



高等学校重点规划教材
生物与化学系列

微生物 资源及利用

WEISHENGWU ZIYUAN JI LIYONG

主编◎燕 红 代英杰 彭显龙



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



高等学校重点规划教材

生物与化学系列

微生物 资源及利用

主 编◎燕 红 代英杰 彭显龙

副主编◎刘华晶 张文龙 安 堃 李维宏

参 编◎车京玉 邹 瑜



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

微生物资源是地球上宝贵的生物资源,它们的开发和利用目前已经取得了非常丰硕的成果,对国民经济作出了重大的贡献。本书主要从实用的角度出发,分别对微生物与粮食、微生物与能源、微生物与资源、微生物与环境保护、微生物与人类健康、微生物资源的开发与利用的各个领域进行探讨,重点讨论微生物这一重要的资源与人类的关系,开发利用的新成就,新技术及存在的问题,开发利用的战略和策略,值得重点投入的领域及展望。

本书可作为生物工程、生物技术、生物科学专业的高年级本科生和研究生的教材或教学参考书,还可作为相关领域的研究人员、工程技术人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

微生物资源及利用/燕红,代英杰,彭显龙主编.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2012.4
ISBN 978-7-5661-0336-9

I. ①微… II. ①燕… ②代… ③彭… III. ①微生物—
生物资源—资源利用—研究 IV. ①Q938

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 063793 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 19.75
字 数 482 千字
版 次 2012 年 5 月第 1 版
印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷
定 价 38.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn



前言

Preface

Preface
Preface
Preface

微生物是除动物、植物以外的微小生物的总称。微生物资源是地球上宝贵的生物资源,是农业、林业、工业、医学、医药和兽医微生物学研究、生物技术研究及生物产业持续发展的重要物质基础,与国民食品、健康、生存环境及国家安全密切相关。它们的开发和利用目前已经取得了丰硕的成果,对国民经济作出了重大的贡献。

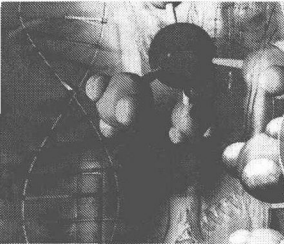
本书主要从实用的角度出发,分别对微生物与粮食、微生物与能源、微生物与资源、微生物与环境保护、微生物与人类健康、微生物资源的开发与利用的各个领域进行探讨,重点讨论微生物这一重要的资源,它与人类的关系,开发利用的新成就、新技术及存在的问题,开发利用的战略和策略,值得重点投入的领域及展望。

本书由长期从事教学实践的一线教师和科研人员共同编写,并参考了国内外有关书籍及该领域的最新进展,希望本书的出版能对微生物资源的合理开发利用和保护有所帮助,对有关的研究人员、工程技术人员、管理人员、教师、研究生有所裨益。

第一章的第一、三、八节由东北农业大学刘华晶编写,第二、四、五节由黑龙江省农业科学院克山分院车京玉编写,第六节由大庆市让胡路区农业局农业站邹瑜编写,第七节由哈尔滨理工大学燕红编写;第二章由东北农业大学张文龙编写;第三章由东北农业大学代英杰编写;第四章的第一、二、三节由哈尔滨理工大学燕红编写,第四节由黑龙江生态工程职业学院安堃编写;第五章由山西农业大学李维宏编写;第六章由东北农业大学彭显龙编写。

由于编写者水平有限,书中可能出现错误和遗漏,敬请广大读者批评指正。

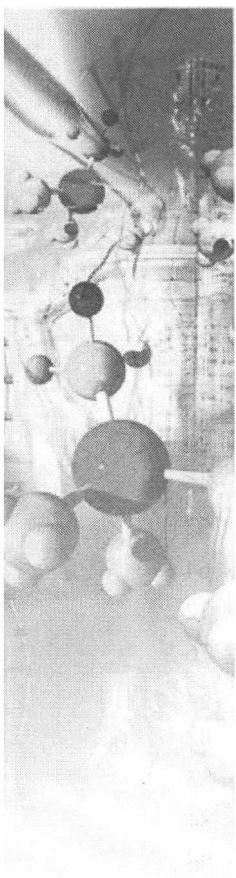
编者
2011年8月



目录

Contents

第一章 农业微生物	1
第一节 食用菌的生物学基础	1
第二节 食用菌的制种技术	14
第三节 黑木耳栽培技术	29
第四节 金针菇栽培技术	46
第五节 双孢蘑菇栽培技术	57
第六节 灵芝栽培技术	64
第七节 平菇栽培技术	72
第八节 猴头栽培技术	76
第二章 兽医微生物	82
第一节 兽医微生物的来源	82
第二节 兽医微生物的操作、运输和保存	83
第三节 兽医微生物资源的利用方式	84
第四节 弱毒活疫苗	86
第五节 灭活全病原体疫苗	88
第六节 基因工程疫苗	89
第三章 工业微生物	115
第一节 食品微生物	115
第二节 医药微生物	119
第三节 化工、能源微生物	140
第四章 环境微生物	148
第一节 环境微生物检测	148
第二节 微生物对污染物的降解和转化	169
第三节 固体和废气在微生物处理方面的应用	201
第四节 活性污泥在污水处理方面的应用	208
第五章 海洋微生物	224
第一节 海洋微生物生物多样性	224
第二节 海洋微生物与海洋活性物质	231
第三节 海洋微生物与海洋环境保护	247
第四节 海洋微生物培养新技术	252
第六章 土壤微生物	257
第一节 土壤微生物概述	257
第二节 土壤微生物特性	262



Contents

第三节	解磷微生物	272
第四节	解磷微生物的分离、筛选与鉴定	282
第五节	固氮微生物	287
第六节	解钾微生物	301
第七节	促生微生物	304
参考文献		309



第一章 农业微生物

第一节 食用菌的生物学基础

一、食用菌简介

食用菌(Edible fungi)是可供人类食用或药用的大型真菌,具有肉质或胶质的子实体,通常也称为菇、蘑、耳、菌、蕈等。食用菌隶属于菌物界真菌门,约有90%的食用菌属于担子菌类(Basidiomycetes),少数属于子囊菌类(Ascomycetes)。全世界有10 000多种肉质菌(Fleshy mushroom),可食用的菌类已经超过2 000多种。目前,中国已报道的食用菌有1 000多种,人工栽培的有100多种,其中,已形成大规模商业性栽培的有60种左右,主要有平菇、金针菇、香菇、黑木耳、银耳、滑菇、蘑菇、草菇、猴头菇、灵芝,等等。

我国野生食用菌资源丰富,从分布上大致可以划分7个地区,东北地区有300余种,常见的有蜜环菌、松茸、猴头、黑木耳、牛肝菌、红乳菇等;华北地区260余种,常见的有侧耳、牛肝菌、红乳菇、灵芝、块菌等;华东、华中地区有350余种,常见的有鸡油菌、竹荪、鸡枞菌、松乳菇、红菇等;华南和滇、藏南部热带地区有400余种,常见的有牛肝菌、灵芝、鸡枞菌、乳菇属、红菇属等;蒙新地区,以适应干旱生态环境的种类为主,有阿魏侧耳、羊肚菌、蘑菇属、口蘑属、马勃属、秃马勃属等;西藏地区,气候条件恶劣,菌物资源贫乏,虫草属、蜜环菌是代表。

(一)食用菌的营养价值和药用价值

1. 食用菌的营养价值

食用菌的营养价值已广为人知,自古被视为“山珍”,是宴席上的佳品。现代科学研究证明,食用菌是最适合人类食用的一种优质食品,因其富含蛋白质、多种维生素(维生素B₁、维生素B₂、维生素D、维生素C、泛酸、烟酸、叶酸、硫胺素、吡哆醇和生物素等)和矿物质(磷、钾含量丰富,其次是钠、钙、镁、铁等),具有很高的营养价值,是继植物性食品和动物性食品之后的第三类食品,称为菌类“健康食品”,素有“植物肉”之美誉。例如,洁白肥嫩的蘑菇、香郁诱人的香菇、香美质脆的羊肚蘑、黏滑多胶的木耳、多肉美味的牛肝菌、具有鲍鱼风味的侧耳等。它们芳香味鲜,不仅可作为调料,更重要的是含有大量的蛋白质和氨基酸,包括人体必需的八种氨基酸(赖氨酸、苏氨酸、甲硫氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、色氨酸、苯丙氨酸和缬氨酸),其中亮氨酸和赖氨酸这两种氨基酸在粮食中含量很少,但在食用菌中含量尤为丰富。同时,食用菌的热能值比较低,不饱和脂肪酸含量高,占脂肪总量的74.0%~83.1%,这正迎合了消费者对高蛋白、低脂肪的要求,是理想的减肥食品。

2. 食用菌的药用价值

食用菌不仅是美味佳肴,而且还含有人体需要的物质,可提高机体的免疫功能,增强体质,对治疗某些疾病起到了食物疗法的药物作用。如香菇可治疗软骨病,其浸出液中含有两种抗癌多糖,常食用可防胃癌、宫颈癌,同时有助于延缓衰老;双孢蘑菇可治疗消化不良及高



血压;金针菇可以增强智力,又称“智力蘑”,还可治疗肝脏系统、胃肠系统疾病;木耳能清肺、润肺,治疗缺铁性贫血;银耳自古以来即为珍贵补品;猴头可治疗神经衰弱、慢性胃炎;平菇、草菇、双孢蘑菇等多种食用菌还具有抗癌、防癌作用;茯苓、灵芝、冬虫夏草、天麻、马勃等均均为传统的名贵中药。

(二)食用菌栽培发展历史

我国食用菌半人工栽培有规模的生产应始于元代,可以说是商品生产的开始。王桢撰写的《农书》详细记载了香菇伐树砍花的栽培法:“取向阴地,择其所宜木,枫楮栲等树伐倒,用斧碎砍成坎,以土覆压之,经年树朽,以蕈砍铍,均布坎内,以蒿叶及土覆之,时用泔浇灌,越数时则以槌击树,谓之惊蕈。雨露之余,天气蒸暖,则蕈生矣……采之讫,遗种在内,来岁仍复发”。至今,我国不少地方沿用其合理的部分,如选树、砍花、惊蕈等。这一时期的技术也逐渐成熟,如潘之恒于1500年完成的《广菌谱》,记载了鸡枞菌和其他40多种可食菌的生态和利用价值。李时珍著的《本草纲目》中对前人记述的20多种有药用价值菌类的名称进行了考证,并对形态、栽培、采集方法和药用功效作了详细论述。始于1000多年前的木耳半人工栽培方法,在林区代木,以粥培菌者今日也常有出现。茯苓作为重要药用真菌,也是1000年前就在松根周围掘取菌块,切块就地下种植栽培。800年前在浙江西南部山区由吴三公创始砍花栽培香菇的方法,龙泉、庆元、景宁三县山区农民遂以伐木栽培香菇为专业,并积累了在林内选场、倒树、砍花接菌和击树惊蕈的经验。这一时期从技术上总结可以说是“人工砍花,自然接种”。

我国近代食用菌生产新产业的形成,始于20世纪30年代,上海引进了双孢蘑菇的纯种堆料栽培技术,在向各地推广栽培中,逐步改进操作技术以适应各地的栽培条件,在引种中评比出优良菌株,并改进制种技术,就地以麦秆、稻草为基料,以猪粪、牛粪代替马粪配料,在室外堆制腐熟,还用土粒代替泥炭为覆土,并扩大了生产。20世纪50年代以来,随着战后经济复兴,在食用菌生产中推广了纯菌丝体接种,像传统的食用菌香菇、木耳,至今仍打孔接种。这一时期的技术比以前有了很大进步,总结为“人工培养纯菌丝,打孔接种”。

20世纪70年代,人工培养纯菌丝兴起,并开始采用木屑、棉籽壳等农副产品下脚料栽培食用菌。代料栽培的探索,使得人们可以利用其他农副产品及工业生产的下脚料如啤酒糟、甜菜渣、中药渣、废棉等配料堆料,就地取材,使食用菌生产走出山区,向广大农村和城郊发展。栽培食用菌的培养料改进,以尿素、硫酸铵代替畜粪,发展了无粪合成堆料。这一时期主要技术是“代用料栽培,无菌接种”。科学家们预言,21世纪食用菌将发展成为人类主要的蛋白质食品之一。

根据国内外消费市场的变化,专家们预测,在今后一段时间内,我国食用菌发展的趋势,一是大力发展传统产品,如陕西应在陕南大力发展木耳、香菇生产。香菇的世界贸易量约在3000~4000t,主要进口国(地区)为美国、新加坡、马来西亚及香港。香港香菇消费量为世界第一,年消费量在2000~2500t左右,从我国进口干菇只有300t左右,主要因为香菇品质差、花菇少、包装不讲究、货源不稳和缺乏竞争力。近年来,美国、德国、英国、加拿大、法国等欧美国家食用木耳数量也在增加,木耳一直处于紧俏状态,国内市场也在逐年扩大,福建省每年调入100t,仍供不应求,可以大力发展。二是稳步发展菇类生产,应以平菇、香菇等为主,有计划地布局生产量,提高单产水平。要加强国内市场宣传,在市场尚未打开之前,要稳步发展,计划生产,防止宏观失控。三是开发野生菌类资源,我国野生资源十分丰富,应加强驯化,进一步开发新领域。四是发展观赏真菌和家庭园艺。用菌类制成盆景供观



赏已出现在街头,城市居民利用阳台、走廊或起居室一角,进行家庭栽培,既可随时采食,又可丰富业余生活,增长科学知识,与养花相比,更是一件有趣的家庭园艺。

(三)食用菌的经济效益及开发前景

近半个世纪以来,菌物性的菇类食品逐渐发展起来,为人类提供了一种新食品。以菇类为代表的食用菌具有高蛋白、低脂肪的特点,属于“天然、营养、多功能”食品,经专家们验证,它能保证合理的饮食结构和营养平衡,是现代乃至未来的健康饮食潮流。进入21世纪,以联合国粮农组织(FAO)为首的国际健康组织提出餐桌“一荤、一素、一菌”的健康新理念,国际营养专家也提出“四条腿的(指陆地跑的动物)不如两条腿的(指天上飞的鸟禽类动物);两条腿的不如一条腿的(指菌类植物)”的营养标准。这给食用菌产业带来了无限商机。我国栽培食用菌历史悠久,同时又是世界上生产食用菌最多的国家之一。在我国栽培食用菌,原料充足,就地取材,成本低,周期短,销路好,对促进国民经济发展有着重要意义。国内外专家预测,21世纪菌类食品将和动物性食品、植物性食品呈鼎立之势,是新兴的第三类食品。

在我国,食用菌既是一个传统产业,又是一个新兴产业,也是一个朝阳产业,发展潜力巨大,前景广阔。随着中国经济的发展,人们生活水平的提高,饮食需求将实现由温饱型向高营养型、再向健康型转变,食用菌兼有荤、素两者之长的风味,逐渐被人们所接受,食用菌悄然走上普通家庭的餐桌。

2005年我国食用菌的总产量达 1.2×10^7 t,居世界第一,食用菌产业已成为我国种植业中的一项重要产业。我国虽然是食用菌产量最大的国家,但年人均消费量不足0.5 kg,美国年人均均为1.5 kg,日本年人均均为3 kg,我国年人均消费量与世界一些国家相比,差距较大。据海关提供的数据,2001年、2002年、2003年食用菌出口量分别为 4.76×10^5 t、 3.8×10^5 t、 4.3×10^5 t,换汇分别为6亿美元、4.6亿美元、6.2亿美元,出口量和总量相比才接近二十分之一。国外食用菌人均消费量每年正以百分之十三的速度递增,有大的国外市场空间可供开拓。我国内地食用菌人均消费量还不到香港的十分之一,因此国内市场潜力巨大。有调查表明,北京每年的食用菌产量为 1.5×10^5 t,按固定人口1500万人计算,每人每年只能吃到10 kg左右的食用菌,远远不能满足人们的需求。今后对国内市场更要加大宣传力度及产业整合,扩大消费群体,提高消费总量,以拉动生产;对国际市场关键是提高产品各层面质量,以求增加国际市场占有份额。

食用菌产业是一项集经济效益、生态效益和社会效益于一体的短、平、快的农村经济发展项目,作为产品它又是一类集营养、保健于一体的绿色食品。因此,发展食用菌产业利国、利民,是提高居民健康水平、加快农村产业结构调整的有效途径。预计今后的食用菌市场行情仍然看好,主要原因如下:

一是随着我国国民经济的快速发展,居民的收入水平越来越高,对食品的需求日益提高。人们对绿色食品如低糖、低脂肪、高蛋白的食品消费需求日益旺盛,此类食品的营业额一直保持较强的增长势头。食用菌是营养丰富、味道鲜美、强身健体的理想食品,也是我们人类的三大食物之一,同时它还具有很高的药用价值,是人们公认的高营养保健食品。食用菌生产既可变废为宝,又可综合开发利用,具有十分显著的经济效益和社会效益。随着人民生活水平的不断提高和商品经济的进一步发展,食用菌产品不仅行销于国内各大市场,而且还畅销于国际。

二是我国食用菌行业发展态势明显,主要体现在以连锁经营、品牌培育、技术创新、管理



科学化为代表的现代食品企业,逐步替代传统食用菌业的随意性生产、单店作坊式、人为经验生产型,快步向产业化、集团化、连锁化和现代化迈进,现代科学技术、科学的经营管理、现代经营理念在食用菌行业的应用已经越来越广泛。

三是从国家政策和社会大环境来看,食用菌已经到了发展的黄金时期。由于食用菌栽培技术是劳动密集型产业,因此在解决劳动就业方面有着非常重要的作用,而目前解决劳动就业问题是各级政府为民谋利的主要体现和政策取向。

四是食用菌业还能带动畜牧业、种植业的发展,是解决三农问题,增加农民收入的一个重要行业,在我国工业化、城镇化和农业现代化方面发挥着重要的作用,所以国家在税收政策、产业政策等方面给予了大力倾斜。

五是在市场方面,中国的城市化步伐加快,大量的农村人口逐步城市化,原有城市人口的消费能力逐步增强,由于人口众多和经济的持续高速发展,在“民以食为天”“绿色健康饮食”的文化背景下,中国已经成为世界上最大的食用菌生产消费市场。

六是食用菌生产中,技术仍然是一个亟待解决的问题,相对于大田作物的生产,菇农对食用菌生产技术的掌握还需不断提高,技术与品种一样,一直制约着食用菌产业的发展,影响着食用菌产量。

食用菌生产中要随时根据情况进行技术调整,在今后的发展中应注意以下问题:

一是发展食用菌生产要因地制宜,一定要选择适销对路的品种。在菌株选择中,菇农要根据当地资源、气候等条件,搞好适应性试验示范,因地制宜地发展具有区域特色的品种,特别是要注意发展适销对路的名、特、优新品种。

二是积极推进食用菌产业化进程。当前,食用菌生产多是分散的家庭作坊式生产,不适应大市场、大流通的要求,因此必须进一步加快食用菌生产产业化的进程。在条件成熟的地方,应积极组建食用菌专业合作经济组织,逐步形成“市场+龙头企业和专业合作组织+农户”的生产经营模式,以市场引导生产,实现食用菌产业化发展运行机制。

三是强化竞争意识,提高产品质量。从生产食用菌培养料开始,到播种、发菌、出菇管理、采菇,以及加工、包装、储运、销售的全过程,都要严格遵循无公害的原则进行操作,一定要生产出有竞争优势的高质量产品,实现食用菌产品有机、绿色、无公害的目标。

四是建立符合市场需要的新技术研究和扩繁体系。各食用菌科研机构 and 各级菌种厂站、食用菌推广部门,应围绕食用菌优良品种选育、病虫害防治、产品保鲜、加工、储运等方面开展研究推广,及时将科研成果转化为生产力,尽快提高食用菌种植户的科技素质,抓好规范化栽培和标准化生产的示范基地建设。

五是以设施栽培为主,积极推进工厂化生产模式。这种栽培模式虽然投资大、风险大,但利润高、收入也高,是未来食用菌生产发展的方向。目前,工厂化设施栽培在一些地方异军突起,有的业主今年建了一个,明年又建一个。工厂化设施栽培最能做到月月日日均衡供应市场,做到旺季不旺,淡季不淡。目前工厂化设施栽培的品种有金针菇、杏鲍菇、真姬菇、秀珍菇等,发展前景广阔。

二、食用菌的形态构造

食用菌分布广,种类多,大小不一,形态亦多样。它们都是由菌丝体、子实体、孢子等部分组成的。



(一) 菌丝体

菌丝是由一个孢子萌发而形成的管状细胞,大都无色透明,有分枝。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。但也可以繁殖,取一小段菌丝在一定的环境中,经一定时间后,可以繁殖成新的菌丝体(属无性繁殖),在生产上就是使用菌丝来进行繁殖的。

食用菌的菌丝是多细胞的。菌丝有初生菌丝、次生菌丝、三生菌丝之分(如图 1-1 所示)。

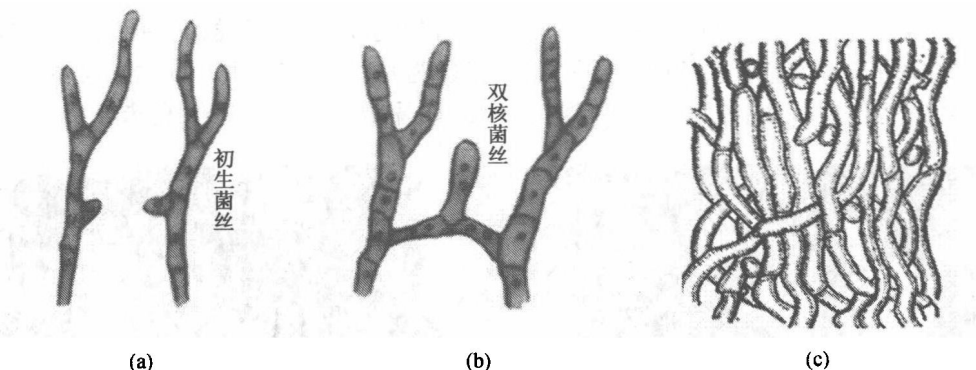


图 1-1 初生菌丝、次生菌丝及三生菌丝

(a) 初生菌丝; (b) 次生菌丝; (c) 三生菌丝

1. 初生菌丝

由孢子萌发形成的菌丝,称为初生菌丝或一次菌丝。开始含多核,很快在细胞上产生隔膜,使每个细胞内只含有一个核,又称单核菌丝。绝大多数的食用菌孢子萌发都形成单核菌丝,少数特殊,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。

2. 次生菌丝

次生菌丝是由两条初生菌丝经过同宗或异宗结合,即一条菌丝细胞的原生质流入另一条菌丝的细胞质内,发生了细胞质融合,而两个细胞核未融合,细胞内含有两个核的称为双核菌丝,又叫次生菌丝或二次菌丝。

次生菌丝有很强的再生能力,菌丝体断裂可以反复无休止地再生。食用菌生产就是利用这种再生能力强的特点生产母种、原种和栽培种。菌种的生产和栽培就是逐级扩大次生菌丝的过程。次生菌丝达到生理成熟就形成子实体。

3. 三次菌丝

双核菌丝按一定的排列顺序形成一定的整体结构,这种具有特殊组织化、有编织能力的双核菌丝称为三次菌丝,也是结实性的双核菌丝,如子实体、菌核、菌索、菌丝束等。

(1) 菌核 菌核是由双核菌发育而成的一种质地坚硬、颜色较深、大小不等的团块状或颗粒状的组织,是食用菌的储藏器官,也是休眠体,能抵抗不良环境,如茯苓菌核,在 -30°C 下仍能过冬,并可以食用、药用及作菌种分离的材料。

(2) 菌索 菌索是双核菌丝交织成绳索状的组织束,外形似根,内有髓部能疏导水分和养分,常分叉或角质化,对不良环境抗逆性强,可以发育成子实体,如蜜环菌。

(3) 菌丝束 菌丝束是由双核菌丝紧密排列形成的束状组织,常为子实体原基的前身。

(二) 子实体

子实体是由双核菌丝在特定的条件下形成的完整的整体结构,成熟时产生孢子繁殖后代。其形态多种多样,有头状、耳状、笔状、球状、树枝状、花朵状、伞状等,以伞菌为最多。典型伞菌子实体由菌盖、菌褶、菌柄、菌环、菌托等部分组成。

1. 菌盖

菌盖又名菌伞或菌帽,形状有半球形、草帽形、钟形、漏斗形、喇叭形、贝壳形、铆钉形、肾形等(如图 1-2 所示)。菌盖表面有的干燥光滑,有的湿润黏滑,有的上面有纤毛、环纹、鳞片;菌盖边缘有的圆整,有的波曲,有的呈撕裂状,有的内卷,有的反卷,有的上翘,有的延伸等。菌盖的皮层下部为菌肉,菌肉多数为肉质,少数为胶质,也有膜质、革质的,大多呈白色,也有淡黄或粉红、黄色、褐色等。菌肉有不同风味,如香味、辣味、鲍鱼味、臭味等。

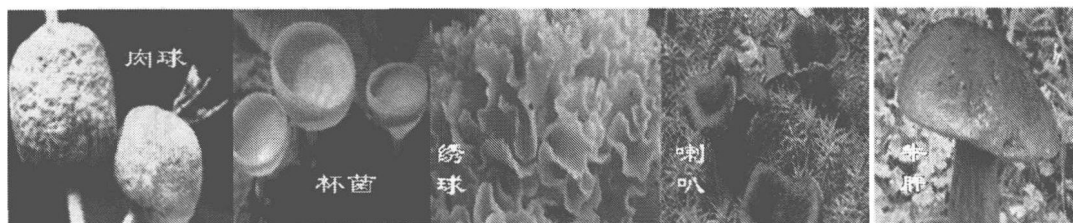


图 1-2 不同形状和颜色的菌盖

菌盖下面有菌褶和菌管。菌褶为片状呈辐射状排列,幼时为白色,成熟后呈不同颜色。菌管呈管状,有长短粗细之分,管口有方有圆,颜色多种,菌褶两侧和菌管内壁为子实层,是产生孢子的场所,大多数食用菌为担子菌类,产生担孢子,少数为子囊菌类,产生子囊孢子。菌褶与菌柄的着生关系是分类的重要依据之一,通常有下列四种类型:

- (1) 离生 菌褶不着生在菌柄上,且有一段距离,如双孢蘑菇、草菇。
- (2) 弯生 菌褶一端的一部分着生在菌柄上,而另一部分稍向上弯曲,在菌褶与菌柄着生处有个凹弯,如金针菇。
- (3) 直生 菌褶的一端直接着生在菌柄上,如滑菇。
- (4) 延生 菌褶沿着菌柄向下着生,如平菇。

2. 菌柄

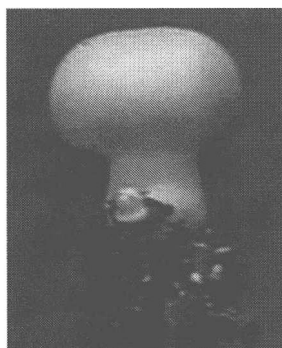
菌柄起支持菌盖的作用,也是输送养分的器官,多数为肉质,少数为革质、蜡质或纤维质,形状有圆柱状、棒状、纺锤状,颜色有白色或其他颜色。菌柄有中空或实心的,长在菌盖中央的为中生,长在菌盖偏心处的为偏生,长在菌盖一侧的为侧生,菌柄有单生、丛生和簇生的(如图 1-3 所示)。

3. 菌环

幼龄的子实体菌盖边缘与菌柄间有一层菌膜包着,该膜称为内菌膜。子实体长大后,内菌膜破裂,留在菌柄上的环状物称为菌环(如图 1-4 所示)。菌环有大有小,有薄有厚,有的着生在菌柄的上部,有的着生在中部或下部;有的有一层菌环,也有的有两层菌环。

4. 菌托

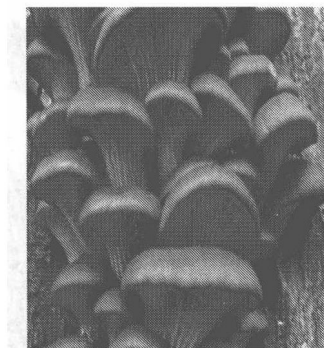
子实体发育初期外面有一层膜包被,该膜称为外菌膜,随着子实体长大,外菌膜破裂,留在菌柄基部托着菌柄的称为菌托。菌托有苞状、鞘状、鳞茎状、杯状、瓣状。菌托的大小、薄厚、光泽及存在的时间长短各不相同(如图 1-5 所示)。



(a)



(b)



(c)

图 1-3 菌柄与菌盖着生关系

(a) 中生; (b) 偏生; (c) 侧生

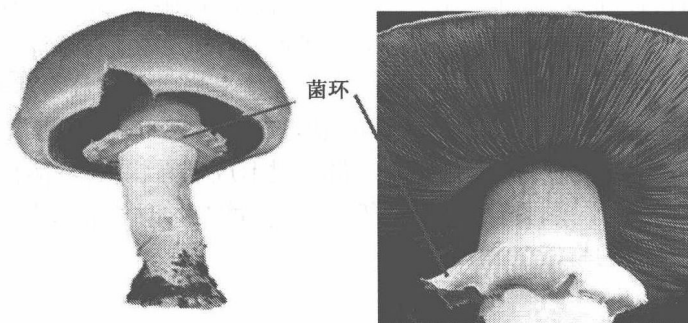


图 1-4 菌环

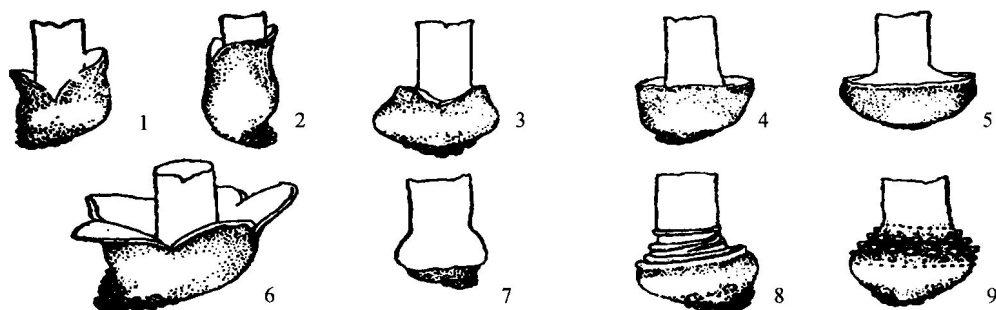


图 1-5 不同形状的菌托

1—苞状; 2—鞘状; 3—鳞茎状; 4—杯状; 5—杵状; 6—瓣裂;
7—菌托退化; 8—带状; 9—数圈颗粒状

(三) 孢子

孢子相当于植物的种子,是食用菌繁殖的基本单位。食用菌的孢子可分为有性孢子和无性孢子两种(如图 1-6 所示)。

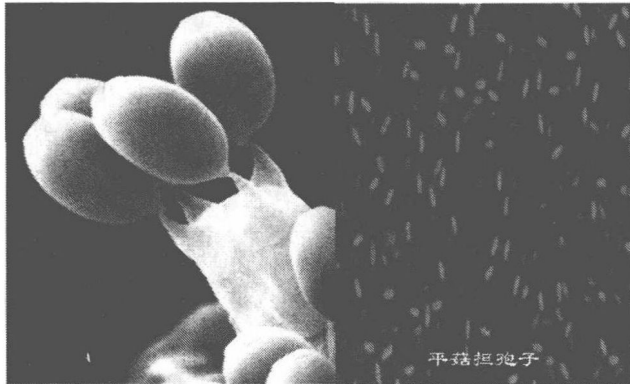


图 1-6 孢子电镜及显微镜下照片

1. 有性孢子

有性孢子是通过性细胞结合形成的。孢子形态很小,肉眼看不见,只有经显微镜放大后才能看到,形状有球形、卵形、椭圆形、圆柱形、腊肠形、星形、多角形,等等。

孢子成熟时从子实体上弹射出来,一般一枚子实体上形成孢子数多达几亿到几百亿个,如一枚平菇产生 600 ~ 855 亿个担孢子,一枚四孢蘑菇可产 18 亿个担孢子。

单个孢子为无色透明的,成万上亿个孢子散落时形成烟雾状,若散落在一处则形成孢子印。孢子印有白色的,如平菇、香菇、金针菇等,有红褐色的,如滑菇、灵芝,而双孢蘑菇为赭色,草菇为粉红色,还有的呈紫色、黑色,等等。

2. 无性孢子

没有经过性细胞结合的称为无性孢子,如木耳、滑菇的分生孢子,双孢蘑菇、香菇的厚垣孢子等。它们都是由菌丝分化形成的,如厚垣孢子的形成,在不良环境下某些菌丝的细胞质浓缩变圆,外壁加厚,形成厚垣孢子,成熟后脱离菌丝处于休眠状态,当条件适宜时萌发形成菌丝体。

食用菌就是通过孢子萌发,经过菌丝体到下一代孢子成熟,来完成其整个发育过程的。

三、食用菌的营养物质及其功能

(一) 食用菌的营养类型

食用菌体内不含叶绿素,不能进行光合作用合成有机物,必须从周围环境中吸收营养物质,用作合成细胞物质的原料及生命活动的能源,它们的营养方式分为以下四种类型:

1. 腐生型

从死亡的有机物中取得营养的称为腐生。这是绝大多数食用菌的营养方式,如香菇、木耳、平菇等。

2. 寄生型

食用菌只能生长在活的有机体上,从活的生物体上吸收营养而生存的称为寄生,使被寄生的寄主致病甚至死亡,如冬虫夏草就是虫草菌寄生在鳞翅目蝙蝠蛾科的虫体上,从虫体吸收营养生长繁殖,使被寄生的昆虫僵化,最后形成虫草复合体,即冬虫夏草。



3. 共生型

食用菌与高等植物相互依靠而生存的称为共生,如松乳菇与松树的共生,口蘑与牧草的共生,它们共同生活,营养互补,相互依存,互为有利。

4. 兼性寄生型

这些食用菌既能腐生,又能寄生,它们生活方式多样,适应范围广,如蜜环菌,既能在枯木上腐生,又能在活树上寄生,还可与天麻共生;猴头也是既可腐生又可寄生的菌类。

(二) 食用菌的营养物质及其功能

食用菌的营养物质包括碳素营养、氮素营养、矿物质营养及其生长辅助物质。

1. 碳素营养

碳是构成食用菌细胞物质及供给菌体生长发育所需的能源。食用菌吸收碳素营养的20%左右用于合成细胞,80%左右用于各项生命活动的能源。自然界的碳素营养有无机碳和有机碳化合物两大类。无机碳如 CO_2 食用菌不能利用,只能利用有机碳化合物,如葡萄糖、果糖、半乳糖、蔗糖、有机酸、醇等,这些小分子的碳素营养可直接被菌体吸收利用;还有一类大分子化合物,如淀粉、纤维素、半纤维素、木质素、果胶等,菌丝不能直接吸收利用,必须由菌体内分泌出相应的水解酶将大分子的物质分解成简单的物质后,才能被吸收利用。

植物残体中纤维素含量50%以上,一年生植物中半纤维素常占干重的20%,果胶占15%~30%,还有木质素等,所以树木及作物秸秆是食用菌生长发育的良好碳源,但这些都是高分子碳水化合物,分解较慢。为加速菌丝生长,最好在木屑、秸秆的培养料中加入适量的蔗糖(1%),作为食用菌初期辅助营养,并能诱导一些酶的形成,加快菌丝生长。

2. 氮素营养

氮是食用菌合成蛋白质和核酸不可缺少的原料。供食用菌生长发育的氮源,分为无机氮和有机氮两类。无机氮有铵盐、硝酸盐,多数食用菌都能利用,但效果不太好;有机氮如氨基酸、尿素、蛋白质等。氨基酸、尿素能直接被菌丝体吸收利用,蛋白质等大分子物质必须经蛋白水解酶分解成氨基酸后才能够被吸收利用。

培养基中氮源浓度对菌丝体生长和子实体发育影响很大,菌丝生长阶段培养基含氮量以0.016%~0.064%为宜;子实体发育阶段培养基含氮量以0.016%~0.032%为宜。

有机氮存在于麦麸、米糠、黄豆饼粉、棉籽饼粉、禽畜粪便中,栽培食用菌常以上述物质作为氮素营养。

食用菌对碳、氮营养吸收有一定比例,不同的食用菌在不同的生长发育阶段,对碳氮比的要求是不同的。菌丝生长时期要求培养料的碳氮比为15:1~20:1;子实体发育时期碳氮比为30:1~40:1为合适(见表1-1)。

表1-1 几种培养料的碳氮含量

种 类	碳含量/%	氮含量/%
稻 草	45.39	0.63
大麦草	46.78	0.64
菜籽饼	45.28	4.60
猪粪(干)	25.00	2.00

3. 矿物质营养(无机盐)

无机盐类也是食用菌生长发育不可缺少的营养物质,其功能是构成细胞成分、酶的组成部分、维持酶的作用、调节细胞渗透压、氢离子浓度及氧化还原电位。

常用的无机盐类有磷、钾、钙、镁、硫、锰等,其中以磷、钾、镁为主要。这些元素可从磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、硫酸镁、硫酸钙、碳酸钙中获得,还有一些需求量少的,如铁、锰、锌、钼、铜等微量元素,在木屑、秸秆等原料中可以获得,一般不需要添加。

4. 生长辅助物质(生长因子)

生长辅助物质是食用菌生长发育所必需的,而菌体本身又不能合成或合成量少,不能满足正常生长需要的,指核酸、激素、维生素类物质,如维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₆、维生素 C、维生素 D、维生素 H,等等。在马铃薯、麦麸、麦芽、酵母膏中含有较多维生素,所以用这些原料作培养基不必另外添加。但维生素不耐高温,120℃以上极易被破坏,所以灭菌时防止温度过高。

(三) 食用菌对营养物质的吸收

营养物质是通过菌丝细胞膜进入体内的,细胞膜是吸收营养物质的器官,小分子或结构简单的营养物质,如糖、有机酸、醇、尿素、氨基酸等可直接通过细胞膜进入体内;而大分子或结构复杂的营养物质,如纤维素、半纤维素、木质素、蛋白质等由菌丝细胞分泌相应的水解酶,将其水解成糖、半乳糖、木糖、氨基酸后再被细胞膜吸收进入体内,然后通过体内各种酶的催化合成作用,使菌丝不断加长或增多,或组成子实体的各个部位。

四、食用菌对环境条件的要求

食用菌生长发育的环境条件有温度、湿度、氧气、酸碱度和光照。

(一) 温度

温度是食用菌生长发育的重要因素之一,每种食用菌生长发育都有其最低和最高温度界限,在这个温度界限之内有个最适温度,即在最适温度生长发育最快(见表1-2)。

不同的食用菌最适温度是不同的,就是同一种食用菌,不同发育时期对温度要求也不同。

1. 菌丝体生长对温度的要求

多数食用菌生长发育的温度范围是5~33℃,最适温度范围为20~30℃,以25℃生长最好。食用菌菌丝耐低温,不耐高温,低于最低温度时菌丝体只是停止生长,并不死亡,如枯木中香菇菌丝在-20℃也不会死亡,但在40℃经过4小时,42℃经过2小时,45℃经过40分钟就会死亡,生产实践中常采用低温保存菌种,高温灭菌。

2. 子实体分化时期对温度的要求

子实体分化时期对温度的要求比菌丝体生长时期的温度低,不同食用菌子实体分化时对温度要求差异较大,可分为如下三种类型:

(1) 低温型 子实体分化时最高温度24℃,最适温度15~18℃,如平菇、香菇、金针菇、滑菇、双孢蘑菇,等等。

(2) 中温型 子实体分化时最高温度28℃,最适温度20~24℃,如木耳、银耳、灵芝、牛肝菌,等等。

(3) 高温型 子实体分化时最高温度为30~45℃,最适温度25~30℃,如草菇。有些食用菌如香菇、平菇,子实体分化时,要求变温条件刺激(8~12℃),恒温不利于子实体的分



化与形成,称为变温结实菇类;另一些食用菌在恒温条件下就能形成子实体,称恒温结实菇类,如木耳、银耳、灵芝等;又如金针菇、猴头、滑菇虽然不属于变温结实菇类,但在子实体分化时给予昼夜温差刺激也有利于子实体的分化和形成。

子实体发育时期对温度的要求:一般子实体发育的最适温度比菌丝体生长最适温度低,比子实体分化时温度略高些(见表1-2)。

表1-2 几种食用菌对温度的要求

测定项目 食用菌种类	菌丝体生长温度/℃		子实体适合温度/℃	
	生长范围	最适温度	子实体分化温度	子实体发育温度
双孢蘑菇	6~33	22~24	8~18	13~16
香 菇	3~33	24~25	12~21	14~18
草 菇	12~45	35	22~35	30~32
黑 木 耳	4~39	24~30	15~27	24~27
平 菇	10~35	24~27	7~12	13~17
银 耳	12~36	22~25	18~26	20~24
猴 头 菌	12~33	21~24	12~24	15~22
金 针 菇	7~30	23~25	5~19	3~14
口 蘑	2~30	20	2~30	15~17
滑 菇	5~33	20~25	5~15	8~14

由于食用菌子实体发育的最适温度不同,生产者可以选择不同品种进行搭配,调节上市时间,以满足市场的需求。

(二)水分和空气湿度

水是食用菌的重要组成成分,新鲜的食用菌含水量达85%~95%,水还是食用菌新陈代谢和营养物质吸收不可缺少的溶媒。营养物质必须溶解于水中才能被吸收,食用菌生长的各个阶段都需要水,没有水就不能生长。

食用菌生长发育所需要的水绝大部分来自于培养料。培养料含水量的多少直接影响食用菌生命活动。含水量指湿料中水分的百分含量,代料中含水60%左右,段木的含水量在38%~45%,适合食用菌菌丝生长,出菇时培养料含水量要增加到70%左右,不同的食用菌略有差异(见表1-3)。

培养料含水量多少不仅直接影响菌丝体对水分的吸收,同时还影响料中空气的含量,料中水分过多,空气相对减少,食用菌生长不好,因为食用菌是好气性微生物,而且空气不足菌丝体也发育不好。子实体发育除要求培养料有较高的含水量外,还要求空气有较高的湿度,空气相对湿度85%~95%适合。如果低于60%,子实体生长停止,降至40%~45%,子实体不分化,形成的幼菇也会死亡;如果湿度超过96%,易滋生杂菌,也阻碍菇体蒸腾,影响子实体发育。