



高等职业教育园林园艺类“十二五”规划教材

# 食用菌

## 生产技术



牛贞福 张凤芸◎主编



赠电子课件



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育园林园艺类“十二五”规划教材

# 食用菌生产技术

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 牛贞福 | 张凤芸 |     |
| 副主编 | 国淑梅 | 于囡囡 | 杨 真 |
| 参 编 | 张彬彬 | 李贞赞 |     |
|     | 张建梅 | 路丽霞 |     |
| 主 审 | 李德舜 |     |     |

机械工业出版社

本书以“项目导向、任务驱动”的模式编写食用菌生产中的各个主要环节，走产、学、研相结合的道路，以提高学生的实践能力、就业能力、创业能力和创新能力为目标。本书主要介绍了食用菌生产概述、食用菌制种与菌种保藏、食用菌生产、食用菌病虫害的发生及防治、食用菌保鲜加工，突出了实用性和操作性。本书在食用菌生产技术环节的内容可帮助读者“举一反三、触类旁通”，即重点讲述几种食用菌的生产，其余品种以认知拓展的形式讲述，既保证代表品种的深度，也使得本书内容更精炼。

本书可作为高等本科院校、高等专科院校、职业院校、成人高校、民办高校园林园艺类相关专业的教学用书，也可作为社会从业人士的业务参考及培训用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

食用菌生产技术/牛贞福，张凤芸主编. —北京：  
机械工业出版社，2016.3  
高等职业教育园林园艺类“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-111-52384-0

I. ①食… II. ①牛…②张… III. ①食用菌—蔬菜  
园艺—高等教育—教材 IV. ①S646

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 006607 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）  
策划编辑：王靖辉 责任编辑：王靖辉  
封面设计：马精明 责任校对：陈秀丽  
责任印制：乔 宇  
北京京丰印刷厂印刷  
2016 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷  
184mm×260mm·17.5 印张·434 千字  
0 001—3 000 册  
标准书号：ISBN 978-7-111-52384-0  
定价：37.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88379833

机工官网：[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线：010-88379649

机工官博：[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网：[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

金书网：[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

食用菌是人类重要的食物资源,其中有些菇菌还具有药用价值。食用菌生产是人类文明进步的产物,既充实了人类的物质生活,也极大地促进了人类文明的发展。在世界菇类贸易中,我国已成为当今世界最大的食用菌生产国和出口国,2014年全国食用菌总产量3270万吨,总产值2258.1亿元,食用菌产业已经成为继粮、棉、油、果、菜业之后的第六大产业。食用菌生产是在生物、园艺、环境控制等相关学科的基础上形成的一门新兴的综合性学科,是一门实践性很强的技术性课程,在现代农业、生物技术、设施环境控制的发展中,食用菌生产的教学内容也日趋综合、日益丰富,尤其是它的实践性、操作性、创新性和规范性日显突出。因此,必须加强食用菌生产课程的实验、实训环节,以防止产生理论教学和实践教学的脱节问题。

现代的课程教学改革以学生就业、创业为导向,以学生职业能力培养为核心,与行业、企业紧密结合,走产、学、研相结合的道路。以培养高素质技能型专门人才为指导思想,以提高学生的实践能力、创新能力、就业能力和创业能力为目标,进而确定了本书的教学项目、任务。本书还添加了近年来食用菌行业涌现出的新技术,如液体菌种生产、工厂化生产等。

本书力求突出实践性、开放性和职业性,把食用菌生产的工作项目作为教学内容编写的切入点,对基础知识以够用为度,重点学习当前食用菌生产中正在使用的新技术、新方法,尽量达到校内学习和实际工作的一致性。为了使本书编写的内容和形式体现上述特点,编者参阅了大量的食用菌相关教材、著作和文献,使本书内容尽量新颖;为了使本书内容形象生动,具有很强的可读性和适用性,编者尽可能多地引用新颖、形象的照片、图片和示意图。

本书由山东农业工程学院牛贞福、黑龙江生物科技职业学院张凤芸任主编,由山东农业工程学院国淑梅、潍坊职业学院于囡囡、山东农业工程学院杨真任副主编,具体编写分工如下:绪论由牛贞福编写,项目1由杨真编写,项目2(任务1、2、3、5、6)由张凤芸编写,项目2(任务4)由于囡囡编写,项目2(任务7)由牛贞福编写,项目3(任务1、2、3)由牛贞福编写,项目3(任务4)、项目4由国淑梅编写,项目5由张凤芸编写,实训、课程标准由牛贞福编写,张彬彬、李贞赞、张建梅、路丽霞参与了项目3、实训和附表等编写与校对。本书由山东大学生命科学学院李德舜教授任主审。

为方便学生更直观地了解各种食用菌,书中插入了二维码,读者可通过扫码软件扫描二维码,即可在手机、IPAD等设备上读取相关彩色图片。本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 下载。咨询邮箱: [cmpgaozhi@sina.com](mailto:cmpgaozhi@sina.com)。咨询电话:010-88379375。

由于编者水平有限,加之编写时间比较仓促,书中难免存在不足之处,敬请广大师生、同行和读者提出宝贵意见,以便再版时修正。

编者

# 目 录

## 前言

## 绪论 ..... 1

## 项目1 食用菌生产概述 ..... 5

- 任务1 食用菌的种类 ..... 5
- 任务2 食用菌的形态结构 ..... 10
- 任务3 食用菌的营养 ..... 20
- 任务4 食用菌对环境条件的要求 ..... 24
- 实训1 食用菌形态结构观察 ..... 30

## 项目2 食用菌制种与菌种保藏 ..... 32

- 任务1 菌种生产设施、设备 ..... 32
- 任务2 消毒与灭菌 ..... 39
- 任务3 固体菌种生产 ..... 43
- 任务4 液体菌种生产 ..... 50
- 任务5 食用菌菌种质量的鉴定 ..... 56
- 任务6 食用菌菌种保藏 ..... 61
- 任务7 菌种生产中的注意事项及常见问题 ..... 64
- 实训2 菌种制作常用仪器设备使用及维护 ..... 71
- 实训3 母种制作 ..... 72
- 实训4 食用菌菌种分离 ..... 74
- 实训5 食用菌原种及栽培种的制作 ..... 75

## 项目3 食用菌生产 ..... 78

- 任务1 食用菌生料生产类 ..... 78
- 任务2 食用菌发酵料生产类 ..... 108
- 任务3 食用菌熟料生产类 ..... 143
- 任务4 珍稀食用菌类 ..... 204
- 实训6 平菇生料生产 ..... 225
- 实训7 蘑菇生产 ..... 226
- 实训8 香菇生产 ..... 228

## 项目4 食用菌病虫害的发生及防治 ..... 232

- 任务1 食用菌病害 ..... 232
- 任务2 食用菌虫害 ..... 243
- 任务3 食用菌病虫害的综合防治 ..... 247
- 实训9 食用菌病虫害的识别 ..... 252

## 项目5 食用菌保鲜加工 ..... 254

- 任务1 食用菌保鲜 ..... 254
- 任务2 食用菌加工 ..... 261
- 实训10 食用菌保鲜与加工 ..... 266

## 附录 ..... 268

## 参考文献 ..... 276

# 绪论

## 知识目标:

- 了解发展食用菌产业的意义和我国食用菌产业的发展趋势。
- 了解食用菌生产的教学内容、任务和学习方法。

## 一、发展食用菌产业的意义

### 1. 营养学意义

(1) 食用菌产品高蛋白、低脂肪,其营养价值优于植物性食品和动物性食品。传统农业可划分为种植业和养殖业。种植业所生产的粮食、果蔬是人类必需的营养来源。但是,种植业产品中的蛋白质含量很低,不能满足人的营养需求。于是人们就发展了养殖业,从动物性食品中获得大量的蛋白质,但动物性食品中的脂肪含量很高,不利于人体健康。食用菌是介于植物性产品和动物性产品之间的食品,其蛋白质含量比植物性食品高很多,干品的蛋白质含量与肉类相差不大,但脂肪含量却很低,能够很好地满足人的营养需求,被称为“健康食品”。

(2) 食用菌中的维生素含量高于大多数果蔬产品。维生素是人体必需的一类营养物质,其在水果和蔬菜中含量较高,人们大多通过食用果蔬来获取身体必需的各种维生素。食用菌鲜菇中维生素 C、维生素 B、维生素 D 的含量都很高。例如,公认维生素含量很高的大白菜,每 100g 中维生素 C 的含量约 31mg,而 100g 鲜草菇中维生素 C 的含量可达 206mg。摄取大量的维生素被认为是人长寿的秘诀之一。多食用食用菌产品,有利于提高人机体的抵抗力,保持健康长寿。

(3) 食用菌的药用和食疗价值较高,是一类少有的安全食品。我国历史上,人们很早就将许多食用菌视为治病的药物。灵芝传说是能够起死回生的“仙草”,银耳被历代中药大家认为是“润肺、补气、美容”的良药。现代医学研究认为,食用菌中含有的大量菇类多糖是治疗和预防癌症的良药,是人体干扰素的诱导素,能够起到增强人体抵抗力的作用。在人们更加重视“食疗”作用的今天,食用菌产品作为一类新型的保健食品逐渐被人们所信赖。食用菌生长周期短,从现蕾开始到采收一般为 10 天左右,一般不需要施用农药,因此是一种安全、无公害食品,联合国也提出了“一荤一素一菇”的饮食结构。

### 2. 生物学意义

生物界有三大类生物,在生物分类学上称为动物界、植物界和菌物界。通过养殖高等动



物,可获得肉、蛋、奶、毛皮等生活必需品。通过种植高等植物,可获得粮食、水果、蔬菜、木材等生活必需品。现在,同样可以通过栽培高等真菌(食用菌)来获得一种高级食品。食用菌利用的是植物体中动物(包括细菌等微生物)不能利用的部分——木质素和纤维素,食用菌可以将其转化成为人类和其他动物能够吸收利用的有机物。因此,从生物学地位上讲,食用菌产业与种植业、养殖业处于同等重要的地位。

### 3. 经济学意义

食用菌的生产周期几乎比任何种植业、养殖业的周期都短。草菇从栽培至采菇仅需 10 天左右,生产周期短,从而提高了土地利用率,提高了经济效益。在国外的一些高效栽培菇房,同一个菇房内每年可以种植食用菌 8 次,每年可生产鲜双孢菇  $117\text{ kg/m}^2$ 。按我国市场上双孢菇 8 元/kg 的均价,产值可达  $936\text{ 元/m}^2$ 。这样,土地年产值可达 900 万元/ $\text{hm}^2$  左右。提高设备投入和引进先进技术,食用菌的生产效率和经济效益可以远远超过种植业和养殖业。

### 4. 社会学意义

(1) 解决粮食安全问题 由于建设用地不断增加,耕地面积不断减少,加之干旱、洪涝、风雹、冻害等自然灾害时有发生,粮食总产量的增加变得越来越困难。国际上许多专家提出,食用菌产业将是解决未来人类粮食来源的重要途径。有专家测算,目前全世界每年由于农业生产产生的作物秸秆近 40 亿 t,如果将其中的 1/4 用来生产食用菌,每年可以生产出 10 亿 t 鲜菇。有科学家测试,一个体重 70kg 的成年人,每天食用不到 1kg 的鲜菇,就可以满足身体对营养的需要。因此,每年每人需要消耗 350kg 的鲜菇,10 亿吨的鲜菇就可以养活 28 亿人。

(2) 解决农村劳动力过剩问题 食用菌在生产管理上要求比较精细,是一种劳动密集型产业。目前,农村存在大量剩余劳动力,由于城市生活成本较高,这些剩余的大量农村劳动力很难在城市长期生存。发展食用菌产业,可以就地安置农村剩余劳动力,对农村的社会稳定 and 经济发展有着重要的意义。

### 5. 生态学意义

(1) 杜绝秸秆焚烧,保护环境 目前,食用菌生产的原料主要是农作物秸秆及农产品加工的下脚料。以前农民总是在作物收获后,将秸秆就地焚烧,造成了很大的环境污染和安全隐患,这也成为困扰地方政府的难题。而发展食用菌产业,将秸秆进行合理地利用,不但能提高其生物利用率,而且对杜绝秸秆焚烧、保护环境起到了很好的作用。

(2) 减少养殖业污染,保护环境 食用菌生产清洁、无污染,生产过程几乎不产生污染物。相比而言,养殖业产生的污染就严重得多。养殖过程中动物会排放大量的二氧化碳和污浊的气体,还会产生大量的粪便,污染周围环境。有专家估算,人类向大气排放的温室气体中,有 40% 来源于养殖业。大力发展食用菌产业,从食用菌中获取人体必需的蛋白质,减少养殖业对温室气体的排放,减少环境污染,提高生物利用率,具有很高的生态环保价值。

## 二、我国食用菌产业的发展趋势

### 1. 食用菌工厂化是未来的发展趋势

目前国内食用菌发展正处于生产基本分散、规模小、条件差、效益低的过渡阶段。大部



分以初级产品的形式为主,产品的空间结构没有优势,附加值不高,经济收益有限,造成了国内食用菌产业发展后劲不足,更无力参与国际市场竞争的局面。要提高食用菌产品的经济效益,并提高食用菌产业在国际上的竞争力,那么产业化、集团化和工业化是未来食用菌发展的必然趋势。食用菌工厂化生产具有以下几个优势:

(1) 生产优势 采用机械化生产,可大大提高劳动生产率,一般可提高工效3~25倍,还可提高专业化生产水平,在较短的时间里生产出较多的产品,且不受季节影响。

(2) 质量优势 机械化生产专业化程度高,生产稳定,净化条件优越,管理制度严格,与人工生产相比,质量上有明显的优势:①木屑粉碎粒度符合要求,搅拌均匀度好,装瓶、装袋松紧度优于人工生产;②能避免菌种积压、老化,产品污染率低;③机械烘烤提高了产品的质量,可达到出口质量标准。

(3) 经济优势 通过机械手段,可节约大量的人力、物力和各项费用。通过机械切片、粉碎等工序,使得原来只能作为燃料的农林副料变为生产食用菌的主要物料,实现了产品的大幅增值,变资源优势为商品经济优势。

(4) 实用优势 生产规模的大小可根据资金、销售量、经营方式、技术力量、资源条件等综合因素来确定,可用单机,也可组合设计成半机械化生产线,投资从几千元到几十万元不等,适合于个人和单位生产,具有明显的实用推广价值。

## 2. 实现标准化生产

由于食用菌种植技术相对简单,再加上国家多年来一直鼓励种植,造成全国食用菌生产经营企业如雨后春笋一般涌现,出现了生产、供应过剩的局面。市场需求在一定时期内的相对稳定使得种得多买得少,供大于求的局面使食用菌的国内市场失去了平衡;加之“农残”问题十分严重,使我国食用菌的国际市场竞争力也日渐疲软。

要使我国食用菌产品出口持续稳定发展,当务之急是要尽快建立、健全食用菌生产安全体系(HACCP)。这就需要从菌种选育、菌种管理、菇场选址、菇房管理、栽培技术、生产加工到储藏运输及销售,制定一系列的食用菌生产安全体系并逐步推行,使食用菌标准化生产有法可依,进一步保证我国食用菌产品的安全、卫生、质量指标达到进口国家的要求。

## 3. 促进新品种研发,提高产业发展后劲

中国是世界上拥有食用菌种类最多的国家之一。目前,已有记载的食用菌种类有980多种,其中具有药用功效的有500种。至今,我国已人工化栽培和利用菌丝体发酵培养的达百种,其中栽培生产的有60多种,形成商业生产的有30多种。除了占食用菌主要市场份额的香菇、木耳、平菇、双孢菇、草菇、金针菇等10余个品种外,一系列的珍稀品种也相继驯化成功,如杏鲍菇、白灵菇、真姬菇、蛹虫草、大球盖菇、茶树菇、灰树花等已经在国内广泛栽培。

但是,由于基础差、投入不足和种质资源匮乏,育种后劲明显不足,对野生食用菌种质资源的调查、采集、保藏和开发利用严重落后,造成育种的种质材料少,遗传背景过窄,难以选育出符合当今和未来市场需求的优良品种,而满足食用菌产业化、规模化生产的种类更是少之又少。

## 4. 提高初、深加工能力,增加产业附加值

随着食用菌产业的发展,食用菌产量增加,食用菌产品的初、深加工技术和能力对提高产业附加值和产业的竞争力尤为重要。目前,食用菌加工以初加工为主,深加工为辅。初加



工包括干制品加工、盐浸品、糖浸品、膨化品,如低糖菇脯、冻干食用菌、食用菌罐头等,以及利用残菇和下脚料加工成的休闲食品或者即食食品等。深加工包括各种食用菌保健品、饮品、酒品、药品和化妆品等,如利用食用菌中具有疗效的成分,直接提取、加工成猴头菌片、安络痛、蜜环菌片、云香片,利用灵芝子实体和灵芝孢子粉制成灵芝制剂等,美容制品如银耳奶液、灵芝营养霜等。另外,还可以将食用菌培养废料加工成菌糠饲料、菌肥、激素等。

发展食用菌初、深加工可以调节市场供应,有效缓解市场压力,提高产业的附加值,增加出口创汇能力。加工企业正在从对产品的初加工向深加工转型升级,还有部分企业已向高科技领域发展,药用菌行业发展尤其值得关注。但是,从事该领域的人员队伍还不够庞大,技术和成果储备还有待加强。

### 5. 培养高层次专业人才

目前,我国食用菌从业人员有2000多万人,但我国高等教育在培养食用菌人才方面相对滞后,关于食用菌的本科专业只在少数高等院校设置,食用菌高层次人才严重缺乏。要适应社会和时代需要,加速适应现代化食用菌产业发展的技术人才的培养尤为重要,这样才能使我国从食用菌大国发展成为食用菌强国。

## 三、食用菌生产的教学内容、任务及学习方法

### 1. 内容

食用菌生产是研究食用菌种类、形态结构、生活史、生长发育条件、品种选育、制种技术、栽培技术、病虫害防治及储藏加工的一门学科;主要阐述食用菌的形态结构、生活条件、菌种生产、栽培技术、储藏加工及病虫害防治等基础知识,并系统介绍常见品种的生物特性、栽培技术及实训指导,重点突出操作性、实用性和前瞻性。

### 2. 任务

食用菌生产也是农学、园艺、生物技术、植物保护、食品、农业资源与环境等一切以食用菌生产为对象或研究对象的一门重要专业课程。因此,食用菌生产的任务不仅要研究食用菌种类、生活条件、栽培技术等,而且要研究食用菌资源开发、利用及产品应用技术。

### 3. 学习方法

食用菌生产是一门应用型学科,因此,应针对培养农业高等技术应用型、复合型人才的目标,采用“教、学、做一体化”教学,建设校内、校外教学实践基地,建立食用菌生产全过程考核体系,充分利用实验室、实训车间、实训基地进行各项试验和各项技能训练。让学生通过制种、栽培、加工等实训环节,掌握食用菌实际生产中的基本操作技能,从而达到培养学生实践能力的目的。鼓励学生利用课余时间进行社会调查,到附近菌种厂、菇厂、工厂化园区参观学习或实践锻炼;并鼓励学生充分利用消费市场和校外实训基地,获取相关的专业知识和技能;积极参与教师的食用菌生产方面的课题,全面培养学生的专业技能和综合素质,为就业、创业、科研奠定基础。

## 复习思考题

1. 简述发展食用菌产业的意义。
2. 简述我国食用菌生产的趋势。

# 项目1

## 食用菌生产概述

### 知识目标：

- 了解食用菌的分类地位及常见种类。
- 掌握食用菌的形态结构，区分三种菌丝体的形态与功能。
- 理解食用菌的营养类型及其生长发育必需的营养物质。
- 掌握食用菌的生长发育对理化环境的要求。

### 能力目标：

- 能说出食用菌的分类地位。
- 能说出食用菌的基本组成部分。
- 能说出菌丝体、子实体及孢子的功能、形态、类型。
- 能说出食用菌的营养类型及其必需的营养物质。
- 能解释食用菌与各环境要素的关系。

### 任务1 食用菌的种类



食用菌彩图

了解食用菌种类是认识、研究食用菌的基础，同时也是进行野生食用菌采集、驯化、鉴定、杂交育种等工作的前提。目前，世界上有记载的具有食用价值的真菌有 2000 余种，其中常见种类有 400 ~ 600 种。食用菌的分类系统主要是以其形态结构、生理生化、遗传特性等为依据建立的，其中以子实体形态结构及孢子显微结构为最主要的依据。

#### 一、食用菌的分类地位

自然界中生存着 200 多万个人类已知的物种，每个物种都有各自的形态及生理特性。为了更好地了解、探究生物界，生物学家常将生物世界划分为界、门、纲、目、科、属、种。关于生物究竟应该划分成几个界，长期以来随着科学的发展，学者们有着不同的看法。早在 18 世纪，瑞典博物学家林奈（C. Linnaeus, 1707—1778）将生物划分为植物界和动物界两界，并认为动物是能运动的、异养的生物，植物为营固着生活、具细胞壁的自养生物，食用菌则被归于低等植物之中。目前，国内外许多教科书中采用的为 1969 年美国人魏泰克



(R. H. Whittake) 提出的“五界系统”，即动物界 (Animalia)、植物界 (Plantae)、原生生物界 (Protista)、原核生物界 (Monera)、真菌界 (Myceteae)。

食用菌的分类单位与其他生物一致，通常划分为门、亚门、纲、目、科、属、种，其中“种”为分类的基本单位。把具有近似特征的种归为一类称为属，把具有近似特征的属归为一类称为科，以后依次类推直到门。食用菌属于生物中的真菌界、真菌门中的担子菌亚门和子囊菌亚门 (图 1-1)，其中约 95% 的食用菌属于担子菌亚门。食用菌的名称采用林奈创立的双名法，即由两个拉丁词和命名人构成，第一个词为属名，第二个词为种加词，最后加上命名人姓名的缩写，这样即保证了每一种食用菌有且只有一个学名，如香菇 [*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler.]。

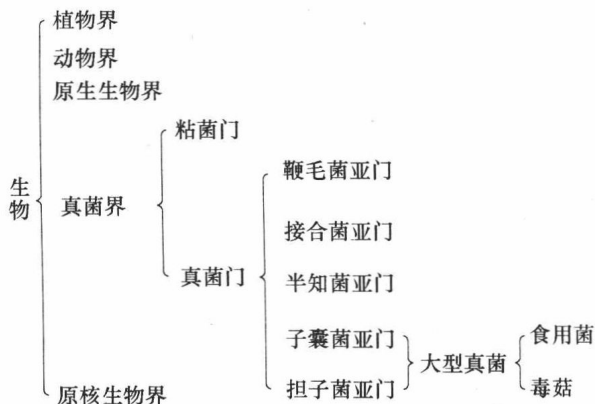


图 1-1 食用菌在生物界中的分类地位

食用菌指真菌界中可供人食用的肉质、胶质或膜质的大型真菌，它仅为一种命名方式，而非分类学中的分类单位。

## 二、担子菌中的食用菌

担子菌是指有性生殖能产生特殊的产孢体——担子，并在担子内产生担孢子的一类真菌，它由多细胞的菌丝体组成，且菌丝均具横隔膜。目前，常见的绝大多数食用菌及广泛生产的食用菌均属于担子菌，它们大致可分为四大类群，即耳类、非褶菌类、伞菌类和腹菌类 (图 1-2)。

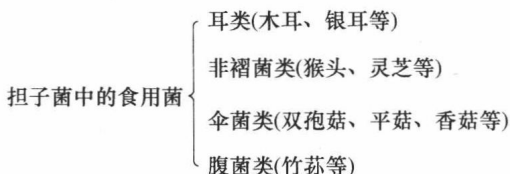


图 1-2 担子菌中的食用菌

### 1. 耳类担子菌

耳类食用菌主要是指隶属于木耳目 (Auriculariales)、银耳目 (Tremellales) 及花耳目 (Dacrymycetales) 的食用菌 (图 1-3)。

(1) 木耳目 较为常见的有黑木耳、毛木耳等。

(2) 银耳目 该目中较为常见的种类有银耳、金耳、茶耳等，其中银耳、金耳是中国著名的食用兼药用菌类。

(3) 花耳目 该目较常见的有桂花耳等。

### 2. 非褶菌类担子菌

非褶菌类食用菌主要是指非褶菌目 (Aphyllorphorales) 的食用菌。其主要分布于珊瑚菌科 (Clavariaceae)、绣球菌科 (Sparassidaceae)、伏革菌科 (Corticaceae)、猴头菌科 (Hericaceae)、多孔菌科 (Polyporaceae)、灵芝菌科 (Ganodermataceae) 等 (图 1-4)。

(1) 珊瑚菌科 该类多地上，常生于苔藓或腐殖质中，很少生于腐木上。食用菌类主要有虫形珊瑚菌、杯珊瑚菌等。

(2) 绣球菌科 该科部分菌类可产生对某些真菌有抵抗作用的绣球菌素 (sparassol)，

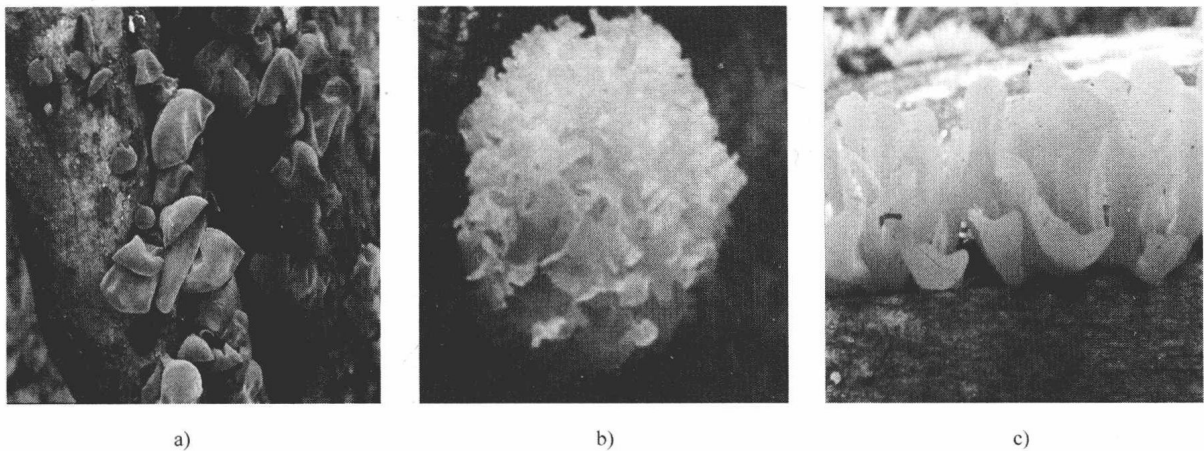


图 1-3 耳类食用菌  
a) 黑木耳 b) 银耳 c) 桂花耳

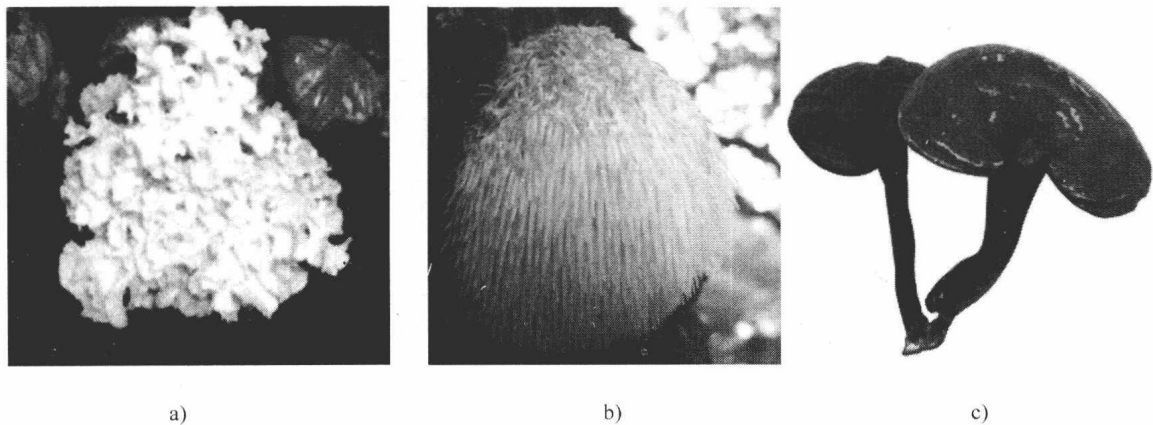


图 1-4 非褶菌类的食用菌  
a) 绣球菌 b) 猴头 c) 灵芝

如绣球菌、花耳绣球菌等，具有较高的药用价值，有防癌、抗癌的功效。

(3) 伏革菌科 常见食用菌为胶韧革菌，即人们常说的榆耳。

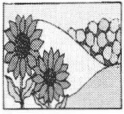
(4) 猴头菌科 该科中最为人们熟悉的食用菌为猴头，又称猴头菇，是中国传统的四大名菜（猴头、熊掌、海参、鱼翅）之一，同时具有很高的药用价值。

(5) 多孔菌科 猪苓、茯苓、雷丸、木蹄层孔菌、朱红硫黄菌等均属于此科，其中猪苓、茯苓的菌核都是著名的中药材。

(6) 灵芝菌科 灵芝、树舌、紫芝属于此科，其中灵芝被誉为仙草，有神奇的药效。

3. 伞菌类担子菌

伞菌类的食用菌主要指伞菌目（Agaricales）中的可食用菌类，该类食用菌种类最多，分类复杂。目前常见的食用菌，如侧耳、香菇、草菇、鸡腿菇、双孢菇等，几乎都属于该类



(图 1-5)。常见种类如下:

(1) 蘑菇科 如双孢蘑菇、野蘑菇、草地蘑菇等。



a)



b)



c)



d)



e)

图 1-5 伞菌类的食用菌

a) 双孢蘑菇 b) 花脸香蘑 c) 粪鬼伞 d) 橙盖鹅膏 e) 美味牛肝菌

(2) 侧耳科 如糙皮侧耳、刺芹侧耳、白灵侧耳、桃红侧耳、凤尾菇、金顶侧耳、花脸香蘑等。

(3) 粪锈伞科 如田头菇、杨树菇等。

(4) 鬼伞科 如毛头鬼伞、鸡腿蘑、墨汁伞、粪鬼伞等，有较高的食用价值，但不宜与酒同食。

(5) 光柄菇科 如灰光柄菇、草菇、银丝草菇等。

(6) 球盖菇科 如滑菇、毛柄鳞伞、大球盖菇等。

(7) 鹅膏科 如橙盖鹅膏、湖南鹅膏等。

(8) 口蘑科 如大杯伞、肉色香蘑、松口蘑、姬松茸、金针菇、棕灰口蘑等。其中，松口蘑即人们常说的松茸，是十分珍贵的食用菌，在日本享有“蘑菇之王”的美称，每千克鲜品价格可达几十到上百美元。



- (9) 红菇科 如变色红菇、正红菇、松乳菇等。
- (10) 牛肝菌科 如美味牛肝菌、铜色牛肝菌、松乳牛肝菌、粘盖牛肝菌等。

4. 腹菌类担子菌

腹菌类食用菌主要包括鬼笔目（Phallales）、黑腹菌目（Melanogastrales）、灰包目（Lycoperdales）等的可食用菌类（图 1-6）。

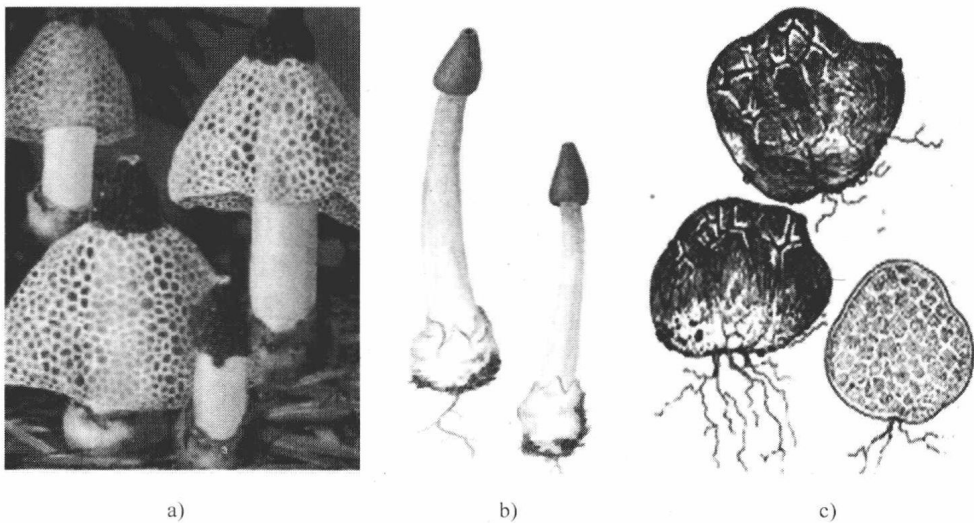


图 1-6 腹菌类的食用菌  
a) 竹荪 b) 鬼笔 c) 须腹菌

- (1) 鬼笔目 该目鬼笔科中食用菌较多，鬼笔科产孢组织黏液状，有恶臭，常暴露在海绵状的菌托上。常见食用菌有白鬼笔、短裙竹荪、长裙竹荪等。
- (2) 黑腹菌目 如倒卵孢黑腹菌、山西光腹菌、须腹菌等。
- (3) 灰包目 如灰包菇等。

三、子囊菌中的食用菌

通过有性繁殖，在子囊中产生子囊孢子的一类真菌称为子囊菌。子囊菌中常见的食用菌多属于盘菌目（Pezizales）及肉座菌目（Hypocreales）（图 1-7），且具有种类少、经济价值高的特点，多为野生菌（图 1-8）。其中较为常见的有以下几种：

1. 盘菌目

(1) 羊肚菌科（Morchellaceae）  
该科中常见的有黑脉羊肚菌、尖顶羊肚菌、粗腿羊肚菌、羊肚菌等，是著名的食用菌。

(2) 盘菌科（Pezizaceae） 常见的有森林盘菌及泡质盘菌等，聚集丛生于堆肥及花园或温室的土壤上，可食用。

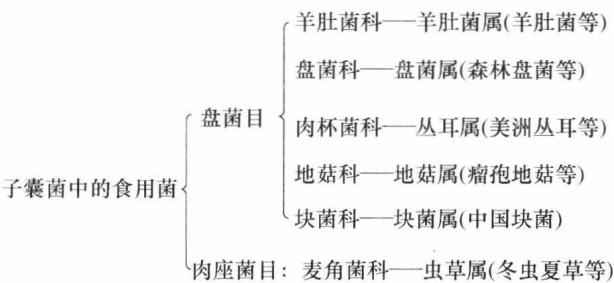


图 1-7 子囊菌中的食用菌



(3) 肉杯菌科 (Sarcoscyphaceae) 该科的美洲丛耳是在我国较为常见的食用菌, 具有一定的食用及药用价值。

(4) 地菇科 (Terfeziaceae) 我国已知的有瘤孢地菇, 味甜。

(5) 块菌科 (Tuberaceae) 该科块菌属中有一些是名贵的食品, 在我国已知的仅有中国块菌一种, 产于四川。

## 2. 肉座菌目

肉座菌目中麦角菌科 (Clavicipitaceae) 虫草属的所有种类相当专化地寄生在昆虫、麦角菌的菌核或大团囊菌属几个种的地下生子囊果上, 其中很多种类如冬虫夏草兼有食用及药用价值。

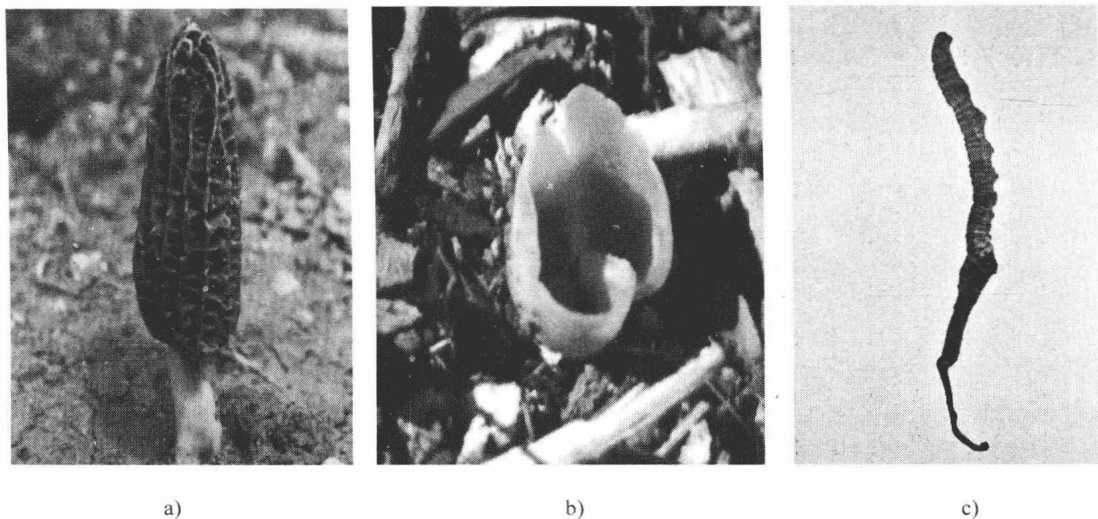


图 1-8 部分子囊菌中的食用菌  
a) 羊肚菌 b) 森林盘菌 c) 冬虫夏草

## 复习思考题

1. 什么是双名法?
2. 试述食用菌在生物界中的分类地位。
3. 常见人工生产的食用菌有哪些种类?

## 任务 2 食用菌的形态结构

自然界的食用菌看起来千差万别、颜色不一, 但基本结构大致相同, 如同植物一样, 虽形态、颜色千差万别, 但都少不了根、茎、叶、花、果实、种子六个部分。成熟的食用菌主要由菌丝体、子实体、孢子三部分组成 (图 1-9)。

### 一、菌丝体

孢子是食用菌的繁殖单位。在适宜条件下, 孢子萌发形成管状细胞, 它们聚集形成丝状体, 每根丝状体称为菌丝。菌丝大都无色透明, 有分枝, 直径为  $6 \sim 13\mu\text{m}$ 。菌丝由顶端生



长，在基质中蔓延伸展，许多分枝的菌丝交织在一起形成菌丝体。它的功能是分解基质、吸收营养和水分，供食用菌生长发育需要，因此它是食用菌的营养器官，相当于高等植物的根、茎、叶。菌丝也可以进行繁殖，取一小段菌丝放在一定的环境中，经一定时间后，可以繁殖成新的菌丝体（属无性繁殖），实际生产中大多使用菌丝来进行繁殖。

### 1. 菌丝的分类

按照隔膜有无、细胞核个数、发育顺序等不同的分类标准，可将食用菌的菌丝进行不同的分类。

在光学显微镜下观察，多数种类的菌丝被间隔规则的横壁隔断，这些横壁称为隔膜。子囊菌和担子菌中，隔膜将菌丝分隔成间隔或细胞，其中含有一个或多个细胞核，该类菌丝称为有隔菌丝。在壶菌和接合菌中，只有在产生繁殖器官或在菌丝受伤部位以及老龄菌丝中才形成完全封闭的隔膜，而生长活跃的营养菌丝则没有隔膜，此类菌丝称为无隔菌丝（图1-10）。在由隔膜隔开的细胞中，所含细胞核的个数在不同菌丝间也有差异，只含一个细胞核的称为单核菌丝；含两个细胞核的称为双核菌丝。不同菌丝的生长部位也不同，生长于培养基之中的，称为基内菌丝；而生于培养基之外的，称为气生菌丝。根据菌丝发育的顺序、细胞中细胞核的数目等，可将食用菌的菌丝分为初生菌丝、次生菌丝、三生菌丝三类。

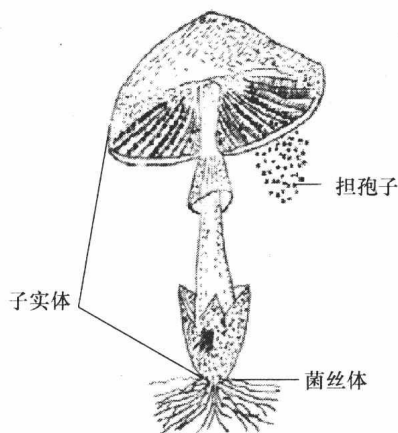


图1-9 食用菌形态结构示意图（以伞菌为例）

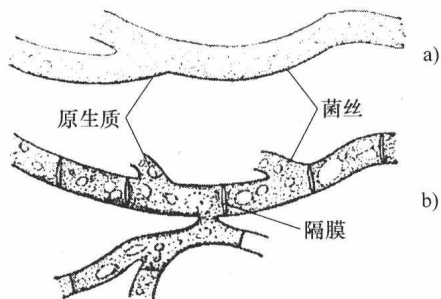


图1-10 无隔菌丝和有隔菌丝  
a) 无隔菌丝 b) 有隔菌丝

### 2. 菌丝体的形态

食用菌的菌丝都是多细胞的，与大多数真菌一样，其细胞由细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核及细胞器组成。食用菌的菌丝都是有隔菌丝，其菌丝细胞中细胞核的数目不一，通常子囊菌的菌丝细胞有一个或多个核，而担子菌的菌丝细胞大多数含有两个核，为双核菌丝。一般常以发育顺序、细胞核数目将菌丝分为初生菌丝、次生菌丝和三生菌丝三类。

(1) 初生菌丝 初生菌丝是由孢子直接萌发而形成的菌丝。孢子萌发后，初期形成的菌丝无隔膜，细胞核多数，即多核的单细胞菌丝；随后产生隔膜，将菌丝分成许多个细胞，每个细胞内仅含一个细胞核，故又称为单核菌丝或一次菌丝。绝大多数的食用菌孢子萌发都形成单核菌丝，但也有少数特殊的，如双孢蘑菇的担孢子萌发形成的不是单核菌丝而是双核菌丝；银耳的担孢子萌发形成芽孢子，由芽孢子萌发再形成单核菌丝。子囊菌单核菌丝发达



且生活期较长，而担子菌的单核菌丝生活期短且不发达。

初生菌丝一般不会形成子实体，只有和另一条可亲和的单核菌丝质配之后变成双核菌丝，才会产生子实体。由初生菌丝形成的菌丝体叫初生菌丝体，初生菌丝体在担子菌的生活史中历时很短。

(2) 次生菌丝 由两条初生菌丝结合，经过质配而形成的菌丝称为次生菌丝，又称为二次菌丝（图 1-11）。在形成次生菌丝的过程中，两个初生菌丝细胞的细胞质融合，而细胞核并未发生融合，因此次生菌丝每个细胞中含两个细胞核，又称为双核菌丝。次生菌丝是食用菌菌丝存在的主要形式，也只有双核菌丝才能形成子实体，在食用菌生产中使用的菌种基本上都是双核菌丝。

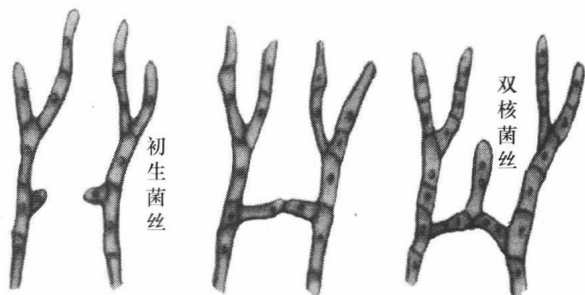


图 1-11 初生菌丝质配形成双核菌丝

大部分食用菌的双核菌丝顶端细胞上常发生锁状联合，它是一种形状类似锁臂的菌丝连接，担子菌中许多种类的双核菌丝都是靠锁状联合进行细胞分裂的，以不断增加细胞数目。锁状联合（图 1-12）主要存在于担子菌中，如香菇、平菇、木耳等，但也有例外，如草菇、双孢蘑菇等。极少数子囊菌的菌丝也形成锁状联合，如地下真菌中的块菌等。

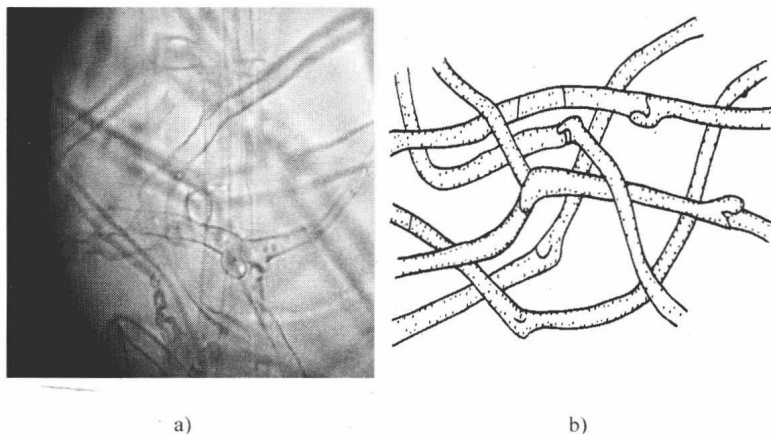


图 1-12 菌丝锁状联合结构

a) 锁状联合显微图 b) 锁状联合示意图

通过锁状联合的形成，菌丝可不断增加细胞数目，一个双核细胞可形成两个新的双核细胞，其过程如下（图 1-13）：

1) 顶端细胞的两核之间细胞壁上产生 1 个喙状凸起。

2) 双核的其中一个移入喙状凸起，另一个仍留在细胞下部。

3) 2 个异质核同时进行有丝分裂，成为 4 个子核。

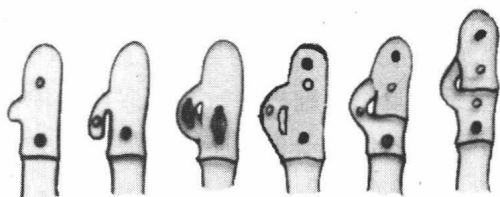


图 1-13 锁状联合形成