

食用菌栽培手册

王贺祥 刘庆洪 ● 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

食用菌栽培手册

王贺祥 刘庆洪 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

图书在版编目(CIP)数据

食用菌栽培手册/王贺祥,刘庆洪主编. —北京:中国农业大学出版社,2014.12

ISBN 978-7-5655-1145-5

I. ①食… II. ①王… ②刘… III. ①食用菌-蔬菜园艺-手册 IV. ①S646-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 286248 号

书 名 食用菌栽培手册
作 者 王贺祥 刘庆洪 主编

策划编辑 赵 中

责任编辑 田树君

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

规 格 850×1 168 32 开本 11.875 印张 296 千字 彩插 1

定 价 26.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编 审 人 员

主 编 王贺祥 刘庆洪

副 主 编 李 明 陈青君 张国庆

编写人员 (按拼音顺序排列)

陈青君(北京农学院)

侯振世(内蒙古农业大学)

李 明(河北农业大学)

刘庆洪(中国农业大学)

王贺祥(中国农业大学)

王立安(河北师范大学)

张国庆(北京农学院)

贲建民(甘肃农业大学)

郑素月(河北工程大学)

朱孟娟(山东农业大学)

审 稿 顾桂芬

目 录

第一章 食用菌基础知识.....	1
第一节 食用菌的概念.....	2
第二节 食用菌的营养价值和药用价值.....	3
第三节 食用菌的标准化生产.....	4
第四节 食用菌的形态结构.....	6
第五节 食用菌的生长发育条件	19
第二章 菌种的制作	43
第一节 制种条件	43
第二节 消毒和灭菌	50
第三节 母种的制作	56
第四节 原种的制作	68
第五节 栽培种的制作	72
第六节 液体菌种的制作	77
第七节 菌种的鉴定、保藏与提纯复壮.....	80
第三章 常见木腐型食用菌的栽培	85
第一节 香菇	85
第二节 侧耳.....	124
第三节 黑木耳.....	140
第四节 银耳.....	154
第五节 金针菇.....	166
第四章 草腐型食用菌的栽培.....	185
第一节 双孢蘑菇.....	185
第二节 草菇.....	219



第三节	鸡腿菇·····	227
第四节	竹荪·····	231
第五章	药用菌栽培·····	242
第一节	灵芝·····	242
第二节	猪苓·····	250
第三节	茯苓·····	255
第四节	猴头·····	259
第五节	蛹虫草·····	266
第六章	其他食用菌的栽培技术简介·····	271
第一节	白灵菇·····	271
第二节	杏鲍菇·····	275
第三节	毛木耳·····	279
第四节	滑菇·····	283
第五节	茶树菇·····	287
第六节	灰树花·····	292
第七节	真姬菇·····	297
第八节	大球盖菇·····	300
第九节	姬松茸·····	304
第七章	病虫害防治·····	310
第一节	主要病害及其防治·····	310
第二节	主要虫害及其防治·····	338
第八章	食用菌产品的保鲜及加工·····	354
第一节	食用菌产品的贮藏保鲜·····	355
第二节	食用菌初级加工·····	359
参考文献	·····	370

第一章 食用菌基础知识

我国发展食用菌生产的历史悠久,自然植被的种类繁多,菌类资源及用于食用菌人工栽培的工、农业副产品丰富,具有发展食用菌栽培业极为有利的条件。据中国食用菌协会统计,2002 年我国食用菌总产量是 876 万 t(鲜重),2004 年 1 160 万 t,2007 年 1 682 万 t,2010 年 2 201 万 t(产值 1 413.2 亿元),2011 年 2 571.7 万 t(产值 1 543.2 亿元),约占世界食用菌总产量的 65%。2004 年全国食用菌出口 58.1 万 t,平均出口价格为每吨 1 552 美元,出口量占总产量的 5.0%;2010 年出口 49.1 万 t,出口额 17.5 亿美元;2011 年 52.0 万 t,出口额 24.07 亿美元。出口比例最大的是双孢蘑菇,占总产量的 21.3%,香菇出口占总产量的 13.7%。我国平菇、香菇、双孢蘑菇、金针菇、黑木耳等食用菌的产量均居世界第 1 位,是真正的食用菌生产大国。我国食用菌产值在种植业中仅次于粮、油、果、菜,居第 5 位,已成为农村经济中最具活力的新兴产业,但区域间发展并不平衡,2004 年食用菌年产值超过 1 亿元的县全国有 100 个,河南、福建、江苏、山东 4 个省的食用菌产量都超过 100 万 t,而有些省区的产量仅有几千吨。2010 年产量超过 100 万 t 的省有 10 个,分别是山东、河南、黑龙江、福建、河北、江苏、吉林、湖北、辽宁和浙江。2011 年产量超过 100 万 t 的省达到了 11 个,分别是山东、河南、黑龙江、福建、江苏、河北、辽宁、四川、湖北、吉林和浙江。食用菌种类间的产量差异更为明显,2001 年全国生产平菇 259 万 t、香菇 207 万 t、双孢蘑菇 74 万 t、黑木耳 42.4 万 t、金针菇 38.9 万 t、银耳 11.4 万 t,其余食用菌种类的产量之和不足 150 万 t。2010 年六大主栽食用菌的产量分别是平菇



559.9 万 t、香菇 427.6 万 t、黑木耳 289.6 万 t、双孢蘑菇 220.6 万 t、金针菇 184.8 万 t、毛木耳 125.8 万 t,六大主栽食用菌的产量占当年总产量的 82.2%。2011 年产量排在前 6 位的食用菌分别是平菇 563.3 万 t、香菇 501.8 万 t、黑木耳 346.1 万 t、金针菇 249.3 万 t、双孢蘑菇 246.2 万 t、毛木耳 143.5 万 t,六大主栽食用菌的产量占当年总产量的 79.7%。

第一节 食用菌的概念

一、食用菌的概念

食用菌是能够形成大型肉质或胶质的子实体或菌核类组织并能供人们食用或药用的一类大型真菌。子实体是着生孢子的器官,常见的食用菌如香菇、平菇、木耳、银耳、金针菇、草菇等,其被食用的部分都是子实体,而茯苓和猪苓则是菌核。多种大型真菌既是营养丰富、味道鲜美的食品,又是对某些疾病具有一定治疗或预防效果的药用菌,如猴头菇、银耳等。所以,食用菌和药用菌并无明显的界限和标志加以区别,只是各自在功能和用途上有些主次之分。本书对一些功能和用途偏于药用的高等真菌,也一并加以阐述。

二、食用菌名称的演变

古代人类对食用菌种类的区别是十分混乱的,曾用蕈、菰、芝、耳等名称记载各种食用菌,后来又称之为蘑菇。英语中 mushroom 被翻译成蘑菇,对欧美人来讲,mushroom 主要指双孢蘑菇,而对我国人民而言,蘑菇往往包括各种食用菌,所以食用菌常被翻译成 edible fungi,但有时 mushroom 与 edible fungi 也混用。

随着科学的发展,对食用菌各种不同的种都给予确切的名称,



如香菇、双孢蘑菇、金针菇、黑木耳、猴头菇、银耳、草菇、美味牛肝菌、短裙竹荪等。地球上已知能形成大型子实体的真菌约有 14 000 种,其中可以食用的 2 000 多种,有些学者的估计值还要高。我国已发现食用菌 981 种。其中能够进行人工栽培的有 92 种,商业化栽培的有 30 多种,食用菌在真菌分类中绝大部分属于担子菌,极少数属于子囊菌。多数食用菌是菜肴中的珍品,因此,也可以说食用菌是一类菌类蔬菜。

第二节 食用菌的营养价值与药用价值

食用菌不仅是一类味道鲜美、营养丰富的食品,而且可以用作保健品或药品。

一、食用菌的营养价值

食用菌美味可口、营养丰富,美味可通过色、香、味的优劣来评判,而营养价值则需要采用科学的方法进行检测,如化学成分分析,包括氨基酸、脂肪酸、维生素、矿物质及核酸的光谱分析等。食用菌的营养成分取决于其遗传基础所导致的生物化学特性,此外,环境条件和培养基质对营养成分也有影响;食用菌和其他生物一样,收获后仍进行代谢,不同发育阶段的子实体及其采收后的贮存和加工方式,也导致化学成分的改变。

二、食用菌的药用价值

高等真菌被用作药物,在我国已有悠久的历史,它不但是我国天然药物资源的一个极为重要的组成部分,而且已成为当今探索和发掘抗癌药物的重要领域。2 000 多年前的东汉末,世界上第一部药物专著《神农本草经》中就记载了灵芝、茯苓、猪苓、雷丸等 10 余种真菌。至明代,著名医药学家李时珍的巨著《本草纲目》,



收载药用真菌 40 多种。1974 年刘波著的《中国药用真菌》介绍了 78 种真菌,再版时记载了 117 种。应建浙等 1987 年编著的《中国药用真菌图鉴》,收集了药用真菌 272 种。

1930 年德国科学家发现担子菌有抗肿瘤的活性,特别是 1969 年日本科学家千原吴郎报道了香菇多糖具有抗肿瘤活性之后,全世界掀起了从真菌中寻找抗癌药物的热潮,并证明 100 多种真菌具有显著的抑瘤活性。我国真菌资源十分丰富,民间利用真菌入药有着悠久的历史,许多真菌已被用作生药或制成中成药。

第三节 食用菌的标准化生产

2003 年 2 月,中国食用菌协会根据国内外食用菌产业的现状,提出了实施食用菌标准化生产的意见。标准化生产包括:①食用菌产品生产环境的标准化;②投入品的标准化;③生产过程的标准化;④食用菌产品及其加工品的标准化;⑤食用菌产品及其加工品的包装、储藏、运输、营销标准化。

在实施过程中,要以全面提高食用菌产品质量卫生安全水平为中心,通过健全体系,完善制度,对食用菌生产加工销售,实行从“农田到餐桌”全过程管理监督。实施食用菌标准化生产的主要措施是:

(1)强化源头管理,净化产地环境 采取有效措施加强对食用菌产品产地环境的监测,及时有效地防止生产环境污染,严格禁止使用未经处理的污水、废水,强化产品供水水质的管理。重点解决农药等农资投入品对生态环境和食用菌产品的污染。大力推广应用臭氧灭菌机、紫外线等物理方法进行消毒、灭菌、杀虫。

(2)严格投入品的管理 加强对限用、禁用农药等投入品的管理,严格执行农药等投入品禁用和限用目录及范围。抓紧制



订农资投入品标准。对食用菌产品质量安全构成威胁的农药等投入品要尽快予以淘汰。大力推广应用环保型农资投入品,加快推广先进的病虫害综合防治技术,积极开发高效、低毒、低残留的农药等投入品,逐步淘汰高毒、高残留投入品品种,严肃查处生产、经营、使用国家禁止的农资投入品行为。搞好技术培训,使生产者掌握并遵循安全生产的技术规程,减少有毒有害物质的残留。

(3)加强产品质量全程监测 生产基地和各类加工企业,要严格执行食用菌卫生管理制度、栽培操作规程、技术标准和产品质量标准。严格按照标准组织生产和加工,科学合理使用农药、添加剂等投入品。为实现食用菌无公害生产,必须对食用菌产品质量安全实行严格的全过程管理,全面开展产地环境、生产过程和产品质量检测。加大食用菌菌种生产和经营的监管力度,严格控制劣质菌种流入市场。

(4)加快质量标准体系建设 按照技术先进、符合市场需求和与国际标准接轨的要求,生产基地和生产、经营企业要尽快建立包括食用菌生产技术、加工、包装、储藏(保鲜)、运输等环节的质量标准体系。尤其要加快建立食用菌产地环境、生产技术规范和质量安全标准体系,并不断完善配套。具有一定规模的生产、经营企业要采用先进的检验检测手段、技术和设备,建立严格的产品自检制度。各地各企业要逐步配备快速检测仪器设备,加强简便、快速、准确、经济的检验检测技术和设备的开发,进一步提高检验检测技术水平和能力。

(5)加大宣传力度 各地要加大对食用菌产品质量安全方面的有关政策、法规、标准、技术的宣传和培训,提高全行业产品质量安全意识,形成全社会关心、支持食用菌产品质量安全管理的氛围。



第四节 食用菌的形态结构

食用菌形态上有菌丝体和子实体两种形式。菌丝体是营养结构,存在于基质表面或内部,主要功能是分解营养基质,吸收、输送及贮藏养分;子实体是繁殖结构,其主要作用是产生有性孢子,繁殖后代。子实体是供人们食用的主要部分。食用菌在分类上主要包括真菌中的两个门,一个是以产生子囊和子囊孢子为典型特征的子囊菌门,如羊肚菌、冬虫夏草等;另一个是以产生担子和担孢子为典型特征的担子菌门,如平菇、香菇等。大多数食用菌属于担子菌门。

一、菌丝及菌丝体的形态结构

(一) 菌丝及菌丝体的正常形态结构

单个食用菌菌丝需要借助显微镜才能看到。食用菌菌丝来自食用菌产生的孢子,在适宜的条件下,当孢子吸水膨大后,首先长出芽管,芽管不断分枝、伸长形成丝状体,通常将其中的每一根细丝称为菌丝,分枝并交织形成的菌丝群称为菌丝体。生长在人工培养基上的,由孢子或转接的菌丝块形成的菌丝体叫菌落,通常是由中心点向四周呈辐射状扩展。

食用菌的菌丝一般呈具隔膜的多细胞结构。每个菌丝细胞的构造同植物细胞类似,包括细胞壁、细胞质膜、细胞核、线粒体、内质网、液泡及贮存营养物质等结构。子囊菌的隔膜较简单,为单孔隔膜;担子菌的隔膜较复杂,具桶状结构,称为桶孔隔膜。隔膜的存在使线性排列的细胞原生质连为一体。

食用菌菌丝细胞壁一般由几丁质、纤维素等成分组成骨架。这种壁可被蜗牛酶和纤维素酶等溶壁酶溶解,因而使采用酶解法



制备原生质体的工作成为可能。子囊菌的羊肚菌、马鞍菌等细胞壁几丁质的主要单糖成分为 *D*-半乳糖；而担子菌中的香菇、双孢蘑菇等的几丁质主要单糖成分是岩藻糖。幼嫩的菌丝细胞内有较黏稠而浓的原生质，并含有大大小小的液泡；而在老熟的菌丝中，多个液泡聚合起来占据着细胞的中部，把原生质挤到边缘。菌丝细胞中细胞核的数目从 1 个到多个不等，一般担子菌的菌丝细胞多为 2 个核，而子囊菌中的菌丝细胞含有 1 个或多个核。细胞核中核酸的成分主要是 DNA，其中 DNA 中 G+C 碱基的含量可作为真菌分类鉴定的依据。

食用菌菌丝体按照发育顺序可分为初生菌丝体和次生菌丝体。刚从孢子萌发形成的菌丝体称为初生菌丝体，又叫一次菌丝体。这种菌丝特别纤细，菌丝每个细胞中都含有一个细胞核，因此又称单核菌丝。但双孢蘑菇除外，其担孢子萌发时就含有两个核。一般而言，单核菌丝体无正常结实能力，只有经过双核化变成双核菌丝后才具有形成子实体的能力。两条初生菌丝经过原生质融合（质配），发育成次生菌丝体，次生菌丝体中两个细胞核并不融合，所以次生菌丝体的每个细胞均含有两个细胞核，故又称双核菌丝。双核菌丝生理成熟后，可形成产孢结构担子果，即子实体。

在灵芝科等多孔菌子实体中存在三种类型的菌丝，即生殖菌丝、联络菌丝和骨架菌丝。生殖菌丝的特点是壁薄，原生质稠密，有或没有锁状联合，由这种菌丝产生担子或其他两类菌丝；联络菌丝为多分枝的、不发达的厚壁菌丝，交织在其他菌丝之间；骨架菌丝是不分枝的、细胞腔狭窄的厚壁菌丝，像生殖菌丝的侧生分枝，它组成子实体的坚实骨架。凡子实体全部存在着三种菌丝的，称为三系菌丝型；具生殖菌丝和其他两种菌丝任何一种的，称为二系菌丝型，如硫黄菌具生殖菌丝和联络菌丝；而伞菌为只具生殖菌丝



的单系菌丝型。

(二)变态菌丝体

在环境不良或繁殖时,一些食用菌的菌丝体相互紧密地缠结在一起,形成如菌核、菌索、子座等变态状菌丝组织体。它们在繁殖、传播以及增强对环境适应性方面有很大的作用。

1. 菌核

菌核是由菌丝体聚集和黏附而成的,有一定形状如块状或瘤状的休眠体。如北方草原上的口蘑菌核常分布在地表下 14~30 cm 土中,俗称“口蘑蛋”,能耐 -30°C 严寒,是口蘑的越冬器官。著名的药用菌茯苓(*Macrophoria cocos*)、猪苓(*Polyporus umbellatus*)、雷丸(*Omphalia lapidescens*)的药用部分都是菌核。菌核质地坚硬、色深,大小不一。菌核内贮藏着大量的糖类和脂类等营养物质,著名的茯苓聚糖和猪苓聚糖就来自于其菌核。菌核对干燥、高温或低温的抵抗力很强,是真菌对不良环境的一种适应形式。当环境条件适宜时,菌核又可萌发出菌丝或者在菌核上直接产生子实体。因此,菌核也可用做菌种的分离材料。

2. 菌索

菌索是由菌丝体缠绕形成的绳索状组织体,外貌酷似高等植物的根,表面色暗,常角质化,其顶端部位是其生长点,可以不断延长,一般长数厘米到数米不等。对不良环境有较强的抵抗力,遇到适宜条件又可从生长点恢复生长。菌索一般生于树皮或地下,具有吸收、输送养料的功能。小蜜环菌属(*Armillariella*)是著名的菌索产生菌。药用天麻就是靠蜜环菌的菌索提供养分的。

3. 子座

子座是由菌丝体或菌丝与寄主组织形成的有一定形状的密丝组织体。一般呈褥状、柱状、棍棒状或头状。子座是真菌从营养生



长阶段到生殖生长阶段的过渡形式,子座成熟后,在它的内部或上部发育出各种无性繁殖或有性繁殖的结构。子座在子囊菌中居多,如冬虫夏草、蝉花、蛹虫草等,其子座为棒状,子囊孢子外生于棒状子座的顶端。另外,竹蟪(*Shiraia bambusicola*)的子座为瘤状。

二、子实体的形态结构

子实体是大型真菌产生孢子、繁衍后代的菌丝体特化结构,也是供人类食用、药用的主要部分。担子菌的子实体称为担子果,可产生担孢子;子囊菌的子实体称为子囊果,是产生子囊孢子的结构。

(一)子实体的形态特征

子实体的形状多种多样,有伞状的,如双孢蘑菇、草菇等;漏斗状的,如鸡油菌;舌状的,如牛舌菌;头状的,如猴头菌;毛刷状的,如齿状菌;盘状的,如盘菌;马鞍状的,如马鞍菌;耳状的,如黑木耳;珊瑚状的,如珊瑚菌等。其中以伞状菌即伞菌为最多。商品化栽培的食用菌大多为伞菌,如双孢蘑菇、香菇、草菇等。

子实体的颜色丰富多彩,有白色、黑色、灰色、褐色、红色、黄色、绿色等各种颜色。

子实体的大小各不相同,大的可达几十厘米,小的仅为几厘米。此外,就子实体的生长状态来说,还有单生、丛生、簇生和覆瓦状等区别。

(二)子实体的宏观结构特征

典型伞菌的子实体宏观形态结构一般由菌盖、菌柄、菌环、菌托、鳞片等组成(图 1-1)。

1. 菌盖与菌褶

菌盖是伞菌子实体的帽状部分。种类不同,形状有所区别,



图 1-1 伞菌子实体及菌褶的形态特征

1. 伞菌子实体 2. 菌盖 3. 菌褶 4. 孢子印迹

以成熟时为标准,大致有圆形、半圆形、圆锥形、卵圆形、钟形、半球形、斗笠形、杯形、碗形、喇叭形等(图 1-2)。菌盖边缘的形状,幼时和成熟时完全不同,有的全缘或开裂,有的边缘内褶或外翻,内卷或外卷等。菌盖的质地有肉质(双孢蘑菇)、胶质(木耳)、木栓质(灵芝)、革质(革菌)、海绵质(鬼笔)、膜质(皮伞)、蜡质(蜡伞)等。

菌盖由表皮层、菌肉及菌褶 3 部分组成。

菌盖的表皮层由保护菌丝组成。色素一般存在于表皮层细胞中,有的则延及菌肉。菌盖表面有的光滑,有的具皱纹、条纹或皴裂;有的干燥,有的湿润、水浸状、黏滑或胶黏;还有的表面粗糙具纤毛状、丛毛状鳞片或呈粉末状。鹅膏属的不少种类在发育过程中,外菌幕残留在菌盖表面而形成角锥形、疣状或块状鳞片。鳞片的有无及形状可作为分类依据。

菌盖最下层呈辐射状排列的叶形薄片叫菌褶。菌褶是由菌肉菌丝向下生长形成的。菌褶的轮廓、形状有宽形、窄形、披针形及三角形等之分;褶片有长短一致的,长短相间及分叉的,有具横脉

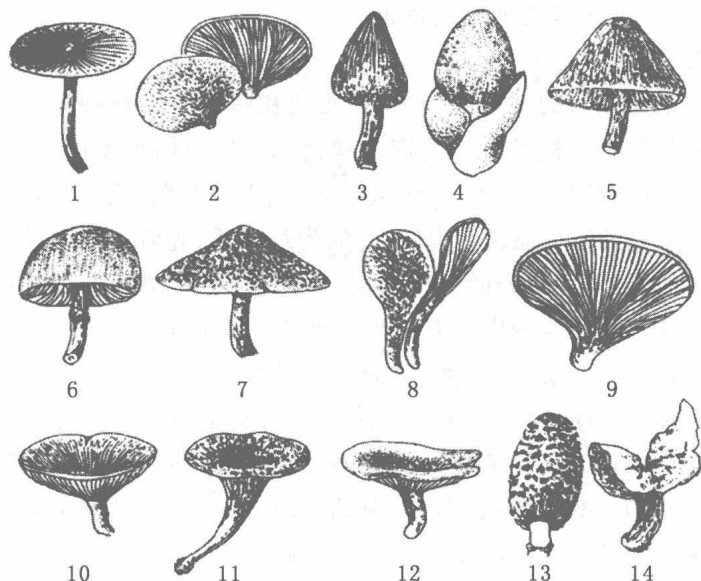


图 1-2 子实体菌盖的形状特征

1. 圆形 2. 半圆形 3. 圆锥形 4. 卵圆形 5. 钟形 6. 半球形
7. 斗笠形 8. 匙形 9. 扇形 10. 漏斗形 11. 喇叭形
12. 浅漏斗形 13. 圆筒形 14. 马鞍形

(引自:牛西午. 北方食用菌栽培, 1994)

或交织成网的;菌褶的边缘有全缘、波状及锯齿状等。裂褶菌的菌褶则沿菌褶裂为二,且两缘彼此向相反方向外卷。

牛肝菌、多孔菌相当于菌褶的部分变成管状,称为菌管。猴头等大多数齿菌相当于菌褶的部分则变为刺状,称为菌刺。菌褶的两侧,菌管的内周壁或菌刺的周围是着生子实层和产生孢子的地方,故将菌褶、菌管和菌刺又都叫子实层体。

菌褶的颜色,除多汁乳菇等少数种外,一般都是由孢子的颜色造成的。野外采集后的成熟菌盖放在白纸上一段时间后,可获得