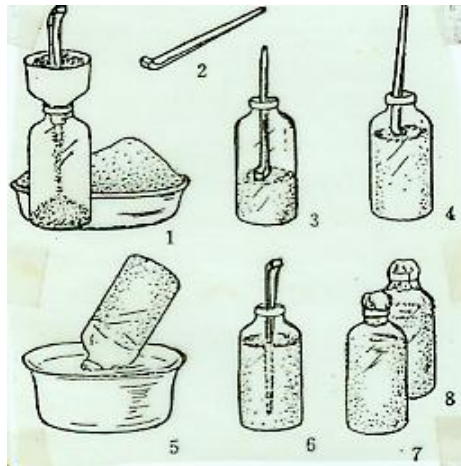


图 2-5 原种培养基制作过程示意图

1. 装瓶；2. 捣木；3. 压实；4. 压平；5. 洗瓶；6. 打孔；7. 塞塞与包扎

(2) 稻草培养基 稻草 70~85%，麦麸 30~15%，水 165%。

配制方法：先将稻草切成 1cm 的小段，然后用水浸湿，并堆制 1~2d，待草茎吸水软化后，拌入 15%~30% 麦麸或米糠，培养基含水量达 65%，然后装瓶灭菌。

(3) 粪草培养基 粪肥（干）30kg，麦草 20kg，石膏粉 0.5kg，水适量。

配制方法：先将粪肥和麦草浸湿，然后层层堆积起来，使草堆发酵升温。一周后翻堆一次，并加入石膏 0.5kg。翻 2~3 次后，就可将麦草取出切碎（约 1cm 长短），装瓶灭菌。

(4) 谷粒培养基 小麦（稻谷、玉米、高粱）98kg，石膏粉 0.5kg，碳酸钙 1.5kg，水适量。

配制方法：将谷粒在 0.5%石灰水中浸泡，浸透至心。捞起谷粒沥去石灰水，并用清水冲洗干净，在旺火下蒸煮 20min，捞起谷粒，摊开适当晾干，厚 7~10cm，待谷粒底层不积水，表面不粘手时，收成一堆，加入石膏粉、碳酸钙，拌匀，装瓶灭菌。

(5) 棉籽壳培养基 棉籽壳 98%，蔗糖 1%，石膏粉 1%，水适量。

配制方法同锯木屑培养基。

3. 栽培种培养基 用于扩大培养原种的培养基称栽培种培养基。由于栽培种是用于播种的菌种，因此，在配制裁培种培养基时，应尽可能与生产用的配方相一致，上面制备原种用的锯木屑培养基和粪草培养基都可用于栽培种的培养，即也是栽培种培养基，装瓶或装袋灭菌。但有些食用菌，如木耳、银耳、香菇、茯苓等采用段木栽培时，由于接种体用的是种木，因此，制备这些食用菌的栽培种应用短木块（条）、枝条或楔木配制（含有菌丝体的适生树种短木块（条）、枝条或楔木菌种）。

其配方为：适生种木（木块、木条、枝条、楔木）4 分，锯木屑培养基 1 分，清水（或种木浸出液）适量。

将备好的木块（木条、枝条、楔木）（长短、粗细根据栽培对象和接种方法而定），在清水或蔗糖水（或淘米水）中浸 12 小时，使木块充分吸水后捞出，取锯木屑培养基料（适生树种）2/3 与木块或木条混合均匀，装入菌种瓶内，适度捣实，把余下的锯木屑培养料盖在每瓶的表面，压平后，洗瓶、塞棉塞、灭菌、备用。

第五节 食用菌生长的环境因子

食用菌的生长除了要一定的营养物质外，还需要一定的环境条件，例如，一定的温度、湿度、酸碱度、氧气和光照等。每种食用菌对环境因素的要求都有最适点、最高限和最低限，超过高限、低于低限都不能生长。

一、温 度

温度是影响机体生长与存活的重要因素之一。它对生物体的影响表现在两方面：一方面随着温度的上升，细胞中的生化反应速率加快，生长速率加快；另一方面，机体的重要组成如蛋白质、核酸等都对温度较敏感，随着温度的增高而可能遭受不可逆的破坏。因此只能在一定的范围内，机体的代谢活动与生长繁殖才随着温度的上升而加强、加快，温度上升到一定程度，开始对机体产生不利影响，如温度持续升高，细胞功能急骤下降以致死亡。

（一）菌丝体生长对温度的要求

食用菌与一般的丝状真菌相似，其担孢子萌发和菌丝体生长的适宜温度是 20~30℃。低于 2℃，高于 39℃菌丝停止生长，通常的生长范围是 5~33℃。食用菌的菌丝较耐低温，它们在 0℃左右不会死亡，但一般却不耐高温。草菇却例外，其菌丝体在 40℃高温下仍能旺盛地生长，但它不耐低温，它的菌丝体在 5℃下易死亡。

（二）子实体分化时期对温度的要求

子实体分化（原基）时期所需的温度，与菌丝体生长所需温度不相同。普遍的规律是：子实体形成时要求的温度要比菌丝生长的温度低些，不同种食用菌在促成子实体分化的温度上差异较大，大体可分为三种类型：

1. 低温型 子实体分化最高温度是 24℃，最适温度为 20℃左右。

2. 中温型 子实体分化最高温度是 28℃，最适温度为 20~24℃。

3. 高温型 子实体分化最高温度是 30℃，最适温度在 24℃左右。

属于低温性的食用菌有香菇、构菌（金针菇）、双孢蘑菇、侧耳（平菇、凤尾菇）、羊肚菌及猴头等。这是一类通常在冬季或秋末、春初发生的菌类。属于中温型的菌类多在春秋季节发生，著名的有木耳、银耳、大肥菇及各种牛肝菌等。属于高温型的菌类多在盛夏发生，此类菌有草菇、丝盖小苞脚菇、长根菇和白黄侧耳等。

此外，有些食用菌，如香菇、美味侧耳等，在子实体分化时还需要变温条件的刺激，大部分香菇品种在子实体发生期，每天若有 8~10℃以上的温差刺激时，出菇较丰盛。

食用菌温型的差异并非绝对，在人工定向培养下，也会发生改变，目前在低温型菌类中，已培养出中、高温型菌株（如中、高、广温平菇等）。

不同种食用菌的子实体发育温度也不相同。一般说来，子实体发育的最适温度要比菌丝体生长的最适温度低，但比子实体分化时的温度要高些。

表 2-1 中综合了几种栽培食用菌在不同发育阶段对温度的要求。表中所列温度，除了子实体发育的温度外，其他都是食用菌生长基质中的温度，而不是指空气温度。

表 2-1 几种食用菌对温度的要求 (°C)

种 类	菌丝体生长		子实体分化与发育的最适温度	
	生长范围	最适温度	子实体分化	子实体发育
双孢蘑菇	6~33	24	8~18	13~16
香菇	3~33	25	7~21	12~18
草菇	12~45	35	22~35	30~32
木耳	4~39	30	15~27	24~27
侧耳	10~35	24~27	7~22	13~17
银耳	12~36	25	18~26	20~24
猴头	12~33	21~24	12~24	15~22
金针菇	7~30	23	5~9	8~14
竹荪	5~29	23	22	22~25
茯苓	10~35	25~28	25	
灵芝	15~35	25~28	25~27	26~28

二、湿 度

湿度，即水分，它不仅是食用菌机体的重要组成，而且也是食用菌新陈代谢、吸收营养必不可少的基本物质。食用菌在生长发育的各阶段都需要水分，在子实体发育时期更需要大量的水分。

食用菌生长发育所需要的水分绝大部分来自培养料。培养料含水量就成了出菇的重要因素，只有基质含水量充足时才能形成子实体。一般适合食用菌生长的培养料含水量是 60% 左右；子实体发育阶段，除了应保持相应的培养基含水量外，还要求有较高的空气相对湿度，适宜的空气相对湿度是 80%~95%。当然，空气相对湿度不能过高，过高易招致杂菌滋长和疾病发生。表 2-2 列出了几种食用菌对空气相对湿度的要求，空气中相对湿度可用干湿球温度计测量（图 2-6），查表 2-3 得

知。

表 2-2 几种食用菌对空气相对湿度的要求 (%)

种 类	菌丝体生长期	子实体发生时期
双孢蘑菇	60~70	80~90
香 菇	60~70	80~90
草 菇	60~70	85~95
木 耳	70~80	85~95
侧 耳	80	85~95
银 耳	70~80	85~95
猴 头	70~80	80~95
金 针 菇	80	90
竹 荪	65~70	85~95
茯 苓	50~60	70~85
灵 芝	55~60	90~95
鸡 腿 菇	60~70	85~95

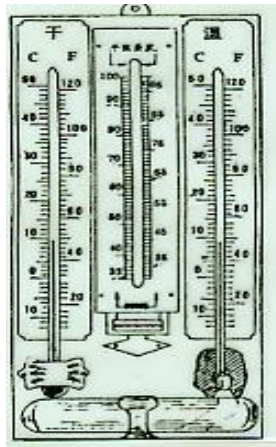


图 2-6 干湿球温度计

表 2-3 相对湿度对照表 (%)

干球温度 (°C)	干 湿 差				干球温度 (°C)	干 湿 差			
	1	2	3	4		1	2	3	4
35	93	85	78	71	22	89	79	69	60
34	92	85	78	71	21	89	79	68	58
33	93	84	77	70	20	89	78	67	57
32	92	84	77	69	19	88	77	66	56
31	92	84	76	69	18	88	76	65	54
30	92	83	75	68	17	88	76	64	53
29	92	83	75	67	16	87	75	62	50
28	91	83	74	66	15	87	74	60	48
27	91	82	74	65	14	86	73	59	46
26	91	82	74	64	13	86	71	57	44
25	90	81	72	63	12	85	70	56	42
24	90	80	71	62	11	84	69	54	40
23	90	80	70	61	10	84	68	52	38

三、酸碱度 (pH 值)

大多数食用菌喜酸性环境, 适宜菌丝生长的 pH 值在 3~8 间, 最适 pH 值为 5.0~5.5。除少数种外, 多在 pH 值大于 7.0 时生长阻, 大于 8.0 时生长停止。

pH 值是影响食用菌新陈代谢的重要因素。pH 值是否得当, 对生产影响很大。我们在栽培食用菌时, 务必使之在适宜的酸碱环境下生长发育。食用菌所需要的最适 pH 值并不就是配制培养基时的酸碱度。因为, 培养基在灭菌后 pH 值要下降; 同时, 食用菌在培养后, 由于新陈代谢产生的有机酸 (醋酸、草酸、琥珀酸等) 的积累, 也会使 pH 值降低。因此, 在配制培养基时应将 pH 值适当调高, pH 值偏碱时, 可在配制的培养基

中加入 0.2% 磷酸二氢钾调节；偏酸时，则可添加少许中和剂碳酸钙，使培养基不致因 pH 值过低而影响食用菌的生长。表 2-4 列出了几种食用菌菌丝生长的最适 pH 值要求。

表 2-4 几种食用菌菌丝生长的最适 pH

种 类	最适 pH 值	种 类	最适 pH 值
双孢蘑菇	6.5~7.0	猴头菌	4.0
香 菇	4.5	金针菇	5.0~6.0
草 菇	7.5	竹 荪	5.0~6.0
木 耳	5.0~5.5	茯 苓	4.0~6.0
侧 耳	5.0~6.0	灵 芝	5.0~6.0
银 耳	5.0~6.0	鸡腿菇	6.5~7.5

四、氧气和二氧化碳

大多数食用菌是严格的好气菌，它们必须有氧气（O₂）才能生长，在二氧化碳（CO₂）浓度过高的条件下不能生长，因此，氧气与二氧化碳气体也是影响食用菌生长发育的重要生态因子。

食用菌菌丝体的生长一般对高浓度的 CO₂ 都很敏感，在子实体分化阶段，即从营养生长转到生殖生长时，对 O₂ 的需要量略低，但是，一旦子实体形成后，由于子实体的呼吸旺盛，对 O₂ 的要求也急剧增加，这时 0.1% 以上的 CO₂ 浓度对子实体就有毒害作用。随着 CO₂ 浓度的增加，往往会使菇体畸形，商品价值大损。如蘑菇，只有在 CO₂ 浓度等于或低于 0.08% 时才能形成菌蕾；灵芝在浓度 0.1% CO₂ 浓度的环境中，一般不形成菌盖；CO₂ 浓度过高会导致珊瑚状猴头的形成等。因此在生产过程中，防止 CO₂ 积累过多，保证通风换气是必须的。

五、光照

光照对食用菌有不同的影响，光照可影响食用菌的生长速度、合成能力和生殖器官的形成。食用菌在营养生长阶段一般不需要光线，就是在完全黑暗的条件下也能正常生长。但大多数食用菌在进入子实体发育阶段却需要一定量的散射光线，也有少数食用菌例外，如双孢蘑菇和大肥蘑菇以及生长在地下的茯苓、块菌等，连散射的光线也不需要。而木耳在光线充足下，子实体颜色深，长得健壮肥厚，只要有高的湿度，强烈的阳光也不能抑制木耳生长。

第三章 食用菌的生殖

生殖就是通过有性或无性的方式产生新个体。有性生殖包括质配、核配和减数分裂，而无性繁殖缺少这样的循环。

真菌的繁殖能力很强，而且方式多样，有时菌丝的碎片也能进行繁殖，然而在自然界往往通过各种无性或有性孢子来达到繁殖的目的。在形成繁殖器官时，无论有性或无性，全部菌体可以转变为一个或多个繁殖结构，在同一个体上不能同时存在营养阶段和繁殖阶段，遵循这种发育类型的繁殖方式叫作整体产果的（holocarpic）。但是，在大多数食用菌中，繁殖器官仅由菌体的部分构成，而其余部分仍继续它们正常的营养活动，属于这一类的繁殖方式叫分体产果的（eucarpic）。

第一节 无性繁殖

无性繁殖是指不经两性细胞的接合便能产生新的个体。有时我们把无性繁殖确定为没有性作用的特殊的繁殖细胞。因此，无性繁殖的定义是一比较广泛的概念。根据这一概念，我们把无性繁殖概括为：菌丝体的断裂短段或细胞可以产生新个体；营养细胞分裂产生子细胞；体细胞或孢子的芽殖，每个芽产生一个新个体；产生孢子，每个孢子再萌发产生新个体。

菌丝断裂后可以产生新菌丝，这种特性对人工培养繁殖菌种极为方便，使我们能用很小一段菌丝培养出大量的菌丝体，形成一个菌落；菌丝断裂所形成的细胞（节孢子），有利于散布，使其在自然界中得以生存、繁殖后代。

断裂的形式很多，有些菌丝体生长到一定时期，细胞与细

胞互相脱离，形成许多长形、单细胞的小段，每小段可以萌发生成新的菌丝体；另一种形式是菌丝上形成更多的隔膜，将原来长形细胞分为比较短的长方形细胞，细胞相互脱离而形成成串的节孢子；厚垣孢子在形成时，邻近细胞中的细胞质也集中到厚垣孢子中，邻近细胞成为空的，当厚垣孢子成熟时，脱离死亡和消解的菌丝体。此外，人工接种时，还会造成人为的断裂。

裂殖是营养体生长到一定时期，分裂成两个菌体的繁殖，裂殖包括核与细胞质分裂，横隔膜的形成和子细胞分离等过程。裂殖主要发生在单细胞酵母菌中。

芽殖是由亲细胞产生一个小的芽孢。当芽孢形成时，亲细胞的核进行分裂，一个子核移入芽孢，在芽孢仍与亲细胞相连时增加它的体积，最后与亲细胞分开并形成一个新的个体。菌丝体上形成的芽孢子可以不脱落而形成成串的芽孢子，类似假菌丝，酵母菌的芽殖是比较熟悉的，银耳的芽孢子在 PDA 培养基上不萌发菌丝，而只以芽殖形式反复产生芽孢子。在许多真菌中，在它们生活史的某些阶段或某些生长条件下，也会发生芽殖。

与断裂、裂殖、芽殖性质完全不同的无性繁殖形式是产生孢子。孢子由菌丝分化的产孢机构产生，虽然它们的形状、大小、色泽、形成和着生方式有很大差别，但主要有两种不同类型，一种是产生在孢囊内的孢子，称为孢囊孢子。营养体是无隔菌丝体，它们的无性繁殖多半是产生这种类型的孢子。另一种是产生在分孢子梗上的外生分生孢子。分生孢子梗是从菌丝分化来的，有的是短枝状的，有的很长并且有分枝。各种真菌的分生孢子梗的分化程度不同，着生的部位也有很大的差别，有散生的、丛生的或聚生在一定的结构上的。有隔膜的菌丝体的无性繁殖多半是产生这种类型的孢子。主要无性孢子如图 3-1。

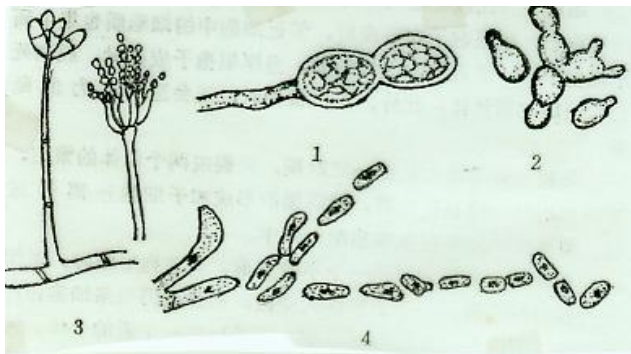


图 3-1 真菌的主要无性孢子

1. 厚垣孢子；2. 芽孢子；3. 分生孢子；4. 粉孢子

第二节 有性生殖

食用菌生长发育到一定时期（一般到后期），就开始进行有性生殖。有性生殖的整个过程包含三个明显不同的阶段，质配、核配和减数分裂。

质配是指两个性细胞或性器官的融合（交配），两者的细胞质和其中的细胞核结合在同一个细胞中，性细胞称作配子（gamete），性器官称作配子囊。

核配是指由质配带入同一个细胞中的两个单倍染色体的细胞核结合成一个二倍体的细胞核，染色体的数目加倍，有两套 N 个染色体，一般用 $2N$ 来表示，有些菌的有性生殖，质配后随即进行核配，没有明显的双核阶段。但大多数食用菌在质配以后要经过一段时间进行核配，所以就有一定的双核阶段，甚至在整个生活史中双核阶段很长。

减数分裂是两次连续的细胞核和相应的细胞分裂，形成四个细胞，每个细胞中细胞核的染色体数目减半，使经过核配形

成的二倍体 (2N) 细胞核又恢复到原来的单倍体 (N)。同时, 减数分裂时发生染色体的交换, 遗传性状重新组合, 四个子细胞的遗传性状就可以不同。因此, 食用菌经过有性生殖就可以发生变异。当然, 如果两个交配的细胞核的遗传物质是完全一致的, 即使经染色体的交换, 也不发生变异。

一、性的亲和性

食用菌都是雌雄同株的 (mermaphroditic), 但并不是所有雌雄同株的食用菌都是自交能育的 (self—fertile) 或者称为同宗配合的 (homothallic), 而大多数是异宗配合的 (heterothallic) 必须有两个具有亲和性的菌体结合才能最终形成有性孢子。

(一) 同宗配合

同宗配合是一种自身可育的结合方式, 即每一菌体都是自身可育的, 因而不靠别的菌体的帮助而能独立进行有性生殖。很明显, 没有两性异体的真菌是同宗配合的。在这类食用菌中并未显示有交配型。

同宗配合的交配因子存在于同一染色体上, 因此不需要经过两个菌丝的交配就能完成性的生活史, 这是雌雄同体并且自身可育的结合。这种结合又分为初级同宗配合 (primary homothallic) 和次级同宗配合 (secondry homothallic)。初级同宗配合产生的担孢子, 萌发形成的菌丝能很快地发育成一个有隔的双核菌丝体, 在每个细胞内, 这两个核没有遗传上的差异, 而且这种菌丝体能够形成子实体。也就是说这种同核菌丝自身能够完成异核化和性的过程。草菇和粪鬼伞就属此类。次级同宗配合, 每个孢子本身就含有“+”、“—”两个核, 每个担孢子萌发形成的菌丝体就是异核体, 不需要再进行交配就可以完

成其生活史。如双孢蘑菇和速亡鬼伞。

(二) 异宗配合

每一菌体都是自身不育的，不管它是否为雌雄同体，都需要借助于别的可亲和菌体的不同交配型来进行有性生殖。

异宗配合现象有两种不同的类型，一种是形态学的异宗配合现象，一种是生理学的异宗配合现象。形态学的异宗配合是指形态上不同的性器官产生在不同的菌体上；生理学的异宗现象是指菌体在形态上没有区别，其不同是基于遗传学的亲和性和非亲和性。

异宗配合的食用菌可分为两类。

1. 两极性异宗配合的食用菌 它们的性别只是由一对遗传因子 Aa 所决定，亲和性因子遗传组成上包含有两类不同的（交配型）个体。一个交配型的每一条核带有基因 A ，而另一交配型的每一条核则带有 a ，只有那种带有孟德尔 Aa 配对的相对基因的菌体才是可亲和的，最终产生二种类型的孢子（两、两相同）在真菌学上称为二级性（bipollar）。木耳、齿菌属中的一些种属此类。

2. 四极性异宗配合的食用菌 在大多数食用菌中（像香菇、侧耳、蜜环菌等）包含有 4 种基本类型（交配型）的个体。性别是由两对独立分离的遗传因子 Aa 和 Bb 所控制。只有那种带有孟德尔 Aa 和 Bb 两对相对基因的菌体才是可亲和的，其结果是合子具有 Aa 和 Bb 基因型。产生的四个担孢子则各代表一种基因型，即为 AB 、 Ab 、 aB 和 ab 四种类型，称为四极性（tetrapolar）。

属于两极性的担孢子，其可育率为 50%；四极性的担孢子，可育率为 25%。

二、子囊和担子的发育

子囊和担子是子囊菌和担子菌在有性生殖过程中，通过性细胞以不同的方式结合后生长、发育的产物。在真菌中性细胞的结合方式有五种，但在食用菌中，主要以体细胞配合（somatogamy），即只靠营养细胞的接联便完成配合作用或受精作用（spermatization），即精子（spermatium）和受精丝（receptive hyphae）或者营养菌丝受精完成配合作用。

（一）子囊的发育

在子囊菌中，除少数低等的子囊菌是由接合子直接发育成子囊外，大多数子囊菌的子囊是由产囊体（ascogonium）上伸出的产囊丝（ascogenous hypha）发育来的。产囊体受精后由于性作用的刺激，在产囊体的周围刚好对着细胞核的地方产出若干乳头状突起。在这些位置上产囊体比较薄，随着这些乳头状突起的膨大，细胞核从产囊体中开始一个接一个地移入进去。最后乳头状突起伸长成为产囊丝，产囊丝一般具分枝，有隔膜，每个细胞内含两个核，一个来自雄器（antheridium），一个来自产囊体。产囊丝顶端细胞伸长，并弯曲成钩状，称为产囊丝钩（ascus hook）。产囊丝钩内的两个细胞核按纺锤丝纵向而且相互平行排列的方式进行分裂，形成四个核。不同来源的两个子核，在钩状体的弯曲部分互相靠得很近，而另外两个子核中的一个位于钩的顶部，另一个位于钩基部的隔膜附近，随后形成两个隔膜将钩状体分隔成三个细胞。顶部和基部的细胞是单核的，中间的细胞称为子囊母细胞（ascus mother cell），是双核的。在钩状体形成隔膜后不久，子囊母细胞中的两个核便发生核配，形成双倍体的核。具有双倍体核的幼子囊伸长，接合子细胞核不久便经过减数分裂，产生四个单倍体的核，再进行一

次有丝分裂产生八个单倍体的核。在核分裂的同时，幼子囊便膨大、伸长为子囊。

（二）担子的发育

在担子菌中，两性器官退化，而是以初生菌丝结合的方式产生双核的次生菌丝。在次生菌丝的两个核分裂之前，可以产生钩状分枝而形成锁状联合，从而有利于双核并裂。担子就是由具锁状联合的双核菌丝的顶端细胞膨大而形成的。

1. 初生菌丝（体） 刚从孢子萌发的菌丝称为初生菌丝，这种菌丝颇为纤细，初期多核，以后产生隔膜，使每个细胞都含有一个细胞核，故初生菌丝又称单倍体菌丝。但双孢蘑菇例外，它的担孢子萌发时就含有两个核。此外，有些食用菌的孢子萌发时也不是都呈菌丝状，如银耳，它先以芽殖方式产生大量的芽孢子，再由芽孢子萌发为单核单倍体菌丝；又如木耳的担孢子有时也并不直接萌发为菌丝，而是先在担孢子中产生横隔，隔成多个细胞，每个细胞又产生多个钩状分生孢子，再由钩状分生孢子萌发成菌丝。

初生菌丝体，由于菌丝中的细胞核为单倍体，不会形成正常的子实体，发育健全的子实体只有经两条初生菌丝接合成双核菌丝后才能形成。

2. 次生菌丝（体）和三生菌丝（体） 初生菌丝配对后，单核细胞就变成双核细胞，单核菌丝（体）就发展为次生菌丝（体）。由于这种配对是发生在早期，因此，双核的次生菌丝是这些担子菌的主要菌丝形态。由于双核菌丝是已经进行性接合的菌丝，因此双核菌丝体的任何一部分均可用来培养子实体。多数食用菌的子实体都是由双核菌丝组成，因此，切取这些菇体的一部分就能分离培养出纯菌种。

双核菌丝体进一步发育就可形成一些特殊化的组织，如菌

索、菌核及子实体等。人们把尚未进行组织分化的双核菌丝称之为次菌丝体，把已组织化了的的双核菌丝体称之为三生菌丝体（又称结实性双核菌丝体）。

在担子菌中，初生菌丝间的这种配对发生在早期，子实体也是由双核菌丝组成的；但在子囊菌中，双核菌丝在产生子囊的前夕才形成，因此羊肚菌的子实体，实际上是初生菌丝和双核菌丝的融合物。

3. 锁状联合 担子菌的菌丝体有一个明显的特征，就是在其生活史中较长的阶段，以每个细胞都含有两个核的次生菌丝存在。双核细胞的形成和存在又构成担子菌菌丝体的另一个特征，即锁状联合。锁状联合一般发生在分隔处，在菌丝顶部双核细胞的两核之间进行。

具锁状联合的双核菌丝体，在生长后期，顶端细胞内的二个核配合，随即进行减数分裂，产生四个单倍体的细胞核。在细胞核分裂的同时，顶端细胞膨大变成担子。

第三节 生活史

真菌的生活史是指从一种孢子开始，经过萌发、生长和发育，最后又产生同一种孢子的过程。真菌有 5 种基本类型的生活史，在食用菌和病原真菌的生活史中（图 3-2、3-3、3-4），除了由担孢子到担孢子，或子囊孢子到子囊孢子的大循环外还有一些小循环，这些小循环是由无性孢子来完成的。无性孢子在食用菌的生活史中往往可以连续产生许多次；有性孢子在食用菌的生活史中只能产生一次。

一、生活周期型

依据食用菌的无性繁殖及有性生殖过程中单倍体、双核和双倍体持续时间的长短，可将生活周期分为以下几种类型（图3-5）。

（一）无性循环

在无性循环类型中，有性生殖表现完全缺乏。为了识别的方便，基于无性繁殖方式人为地进行分类，准确地描述了半知菌的地位。

（二）单倍体循环

在单倍体类型中，核融后立即进行减数分裂，因此，双倍体时期很短。

（三）单倍体-双核循环

这种类型的生活史，除了单核单倍体外还有双核单倍体的菌丝。

（四）单倍体-双倍体循环

单倍体和双倍体时期有规则地交替进行。

（五）双倍体循环

单倍体时期仅限于配子体或配子囊时期。

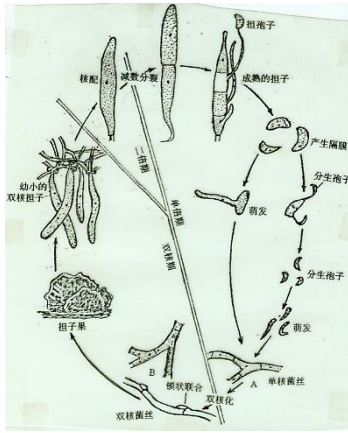


图 3-2 木耳属的生活史

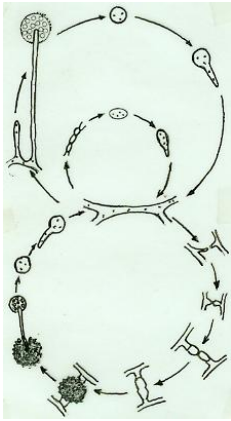


图 3-3 毛霉属的生活史

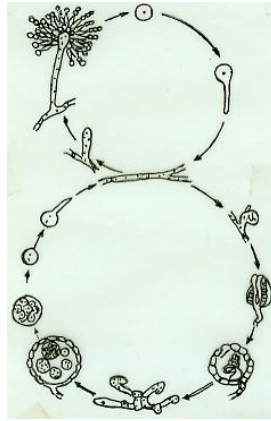


图 3-4 曲霉属的生活史

三、孢子的释放、传播、休眠和萌发的条件与过程

孢子在食用菌的生活周期中占有很重要的地位，在自然界，

孢子传播到适宜的环境里就能很快萌发而产生新个体。食用菌产生孢子的数量很大，但大多不能萌发，许多孢子通常有一定的休眠期，要打破休眠期才能萌发。各种不同孢子的产生需要不同的营养物质和环境条件。这些因素我们在分离制种时必须考虑。

孢子成熟后，释放并传播到适宜的环境中以维持种的生存。孢子的释放可以由内在的压力推动释放孢子，称为主动释放；也有些孢子是由环境因子的压力被动释放的，称为被动释放。

释放的孢子向四周传播主要靠气流、水力、动物以及人类的活动。不过真菌在长期的发育过程中，可以通过本身的特殊结构来提高它的扩散能力。

一些孢子成熟后，在适宜的环境条件下能立即萌发，许多孢子必须经过不同长短的休眠，打破休眠后才能萌发，休眠孢子的形成可能是由于其自身产生某种抑制剂或代谢的失调所致，也有时是由于外界环境条件的不适而引起。如果休眠期的形成是由于本身的抑制剂，要打破休眠必须靠自身活化机制把抑制剂除去，如果因为营养不良引起的休眠，则可以加入天然物质打破休眠。

孢子的萌发包括形态学和生理学方面的变化。萌发时，形态学的变化包括孢子的膨胀、核的分裂以及液胞的形成等。孢子萌发形成菌丝时，就形成单个或多个芽管，芽管的壁经常和孢子的内壁相连，并由壁物质的合成增加其长度和宽度。芽管最初是营养细胞，顶端伸长而形成菌丝。

生理学的变化一般是代谢活动的增强，如 DNA、RNA，蛋白质、碳水化合物和脂类等大分子合成的增加；酶活性的增强；体重增大以及大量吸收水分等。最显著的变化是呼吸作用的加强。呼吸作用的底物在有些食用菌中是利用自己贮存的营养物，而在另一些食用菌中确需用外界的碳、氮源。

第四章 食用菌的代谢

一切生命现象都直接或间接地与机体进行的化学反应有关，总称为代谢。各种营养物质降解成简单的产物称为能量代谢或分解代谢。由简单小分子合成复杂的大分子乃至细胞结构，称为合成代谢。合成代谢与分解代谢有着明显的差别，但又紧密相关。分解代谢为合成代谢提供能量和原料，合成代谢又是分解代谢的基础。两过程在生物中相互对立而又统一，决定着生命的存在与发展。

食用菌和其他生物一样，具有不同的代谢途径，这些途径一般地和其他生物是一致的或相似，在本书中就不再给予讨论，只就这些代谢途径和其他初级代谢物之间的关系进行概述。

第一节 营养物质的降解

食用菌在其生长和发育的过程中，所需的营养主要来自天然基质，因而其营养源是混合态的。其中作为碳源的主要有纤维素、半纤维素、果胶质、淀粉、木质素以及低聚糖和多元醇等；而以有机氮作为氮源，但在某种特殊因子的诱导下，也能利用无机氮构成有机体必需的氨基酸。

一、食用菌所需的碳营养

食用菌在栽培过程中，其碳营养主要来自天然基质中的多糖、低聚糖、多元醇、木质素等。这些物质的降解，又是通过食用菌自身产生的各种酶类来实现的。

（一）纤维素

纤维素是植物细胞壁的主要成分，它是由 β -1, 4 葡萄糖苷键所连接的葡萄糖长链物质，每个纤维素分子大约由 1 万个以上的葡萄糖残基组成。天然纤维素以直链式结构存在，不溶于水，但经过特殊处理可得到人工纤维素，称为羧甲基纤维素（CMC），其钠盐溶于水。CMC 具有 250~450 个葡萄糖残基。

食用菌对纤维素的分解是通过分泌胞外纤维素酶的作用进行的。纤维素酶是一种复合酶，包括内切 β -1, 4-葡聚糖酶(Cx)；外切 β -1, 4-葡聚糖酶； β -葡萄糖苷酶（纤维二糖酶），它是水解纤维素成纤维二糖和葡萄糖的一类酶的总称。近年来的研究表明在纤维素酶的作用中 Cx 酶采取随机反应的方式先作用于天然的结晶纤维素分子中 β -1, 4-糖苷键，将纤维素切割成许多较短的链；然后，通过 C₁ 酶（外切 β -1, 4-葡聚糖酶中的一种 β -1, 4-葡聚纤维二糖水解酶）的催化作用将短链的非还原性末端纤维残基逐个切下。最后， β -葡萄糖苷酶与纤维二糖作用，将纤维二糖转变为 D-葡萄糖。不同种食用菌所分泌胞外纤维素酶类的活性不同，其中纤维素酶以蜜环菌属、卧孔菌属和灵芝属的为最强；纤维二糖酶（ β -葡萄糖苷酶）以松口蘑、金针菇和滑菇较强，香菇、双孢蘑菇次之。

（二）半纤维素

是植物细胞壁中除纤维素以外的多糖，其含量占全纤维素的 10%~30%，它是由木糖、阿拉拍糖、葡萄糖、甘露糖、乳糖以及糖醛酸混杂而成的杂聚物。半纤维素比纤维素易分解，但也需多种酶促反应（包括 L-阿拉拍聚糖酶、D-半乳聚糖酶、D-甘露聚糖酶和 D-聚糖酶）才能完全水解。

食用菌中，蜜环菌属、鬼伞属、蘑菇属的半纤维素胞外酶

活性较强。

（三）果胶质

果胶质是构成高等植物细胞间质的物质，它使邻近细胞壁相连。果胶质的主要组成是由 D-半乳糖醛酸以 α -1, 4 糖苷键形成的直链高分子化合物，其中大部分羧基已形成甲基酯。不含甲基酯的称为果胶酸。最后果胶酸中 α -1, 4 糖苷键被果胶酸酶作用生成半乳糖醛酸而被利用。

（四）淀粉

淀粉是葡萄糖的多聚体，是一种可溶性直链淀粉和不溶性支链淀粉的混合物。

在天然淀粉中约有 20%~30% 的淀粉为直链淀粉。直链淀粉的一个分子为 250~300 个 D-葡萄糖残基通过 α -1, 4 糖苷键连接而成的一条长链，直链淀粉的分子量约为 50, 000 左右。支链淀粉在天然淀粉中约占 70%~80%。支链淀粉的分子量较直链淀粉大得多。约为 1 百万左右。淀粉经多种胞外淀粉酶的作用（ α -淀粉酶、 β -淀粉酶、脱支酶等），主要水解为麦芽糖，继而水解为葡萄糖。

（五）木质素

木质素和纤维素一样，是植物的主要成分，约占成熟木材中的 20%~30%，其主要成分比较复杂，一般认为它是一个或多个苯酚丙烷单体组成，是由松柏基、芥子基及香豆基醇所构成。目前认为，木质素的水解过程有胞外酚氧化酶（漆酶和酪氨酸酶）参与。

（六）低聚糖

二糖（麦芽糖）、纤维二糖、海藻糖、蔗糖和乳糖，及一种三糖（棉籽糖）是食用菌中常见的低聚糖。它们在相应的酶的作用下被分解为单糖后被吸收。

（七）多元醇

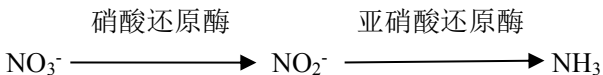
很多食用菌可以利用甘油和甘露醇。它们进入细胞后发生磷酸化和氧化，随后分别从 3-磷酸甘油醛和 6-磷酸果糖处进入 EMP 途径（糖酵解途径）。

二、食用菌所需的氮营养

一般认为食用菌没有利用无机物合成有机物的能力，但对无机氮的利用例外，无机氮在特殊因子的诱导下，和有机氮一样，可被用来构成有机体必需的氨基酸。无机氮主要来源于硝态氮和铵态氮；有机氮主要有尿素、氨基酸和多肽。

（一）硝态氮

硝态氮、亚硝态氮是食用菌难于利用的氮源。硝态氮在代谢过程中，由于硝酸根（ $-\text{NO}_3^-$ ）离子中的氮原子化合价是+5，所以要将 NO_3^- 中的 N 还原到-3 价的水平即转化成 NH_3 ，首先必须经硝酸还原酶和亚硝酸还原酶的联合催化。



食用菌中也有将硝态氮和亚硝态氮还原成氨的种类。但一般地说，硝态氮、亚硝态氮是菇类难于利用的氮源。

（二）铵态氮

菌类在通常的代谢过程中，对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 NH_4 、 NO_3 、 NH_4Cl 中氮的同化作用，在生理上有着明显的差异。但一般来说，铵态氮比硝态氮易吸收利用是因为氨的氮原子（化合价为-3）与细胞有机成分中的氮原子处于同等氧化水平。因此氨的同化不需要氧化或还原。如果铵态氮配合有机酸盐使用，就可以增加菌体内糖代谢的中间产物，并缩短糖代谢的途径，所形成草酰乙酸， α -酮戊二酸和 NH_4^+ ，直接可以通过还原氨基化作用，这样就加速了无机氮的利用。

（三）尿素

大多数食用菌可用尿素作氮源，但不能作碳源。尿素在尿酶的作用下分解成 NH_3 和 CO_2 。尿酶在大多数食用菌中的一个重要功能，就是利用嘌呤和精氨酸降解产生的尿素。

尿素经高温处理后易分解，放出氨和氰氢酸，致使培养基的pH值升高并带有氨味，从而危害食用菌的生育。因此，制种时鲜草料中不宜加尿素。栽培时如果需要加尿素，其浓度应控制在0.1~0.2%，若预先与稻草堆积发酵一周左右，可以获得较好的效果。蘑菇栽培料的发酵添加尿素必须在第二次翻堆时加入（播种前20d左右），以避免后期产生氨气对菌丝的毒害作用。

（四）氨基酸及多肽

大多数研究工作者认为，有机氮比无机氮更有利于菌丝的

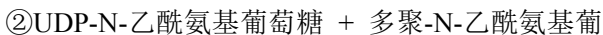
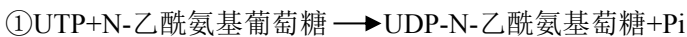
生长。无论是蛋白胨、天门冬酰胺、谷氨酸钠，还是其它氨基酸都是良好的氮源。有机氮能维持菌丝旺盛的生长，可能是因为有机氮还可作为碳源被利用，促进了营养平衡及物质转化。

食用菌在利用蛋白质和较大的肽（蛋白胨、牛肉膏、酪蛋白等）时则需要经过胞外酶的作用，与纤维素、木质素不同，许多蛋白质和肽是水溶性的，并能扩散到菌体表面。超过3~5个氨基酸单位的肽不能完整进入细胞，因此，食用菌对肽的利用受到膜运输的限制，需要分泌胞外蛋白酶，把肽水解成较小的肽或游离氨基酸后才能进入细胞。

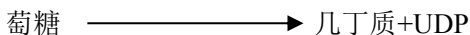
第二节 食用菌中多糖和有机氮的生物合成

本节不详述多糖和有机氮合成的生化途径。因为，在多数情况下，对大部分生物来讲这些反应是相同的，食用菌也不例外。

多糖的生物合成是不可逆的。现已知，糖原合成酶有I和D两种形式，而且I酶和D酶是可以互相转换的。糖原合成酶只能合成主链而对支链的 α （1-6）链却无能为力，因此，在真菌中糖原合成还没有完全了解。但对组成食用菌细胞壁的几丁质合成途径已较为明确。N-乙酰氨基葡萄糖分子首先与供体分子结合而逐步合成几丁质，其反应如下：



几丁质合成酶 Mg^{2+}



现已发现，参与细胞壁合成的多糖合成酶位于泡囊中，在菌丝顶部聚积，然后与原生质膜融合，将它们的内含物释放到细胞壁合成的部位。

在食用菌中，氨基酸合成的方式有氨基化作用、转氨作用和氨基互换作用。这些对多数生物来说是相同的，但同其他生物相比较，真菌的 L-赖氨酸的生物合成是特殊的，是经 α -氨基乙酸（AAA）途径从 α -酮戊二酸和乙酰辅酶 A 开始的。

DNA 的半保留复制，RNA 以 DNA 为模板的转录以及蛋白质的生物合成，在真菌中和其他生物中是类似的。

第三节 矿质元素和生长因子的生理功能

在食用菌的生长发育过程中还需要一定的矿质营养和生长因子，虽然需求的量不多甚至很微，但对维持食用菌的正常代谢是必要的。

一、矿质元素和生长因子的生理功能

食用菌主要从磷酸二氢钾（ KH_2PO_4 ）、磷酸氢二钾（ K_2HPO_4 ）、硫酸钙（ CaSO_4 ）、硫酸镁（ MgSO_4 ）、硫酸锌（ ZnSO_4 ）、氯化钠（ NaCl ）、氯化钴（ CoCl_2 ）、硫酸铜（ CuSO_4 ）、硫酸亚铁（ FeSO_4 ）、氯化锰（ MnCl_2 ）等中获得磷（P）、镁（M）、钙（Ca）、硫（S）、钾（K）、铁（Fe）、钴（Co）、锰（Mn）、锌（Zn）、铜（Cu）等元素，并以磷、钾、镁、钙、硫为最重要，被示为常量元素。铁、锰、钼、锌、铜、钴等元素需要甚微，故称微量元素。

（一）常量元素

1. 磷（P） 磷在食用菌类生长初期就很快被吸收，并在细胞中转化为有机化合物。它是核酸磷酸酯、核苷酸合成不可缺少的矿质元素，它参与碳水化合物转化磷酸的过程，生成高能

磷酸化合物并储存能量。并且许多重要酶的活性基都含有磷(如 NAD、ATP、焦磷酸硫胺素等)。磷的吸收与呼吸基制有关,呼吸受阻,磷酸的吸收也就受到抑制。

2. 钾(K) 食用菌在利用糖和某些氨基酸用来合成肌苷酸的过程中,钾是核苷酸合成酶、核苷酸转甲酰酶等许多酶的激活剂。同时也是细胞内存在的主要阳离子,对细胞的渗透,物质的运输起着重要作用。若钾供应量极低时,糖的利用率不高。

3. 镁(Mg) 镁对磷酸转移酶的活化效果比其他金属离子大得多。如当形成能量的贮藏和传递上不可缺少的 ATP(三磷酸腺苷)时,磷酸和腺苷的酯化需要镁的存在,而且镁对于催化 $ADP+Pi \rightarrow ATP$ 反应的腺苷激酶起着最有效的辅助作用。这种 ADP 的形成对于磷向线粒体磷脂中转移也是不可缺少的过程。

镁作为必要元素参与 ATP、磷脂以及核酸、核蛋白等各种含磷化合物的生物合成。因此,缺镁,细胞生长就会停止,而首先受到影响的是核糖体和细胞膜遭到破坏,因为它们对镁的依赖性大,镁是生物体重要的矿质元素。

4. 钙(Ca) 线粒体内含有氧呼吸(TCA 循环)的整个过程所需要的各种酶,而钙的存在能提高原生质线粒体的蛋白质含量;另一作用是中和细胞体内代谢产物,如钙与过多且有酸的酸类结合而形成难溶性的盐,使之不能参与生理作用;能调节细胞内的 pH,有利于酶的催化活性。

5. 硫(S) 硫常以硫酸盐的方式被吸收, SO_4^{2-} 在无机态中不能还原成硫化物。它需要 ATP 活化,生成腺苷酰硫酸(APS)。APS 被磷酸化,生成 3'-磷酸腺苷-5'磷酸硫酸(PAPS);然后使 NADPH 的还原酶还原到亚硫酸盐的水平。另外,还原的硫(H_2S)随后转移到丝氨酸,形成半胱氨酸。-SH 基有的与各种酶的蛋白质结合,有的与辅酶结合如硫胺素、辅酶 A、生

物素等。-SH 基为保证正常的活体内氧化还原电势起着重要的作用。-SH 基作为乙酰转移酶的辅酶 A 的活化基，具有乙酰基转移机能，对有氧呼吸的 TCA 循环起着重要的催化作用。

（二）微量元素

1. 铁 (Fe) 铁是组成食用菌体细胞中过氧化氢酶、过氧化物酶、细胞色素、细胞色素氧化酶的组成成分。铁参与产生自由能的呼吸作用，从而也影响能量运行的一切生理作用。缺铁会使上述酶的合成受到阻碍，影响代谢。

2. 铜 (Cu) 铜是各种氧化酶活化基的核心元素。根据它的原子价可逆的增减而进行电子接受和传递。如多酚氧化酶，抗坏血酸酶都是含有一定量 Cu 的酶。铜在生物体内催化氧化还原反应中起重要作用。

3. 锌 (Zn) 锌在代谢中的作用，主要在丙酮酸到乙醛起作用的酶（如乙醇脱氢酶、乳酸脱氢酶和醛缩酶）、从糖酵解过程中对二磷酸果糖到磷酸丙糖起作用的酶以及 RNA 聚合酶等中，起活化激活作用。它与碳水化合物、蛋白质的代谢有关。

4. 锰 (Mn) 锰与镁同样，有影响物质合成、分解、呼吸等广泛的生理作用。供应锰时，有加强有氧呼吸过程有关的异柠檬酸脱氢酶和苹果酸酶的作用，锰与铁和铜相同，催化维持细胞内氧化还原的平衡不可缺少的半胱氨酸、胱氨酸的反应。

5. 钴 (Co) 钴含于维生素 B₁₂ 中。对精氨酸的活化和丙酮酸脱羧酶的活化都是钴、铁、锰作用得以进行的。但过量的钴有抑制生长，可能是因为钴使酶的-SH 基钝化所致。

6. 钼 (Mo) 钼的生理作用最显著的是参与硝酸还原，是硝酸还原酶的直接构成成分。它可能起着电子传递的作用。

7. 硼 (B) 硼的一切生理功能与其能和富含羟基的糖和糖醇络合形成硼酯化合物有关。这些化合物作为酶反应的作用

物或生成物参与各种代谢活动。硼能促进葡萄糖-1-磷酸的循环和糖的转化，能促进钙及其它阳离子的吸收，从而促进细胞壁和细胞间质的形成。硼影响 RNA，尤其是尿嘧啶的合成。

二、生长因子对食用菌生长的生理功能

生物生长所需要的微量有机物包括维生素和生长激素，目前用于培养食用菌的维生素主要是生物素、硫胺素及吡哆醇，但以维生素 B₁ 较为重要；常被利用的生长激素有萘乙酸、吲哚乙酸、吲哚丁酸、赤霉素和环腺苷酸。

（一）维生素 B₁

维生素 B₁ 是所有食用菌必需的生长因子，是对子实体发生唯一有利的维生素。维生素 B₁ 是构成丙酮酸氧化脱羧的辅酶，形成的乙酰 CoA 氧化成柠檬酸的一系列反应中，经 α -酮戊二酸氧化脱羧酶形成琥珀酸的过程也需要维生素 B₁ 构成脱羧酶。缺乏维生素 B₁，丙酮酸、 α -酮戊二酸就不能正常代谢，必然影响氨基酸的合成，蛋白质、脂肪的分解与合成亦将发生障碍，食用菌的发育也就受到抑制。如果食用菌本身无合成维生素 B₁ 的能力，必须从外界摄取。如香菇、毛柄金钱菌和一些牛肝菌等，在培养时培养基中都需要加一定量的维生素。对于本身能合成维生素的食用菌，一般不需要在培养基中另加维生素，但当它们培养在无机合成培养基上时，如果增加一点维生素，就会生长得更好。

（二）生长激素

不同的生长激素对食用菌发挥的生理效应亦有所不同。研

究表明，萘乙酸（NAA）有促进蛋白酶、脂肪酶的活性，并增强对磷的吸收，因而能促进子实体的形成，增加产量。环腺苷酸（cAMP）具有生育激素的功能，对食用菌的子实体发育有促进作用。关于其他激素的生理功能，有待进一步深入研究。

第四节 食用菌的重要代谢产物

近年来，人们常把食用菌用于制药工业和食品工业，同时也被作为发酵工业的原料，制成有关抗生素（抗菌素）、抗肿瘤药物、增鲜剂、酶和橡胶等。

一、抗生素（抗菌素）

抗生素的产生菌以前主要取自放线菌。近年来各国学者为发展新抗生素正在转向从真菌等其他生物类群中来筛选。真菌是一个蕴藏量极大的生物类群，尤其是担子菌（包括食用菌），大多都未开发，潜力很大。由食用菌生产的抗生素目前已有数十种，主要是对多种格兰氏阴、阳性细菌，分枝杆菌，噬菌体及丝状真菌有抑制作用。现主要介绍以下几种：

（一）亮菌甲素和亮菌乙素

亮菌甲素和亮菌乙素是假蜜环菌（俗称亮菌）的代谢物。目前我国用它来生产“亮菌片”和“亮菌糖浆”。临床试验证明，它具有消炎、退黄疸和降低谷丙氨酸转氨酶的作用。对胆囊炎、急性肝炎和迁延性肝炎都有一定的疗效。

（二）马勃菌素

馬勃素又名马勃酸，由大秃马勃产生。马勃酸能拮抗微生物种类较多，对于金黄色葡萄球菌、炭疽杆菌、伤寒沙门氏杆菌、宋氏志贺痢疾菌、白色假丝酵母、新型隐球酵母或稻瘟病菌、稻长蠕孢和稻白叶枯病菌都有一定的拮抗活性。此外，马勃素还有抗肿瘤的效果。

二、抗肿瘤药物

防治肿瘤是目前医药界研究的重大课题。从草菇中得到的一些代谢物（多糖体），就是属于筛选出的这类药物。由香菇产生的香菇多糖，茯苓产生的茯苓多糖，桑黄菌产生的桑黄多糖，毛柄金钱菌产生的火菇菌素，以及美味牛肝菌和糙皮侧耳等食用菌的提取液，马勃和猴头菌产生的有关抗生素都能抑制肿瘤细胞的增生，这些都是目前正在大力研制的抗癌新药。

三、稀有氨基酸

氨基酸是合成蛋白质的基本原料，也是动物和人类的重要营养物质，食用菌所含有的氨基酸种类异常丰富，它不仅有着常见的 20 种氨基酸，而且还有一般生物少见的稀有氨基酸。在食用菌细胞中，不仅能合成多种氨基酸，而且总的氨基酸数量也很多。人们普遍认为，许多食用菌之所以鲜美无比，是和它们细胞中含有多种高含量的氨基酸及核苷酸有关。还需指出的是，食用菌发酵合成的氨基酸同其他微生物一样都属 L-型。大家知道，只有 L-型的氨基酸才具有生理活性。因此，食用菌合成的氨基酸的营养价值也是很高的。

四、核苷酸

香菇、口蘑、美味牛肝菌、蘑菇、毛柄金钱菌、松乳菇、橙盖鹅膏、蜜环菌等食用菌还产生多种核苷酸，如5'-乌苷酸、5'-腺苷酸，5'-尿苷酸和5'-胞苷酸等。

5'-乌苷酸在食品工业中是有名的增鲜剂，在味精中掺入一点5'-乌苷酸，就成为超味精，其鲜味比普通味精要提高数百倍。乌苷酸、肌苷酸与谷氨酸已被近代食品工业列为三大调味剂而被广泛应用。

此外，一些核苷酸除了可以作为增鲜剂外，也可作为治疗冠心病、心肌梗塞及放射病等患疾病的良药。上海益民食品一厂从蘑菇浸出液（含有核苷酸类物质）制成的“健肝片”，已成为肝类患者欢迎的健肝药片。

五、酶

食用菌和其他一些微生物一样富含纤维素分解酶，可把纤维素分解为纤维二糖，并进一步通过纤维二糖酶分解为葡萄糖。此外，部分食用菌还富含半纤维素酶、果胶酶、蛋白质酶等多种酶类。食用菌所以能在草茎或树干上生长，就是依靠这些酶类活动的结果。栽培食用菌也就是通过它们产生的酶类把人类不能消化的木屑、稻草等转变为美味可口、营养丰富的蛋白质。另外，雷丸菌还能产生一种消化线虫蛋白质的特殊蛋白酶，长久以来，一直被用来消灭绦虫、猪绦虫和牛绦虫等寄生虫，且无副作用。这是我国劳动人民利用真菌蛋白酶来医治疾病的一个创造。

六、橡胶物质

近代研究发现许多大型真菌，特别是乳菇属的一些种类，含有橡胶物质。这些乳菇产生的乳汁酷似橡胶树中的乳汁，都

含有异戊二烯(橡胶的基本成分)。根据中科院微生物所的统计,能产生橡胶物质的真菌至少有 40 余种,这样我们就可以通过深层培养来生产,尽管在深层培养的菌丝体中橡胶的产量甚微,但我们可以通过改造有关的基因提高菌丝细胞的产胶能力。

七、其他代谢产物

除了上述的代谢产物,食用菌中有些种类还可以产生一些其它代谢产物。诸如香菇菌中就含有多量的麦角固醇;鸡油菌所产生的类胡萝卜素;黄枝瑚菌、秃马勃中分离到的真菌油脂;以及多孔菌、茯苓、蘑菇和糙皮侧耳等菌所产生出来的各种有机酸。

总之,食用菌的代谢产物是异常丰富的,随着食用菌事业的发展,食用菌不仅在农业,而且在食品、制药及化工等工业中会发挥越来越大的作用。

第五章 食用菌的深层发酵

随着生物技术的不断发展，人们已不再满足通过农业栽培来获取食用菌的子实体了。因为传统的生产方式受到季节和原材料的限制，不能满足人们日益增长的需要，于是开始了食用菌的深层发酵。深层发酵又称沉没培养或深层培养（submerged fermentation 或 submerged culture）。食用菌的深层发酵，主要采用工业发酵法，在发酵罐（瓶）中繁殖食用菌菌丝体的一种培养方法。它是在抗生素发酵技术的基础上发展起来的。1947年美国的 H. Humfeld 首先提出了用深层发酵来培养蘑菇菌丝体，1958年 J. szuecs 第一个在发酵罐内培养出了羊肚菌菌丝球，并作了 25000 加仑规模的生产试验。从此开辟了食用菌深层发酵的生产领域。我国自 1958 年开始研究蘑菇，侧耳等的深层发酵，但正式大规模采用深层发酵法生产食用菌是在 20 世纪 60 年代末。当时主要研究将灵芝、蜜环菌、银耳芽孢等的深层发酵应用于医药工业上，并进行了大规模的生产。从 70 年代初开始研究香菇，冬虫夏草、猴头、黑木耳、金针菇、草菇等食用菌的深层发酵。目前食用菌深层发酵正在大量研究开发中。到目前为止，除应用于医药工业和作为液体菌种外，还应用于食品饮料工业。

第一节 深层培养的食用菌的用途

用深层培养法生产食用菌可以在短期内得到大量的食用菌菌丝体及其代谢产物。一个发酵罐 10d 内可以生产几吨至十几吨的食用菌菌丝体，这种生产效率是通常的农业栽培法所无法比拟的。此外，由于深层培养是在液体中进行，因此，也有利

于从发酵液中提取其代谢产物。当然，用液体深层培养法生产的菌丝还缺少应有的香味，这是它的不足之处。

深层培养的食用菌有三方面用途：即作为人类的蛋白质食品或畜禽饲料来源；生产液体菌种栽培食用菌；提取代谢产物。

一、作为食品或饲料的来源

深层发酵的食用菌菌丝体，无论是蛋白质、氨基酸，还是维生素的含量都类似于子实体，是人类和动物蛋白质的良好来源。据 A. Torev 报道，在鸡饲料中添加 3%~5% 的干菌丝体，鸡肉生长率比未加干菌丝体的对照增加 18%~22%，产蛋率提高 14%~18%。此外，用深层发酵培养的菌丝体可制成调味品、馅芯、保健食品或饮料。用香菇菌丝制成的香菇粒（mushroomgranule）含有 17% 蛋白质、1.5% 脂肪、67.7% 碳水化合物及维生素 B₁（14.%）、B₂（3.5mg%）、维生素 C（23mg%）等营养成分。有预防疾病、增强体质的功效。

由于工业深层发酵法生产食用菌蛋白质要比饲养猪、牛、羊获取蛋白质的时间短，效率高，成本低，因此，食用菌的深层培养有很大的发展前途，它必将成为 21 世纪人类所需的主要蛋白质的原料之一。

二、生产液体菌种

食用菌经深层培养 3~7d 后的幼嫩菌丝体，可以用来作为农业栽培用的母种或原种。采用液体菌种的优点。

（一）生产快速、出菇早

制备液体菌种需要 3~7d，而培养一瓶固体菌种需要 30~

50d。此外用液体菌体作为母种或原种来扩大繁殖原种、栽培种，也要比取用固体菌种发菌快、愈合早。凤尾菇、平菇、金针菇等经接种后 20d 内即可出菇，香菇在 40d 内也能出菇，且出菇密，产菇期集中。

（二）菌龄一致

由于固体菌种是靠接种块上的菌丝体蔓延长成的，这样不仅培养菌种的速度慢，而且处在菌种上部和下部的菌丝体年龄差异也很大（常相差 20~30d），往往当下部菌丝体刚长到瓶底时，处在接种处上部的菌丝体已经老化了。而液体菌种则不然，能在菌种瓶的上、中、下各处同时发育，因此培养出的菌种发育均匀，菌龄一致、整齐。深层培养 2~7d 的菌丝片断（球）正值旺盛生长期，接种萌发快速，发育健壮。

（三）接种简便

用液体菌种生产原种或栽培种，便于接种工作的机械化、自动化，有利于提高工作效率。

当然，生产液体菌种也有其缺陷，如要有一套发酵设备。此外，液体菌种一旦生产出来必须立即使用，在接种时间上缺乏周转余地，另外也要防止隐性污染。

三、提取代谢产物制品

从食用菌的深层培养胶液中，可提取不少有用的药物和生化产品。如裂褶菌，茯苓和金针菇的胶液中可得到裂褶菌素（schrzopyllan）、茯苓多糖（packymaran）、火菇菌素（flammulin）；从香菇菌胶液中提取香菇多糖（lentinan）和糖

肽 (Ks-2)。这些多糖，都是一类无毒的免疫刺激剂，能促使机体降低了的免疫水平恢复正常，具有抑制肿瘤效应。目前我国市场上供应的菇蕈类药物，如蜜环菌片，灵芝片，假蜜环菌片，灵芝银耳复合糖浆和安络痛等均已采用深层培养的菌丝体制备。

第二节 食用菌深层发酵工艺

食用菌深层发酵生产工艺与抗菌素的生产工艺相同，都是由斜面菌种开始，通过三级发酵法生产（图 5-1）。其工艺流程如下：

斜面菌种 → 摇瓶种子 → 一级种子罐 (50L) → 二级种子罐 (500L) → 三级种子罐 (5T 或 10T)。

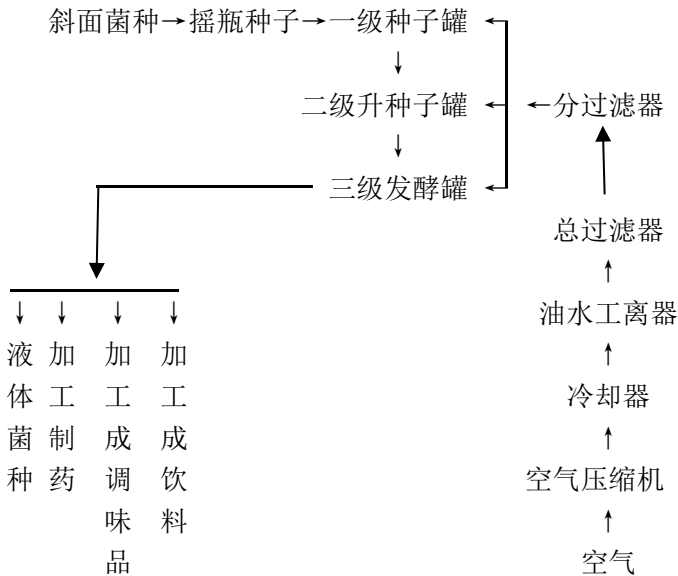




图 5-1 小型发酵罐

一、斜面菌种

斜面菌种是指培养在斜面培养基上的菌种。最好是正在生长的菌种。因为那样的菌种正处于旺盛生长期，接种后，缓慢期短，菌丝能迅速生长、再生繁殖。

二、摇瓶种子

摇瓶种子是从斜面菌种繁殖来的种子。在无菌条件下，挑取斜面菌种 1~2 块（每块指甲大小）；移入已灭菌并盛有液体培养基的圆锥瓶中，然后将瓶至摇床或摇瓶机上振荡培养 3~10d。

三、一级、二级和三级种子

单靠摇瓶生产种子远远不能满足生产需求，为此，必须一

级一级地进行扩大，即由摇瓶到一级；由一级扩大繁殖成三级，必要时还可再扩大到四级，直到满足生产要求。

第三节 食用菌深层发酵必备条件

进行食用菌的深层发酵，必须具备一定的条件，科学地掌握有关技术指标，方能获得理想的收获物（菌丝、菌球或其代谢产物）。

一、摇床

摇瓶种子可用往复式摇床或旋转式摇瓶机，前者振幅为8cm，振动频率为100rpm，后者偏心距为4cm，旋转率为150~200rpm。

二、发酵罐

食用菌深层发酵一般采用的发酵罐有通用式发酵罐、自吸式发酵罐等。自吸式发酵罐因利用搅拌装置转动时所产生的负压自动吸入无菌空气，这类型的发酵罐吸入的空气集中在搅拌器中心部位，叶轮转动时能使气液两相充分混合，溶氧系数高，发菌快。

食用菌不宜采用微孔注射法接种，因此，在一级种子罐上要安装附有阀门的接种管，以便由此接入摇瓶种子。

三、接种及接种量

摇瓶种子培养在锥形瓶（500~750ml）内，每瓶装置100~

150ml。用摇瓶种子接一级种子罐的接种量为 5%~7%，一级种子接入二级种子罐或三级种子罐的接种量为 10%。

四、无菌空气

进入发酵罐的空气必需通过滤器以除菌，总过滤器的过滤介质为棉花—活性炭—棉花；分过滤器的过滤介质为超细玻璃纤维纸。为保证过滤介质的消毒效果，进入过滤器的空气必需先经离心式旋风分离器和丝网分离器除去油污和液滴。

五、液体培养基

液体培养基的配方，培养液中的氧化还原电位及其粘度，菌株特征，振荡频率等与菌丝片断（球）的大小和产量有关。液体菌种的培养要求菌种生长快，得率高，菌丝片断（球）小。

适当增加培养基的粘度能使菌丝球缩小，菌丝产量提高。常采用的增粘剂有甲基纤维素（MC），羧甲基纤维素（CMC）、藻酸（alginic acid）。

培养食用菌沉没菌体所用的液体培养基要求有较高的碳氮比。适宜的碳氮比约在 8:1 至 80:1，但多数食用菌的碳氮比为 20:1 时发育良好。最适 pH 范围为 5~7。主要食用菌深层发酵培养基配方如下：

（一）香 菇

配方一：淀粉 70~90g，葡萄糖 10g，玉米浆 15~20g，磷酸二氢钾 1g，硫酸锌 9mg，水 1000ml。配方二：马铃薯 200g，葡萄糖 20g，磷酸二氢钾 1g，硫酸锌 0.1g，维生素 B₁10mg，硫酸镁 0.5g，硫酸铵 2g，加水至 1000ml。发酵时间 14d，得

率：25g / L。

（二）平菇

配方一：酵母膏 50g, 干血粉 250g, 磷酸二氢钾 5g, 水 10L, pH7.0。发酵 6~8d; 配方二：葡萄糖 1g, 蛋白质 3g, 尿素 1.4g, 马铃薯细胞萃取液 100ml, 发酵 4d, 产量 10.4g / L; 配方三：淀粉 70~100g, 葡萄糖 10g, 玉米浆 20~25g, 磷酸二氢钾 1g, 硫酸锌 4mg, 水加至 1000ml, 发酵 6d, 产量 27g / L。配方四：玉米粉 30g/L, 酵母膏 3g, KH_2PO_4 1.5g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1g 和维生素 B_1 0.01g, 水加至 1000ml, 发酵 6d, 产量 14g / L。

（三）金针菇、滑菇、平菇

淀粉 3%, 脱脂大豆 0.4%, 酵母膏 0.4%, 磷酸二氢钾 0.1%, 硫酸镁 0.1%, 氯化钙 0.1%, 硫酸铁 0.0003%, 硫酸锌 0.0003%, 硫酸锰 0.0002%, 甲基纤维素 (MC) 1%, pH5.6, 发酵时间 96 小时, 得率：金针菇 10.6g / L, 滑菇 8.2g / L, 平菇 13g / L。

（四）裂褶菌

果胶 20g, 精氨酸 1g, 天冬氨酸 1g, 谷氨酸 1g, 磷酸二氢钾 0.05g, 硫酸镁 0.05g, 硫酸铜 100 μg , 硫酸锰 100 μg , 硫酸锌 1000 μg , 生物素 10 μg , 叶酸 30 μg , 核黄素 300 μg , 水加至 1000ml。

（五）蜜环菌

葡萄糖 20g, 蚕蛹粉 5g, 磷酸二氢钾 1.5g, 硫酸镁 0.75g, 麦麸 50g, 盐酸硫胺素(VB₁)0.01g, 水 1000ml。

(六) 茯苓

葡萄糖 20g, 酵母膏 3.5g, 玉米浆(含氮 7.1%)1.8g, 磷酸二氢钾 1g, 盐酸硫胺素(VB₁)0.01g, 水 1000ml。

(七) 蘑菇

葡萄糖 50g, 磷酸二氢钾 0.87g, 硫酸镁 0.4g, 尿素 5g, 维生素 B₁2mg, 微量元素液 20ml, 蒸馏水 1000ml。微量元素液: 1000ml 蒸馏水中含 FeCl₂ · 6H₂O 0.5g, CuSO₄ 0.05g, ZnCl₂ 0.2g。

(八) 羊肚菌

酵母膏 25g, 玉米浆 25g, 酪蛋白水解液 100g, 淀粉 150g, 氯化钠 10g, 碳酸钙 50g, 水 10,000ml。

(九) 猴头菌

蔗糖 3%, 大豆粉(或豆饼粉)1.5%, 蛋白胨 0.1%, 磷酸二氢钾 0.3%, 硫酸镁 0.15%, pH 自然。

(十) 适合一般食用菌培养基

配方一: 葡萄糖 3%, 磷酸二氢钾 0.03%, 酵母提取液 0.3%, pH6; 配方二: 葡萄糖 3%, 磷酸二氢钾 0.03%, 蛋白

脲 0.5%，硫酸镁 0.20%，米糠提取液 50g / L，pH5.8；配方三：麦芽提取液 3%。

六、灭菌及无菌操作

培养基及设备通常采用加热灭菌，特别是用高压水蒸气进行湿热灭菌。加热灭菌时的残存菌数，随时间的延长而呈对数减少，同时温度越高，灭死速度越快。芽孢对热耐受力强，为此需要更高的温度和维持更长的时间。通常必要的灭菌条件是在 110~130℃ 高温下灭菌 20~30 分钟。不管设备如何完善，如操作不慎，仍不能避免杂菌混入，因而，在接种或输送操作中，必须防止悬浮在外界气体中的杂菌混入，当接种少量摇瓶一类种子时，可采取在专用火焰中和接种口连接的方法。

七、其他工艺条件

罐温 25~27℃，罐压 0.04~0.07MPa，通气 0.5~1.0 / v(v·m³) 搅拌；50L，470 转 / 分；500L，250 转 / 分；5000~10000L，转速为 200 转 / 分。

装量：罐容的 60%~80%

消沫：消沫油 0.1%~0.2%

第四节 发酵过程的中间测定项目

发酵过程的中间测定主要有以下几项。

一、纯度检查

通过镜检、平板培养，应无细菌或其它杂菌。

二、活力检查

镜检菌球边缘部分菌丝分枝细密、着染力强、或胶液静止 5 分钟，菌泥不下沉为生活力强。

三、出菇能力检查

香菇、平菇的菌丝镜检有锁状联合结构；胶液静止培养有原基形成。

四、菌丝含量

经 1000 转 / 分离心 10 分钟，菌泥重 20~25g / d L 以上。

五、菌丝球直径

80%的菌丝球直径小于 1mm。

六、发酵溶液应测残糖

总糖不超过 1.2%，氨态氮不超过 30mg/ml。

食用菌的深层发酵，同其他的一些微生物发酵一样，应注意每个环节，处处把关，严格无菌操作。

第五节 发酵产物的分离精制

分离精制是将我们所需要的发酵产物，从发酵液或菌体中分离出来，并进行纯化的过程。常采用离心或过滤的方法分离菌体；以抽提、沉淀、吸附等方法获得有效成分。

一、菌体分离

根据发酵液的各种特性，即粘度、比重、菌体量、菌体的沉降性或凝聚性、菌的种类、和以后工序的关系等，而选用最适当的方法和设备。食用菌的菌体分离可直接采用过滤器分离，也可采用离心分离法。

二、有效成分分离

抗菌素、酶、核苷酸、抗肿瘤药物、稀有氨基酸等有效成分，可通过抽提、分离纯化等程序得到。蛋白质或多肽类产物可采用盐析法；多糖类物质可采用醇析法；氨基酸类可采用等电点沉淀法；抗菌素等物质可根据其在不同溶剂系统中的分配平衡定律及单体的不同交换率，通过凝胶过滤、离子交换吸附和亲和层析等方法分离精制。

第六章 食用菌的制种技术

在自然界里，各种食用菌通过自己的产孢机构，产生并释放孢子（种子）传播出去，落到适宜的场所，在适生寄主上萌发成菌丝。在进行食用菌人工栽培时，我们用的“种”不是它们的孢子，而是用人工方法培育出来的菌丝体。就如有些作物不用种子，而用苗栽培一样。人们把播种用的菌丝体习惯地称为菌种。

第一节 主要制种设备及消毒药品

菌种生产是人工栽培食用菌的中心环节，没有菌种便不能进行人工栽培，没有优良的菌种就不能获得优质高产的食用菌。因此搞好菌种生产是一项重要的工作。为了得到优质菌种，必须掌握制种技术，同时，也需要一些基本的设备，供制种时应用。

一、洗涤室与配料室

（一）洗涤室

洗涤室是洗刷制菌种用的试管、菌种瓶等的场所。室内最好是水泥地面，墙角及拐角处应为圆弧形为最好，从地面至距地面 1.5 米高的四壁最好用水磨石或瓷砖砌墙面，或在一般石灰墙上涂漆，以便于洗刷。室内应有：

水池：瓷制或水泥池均可，池底有放水塞，池上靠壁处最好装有冷、热水龙头，无水池时，可用大塑料盆或搪瓷盆代用。

各种毛刷及去污粉：洗刷试管及瓶子用。

干燥架：设置于水池的两侧或一侧，板上钉有大小不同、距离不等的斜木钉，以倒挂无肩的玻璃器材；或木台上削有口径大小不同的半圆孔洞，以供悬挂有肩的玻璃瓶；试管架和移液管架等。

工作台：台上以供放置电炉、铝锅、广口瓶、烧杯等。台下抽屉内放有纱布、纱绳（或橡皮筋）、脱脂棉、剪刀等。

干燥箱：供干燥器皿、试管及移液管等用。

（二）配料室

配料室是供调配各种培养基、培养料的场所。室内构造与洗涤室相同，最好不与其他各室合用。室内应有下列设备：

工作台：应有柜橱及抽屉，以放置常用用具等。

壁橱和橱柜：放置培养基药品、材料等。

水池：供洗刷之用。

天平、台称、称：供称量培养料及药品用。

一般器具：量杯、量筒、漏斗、滤器滤布、煮锅、水浴锅、烧杯、研钵、电炉、石棉网、胶管、铁架台、试管筐、止水夹、试管架、试管、菌种瓶（或菌种袋）、棉花、纸、纱绳、刀、剪、镊子、小型粉碎机等。

搅拌机、装瓶装袋机：供配制原种及栽培种拌料、装瓶或装袋时用。若无这些机械可手工操作。

二、灭菌设备

是将配制好的培养料（基）及器皿进行灭菌的设备。常用有高压蒸气灭菌器、干燥灭菌器和常压灭菌灶等。

（一）高压蒸气灭菌器

高压蒸气灭菌器是可以密闭的锅子，锅底（夹层）盛水，加热后由于锅内（夹层）蒸气增加而压力加大，温度升高，是湿热灭菌法的一种。高压蒸气灭菌器内温度可升高到 120°C 以上，从而能在较短的时间内杀死锅内装物的杂菌菌体及孢子，达到灭菌的目的。

高压蒸气灭菌器有手提式、立式和卧式等类型（图 6-1）。采用高压灭菌器灭菌，一般在 $0.1\sim 0.15\text{MPa}$ 压力下，母种培养基灭菌 30 分钟左右；原种和栽培种培养基灭菌 2~4 小时。



1



2

图 6-1 高压灭菌器

1. 手提式；2. 立式

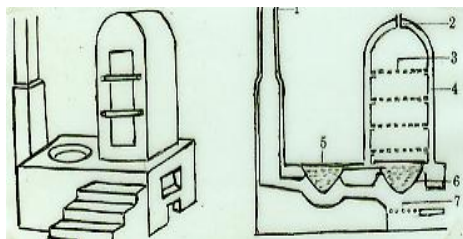
（二）干燥灭菌器

干燥灭菌器又叫干热灭菌箱或干燥箱，是以干热使玻璃器具达到灭菌目的的设备。需要灭菌的玻璃器具，要预先充分干燥，试管、三角瓶要塞上棉花，培养皿、移液管要用报纸包好，才能进行灭菌，干热灭菌温度在 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ ，保持 30 分钟，灭菌后待冷却后取出。

干燥箱由专门工厂生产，有各种型号，可根据需要选择购买。

（三）常压灭菌灶

如无条件购置高压蒸气灭菌器，可自制常压灭菌灶（土蒸锅），也可达到灭菌的目的。常压灭菌灶如图 6-2，用砖、石、水泥、木材建造（也可用大油桶建造成蒸汽发生器）。容量为能放置 500~1000 瓶左右（或上千斤培养料）。为防止冷凝水打湿棉塞，灭菌灶的顶部设置成拱形。灶顶和四周中下部设泄气孔，漏一点蒸气，排去冷气，有利于蒸气的循环，增加灭菌效果。土蒸锅为常压灭菌，灭菌时间，要根据土蒸锅的大小和所灭培养料的多少灵活掌握，灭菌 1000 斤左右的培养料，一般需要 18~20 小时。



1. 烟囱；2. 泄气孔；3. 隔层；4. 锅壁；5. 后锅；6. 前锅；7. 炉栅



大油桶式蒸汽发生器

图 6-2 常压灭菌灶

三、接种室和接种箱

接种室又叫无菌室或接菌室，它的设置不宜与灭菌室及培养室距离过远，以免在搬运灭菌物品过程中造成杂菌感染。接种箱又叫无菌箱或接菌箱，是供菌种分离、转接的专用木制箱。小规模生产时可用接种箱代替接种室。接种室和接种箱都必须关闭严紧，以便接种前进行药物熏蒸。

（一）接种室

接种室一般设在大房间的一角，体积以 $5\sim 7\text{m}^3$ 为宜。接种室的外面应设有一间缓冲室，门不宜对开，最好装有拉门。两室的地面和墙壁要光滑，以便消毒，都要装日光灯和紫外灭菌灯。接种室内设有工作台和有关接种用具，缓冲间内应有专用的工作服、鞋、帽、口罩、毛巾、消毒液等。

（二）接种箱

接种箱是一个用木材和玻璃制成的小箱子（图 6-3）。有单人操作和双人操作的两种，尺寸各异。但目前一般采用长 $120\sim 140\text{cm}$ 、宽 $80\sim 100\text{cm}$ 、高 140cm 的双人操作箱。箱的上层两侧框架中安装玻璃，能灵活开闭，便于接种观察和操作，箱腰部两则各留有两只直径 15cm 的洞口，洞口上装有 40cm 长的布袖套，双手伸入箱内操作。箱内顶部装有日光灯和紫外灭菌灯。



图 6-3 接种箱 (单位: 厘米)

在木材缺乏的地区,也可以用铁丝和塑料薄膜制作简易接种箱。

(三) 超净工作台

超净工作台是一种局部层流(平行流)装置。它能在局部造成高洁度的工作环境。室内新风经预过滤器送入风机,由风机加入正压箱,再经高效过滤器除尘、洁净后,通过均压层,以层流状态均匀垂直向下或向前进入操作区,以保证操作区洁净的空气环境。但净化工作台比较昂贵,每台 3000 元左右。

在条件有限的情况下,我们还可以采用一些简单的接种方法如:蒸气接种法、火炉接种法、火圈接种法等进行制种,以代换在接种箱(室)、净化工作台上操作。

四、培养室和恒温箱

(一) 培养室

培养室是培养食用菌菌种的房间。培养室的大小及数量,

可根据生产规模而定。培养室要有较厚的墙壁，具良好的保温、通气、干净的条件，室内安放菌种架。菌种架用竹架、木架或铁架均可，以4~6层较合适。培养室还要装有升温 and 降温设备（空调、电热油汀或电炉等）。培养室的地面，以水泥、砖或木板为宜，若铺上塑料薄膜，既可防止灰尘飞扬，又便于清洁工作，较为理想。

（二）恒温箱

恒温箱一般为专业工厂生产，也可土法自制（6-4）。自制时，可在箱子的两层木板间填满锯木屑或草木灰等以隔热保温，底层装上石棉板或其它绝缘防燃材料，绕上电热丝制成加温装置，或箱内装上红外线灯泡或普通灯泡加温。箱内上方装上乙醚膨胀片或电子继电器及导电表，用以自动调节温度，箱顶装上一支温度计，以测定箱内温度。

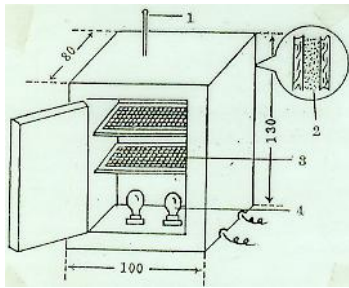


图 6-4 自制恒温箱（单位：厘米）

1. 温度表；
2. 锯木屑填充；
3. 架网；
4. 灯泡

五、电冰箱

电冰箱是一种小型制冷设备。为铁质长方形箱，有多种尺

寸型号，利用压缩氨、氯化甲烷、氟利昂等气化剂，以吸收箱内热量，使温度降低，有温度调节器以自动调节温度。电冰箱保藏菌种时，温度应维持在 4~5℃。

六、接种工具

食用菌菌种移接的工具大都是自己加工制作的，最普通的制作材料是自行车或人力车钢丝，一般钢丝在烧灼后容易生锈，有条件时，最好采用不锈钢丝，电焊条或镍合金钢丝制作。实验室最常用的接种工具有接种针、接种铲、接种刀、接种锄（扒）接种匙、接种枪（弹簧接种器）、手术镊等（图 6-5）。

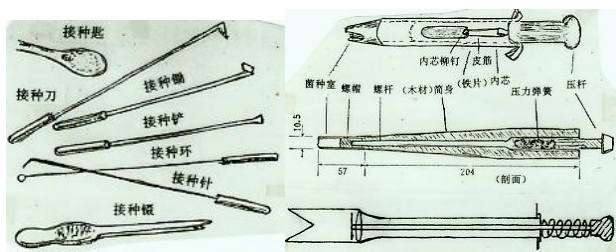


图 6-5 常用接种工具

七、消毒药品

乙醇 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$): 又称酒精，酒精消毒以 75% 浓度的效果好。75% 酒精配制方法是：取 95% 酒精 75ml，加水 20ml，摇匀即可。

升汞 (HgCl_2): 能使蛋白质变性，抑制酶类。0.1% 升汞液配制方法是：称取升汞 1g，用少许酒精溶解，再加水至 1000ml 即成。

漂白粉 (CaOCl_2): 漂白粉是一种以次氯酸钙为主的混合

无机化合物，在空气中可以吸潮。放在水中可溶解而放出氯气，生成亚氯酸，有较强的杀菌作用，适用于接种室的墙壁及空气灭菌。通常使用 2%~5% 的水溶液。

硫磺 (S)：燃烧时发出蓝色火焰，生成二氧化硫气体，二氧化硫遇水或水蒸气生成亚硫酸，两者都具有还原性而有杀菌作用，并且亚硫酸更强于二氧化硫。因此硫磺也常用于接种室和接种箱的熏蒸灭菌，常用量为 15%~20g / m³。使用时，称取适量，放入磁碗内点燃即可。

石炭酸 (C₆H₆OH)：又名苯酚，细菌及霉菌的菌体接触后，引起蛋白质变性中毒死亡。5% 的苯酚水溶液可用于分离室、接种箱 (室) 及栽培场地的喷雾消毒，对人的刺激性比甲醛稍好一些，但也不宜长期使用，因其对人具有一定的毒性。

新洁尔灭：是一种烷基类消毒剂。其化学名称十二烷基二甲基苯甲基溴化铵。灭杀菌能力很强，对细菌、真菌均有效，并可反复使用，常用 1 : 1000~5000 倍的水溶液喷洒、喷雾、冲洗或浸泡均可达到消毒的目的。

来苏儿：又名来苏尔或煤酚皂。来苏儿的杀菌消毒原理与石炭酸相似，消毒使用浓度为 3%~5%。

必洁仕：二氧化氯消毒剂。10 万倍液喷雾。

八、其 他

有试管、菌种瓶、量筒 (杯)、漏斗、橡皮管、酒精灯、铁架台、刀、剪、棉花、纱布、线绳、消毒脱脂棉、止水夹、孢子收集器、盆、台称、标签纸等。

第二节 纯菌种的分离和培养

食用菌一般是通过播种菌种来栽培的。菌种的获得常包括两个步骤：第一，获得纯菌种，并通过选择、试验、证明是产量高、质量好的菌种；第二，把获得的纯菌种进行扩大繁殖，从而得到足够大面积栽培用的菌种。

食用菌的纯种分离技术，大体上可归纳为三种，即孢子分离法、组织分离法和基内菌丝分离法（包括菇木和土中菌丝分离法）。

一、孢子分离法

这种方法是利用菌类产生的孢子，在适宜培养基上萌发，长成菌丝而获得纯菌种。孢子分离法根据不同的方法和目的，又可分为群孢子（多孢子）分离和单孢子分离两种。

（一）群孢子分离法

1. 整菇插种法 就是将整只成熟的种菇（蘑菇、香菇、平菇、草菇等）经过表面消毒后插入孢子收集器内获得孢子，见图 6-6。在无菌操作下，把孢子稀释成悬浮液，接种至 PDA 培养基上，置于 23~25℃ 下恒温培养，待孢子萌发后，挑选优良性状的菌株扩大繁殖而得到纯菌种。

2. 钩悬法 是在无菌箱内，把新鲜成熟的菇（耳）瓣用无菌水冲洗数次，然后用无菌纱布把水吸干，取一小片挂在钩子一端，另一端钩在三角瓶口（图 6-7）瓶底装有 PDA 培养基，菇（耳）瓣距离培养基表面 2~3cm，置 25℃ 左右培养，约经 24 小时后，可在培养基表面上看到雾状的孢子，此时将三角瓶

拿到无菌箱内，取出钩子及菇（耳）瓣，塞好棉塞，继续培养。培养几天后即可看见菌落。挑取少许菌落入 PDA 培养基上，进行扩大培养，即成菌种。也可采用贴附法和空中捕捉孢子法进行分离。

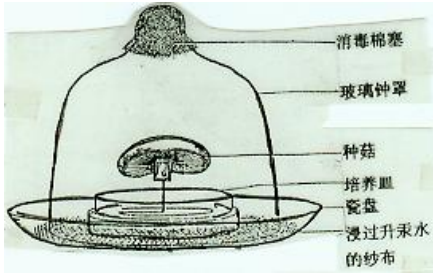


图 6-6 孢子收集器装置



图 6-7 钩悬法分离

(二) 单孢子分离法

单孢子分离法，最先进的技术就是用单孢子分离器进行孢子分离。由于设备贵重，只能在少数研究或教学单位采用。目前普遍用的比较多的是平板稀释法，毛细管法，这里主要介绍我们常用的定标法。

1. 孢子悬浮液制备 用孢子收集器收集到的孢子，加少量无菌水倾入三角瓶中，再用无菌水稀释至每滴孢悬液在低倍镜下有 1~2 个孢子。

2. 定标分离 吸取孢悬液 0.1ml 加入到灭菌冷至 45℃ 左右的试管培养基中（每管 3.5ml 琼脂培养基），迅速振荡均匀，倾入无菌培养皿（直径 9cm），轻摇匀，冷凝后至 25~28℃ 恒温箱培养一定时间后取出，用显微镜通过培养皿面观察。当见到已萌发的单孢子（周围没有孢子），转动转换器，用装有定标针头的物镜（将报废的显微镜镜头，卸去零件，装上一根 4 号注射针头，截除一段针尖，锉平切口，自另一端注入稍加稀释

的红墨水，装入转换器即可用）定出标点。然后挑取定点处的孢子至试管斜面（挑取几十至百余个单孢），25~28℃恒温培养，即得单孢菌株。

单孢子分离用于异宗结合菌类的杂交育种和同宗配合菌类的分离育种。

二、组织分离法

（一）子实体分离

利用子实体内部组织进行分离。野外采种主要采用这种方法。但子实体过于小而薄，或有胶质的菌类不大适用。具体操作方法如下：选优质，八九分成熟的子实体作种菇（对子实体和菇柄有特殊要求的，在选种时要加以注意）。切去菇柄基部，在无菌箱内，以75%酒精棉花擦试菌盖与菌柄，进行表面消毒，用解剖刀从菌柄中部纵切一刀，把种菇撕开，在菌柄与菌盖交界处挑取一小块组织（图6-8），移接到PDA培养基上，置25℃左右培养，经3~5天即可看到组织块上产生白色绒毛状菌丝，并向培养基上生长，经过一次转管扩培养，即得母种。

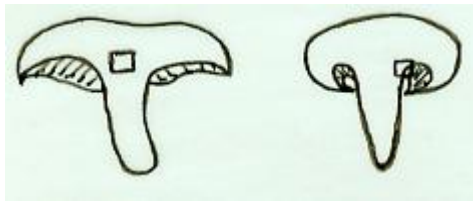


图6-8 组织分离（方格为取组织块部位）

（二）菌核分离

茯苓、猪苓、雷丸等菌的子实体不易采集，常见的是它贮

藏营养的菌核。用菌核分离，同样可以获得菌种。方法是将菌核表面洗净，用 75%酒精棉花擦试消毒后，切开菌核，取中间疏松组织一小块，接种到 PDA 培养基斜面上，塞上棉塞，保温培养。

（三）菌索分离

蜜环菌、假蜜环菌（亮菌）一类的子实体不易得到，也没有菌核，可以用菌索进行分离。其分离方法是选用 75%酒精棉花将菌索表面黑褐色菌鞘轻轻擦试 2~3 次，然后剥去，抽出白色菌髓部分，用无菌剪刀将菌髓剪一小段，接种到培养基上，保温培养，即得该菌菌种。

菌索比较小，分离时极易污染，因此，在 PDA 培养基中加入青霉素抑菌剂，每 1000ml 培养基中加 40 μ g 青霉素。

三、基内菌丝分离法

（一）菇木分离

即从菇木中获得纯菌种的方法。由于成功率高，种性也比较稳定，生产上大多采用此法。

在盛产季节，选择第一年出菇，出菇旺盛，子实体品优、无病虫害菇木 1~2 根，充分晾干后，剥去树皮，锯取中间 1~2cm 厚并长有菌丝的一片作为种木，然后切去四周，使成 1~2cm 见方的一块，放入消过毒的接种箱内或净化工作台内，浸入 0.1%升汞水溶液中 1 分钟，取出，用无菌水冲洗几次，冲去残留在木块上的升汞液，取无菌纱布揩干，再用利刀把木块劈去四周，把中心部分削成薄片，再削成条，截去两头，切成绿豆大小，用镊子移入试管斜面培养基中心（图 6-9）。接完几

管，将试管放 25℃ 左右培养几天后，可见菌丝生长，随即每日逐管检查，凡有污染的一律淘汰，选择菌丝生长健壮，清楚，向两端伸展整齐的进行转管纯化 2~3 次，培养成为母种。

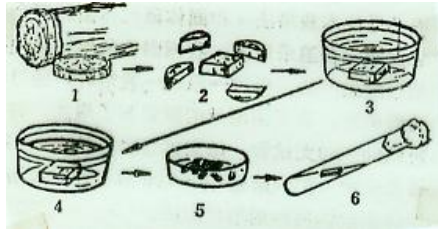


图 6-9 菇木分离法制作母种过程示意图

(二) 土中菌丝分离法

本法是利用食用菌地下的菌丝体，在培养基上获得纯菌种的另一种方法。在进行这一工作时，必须事先估计到菌丝体周围同时生长着其他多种微生物。因此，分离时必须尽可能避开这些非培养的微生物的干扰。其方法有：尽可能取清洁菌丝束的尖端，不带杂物的菌丝接种；反复用无菌水冲洗；在培养基中加入一些抑制细菌生长的药物，如 40mg / L 链霉素或金霉素，0.03~0.06% 的孟加拉红。

四、优质菌种的鉴定

经分离得到的纯菌种，选取菌丝生长好的试管，通过培养性状观察，营养和抗逆性研究，再接种到适合的原种培养基中进行鉴定，从中选取出菇率高，生活力、抗逆性强，菌丝生长发育均匀，出菇批数多的高产优质的作为菌种。

第三节 食用菌的菌种生产

食用菌的菌种有液体菌丝球菌种（见深层发酵一章）、孢子悬液菌种（见段木栽培法）和固体菌丝体菌种三个类型。后一种是当前栽培上普遍采用的。我国固体菌丝体菌种生产大多数采用的是三级生产法，母种→原种→栽培种。经母种→原种→栽培种的繁殖后，食用菌菌丝的数量有了增加，每一支母种大约可再繁殖 20~40 支试管（银耳除外），每支试管种可扩大 2~6 瓶左右的原种，每瓶原种可扩大繁殖 60~80 瓶（袋）栽培种。本节重点介绍固体菌丝体菌种的培育方法。

一、菌种厂的设计和布局

菌种厂应建在交通方便、距离栽培基地适中、城市近郊、水源方便、地势高燥的地方。最好是在安静、无污染、空气清新、杂菌少的地段。菌种厂的规模大小，决定于灭菌、接种和培养三个主要环节的设备与能力。菌种厂的布局可参考图 6-10。

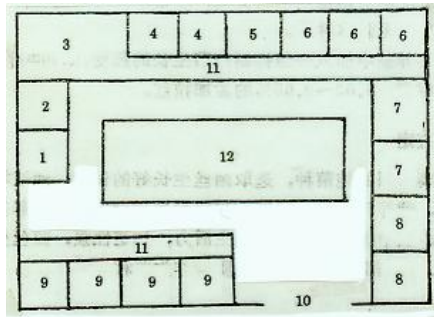


图 6-10 菌种厂布局的平面图

1. 锅炉房；2. 洗刷间；3. 装料室；4. 接种室；5. 化验室；6. 培养室；
7. 菌种库；8. 办公室；9. 原料室；10. 大门；11. 走廊；12. 晒场

三、原种和栽培种的培养

(一) 原种的培养

把母种接种到原种培养基上进行培养(图 6-12), 用以繁殖栽培种的菌种, 称为原种。原种也可直接用于栽培生产。

原种的具体培养过程是: 在接种室、接种箱或净化工作台内, 以无菌操作, 把已培养好的母种用接种铲切取一小块放入预先配制好的原种培养基的中央洞穴上, 随即塞紧棉塞, 用牛皮纸包扎瓶口。一般一支母种均可接 2~6 瓶原种左右, 全部接种完毕, 将其放到适宜的温度下培养, 待菌丝长满全瓶后, 即成原种。

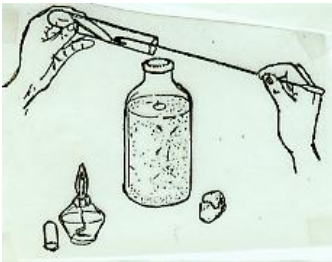


图 6-12 原种接种(无菌操作)

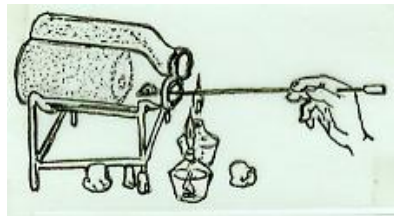


图 6-13 栽培种接种(无菌操作)

(二) 栽培种的培养

把原种转接到栽培种培养基上(图 6-13)进行扩大培养, 直接用于栽培的菌种, 称为栽培种。

栽培种的具体接种、培养过程是: 在无菌条件下, 用接种器或接种铲从培养好的原种瓶中, 挖取一枪(或一铲)原种接入栽培种瓶(或袋)中, 塞紧棉塞, 瓶子应同样用牛皮纸包扎

瓶口，接种后，放置适温下培养，菌丝长满全瓶（袋），即为栽培种（图 6-14）。每瓶原种可接栽培种 60~80 瓶（或袋）。



图 6-14 菌种的培养

（三）注意事项

第一，原种或栽培种培养过程中，从第三天开始就要经常检查有无杂菌感染，发现有污染的瓶子要及时取出处理，一般检查工作要继续到菌丝体覆盖整个培养基表面，并深入培养基 1~2cm 时为止。

第二，培养好的原种或栽培种如暂不用，均要将其移放在凉爽、干燥、清洁的室内，避光保存，以防止老化。

第三，原种和栽培种必须选用菌丝健壮，生活力强的供用。如有子实体及坚韧的被膜出现，只要除去子实体和被膜，并不妨碍使用，保存期不宜过长。

第四节 食用菌的菌株选育

菌株选育，就是选择和培养优良菌株。其目的是取代或改造原有菌株，以提高产品的产量和质量。因此，在食用菌生产过程中，菌株是重要一环，它的质量直接关系到产品的质量和产量。我国资源丰富，有许多野生品种有待我们去筛选，目前我国生产上用的黑木耳、银耳、灵芝、猴头、蘑菇等菌株都是通过筛选所获得。随着食用菌事业的发展，仅仅停留在从自然界索取好菌株是不够的，我们还要有目的地，定向的进行食用菌的育种，并认识和掌握遗传和变异规律，遗传是相对的，变异是绝对的，遗传中有变异，变异中有遗传，生物是不断进化的，在短期内看来是遗传的性状，从长远的观点来看，又必然会发生变化，在栽培过程中还会发生种性漂移，所以说遗传中必然包含着变异。另一方面发生了变异的形态和性状，有的会以相对稳定的性状遗传下去，因此食用菌“种”的特性是相对稳定的，但又是会改变的。育种的途径很多，例如可采用自然选择、诱变、杂交等方法来改变种的特性，以获得人们所需的种，不断满足生产发展所提出的新要求。

一、自然选种

自然选种是获得优良菌株较简单有效的方法，食用菌在自然界中，和人工栽培条件下，由于环境的变化，也会发生变异。

自然选种的方法：收集分布在各地区或不同类型的菌株，然后通过栽培和不同性状的比较试验，挑选出生产性能最好的菌株，或者具有某特性（如抗逆性）的菌株。

选种可以从大自然中分离收集菌株，如从不同的地区，不同的海拔高度，不同的山坡，不同的树种分离收集，在不同的

人工栽培菇床上、菇棒上挑选子实体，通过筛选，选出符合生产性能的优良菌株。

二、诱变育种

诱变育种是人们采用物理、化学等诱变剂来动摇菌株的遗传性，从而获得新菌株过程。诱变主要是诱变剂直接或间接地作用于核酸物质，使 DNA 分子发生巨大变化的结果。其方法如下所述。

（一）准备孢子悬浮液

将新鲜的食用菌无菌孢子移入 5ml 无菌生理盐水或磷酸盐缓冲液中，摇匀后即成孢子悬浮液。孢子悬浮液的浓度以每毫升含孢子 $10^6 \sim 10^9$ 个为宜。

（二）诱变处理

诱变育种中的诱变剂很多，常用的有紫外线、X 光线、r 射线及硫酸二乙酯（DES），5-溴尿嘧啶（5-BU）等。今以紫外线和硫酸二乙酯为例介绍如下：

1. 紫外线的诱变处理 紫外线是一种短光波，其有效的诱变波长是 $200 \sim 300\text{nm}$ ，以 260nm 的作用最大，常用紫外线杀菌灯作为诱变源。诱变处理一般应在暗箱内进行，箱内装 15 瓦紫外灯 1 支，悬挂于 30cm 高处，诱变处理时应先开灯 20 分钟，使波长稳定，然后将孢子悬浮液倒入直径为 6cm 的无菌培养皿中，打开皿盖，照射 $0.5 \sim 1.0$ 分钟。照射后的孢子悬浮液每毫升所含的活孢子数约在 $10^5 \sim 10^8$ 个，因此要得到单个菌落，必须先用无菌水将照射后的孢子悬浮液稀释 $1000 \sim 1000000$

倍，然后取稀释液 0.2ml 涂布于装有琼脂培养基的培养皿（称平板）上，在 25℃ 下培养 5~10 天，这时就能在每个平板上得到数十个菌落。选纯正、健壮的单个菌落移入斜面试管内，或用定标法分离出单孢菌株，供进一步测定筛选。

2. 硫酸二乙酯的诱变处理 硫酸二乙酯的使用浓度为 0.01~1.0mol / L，处理时间为 0.5~4.0 小时，中止反应时可用稀释法（稀释 10~20 倍）或用 25% 硫代硫酸钠解毒。操作步骤如下：

（1）取硫酸二乙酯 1.2ml 于 6.5ml 的无水乙醇中，制成硫酸二乙酯的醇溶液；

（2）用 pH7.2 的无菌磷酸盐缓冲液（由 15 克的 Na_2HPO_4 和 2 克 NaH_2PO_4 共溶于 1000ml 蒸馏水中配成）制成孢子悬浮液（制法同前）；

（3）取 1ml 孢子悬浮液，加 0.4ml 硫酸二乙酯醇液和 3.6ml 磷酸盐缓冲液配制成 0.01mol / L 浓度的处理剂量；

（4）25℃ 摇瓶振荡 1~2 小时后，加 25% 硫代硫酸钠 5ml 以中止反应；

（6）稀释至 10^{-8} ~ 10^{-4} 涂平板培养。

（三）挑菌筛选

诱变后的孢子经培养长出菌落后应及时挑菌，即选发育健全的单个菌落移入斜面试管内，一个菌落只接一支斜面，待斜面长好后（异宗配合的单孢菌株应先进行配对杂交），再分别接入 2~6 瓶原种中，然后进行栽培试验，反复比较各菌株的生产性能，择优留用。

三、杂交育种

凡同宗配合的食用菌，可用营养缺陷型来标记。营养缺陷型是指在营养特征上表现某种缺陷的变异菌株。我们可以把二个不同的营养缺陷型混合接种在基本培养基上（查氏培养基就是真菌培养用的基本培养基），如果它们能生长，那就意味着它们可能已进行了杂交。至于异宗配合的食用菌，则可以利用菌丝的性别来进行杂交，即取来自两种不同品系的单孢子分离物两两混合接种在一起，经培养后，凡出现双核菌丝的组合（有的还能见到锁状联合现象），并能正常结实的就证明是能杂交的。因为这类食用菌的单孢子分离物（单核菌丝体）原是不育的，不能形成正常的子实体。

第五节 菌种的保藏

菌种保藏的目的在于使菌种经过较长时间后，仍然保持着生活能力。菌种保藏的基本手段是采用干燥、低温、冷冻或减少氧气供给等方法终止其繁殖、降低其代谢强度，使之处于休眠状态，得以保藏。

一、母种的保藏

母种由于量少，一般多保藏在冰箱内。因处理方法各异，分以下几种：

（一）斜面低温保藏法

斜面低温保藏法是最简便最普通的保藏法。将菌种保藏在

营养丰富的 SYP 斜面培养基上（见第二章），置于冰箱中保藏。温度调节在 4℃ 左右。此法适用于大多数食用菌，但对低温忍耐度较差的草菇菌种，不适宜在低温下保藏。一般菌种可保藏 3~4 个月，故需定时移接，此法保藏虽然方便但是保藏时间短，需经常转管，也很容易发生衰退现象。

（二）液体石蜡保藏法

液体石蜡选用化学纯，装入三角烧瓶中，液体石蜡的装入量，不能超过瓶体积的 1/3（太多了在灭菌时，液体石蜡会碰到棉塞），塞好棉塞用高压蒸气灭菌，0.1MPa 保持 30 分钟。灭过菌的液体石蜡瓶，置于 40℃ 恒温箱中数日，使其中的水分蒸发，用无菌吸管，吸取上述液体石蜡，注入已备好要保藏的斜面试管菌种（要求与低温保藏相同），使液体石蜡高出斜面 1cm 左右。注入液体石蜡后的试管放在试管架上，在 4~15℃ 温度下保存，但要注意选择干燥的场所，在保存期间应定期检查，发现培养基露出液面，应及时补充灭过菌的液体石蜡。

（三）砂土管保藏法

砂土管保藏法是将食用菌的孢子保存在干燥的无菌砂土中，凡能收集到孢子的食用菌，都可采用此法保存。

（四）滤纸保藏法

滤纸保藏法是将孢子吸附在滤纸上，干燥后加以保存。

（五）麦粒菌种保藏法

制作方法：先将小麦浸水 5 小时，去水后晾干麦粒表面的水分，装入小试管，装入量为试管高的 1 / 3，高压蒸气灭菌 0.1MPa 保持 30 分钟，冷却后接入孢子液或菌丝悬浮液，摇匀后置适宜温度下培养。当试管中的麦粒发满菌丝之后，放入装有氯化钙的干燥器内，进行抽气干燥，干燥后，将干燥器放于低温（20℃以下）处保藏。此法保藏菌种，经过 1~2 年后，再接到培养基上，菌丝生长仍然良好。

二、原种与栽培种的保藏

培养好的原种和栽培种，如果不能马上使用或使用不完，在有条件的单位可保藏于冰箱内，但也可保藏于阴凉、干燥、干净的保藏室，室温 10~20℃。如果温度低，可保藏时间长些；温度高，保藏时间短些。总之，保藏室的温度不宜超过 20℃，但也不能低于 0℃。

第七章 食用菌栽培所需条件

食用菌生产是以获得子实体为根本目的的一门科学。为达到优质丰产之目的，不但要解决菌种问题，更重要的是解决一系列栽培技术问题，二者绝不可偏废。如果不注重栽培技术的研究，有了优良菌株，其优良品性也不能得到充分发挥。因此，不但要强调菌株选育，也要强调栽培技术。

食用菌栽培，一样必须满足其生长发育对各种条件的要求，菌丝才能生长旺盛，子实体形成才能多而丰满。创造条件，栽培食用菌，是发展食用菌生产产业的方向。

第一节 菇房及菇场

菇类可以栽培在各种苗床、菇场、农田、旧房屋、地下室及山洞等场所，甚至可以用塑料环棚等进行陆地生产。有条件的单位，在进行大规模生产时，对有些食用菌，建造专用菇房，创造适宜的环境条件，会更有利于菇类的良好生长发育、为稳产高产奠定基础。

一、菇房（栽培室）的建造

建立专用永久性菇房除具有一般建筑应有的条件，还必须考虑种菇对地理环境的特定要求，因地制宜建造。

（一）菇房设计的要求

1. 应选择良好地域建造菇房 菇房应建造在周围开阔、清洁、地势高燥、近水源（包括肥源）、无积水，利于排水的地方，并要求附近（尤其是上风处）无产生有毒气体的工厂。

2. 菇房坐向应合理 菇房方向应座北朝南，结构牢固、有利于通风换气，冬季又可提高室内温度。

3. 菇房面积适宜 菇房面积以栽培面积在 150~200m²为宜，菇房过大不便于管理及病虫害的防治，菇房过小则利用率不高。

4. 菇房结构必须有利于保温、保湿 屋顶及四壁要坚厚，可减少外界环境变化的影响。有条件的单位可考虑加温（或降温）设备。

5. 菇房必须有良好的通风换气设备 屋顶上设置拨风筒，墙脚下开设地窗（在菌床行间），墙上部开上窗，窗的数量大小以有利于整个菇房的通风换气（包括死角处）而定，使二氧化碳在菇房中积累浓度不超过 0.5%。一般拨风筒装得越高，地窗开得越低，通风情况越好。

6. 菇房结构必须有利于病虫害防治 菇房地面及四壁宜光洁坚实，使病菌与害虫不易匿藏，便于冲洗消毒。地面最好是水泥地或砖地。如果泥地则事先要打实。上窗及地窗应该钉上尼龙纱网，以防老鼠、害虫窜入。门窗要能封闭严密，以提高药物熏蒸及保温效果。

（二）菇房的形式和结构

1. 地上式菇房 菇房一般长 8m、宽 5~6m。屋脊上装置一排拨风筒，位置在走道的顶上。上窗略低于屋檐，地窗高出地面 8~10cm，窗宽 40cm，高 46cm。门与走道同宽，高度以人可进出为宜，门上要设有小窗。一般四列床架的菇房要开两道门，开南门或南北对门（图 7-1）。

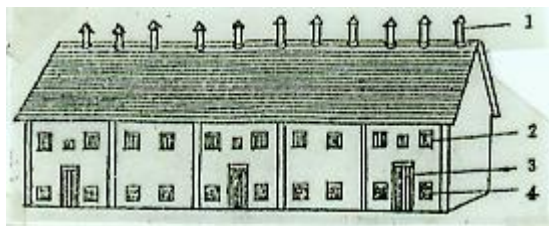


图 7-1 地上式菇房

1. 换气筒; 2. 上窗; 3. 门; 4. 地窗

2. 地下式菇房 在寒冷地区,可用地下式菇房栽培食用菌。它一般都深埋在离地面 1.65m 以下(图 7-2)。地下防空洞也是地下式菇房的一种。地下式菇房的特点是:空气相对湿度大,温度变化小,冬暖夏凉,栽培时间长。缺点是:管理操作及通风换气较为不便,雨季易积水。所以这种菇房要用石块和水泥建筑,顶上最好能安装电动抽风机。菇床可以排成两列,每列 3~4 层。层间距离约 50cm 左右。

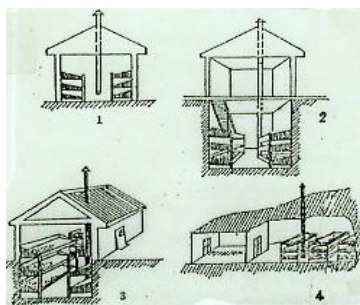


图 7-2 各种不同形式的菇房

1. 地上式; 2、4. 地下式; 3. 半地下式

3. 半地下式菇房 此种菇房一半筑在地上,一半埋地下,

故能兼具地上式及地下式菇房的优点(图 7-2)。建造这种菇房,先在地面挖坑,坑深 2.2m(地下水位高的地方可挖浅些),宽 2.7~2.9m,长度随意。地上部分用砖砌墙,高 1.5m(地下部分最好也能砌砖坯),如能涂上一层水泥则更好;用土墙者,虽较经济,但不耐水淹,又不便于清洁消毒,缺点较多。

半地下式菇房同地面的角度以成 30° 为宜,在屋脊,每隔 4~5m 处,设拔风筒(直径 40cm)一个。菇房内排列两列,分为 6 层,宽 1m,深 18cm,层间距离 45cm,菇床间走道宽 70cm。

二、菇场的选择

菇场的选择要根据各种食用菌生长发育对生活条件的要求来综合考虑,菇场选得好坏,不但直接关系到菇的产量和质量,而且关系到是否省工、省力,有利于管理。

(一) 山区菇场的选择

1. 采用段木栽培法 选择菇场首先是要考虑菇树的问题。菇场附近的树木必须是适合栽培菇的树种,还应有较多的树源。

2. 菇场的高度 菇场所处高度以山的中部或海拔高度在 500~1000m 左右为宜。山窝树木茂盛,水流较多,过于潮湿;500m 以下的低山或小丘陵,则因森林资源被破坏,人类的开垦和牲畜的践踏等因素;1000m 以上的高山气温太低,而山顶空气相对湿度过大,且水源缺乏,坡度大道路崎岖,管理困难,均不宜选作菇场。

3. 坡向 菇场建立在坐北向南或东南的山林坡较为适合,即可避免干燥寒冷的西北风的侵袭,又可防止白蚁的危害,并可接受温暖潮湿的东南风。此种环境的光照也最为适宜。

4. 坡度 坡度选择以 10° ~ 35° 为好。过陡,不易操作;

过于平坦，不利排水，会因积水而引起菇木腐烂，杂菌滋生及招诱白蚁危害。

5. 土质 菇场土质以砂壤土最好。含砂量少、粘性大泥土透气性差，对埋木栽菌类不利。同时还由于往往含有有机质、水分多，易生杂菌及白蚁，对地面栽菇类也不利。其次，碱性大的地也不适宜选用。

6. 荫蔽度 隐被度也是很重要的问题。荫蔽度小（50%以下），由于通风较大，日照过多，湿度下降，不利于种植菇类的生长发育，必然影响到产量和质量。

7. 水源 如有山溪流过，便可调节湿度，也便于取水喷浇管理。

8. 菇场 菇场要相对集中以利合理安排，过于分散，不利于管理。

9. 选地 对于埋木栽菌类，最好选用未种过庄稼或该菌的场地，若非选不可，最好间隔（荒芜）几年后再用。

选好的菇场要清除杂草、落叶、小树、灌木等。必要时，可用石灰消毒场地，做到环境清洁整齐。

（二）平原地区菇场的选择

平原地区的菇场要选择地势平坦，避风向阳，空气清新，雨后不积水又接近水源的地方。并根据需要用毛竹或树干或水泥杆搭简易棚作遮荫用。屋前宅后，菜园田地，路边树下等都可以不同程度地被选用来作为某种食用菌的栽培场地。

第二节 主要设备

食用菌生产可因陋就简，土法上马。有条件的单位，在进大规模生产时，走正规化和机械化的道路是必须的，也是食用

菌生产发展的方向。

一、菇床（架）的搭建

菇床是栽培菇类的场所，其形式有床架式，畦面菇床及箱式菇床，目前生产上以架式菇床居多。

（一）床架式菇床

床架必须坚固耐用，平稳安全，能担负起培养瓶或培养料以及覆盖土的重量。一般可采用竹木结构，有条件的可用钢筋水泥结构。菇床的层数约 5~6 层（依菇房的高度而定），每层床上有横档，铺上细竹条或竹片，摊上芦帘塑料薄膜等。床架的宽度以及四周是否需挡板，因栽培方法和品种各异（图 7-3）。宽度一般以能采到菇床中间的菇子为适中。放培养料的菇床，每层菇床的深度在 16~20cm。菇床各层距离在 60~70cm 左右，最下层距离地面 20cm 以上，最上层离屋面 1.3~1.6m，床架间距离 60cm。

菇床在菇房内的排列应与菇房方位垂直，即东西方向的菇房其菇床应排成南北向，南北向的菇房其菇床排列成东西向，而窗则开在菇床的行间，可避免风直接吹向床面。



图 7-3 双孢蘑菇菇床

（二）畦面菇床

利用村前，屋后、庭院、田园、防空洞、苗床或采石洞穴栽培菇类时，培养料多铺成畦状。这就要求在畦的上方，用竹木或钢筋搭成大棚(或简易环棚)，上盖塑料薄膜和草帘来保温、保湿和遮荫，创造一个适合菇类生长发育的环境条件生产各种食用菌（见畦地式栽培法）。

（三）箱式菇床

近年来在世界各国日益兴起利用箱式菇床栽培食用菌，这主要是因为可使栽培机械化、工厂化，从而可降低劳动强度及提高产量，但投资较大，对技术及管理水平要求更高。

箱式菇床，是将用木制或塑料压模的栽培箱重迭排列或以“品”字形交错排列迭架而成。

栽培箱的大小一般为 $50 \times 50\text{cm}$ ，高 16cm ；或 $70 \times 70 \times 15\text{cm}^3$ ； $106 \times 61 \times 20\text{cm}^3$ ； $190 \times 120 \times 20\text{cm}^3$ 等规格。

二、机械设备

代料栽培食用菌的机械设备，有木材切片机、粉碎机、培养料搅拌机、装瓶装袋机、产品脱水烘干机。专业生产的厂、场，一般必备上述“五机”。

（一）木材切片机

切片机是将砍伐的段木或修剪枝桠切割成片的机械。选购时，可根据当地木材资源状况而定，选购木材切片机或枝桠切

片机。切片机使用时应注意：使用前先调好刀盘上飞刀与喂料底刀、侧刀之间的间隙；切片时投料要均匀，在遇超负荷时，应放慢投料，待转速恢复到正常后再继续投料；在喂小料或不均匀的板皮材时，会出现木材跳动现象时，应尽量插满喂料口，使之不跳动，以保安全；当刀口不锋利或刀口角度磨得不正确时，会引起吃料时的厉害跳动，应立即停机待处理好后，才能使用。

（二）粉碎机

粉碎机是将切片机切下的木片粉碎成木屑的机械。粉碎机也可用普通饲料机，但必须更换刀片和筛盘。使用粉碎机时应使出粉口的集布袋透气性良好，因而集布袋以长4~5m，直径30cm较好，并每当粉碎一定时间后，应把集粉推移到集布袋的另一端，以增加出粉管的透气性，提高生产率。同时每工作一段时间，应停机修整一下，以免因筛孔堵塞，阻力大引起电机发热等不正常情况发生。

（三）拌料机

拌料机是将配方培养料和水等搅拌均匀的机械。使用时要特别注意不要将石块和金属等硬块杂物混入料中，以防损坏机件，以及不能在叶板转动时去操作筒盖。

（四）装瓶、装袋机

装瓶、装袋机是在同一机上配制不同口径的搅龙套，用来将培养料装进菌种瓶或将栽培料装入塑料袋中的机械。因而在使用时，必须根据装瓶或装袋的需要，更换相应的搅龙和搅龙

套。更换或安装时，螺栓都必需连接牢固，并要拧紧。工作时切勿将手伸入料斗内，以免扎伤手指。

（五）烘干机

烘干机是将采收下来的鲜菇脱水烘干的机械。烘干机的燃料以煤、木柴为主，亦可用电热。使用烘干机时要特别注意排湿和控温（ $45 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）。

（六）切草机

可将稻草切成 8、15、21、35mm 小段的机械。

第三节 原材料及其配方

充分利用农业废物栽培食用菌已成为目前的一门新型科学技术。锯末、棉籽壳、稻草、麦秸、棉秸、花生壳、蔗渣、马粪、牛粪、猪粪肥等都是培养菇类的好材料。这些材料可混合使用，也可单一使用，如栽培平菇、凤尾菇时就可以用棉籽壳或稻草单一原料进行培养。

一、食用菌适生寄主（host）

目前人们栽培的食用菌，在自然条件下，按其适生寄主可分为两大类型，即木腐型和粪草型（除了用粪草栽的双孢蘑菇，用草料栽的草菇以外，其余的大都是木材腐朽菌）。

（一）木腐菌

除茯苓的适生树种为松树（马尾松、黄山松、云南松、赤松、黑松等），竹荪的适生寄主为竹类（黄箴、竹叶、竹枝等）外，绝大多数食用菌的适生树种为阔叶树，其树种的选择原则如下。

1. 山区老产区 在山区主要选用壳斗科、桦木科等树种。如麻栎、栓全栎、槲栎、白栎、米楮、华氏栎、棘皮华等；此外，枫杨、枫香、白杨、榆树、槭树、刺槐、椴树、橄树、悬铃木、柳树、桑树、构树等也是山区常用的树种。

2. 城郊树段来源 果园整枝和更新枝干，如桃、梨、苹果、杏、李等；人行道树剪下来的枝条，如悬铃木、枫杨、白杨、柳树、榆树、槭树等。人行道树遮荫大，剪枝多，每年可修剪下来大量枝条。

上述树种经切片，粉碎成木屑，可作为瓶栽、袋栽或菌棒栽培的原料。

（二）粪草生菌

1. 稿草 配制培养料的稿草主要采用稻草、麦秸及其他禾本科植物的茎叶。论腐熟以稻草和大麦秸最易腐熟，元麦秸和小麦秸其次，黑麦秸和燕麦秸最次。若生料栽培平菇、凤尾菇时，稻草必须经石灰水浸泡。此外，玉米秸、玉米芯及紫花苜蓿等豆科植物的茎叶，甘蔗渣，花生壳等也能用来配制培养料。所用稿草都必需是未霉烂的，已经腐烂的草料不宜取用。

2. 粪肥 配制双孢蘑菇培养料的粪肥历来是马粪（包括骡、驴粪），马粪不仅含有丰富的养料，而且质地疏松，能贮蓄较多的空气和水分。马粪和稿草堆积发酵时升温快，堆温高，腐熟好，是栽培蘑菇的好材料。牛、猪、鸭粪也能栽培蘑菇，用牛粪和猪粪代替马粪栽培蘑菇，其产量和质量均与用马粪栽培的相似。由此可见，牛粪和猪粪都可以用来代替马粪栽培蘑菇。

目前用猪、牛粪栽培蘑菇已在全国普遍推广。使用猪、牛粪必须注意其加工技术，因为猪、牛粪的含水量一般均较多，尤其是牛粪，由于食物在胃内经过反复细嚼，质地致密，通气性差。因而用猪、牛粪堆积发酵时，微生物的活动弱，发热量低，材料不易腐熟。所以用猪、牛粪来栽培蘑菇时，粪肥最好先经晒干敲碎，如果一时来不及晒干，则应将湿粪加水捣稀后方能上堆使用。

粪肥也可混合使用，混合肥常常优于单一粪肥。据测定，马粪含磷比牛粪多，猪粪含钾比马、牛粪多，而牛粪含钙丰富。粪肥混合后可丰富培养料的营养成分。

二、添加的化肥种类

在配制食用菌培养料的时候，由于配方中的营养很难齐全，必需添加一些人工合成的化学肥料补充其不足（菌类营养生长和生殖生长必需的碳氮比）或作为辅助成分。常用的有尿素、过磷酸钙、硫酸铵、硝酸铵、石灰氮、石膏、石灰等。

三、代料种类

所谓“代料”是指代替适生寄主来栽培食用菌的各种有机物。随着食用菌生产的发展和研究的深入，完全靠树木来栽培木腐菌；靠竹子来栽培竹腐菌；靠粪肥来栽培粪草生菌已远远跟不上形势发展的需要。研究代料栽培将成为食用菌生产的重要课题。目前用稻草、棉籽壳、花生壳、棉柴、玉米芯（秸）、酒糟、蔗渣等代料栽培木腐菌和竹腐菌；用血粉、玉米粉、大豆粉、棉籽饼、菜饼、化肥等代替粪肥种蘑菇都取得了很多成功的经验。但随着食用菌栽培业的飞速发展，限于地区的资源，研究新代料仍将是一项任务，有待我们去探讨。

四、培养料配方

(一) 栽培木腐菌（阔叶树为适生寄主）的培养料配方

配方一：锯末 100kg，麦麸 20kg，玉米粉 2kg，蔗糖 1.5kg，石膏粉 2.5kg，尿素 0.3kg，过磷酸钙 0.6kg。

配方二：锯木屑 100kg，麦麸 15kg，谷糠 5kg，糖或米粉 1kg，石灰 0.5kg，硫酸镁 3 汤匙。

配方三：锯木屑 78%，麦麸 20%，糖 1%，石膏粉 1%。

配方四：棉籽壳 100kg，麦麸 20kg，石膏粉 3kg，石灰粉 0.6kg。

配方五：甘蔗渣 100kg，米糠 25kg，石膏粉 3kg，磷酸二氢钾 0.3kg，尿素 0.3kg。

配方六：锯木屑 70kg，蔗渣 30kg，麦麸 20kg，石灰 0.5kg，硫酸镁 3 汤匙。

配方七：玉米芯（轴）80kg，木屑 20kg，蔗糖 2kg，蛋白胨 0.3kg，尿素 0.2kg。

配方八：花生壳 80kg，棉籽壳 20kg，蔗糖 2kg，石膏粉 2kg。

配方九：稻草（或麦秸）80kg，木屑 20kg，麦麸 25kg，蔗糖 1.5kg，石膏粉 2kg，尿素 0.5kg，磷酸二氢钾 0.3kg。

配方十：黄豆秸 70%，米糠 28%，糖 1%，石膏粉 1%。

配方十一：玉米秸 70%，米糠 28%，糖 1%，石膏粉 1%。

配方十二：稻草 78kg，麦麸 20kg，石膏粉 1kg，蔗糖 1kg。

配方十三：稻草 73%，麦麸 5%，蔗渣 20%，过磷酸钙 1%，蔗糖 1%。

配方十四：稻草 39%，棉籽壳 39%，米糠 20%，糖 1%，石膏粉 1%。

配方十五：向日葵秸 70%，麦麸 25%，石膏粉 1%，蔗糖 1.1%，黄豆粉 2%，硫酸镁 0.6%，磷酸二氢钾 0.3%。

配方十六：葵花籽壳 80%，杂木屑 17%，石膏粉 1%，尿素 1%，过磷酸钙 1%。

配方十七：高粱秆 50%，木屑 30%，瓜壳粉 18%，石膏粉 2%。

配方十八：芦苇 35%，芒萁 30%，杂木屑 12%，麦麸 20%，蔗糖 1.5%，硫酸镁 0.5%，石膏粉 1%。

配方十九：玉米芯 40%，棉籽壳 40%，麦麸 18%，石膏粉 1.6%，尿素 0.4%。

配方二十：麦秸粉 78%kg，蔗糖 1kg，石膏粉 1kg，磷酸二氢钾 0.04kg，尿素 0.05kg。

配方二十一：豆秸 88%，麦麸 10%，蔗糖 1%，石膏粉 1%。

配方二十二：三级破籽（纺织厂下脚料）78%，麦麸 20%，糖 1%，硫酸钙 1%。

上述各配方配制好后，使其含水量为 60~65%。

（二）国内外常用的双孢蘑菇培养料配方

1. 牛粪用量高水平的配方 干牛粪 3000kg，鸡粪 500kg，尿素 20kg，菜籽饼 200kg，大麦草 900kg，稻草 600kg，石灰 50kg，石膏粉 75kg，过磷酸钙 40kg。

2. 牛粪用量中等水平的配方 干牛粪 1500kg，稻草 750kg，大小麦草 1250kg，菜籽饼 250kg，人粪尿 1500kg，猪尿 2500kg，过磷酸钙 35kg，氨水 65kg，石灰粉 50kg，石膏粉 50kg，尿素 10kg。

3. 牛粪用量低水平的配方 干牛粪 750kg，稻草 1000kg，大麦草 1500kg，菜籽饼 250kg，过磷酸钙 35kg，氨水 750kg，石膏粉 40kg，石灰粉 50kg。

4. 通用马粪堆肥配方 马粪 750kg，麦秸 250kg，过磷酸钙 10kg，碳酸钙 20kg。

5. 鸡粪堆肥配方 稻、麦草 2000kg, 鸡粪 500kg, 尿素 30kg, 石膏粉 50kg, 过磷酸钙 25kg。

6. 南朝鲜禽粪堆肥配方 稻草 1000kg, 禽粪 100kg, 尿素 12~15kg, 石膏粉 10~20kg。

7. 荷兰堆肥配方 马厩 1000kg, 碳酸钙 25kg, 尿素 3.5kg, 石膏粉 25kg, 麦芽 16kg, 过磷酸钙 7kg, 棉饼粉 10kg。

8. 稻麦草、化肥合成配方 稻草 1000kg, 大小麦草 2000kg, 菜籽饼 300kg, 尿素 25kg, 人粪尿 6000kg, 过磷酸钙 60kg, 石灰粉 50kg, 石膏粉 50kg。

9. 台湾省合成堆肥配方 稻草 1000kg, 硫酸铵 20kg, 尿素 10kg, 碳酸钙 28kg。

10. 日本合成堆肥配方 稻草 1000kg, 石灰氮 10kg, 尿素 5kg, 硫酸铵 13kg, 硫酸钙 30kg, 过磷酸钙 30kg。

11. 我省南陵县的配方

(1) 马牛粪 57%, 无霉变稻草或麦草 40%, 石膏 1%, 过磷酸钙 1%, 干石灰 1%, 水适量。

(2) 稻草 82%, 含量为 45%-48%的三元复合肥 2%, 尿素 (可用复合肥等量代替) 6%, 过磷酸钙 3%, 石灰 4%, 石膏 3%, 水适量。

第八章 食用菌栽培技术

食用菌由于吸取营养的来源和方式不同，可分为草腐菌、木腐菌（包括竹荪）和菌根菌三类。前二类是腐生菌，后类为共生菌。草腐菌目前栽培的主要有双孢蘑菇、草菇、鸡腿菇三种。木腐菌目前栽培的主要有木耳、银耳、猴头、香菇、平菇、凤尾菇、竹荪、茯苓、金针菇、杏鲍菇、金福菇等。菌根菌有松菇、口蘑、美味牛肝菌、松乳菇等，属人工驯化栽培菌类。

第一节 段木栽培法（香菇、木耳、银耳等）

段木栽培法是一种古老的栽培方法，香菇、木耳、滑菇、灵芝、桑黄、银耳、平菇、金针菇、猴头以及其它木生型菇类都适合用段木栽培法，此法栽培的食用菌有很旺盛的生命力。以香菇、木耳、银耳、灵芝来说，虽然代料栽培已获成功，并已迅速在国内推广，但就其商品价值来说，仍以段木栽培者为佳，是代料栽培所不能代替的。发展外贸商品，仍有赖于在山区建立生产基地。另一些品种则不然，如平菇、猴头、金针菇等，已几乎完全被代料栽培所取代。灵芝、桑黄等完全采用短段木熟料栽培。目前采用段木栽培的菌类主要有木耳、银耳和香菇。

段木栽培一般包括原木的砍伐、架晒、接种、发菌、排场、出菇管理等生产工艺。不同的菇类，对树种的选择是有区别的，如香菇生产，以选含单宁多的硬质树为好，寿命长，产量高；木耳生产以硬质树较好，软质也可以；银耳生产则相反，以软质树为好，硬质较差；平菇、金针菇（现已不采用段木栽培）则适于用软质树栽培，而且不得含有过多的单宁。

一、段木准备

（一）砍 树

树木从老叶枯黄到新叶初发前都可砍伐，一般在冬至到立春间砍伐。所栽培菇的菌丝在初期是在韧皮部和木质部之间（形成层）发育，树皮对菌丝的生长起着保护作用，因而树皮固着度好，菌种定植快，成活率高，所以，砍树宜早不宜迟。

栽培各种菇的菇木，对树龄和直径没有严格的要求，一般以 10 龄左右，直径在 10cm 左右较为适宜，这种树木表面积大，菇发生早，发生量多。如果采用修剪下来的枝条作段木来源，修剪时间上应根据修剪要求而决定。事实上，一般修剪时间与段木准备时间是一致的，平时要陆续收集备用。

（二）整 理

砍树后，不要急于整枝，留着枝叶可加速水分蒸发，促进树木迅速干燥，组织早日死亡。约 10 天至半个月后，把所有侧枝全部削去，削时用快刀齐树干自下而上削去，削口要平滑，削成圆疤，以减少杂菌浸入菇木。然后锯成 1m 长左右的段木，以便搬运和管理，排场时也易贴地吸潮。如修剪下的枝条，其直径在 5cm 以上，同样可以锯成段木用于栽培。最后，将段木截面用新鲜石灰水涂刷，消毒切口。

（三）架 晒

目前所栽培的食用菌都是营腐生生活的，它们只能在充分枯死的树木上生长，架晒的目的就是让段木的组织死亡和脱水干燥到一定的限度，以便准备接种。架晒时把段木粗细分开，

以“井”字形堆叠在地势高燥，通风、向阳的地方，上面及四周盖上草防雨，使其发酵及适度干燥；或堆在室内阴凉处，堆高 1m 左右。每隔半月左右要翻堆一次，把段木上下内外调换，使段木发酵及干燥均匀，雨天室外堆最好用塑料薄膜覆盖，以防雨淋回潮，树皮脱落。一般经过一个多月，段木有七、八成干时，是接种的适宜湿度，便可进行接种。

（四）接种前段木处理

接种前要检查段木的干湿度，湿度适中的段木有利于菌丝的良好生长。新伐的段木经过架晒后，段木截面有少量裂纹出现，干至为刚砍的七、八成左右为适宜。早伐的段木往往过于干燥，打穴接种后成活率低，可在接种前先放水中浸泡数小时或一天，使吸收补充部分水分，取出后再晾晒 2~3 天（以树皮干燥为度），使树皮干燥而段木内部含有适量水分，做到“外干内湿”，以利接种后发菌。

二、人工接种

段木栽培的菌类，其生产周期的长短，因栽培菇的种类各异，一般 1~3、4 年，但主要看头年。认真做好接种工作，做到适时、保质、保量又是头年中的关键。

接种时间一般根据所栽培菇的温性及当地气候特点，掌握在前期有利于菌丝生长，后期有利于后期出菇的时候进行，如果采用人工控温栽培，可适当提前或退后接种。接种时，最好选择雨后初晴，空气湿度大，气温适合的时候进行。

接种通常用的菌种类型有枝条（或木块）菌种、木屑菌种、楔形木块菌种和孢悬液等。

（一）枝条（木块）菌种接种

用手电钻或打孔器在段木上打穴（图 8-1），一般穴距约 10~30cm，行距 5~10cm 左右。由于菌丝在段木中纵向生长速度快于横向生长，所以穴距应大于行距，使菌丝能均匀地长满整个段木。穴的直径由枝条（木块）菌种粗细决定，但一般为 1~1.2cm。穴的深度以打进木质部 1cm 左右为宜，约 1.5~2.0cm 左右。自段木两端离截口约 5cm 打穴，行与行的穴交错成品字形。接种时，将枝条（木块）菌种直放穴上，用小锤敲入，逐穴逐行完成接种。由于菌丝的发育是从树的形成层开始的，因此敲时要敲紧，让菌种与形成层保持牢固的接触。

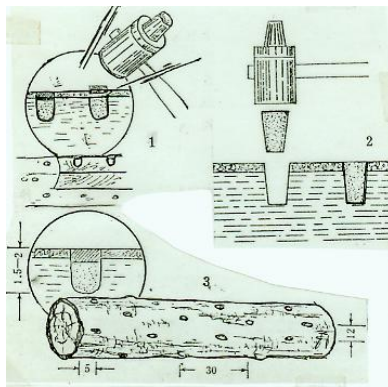


图 8-1 段木接种（单位：cm）

1. 木屑菌种接种；2. 木块菌种接种；3. 接种穴距

（二）锯木屑菌种接种

先用镊子挖去菌种表层的菌膜，然后将木屑菌种自瓶内挖出，尽量使成块状，然后在段木每一穴中放入一块菌种，约占穴的八成左右，有条件可用接种器接种，再盖上用皮带冲冲出

的树皮盖(树皮盖较穴大2~3mm，并事先放入沸水中煮沸10分钟消毒)，用锤敲紧，使与段木树皮密合(图8-1)；或涂抹石蜡封穴(取石蜡70%，松香20%，猪油10%，加热熔化拌匀，待稍冷却时用毛笔蘸取涂抹)。

(三) 楔形木块菌种接种

接种用接种斧或木工凿子，在段木上砍凿成深约2cm接种斜口，口子与段木成45度角，然后将培育好的楔形木块菌种塞在接种口子中(图8-2)再用锤子或接种斧背敲紧。

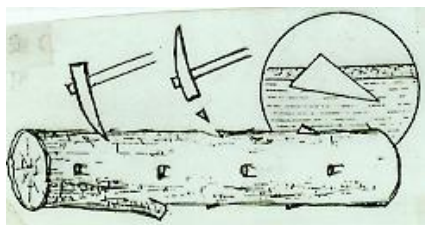


图8-2 楔形种木接种

(四) 孢子液接种

首先用刀在段木上每隔10~20cm砍上口子，砍口深度以达到木质部为宜。每根段木上在两面砍上口子，过粗的段木也可在三面砍上口子，边砍边用清洁的喷壶或喷雾器把配制好的孢悬液喷洒在段木的砍口上，务必使每根段木和每个砍口均能喷洒到孢悬液。

孢悬液接种最好在雨后天晴时进行。孢悬液接种成活率不及固体菌种为高，出菇率也低些，主要在菌种缺乏时采用此法。

三、上堆发菌

木屑菌种接种时，由于菌丝在挖瓶及接入穴中受到损伤，枝条或木块菌种接种时同样也会受到影响，生活力降低，为了使菌丝尽快地恢复生长，人工接种后，把段木堆积在适宜的条件下，使孢子或菌丝能在段木中萌发、定植和生长，这一过程称为上堆发菌。上堆前先把地面打扫干净，在地面用砖石垫脚，把接好种的段木按树种、粗细、长短分开，以“井”字形分层堆成 1m 左右高的小堆，段木与段木之间要留一些空隙，勿使紧靠。

为了创造孢子萌发和菌丝生长的条件，上堆时应保持适宜的温度、湿度和空气，可在堆上覆盖塑料薄膜，或者覆盖 7~10cm 厚的细树枝，以保温防淋。上堆时堆温因品种各异，一般保持在 20~28℃ 之间，空气相对湿度保持在 80% 左右，还要保持一定的新鲜空气，可在晴天中午（寒冷季节）或晴天的早晚（高温季节）掀开覆盖物四周通风换气。段木堆积过高过紧及通风不良，往往使堆温升高，长期超越 30℃ 以上会严重影响栽培菇菌丝的生长，甚至会引起死亡，即所谓“烧堆”。用塑料薄膜覆盖时，如堆温过高，应将薄膜四周掀开或全部取去以通风降温。

根据所栽培菌的种类，做到适时翻堆，一般在接种一周后翻堆一次（香菇在接种 20~30 天内），即把每堆段木上、下、内、外调换，重新堆叠，使发菌均匀，以后每隔一定时间（因栽培品种各异，如木耳为一周，香菇为 20~30 天）翻堆一次。接种时，段木的含水量适宜，在第一次翻堆时不需补充水分。随着气温的逐渐升高，段木内水分蒸发较多，在第二、三次翻堆时，根据段木的干湿程度，每隔几天可喷些细水调节段木湿度，喷水后，待树皮稍干再行覆盖，以防杂菌滋生。在翻堆过程中，要注意检查菌种的成活率和杂菌污染情况，木屑菌种接种的，挑去树皮或封蜡，在接种穴面有白色菌膜；木块菌种或枝条菌种接种的，拔出木块或枝条后，穴壁或穴底可见白色菌

丝，说明菌丝已行定植。如果发现木屑菌种干燥松散，或在菌种上出现黄、绿、红、黑等颜色，说明菌种已死亡和被杂菌毁灭，要重新补种。上堆后，根据栽培品种，经2~4次翻堆，便可散堆排场。

四、散堆排场

排场是上堆的继续，目的是使菌丝向段木深处迅速蔓延，也是使菌丝从生长阶段逐渐进入发育阶段的过程。排场的场地要求向阳潮湿，并有适当遮蔽。排场时，要根据菇场的环境条件和栽培品种，采取不同的排放形式，即将段木一根根平铺在短草的地面（如排在泥土上，应用木杆或石块将一端垫起，使之略离地面，以免泥土溅污菇木）或以覆瓦式、蜈蚣式或井字形排放（图8-3）。每根菇木可距5~10cm，使吸收地潮，接受阳光雨露和新鲜空气，这段时期内，要注意保温保湿。晴天要加强水分管理，浇水保湿，雨天均要停水，并将菇木架高些，防止菇木过潮和杂菌生长。排场期间同样酌情翻动，使受湿均匀。经过一段时间的排场，菇木成熟时，木耳、银耳耳芽大量发生（有50%以上）；香菇当菇木树皮组织松散，粗糙不平，打时发出浊音或有瘤状突起，便可进行后期管理。在整个排场期间，还应喷撒一二次敌百虫，以防治害虫。

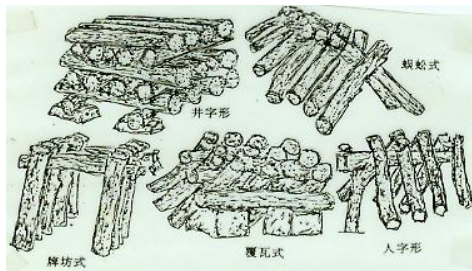


图8-3 菇木排放方式

五、菇木（耳木）管理

培养成熟的菇木(耳木),大多是在栽培场所起架出耳(菇)。立木时,先在地面按南北向打上两根有分叉的树棒,在叉口上横搁上一根长的树干,然后将菇木从原来朝地一面按“人”字形(图 8-4)依次交叉斜放在横梁两边(横梁离地 50~60cm),立木角度以 45 度角为宜,一般晴天可平些,雨天可陡些,新菇木可平些,隔年菇木因内部疏松吸水快宜陡些。每根菇木之间相距 10cm 左右,架与架之间留下作业道,便于采收管理。

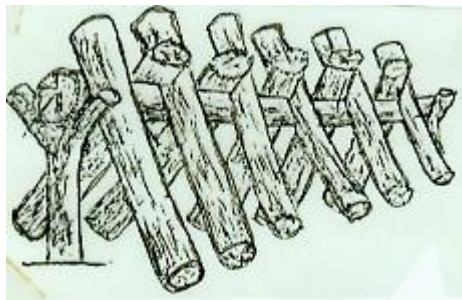


图 8-4 菇木架立方法

上架后的管理工作主要是保持“干干湿湿”的外界条件。喷水的时间、次数、水量应根据气候条件及菇木情况灵活掌握,一般晴天多喷,阴天少喷,雨天不喷。

菇一旦成熟,要及时采收。采收后,把每根菇木上下倒头,使湿度均匀,并卷起或掀去遮菇棚架上的覆盖物,停止喷水,让阳光照射菇木几天,降低菇木湿度,一方面使菇木表面干燥开裂,出现细长裂缝,有利菌丝向纵深发展,分解、吸收和积累更多的养分,为继续出菇作准备,还可凭借太阳光中的紫外线杀死段木表面的有害微生物。然后再盖上覆盖物进行喷水管

理，这时菇蕾（或耳芽）又会大量涌现，出现第二潮菇。对产菇 2~3 年的菇木，用淘米水、豆浆汁等浸泡追肥，以增加菇木的营养，有一定的增产效果。

六、采 收

采收工作要做到适时，早了影响产量，迟了又会影响质量，只有坚持先熟先采的原则，才能达到高产优质。

采收时间，最好在雨后初晴时进行，或晴天的早晨进行。采收时，用手指齐菇（或耳）基部将其摘下，勿使菇根（脚）残留在菇木上而造成腐烂。采收时要注意留下菇蕾（或耳芽），让它们继续生长。每次采收时，将菇木翻个面，使均匀吸收潮气和阳光，增加出菇面，并将菇木上下对调，使原来的下端多受阳光，减少腐烂，上端多吸土湿，促使菇蕾（或耳芽）形成。

七、越冬、越夏管理

对于多年出菇类，存在着越冬和越夏管理问题，一般低温型菇类面临的是越夏，中温型菇类面临的是越冬。虽所处的季节不同，但管理的方法是相同的，每当进入冬、夏，可将菇木按“井”字型堆叠在清洁高燥（或低温）处，让菇木保持较干燥状态。但要维持菇木内含有一定的水分，如久旱不雨，菇木过分干燥，可每隔一定时间喷一次水，以增加湿度。

经越冬越夏的菇木，到来年栽培季节再行散堆起架、管理采收。

第二节 短段木熟料栽培法（灵芝、桑黄等）

短段木熟料栽培法主要用于灵芝和桑黄的栽培。除桑黄以

选用桑树外，主要选用壳斗科、桦木科等树种。采用短段木熟料栽培灵芝和桑黄具有产品品质好、生物转化率高、成品率高、合格率高、经济效益好等优点。生产工艺流程为：树木选择→砍伐→切段→包装→灭菌→接种→菌丝培养→场地选择→搭架→开畦→脱袋→埋土→管理（水分、通气、光线）→出芝→子实体发育→孢子散发（灵芝）→采收→晒干→分级→包装→贮藏。树木的选择、砍伐要求同段木栽培法。

一、季节安排

灵芝属中高温性菌类。生产的接种季节，安排在 11 月下旬~1 月下旬，当年均可收获两批子实体，可收获两年。桑黄也属中高温性菌类，但由于其生育期长（第二年才有收获物），可安排在春、秋两季栽培。

二、切段装袋

段木砍伐后，在熟化消毒的当天或前一天进行切段，长度一般 15~30 厘米，切面要平，周围棱角要削平，以免刺破塑料袋。袋的规格有 20 厘米、30 厘米、35 厘米、40 厘米等的 5 丝高密度聚乙烯筒料，每袋装一段，大段装大袋，小段装小袋（也可将细段木捆在一起装袋），两头缚紧。若段木过干，则浸水过夜再装袋。

三、熟化灭菌

用常压灭菌，保持 100℃，15 小时，或 97~99℃，保持 18~20 小时。在加热时，要避免加冷水引起降温，影响灭菌效果。要注意灶的实际温度，防死角，防断水。

四、消毒接种

按每立方米段木 100 袋接种量接种。接种时要进行二次空间灭菌。接种室要选门窗紧密、干燥、清洁的房间，墙壁用石灰水粉刷，地面是水泥地。第一次消毒在段木出灶前进行，按每立方米空间用烟雾消毒剂 4 克，消毒过夜；第二次消毒在段木冷却至 30℃ 以下时，在各项接种工作准备完毕后进行。为了减少污染率，接种室应有缓冲室。整个过程中，动作要迅速，一人解袋，一人放种，一人系袋，再一人运袋，多人密切配合，形成流水线作业。主要在袋口段木表面接种，中间可不接。菌种要紧贴段木切面。这样发菌块，减少污染，一般接种成活率可达 98%。

五、菌袋培养

菌袋放在通风干燥的室内较暗处培养，放室外要有遮雨、保温、遮荫措施。菌袋立体墙式排列，两菌墙之间留通道，以便检查。也可将接种的段木袋按“井”字形堆放。接种后置 25℃ 左右的培养室培养。菌丝生长中后期若发现袋内大量水珠产生，则要加强通风或降温，每天午后开门窗通风换气 1~2 小时。一般培养 30 天左右（桑黄需培养 2~3 个月）菌丝便可长满整个段木表面。这时，可结合刺孔放气，减少袋内积水。通过开门窗换气增加袋内氧气，促进菌丝向木质部深层生长。室内培养期约两个月（桑黄需 3~5 个月）。对污染的菌袋，可脱袋清洁杂菌后重新灭菌培养，且用种量宜大些。

六、搭棚作畦，排场埋土

（一）栽培场地的选择

应选择在海拔 300~700 米,夏季最高气温在 36℃ 以下,6~9 月份平均气温在 24℃ 左右,排水良好,水源方便,土质疏松,偏酸性砂质土,朝东南,座西北的森林地或田地里。

(二) 作畦开沟

栽培场应在晴天翻土 20 厘米,畦高 10~15 厘米,畦宽 1.5~1.8 米,畦长按地形决定,去除杂草、碎石。畦面四周开好排水沟,沟深 30 厘米。有山洪之处应开好排洪沟。

(三) 搭架建棚

具体操作与普通香菇荫棚相同。

(四) 排场埋土

排场时间应选择 4~5 月(桑黄可在春、秋两季节)天气晴好时进行。场地应事先清理干净,注意白蚁的防治。排场应根据段木菌种不同,生长好坏不同进行分类。间距 5 厘米,行距 10 厘米。排好菌木后进行覆土 2 厘米。以菌木半露或不露为标准(对桑黄菌,将发好的段木菌袋袋口剪去,倒直排在畦床上,埋入沙土中 3 厘米,每袋间距 20 厘米左右)。也可把菌丝发满的灵芝菌袋用利刀从中间划一圈之后,去掉菌袋上的一半塑料袋,使之一半露在外面,露出菌丝的部分朝下,袋与袋之间用土填实,然后注水,使表面土层潮湿。覆土深浅厚薄应视栽培场湿度大小酌情处理。覆土最好用火烧土,既可提高土壤热性又可增加含钾量,有利出子实体。

七、管 理

管理工作主要注意三要素，即温度、湿度和光照。温度控制在 $26^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，空气的相对湿度要经常保持在 $85\%\sim 95\%$ ，要给予一定的散射光照。灵芝的朵数，一般直径15厘米以下的灵芝以1朵为宜，15厘米以上的以1~2朵为宜。桑黄菌待袋中有瘤状突起时，将突起处塑料袋划口增氧，增加空气相对湿度，促使子实体慢速渐渐长大。进入冬季，要控制在低湿下，保温越冬。

八、采 收

（一）子实体采收

灵芝菌盖边缘乳白色-乳黄色圈消失，表明菌盖已停止生长，但还可进行加厚生长。当菌盖边缘不再生长，色泽由淡黄色转成红色，菌盖下面子实层内散出棕红色担孢子时，表明子实体已成熟，即可采收。采收方法应用快刀或枝剪从菌柄基部剪下，留柄蒂 $0.5\sim 1$ 厘米，让剪口愈合后，再形成菌盖原基，发育成二潮灵芝。采收时，如带有培养基或袋子残留物，应及时去掉，采后及时晾干，或烘干，保存加工或出售。保存过程中一定要防止霉变和虫害。灵芝子实体主供药用，加工主要是干制。干透后立即装入无毒塑料袋中贮存，以免回潮变质。桑黄为多年生层孔菌，产孢量少，子实体无柄，桑黄子实体长到一定大小（三年），菌盖边缘由黄转变成黄褐色时，即可采收。采收后的子实体加工可参照灵芝进行。

（二）灵芝孢子粉的采收

灵芝孢子是灵芝的“种子”，长于子实体（菌盖）腹面的管孔（菌孔）之中。当子实体成熟时，孢子就会从管孔中飞出，

有的散落在菌盖表面，有的随气流飘向四周。由于孢子粉散发时四处飞扬，若不用特殊装置，就很难收集到。灵芝菌盖表面自然散落的孢子粉，通常与许多灰尘混杂在一起，质量很差，通过水洗、风选等方法也难以提高其纯度。采用套袋法采集灵芝孢子粉方法如下（最新方法见《灵芝培植技术》）。

1. 纸袋的制作 要用白纸（若用报纸等做纸袋，重金属元素含量很可能超标）。把白纸裁成 $36\text{cm} \times 25\text{cm}$ ，做成周长 36cm ，高 25cm 圆纸筒。

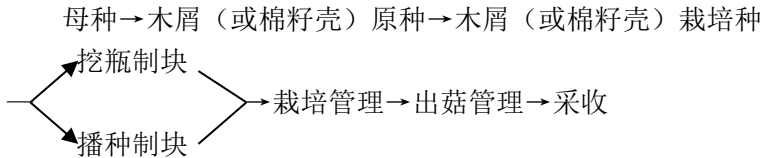
2. 掌握套袋时间 过早套袋，易造成菌柄徒长，使得子实体伸出袋外，易形成畸形灵芝；过迟，则会影响孢子粉的收集。当子实体即将成熟时，菌盖边缘由白色变为淡黄色，背面隐约可见咖啡色孢子时，就要抓紧时间准备套袋。套袋前，首先喷一次重水，把菌盖表面灰尘冲干净，从上往下套袋，动作很轻（避免碰伤菌盖），并用塑料绳将袋子固定在灵芝根部，上口盖上准备好的白纸。

3. 套袋后的管理 以保湿为主，并注意通风换气。保持相对湿度在 90% 以上，不要直接往纸袋上喷水，每天通气 2h ，并昼夜开背风窗。保持纸袋手触有湿感，走进栽培棚有阴凉感为宜。从套袋到孢子粉弹射结束约 $15\text{d} \sim 20\text{d}$ 。

4. 收集与加工 灵芝孢子弹射结束后，小心地拆开纸袋，从菌柄基部剪下子实体，轻轻地用刷子将纸袋及菌盖表面的孢子粉扫落在不锈钢容器中。每个套袋大约能采集到 $10\text{g} \sim 15\text{g}$ 新鲜孢子粉。收获的孢子粉要及时干燥，可于 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 烘干，再用 300 目过筛，增加孢子粉的流动性。然后，每 1000g 称重，真空包装，低温或暗室阴凉处储存。

第三节 菌砖（块）栽培法 （香菇、平菇、凤尾菇等）

近年来，随着国际国内市场对食用菇类的要求量日益增多，加上木材腐朽菌的大量生产受到树木、地区、季节等限制，人们必须把有些段木栽培的菇类引向用木屑或代料栽培。菌块栽培法就是其中一种。目前，用于菌块栽培的食用菌有香菇、平菇、凤尾菇、滑菇等。菌块栽培法可因栽培品种的不同，利用菇房，或村前、房后、菜园、空地等场所进行栽培。由于各种栽培菌的抗逆性差异，栽培时可采用菌种压块和生料栽培两种方式（生料栽培主要用于抗逆性强的平菇、凤尾菇菌类）。其生产程序如下：



一、菌种制备

采用菌块栽培法必须选用菌丝生长快，旺盛，生活力强，出菇早，产菇持续期长，抗逆性强，产量高，品质好的优良菌株。按制种程序制备母种、原种至栽培种。在制种过程中，要严格做到去染、去劣。

二、制菌块

根据栽培菌的种类，做到适时制菌块。菌块主要用木制或铁制的框子制作（图 8-5）。框子的大小可根据自己的需求，一般用厚度为 5cm，面积为 0.1m²的砖框，以便于计算面积及产量。也可用于品比鉴定。

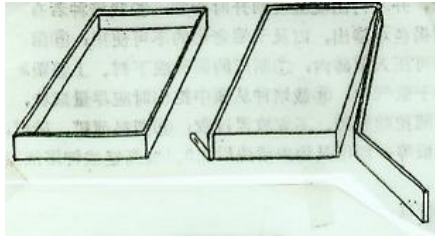


图 8-5 木制菌块模示意图

制作菌块时，先把栽培种从瓶中挖出，除去表面的菌皮，均匀地置于木制或铁制的框内（框下垫一平整的薄木板），再用一块有柄的小木板稍加压紧，边压边加至所需要厚度为止。菌砖表面要拍平，四周要揸紧些，以免脱框时松散（松紧度以脱去木模菌块不倒边为宜）最后连框移至菌床的塑料薄膜上，先用力压几下菌丝块，使其与床架薄膜紧贴，然后抽去木板，脱去砖框，这样可使空气和水分难以渗入菌砖下部，以免底面形成过厚菌膜，有利于整齐的出好第一潮菇。也可用活络框子，直接在菌床上进行，制好去框。

每块菌砖约需栽培种 10~12 瓶（750g 菌种瓶）。菌砖间距离为 3~5cm，以便于管理和采收。

生料栽培是以配制好的培养料压砖，以穴播或分层撒播菌种于菌砖内，至菌床栽培。

菌砖（或菌块）逐块制作和放置完毕后，在面上及四周覆一块塑料薄膜盖紧，以利保温、保湿，促进菌丝愈合及减少杂菌污染机会。为了防止杂菌污染菌砖，要注意：操作室及菇房或菇棚必须保持清洁；选用生活力强的优质原种接栽培种；栽培种接种时间要适时；制菌砖时，应掌握在适温季节进行，并不再出现温度回升时为宜；栽培种若有污染或下部有黄褐色水渗出，以及干缩老化的不可使用；菌皮均要拣去，不可压入菌砖内；制成的菌砖应下衬、上盖塑料薄膜，勿暴露于空气中；

栽培种从瓶中挖出时应尽量成块，勿全部搞碎，随挖随制砖，不宜放置过夜；塑料薄膜、砖框、挖瓶棒、垫板等一切用具均应清洗后用 0.1% 高锰酸钾溶液擦（浸）洗消毒。

三、管 理

压好的菌砖在适宜的温度下，经二三天后，菌丝便恢复生长，一周后，用菌种制作的菌砖便结合牢固；生料栽培的，菌丝也布满表面，在这期间，要根据气温和菌丝生长情况做到保温和透气并进。当菌砖及垫衬的薄膜出现分泌出的水珠成堆时，可用清洁的纱布吸去，否则菌砖浸水处表面往往发粘加厚或因浸渍菌体死亡引起杂菌污染而影响出菇。如菌砖表面有少量杂菌，则用石灰水揩擦并加强通风及降温；杂菌较多的要取出用清水冲洗干净，二三天后再挖去被污染的部分，用菌种填补，使重新愈合完整；杂菌污染严重的砖块，要取出处理，以免蔓延。待菌砖表面有菇蕾形成，且渐渐长大时，面上覆盖的塑料薄膜要架空，以增加薄膜内小气候的空气，并每日掀开覆盖的薄膜换气。若栽培香菇，必需结合转色进行（见菌棒栽培法）。栽培室也要加强通风换气，以免二氧化碳积累过多而影响菇的呼吸作用。在管理期间，对变温性菇类还要进行温差刺激，使温差拉大 8~10℃ 以上，有利出菇。

出菇期间空气的相对湿度要求在 90% 左右，可用喷雾器空中喷雾，调节湿度。菌砖的水分调节在第二、三批菇采收后开始进行（香菇的浸水见菌棒栽培法）。并结合喷水进行追肥。

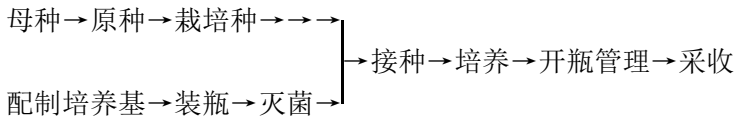
四、采 收

采收时要采大留小，分批采收，采摘时，用大拇指和食指捏住菇柄基部，将其拧下。采摘均不留根脚在菌砖上，也要防

止带起培养料，而影响今后出菇。当每批菇采收完毕后，让菌丝“休养”二周，重新积累养分，然后加强水分管理，几天后新的菇蕾又将形成。

第四节 瓶栽法（猴头、灵芝、金针菇、平菇等）

瓶栽法，是利用木屑（或经过粉碎的小树枝条）或其他代料（像棉籽壳、甘蔗渣、玉米芯、花生壳等）作为培养基质，装入瓶中进行栽培的方法。瓶栽法不受地区和资源的限制，在段木缺乏的地区和城市均可采用。瓶栽菇的种类主要有猴头、灵芝、金针菇、平菇、银耳等。菇农可根据所栽培食用菌的温性（型），一年四季都可栽培。其栽培程序如下：



一、培养料装瓶及灭菌

根据栽培菌的种类，选择合适的配方，将配制好的培养料及时装入广口瓶（或菌种瓶）中，边装边用捣木适度压实，装料的多少，应根据所栽培菌的种类，及瓶口大小决定，一般装至瓶高的 $3/4$ 处，必要时也可装至瓶颈或齐瓶口，压平表面，用捣木尖端插入培养料中央直至瓶底进行打洞，洞穴上粗（1.5cm左右）下细（1cm左右）。打洞有利灭菌彻底，也有利于菌丝生长蔓延。然后用清水洗清瓶外壁及瓶颈内壁，擦干瓶口，塞上棉塞（菌种瓶或小口瓶）或包扎塑料布（中心有一微小针孔）和牛皮纸，准备灭菌。

培养料装瓶也可用装瓶机进行，利用机器装瓶，速度快，

装料均匀，为大规模生产所必须。

培养料装瓶结束后，就应立即进行灭菌。灭菌最好用高压蒸气灭菌锅进行。一般需在 0.1~0.15MPa 压力下，灭菌 2~4 小时；如果没有高压灭菌锅设备，连续笼蒸 16~18 小时，再闷一夜，也可以达到灭菌效果。

二、接种和培养

灭菌后，将瓶移入接种室（箱）内，待瓶温降至 30℃ 以下时，用无菌操作法将栽培种（或原种）接入。接种后，因品种，将瓶置于 22~28℃ 温度下培养。除了根据自然温度选择适宜的栽培季节外，当栽培室的温度与适温相差过大时，则温度低时要加温，高时要通风降温。培养期间，培养室内的湿度应保持在 60% 左右或以下。

三、管 理

接种后，经过一段时间的培养，菌丝已全部覆盖培养基料面并向培养基内生长，待向下生长达 3~4cm 左右时，为了增加某些栽培菌类的菌丝对氧气的需要，可将覆盖的薄膜去掉（用棉塞的因能保证通气性，不必去），换上牛皮纸，让新鲜空气进入瓶内，促进菌丝生长。当菌丝长满全瓶时，对于多数菌类可将瓶移入栽培室，拔去棉塞和覆盖物，使之出菇。

栽培室要求通气良好，有漫散射光及 85%~90% 的空气相对湿度。如果湿度不足可向空间及架上喷清水，并加强通风。对于生产菌柄的种类如金针菇，当子实体长高出瓶口以后，可制作喇叭形纸筒（或塑料筒）放在瓶口上，以促进菌柄伸长（图 8-6）。对银耳，待菌丝长满后，在封口薄膜上开口出耳。



图 8-6 套筒栽培

四、采 收

采收方法因栽培的品种不同各异。有的是轻握菌柄下部，旋转将子实体取出（平菇、凤尾菇、金针菇、香菇等），也有的是用刀沿培养基表面割下（猴头、银耳等）。第一批采收后，清整培养基表，放于干燥的适宜环境中，让菌丝休养一段时间，然后再提高空气相对湿度，加强管理，不久可再出第二批子实体。只要管理得当，有的品种可出第三、四潮，直至五~七潮。

第五节 塑料袋栽培法（平菇、木耳、杏鲍菇等）

用塑料袋制种栽培，不仅解决了用玻璃瓶制种、装瓶、挖瓶操作费工，成本高，投资大的缺陷；而且菌丝生长状况可以通过塑料袋观察到，便于管理；加之塑料袋膜具有一定空气透过率，比玻璃瓶有较多的氧气交换，有利菌丝生长，出菇早、快、品质好。用塑料袋栽培各种食用菌（平菇、木耳、银耳、金针菇、猴头、灵芝、秀珍菇、姬菇、杏鲍菇、金福菇、鸡腿菇等），随着产量的提高，在全国普遍采用。

一、栽培袋制作

塑料袋最好选用耐高温高压的聚丙烯袋或高温聚乙烯塑料袋。聚丙烯在湿热情况下能耐 140~150℃ 的高温, 0.2MPa 压力, 故采用聚丙烯袋在高压灭菌时不受损坏。袋的厚度选用 30~50 μm , 袋的直径和长度可根据所栽培食用菌的种类和季节温度自定, 一般可采用 15~25×30~50cm。对于立袋栽培的最好选用平底的。如果购买不到平底袋, 可在装袋时将袋底二角向内塞至二角碰到即可, 这样装入培养料后能平稳, 直放于培养架上。

培养料配制好后, 用装袋机装袋 (或手工装袋)。装袋时, 要求光滑均匀, 不能在塑料袋四周出现凸凹不平。凸出来的部位, 塑料袋变薄, 灭菌时容易破裂; 凹进去的部位, 因空隙大, 较通气, 子实体容易在该处发生, 造成浪费, 而且影响培养基表面子实体的发生量。装袋还必须装紧、压实, 预防塑料袋四周有菇蕾发生。袋子装好后, 根据栽培品种直接扎紧或在其一端 (或二端) 留 10~15cm 左右长度, 以便上颈套或供将来菌柄生长 (金针菇) 之用。塑料颈套 (内径 3.4cm, 高 3cm), 也可用硬包装纸自行制造, 把塑料袋口穿过颈套, 再向下翻, 用橡皮筋或线绳扎紧, 形状象玻璃瓶口一样。然后塞好棉塞。一切准备完毕后, 就可进锅灭菌。

二、灭 菌

塑料袋的体积大, 装料多, 灭菌的时间相应要长。在 0.15MPa 的压力条件下, 装袋培养基需灭菌 2~4 小时; 常压蒸气灭菌时, 达到 100℃ 后须维持 16~18 小时。无论是高压蒸气灭菌或常压蒸气灭菌时, 塑料袋底下都必须垫一张纸或软布等保护。此外, 采用高压蒸气灭菌时, 要特别注意, 排气时不应太急, 让它慢慢降低压力, 以防塑料袋膨胀或破裂。若选用聚

乙烯塑料袋，只能在常压下灭菌，切勿高压灭菌，灭菌结束后，在搬运塑料袋过程中，同样必须垫纸。

三、接种、培养

接种时，因袋子的长度可自袋口接种或打孔接种（见菌棒栽培法的接种）。塑料袋口要靠近酒精灯火焰，但不能碰到火焰，以免把塑料袋烧熔。接种量要稍多些，可缩短菌丝长满上表面的时间，减少杂菌感染机会，提高栽培种的成功率。

在培养过程中，要创造能使菌丝健壮生长的条件。培养室温度可根据所栽培的菌类控制在 20~25℃，不宜超过 25℃，特别是培养后期，温度超过 25℃，在袋上面常出现黄水，水色由淡变深，并由稀变粘，这种粘液的产生对以后栽培带来不利，容易引起霉菌感染。培养室的相对湿度在 60%左右，如果湿度太低培养料水分损失多，培养料易干燥，对菌丝生长不利；相对湿度超过 70%，棉塞会受潮，易受杂菌污染。菌袋放在培养架上培养后，不宜翻动，否则会增加污染率，因塑料袋和瓶子不一样，它的体积不固定，在手捏的地方体积变化把空气挤出袋外，而在手去掉时其体积复原，就有少量的空气入内，这样就有可能进入杂菌孢子。还有，在手触袋壁的地方，增加了塑料袋与培养料的压力，遇到较尖锐培养料（锯木屑或棉籽壳）就会刺成肉眼看不见的小孔，杂菌孢子也会由此而进入。因此，在培养过程中尽量少动，在拣杂菌时也尽量少动培养袋，必要时，用力轻些，发现杂菌及时去掉。

四、栽培管理

菌丝长满后，要及时搬到适温的栽培房中或栽培场进行栽培管理，一般是把棉花塞或封口膜去掉保留套环（或去掉套环）

直接管理（平菇、杏鲍菇、姬菇、猴头菇、灵芝等）；对银耳、木耳之类采用开洞栽培；也有的种类如香菇可脱去塑料袋让其转色（见菌棒栽培法）；鸡腿菇、灵芝、金福菇、双孢蘑菇、平菇等可采用脱袋覆土；金针菇开袋后，将袋口向上拉直成筒状进行常规管理等。

（一）开洞栽培

将已达到生理成熟的菌种袋，移到栽培室或室外林间空地，进行排袋或挂袋栽培（图 8-7）。这时要给它们形成子实体的条件，子实体形成的温度低于菌丝生长的温度。



图 8-7 银耳的排袋栽培

相对湿度宜保持在 90%左右，在适宜的季节里，栽培场所保持湿度的方法是经常保持地面潮湿，再加空中喷雾，如温度不够需要加温时，对菇房栽培的就要采取烧水蒸气的办法，既能增加温度又不致降低空气湿度。野外栽培可利用太阳能增加温度。

木耳、银耳生长要求好的空气及一定的散射光，空气新鲜，有利耳芽的形成，色质也好。因此，在栽培袋上开洞可以增加氧气和水分的供给，有效地促进子实体的形成和生长。同时，可以利用开洞的数量来控制子实体的数量，因为在开洞处的菌丝体能得到充足的光线、氧气、水分，有效地促进此处子实体

的形成，所以开洞栽培，子实体都是在开洞处形成，或在塑料袋的破裂口形成。

开洞的具体做法是：栽培前把棉塞、塑料套去掉，上面多余的塑料剪去，去除老菌种块，在向上面（架式排袋）或在培养袋周围（挂袋）均匀开洞，两洞之间距离 5~6cm，根据所用的塑料袋规格，确定开洞多少。

开洞一星期内，要注意栽培室（场）的空气相对湿度保持在 90%左右，每天喷水 1~2 次（不要向袋上直接喷水），少量通风。直到肉眼能看到洞口有大量子实体原基，并遮盖洞口，这时就要较多的水分，可增加喷水的次数和喷水量，并可在袋上直接喷水，还需增长通风时间，在适宜的温度下，得到充足的水分和氧气，木耳和银耳的子实体便能健壮地生长。成熟即可采收。

（二）开袋口栽培

开袋口栽培与开瓶栽培相同。平菇、猴头、灵芝、姬菇、杏鲍菇、秀珍菇等开袋后加强湿度管理就可出菇；金针菇栽培，由于需要的收获物是菌柄，所以在去掉棉花塞和套环后，再把塑料袋上端部分多余的塑料袋翻卷至近料面，在塑料袋口上覆盖一层地膜（或报纸）保湿，保持空气相对湿度在 90%左右。当菌柄长到 3-5 厘米时，将翻卷的塑料袋完全拉直，恢复原来的圆筒形，再覆盖上地膜（或报纸），喷水管理，保持 90%左右的空气相对湿度，促进菌柄的伸长。

当塑料袋中的金针菇长至 15cm 左右时就可以采收。采收后，必须马上搔菌，把原来的老菌种块耙掉，表面轻轻地耙去一层，不可以把培养基整块耙掉，以免造成浪费。进行塑料袋搔菌时还需仔细，不能划破袋子，否则第二批菇蕾长出时，从破洞钻出来，影响菌柄的正常生长发育。如果塑料袋上端部分

划破，可用大头针别住，使之仍然能代替套筒。第二批菇的喷水管理方法与第一批菇的喷水管理方法相似。

平菇、杏鲍菇、猴头等的栽培是将袋两头开口后，把多余的薄膜向后翻卷或套上颈圈（防止长菌柄），墙式或“井”字形排列，加强空间湿度（90%左右）管理出菇。

秀珍菇和姬菇的栽培是将塑料袋解开后拉直，恢复圆筒形，加强湿度管理（空气相对湿度 90%），促进出菇。

（三）脱袋覆土栽培

鸡腿菇、金福菇和双孢蘑菇必需覆土才能出菇，灵芝可以采取覆土栽培，平菇可以在开袋出一至二潮菇后进行覆土。在培菌结束后（鸡腿菇、金福菇、双孢蘑菇和灵芝），将塑料袋脱去，覆盖 2~3cm 厚土，并调好覆土的水分（具体方法，参照短段木熟料栽培法的覆土）。加强湿度管理，便可出菇。

第六节 菌棒栽培法（香菇、木耳、平菇等）

菌棒栽培法，实质上是塑料袋栽培法的深入，使栽培进一步野外田园化。主要用于香菇、木耳、灵芝、猴头、侧耳等食用菌的生产。由于是塑料袋栽培法的扩大形式，所以，对木耳、灵芝、猴头、侧耳等请参见袋栽法，本节重点讲述香菇。菌棒式栽培香菇，是在菌丝压块栽培基础上发展起来的一种新技术，省去了挖瓶、压块等工序，不但操作简便，由于菌丝没有遭受损伤，可缩短生长周期，还能提高产量，近年来，在全国各地均采用此方法（图 8-8）。



图 8-8 香菇的菌棒栽培

一、栽培袋制作

田园化大面积栽培需要耗用大量的塑料袋，从节约出发，一般选用高温低压聚乙烯筒料。料膜厚度选用 $30\ \mu\text{m}\sim 50\ \mu\text{m}$ ，口扁宽 $13\sim 17\text{cm}$ ，裁长 $50\sim 60\text{cm}$ ，每袋可装干料 $0.7\sim 1\text{kg}$ ，每公斤筒料可裁成袋子 150 个左右。裁成的袋子先自一端用线扎紧，并用火封头。配制好的栽培料及时装入塑料袋中，装料要求松紧适中，最好用装袋机分装。装料注意事项同塑料袋栽培法。

装料后用线绳将另一端扎紧，再用湿布擦净薄膜袋面，并在袋子的正反面打上接种穴，正面打三穴，反面打两穴，正反两面的位置要错开。穴口径 1.5cm ，深 2cm ，然后用胶布剪成 $3.5\times 3.5\text{cm}$ 的小方块，帖封接种口。打穴工作也可以在灭菌后接种时进行。

二、灭菌消毒

把打穴封口的料袋，及时搬入常压灭菌灶内，以“井”字形排列，堆高5~6层后，放置活动层栅，再继续堆垛。不要一味追求堆放筒数，使下层料袋受重力压迫变形，堵塞蒸气通道，受热不均。在灭菌过程中，在鼓风机配合下，采取“攻头保尾控中间”直到蒸气上升到100℃时，开始记时，维持16~18小时，以杀死杂菌。随后让其自然冷却数小时后，再微开门，散热，然后搬至灭菌的冷却室或接种室冷却。

三、接种、培养

当袋温降到室温时，即可进行接种。接种时，一边打开贴在穴口上的胶布，一边用接菌器将菌种迅速地接入接种穴内，轻轻压实使菌种与培养料吻合，然后顺手把胶布重新贴封穴口。若是打穴与接种同时进行，可将人员分成4人一组。甲者负责将胶布剪成3.5cm左右的小方块，串接成菱形长条，备用。乙者负责料袋表面消毒及打孔。丙者用酒精灯火焰灭过菌的接种器将菌种接入孔穴内，填满，并高出袋面。丁者迅速用预先剪好的胶布封口。料袋一面接完后，再接另一面。每批接完后要注明菌号、接种日期，甚至接种者姓名，以便发现问题，及时追查。近年来，为了节约成本，减少工序，省去用胶布封穴，而以加大接种量，用菌种封穴。采用此法，切不可在高温、空气过分干燥（或高湿）条件下进行。同时也只能在一面打接种穴。但最多采用的还是在菌筒接种后在袋外再套一个塑料袋。

培养是在培养室内进行（每栽培1万袋需准备室内培养菌丝的堆场160~200m²）。将菌袋置于地面，四袋为一层，“井”字形堆垛，每堆4~10层（温低多堆，温高少堆）堆距15~20cm。堆时，注意将接种穴朝两侧或错开接种穴位，有利于通风，一周内要保持通风，干燥，温度控制在28℃以内。一二周后进行翻堆，并检查菌丝生长情况。当菌丝蔓延直径达10~12cm时，

将胶布揭起一角以增加氧气（或去掉套袋）。待菌丝在袋中生长达 1/3 时，要降温（22~25℃）培养，直到菌丝长满。

四、栽培管理

（一）菇场与菇床

每栽培 1 万袋需准备野外菇场 1 亩地。菇床床面宽 1~1.4m，可立放菌棒 8~10 根。床高 15cm，排水沟宽 60cm，深 75cm 左右。沿畦床边每距约 2m 打一木桩，桩高 30cm 左右，然后把竹竿顺畦向固定在木桩上，再每隔 20cm 横架竹竿，即成排菌棒的菇床。菇床上面要搭荫棚遮荫，四周用芦苇围起来。便于管理和防风。

（二）脱袋转色

菌棒在培养室里培养至菌丝达到生理成熟后，及时移置室外菇床进行脱袋栽培管理（反季节香菇可采用袋内转色，覆土栽培方法）。其管理方法，除香菇需经转色阶段外，其他食用菌的栽培管理可参照塑料袋栽培法中有关内容。

将脱袋的香菇菌棒与畦面成 70~80 倾斜度排靠于畦架上，每排 8~10 根，菌棒间距为 5~10cm。排好一畦后，应立即用洁净的薄膜罩上，以免染菌。排棒要求在晴天或阴天上午进行，雨天不宜，若遇西北风应停止脱袋，因为气候干燥，菌棒失水受损，影响转色出菇。脱袋温度 15~22℃ 为宜，超过 25℃，低于 12℃ 暂不脱袋。

排场后，一般情况下在 3~5 天内不掀薄膜。如温度偏高，每天掀膜 2~3 次，使温度控制在 20℃，以防菌丝徒长。发现薄膜内壁有水珠应及时抖掉，以降低湿度，防止菌丝徒长和污

染。脱袋3~5天后，一般菌丝已恢复生长，菌棒表面出现浓白色的菌丝。这时要增加掀动薄膜次数，每天通风2~3次，每次20~30分钟，以增加氧气和光照，拉大菌棒表面的干湿差。一般7~8天菌丝局部开始转色。此时要结合通风1小时，连续喷水两天，每天1~2次，迫使加快转色。同时将粘在菌棒上的黄水冲去，喷水后让菌棒表面略干些，以手摸不粘时覆盖好薄膜，迫使菌丝倒伏转色。转色完毕，再创造有干湿差和温差的环境，促使原基形成。当菇床一直处于恒温、恒湿时，白天要盖轻薄膜，提高床温，凌晨4时掀开薄膜，使菇床温度急剧下降，人为地创造温差，连续3~4天即可现原基并形成菇蕾。若遇到低温，可适当抽去遮阳物，利用太阳能提高床温（达15℃以上），也可促使菇蕾形成。出菇以15℃最佳，气温在20℃以上时，子实体发育快，菇盖薄，易开伞，质量差；若温度过高，原基就不能分化成菇蕾，且常会发生枯萎死亡。子实体发育的温度要求稍高、较恒定，且要有一定的湿度、空气和光照。如果长期处于低温和偏干的环境，菇蕾就难以发育长大。因此，气温10~12℃时，子实体发育速度缓慢，菇肉厚，品质优，但产量少。从菇蕾到子实体一般只需3~5天，低温需要6~10天。出菇管理工作，既要考虑人为创造最适的出菇环境条件，又要注意菌丝生长发育所需的环境要求，这样才能使菇蕾不断发生，子实体健康生长。

（三）采收后管理

头潮菇采完后，要增加通风次数，使菌丝尽快恢复生长。7~10天后采收老菇的部位开始发白，说明菌丝已恢复生长，这时白天要盖紧薄膜，提高床温，晚上适当掀膜，人为地创造温、湿差，促使第二批原基形成。待菇蕾长至直径2cm时开始喷水，掌握“雨天不喷，阴天少喷，晴天多喷，气温超过20℃早晚均

要喷”的原则。第二潮菇采收完后，照上述办法停喷几天，菌丝复壮，然后连续喷水几天，并拉大温差，又可促使第三潮原基形成。

（四）浸水（或注水）

春季是室外棒栽香菇发生盛期，其产量占全年 60% 左右。但经秋、冬季，菌棒的水分已大量减少，要进行浸水处理。先将菌棒两端用 8 号铁丝戳 6~8cm 的深孔，再顺序排于浸水沟中，上压重物，然后灌水至淹没菌棒为止。一般浸水 5~10 小时，使菌棒含水量与装袋时的重量相当为止。浸水后菌棒按原样排于菇床上，盖紧薄膜，进行出菇管理（有条件的可用注水器原位直接注水）。浸水时间最好安排在寒流来临之前。浸水时加 0.01% 柠檬酸或 0.1% 过磷酸钙效果好。菌棒上出现杂菌时，用 1500 倍克霉灵进行局部涂擦；若杂菌已深入培养基内，可用尖刀挖除干净，再补上新的培养基，可照常出菇。水培法培育香菇可免去浸水，正在我省示范、推广。

第七节 堆栽法（草菇）

草菇的人工栽培目前主要采用堆栽法，其生产程序包括作畦、堆草下种和管理等步骤。

一、作畦

草菇菌丝虽生于稻草，但实际上有部分菌丝和子实体是着生于菌床的土壤上，土壤可为菌丝除提供营养和水分外，还可以调节温度，因此，选择优良土壤很重要。

（一）选 地

选地在栽培前一周进行，选疏松、肥沃、排水良好的砂质壤土地作畦。这种土壤的保湿、保温、贮存养料及通气性能均好，又有利于草菇菌丝及子实体的生长发育。保水性能差的砂土或土质过粘以及含盐分高的土壤，均不适用于作栽培场地。另外，栽培场地应选择接近水源的地方。便于浸草起堆，日常淋水用水。

（二）杀 虫

选好地后，用1%的菜籽饼或辣蓼水淋地，杀死蚯蚓、蜈蚣。整地后，喷洒0.1%敌百虫（或乐果）杀灭蛴螬、蜗牛等。也可用高浓度氨水100kg，加水250kg淋地四周杀虫、灭菌。

（三）作 畦

地选好后，用犁翻地，晒白后耙碎平整，再晒二天便可作畦床。低温时栽培，作成东西向的畦床；盛夏栽培，作成南北向的畦床，有利保温或通风。畦宽一般1m，畦面作成平的或龟背形，中间高20~25cm，两边逐渐倾斜至与地面平。畦面要适度拍实，以免浇水后下陷或造成养分流失。畦与畦间距50cm左右，畦间挖一小沟，在场地四周还要挖一条较深的环场水沟，以便排水及防止白蚁等侵入。

二、堆草下种

选新鲜、干燥、金黄色的稻草，扎成每只重0.5kg左右的草把。浸入清水中20~30分钟，并用脚踩踏。不踩踏需浸数小

时至十几小时。

堆草形状要上小下大成梯形，并要做到整齐、紧实、有利于出菇和管理（图 8-9）。一般堆宽约 1m 左右，高约 0.5m，长度不限。播种的位置尽量靠近每层草的边缘处，以免播在中央而被发酵时的高温烧死。



图 8-9 畦床及堆草

（一）短草把堆草法

此法适用于矮秆品种的稻草。堆草前先在畦面及四周适当撒施 3%~5% 的厩肥，然后在畦面四周撒上一圈草菇菌种，幅度约 5cm 左右，把浸过水的草把基部均朝向一面，一把接一把地紧密排列在畦面上。两端草把要用草绳捆扎，以免塌崩。第二层草把排列方向同上，但要向内缩进 3~4cm，中间填放乱草。人站上草堆边踏边淋水，使草堆紧密。第三、第四层方法同上，每层两端草把要捆扎，在近边缘处播菌种，也要踩踏淋水。堆草完成后，盖上临时草被。

（二）小草把堆草法

把浸过水的稻草，用脚踏住尾端，用力扭绞，再从中折绞成小草把（∞型），用草扎住，不使散开。在畦面铺上 4cm 厚散草，四周近边缘内侧播上 4cm 宽的菌种，将草把扭转处朝外

排列于四周畦面，盖住菌种，中间用散草填平踩紧，即为第一层。同法排 3~4 层，每层均向内缩 5cm 左右，并层层播种、踩紧，最后一层面上撒满菌种，并盖上薄薄的一层草，再撒上一层薄土，即成。

（三）长草堆草法

此法适于高秆品种的稻草，堆草方法与短草把堆草法相同。

（四）乱草堆草法

将乱草扎成草枕，按小草把堆草法进行。

三、盖草被

用稻草或草帘盖在草堆的上面及四周，叫盖草被。目的是为了改善草堆的温度、湿度，避免风吹、日晒和雨淋等。

堆草后，可先盖上临时草被。将稻草一端扎住、一端分开盖于堆上，以防雨淋日晒。

早春栽培，因气温低，堆草后一般要经过 8~10 天才能盖被。盖被前先去掉临时草被，测定堆内湿度。测定湿度可在草堆中抽出几根稻草，用手拧出有水珠，但不滴下，便为合适；如拧不出水珠，说明湿度不够，便要淋水，可站上草堆边踏实边淋水，并在堆侧泼一些水，使草堆增加一些水分并内外一致。便可盖上固定草被。

四、管 理

（一）菌丝生长情况的检查

下种后要经常检查草菇菌丝的生长情况，如果种后 2~3 天内菌丝生长，4~5 天内菌丝能向上下草堆边缘扩展，即为正常；否则，应检查原因，及时纠正。

（二）温湿度的调节

在整个出菇期间，应将草堆湿度控制在 70%~85%，草堆中心温度控制在 36~39℃。种菇后互换固定草被期间，如常下大雨，要检查临时草被是否漏水；强风烈日，应于中午在草堆两旁泼水。盖固定草被至出菇前期间，遇晴朗天气，每天中午淋“天花水”一次，淋湿草被为止，促进草菇菌丝生长及出菇。出菇期间，晴天一般早晚各淋水一次，经常保持草被有适当的湿度，从而确保草堆有良好的温度和湿度。草被太薄的蒸发量大，如淋水不足，会使草堆过干。此时还未有小菇，可以揭开草被在草堆两侧泼水；如已有菇，则用削尖了的竹筒插入草堆内灌水。寒潮侵袭容易造成死菇，遇此情况应加盖塑料薄膜或临时加厚草被以保温。酷暑热也会死菇，此时白天可以引入长流水或增加淋水次数，但每次淋水量不宜过多。

（三）草被的管理

盖固定草被后至采菇前，每天用手翻动草被 1~2 次，使通气良好，有利于草菇生长并减少杂菌。每批菇采摘完后要检查修补草被，常保持草被完整及厚薄适中。

（四）追 肥

这是获得草菇高产的主要措施之一，尤其在后期草菇养分

大量消耗时更为重要。追肥方法有以下 3 种：

1. 干牛粪加人尿 每采完一批菇后，均追施，把牛粪打碎混入 40% 人尿，于施用前一天混合，施于畦两边出菇面上。如能加鸡粪追肥，效果更好。

2. 人尿 每采完一批菇后均追施 1 次，用 50% 人尿（1 份人尿加 1 份水）喷射于草堆四周及畦土上。每米长的草堆喷尿水 1~2 升。追肥前一天不淋水，以便容易吸收肥份。

3. 化肥 在采完第三批菇后，草堆未完全腐烂尚有微温时追施 1 次化肥。其方法是在草堆顶部正中，每隔 1~2 天用竹、木棍插一小洞，深至第二层草，投 25 克氯化铵或尿素，接着淋入适当量水（也可配成 1% 左右的溶液施用），用销尖的竹筒灌进堆内。施肥完毕后用稻草把小洞塞紧，然后两人分站于草堆两侧，用手对向压实草堆顶部。

露地栽培草菇，在防治害虫时，不可用药剂喷洒草堆或子实体上，应用毒饵或用药液淋入畦四周土中毒杀。出菇前堆上常长出许多鬼伞，应随时摘除。

五、采 收

草菇生长速度很快，播种后 10 天左右子实体即大量发生，而且一夜之间往往全部开伞，一般宜早晚各采收一次。以菇体由基部较宽，顶部稍尖的宝塔形变为卵形，质地由硬变松，色由深变浅，包被未被突破之前采收最好。采收时用手按住生长处的稻草，一手持菌体左右旋转轻轻摘下。如系丛生，应用小刀逐个割取，或一丛中大部分适合采取时，一齐采摘。

每潮采菇期约为 4~5 天，中断 3~5 天后，第二潮小菇又行出现。每个草堆可采收草菇 4~5 潮。为了避免中断现象，在草堆下种 5 天后，在草堆的每层中再均匀的塞进一些菌种。这样，当第一次播种的菌丝产完菇时，正是第二次播种的菌丝生

长发育至产菇之时，缩短或消除了产菇期间隔，可提高产量。

第八节 菇床式栽培法 (双孢蘑菇、平菇、草菇、大球盖菇等)

菇床式栽培法主要用于生料栽培和经过腐熟后的培养料栽培的菌类，如双孢蘑菇（图 8-10）、平菇、凤尾菇、草菇、大球盖菇等。当然也可以用于培养好的菌种的直接栽培，如秀珍菇、杏鲍菇、猴头、灵芝、银耳、金针菇、滑菇等。不管用于那种菌类的栽培，菇床在此的作用只是作为支持培养料的床架。因此，所谓菇床栽培法，即用菇床作为培养料支持架来栽培食用菌的方法。

一、培养料处理

培养料成分因栽培的食用菌种类各异，其配方见第七本章第三节。双孢蘑菇的种植用经过发酵腐熟的粪草培养料；栽培平菇、凤尾菇、草菇等用的是棉籽壳（或废棉、破籽）或经石灰水浸泡后的稻草、玉米芯等培养料；但对灵芝、秀珍菇、杏鲍菇、金针菇和滑菇等只能用培养好的菌种为原料。



图 8-10 菇床式栽培双孢蘑菇

（一）培养料的发酵

培养料的发酵是将不同配方的培养料经堆制腐熟，使难于被食用菌利用的聚分子化合物在有益微生物的作用下分解成为有利于食用菌吸收的营养物。同时，利用高温杀死有害的病虫害过程。双孢蘑菇草培养料堆积发酵腐熟方法如下所述。

粪草培养料堆积时，先在地面铺一层宽 2m、厚 20cm 的草料（长度不限），草上再铺 5~6cm 厚的粪肥。上堆用的草料最好事先用水浇湿，这样，当草料和粪上堆时就不必再大量淋水了。建成的料堆以宽 1.5~2.5m 左右，高 1.2~1.5m 为宜，长度不限，四周上下基本垂直，顶应堆成一定弧度，以便雨水流淌。培养料堆积后，就要覆盖，可在发酵堆上铺一层草帘。粪、草上堆发酵后，控制堆内的温度在 65℃~70℃ 之间。并需经常进行翻堆。翻堆是定时将堆积的粪草抖松、拌和，把处在料堆上面和四周的粪草翻到中间或下面去，而把下面或中央的材料翻到外围或上面来，使料堆发酵均匀、一致。培养料从堆制到成堆腐熟为止，一般要翻 3~4 次，每次翻堆的间隔时间随着材料的发酵腐熟逐渐递减。通常是在上堆后一周进行第一次翻堆，以后每次翻堆间隔比前一次少一天。矿质肥料过磷酸钙、石膏可在第一次和第二次翻堆时加入，石灰可在第三次加入，易流失的硫酸铵等在最后一次翻堆时加入。其它培养料的发酵可参照此法进行。

（二）培养料的准备

对棉籽壳、破籽等原料也可直接经 0.2% 多菌灵拌料或 0.1~0.2% 高锰酸钾和饱和石灰水充分拌料后，盖上薄膜闷一夜于次日使用。发酵腐熟好的培养料要立即使用。

二、菇房消毒

在配制好的培养料或经腐熟好的培养料进房前,要对菇房、菇床等进行全面的消毒工作。菇房如果是泥土地,表面最好刨去一层旧泥或换上新土。菇房四壁及床架要冲洗干净,干燥后,用石灰浆刷白;菇床的衬垫物如芦帘、挡板等材料清洗后,应在0.1%的漂白粉溶液中浸泡10分钟,然后取出晒干。如果材料不易拆卸,可直接喷洒0.2%过氧乙酸消毒液。过氧乙酸是强氧化剂,利用释放的新生态氧杀菌。它类同漂白粉或高锰酸钾,需随配随用。

菇房进行消毒时需紧闭门窗,堵塞拔风筒,门窗缝隙也要用纸条糊严(用化学浆糊,如用淀粉浆糊则需加入1%石炭酸),或用泥土涂封,以免消毒药剂过早逸散。消毒药剂可取用必洁仕牌复方消毒剂,复方消毒剂由A剂(固体)和B剂(液体)组成,使用时将A剂1片加到B剂中,发生催化反应,产生气体熏蒸(冷却室、接种室:1片熏蒸5立方米;培养室:按1片熏蒸5~10立方米)。有些菇房结构简陋,不易密封,用熏蒸消毒效果差,对于这种菇房可用50倍的石灰硫磺合剂喷洒四壁及菇床上进行消毒。

三、培养料进房

培养料进房前,要准备好簸箕、木桶等用具,并事先洗刷干净。最好能用0.5%的氯氰菊酯溶液喷洒一遍,放在不通风的房间里熏闷两天,以防带入害虫。

由于培养料的内外常潜伏有害虫,应在进房前一天,在堆料的周围喷洒1:500~1000倍的菇虫净等农药,盖严薄膜,以杀死蝇、蚁类及其他虫害。

在进行腐熟的培养料进房时,搬运动作要快,以防堆肥中

热量散失过多。培养料进房后，应随即倒入菌床中，厚度 15~20cm。铺料顺序一般可自上而下逐层铺放，否则热气上升，过于闷热，不便操作。除此之外，为了防止培养料腐熟程度不够，上床后还会升温，烧伤（死）菌种，因此，对腐熟的培养料在进房后，还要进行后发酵处理，所谓后发酵，就是在培养料下床后将门窗关闭，让培养料在床架上再进行一次发酵，时间约 2~3 天，床温约 50~60℃，若温度达不到，可通蒸气加温，但一定不要超过 62℃。

四、培养料消毒

培养料消毒，可在配制时加入 0.1~0.2% 多菌灵或少量石灰（但要保证不至于提高培养料的 pH 值），或在培养料进房后，配合后发酵进行一次必洁仕熏蒸消毒和喷洒 0.5% 的氯氰菊酯，以杀灭潜藏在培养料中的病菌、害虫。

有些菇房采用硫磺熏蒸，硫磺的用量按菇房的空间计算，每 m³ 用 20~30g，为了加强杀虫效果，还可在硫磺中加入马拉硫磷。如菇房立体空间不易测量，还可按栽培面积计算，大约每 100m² 栽培面积需用硫磺粉 2.5kg，马拉硫磷 0.5kg。熏蒸时要注意防火，以防发生意外事故，熏蒸 2 天后，隐藏在培养料及菇房暗处的害虫及病菌即可基本被杀灭。这时，须开窗通气，排尽硫磺余烟后才能入室工作。

硫磺熏蒸的效果虽好，但菇房经硫磺熏蒸后，增加了培养料表层酸度，易滋生霉菌（毛霉和青、曲霉等）。因此，菇房经硫磺熏蒸后，应特别注意翻料，及时将表层培养料翻到下面去。

五、整料铺平

培养料进房消毒后，首先需打开窗及拔风筒，排去药气味，

随及进行翻料，翻料即将培养料逐层逐床翻个身。随翻随将培养料抖松拌和，拣去混入其中的石块，枝条，及未打碎的粪块等，并用木板稍加压实、拍平。通过翻格拍平，使料面平整，厚度、松紧度一致，有利菌丝生长，出菇整齐。

六、播 种

播种前，对发酵的培养料必须以温度计测定其温度，只有待培养料的温度下降至 25~28℃时再播种。

播种前还要检查一下菌种的质量，选用优质的菌种。优良菌种的特点是：纯度高，无染菌，无虫害，菌丝浓密粗壮，生长旺盛，生活力强等。凡是衰老的，带黄水的，污染杂菌及可疑的菌种一律不用，宁可减少播种量，切勿把劣质菌种播入菇床。

（一）播种期

播种期的确定是因栽培品种的不同和各地区的气候条件差异而有所不同。其原则是：在自然条件下，前期能保证菌丝体的良好生长，后期又能满足子实体原基分化和发育对温度的要求，就是播种的最适时期。

（二）播种方法

目前主要采用穴播和分层撒播。

1. 穴播 穴播是目前双孢蘑菇生产单位普遍采用的一种播种方法。菌种埋在穴中，能四面扩展，同时成块的菌种团集在一起，抗病力亦强，不易滋生霉菌。

穴播时，用竹片插入培养料中，把培养料撬起一些，用手将一团菌种塞进培养料中，随手拔出竹片，用料薄薄盖好播下

的菌种，使菌种与培养料接触紧密，最好要让少许菌种露出培养料表面，使其接触空气，有利菌丝迅速生长，并便于检查菌种的发育情况。

穴播一般以正方形和棋盘形式（“品”字形）。穴距 10~20cm，播种深度 3~5cm 左右。每平方米菇床需瓶装菌种 2~3 瓶（750g 菌种瓶），或麦粒菌种 500g。

2. 分层撒播 多用于播种平菇、凤尾菇等。先在底层铺一薄层培养料，在料面播一层菌种，再铺上一层培养料并撒上菌种，共 3~4 层，最后在面上再撒满菌种，每层播种后均用木板压实一次。分层播种的方法发菌较快，但耗用菌种量较大。也有采取穴播和撒播相结合的方法，及穴播后，将余下的碎菌种均匀撒在表层。

播种后，将料面轻轻拍平。关闭门窗数天，以保持菇房的温湿度，使菌丝成活，并在培养料中定植。随着菌丝向培养料中部生长，逐渐增加通风量，使菌丝向培养料内深入，并抑制杂菌的发生。如果菇房结构较简陋，在播种后，用油纸或塑料薄膜覆盖床面，覆盖油纸能使菌床表面的环境保持温暖湿润的良好条件，有利于菌丝的繁殖扩展，但覆盖的油纸或薄膜每天要掀动几次，以补充新鲜空气。

播种后一周左右检查菌丝成活情况，如不见新生菌丝长入培养料中或有漏播缺穴情况，应找出原因，及时补种。若发现霉菌，要加强通风、降低温度，勿使其发展，或用石灰撒盖污染严重的地方，两天后再挖除。如有螨类发生要及时用药剂杀灭之。

七、覆 土

双孢蘑菇栽培有其特殊性，播种后待菌丝发育到一定程度必须在培养料上面覆盖一层土粒，叫做覆土。覆土是促使蘑菇

子实体形成的重要条件，为此，下面作些必要的介绍。

（一）对覆土土粒的要求

覆土土粒宜用壤土（砂壤土或粘壤土）。壤土有一定的团粒结构，保蓄水分和氧气的能力强。覆土分粗土粒和细土粒两种。粗土粒最好选砂壤土，以利菌丝在土粒中生长。细土粒宜取粘壤土，这样，喷水后不易板结。除壤土外，泥炭（用碳酸钙调成微碱性）也是常用的覆土材料。稻田土和塘泥土也都是较好的覆土材料。

不管取用何种覆土材料都不宜取表层沃土，因为表土不仅病菌、虫卵多，同时因过肥，含氮量过高，致使蘑菇菌丝徒长（菇农称它为“冒菌丝”）。通常宜取离地 30cm 以下的土壤。

覆土所用的土粒，其 pH 在 6.8~8.0 之间。pH 值大于 8.5 时，蘑菇的生长会受到抑制，低于 5.5 时，子实体常不能形成或不易形成。蘑菇菌丝体和子实体在生长发育过程中，常积累较多的有机酸（草酸和碳酸等），因此常使菌床的 pH 值下降至 6.0 左右，不利于持续出菇。生产上调整 pH 值，常在采收蘑菇后的洞穴里补加拌有熟石灰的土壤，比例是每 20 份土壤加熟石灰 1 份，这样，由于菌床 pH 值得到调整，蘑菇子实体又能良好发生。测定覆土 pH 值的方法跟测定培养料 pH 的方法相同。如果土粒中碱性重，可用 1% 过磷酸钙澄清液喷雾调节。土粒 pH 若偏酸，则可加熟石灰或石灰水调节。

（二）覆土前的准备

1. 土粒的筛制 将挖出的土块在干净的场地敲碎，除去石块草茎等杂物，用铁筛筛成大小两种土粒。大粒如蚕豆大小，直径 1.5~2cm；小粒如豌豆大小，直径 0.5~1cm。生产上都

用筛孔 2cm、1.5cm 及 0.5cm 三种筛子取土粒。

2. 筛土的量 可根据栽培面积事先作出估计, 大约栽培 100m² 菇床需用土粒 5.5m³ (1m³ 土粒可盖 20m² 栽培面积, 余下的土粒作采菇后及剔根后的补土用)。其中大土粒约占 2 / 3, 小土粒约占 1 / 3。

3. 覆土的消毒 目的是消除土粒中的病菌和虫卵。方法是: 用泥土重量 1%~2% 的石灰粉拌入土粒, 以杀死线虫等虫害; 用 0.5% 的氯氰菊酯溶液喷在土粒上, 盖上塑料薄膜, 密闭熏闷 4~5 天。有条件的单位, 可将土粒进行蒸气消毒。蒸气温度为 70℃ 时消毒时间需 30 分钟以上, 蒸气温度在 50~60℃ 时, 消毒时间为 24 小时。

4. 土壤含水量的调节 覆土土粒的含水量最好能在上床前调节好。若上床后喷水调节, 覆土土粒常是上湿下干, 不易均匀, 或者因一时喷水过多而渗入培养料, 造成过湿。当然覆土土粒在上床前调节好水分也有缺点, 这就是土粒较软, 覆盖、搬动时容易松散粉碎或粘结成块。因此, 最好在上床前只加 80% 需要的水量, 到上床后再喷足 20% 需要的水量, 这样能使土粒在上床覆盖时不致过于松散粘湿。水分亦能在上床前基本调节好, 合适的覆土含水量在 20% 左右。测量覆土含水量的简易方法是手捏土粒, 扁而不粘手, 中间无白心, 表示覆土的含水量适宜; 粘手的过湿, 若捏而坚硬不碎 (重壤土), 或一捏即成粉末者 (中壤土), 是太干, 应喷水补足。喷水调节土粒的含水量需细心, 千万不可性急。喷雾器的喷眼要细, 喷一遍后, 要待水逐渐渗入, 再喷第二遍, 切勿一次淋浇过猛, 以免冲散团粒, 造成土壤板结。

(三) 覆土时间

覆土前先检查菌丝生长情况, 如料面过干, 可在培养料上

喷一次清水以提高培养料表面的湿度，否则覆土后便不易补充水分，原播下的菌种块，已完成传种任务，生活力衰退，容易招致杂菌，也可以挖去。

覆土时间不宜过早过晚，覆土过早虽能提早出菇，但此时菌丝体发育尚未充分，得不到良好的发育菌丝体，其蘑菇的产量也不会高。覆土过晚出菇延迟，同时早期发育的菌丝早已衰老，不易形成子实体，造成减产。适宜的覆土时间是菌种播种后 14~20 天，这时播种穴蔓延的菌丝已互相接近，并已生长到培养料 2/3 深度，覆土最为适宜。一般约在 9 月底和 10 月上中旬为宜。

（四）覆土的厚度

覆土厚度要适当。若覆土厚，幼小的菇体因受压过重，易变畸形，或埋在土层中，不便采收，并会推迟出菇时间，且用土量也不经济。若覆土过薄，蘑菇都长在表土，出菇虽多，但多形成柄长，盖薄的次等菇，降低了商品价值，产量亦低，覆土厚度一般在 3~5cm 范围内，若菇房湿度较大，培养料较坚实而偏湿，土粒粘性又较重时，覆土可稍薄些，反之土粒粘性较重，培养料偏干，菇房湿度又不易保持时，覆土宜厚些。

（五）覆土的方法

覆土时，先将大的土粒均匀地覆盖在料面上，即不使土粒重叠，又不使培养料裸露过多，然后用木板轻轻拍平，用轻喷、勤喷的方法逐渐调整粗土中的水分，至土粒无硬心时为止。5~7 天后，再覆盖小土粒，可均匀地将小土粒撒盖在大土粒上，把大土粒全部盖没即可。然后逐渐调节水分至小土粒松软，捏扁时略有开裂为止。

八、菇房管理

管理是一项耐心，细致的工作，是夺取优质高产的重要环节。从播种到采收，都必须根据菇类各个生育阶段对温度、湿度、空气和光照的不同要求，并结合气候特点，进行科学管理。

适期播种的菇类，播种后，由于当时的培养料含水量适中，一般能满足菌丝生长发育对温度和湿度的要求。此时，由于菇房刚通过灭菌，还残留有毒的气体，加之菌丝生长旺盛，呼吸强烈，需氧量多，呼出的二氧化碳也多，因此，这期间的管理应以通风为主，适当兼顾保温保湿。在子实体形成期，一般气温有所下降，营养生长盛期已过，呼吸强度有所减弱，所需氧气量比前降低，这一时期可适当减少菇房通风，而以保湿为主，兼顾保温、通风。在低温季节，又要注意保温等等。总之，要求管理人员根据所栽菇的种类及其气候特点，灵活调节好温、湿与通气三者间的关系。

此外，由于所栽培菇的菌丝体不断地从培养料中吸收营养，因此，在采收几潮菇后，会因培养料中的养分大量消耗而出现产菇减少、小菇、劣质菇增多，甚至菇蕾雕萎等衰落现象，直接影响到产量。为了让菌丝体继续保持旺盛的产菇能力，要求我们在栽培时，根据菇类的生长情况，做到适期追肥。

凡是可补充培养料中的碳素、氮素的植物性材料、原培养料、矿质肥料、粪肥、化学药品（葡萄糖、蔗糖等）都可以用作追肥材料。

追肥所用的材料，一般制成液体状态，以灌注或喷洒的方法加入到培养料中。如用喷雾法，先将追肥喷洒在菌床表面，再喷水将肥液渗入下层培养料中去。追肥要做到适时，要“少吃多餐”，不可一次施用过多，并要注意预防病虫害的滋生，尤其是严防施肥带入病虫。

九、采 收

采收要适时，否则直接影响到品质与产量。采收时，一般用拇指、食指、中指轻轻捏住菌柄或菌盖（因种各异），然后左右转动，使菇体与下面的菌丝脱离后，轻轻上提，采下。

第九节 畦地栽培法 (平菇、鸡腿菇、金福菇、大球盖菇等)

畦地栽培是从事大规模商品生产的一种较为理想的栽培方式，能充分利用空闲场地，在大田中作畦，节省生产投资，只要场地选择好，加上精心管理一定会获得理想的收成。栽培时，只要搭简易环棚，上盖塑料薄膜和草帘来保温保湿，创造一个适合食用菌生长发育的环境条件来生产食用菌。平菇、凤尾菇、草菇、双孢蘑菇、鸡腿菇、金福菇、大球盖菇、灵芝等都可以采用畦地栽培。

一、畦地的建造

选择背风向阳、排水良好的地块建造畦地。一般可选用收割过水稻的稻田。挖成坐北向南的畦，宽 1.5m，长 10~15m 为宜，中间挖一长宽 17cm、深 20cm 的沟（上大底小），使之成两条畦面，畦宽 37cm，畦四周筑成 12cm 宽、10cm 高的土埂，以便在畦面铺入培养料。再在地床两边挖 33cm 深，37cm 宽的畦沟，作行走、作业、管理用（图 8-11），也可利用菜园地、村前、房后的空白地，建简易单畦式环棚（图 8-12）。

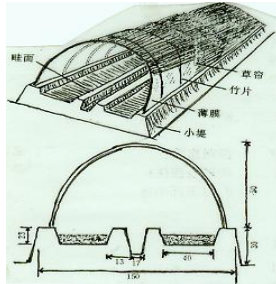


图 8-11 室外畦地菇床 (单位: cm)

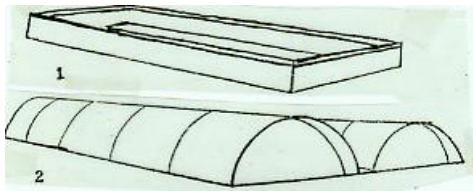


图 8-12 单畦式环棚

1. 凹畦; 2. 畦棚

地床做好后, 拔浇 20% 浓度的氨水或撒石灰等, 以杀病虫。若拔浇氨水要待氨气散发后进料。

地床上方可用各种材料 (竹片、水泥柱或钢铁架等) 搭一环形棚架, 每个环架间距为 50cm 左右, 顶端用横档相连, 以保持坚固。棚中心高 60cm 左右, 用塑料薄膜覆盖, 再盖上草帘。草帘材料可因地制宜, 一般多用稻草或麦草。草帘长 2m、宽 1m, 每条重量约在 4kg 左右, 以免雨后吸水过重而压塌棚架。一般每亩地面积可种菇 300m², 需用草帘 450 张, 约需稻草 18000kg 左右。塑料薄膜的用量为 30 张 (15m 长)。

二、培养料

畦地式栽培菌类所使用的培养料配方参见第七章第三节。

培养料的处理类同于前述，主要通过堆制发酵或对原材料采用药剂处理（包括石灰水浸泡）消毒的方法。培养料调好后，铺入畦床内，厚度一般在 10~20cm，要根据气候特点，以上床后的培养料，不致于因为发酵而产生过高的温度烧伤菌种为前提。腐熟的培养料进床后，要做好后发酵工作，即用塑料薄膜密闭 24 小时（可喷 0.5% 氯氰菊酯配合杀虫），然后将培养料抖松让料内的气味和温度散发，待料温下至 28℃ 以下并不再升高时才能进行播种。

三、播 种

采用穴播法播种时，将培养料铺平，力求厚薄均匀，用木板适度拍实后进行；分层撒播法播种平菇、凤尾菇、大球盖菇，是先铺一层培养料，然后撒播一层菌种，一般为三层料三层菌种，每层菌种用量为：第一层占总用种量的 20%，第二层为 30%，表层为 50%。播种后，覆盖经 0.1% 高锰酸钾水消毒过的报纸（防冷凝水下滴损坏菌种），再加盖塑料薄膜和草帘保温保湿。播种一周后，结合通风检查发菌情况，继后，随着菌龄增加，加强通风，待菌丝深入培养料达 2 / 3 以上时（鸡腿菇、金福菇、灵芝等以菌种铺入畦地恢复生长后）即可覆土（平菇、凤尾菇也可不覆土）。对土壤的要求及处理方法按前面所述进行。

四、管 理

畦地式栽培比菇房栽培更容易受到自然条件的影响，棚内温度、湿度变化较大，必须做好温、湿度调节工作。在做好温、湿调节工作的同时，还要注意掀动薄膜，以保持畦内空气新鲜。如果薄膜上凝聚水珠过多，可随时掀开抖掉，防止湿度高感染

杂菌。

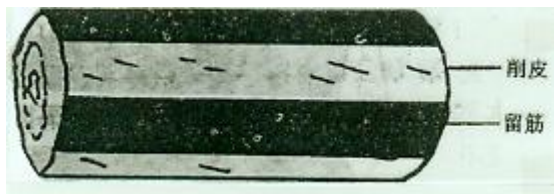
冬季夜晚应注意加盖草帘保温，晴天掀去草帘让黑色薄膜受光吸热，增高畦内温度。种双孢蘑菇时，尽量做到勿使阳光照射，影响质量。雪后骤晴，注意缓慢掀去覆盖草帘，以免畦内温度发生急剧变化而影响菌丝生育。每潮菇采完后，要停水，让菌丝复生一段时间，然后再加强水分管理，促使出第二、三潮菇，直至结束。

第十节 埋木栽培法 (茯苓、竹荪、蜜环菌、猪苓等)

有些食用菌（茯苓、竹荪、蜜环菌和猪苓等）将培养材料埋于土中，待菌丝发满，达到生理成熟后就能分化出子实体或形成菌核或形成与天麻共生的菌索，所以在进行人工栽培时，必须根据各种栽培菌的生活习性，采取相应的栽培方法。

一、备 料

除茯苓的适生树种为松木外，竹荪、蜜环菌、灵芝的栽培均可选用阔叶树为原料（竹荪可选用竹料）。段木的准备同段木栽培法。由于茯苓栽培是用松木，因此在伐木后需做好削皮留筋工作（图 8-13），目的是使树干内的水分和油脂从去皮部位挥发出去。具体做法是：在松树砍倒后，随即用板斧从莖至稍纵向削去约 3.3cm 宽的树皮，即削去形成层以外的栓皮及韧皮部，以见到木质部为度。然后每间隔 3.3cm 再纵向削去树皮，并根据树的粗细削成 4~6 方。削皮留筋一般和砍树同时进行。



8-13 削皮流筋示意图

二、场地选择

根据栽培菌的生活习性及其寄主的生境选择适合的场地。凡有野生竹荪生长的林地，遮蔽度在 80% 以上的各种竹林、常绿阔叶林均可用来作竹荪栽培场；海拔在 700~1000m 之间，坡度在 10~40 度，背北向南，酸性砂质壤土的山坡栽培茯苓和天麻最为合适。当然这些条件并非绝对，就是在丘陵或平原也可以进行人工栽培。尤以灵芝、蜜环菌等可因地制宜，选用适栽场地。

场地选好后，要进行清理和翻挖，去杂，使场地土壤泡松。然后整理成厢（结合喷洒杀虫药），厢场周围应开好排水沟。

三、埋木栽培

（一）竹 荪

段木通过打孔接种、上堆发菌，也可采用层播法，将菌种播于段木（或竹料）层间，保温、保湿，使菌丝尽快地恢复生长并向段木（或竹料）中定植。发菌时间的长短依气候条件和段木（或竹料）的种类或粗细而定。层播法，待菌丝覆面，并已向段木定植便可覆土；打孔接种的要视情决定，粗而含水量高的段木，如枫香、青杠等，如在头年 11~12 月接种，可到次

年3~4月埋木；如2~3月接种，应到5~6月埋木。细小而质地比较疏松的段木，如桦树和段木直径只有5~8cm的细段木等，在气温比较低的冬天，可以在接种1~2个月后埋木，但是如果是在气温比较高的秋天和春天，接种后必须在20~30天以内埋木，否则，就会干燥过度。

埋木时，先在地面垫铺一层5cm厚的竹叶、木块、木屑或刨花，将段木平放于料面，注意将长短、粗细相近的放在一起，每厢长度不限，宽1m，段木之间应有间隙，中间填以竹叶竹块、竹屑或木屑，这些统称料层，料层共厚20~25cm，料中还可撒些菌种，最后在料面上盖上5~10cm厚的腐殖土，腐殖土面上盖一层竹叶。撒播菌种后也可以不立即覆土，先用薄膜覆盖，等填充碎料长满菌丝后再覆土。覆土应比段木两端各加宽30~40cm，这是因为竹荪结实性菌索常常长到离开段木30~40cm的地方结球，如果没有这一层土，菌索就要伸到走道上结球，或者由于没遇有腐殖土，而不能结球。覆土宜用沙壤土表面的腐殖土，切不可用砂土，重粘土和高湿度的塘泥等。覆土要打碎，不可用板结的土块。石头和草根以及已感染杂菌的腐殖土等要检出。覆土要轻放，切勿拍打、重压。覆土宜用500倍的菇虫净液和1%的多菌灵液拌和消毒。

（二）茯 苓

茯苓菌的栽培，接种和埋木同时进行，一般在芒种前后10天左右为宜，基本与茯苓收获期一致。人工培育的茯苓菌种，能控制其发育时间，生命力强，故埋木时间可略宽，一般可提前一个月进行，但也不应过早或过晚。

苓农有句谚语：“种植茯苓没有巧，抓好两干和一好”。即场干、料干和菌种好。故埋木时要在晴天进行，以保证苓场和料筒干燥。

料干的标准是：料筒周身多有细小晒裂纹，手击发出冬冬的响声，含水量在 20% 左右。

接种和摆料的方法是：先用干松木树枝削成三角形的引菌箭，全长 29~33cm（因为山区多用酒瓶作菌种瓶），插入瓶内约 17~20cm。每窖装干料 15~25kg 为宜。应选好两根主料，并齐靠紧摆厢内，两料相连处，用刀斧削掉陈旧的木纹，再将引菌箭放在两料的上头沟缝中，瓶口抵紧料头，把削箭的碎木片围住瓶口，再用适量的木片填实沟缝，再放盖料压住瓶口和放左右靠斜。如果是独料，可以在独料的上头侧面用刀斧破一裂缝，将引菌箭瓶外的 10~13cm 削扁夹在裂缝中，瓶口亦要挤紧料头，用木片围住瓶口，应特别注意的是瓶口方向应顺着山坡向下方，不致使雨水自瓶口流渗入瓶内浸润菌种致死或污染。摆料结束后，盖土 6~10cm 即可。

茯苓栽培也可直接取新鲜优质茯苓菌核，切成每块重 150~250g 的“肉引”，贴于料筒的上端或削皮的段木面上传统接种方法接种栽培；也可用菌丝发透、但未结苓的筒木，锯成小木块，以“木引”方式接种。最新的方法是将菌种袋底划开，让菌丝体直接接触料头进行接种。

（三）蜜环菌

蜜环菌是栽培天麻和猪苓的的伴生菌，培养蜜环菌菌材，应选择阔叶类适生树种。树木砍伐后去枝，锯成 70~100cm 长，并在树皮上砍口至木质部，作为培养料。选择合适湿润的场所，挖深 33cm 左右的穴，把段木铺一层在穴底，用锯木屑填满空隙，然后撒上一层菌种，这样层层铺放，约三至四层，最后覆土 6~10cm。数月后便可长出子实体。

若种天麻，可将上面的段木（长满棕红色菌索的段木）与新木间隔放置，将种麻排放在菌材的鱼鳞口处（砍口处），并尽

量做到靠紧菌材，使种麻与蜜环菌完全接触，用木屑或其他适生代料（如玉米芯等）填实空隙，如此排放2~3层，然后覆17cm左右土，踩平即可。栽培猪苓时，利用猪苓菌种和蜜环菌菌种同时接种段木进行窖式栽培。

（四）其他菌类

灵芝、滑菇、平菇、榆黄蘑等，接种后按段木栽培（或短段木熟料栽培）的方法，待菌丝发透，已定入段木后即可覆土或埋木。

四、管 理

管理工作除防止人、畜践踏和害虫（如白蚁）危害外，主要是做好水分管理。既要防止雨水浸渍，又要满足栽培菌生长发育时湿度的要求。埋木栽菌类常常需要在一个较湿的但又不是高湿的环境里生长，应经常保持土壤的湿度在60~70%之间，高于75%低于50%生长都会受到抑制，因此，要注重雨季清沟排水，旱季浇水防干燥。

五、采 收

采收因栽培的种类不同各异。竹荪待菌裙撒完后立即采收。采收时，首先用刀从菌托底部切断菌索，切勿用手扯断。然后及时剥离菌盖和菌托，要保护好菌裙和菌柄的完整，切勿撕破弄断。然后各自干燥；茯苓皮色开始变深，外皮不再出现裂纹，料木养料已渐耗尽，颜色变黄褐色，并呈腐朽状，即可采收。采收时，挖去覆土，将茯苓取出即可；天麻的采收方法类同茯苓；其它菌类，待子实体成熟即可采收。

第十一节 其他栽培法

一、墙式栽培法（平菇、凤尾菇、秀珍菇、灵芝等）

墙式栽培法是将传统的平面菌床（或畦床）改为立体化菌墙的一种栽培方法。具有增加出菇面积，充分利用空间，提高生物学效率等优点。目前主要用于平菇、凤尾菇等的栽培。墙式栽培的方法有两种，一种是采用夹板式（或片状网架）墙栽；另一种是袋式墙栽。

（一）夹板式墙栽

夹板式墙栽，主要用来栽培平菇、凤尾菇。取长 2m，宽 1~1.5m 夹板两块，也可用 8 号铁丝或直径 8~10mm 的钢筋做成二片 2×1~1.5m 的网架片（网眼 3~5cm），涂上防锈漆备用。

播种时，将夹板或网架片其中的一个平放在地上，铺放一层消毒的报纸，放上预先准备好的方形木框，在报纸上先撒放一层菌种，再均匀放上培养料，层播法播种，共 3~4 层菌种，2~3 层培养料。两面外层菌种量要求尽可能放多些，厚 15~20cm，并稍加压实，然后去掉木框，在菌种层面上放一层报纸，盖上加一块夹板或网架片，用细丝或包扎绳将两块夹板或两片网架片固定好，坚立在地面上，留出操作行间，最后在其上盖上塑料薄膜，进行发菌。

发菌期间要保持良好的通气条件，严防料温超过 30℃，注重湿度管理，菌丝缠满后去掉夹板（用网架片的不必去），待菌蕾大量发生时，去掉薄膜，保持空间相对湿度在 80~90% 之间，常规方法管理，采收和再生。

（二）袋式墙栽

袋式堵栽是在袋内发菌，然后进行墙式栽培。塑料袋可选用 20~40 μm 厚的聚丙烯或聚乙烯筒料，截长 45cm 左右，袋子的直径随气温高低选用 15~24cm，即高温季节应选用直径小些为好。

1. 装袋发菌 将截好的塑料袋一头用线绳扎牢，自另一头放入菌种和培养料，采用层播法，三层菌种两层料或四层菌种三层料并注意适度捣紧，再将剩下的一头扎紧，最后用缝衣针在有菌种带的塑料袋四周均匀扎些微孔，堆架起来发菌。堆高层数应以堆内温度不超过 30℃ 为原则，可以是 4~5 层菌袋，也可高达 1m。

发菌期间，要注意翻堆，使发菌一致，同时也有利散热、透气、去杂等。由于采用在塑料袋内发菌，因而整个发菌期不需要考虑水管理。待菌丝生长到生理成熟，便可进行墙式栽培。

2. 墙式栽培 脱袋的菌棒可以在室内也可在室外进行墙式栽培（塑料袋栽培法中的平菇、凤尾菇、秀珍菇、灵芝等后期也可采用此法栽培）。首先要整理出小堤，堤宽以大于菌棒的长度即可，堤长不限，高度以略高于地面有利于排水为原则。可采用直接排袋（不脱袋）两头出菇的管理方法（平菇、凤尾菇、秀珍菇、灵芝）。也可采用脱袋覆土的栽培方法（只能是平菇、凤尾菇）。采用此方法，是将脱袋的菌棒一个挨一个地平铺于堤面，每排一层，用湿度适中的细土盖于菌棒上，不要求有多厚，以填平菌棒与菌棒之间的间隙形成一个平面即可。按此法重复进行，直至高达 1m 左右，最上面覆盖一层细土，使形成凹槽，以便向槽内喷水（也可在堆好的菌墙四周用泥土涂上一层，纵、横划上刀口），盖膜（室外还要加盖草帘），加强湿度管理，注意通风换气，适时采收。

二、立体化栽培法

立体化栽培是利用菌—菌；菌—农作物；菌—蔬菜间对自然条件要求的相辅相成作用，在消耗较少的自然能的条件下，使物质得到最大的增长，在提高生产效益的同时，也提高生态效益，经济效益的一种栽培方法。

（一）竹荪畦床套栽香菇

根据竹荪子实体与香菇子实体发生期的季节不同，而形成的周年制生产方式。竹荪生活习性为生长在畦床之内，而香菇的生活方式是排放在畦床之上。

利用竹荪畦床套种袋栽香菇，通常安排在9~11月间进行。先整理好场地，按野外畦床栽培竹荪的要求进行分层播种。播种后约20天左右，根据袋栽香菇菌棒的排放要求，在畦床上设置排架。香菇菌棒脱袋后，排放于竹荪的畦床上，覆盖塑料薄膜，约一周左右开始喷水转色，这样前后25天左右的时间竹荪菌丝已蔓延基料中，湿度要求与香菇脱袋后的管理措施有机结合。此外，也可在春季香菇菌棒搬出浸水时，趁机把竹荪套种在畦床上。

（二）蔗田大棚套栽香菇

选向阳、背风、排水良好的蔗田作栽培场地。棚宽为4畦3沟，中沟留作人行道，在左右两沟搭床架。于9月底10月初，当甘蔗基本停止生长时，剥掉老枯蔗叶，在叶层下搭棚。棚顶为拱圆形，留南北门。床内设2层床架，下层距地面60cm，上层距地面120cm；每隔30cm用竹竿做横杆，用来吊塑料袋。

按袋栽香菇方法制作塑料袋，常规灭菌，接种后，将塑料袋放在培养架上发菌。在发菌期间，菇棚内每天用3~4%石炭酸溶液或500倍多菌灵液喷雾灭菌。40~50天，菌丝在袋内长

满。当袋内出现原基时，及时脱袋，将菌棒排在菇棚内催蕾，保持空气相对湿度在 90% 以上，若湿度不足，可在沟内灌水或每天喷水 1~2 次。头潮菇采收后，开门通风，让菌棒稍干燥，然后放入冷水中浸泡 10~12 小时，再排到棚内保温催蕾，如此操作管理，至 4 月收割甘蔗时即停止生产。一般每亩可排 8 万袋，可收鲜菇 1200kg 左右，其产值远远超过蔗田收入。菇棚拆除后，部分菌块移到室内管理，仍可收到少量香菇。

（三）农作物田地里套栽平菇

麦地、稻田、玉米地和高粱地里套栽平菇，是提高农田经济效益和生态效益的一种新的种植方式。平菇是异养生物，不存在与作物争光、争二氧化碳的矛盾；相反平菇呼吸代谢吸收氧气，放出二氧化碳，则有利于减少农作物的光呼吸和促进农作物的光合作用，有利于干物质的积累。由于菌丝的降解作用，提高了土壤内速效氮、速效磷的含量；菌丝分解有机物质所产生的有机酸和某些生长物质，则能刺激根际固氮微生物的生长；菌丝体呼吸代谢热能的释放还能提高地温和稳定温度，从而促进农作物根系生长，提高吸肥能力。对于平菇来说，农作物生长茂盛提供了良好的小气候环境，湿度稳定，有适当荫蔽度和充足新鲜的空气，有利于子实体的生长发育。

在麦地、玉米地和高粱地里行间开浅沟，按畦地式栽培法栽平菇、凤尾菇；也可在塑料袋内发菌，待发菌结束后，排袋于封行后稻行中或麦、玉米、高粱地行间。

稻菌套作的管理应注意的，排袋后田中以浅水灌溉，晴天满沟水，阴天半沟水，雨水排干水，田中保持“花泥水”。

（四）大棚菇菜间作

豇豆、四季豆、黄瓜、丝瓜、瓠子等与平菇在大棚内间作是蔬菜业的又一重大成果。菇菜间作不仅提高了单位面积的经济效益，同时收完平菇的废料又可作肥料，既改良了土壤的团粒结构，提高了土壤的肥力，同时又可缓解城乡菇菜争地的矛盾。

平菇与蔬菜间作，是在塑料袋栽培法的基础上进行的一项工作。首先按塑料袋栽培法或墙式栽培法制作菌袋，待菌丝发满并得到生理成熟时，搬到菜地，既可按墙式栽培法排于种植蔬菜的行间，让其两头出菇，也可脱袋覆土后管理出菇。出三四潮菇后，培养料养分消耗殆尽，菌料可用作肥料。若再在棚内挂袋栽培黑木耳和毛木耳，可大大提高单位面积的经济效益。

此外，林木行间、果园、葡萄园里也可以栽培有关食用菌类。

第九章 食用菌病虫害及其防治

食用菌的栽培由于往往使用容易滋生病菌、虫、螨的原材料，加之食用菌的生长发育需要一个比较稳定的综合性条件，极易引起病虫害的发生，特别是采用生料栽培或堆制发酵料栽培平菇及蘑菇等食用菌时，如果栽培场地及菇床、菇房未进行有效的消毒灭菌杀虫，培养料没有进行符合标准的高温堆制发酵和药剂处理，在带有大量病虫情况下播种，如果播种菌种量不够充足，菌种本身的生活能力不够强而缺乏种间竞争能力的情况下，病虫害就很可能发生流行。

第一节 食用菌病害

食用菌受病原微生物的抑制、侵染或环境条件的影响，表现出生长不良、品质变劣和产量降低等现象，即为病害。病害的发生和发展，不仅仅取决于病原物的作用，也取决于食用菌本身的抗病性和环境条件的影响。在一切条件中变动最大、最难满足的条件是病害发生的主导因素，各种条件的具体配合决定病害发生的早迟和程度。

食用菌的病害可分为非侵染性病害（或生理病害）和侵染性病害。前者主要由不适宜的环境条件或不适当的栽培措施所引起的，它们不互相传染；后者是由病原生物侵染所引起的，这些病原生物包括病原真菌、细菌、病毒及线虫。侵染性病害的发生发展往往都是由少到多，由点到面，由不严重到严重，具明显的蔓延扩展特性，并相互传染。

一、真菌性病害

(一) 子实体真菌性病害

发生在子实体原基、幼菇、菇盖、菇柄及耳片上的病害。

1. 褐腐病 褐腐病又叫疣孢霉病，是双孢蘑菇栽培中发生普遍和危害较重的一种病害。除蘑菇受害外，平菇、金针菇、草菇子实体上也有发生。病菌疣孢霉 (*Mycogone perniciosa*) 只感染子实体，不感染菌丝体，子实体受害后变褐色，菌柄上长肿瘤 (菇体畸形，菇溃烂后流出褐色汁液，有臭味)。在高温高湿和通风不良条件下易发生(图 9-1)。

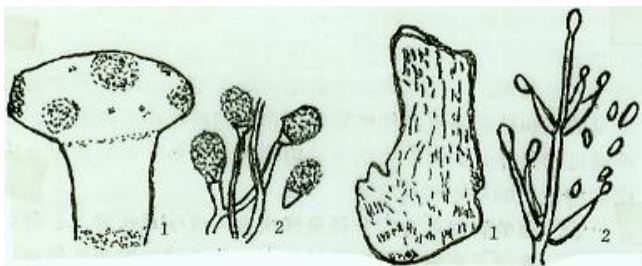


图 9-1 褐腐病症状及病原

图 9-2 褐斑病症状及病原

1. 症状; 2. 分生孢子 1. 幼菇症; 2. 分生孢子梗及分生孢子

2. 褐斑病 褐斑病又叫轮枝霉病。主要危害白蘑菇、草菇、平菇等食用菌。菌盖和菌柄被轮枝霉 (*Verticillium fungicola*); (*V. paslliotae*) 感染后出现褐斑，褐斑逐渐扩大形成灰白色凹陷，其内充满分生孢子 (图 9-2)。受害的菇畸形，菌柄肿大或弯曲，最后枯死。但菇体不腐烂，无臭味。银耳受害形成僵缩病。

3. 猝倒病 猝倒病又叫镰孢霉病，病菌为尖镰孢霉和茄病镰刀菌 (*Fusarium oxysporum*; *F. solani*) 主要侵害菇的菌柄，

侵染后菌柄髓部萎缩变成褐色，菇体变得矮小而不再长大。病菇早期与健康菇在外形上难以察别，只菇盖部分色泽逐渐变暗，菇体不再长大，最后变成“僵菇”。病原菌大型分生孢子镰刀形。

4. 红银耳 红银耳是一种浅红酵母 (*Rhodotorula pallida*) 所引起。使银耳子实体变红、腐烂、失去再生能力。温度高、湿度大时易引起感染。

5. 星孢寄生菇病 这是一种寄生在蘑菇、红菇等食用菌子实体上的一种小型“蘑菇”(图 9-3)。病原菌星孢寄生菇 (*Nyctalis asteropora*)。寄生后在菇盖上形成一种小伞菌，这种小伞菌肉质，体形小，菌盖直径 5~30ram，白色，菌褶不随菌柄下延，也不双分叉，菌盖内有粉末状的厚壁孢子，在显微镜下厚壁孢子呈土黄色或浅茶褐色。圆形、表面有刺，直径为 15~20 μm。



图 8-3 星孢寄生菇

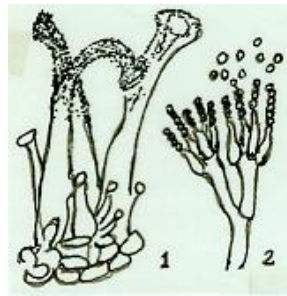


图 8-4 青霉病状及病原

1. 症状；2. 分生孢子及分生孢子

6. 青霉病 青霉病在食用菌栽培中发生普遍，各种食用菌的菇床及子实体上都可见到，特别在平菇栽培中发生较多。病原菌青霉 (*Penicillium sp.*)。

青霉病一般多从生长瘦弱的幼菇或采菇时遗留在菇床上的菇根菇桩开始发生，然后侵染病菇附近的健菇。病菌多从健菇的菇柄基部侵入，引起菇柄基部发生黄褐色腐烂症状，并由基

部向上扩展。瘦弱的幼菇受侵染后，则多从菇顶向下发展，使幼菇呈黄褐色枯萎状，生长停止，整个病菇呈黄褐色，表面长出绿色粉状霉层，霉层下面的菇体组织腐烂(图 9-4)。

7. 银耳绿霉病 银耳绿霉病的病原菌为绿色木霉 (*Trichoderma viride*)。银耳绿霉病发生以子实体成熟后未及时采收的耳片上，除银耳外，还有黑木耳、猴头、香菇、蘑菇、灵芝及平菇等的子实体。受侵染的耳片呈淡白色，失去光泽和固有的弹性，耳片表面长出白色绒状的菌丝，大量形成分生孢子后呈绿色(图 9-5)，病耳慢慢消解胶化而腐烂。



图 8-5 绿色木霉



图 8-6 单端孢霉

8. 银耳红粉病 银耳红粉病是由粉红单端孢霉菌 (*Trichothecium roseum*) 引起，与僵缩病相似，主要发生在子实体上，又以未开片的耳基上发生较重。至使耳片不开放，呈萎缩状，失去光泽，表面长出一层红色粉状霉层即分生孢子(图 9-6)，子实体变色腐烂，不能再形成新的耳基。

9. 金针菇基腐病 金针菇基腐病又叫根腐病。多发生在生料栽培金针菇的菇床上，熟料袋、瓶栽发生亦较普遍，危害较重。病菌瓶梗青霉菌 (*Paecilomyce* sp.) 从菌柄基部侵入，至使菌柄基部初出现水渍状小斑，后逐渐扩大，病部颜色加深，最后变成黑色腐烂。病菇往往成丛发生，最后由于基部软腐而

使子实体倒伏，幼小菇发病后虽不倒伏，但萎缩死亡或停止生长。

（二）竞争性真菌病害

竞争性真菌病害是一类引起菇床病害和菌种污染的真菌。菇床病害是指发生在播种后菌丝生长阶段至子实体形成阶段的各种真菌性病害；菌种污染是指食用菌菌种生产过程中由于各种原因，带入了杂菌。

1. 鬼伞菌病 鬼伞菌俗称野蘑菇。在草菇、平菇、蘑菇菌床上最为常见。它象农田中的恶性杂草一样，来势猛，生长快，与食用菌争夺营养和水分，尤以对草菇影响较大。培养料发酵不彻底，料内氮素含量较多、温度高（30℃以上）、湿度大时易发生（图 9-7）。病原菌有墨汁鬼伞、毛头鬼伞、长根鬼伞（*Coprinus atramentarius*: *c. comatus*: *c. macrhizus*）等。



图 9-7 鬼伞



图 9-8 链孢霉

2. 链孢霉病 链孢霉俗称红色面包霉（*euospora sitophila*），是污染各种食用菌菌种和菌床的重要病害。菌种感染后在菌种瓶内、棉塞周围产生大量结红色粉状孢子，蔓延迅速（图 9-8），对菌种生长威胁很大。在高温、高湿条件下，特别是在棉塞受潮的情况下，极易发生链孢霉病。

3. 白色石膏状霉病 白色石膏状霉又叫臭霉，危害蘑菇、平菇等，在高温、高湿、通气不良、培养料 pH 8.2 以上的环境中，食用菌易发生该病。病菌粪生帚霉 (*Scopulariopsis fimicola*) 在料或覆土表层为斑块状白色菌丝，逐渐变为黄色，使培养料呈现面粉状。也能深入培养料内，使料发粘，并散发出臭味。

4. 毛霉和根霉病 毛霉和根霉危害各种食用菌。毛霉 (*Mucor*) 多出现在畜粪、菌种和培养料上，能在基质上广泛蔓延，污染菌种和培养料。根霉 (*Rhizopus*) 多发生在培养材料和培养基上。这两种霉菌都能隔绝空气，争夺养料和水分，分泌有机酸和毒素，影响食用菌菌丝的生长。

5. 木霉病 木霉 (*Trichoderma*) 危害多种食用菌，在菌种和菌床上是最为常见的一种，发生普遍，危害严重。它分泌毒素，掠夺营养，抑制食用菌的生长。菌丝初为白色棉絮状，产生孢子后，逐渐变绿，最后呈黑绿色故又叫绿霉菌病。该杂菌适于在高温、高湿和培养基偏酸性的情况下发生、发展。

6. 青、曲霉病 青、曲霉 (*Penicillium; Aspergillus*) 也是制种和菌床上常见的病菌。它们与食用菌争夺营养、水分，并分泌毒素抑制食用菌生长。

7. 胡桃肉状菌病 胡桃肉状菌 (*Diehliomyces microspora*) 又叫假块菌，主要危害蘑菇、平菇等食用菌。在高温、高湿、通气不良的条件下，容易发生并迅速蔓延。在菌床上，初期产生短而浓密的白色菌丝，继而形成白色或浅黄色的胡桃仁状一粒粒的菌核，发生此病菌的菇房，有一股漂白粉气味。

8. 聚端孢霉菌病 聚端孢霉菌病是由粉红单端孢霉菌 (*Trichothecium roseum*) 引起的培养基污染，发生较普遍。聚端孢霉菌形成的红粉与链孢霉形成的红粉相比量少，不成堆或成团，颜色较淡。凡受聚端孢霉菌污染的培养料，食用菌的菌丝不能生长。

9. 黑霉病 黑霉菌链格孢 (*Alternaria sp.*) 也是食用菌菌

种生产和栽培过程中常见的污染杂菌之一。这类杂菌种类多，分布范围广，适应性强，在有机物上容易发生，其分生孢子飘浮在空气中，菌种接种过程中稍不注意易受污染。菌落呈黑色或墨绿色的绒状，故称为黑霉病。

10. 镰孢霉菌病 镰孢霉菌病的污染是禾谷镰孢霉 (*Fusarium graminearum*) 或腐皮镰孢霉菌 (*F. oxysporum*) 引起的。在食用菌菌种分离时，有时可受到其污染，在生产原种或栽培种时，如果用粪草料或棉籽壳、锯木屑，一般不易看到该杂菌污染，但采用麦粒培养基时，它的出现率却相当高，成为麦粒菌种生产过程难解决的主要污染杂菌。菌种受污染初期，其菌丝白色，与菌种菌丝相似，但生长一段时间后，菌落下面的培养基或培养料出现紫红色。

11. 毛壳菌病 毛壳菌属中有关菌类 (*Chaetomium sp.*) 是蘑菇、平菇菌床上经常发生的一种病害。该病菌多出现在播种后的半个月內，影响播种后发菌速度。严重发生时，不但不能发菌，且使培养料变质。用生料或半生料栽培的菇床易发生此病。

播种后 7 天左右，培养料表面出现灰白色绒状菌丝，几天后，在菌丝丛中出现颗粒状小点，此时，菌丝及颗粒状小点变成绿色或褐色。食用菌的菌丝生长受抑制。

12. 床面硬结湿腐病 此病发生在平菇菇床料面，危害性大。凡发生床面硬结湿腐病的菇床，培养料已变质，不能再出菇。由子囊菌中的肉座菌 (*Hypocrea sp.*) 引起，培养料表面初期出现白色半球状并可互相连结在一起呈凸凹不平的块状结构的子实体。在潮湿条件下，子实体消解腐烂，使平菇菇床呈黑色湿腐症状，平菇的菌丝消失，没有子实体形成，培养料呈黑色腐烂。

13. 其他竞争性真菌病 食用菌在进行段木栽培时，除木霉、青霉和曲霉外、还有革菌类和多孔菌类等产生污染而致病。

二、细菌性病害

引起食用菌子实体发生病害和菌种污染的细菌，是一种单细胞的微生物，它和真菌不同，属于原核生物。它无丝状的菌丝，其营养体和繁殖体都是单细胞，且形状上无区别，基本上都呈短杆状，长度约 $1\sim 2\mu\text{m}$ ，宽 $0.6\sim 0.8\mu\text{m}$ ，长有鞭毛能游动，其繁殖方式为分裂或称裂殖，即一个菌体生长到一定程度时可一分为二形成两个形状相同的菌体。从对环境条件要求来看，病原细菌喜欢在高温、高湿，特别是菌盖表面较长时间都保持水渍状态条件下，有利于它的繁殖、传播和引起病害。病原细菌与病原真菌不同，适宜生活在弱碱性的环境中，在酸性环境中其生长繁殖受到抑制。引起食用菌子实体发生病害的病原细菌主要是假单胞杆菌、荧光假单胞杆菌。此外，报道还有黄毛杆菌及芽孢杆菌；污染菌种和培养料的细菌种类很多，其中以芽孢杆菌较为常见，其次是荧光假单胞杆菌和欧氏杆菌。

（一）金针菇锈斑病

金针菇锈斑病发生较普遍，其中以生料床栽的子实体比熟料瓶或袋栽的发生较重。此病主要发生在子实体生长中后期，始发病时，菌盖上出现针头大小的褐色或黑褐色小点，扩大后的病症可达芝麻种子到绿豆种子那样大小，锈褐色，边缘不整齐，病斑不凹陷，病斑之间可相互愈合成不规则形的锈斑。发病严重时，一个子实体的菌盖上有几十至上百个锈斑点（图8-9）。病菌只危害菌盖表皮，不深入菌肉，因此，不会引起病子实体腐烂，也不引起病子实体畸形。除危害菌盖外，还可以危害菌柄，病斑形状与菌盖上的相似。病原菌为假单胞杆菌（*Pseudomonas sp.*）。

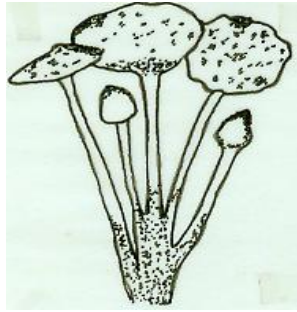


图 8-9 金针菇锈斑病症状

（二）细菌斑点病

细菌斑点病是由托拉氏假单孢菌 (*Pseudomonas tolasii*) 引起。菌盖上有小的黄色或苍褐色区，后形成凹陷斑点。斑点干后菌盖裂开，形成不对称的子实体。菌盖上积水易发生斑点病。

（三）菌褶滴水病

菌褶滴水病是由菊巨假单孢菌 (*P. chchorii*) 引起。该病菌主要侵染菌褶，被感染部位变成奶油色水液滴。最后使菌褶烂掉，变成褐色粘液团。

（四）干僵病

干僵病也是假单孢菌 (*Pseudomonas sp.*) 引起。蘑菇被感染后，子实体畸形，苍褐色、菌盖歪斜，菌柄稍膨大，但不腐烂而是逐渐萎缩，干僵硬。

（五）烂耳

银耳、木耳采收不及时，耳子过熟，容易感染细菌而腐烂；闷热，耳场或耳坑通风差；耳木或培养料过湿，菌种生活力差，病虫杂菌的影响、使用农药过量或酸碱过高过低影响耳片正常生长等，都可造成烂耳。

三、病毒性病害

病毒是一类比细菌菌体还要小得多的病原生物。在为害食用菌的病原生物中，病毒占有相当重要的地位。它在寄主的细胞内利用寄主细胞内的蛋白质进行复制，即将寄主细胞内正常的蛋白质通过转录和复制变成病毒的蛋白质，因而使寄主表现出病害的症状。食用菌病毒性病害也很多，蘑菇、香菇、平菇、草菇、银耳等都有许多病毒病。

感染寄主有以下症状：

一是子实体长，早现菌蕾，菌盖和菌柄不均衡，呈鼓锤状。有时因发育受阻，菇型矮化或盖厚；短，菌盖发育不良；或菌盖小、薄而平展，菌柄细长，有时无菌膜。

二是菌丝退化，细胞较短而膨胀，浅黄色，感病子实体自灰色转为褐色，菌柄内部变褐，采收后的病菇迅速变褐，菌盖上呈现不规则褐斑，菌柄上呈褐色纵条斑；染病菌丝覆土后生长衰弱，或从覆土层中消失。

三是菌褶硬脆，或呈革质；湿、软腐，数日内完全腐败；菌盖及菌柄上往往有水渍状粘液。

四是染病菌丝生长缓慢，菌丝体褐色柔润，无粗大菌丝束，或菌蕾上无菌索。受侵染的菌丝在琼脂培养基上生长缓慢，菌丝稀疏，紧贴，菌落表现颗粒状，菌落边缘不整齐，有不同程度凹槽。

五是健菇孢子平均大小为 $4\sim 6\mu\text{m}$ ，病菇孢子平均大小为 $2\mu\text{m}$ 。病菇孢子细胞壁薄，萌发速度比健菇孢子快。

病毒病主要是通过带病毒的孢子、菌丝、昆虫和工具等到处传播的。对于病毒病，目前还无有效药剂可进行防治，只有采取有效的预防措施去解决。

（一）蘑菇病毒病

菌种本身带有病毒，表现为菌丝生长速度减慢，颜色变褐色，菌丝稀疏，菌落边缘不整齐等。用带有病毒的菌种播种后表现的症状，包括菌丝生长慢和发菌不均匀；覆土后出菇时，子实体分布很不均匀，甚至有的床面不出菇或只有零星几个菇；已长出的子实体表现的症状包括菌盖菌柄不成比例生长，菌盖小，菌柄细长，或向一边弯曲，有的则表现为菇型矮小，有的则菌柄肿胀呈球状，有的表现为早开伞，菌盖薄而平展，有的表现为菌盖半球形，菌柄上粗下细，呈“钉头菇”等。

（二）平菇病毒病

平菇病毒病子实体症状（图 9-10）为：菌柄肿胀呈近球形或烧瓶形，不形成菌盖或只形成很小的菌盖，或只在近球形的子实体顶面保留菌盖痕迹，后期产生裂缝，露出白色菌肉；菌柄变扁和弯曲，表面凹凸不平或有瘤状突起，菌盖变小畸形，具深的缺陷和呈波浪形；菌盖及菌柄上出现明显的水渍状条纹和条斑。



图 9-10 平菇病毒病症状

（三）香菇病毒病

此病在国内外的香菇栽培中均有不同程度的发生。感病菌丝体，在生长阶段，菌种瓶或菌种袋中出现“秃斑”；在子实体生长阶段，一是出现畸形体，二是子实体开伞，菌肉薄，产量低。

四、生理性病害

食用菌和其他生物一样，在生长发育过程中，如遇到不适的环境条件或不适当的栽培措施可引起生理性病害，如培养料的含水量过高或过低，pH 值过大或过小（即碱性过强或酸性过重），温度及空气相对湿度过高或过低，光线过强或过弱，二氧化碳或其他有毒气体过浓，农药使用不当，尿素及生长调节物质使用浓度过高等因素引起正常的生长发育受阻。会出现各种不正常的症状，最终将导致食用菌产量、质量的降低。

（一）尿素中毒病

蘑菇及平菇栽培过程中，为了提高产量，不少菇农用尿素拌料和作补充营养喷洒床面。由于用量不当，造成菌丝生长受抑或死亡；大批菇蕾及幼菇变黄，萎缩，最后死亡。这种尿素浓度过高引起的中毒事故，各地都有发生。在菌种生产过程中，培养料中的尿素用量过多，对木耳菌丝的影响特别明显，菌丝生长速度明显减慢，且菌丝生长稀疏，严重时菌丝不能生长。

（二）菌丝徒长

在外界条件有利于菌丝生长，如不能满足生殖生长要求时，

菌丝体迟迟不能结子实体称为菌丝徒长，又叫冒菌丝。如：蘑菇制做菌种时，若所用母种菌丝体属气生型菌丝，转管分离过程中又尽挑选一些生长旺盛的气生菌丝体移接到腐熟过度，含水量过高（含水量在60%以上）的培养料上制成的原种或栽培种，当菌丝长满后，在培养温度偏高（22℃以上）的情况下，菌丝体往往在瓶口上部生长过浓，甚至密集成块。使用这样的菌种，栽培床上容易发生冒菌丝现象。

木屑栽培香菇在压块或脱袋后，菌丝愈合阶段，当表面菌丝已经发白，而有黄色水珠产生时，不及时掀动塑料薄膜，进行换气降温，表面的菌丝便继续生长，最后结成一层白色浓厚的菌皮，抑制菌蕾的形成，严重影响香菇的产量，这也就是香菇菌丝徒长的现象。

（三）地蕾菇

这种症状主要在蘑菇栽培过程中出现，出菇初期，由于初生子实体着生部位低（在料内、料表或粗土下部），往往破土而出，菇根长，菇形不圆整，栽培者称这种子实体为地蕾菇，顶泥菇。

（四）死 菇

在出菇期阶段由于环境条件的不适，菇床上经常发生小菇萎缩、变黄，最后死亡的现象，有时成批死亡。

造成死菇的原因很多：出菇期间若菇房温度连续几天高温，加之菇房通风不良，氧气不足，二氧化碳过多，新陈代谢过程中产生的热量不能很快散发，大量幼小菌蕾就会被闷死。另外，由于过高的温度不适于子实体的发育而适于菌丝体的生长，已形成的子实体的营养便会倒流给菌丝，结果幼小菌蕾由于缺乏营养而萎缩死亡，蘑菇栽培中若覆土后出菇前菌丝生长太快，

出菇部位过高，在土表形成过密的子实体（平菇也同样），由于营养供应不上，也会产生部分小菇死亡的现象。若第一、二批菇过密，采菇时操作不慎，往往会损伤周围的小菇，招致其死亡。过量的农药也是发生大量死菇的一个原因。

（五）硬开伞

蘑菇栽培中，当秋菇后期，若冷空气突然来临，温度急骤下降或昼夜温差过大（10℃以上），尤其在天气干燥，菇房内空气相对湿度低的情况下，菇床上常出现未成熟的子实体菌盖与菌柄分离裂开的现象，暴露出极嫩的淡粉红色菌褶，不符合商品要求，严重影响经济效益。

发生蘑菇硬开伞的原因，主要是由于气温变化大，造成料温、土层温度与空气温度之间的差异。当冷空气来临时，气温首先降低，而土层温度和料温则是逐渐缓慢下降，这样便形成了料温和土层温度高，而室温低的状况，使扎根于土层内的菌柄和暴露于土层表面空间的菌盖生长不平衡而产生开裂。其次，硬开伞与菌种菌丝在母种内的生长形态和挑选的类型也有一定的关系，在母种培养期间，若以气生型的菌种挑选基内型的菌丝，当年栽种则往往容易产生硬开伞的现象。

（六）畸形菇

食用菌在形成子实体期间，若遇不良的环境条件、农药中毒等因素，子实体不能正常生长发育，常常产生各种各样的畸形，降低产品质量，影响经济收入。

在蘑菇栽培过程中，粗土粒过大、土质过硬的情况下，从粗土层中长出的第一批子实体，菌盖往往高低不平，形状圆整，这主要是由于机械性损害所造成的。出菇期间菇房通风不良，

室内二氧化碳浓度超过 0.3% 以上，往往会出现长柄小盖的畸形菇。若冬季采用煤炉加温，一氧化碳过量，子实体会产生瘤状突起，轻度药害也会产生粗柄小盖的子实体。

在培养猴头菌的过程中，由于营养不适，二氧化碳浓度过高，便会产生珊瑚状的畸形猴头子实体。在培养基内若含有芳香族化合物或其他有毒物质，猴头菌丝体的生长发育便会受到抑制或异常刺激而产生畸形的猴头子实体。猴头对二氧化碳浓度相当敏感，当培养环境中二氧化碳含量超过 0.1% 时，就会刺激菌柄不断分枝，而抑制菌盖发育。生产上片面强调湿度、温度而造成通气不良，往往出现珊瑚畸形猴头。水分管理不善是造成光秃无刺型畸形猴头的直接原因，特别是当温度偏高（ $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ），湿度较低时更易发生。另外，猴头菌种传代过多，可引起菌种退化，也有可能导致猴头子实体畸形。

在培养平菇的过程中，当平菇子实体原基进入珊瑚形成期时，如遇到 23°C 以上的高温，已形成的子实体原基伸长呈白色刺状和高粱粒大小灰黄色菌盖，均变为淡黄色，2 天后黄色子实体菌柄基部变粗，多水，膨大，菌盖小而软，不再增大，水肿发黄发亮，僵死，少量成活的子实体虽然仍能生长，菌柄基部亦膨大、粗壮、菌盖小，畸形、皱皮，若培养平菇的场所缺少散射光线，则形成的子实体颜色淡，若二氧化碳浓度过高，形成的子实体则柄长盖小。因此，在平菇形成子实体阶段应尽量将培养室内温度控制在最适，并给予一定的光线，注意通风换气，可以防止畸形菇的产生。

（七）空根白心

蘑菇盛产期，菇房空气相对湿度低（80% 以下），土面喷水少，土层过干，尤其粗土层的水分不足，正在迅速生长的子实体既不能从土层中（尤其从粗土层）得到充足的水分，菇盖表

面水分又大量蒸发，菌柄中间由于缺水，产生白色的髓部，甚至中空，严重影响蘑菇的质量。

（八）水锈斑

食用菌子实体若在床面喷水以后，不及时通风，空气相对湿度过大（95%以上），菇体表面水分蒸发慢，有水滴在菇盖表面凝结时，便出现锈色斑点，降低质量，减少收入。

（九）红 根

蘑菇出菇早期，高温阶段喷水过多，土层含水量过大，尤其在蘑菇采收前床面喷水过多；追施葡萄糖过量，菇房通风不良，便会发生红根，甚至绿根现象，严重影响蘑菇的质量。出菇后期，低温阶段水分过多也会产生红根。

第二节 食用菌害虫

危害食用菌的害虫种类较多，虫害中以双翅目的菇蚊、菇蝇发生普遍，危害严重；其次是弹尾目的跳虫和鞘翅目的甲虫；还有缨翅目的蓟马、鳞翅目的夜蛾以及半翅目的椿象等。螨类中的食酪螨、粗腿粉螨、蒲螨、根螨等。有害动物中的蛞蝓、蜗牛、马陆、鼠妇、鼠等。

一、昆 虫

（一）菌瘿蚊

菌癭蚊又叫菇癭蚊 (*Mycophila fungicla*)。有的人称之为菇蚋。它是平菇及蘑菇栽培中普遍发生和危害较重的一种害虫，其中又以平菇栽培中发生最普遍，危害严重，除危害平菇、蘑菇外，在金针菇、银耳栽培中亦有发现。

菌癭以幼虫危害(图 9-11)食用菌。幼虫生活在培养基中，取食菌丝及培养料中的养分，影响发菌，出菇时间延迟，产量下降。在子实体生长阶段，发生在平菇床上的大量的幼虫，除在床料中取食菌丝外，还爬到子实体上取食菌皮及菌褶上的担孢子，菌癭蚊幼虫体长 3mm 左右，初为乳白色，老熟时变为桔红色，由 13 节组成，长条形或纺锤形，无胸足及腹足，蛆状，头部不发达，中胸腹面有一明显的剑骨，呈“Y”字形。成虫为小型、柔弱的小蚊，黑色，体长约 3mm，需用手持扩大镜或双目扩大镜才能看清其形状特征。

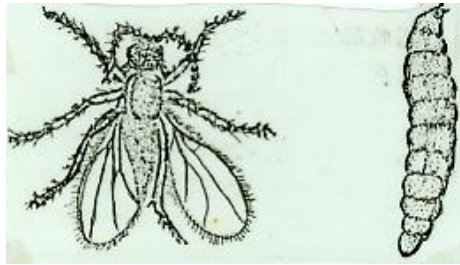


图 9-11 菌癭蚊成虫及幼虫形态

(二) 平菇厉眼菌蚊

平菇厉眼菌蚊 (*Lycoriella pleuroti*) 发生较普遍。主要发生在平菇、蘑菇菌床上，也危害草菇及木耳。幼虫危害子实体，喜欢注食菇蕾和幼菇，开伞后的子实体也可受害，此时多在菌褶上蛀食，幼菇的菌柄被蛀食后呈海绵状，严重发生时，一个

菌柄内有幼虫几百条。幼虫蛆状，体小，乳白色，由 12 节组成，无胸足以及腹足。头部黑色，成虫为黑褐色小蚊虫，背板及腹板色较深，具刚毛，头部和腹部也有毛（图 9-12）。

（三）菇 蚊

在平菇和蘑菇菌床上均有菇蚊（*Mycetophila* sp.）发生，一旦发生，对子实体的危害较重，菇蚊以幼虫危害食用菌，蛀食菌柄及菌盖，在平菇菇床上发生时以蛀食菌柄为主，且多从菌柄的中下部蛀入，危害子实体与大菌蚊的区别在于受害子实体外面吐有白色丝网，受害严重的平菇子实体呈黄褐色，菌柄外表有许多眼，菌柄内的菌肉被蛀空软瘪，不能食用。幼虫体较大，蛆状，乳白色，成长幼虫头部明显褐色，无胸足及腹足，体节较明显，成虫黄褐色，触角短，腹部较粗大，从背部可分 7 节，腹背中央有黑色纵纹与腹节间的黑色横线相交叉（图 9-13）。

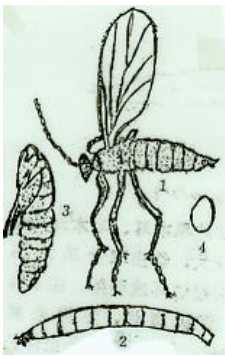


图 9-12 平菇眼菌蚊

1. 成虫；2. 幼虫；3. 蛹；4. 卵

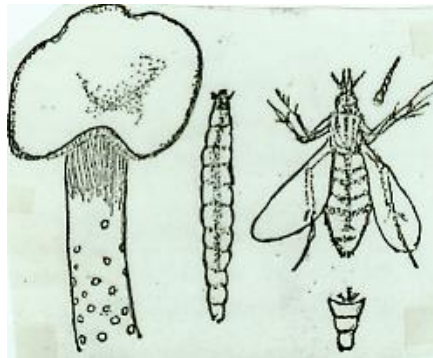


图 9-13 菇蚊

1. 成虫；2. 幼虫；3. 平菇被害状

(四) 蚤 蝇

蚤蝇是菇房中发生普遍的一类害虫，由于成虫体小，易与菇蝇或菇蚊混淆，发生在蘑菇、平菇等菇床上的蚤蝇（图 9-14）有 5 种，即黑蚤蝇、菇蚤蝇、普遍蚤蝇、灰菌球蚤蝇及黄脉蚤蝇（*Megaselia nigra*; *M. agarica*; *M. flavinervis*）。蚤蝇的幼虫喜食菌丝体及培养料，亦可取食子实体。危害子实体时蛀食菌柄及菌盖，出现许多不易引起注意的小孔眼。蚤蝇幼虫在培养料内除直接取食菌丝外，还可分泌对平菇、蘑菇菌丝生长有毒害作用的排泄物，菌丝生长受抑变红，蚤蝇除危害平菇、蘑菇外，还危害木耳及银耳。幼虫危害耳片后引起流耳。

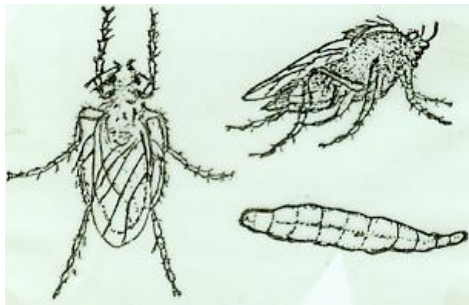


图 9-14 蚤蝇的幼虫和成虫形态

(五) 跳 虫

跳虫又叫烟灰虫。对所有的食用菌均可危害，其中以平菇、香菇、木耳、银耳及蘑菇受害较重。在国内，几乎所有产菇地区都有发生，其重要性仅次于前述的害虫。跳虫对食用菌的危害可分成三个时期。一是菌种生产阶段，有的跳虫可钻进菌种瓶内取食菌丝；二是播种后菌丝生长阶段，跳虫进入菇床培养料内取食菌丝；三是菇床出菇阶段，跳虫群集于子实体上危害

子实体。幼虫白色，成虫灰蓝色，有灵活的尾部，跳虫如蚤，体具油脂，不怕水。跳虫多发生在堆肥中，常密集在床表面或潮湿阴暗处，此虫繁殖速度极快，每年可发生6~7代。常见跳虫有：1. 紫跳虫 (*Hypogastrura eommunis*)、2. 黑角跳虫 (*Entomobrya sauteri*)、3. 角跳虫 (*Folsomia fimetaria*) 和 4. 菇疣跳虫 (*Achnrutes armatus*) (见下图9-15)。

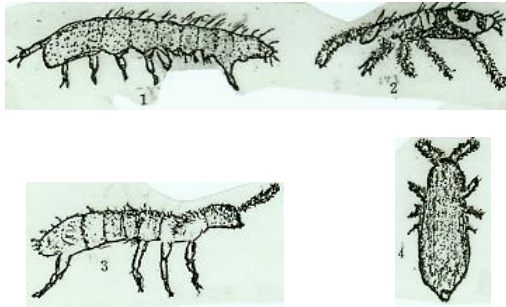


图9-15 常见跳虫

1. 紫跳虫；2.黑角跳虫；3.角跳虫；4.菇疣跳虫
- 2.

(六) 黑腹果蝇

黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 主要发生在人工栽培的黑木耳、毛木耳及银耳子实体上，且发生较普遍，危害性较大，幼虫取食黑木耳及毛木耳的子实体，耳片被蛀食后常引起烂耳或萎缩。由于耳片腐烂胶化，使培养料(菌块)呈水渍状腐烂，幼虫蛆状，体小，老熟幼虫体长4mm左右，无胸足及腹足，白色至乳白色，成虫黄褐色，体型小，腹未有黑色环纹(图9-16)。

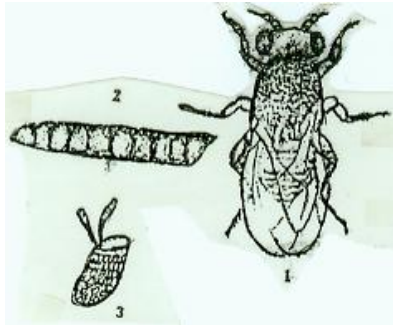


图 9-16 黑腹果蝇

1. 成虫；2. 幼虫；3. 卵

（七）蓟 马

蓟马可危害多种食用菌，包括人工栽培的平菇、草菇、木耳、银耳等，发生普遍，危害较重，特别是室外畦地栽培的平菇、蘑菇以及段木栽培的木耳、银耳受害重。蓟马以口针刺入子实体内吸取汁液或取食孢子，幼菇被害后，子实体萎缩木耳被害后，耳片不能展开长大，严重的可引发流耳病。

（八）为步行虫

为步行虫俗名黑壳子虫，主要危害木耳等。成虫啃食木耳外层。幼虫食润耳，数量多时危害严重。入库的干耳回潮时，仍能受其继续危害。

另一种叫做霉垫的，俗称麻壳子虫。危害黑木耳与黑壳子虫相同，再有一种四斑丽甲，俗称花壳子虫。形状、大小与黑壳虫相近，幼虫俗称蓑衣虫，幼虫和成虫危害黑木耳。

（九）白 蚁

白蚂蚁危害食用菌主要发生在丘陵、山区，平原地区发生较少，白蚁以蛀食段木为主，凡是段木或木（竹）材栽培的食用菌均可受害。其中以木耳、香菇、茯苓、竹荪等受害较重，特别是人工栽培茯苓或竹荪时，白蚁的危害往往使栽培失败。白蚁（图 9-17）的危害主要是蛀食木（竹）材，造成菌丝无法生长，子实体也就不能形成，危害食用菌的白蚁主要有黑翅蚂蚁（*Odontotermes formosanus*）和黄翅大蚂蚁（*Maerotermes barneyi*）。

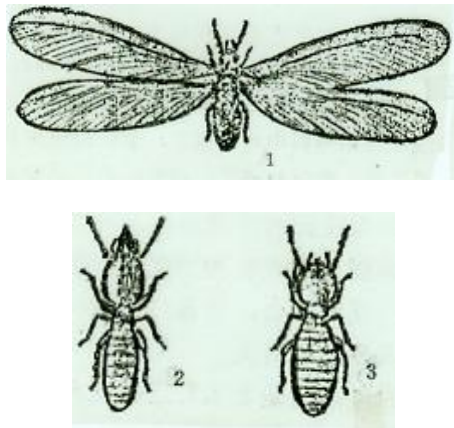


图 9-17 白蚂蚁的形态

1. 翅蚁；2. 兵蚁；3. 工蚁

（十）蝼蛄、蚯蚓、椿象

在不同地区，对栽培的食用菌均有不同程度的危害。

（十一）粉螟、谷螟、麦蛾、谷盗、谷蠹

它们均为贮藏期的害虫，主要以幼虫蛀食干子实体。

二、线 虫

在食用菌栽培过程中，线虫主要危害蘑菇、平菇、香菇、草菇、木耳、银耳等，以蘑菇、平菇及木耳发生普遍。线虫属于线形动物门的线虫纲。寄生食用菌的病原线虫是一种无色线状的蠕虫，虫体长度只有1mm左右，需要在显微镜下观察。线虫繁殖很快，在适宜的温湿和充足的食料条件下，15天左右即可完成一个世代，即成虫—卵—幼虫—成虫。

（一）蘑菇线虫

发生在蘑菇菇床上的线虫种类较多，常见的有蘑菇菌丝线虫（*Ditylenchoides myceliophagus*）、蘑菇堆肥线虫（*Aphelenchoids composticola*）、尖线虫、腐生线虫等。这些线虫在培养料中均可危害、影响菌丝生长和子实体发育。线虫侵害后，菌丝被破坏、吞食，培养料变湿、变黑、变粘、严重时床架反面有液滴滴出，并有刺激性的臭味。在生产实践中，蘑菇播种后发生的“退菌”现象（即播种后已发菌，但后来菌丝逐渐消灭，培养料变潮湿，颜色变黑），往往与线虫的大量发生危害有关。

（二）木耳线虫

不论是毛木耳还是黑木耳均可受害。耳片及耳根腐烂而表现为“流耳”，凡发生腐烂症状的耳片或耳根中，均存在大量的线虫和细菌。危害木耳引起烂耳的线虫为小杆线虫（*Pelodera* sp.）。另外，凤尾菇子实体上亦发现小杆线虫危害，现蕾期发病，菇蕾软腐，菌盖中央先变黄，渐及整个菇体软腐，从菇盖到菇柄，颜色逐渐变黄褐色，最后菇体干萎。

银耳栽培中如受线虫危害，线虫钻食于银耳子实体内，致使其烂耳，有时还破坏耳根，使之失去结耳能力。

三、螨

螨类是食用菌栽培者、菌种生产者及菌种保藏单位的大敌，也是干菇、干耳贮藏运输期间的重要有害生物。人工栽培的各种食用菌，特别是蘑菇、平菇、草菇，螨害的发生普遍和严重，稍不注意，就可能酿成大面积欠收或失败，各种害螨均以若螨及成螨危害食用菌的菌丝及子实体，有些害螨也危害菌种生产及栽培人员。一是直接取食菌丝，包括对保存和试管菌种、栽培用的生产及播种后菇床培养料内的菌丝，造成菌丝生长不好或菌丝消失。栽培时出现的“退菌”现象往往与螨害的大发生有关，造成大面积的菇床播种后不发菌或发菌后菌丝消失而使栽培失败；二是在子实体形成阶段发生螨害，可造成菇蕾枯死或子实体萎缩，或子实体生长差，无生气，严重影响产量和质量；三是影响蘑菇的加工质量；四是害螨本身还可携带病菌和传播病害，加重菇床上传染性病害的发生；五是引起管理人员皮肤搔痒，甚至引起慢性皮炎或眼皮肿胀等疾病，特别是在夏季栽培草菇时威胁性更大；六是危害仓库中存放的干菇干耳。

试管菌种中发生螨害后，斜面上的菌丝出现蚀斑及菌丝倒伏现象，菌丝稀少，对光检查可见试管壁上有害螨爬行；菌种瓶内的菌种是否发生螨害，可将菌种瓶放在阳光下直晒 30~60 分钟，使瓶内温度上升，害螨会从培养料内爬至玻璃瓶壁上；料床上发生螨害后螨的数量少时，不易被发现，当害螨大量发生时，床料表面好似撒了一层面粉，这时菇床料内食用菌的菌丝生长不好或已消失。检查床料螨害发生情况，可在贴床料面覆盖一张 0.1m² 见方的干净塑料纸或玻璃，再在其上方（约 10mm 高）挂一支 40~60W 的灯泡，经过 30 分钟左右照晒，

若床料内有害螨，就会爬到塑料纸或玻璃板上，用放大镜检查可以鉴别。

危害食用菌的害螨种类较多，主要有蒲螨、粉螨(图 9-18)、食酪螨、根螨、钝尾螨和红辣椒螨 (*Pyemotes* sp.; *Tyrophagus* sp.; *Troglyphus* sp.; *Rhizoglyphus* sp.; *Histiostoma farinae*; *Pygmephorus stericorila*)

四、有害动物

危害食用菌的有害动物种类也不少，特别是目前仍处于自然野生或半人工栽培的食用菌受害更重。这些有害动物包括脊椎物门的老鼠、鼯鼠、乌鸦、山雀以及哺乳动物的猿猴等。此外，还有发生普遍且危害较重的软体动物如蛞蝓(图 9-19)及蜗牛，节肢动物门多足纲的马陆，环形动物的蚯蚓，甲壳类动物的潮虫等也危害食用菌。

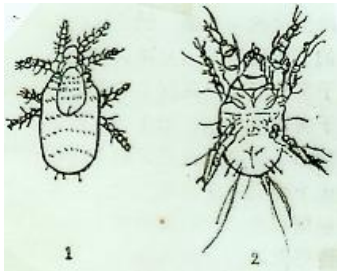


图 9-18 蒲螨和粉螨

1. 蒲螨背面; 2. 粉螨腹面

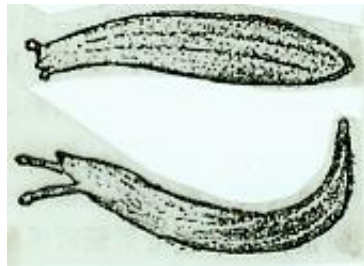


图 9-19 蛞蝓

第三节 病虫害的防治

食用菌生长发育所需环境条件，也非常适宜各种病虫螨的发生和生长，加之食用菌的特有栽培方式和生长的特点，又不太适宜用药剂防治，因此在食用菌栽培中应贯彻“预防为主，综合防治”的方针，其中特别强调栽培技术措施的作用，创造良好的有利于食用菌生长发育的生态环境条件以预防病虫害的危害，可以得到事半功倍的效果。

一、选用优质菌种

栽培食用菌，选用优质菌种很重要。不论是棉籽壳、粪草料菌种还是谷粒及其他材料菌种，总要求是：菌种纯正、适龄、生活力强，不带病虫螨类。同时，还要求适时播种，适当加大菌种用量。

二、卫生措施

良好的卫生环境，可以减少病虫杂菌的滋生蔓延，提高化学防治效果，这是生产上一个重要环节。

（一）搞好环境卫生

菇房、耳棚、场地、贮存室、接种室、培养室等场所，应远离仓库、饲料间、鸡棚和畜舍。除了做好日常的卫生清洁工作以外，还必须定期消毒。将废弃物和污染及时烧毁或深埋，以防污染环境，传播病虫。如有可能，菇场的道路和工作场地要铺水泥，以便随时冲洗和消毒。在每个重要的生产环节，如

拆料前，晒料前，堆料中，进料前后等重要阶段，菇房和场地应喷洒 1：800 倍多菌灵药液和 0.5% 的敌杀死等消毒，以消除潜伏在菇房和场地周围的杂菌和害虫。

菇房工作人员往来频繁，流动性大，往往是直接或间接传播病虫害的一个重要因子，特别是他们的衣、物、鞋、帽很容易沾染病原菌、害虫和杂菌。因此，发生病虫杂菌的菇房，应当采取严格的隔离措施，管理人员进入病菇房后，需要更换衣物，将手洗干净。

（二）用具和材料要消毒

食用菌栽培所用的工具都应当及时洗净、定期消毒。大的工具用石灰水清洗，小的工具用高锰酸钾、石炭酸等药剂消毒。

铺设床架所用的竹、木、水泥材料都必须彻底消毒，铺垫物（禾草或芦帘）需喷洒波尔多液，最好在进料前进行一次空间熏蒸。

（三）培养基质、覆土要防污染、培养料的原料要求新鲜、干燥及无霉

在培养料配制或堆制前，场地应先用水冲洗，然后用杀虫、杀菌药剂消毒。必要时培养料内也可以加进农药（利用 1：800 倍多菌灵拌料已被广泛的应用在平菇生料栽培上，并已证明多菌灵可以防止多种杂菌的产生）。进料前，料堆周围场地和整个料堆表面，都应当喷洒杀虫、杀菌药物，以防病虫杂菌被带入菇房。

污染的覆土是病虫杂菌暴发的重要原因。覆土材料要贮藏好，并尽可能地避开污染源。如果覆土材料已经污染，可以用巴斯德灭菌法（60℃-70℃）处理 30 分钟，或用药物熏蒸。

播种、覆土或压块以后，要严格控制其他人员出入，有可能的话，在通风窗上装上纱窗或草帘，防止病虫杂菌随风直接吹进菇房。播种、覆土或压块时，操作者的工具和工作服要清洁，为了减少污染的机会，挖种、压块、放土的地方要彻底清理，保持清洁卫生。

一旦菇床上出现病虫害，应立即进行处理，将所有的害虫、杂菌拿掉，进行深埋或销毁，病区应用药剂消毒。

（四）收获结束要彻底消毒

及时采收和清除老菇脚，即可保证菇的品质，又可减少病虫害。一茬菇类结束后，在拆料之前应先进行一次熏蒸，据有关材料报道，大多数真菌的菌丝和孢子约在 65℃ 即被杀死，而昆虫、线虫和螨类约在 55℃ 死亡。考虑到菇房温度因其保温条件不同，各部位的温度亦有差异，可用 70℃ 温度进行处理。整个培养基质、覆土、木头和床架最少维持 70℃ 1 小时。拆料以后，废弃的培养料应运至远离菇房的地方。床架材料，菇房地面，墙壁要进行彻底消毒。

三、药剂防治

栽培食用菌，只有在万不得已的情况下，才用药剂防治。出菇、出耳以后使用药剂，更要经过慎重选择，既不能影响食用菌正常发育，又不能含有残毒影响食用。

（一）杀真菌药剂

食用菌的病害和杂菌多数是由真菌引起的，它们对药剂的敏感程度有许多相似之处，如半知菌类的杂菌都对苯腈咪唑类

的杀菌剂反应敏感。因此多采用多菌灵、苯菌灵、托布津等药剂防治。但是在培养料中拌用，覆土前后及出菇前后喷用时，其药品、剂量、浓度等都应按规定慎重选择。

（二）杀细菌药剂

适合于杀灭细菌的药剂，漂白粉（次氯酸钙）采用较为普遍。若局部发生较严重的细菌性病害，也可以考虑采用百消净和兽用抗菌素，如链霉素、青霉素等。

（三）杀害虫药剂

食用菌害虫有许多种，可以针对不同的种类和发生时间而采用不同的药剂，实践证明，对发生的螨类或蛆类害虫，在出菇前使用二嗪农比较理想。出菇以后发生，使用除虫菊、鱼藤精等较为合适，培养料或菇房使用氨水熏蒸效果较好。氯氰菊脂、菇虫净、虫螨净、目虫绝杀等都是较理想的杀虫、杀螨剂。

四、改变环境因子

食用菌病虫杂菌发生的快慢和轻重，在很大程度上取决于各种环境因子。当环境条件有利于食用菌生长发育而不利于病虫杂菌发展时，食用菌生活力旺盛，抗性强、病虫杂菌就不易发生甚至不能发生；反之，病虫杂菌便会乘虚而入，迅速发展。因此，在食用菌栽培的日常管理工作中，尽可能创造适应于食用菌生长发育的环境条件。也是一项很重要的预防措施。

第十章 食用菌的加工贮藏

食用菌含有多糖、蛋白质、维生素等多种营养物质，同时含有大量的水。这样新鲜的食用菌就成了许多微生物生长繁殖的天然优质培养基，在常温下极易被微生物入侵而引起腐烂变质。不耐长期贮藏。另外在包装、运输过程中，新鲜的食用菌易被破损而降低了商品价值。因而，食用菌除了一部分鲜销外，必须对此进行加工处理。以达到远距离运输和长期贮藏，调节淡旺季的供应，满足市场需要的目的。

食用菌的腐烂变质，是由于微生物侵染繁殖所引起的。微生物的生长基质实际上是含有一定营养物质的溶液。因此它在新陈代谢过程中离不开水和可供应的营养物质。食用菌加工保藏的理论依据就是控制各种腐败性微生物的活动，以达到保持风味，长期保存的目的。通常可以通过两种途径来实现：

第一、通过加工（干制，盐渍、糖藏、冻藏）使产品本身不利微生物的繁殖活动。

第二、产品经过加工（罐藏），彻底灭菌，再制造一个与空气隔绝的环境，使微生物不能侵入。

第一节 食用菌的干制

干制是在不改变新鲜食用菌风味的前提下，利用自然或人工方法，借助热能将食用菌中的大部分水分除去，使含水量下降到13%以下，而将可溶性物质的浓度增高到微生物不能利用的程度，同时使食用菌本身所含酶的活性也因失水而受到抑制。此外附着在食用菌上微生物在干燥同时也脱水，干制后就长期

处于休眠状态，降低或减缓了其生长和繁殖的速度，从而使产品得以长期保存。

在干制过程中，干燥速度的快慢，对成品的品质起着决定性作用。在其它条件相同时，干燥愈快，干制品的品质愈好。干燥环境中空气温度越高，相对湿度越低，则干燥速度越快，反之则慢；干燥空气的流动速度应根据干制的内外环境中的空气温度和湿度的差异来决定。也不能过大。以免造成热能的利用不经济。此外，干燥的速度还与原料的种类和状态及干燥时原料的装载量有关。

一、干 制

干制是食用菌加工保存的一种方法，但必须清楚，并非所有的食用菌都必须干制加工。如双孢蘑菇干制后鲜味和风味均不及鲜蘑菇；平菇、猴头、滑菇一般以鲜吃较好；金针菇虽然可以干制，但通常在干制前先在锅内蒸 10 分钟再干制；而香菇、黑木耳、竹荪、灵芝和银耳则主要以干制为主。

为了提高干制品的质量，要注意不同菇的不同采收期和处理方法，而且在烘干前还要注意除去菇体基部的泥土和杂物，去除蒂头，将鲜菇按标准分级，去掉畸形菇和病虫菇体，将不同等级的菇体分别干制。干制有自然干制和人工干制两种。

（一）自然干制

自然干制是依靠风吹日晒等自然条件使原料干燥。就是将经过选择、处理后的原料，薄薄地摊在晒筛上曝晒至干。摊晒时要注意勤翻动，小心操作，以防破损。

自然干制的优点是不需要特殊设备，生产成本较低，但干燥时间长，干燥过程缓慢，常受气候条件的影响。不能人为控

制。若干制期间遇上阴雨天，会使干燥过程延长，产品质量降低，甚至引起大量腐烂，而且保藏中易返潮，生虫发霉，不能长期保存，因而现在多用人工干制法。

（二）人工干制

人工干制不受气候条件的限制，干燥迅速，所需时间短，省工省时。与自然干制相比，人工干制品的色泽好，香味浓，外形丰满，提高了商品价值，而且在烘烤过程中，霉菌孢子、害虫被杀死。更利于商品的长期保存。下面简述热风式烘房的结构（如图 9-1）及人工干制的操作过程。

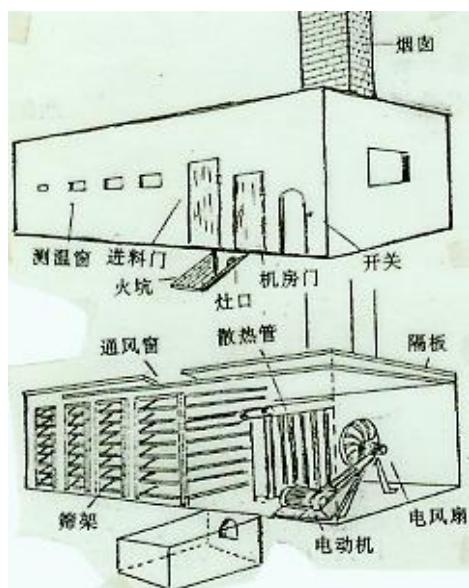


图 10-1 热风式烘房

热风式烘房整个结构可分为干燥室、散热管、送风设备 3

个部分，全长8~10m，宽2m。干燥室长5~7m，分为两层，上面是排气层，高1m；下面是烘房，高2m，可放5~7架烤筛，墙上开有4个20cm见方的玻璃窗，间距100~150cm，窗门各挂一支温度计。定时进行观察。散热管由两行竖立钢管组成。每行6根，每根粗16cm，上端焊接在两根粗20cm的横向钢管上，下端焊在10cm厚、40cm见方的钢板上。钢板下面是火炕，深60cm。火炕距干燥室1m，炕墙外是烧火口，对面砌一个80cm见方、高4m的烟囱与火炕相连。当升火时，热气通过钢管以辐射方式进入干燥室内，煤烟则从烟囱排出。送风设备是一台10千瓦电动机带动的大型电风扇。电风扇安装在距散热管30cm处，在电风扇后面墙上，开一个50cm见方的鱼鳞片式吸气孔，以增加通风量。电动机安装在灶外的墙边。为了排除烘房内水分，干燥室上部有1m高的排气层，在干燥室的另一端与下层相通，并在上方开80cm见方的通风天窗，排出蒸气。干燥室内设筛架，角钢或木制，宽180cm，长90cm。放8层烤筛，层距20cm，每层3个烤筛。烤筛以竹制为佳，长90cm，宽60cm，筛眼15~20cm。如在筛架脚上安装4个滑轮，干燥室地面再铺两条钢轨，则出进更加方便。

用烘房来进行人工干制，烘烤时可分以下几步。

1. 烘烤前的准备 大多数食用菌去除污物、蒂头，分级后即可烘烤。但有些品种还要作进一步的处理，草菇烘烤前一般用锋利的不锈钢刀或竹片纵剖成两片，仅留菌柄基部相连。烘烤时把切口向上平摊在烤筛上烘烤；蘑菇要切成2~3mm薄片，不重叠地摊在烤筛上烘烤；鲜金针菇洗净在蒸笼蒸10分钟后，再小心地整丛取出摊在烤筛上烘烤；松茸需削去表皮后切片烘烤；美味牛肝菌要切成0.5~0.7cm的片来烘烤。

2. 装筛 装筛时应按菇的厚薄、大小和干湿分开放一烤筛上，在干燥初期宜薄些，后期可适当厚些。香菇类应将菌柄向下装筛。

3. 预 热 在进料前烘房要先预热到 40~45℃，这样可以减少烘烤时间。进料时烘房温度降到 30~36℃。

4. 升 温 开始烘烤时温度一般掌握在 35℃左右，以后每 2 小时升温 5℃，最后使温度达到 60~70℃。在不同气候条件下采的菇烘烤时，烘房温度、换气量的控制可参考表 10-1。

表 10-1 不同气候条件的菇烘烤技术表

天气情况	进烘房时间 (h.)	烘房温度 (°C)	通风口	排气口
晴 天 采 菇	0~2	35 左右	全 开	全 开
	3~4	40 左右	全 开	全 开
	5~8	45 左右	1/3 闭	1/3 闭
	9 以后	50~55	1/2 闭	1/2 闭
	最后 1 小时	60~65	全 闭	全 闭
雨 天 采 菇	0~2	30 左右	全 开	全 开
	3~6	35 左右	全 开	全 开
	7~8	40 左右	1/3 闭	1/3 闭
	9~12	45~55	1/3 闭	1/3 闭
	13 以后 最后 1 小时	50~55 60~65	1/2 闭 全 闭	1/2 闭 全 闭

5. 调换烘筛 为了使成品干燥程度一致。必须调换烘筛，即在烘烤中期将最下部的第一、二层烘筛与中部的烘筛互换位置。在干制升温过程中，一定要控制温度，不要太高，否则菌盖变黑，菌褶倒塌弯曲。在原料烘烤至八成干时，停止加热一段时间。让烘房温度降到 35℃左右，然后再升温。这时可缩短干燥时间 2 小时左右。

二、分级包装

当干制结束后，必须对干制品再次分级。分级后即可放入塑料袋、复合薄膜袋或白铁皮桶中密封保存，以防吸湿返潮。

三、贮 藏

存放干菇的仓库应该干燥、清洁，并尽可能地在低温下存放，同时应作好防虫、防鼠工作，贮藏过程中要经常检查干菇的保存情况，以防吸水霉变。可以在塑料袋中加入一小瓶用棉花作塞的无水氯化钙防吸湿，放入一小瓶二硫化碳以防虫蛀。

第二节 食用菌的盐渍和糖藏

高浓度的盐液和糖液，具有强大的渗透性，使微生物不能从制品上摄取生命活动所需的水分和营养，甚至使其细胞原生质脱水收缩，发生生理干燥而处于假死状态，同时由于氧气在高浓度的盐液和糖液中的溶解度变小，因而具有抗氧化作用，另外盐液中的阴阳离子对微生物还有一定的毒害作用，所以利用盐渍和糖藏可以得到贮藏的目的。

一、盐 渍

盐渍所用工具和容器不能是铁、铜、锡等金属制品，以免加工产品变色降低商品质量。要用不锈钢或铝制品，或用竹、木以及塑料制品作工具。盐渍必须使用高质量的精制盐，否则食盐中的杂质会影响产品的风味，使产品质地粗硬，不够爽脆，甚至在菇体表面留下斑痕，损伤外观。盐渍的盐水应有不同的梯度，盐液浓度应是逐渐提高，如开始盐液浓度过高，会引起菇体组织聚然失水，使菇体外表紧缩和产生皱皮。

（一）加工前的处理

1. 分级整理、浸泡洗涤 同干制一样，必须对原料分级整理，并且要用8~10%的盐水作洗涤水，将分级整理过的食用菌在洗涤水中浸泡1~2小时后洗涤，这既有护色作用，又能除去食用菌表面附着的微生物和已蛀入菇体的蝇、蚊幼虫。

2. 热烫冷却 就是将整理和洗涤好的食用菌原料，投入热水或蒸气中进行短时间的加热处理，而后立即用冷水冷却。冷却时一定要待菇体温度降到平常水温（菇体中心要冷透，表面温度一致）后，才可进行盐渍，否则，盐渍后也容易发酸腐烂。

（二）盐渍

盐渍常有三种方法：

1. 层盐层菇法 先在缸（或桶）底铺一层菇，再铺一层盐，盐的厚度以看不见菇体为准。依次装满缸后，在最上层盖面的盐层稍厚，放上竹帘，再压上干净石块等重物，以免菇体浮起，然后罐入饱和盐水以提高盐渍效果。每100kg菇用盐约40~60kg。

2. 饱和盐水法 将缸（或桶）内装入饱和盐水，放入菇体，再压重物。为防止加入菇体后盐液浓度降低，在上面的加重物要放一个用纱布做的装满盐的口袋。以保证盐液始终成饱和状态。

3. 梯度盐水法 将菇体先浸于15~16%的定色盐水中，经3~5天后，把菇捞起滤干水，转入23~25%的盐水中浸渍一星期左右。这期间要检查盐液浓度，一发现盐水浓度不足18%，应马上加补。使盐液浓度调至18%或稍高于18%，一般经转缸两次即可。

（三）装 桶

在饱和盐水里放入柠檬酸，使盐液 pH 在 3~3.5，放入盐渍好的菇体，装满封桶，即可贮运。

二、糖 藏

用来糖藏的食用菌原料，要含水量较少，可溶性固形物含量较高，肉质紧密并具有韧性，颜色美观，煮制过程中不易糜烂。

（一）分级切分

给原料分级后，根据加工需要，切成薄片或条块，进行切分。以易于糖煮时糖分易于渗入。

（二）硬化预煮

对肉质较软的食用菌，要将原料放在石灰、氯化钙、亚硫酸氢钙等溶液中，浸渍适当时间，使组织硬化耐煮。硬化剂的使用要适当，过量会降低原料对糖的吸收，使制品质地粗。经硬化处理后的食用菌，须多次漂洗。以除去多余的硬化剂。漂洗后，对原料预煮后可使原料回软透明，糖制时糖分易于渗透，预煮时间一般不长，加水量则视需要而定。

（三）煮 制

煮制时，应尽量减少色、香、味及营养物质的损失。采用容量较小的不锈钢双层锅或真空浓缩锅，避免金属污染和变色变味，防止组织软烂和失水干缩等不良现象的发生。

1. 一次煮成法 将原料倒入浓度为 45~60%糖液中加热

熬煮。开始糖液浓度会被食用菌所排出汁液所稀释，需分次向锅内加浓糖液或砂糖。大约需煮制 1~1.5 小时，糖浓度达 75% 左右时即可出锅，滤干制品上的糖液，经干燥即为成品。

2. 多次煮成法 对于组织柔软及容易煮烂且含水量高的原料可用多次煮成法，即将处理过的原料，放入浓度为 30~40% 的沸糖液中，煮制 2~3 分钟，然后连同糖液倒入容器中，冷放浸渍 24 小时，使糖液渗入原料内。再将糖液浓度增高 10~20%，煮沸 2~3 分钟，倒入容器浸渍 8~24 小时，如此反复 2~4 次，最后将糖液浓度增高到 50% 左右煮沸，倒入浸渍的原料同煮，分 2~3 次加糖，至原料颜色透明，表面发亮，糖液浓度达 65% 以上，捞出滤干，干燥后即成成品。

3. 速煮法 将处理过的原料置于提篮内，放入糖液中煮沸 4~8 分钟，然后迅速提出。侵入 15℃ 的糖液中冷却 5~8 分钟，然后提高糖液浓度，再煮 4~8 分钟，提出放到 15℃ 糖液中如前冷却。如此反复进行 4~6 次即可完成煮制。

（四）烘 干

煮制干燥后应保持制品完整和饱满，不皱缩，不结晶，质地紧密而不粗糙，糖分含量应接近 72%，水分一般不超过 18~20%，烘干时应注意温度宜在 50~60℃ 之间，不宜过高，以免糖分结块和焦化。

（五）整理包装

在干燥过程中，往往由于收缩而变形，甚至破碎。因而干燥后需加工整理，使外观整齐一致，便于包装。包装时以防潮、防霉为主。

第三节 食用菌的罐藏

食用菌罐藏就是把食用菌装入特制的容器,经过加热排气,密封杀菌等一系列处理、杀死罐内微生物或使其失去活力,并破坏食用菌本身所含各种酶的活性,防止氧化作用的进行,使罐内食品得以长期保存,罐藏工艺主要包括原料处理、装罐、排气、密封杀菌和冷却等几个环节。

一、原料的处理

对罐藏的食用菌的原料,要进行严格挑选,剔除诸如霉烂、病虫害、畸形、过熟、变色等不合格原料,按大小、成熟度、色泽等等分级标准来分级,再进行洗涤、切分、烫漂等处理。

二、装 罐

目前生产上应用的罐藏容器主要有马口铁罐。空罐在使用之前应严格检查,剔除不合格的空罐,并且在装罐前要对空罐进行清洗,然后进行装罐。装罐量要准确,质量均匀一致。装罐时必须留有一定的空隙,顶隙就是内容物表面包括汁液与罐盖之间的空间。如果顶隙过小,加热杀菌时由于食物膨胀而压力增大,会造成罐头底盖向外突出,甚至出现裂缝,如果顶隙过大,则杀菌冷却后罐内压力大减,罐身自行内陷,同时顶隙过大,罐内存空气较多,容易造成食品的氧化变色。原料装好后,要注入含盐量为1~2%的盐液,这可以增进产品的风味,填充固形食用菌之间的空隙,既可排除空隙间的空气,又可强杀菌、冷却期间热的传递。

三、排 气

将罐头食用菌组织中所含的氧气排除掉，防止残存的好气性细菌在罐内发育，减轻罐壁的氧化腐蚀，以及减少营养物质的氧化损失，避免在加热和冷却过程中压力变化过大而使罐身受损。排气有加热排气和真空抽气两种。

（一）加热排气

将装好原料和注入盐液的罐头松松地加盖或者不加盖，送进排气箱。然后加热升温，排出罐头原料中滞留或溶解的气体，同时使顶隙的空气被蒸气所代替。当封罐冷却后，蒸气凝结成水，顶隙就呈一定程度的真空。

应用加热排气，我们必须掌握排气温度和时间。如排气温度过高，易引起罐内物料软烂破裂，净重不足等。排气不充分，罐内真空度太低，容易引起罐头突盖，胀膨及罐内腐蚀等质量问题。一般要求排气至密封罐内中心温度达到 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 为宜。

（二）真空抽气

是用真空泵抽去顶隙的空气，用这种方法抽气和封罐必须密切配合，即将真空泵装在封罐机上，称为真空封罐机。

采用真空抽气方法要控制抽真空程度，带汤汁的品种，抽真空太高了，汤汁易被抽出；太低了往往造成罐内真空度不够。一般控制抽真空 $4\times 10^4\sim 6.7\times 10^4\text{MPa}$ 为宜。

四、密 封

罐头在排气后，必须立即密封。在罐头生产过程中，除螺

旋式和旋转式玻璃罐头可用手工进行外，其他则必须通过封罐机来完成。这一过程必须严格控制，才能保证容器的密封，使罐内物品不再受外界空气及微生物的污染而引起败坏。

五、杀 菌

为使罐头内容物不受微生物破坏，必须对罐头进行杀菌。目前生产上常用的杀菌是加热杀菌法，可分下列三种。

（一）巴氏杀菌法

巴氏杀菌法一般所采取的温度为 65~85℃，对不耐高温杀菌而又含酸较多的产品，可采用此法。巴氏杀菌法不能全部杀死能产生孢子的微生物，但这些存活的微生物并不能在无氧及含酸较高的食品中生长，所以，它们虽未被杀死亦不会引起罐头产品的腐败。

（二）常压杀菌法

常压杀菌法是将罐头放入常压的热水或沸水中进行杀菌。杀菌的温度不超过水的沸点，凡是含酸多的罐头（pH 值小于 4.5）皆可进行常压杀菌。在海拔高度不同的地区，水的沸点也不同。通常是海拔每增高 300m，沸点就降低 1℃。所以，同一罐头品种在海拔较高地区的杀菌时间应较海拔较低的地区长一些。

（三）加压杀菌法

将罐头放在杀菌器中，在密封条件下，增加锅内的压力，使其超过常压，由于杀菌器内压力的升高，从而使杀菌温度在

100℃以上，大部分食用菌罐头，由于含酸量较低，所以杀菌需较高的温度，一般需用 115~121℃的杀菌温度和较长的杀菌时间才能达到杀菌目的。因此，我们可以根据罐头杀菌温度的要求，通过增加杀菌器内压力而达到要求的杀菌温度，不同气压下水的沸点见表 10-2。

表 10-2 不同气压下水的沸点

气压 (MPa)	沸点 (℃)	气压 (MPa)	沸点 (℃)
0.1	100	0.197	119.10
0.112	102.39	0.211	121.29
0.127	105.77	0.225	123.35
0.141	108.86	0.239	125.31
0.155	111.69	0.253	127.08
0.169	114.33	0.267	128.95
0.188	116.79	0.281	130.63

现在工厂在杀菌过程中，常用杀菌式表示杀菌操作中的工艺要求。—— 式中，t 表示锅的杀菌温度(℃)；

t

T₁ 表示升至杀菌温度所需时间 (分)；T₂ 表示保持杀菌温度稳定不变的时间 (分)；T₃ 表示从杀菌温度降到常温的时间 (分)。

六、冷 却

罐头在杀菌完毕后必须迅速进行冷却，否则罐内食品仍然保持相当高的温度，继续煮蒸，会使产品色泽、风味发生变化，组织结构也会受到影响。目前罐头厂大都用冷水进行冷却。是马口铁罐可以直接放入冷水中，待罐温冷却到 38~40℃左右时取出，利用罐内的余热使罐外附着的水分蒸发。玻璃罐杀菌后

不能直接投入冷水中冷却，否则易引起破裂，应进行分段逐步冷却。可分三段，每次水温降低 20℃左右。

对生产出的罐头，应及时抽取样品进行保温（一般 55℃保温 5 天），然后进行酸败菌培养检验以及耐热芽孢数的检验，以指导生产，确保质量。在贮藏期间，要控制贮藏温度和空气相对湿度，以 10~15℃的温度，70%~75%的相对湿度为最适宜。

第四节 食用菌的等级标准

对食用菌进行加工时，必须依据它们的等级标准进行分级。现将主要食用菌的等级标准介绍如下，供加工时参考。

一、鲜菇类

（一）鲜蘑菇

一级：菌盖直径 5cm，柄长 2~3cm，菇色明亮，肉质肥厚，有菇香，无泥污，无杂质，无霉烂；菌盖破碎率在 10%以内。

二级：菌盖直径 10cm，柄长 5cm，其余同一级。

三级：菌盖直径 15cm，柄长 5~8cm，其余同一级。

等外：菌盖直径超过 15cm，柄长大于 10cm，其余同一级。

（二）鲜冻草菇

甲级：大菌蕾，高 6~8cm，宽 4.5~5cm（菇粒周长 8~11cm），内实。

乙级：中菌蕾，高 5~6cm，宽 4~4.5cm（菇粒周长 6~8cm），内实。

丙级：中菌蕾，高5~6cm，宽4~4.5cm（菇粒周长5~6cm），内松（包被未破，里面与周围脱离）。

丁级：级外菇花。外包被部分脱开（不超过0.5cm）的大、中菌蕾，允许有部分碎菇。

（三）制罐用鲜草菇

菇色呈灰褐色或鼠灰色，宽2~4cm，无破碎，无霉烂，无异味，无机械损伤，无虫蛀，不开伞，不“破顶”，不“伸腰”，允许轻度畸形，菇脚切面平整，不带泥沙，具体分级标准如下。

一级：菌蕾直径2cm

二级：菌蕾直径2.5~3cm

三级：菌蕾直径3~3.5cm

四级：菌蕾直径3.5~4cm

五级：菌蕾直径4~4.5cm

六级：菌蕾超过5cm以上

（四）鲜平菇

一级：菌盖直径5cm左右，自然色泽，破碎率小于5%，无霉烂，无杂质。

二级：菌盖直径5~10cm，其余同一级。

等外：菌盖直径大于10cm，其余同一级。

（五）鲜金针菇

甲级：菌盖未展开，直径在13mm以下，菌柄长14~15cm，全体洁白，鲜度好，无腐烂变质现象。

乙级：菌盖未展开，直径在15mm以下，菌柄长度小于

13cm，基部黄色至淡茶色，鲜度好，无腐烂变质现象。

丙级：菌盖展开，直径在 25mm 以内，菌柄长度小于 11cm，菌柄下部 1 / 2 呈茶色到褐色，鲜度好，无腐烂变质现象。

等外级：菌柄短，部分菇有腐烂变质现象。

（六）鲜滑菇

一级：菌盖直径 1.6cm 以下，柄长 3cm 以下，不开伞，自然色泽，菇体鲜嫩竖挺完整，不老化，根切净，无杂质，无虫蛀，无机械损伤。

二级：菌盖直径 1.7~2.2cm，柄长 4cm 以下，半开伞，开伞率在 20% 以内，其余同一级。

三级：菌盖直径 2.8~4cm，柄长 5cm 以下，半开伞，开伞率在 40% 以内。其余同一级。

二、盐渍罐头类

（一）盐水蘑菇

特级：菌盖直径 2cm，柄长 0.5~1cm，菇形圆整，菌膜紧包，色泽洁白，切削平整，无泥污，无虫蛀，无空根、白心、斑点、死根、病斑、机械损伤、无异味，无薄皮菇、变形菇、次黑菇，菌盖破碎率在 2% 以内。

一级：菌盖直径 1.8~4cm，柄长 1~1.5cm，允许稍有畸形，菌盖破碎率在 5% 以内，其余同特级。

二级：菌盖直径 2~6cm，柄长 1.5cm，菇形基本完整，菌盖稍展，菌膜未破，色泽洁白，允许有小畸形，未开伞的薄皮菇，白心，略有斑点或破碎，无泥污，无虫蛀，无空根、病斑，无次黑菇，菌盖破碎率在 5% 以内。

三级：菌盖大小不等，菌膜已破，即将开伞，但菇形仍保持完整，无虫蛀，无杂质，无异味，菌盖破碎率在5%以内。一般仅作片菇罐头原料。

等外菇：菌盖直径大于10cm，包括畸形菇、薄皮菇、削去斑点的正品菇和次黑菇，允许有小开伞和空心，无菌褶发黑的大开伞。

次品菇：包括开伞菇、脱柄菇、菇柄、次黑菇和特大菇，无菌褶发黑的大开伞。

（二）盐水平菇

一级：菌盖直径在2.5cm以下，破碎率不超过5%，自然色泽，菌柄2cm以下，切面整齐，无污物，无腐烂，无斑点，无虫蛀，无变色异味，无杂质。

二级：菌盖直径在5cm以下，破碎率5%左右，自然色泽，菌柄在3cm左右，切面整齐，其余同一级。

等外：菌盖直径10cm左右，菌柄超过5cm，其他指标低于一、二级菇。

混装：菌盖直径在1~10cm内，其余同一级。

三、干品类

（一）干草菇

一级：分片、干足，菇色明亮(内切面呈白色)，气味芳香，菇身肥厚，长5cm，厚1cm以上，横切面在3cm以上，无泥土，无杂质。

二级：菇身长4cm，厚0.5~1cm，横切面在2cm以上，其余同一级菇。

三级：分片，干足，菇色呈白色或淡黄色，气味芳香，菇身长 3cm，厚 0.5cm 以下，横切面在 1.5cm 以上，允许有脱褶，无泥土，无杂质。

（二）干香菇

花菇：菌盖半球形，卷边，菇身肥厚，朵型完整，表面有菊花状或龟甲状花纹，菌褶白色或淡黄色，足干，无焦黑，不含菇丁、碎菇和大伤菇、水菇、无泥沙、无杂质、无霉变。菌盖在 6cm 以上者为一级；4~6cm 为二级；2.5~4cm 为三级。

冬菇（厚菇）：菌盖半球形，卷边，菇身肥厚，朵型完整，菌盖呈本身色泽，或有小部分龟裂和不明显花纹，其他要求与花菇同。菌盖直径大于 6cm 的为一级；4~6cm 为二级；2.5~4cm 为三级。

香信（薄菇）：菌盖扁平形，伞全开，平边或缩卷边，肉薄，菌盖呈自然色泽，无花纹，其他要求与冬菇同，菌盖在 6cm 以上者为一级；4~6cm 为二级；2.5~4cm 的为三级。

菇丁：花菇、冬菇、香信通过 1.4cm 筛孔落下的小粒菇，朵型完整，色泽正常，无碎菇，大伤菇，水菇。

（三）干银耳

段木栽培：

一级：干足，白色或略带米黄色，肉厚，朵圆，直径在 4cm 以上，有弹性，韧性，无耳脚，无板皮，无杂质，泡发率在 15~20 倍。

二级：干足，色白或带米黄色，肉略薄，朵圆，直径在 2cm 以上，略带耳脚，无杂质，泡发率在 12~15 倍。

三级：干足，色次白或米黄，带有斑点，整朵，略带耳脚，

无杂质，泡发率在 10~12 倍。

四级：干足，色黄略带斑点，整朵，大小不一，带有耳脚，无杂质，泡发率在 8 倍以上。

等外：干足，无泥沙，无杂质，有较大碎片。

碎片：干足，无泥沙，无杂质。

木屑栽培：

一级：干透色白，无杂质，无蒂头，肉厚朵整，呈圆形，直径在 4cm 以上。

二级：干透色白，无杂质，无蒂头，肉厚朵整，呈圆形，直径在 3cm 以上。

三级：干透色白略带米黄，肉略薄，无杂质，无蒂头，朵整，呈圆形，直径在 2cm 以上。

四级：干透，色白带米黄色，略有斑点，肉薄，无杂质，无蒂头，朵整，呈圆形，直径在 1.3cm 以上。

等外：干透，色白带米黄色，肉薄略带蒂头(不得超过 5%)，无杂质，无焦黑，无碎耳，朵形不一，直径在 1.3cm 以下。

(四) 干木耳国家标准局批准实施的标准

一级：色泽纯黑，朵大而均匀，身干，体轻质细，无碎屑杂质，无小耳，无僵块，无霉烂。

二级：色泽黑，朵略小，身干，体质轻细，无僵块、霉烂，有少许黄瓢，耳根棒皮及灰屑不超过 1%。

三级：色泽黑而稍带灰白(或褐色)，朵大而碎，肉薄体重，无霉烂，耳根棒皮和灰屑杂质不超过 3%。

(五) 猴头干品

正品：形状完整，无伤痕残缺，茸毛全齐，身干，体大量

重，色泽金黄，无霉烂，无虫蛀。

次品：色黑身潮，个小无茸毛，粘附杂质。

（六）牛肝菌片

新鲜，足干，无霉变，无杂质泥土，片张厚度 0.5~0.7cm
（菌盖大者斜切，小者直切）。

（七）竹荪干品

甲级：身干，色白或淡黄，味香，肉厚而柔软，朵形完整，无枯焦，无虫蛀，无霉烂，长度在 16.5cm 以上者。

乙级：身干，色白或淡黄，味香，肉稍薄柔弱，朵形完整，无枯焦，无虫蛀，无霉烂，长度在 13.5cm 以上者。

丙级：身干，色深黄，味香，肉薄或略带枯焦和破碎，长度 10cm 左右。

对竹荪干品，也有采用下面这个标准：身干，色泽浅黄、体壮肉厚、长短均匀、气味清香、无断碎者为上品；身干、色暗黄、肉份较薄，条较细者为中品；身潮、色带微黑、条细肉瘦、多断碎者为下品。

也有分为四级的：一级品：长 12cm，宽 4cm，色白，完整；二级品：长 10~11cm，宽 3cm，色稍黄，完整；三级品：长 8~9cm，宽 2cm，色黄，略有破碎；四级品（等外品）长 7cm 以下，色深，有破碎。

（八）口蘑干品

口蘑干制后，可分很多类，规格较多，下为庙中标准：

一级：菌盖直径 2~2.6cm，边缘完整，向内紧卷，色白，

身干，香味足，菌柄短而细，质肥嫩。

二级：允许存在1%庙丁，其余同一级。

三级：菌盖大小不一，直径3.3~5cm，边缘内卷，色白，身干，香味好。

四级：菌盖大小不一，直径2.6~6.3cm，边缘完整略有裂口，色灰白身干有香味，菌柄长而粗，肉质瘦老。

五级：菌盖直径1.3~2cm，边缘完整间有裂口，色灰白，身干，柄特长，香味足。

等外（蘑菇片）：菌盖平展，直径在0.6cm以上，色浅黄，身干，有香味，柄粗质老。

（九）蘑菇干品

蘑菇品种很多，但大致可分为以下四个等级。

一级：色泽洁白，干净，只形整齐，无泥沙杂质。

二级：色泽黑白相混，干净，大小不匀，菌盖稍有破损，无泥沙杂蘑，片蘑占30~40%。

三级：色泽稍差，干净，大小不匀，无泥沙杂质，片蘑占50—60%。

混等：凡只形较小的丁蘑，不分色泽都属混等。

（十）茯苓商品规格

1. 个苓 不规则圆球形，外皮棕褐色或黑褐色，体坚实，断面白色或棕黄色，货干，味浓，无泥沙、霉烂。个苓可分为：

米苓：圆形，坚实，个小，一般在150~250克以内，皮细腻，略现光泽，内粉洁白。

排苓：呈扁形板状，质较坚，个大小不等，内粉洁白，皮褐色，较细腻。

大川：形状不一，质轻泡，个大，内粉白色，皮粗糙，多皱纹。

拣苓：呈圆形或柱形，个大小不等，内粉洁白，皮褐色，较粗。

2. 茯苓片（平片） 扁平，厚薄均匀，但大小、形状、重量不一。茯苓片可分为：

白苓片：货干白色，光滑结实，边缘整齐，长宽各 6cm，厚约 1cm。

赤苓片：颜色间杂黄或淡棕色，其余同白苓片。

3. 茯苓块 全块质地均匀，扁平正方形，每块重 15 克以上，分为白苓块和赤苓块。

白苓块：货干色白，光滑整齐，长、宽各 3~4cm，厚 3~4mm，无杂质，无虫蛀。

赤苓块：颜色间杂黄棕色，其余同白苓块。

4. 茯神块 质地要求同茯苓块，块内穿有腐透松根，以松根粗细又可分为茯神和神木。

茯神：通入茯苓块内的松根直径在 1.5cm 以下。

神木：通入茯苓块内的松根直径在 1.5cm 以上，2.7cm 以下。

5. 散方 小方立茯苓块，大小不一，形状有别，可分为：

白苓块：货干色白，长、宽、厚各 1cm 左右，呈块状或大小在玉米粒以上的碎块。无杂质，无虫蛀。

赤苓块：颜色棕黄色，其余同白苓块。

6. 碎苓 茯苓加工时遗下的边材，大小不等，色泽不分。货干，无泥沙，无霉变。

7. 苓粉 茯苓加工时遗下细小碎渣，细片，大小、色泽不等。货干，无泥沙，无杂质。

8. 苓皮 不规则片状，外表面棕褐色，内侧白色或浅棕色。质松软，略具弹性。无碎末、灰沙，无虫蛀，无霉变。

（十一）猪苓干品

甲级：皮黑色，块大体实，无沙石杂质。

乙级：皮色较浅，块小碎烂，肉褐色，皱而不紧。

主要参考文献（略）