



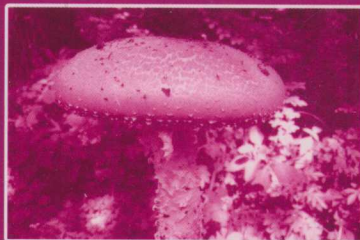
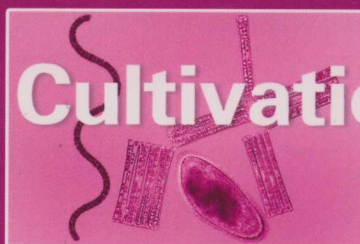
全国高等农林院校生物科学类  
专业“十二五”规划系列教材

# 食用菌栽培学

王贺祥 刘庆洪 主编

第2版

## Mushroom Cultivation



中国农业大学出版社  
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



全国高等农林院校生物科学类  
专业“十二五”规划系列教材

# 食用菌栽培学

王贺祥 刘庆洪 **主编**

第2版

Mushroom Cultivation



5646  
26/1

 中国农业大学出版社  
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

类学採菌主对菌林农等高新全

林菌医系收内容简介二十“业专



本书系统地介绍了食用菌栽培学的基本知识、菌种制作、栽培技术、病虫害防治、保鲜加工和育种技术。在食用菌栽培技术的介绍中,将食用菌分为木腐型和草腐型两大类,既突出了同一类食用菌的共性,又重点描述了每一种食用菌的特点,便于归纳和理解。本书最后附有食用菌栽培学实验指导和一些常用的基础知识,以方便同学们参考和使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

食用菌栽培学/王贺祥,刘庆洪主编. —2版. —北京:中国农业大学出版社,2014.3  
ISBN 978-7-5655-0898-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 016090 号

书 名 食用菌栽培学 第2版

作 者 王贺祥 刘庆洪 主编

策划编辑 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

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2014年3月第2版 2014年3月第1次印刷

规 格 787×1092 16开本 20印张 497千字

定 价 38.00元

责任编辑 田树君

责任校对 陈莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出版部 010-62733440

e-mail [cbsszs@cau.edu.cn](mailto:cbsszs@cau.edu.cn)

图书如有质量问题本社发行部负责调换

中国农业大学出版社  
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

## 出版说明



出版说明

生物科学是近几十年来发展最为迅速的学科之一，它给人类的生产和生活带来巨大变化，尤其在农业和医学领域更是带来了革命性的变革。生物科学与各个学科之间、生物科学各个分支学科之间的广泛渗透，相互交叉，相互作用，极大地推动了生物科学技术进步。生物科学理论和方法的丰富和发展，在持续推动传统农业和医学创新的同时，其应用领域不断扩大，广泛应用的领域已包括食品、化工、环保、能源和冶金工业等各个方面。仿生学的应用还对电子技术和信息技术产生巨大影响。生物防治、生物固氮等生物技术的应用，极大地改变了农业过分依赖石化工业的局面，继而为自然生态平衡的恢复做出无可替代的贡献。以大量消耗资源为依赖的传统农业被以生物科学和技术为基础的生态农业所替代和转变。新的、大规模的现代农业将由于生物科学的快速发展而迅速崛起。

生物科学在农业领域中越来越广泛的应用，以及不可替代作用的发挥，既促进了生物科学教育的发展，也为生物科学教育提出了新的更高的要求。农业领域高素质、应用型人才对生物科学知识的需求具有自身独特的使命和特征。作为培养高素质、应用型人才重要途径和方式的农业高等教育亟须探索出符合实际需求和发展的教育教学模式和内容。为此，中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社与全国 30 余所高等农林院校合作，在充分汲取各校生物科学类专业教改实践经验和教改成果的基础上，经过进一步集成、融合、优化、提升，凝聚形成了比较符合农林院校教学实际、适应性更好、针对性更强、教学效果更佳的教学理念和教材编写思路，进而精心打造了“全国高等农林院校生物科学类专业‘十二五’规划系列教材”。系列教材覆盖了近 30 门生物科学类专业骨干课程。

本系列教材站在生物科学类专业教育教学整体目标的高度，以学科知识内容关联性为依据，审核确定教材品种和教材内容，通过相关课程教材小规模组合、专家交叉多重审定、编审指导委员会统一把关等措施，统筹解决相关教材内容衔接问题；以统一的编写指导思想因课制宜确定各门课程教材的编写体例和形式。因此，本系列教材主导思想整体归一、各种教材各具特色。

农业是生物科学最早也是应用范围最广的领域，其厚重的实践积累和丰硕成

果使得农业高等教育生物科学类专业教学独具特色和更高要求。本系列教材比较好地体现了农业领域生物科学应用的重要成果和前沿研究成就,并考虑到农林院校生源特点、教学条件等,因而具有很强的适用性、针对性和前瞻性。

系列教材编审指导委员会在教材品种的确定、内容的筛选、编写指导思想以及质量把关等环节中发挥了巨大作用。其组成专家具有广泛的院校代表性、学科互补性和学术权威性,以及丰富的教学科研经验。专家们认真细致的工作为系列教材打造成为农林院校生物科学类专业精品教材奠定了扎实的基础,在此谨致深深谢意。

作为重点规划教材,为准确把握教学需求,突出特色和确保质量,教材的策划运行被赋予更为充分的时间,从选题调研、品种筛选、编写大纲的拟制与审定、组织教师编写书稿,直至第一种教材出版至少3年时间,按照拟定计划主要品种的面世需近4年。系列教材的运行经过了几个阶段。第一个阶段,对农林院校生物科学教学现状进行深入的调查研究。2010—2011年,出版社用了近1年的时间,先后多批次走访了近30所院校,与数百位生物科学教学一线的专家和教师进行座谈,深入了解我国高等农林院校生物科学教学的进展状况及存在的问题。第二个阶段,召开教学和教材建设研讨会。2011年12月份,中国农业大学生物学院和中国农业大学出版社组织召开了有30余所院校、100余位教师参加的生物教学研讨会,与会代表就农林院校生物科学类专业教学和教材建设问题进行了广泛和深入的研讨,会上还组织参观了中国农业大学生物学院教学中心、国家级生命科学实验教学示范中心以及两个国家重点实验室,给与会代表留下了深刻的印象和较大的启发。第三个阶段,教材立项编写。在广泛达成共识的基础上,有30多所高等农林院校、近500人次教师参加了系列教材的编写工作。从2013年4月起,系列教材将陆续出版,希望这套凝聚了广大教师智慧、具有较强的创新性、反映各校教改探索实践经验与成果的系列教材能够对农林院校生物科学类专业教育质量的提高发挥良好的作用。

良好的愿望和教学效果需要实践的检验和印证。我们热切地期待着您的意见反馈。

中国农业大学生物学院

中国农业大学出版社

2013年3月16日

## 第2版前言



食用菌栽培学是农业微生物学和应用微生物学的一个重要分支。我国食用菌生产的历史悠久,发展食用菌栽培业具有极为有利的条件。2011年我国食用菌总产量达到2 571.7万t,产值1 543.2亿元,约占世界食用菌总产量的65%。在我国农业的种植业中,食用菌的产值仅次于粮、油、果、菜,居第5位,高于棉花、茶叶和桑蚕业的产值。平菇、香菇、黑木耳、金针菇、双孢蘑菇和毛木耳这6大主栽食用菌的产量约占总产量的80%。

本书作者都是高等院校食用菌栽培学的主讲教师,在教材编写过程中,融入了他们的教学经验,同时兼顾了食用菌栽培学的系统性,各院校可根据自己的需要和学时,选择性地讲授部分内容。本书最后附有食用菌栽培学实验指导和一些常用的基础知识,以方便学生们参考和使用。

参加本书编写的单位有中国农业大学、河北农业大学、甘肃农业大学、河北师范大学、内蒙古农业大学、北京农学院、山东农业大学和河北工程大学。每章的作者分别是:第1章王贺祥、第2章王立安、第3章和第8章李明、第4章俞建民、第5章陈青君、第6章侯振世、第7章郑素月、第9章刘庆洪、第10章张国庆、附录I至附录IX朱孟娟和王贺祥。

本书的编写得到了公益性行业(农业)科研专项经费项目“食用菌保鲜加工与循环利用技术研究及示范(201303080)”、北京市食用菌产业技术创新团队和中国农业大学生物学院实验中心的支持,在此一并致谢。由于作者水平有限,本书难免会有不妥之处,敬请读者随时向我们提出宝贵意见。

第3章 食用菌的鉴定、保藏与提纯复壮	72
第4章 常见木腐型食用菌的栽培	75
4.1 香菇	75
4.2 侧耳	97
4.3 黑木耳	100
4.4 银耳	114
4.5 金针菇	120
第5章 草腐型食用菌的栽培	180
5.1 双孢蘑菇	180
5.2 草菇	148
5.3 鸡腿菇	153
5.4 竹荪	155

编者  
2014.1

系使得农业高等教育生物科学类专业教学独具特色和更高要求。本系列教材比较好地体现了农业领域生物科学应用的重要成果和前沿研究成就,并考虑到农林



## 第1版前言

深课堂。

作为重点规划教材,为准确把握教学需求,突出特色和确保质量,教材的编写

食用菌栽培学是微生物学的一个重要分支,通过本课程的学习,不仅能全面了解食用菌栽培学的基本知识,还能得到实验操作和栽培技术的基本训练。本书作者均为高等院校食用菌栽培学的主讲教师和科研工作者。在教材的编写过程中,我们尽可能参考了国内外的最新进展,对食用菌栽培学的现状作了比较系统的阐述,力求概念准确,叙述简明,同时兼顾了食用菌栽培学的系统性,各院校可根据自己的需要和学时,选择性地讲授部分内容。本书最后附有食用菌栽培学实验指导和一些常用的基础知识,以方便同学们参考和使用。

参加本书编写的单位有中国农业大学、河北农业大学、甘肃农业大学、河北师范大学、内蒙古农业大学、北京农学院和河北工程大学。每一章的作者分别是:第一章王贺祥、第二章王立安、第三章和第八章李明、第四章俞建民、第五章陈青君、第六章侯振世、第七章郑素月、第九章刘庆洪、第十章王贺祥、附录 I 王贺祥、附录 II 至附录 X 王贺祥、刘庆洪、郑素月和吕润海。

本书的编写得到了科技部“十一五”支撑项目“农田循环高效生产模式关键技术研究集成示范”、农业部行业科技项目“食用菌菌种质量评价与菌种信息系统研究与建立(nyhyzx07-008)”和北京市科委农村科技协调员专项的支持,在此一并致谢。由于作者水平有限,本书难免会有不妥之处,敬请读者随时向我们提出宝贵意见。

编者

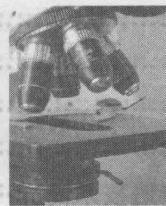
2008.3

中国农业大学生物学院

中国农业大学出版社

2013年3月15日

# 目 录



第1章 绪论	1
1.1 食用菌的概念	1
1.2 食用菌促进农业生态系统的良性循环	4
1.3 食用菌的营养价值和药用价值	5
1.4 食用菌的标准化生产	9
1.5 毒菌及中毒类型	10
第2章 食用菌学基础知识	13
2.1 食用菌的形态结构和分类地位	13
2.2 食用菌的生长发育条件	30
2.3 食用菌的繁殖与生活史	43
第3章 菌种的制作	50
3.1 制种条件	50
3.2 消毒和灭菌	54
3.3 母种的制作	58
3.4 原种的制作	64
3.5 栽培种的制作	67
3.6 液体菌种的制作	70
3.7 菌种的鉴定、保藏与提纯复壮	72
第4章 常见木腐型食用菌的栽培	75
4.1 香菇	75
4.2 侧耳	97
4.3 黑木耳	106
4.4 银耳	114
4.5 金针菇	120
第5章 草腐型食用菌的栽培	130
5.1 双孢蘑菇	130
5.2 草菇	148
5.3 鸡腿菇	153
5.4 竹荪	155



第 6 章 药用菌栽培	162
6.1 灵芝	162
6.2 猪苓	166
6.3 茯苓	169
6.4 猴头	171
6.5 蛹虫草	175
第 7 章 其他食用菌的栽培技术简介	179
7.1 白灵菇	179
7.2 杏鲍菇	181
7.3 毛木耳	183
7.4 滑菇	186
7.5 茶树菇	188
7.6 灰树花	191
7.7 真姬菇	193
7.8 大球盖菇	195
7.9 姬松茸	197
第 8 章 病虫害防治	201
8.1 主要病害及其防治	201
8.2 主要虫害及其防治	217
第 9 章 食用菌产品的保鲜及加工	226
9.1 食用菌产品的贮藏保鲜	226
9.2 食用菌初级加工	229
9.3 食用菌深加工	235
第 10 章 食用菌育种技术	239
10.1 选择育种	239
10.2 杂交育种	240
10.3 诱变育种	243
10.4 生物技术在食用菌良种选育中的应用	246
附录 I 食用菌学实验指导	254
实验一 食用菌母种的制作	254
实验二 食用菌的组织分离和孢子分离	256
实验三 原种的制作	259
实验四 栽培种的制作	260
实验五 平菇的栽培	262
实验六 香菇的栽培	263
实验七 金针菇的栽培	267
实验八 黑木耳的栽培	269
实验九 双孢蘑菇的栽培	271
实验十 鸡腿菇的栽培	275

实验十一	草菇的栽培	278
实验十二	杏鲍菇的栽培	280
实验十三	白灵侧耳的栽培	281
实验十四	灵芝的栽培	283
实验十五	蛹虫草的栽培	285
附录 II	常用培养基配方	287
附录 III	培养料中碳氮比例(C/N)的计算方法	291
附录 IV	培养料的含水量	292
附录 V	食用菌产品的分级和卫生指标	294
附录 VI	接种	299
附录 VII	食用菌标本的制作技术	301
附录 VIII	不允许使用的化学药剂	303
附录 IX	部分食用菌生产环境及器具消毒方法	304
参考文献		305

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一位，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、菜、茶，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 6 大主栽食用菌的产量分别是平菇 559.9 万 t，香菇 487.6 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，6 大主栽食用菌的产量占当年总产量的 82.2%。2011 年产量排在前三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，6 大主栽食用菌的产量占当年总产量的 79.7%。

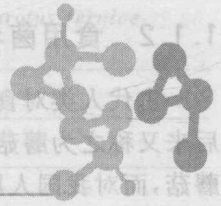
## 1.1 食用菌的概念

### 1.1.1 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

# 第1章

# 绪论



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1160万t,2007年1682万t,2010年2201万t(产值1413.2亿元),2011年2571.7万t(产值1543.2亿元),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1552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6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、木耳125.8万t,6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,6大主栽食用菌的产量占当年总产量的79.7%。

## 1.1 食用菌的概念

### 1.1.1 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。

### 1.1.2 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,表 1-1 列出了 56 种我国能够人工栽培的食用菌。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。

表 1-1 部分能够人工栽培的食用菌

名称	商品名或又名	学名
1 双孢蘑菇	白蘑菇、双孢菇、洋菇	<i>Agaricus bisporus</i>
2 双环蘑菇	大肥菇、高温蘑菇、美味蘑菇、高温洋菇	<i>Agaricus bitorquis</i> (= <i>Agaricus edulis</i> )
3 金针菇	冬菇、金钱菇、金针蘑	<i>Flammulina velutipes</i>
4 香菇	花香菇、厚菇、薄菇、香信、香菌	<i>Lentinula edodes</i>
5 虎奶菇	虎奶菌、南洋茯苓	<i>Pleurotus tuber-regium</i> (= <i>Lentinus tuber-regium</i> )
6 巨大革耳	大斗菇、大杯伞	<i>Panus giganteas</i>
7 草菇	杆菇、麻菇、苞脚菇	<i>Volvariella volvacea</i>
8 银丝草菇	树生草菇、丝盖苞脚菇	<i>Volvariella bombycin</i>
9 姬松茸	巴西蘑菇、巴西菇	<i>Agaricus blazei</i>
10 皱环球盖菇	大球盖菇	<i>Stropharia rugosoannulata</i>
11 平菇	侧耳、北风菌、秀珍菇、小平菇	<i>Pleurotus ostreatus</i>
12 美味侧耳	紫孢平菇	<i>Pleurotus sapidus</i>
13 凤尾菇	印度平菇	<i>Pleurotus plumonarius</i> (历来误为 <i>Pleurotus sajor-caju</i> )
14 亚侧耳	黄蘑、元蘑、晚生北风菌	<i>Panellus serotius</i>
15 榆黄蘑	金顶侧耳	<i>Pleurotus citrinopileatus</i>
16 红平菇		<i>Pleurotus djamor</i>
17 黄白侧耳	姬菇、小平菇	<i>Pleurotus comucopiae</i>
18 刺芹侧耳	杏鲍菇、刺芹菇、干贝菇	<i>Pleurotus eryngii</i>

续表 1-1

名称	商品名或又名	学名
19 阿魏侧耳	阿魏菇(含白灵菇)	<i>Pleurotus ferulae</i> , <i>Pleurotus ferulae</i> var. <i>nebrodensis</i>
20 鲍鱼菇		<i>Pleurotus abalonus</i>
21 盖囊侧耳	盖囊菇、高温平菇、夏季鲍鱼菇	<i>Pleurotus cystidiosus</i>
22 滑菇	滑子蘑、珍珠菇	<i>Pholiota nameko</i>
23 黄伞	金柳菇、黄柳菇、柳蘑、多脂鳞伞	<i>Pholiota adiposa</i>
24 长根菇	奥德蘑、水鸡	<i>Oudemansiella radicata</i>
25 鳞长根菇		<i>Oudemansiella radicata</i> var. <i>furfuracea</i>
26 真姬菇	海鲜菇、蟹味菇、松茸菇、灵芝菇、玉蕈、斑玉蕈、胶玉蕈	<i>Hypsizigus marmoreus</i>
27 杨树菇	柳松菇、柳环菇、柱状田头菇	<i>Agrocybe aegerita</i> (= <i>Agrocybe cylindracea</i> )
28 茶薪菇	茶树菇	<i>Agrocybe chaxinggu</i>
29 毛头鬼伞	鸡腿菇	<i>Coprinus comatus</i>
30 小孢毛头鬼伞	白鸡腿菇	<i>Coprinus ovatus</i>
31 高大环柄菇	棉花菇	<i>Macrolepiota procera</i>
32 巨大口蘑	金福菇、洛巴依口蘑、仁王口蘑(日本名)	<i>Tricholoma giganteum</i>
33 灰离褶伞	松毛菌	<i>Lyophyllum cinerascens</i>
34 紫丁香蘑	裸口蘑	<i>Lepista nuda</i>
35 黑木耳	细木耳、川耳、云耳	<i>Auricularia auricula</i>
36 毛木耳	粗木耳、牛皮木耳、黄背木耳、白背木耳	<i>Auricularia polytricha</i>
37 琥珀褐木耳	斤耳、黄褐木耳	<i>Auricularia fuscosuccinea</i>
38 皱木耳	沙木耳、网纹木耳	<i>Auricularia delicata</i>
39 银耳	白木耳、雪耳、通江银耳	<i>Tremella fuciiformis</i>
40 金耳	云南黄木耳	<i>Tremella aurantialba</i>
41 血耳	红耳	<i>Tremella sanguinea</i>
42 榆耳	榆蘑	<i>Gloeostereum incarnatum</i>
43 灰树花	舞茸、栗蘑、云蕈	<i>Grifala frondosa</i>
44 牛舌菌	牛排菌、肝脏菌	<i>Fistulina hepatica</i>
45 猴头菌	猴头菇	<i>Hericium erinaceus</i>
46 分枝猴头菌	菜花菇	<i>Hericium ramosum</i>
47 长裙竹荪	竹荪	<i>Dictyophora indusiata</i>
48 短裙竹荪	竹荪	<i>Dictyophora duplicata</i>
49 棘托竹荪	竹荪	<i>Dictyophora echinovolvata</i>

续表 1-1

名称	商品名或又名	学名
50 红托竹荪	竹荪	<i>Dictyophora rubrovolvata</i>
51 蛹虫草	蛹草、北虫草	<i>Cordyceps militaris</i>
52 茯苓	支苓、皖苓、鄂苓、闽苓、松茯苓	<i>Wolfiporia cocos (Poria cocos)</i>
53 猪苓	猪粪菌、猪灵芝	<i>Gri fola umbellata</i>
54 灵芝	赤芝、红芝	<i>Ganoderma lucidum</i>
55 中华灵芝	紫灵芝、紫芝	<i>Ganoderma sinensis</i>
56 松杉灵芝	松杉树芝	<i>Ganoderma tsugae</i>

主要引自:黄年来.中国食用菌,2000,19:3-5。

## 1.2 食用菌促进农业生态系统的良性循环

我国每年仅农作物秸秆就达 7.0 亿 t,其中稻草 2.0 亿 t,玉米秸秆 2.0 亿 t,小麦秸秆 1.0 亿 t,豆类和杂粮作物秸秆 1.0 亿 t,花生、薯类和甜菜等秸秆、藤蔓 1.0 亿 t;这些秸秆的 75%~80% 被用于牛、羊的饲料、秸秆还田及农民的燃料等,剩余的 20%~25% 如果被焚烧,将造成极大的资源浪费和环境污染。我国每年还产生畜禽粪便 26.0 亿 t,折合干重约 5.2 亿 t,林业废弃物(不包括薪炭林)0.5 亿 t,其他类有机废弃物约 0.5 亿 t。

木腐型食用菌以前采用段木栽培法,现已改用“代料”栽培,所谓“代料”,是指代替段木栽培木腐型食用菌的各种有机物。代料栽培食用菌,不仅可以保护林木,而且具有生产周期短、生物学效率高、便于工厂化生产等优点。生物学效率是指食用菌鲜重与所用的培养料干重之比,常用百分数表示。如 100 kg 干培养料生产了 80 kg 新鲜食用菌,则这种食用菌的生物学效率为 80%,生物学效率也被称为转化率。利用农林业的秸秆、枝杈及酿造工业的副产品栽培食用菌,还可以消除环境污染,因此,食用菌产业是一项利废为宝、化害为利的有机物转化途径。

食用菌同农作物相比,具有繁殖速度快、生物学效率高的特点。1 hm<sup>2</sup> (15 亩)菇房若周年工厂化栽培双孢蘑菇一年可生产 22 t 蛋白质,相比而言,多数农作物每公顷每年的蛋白质产量仅为 1~2 t。食用菌不仅美味可口,而且有很高的营养价值和药用价值。2011 年全国食用菌产量为 2 571.7 万 t,按各种食用菌的平均生物学效率为 50% 来计算,2011 年栽培食用菌所利用的 5 143.4 万 t 原料仅占全国各类副产品总量的 3.9%,所以还有很大的发展潜力。

如果在农作物的栽培过程中过量使用化肥,将造成具有致癌作用的前体硝酸离子(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)和亚硝酸离子(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)的含量在农产品中大幅超标。施用有机肥料,发展绿色农业或有机农业是当今农业的发展趋势。有机农业绝对禁止使用化肥和化学农药。但由于化肥效益明显和施用方便,所以农民不愿生产和使用有机肥。生产食用菌后的菌糠粗蛋白含量高于 10%,其他肥用指标(N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O)也达到或超过了人粪尿、猪粪和牛粪(表 1-2),是优质的有机肥料。栽培食用菌的同时就生产出了大量优质的有机肥。施用这种有机肥料,农作物中

的硝酸盐和亚硝酸盐含量将会降低,消费者可得到更安全的农产品。所以,发展食用菌产业不仅可以致富,而且还能减少农作物秸秆的剩余量和促进有机农业的发展。

表 1-2 糙皮侧耳(*Pleurotus ostreatus*)的菌糠肥用价值分析 %

项目	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
平菇菌糠	1.70	0.61	1.13
人粪尿	0.60	0.16	0.30
猪粪	0.60	0.60	0.50
牛粪	0.59	0.28	0.14

2010年,我国食用菌产量为2 571.7万t,利用的工农业副产品总量约为5 143.4万t,出菇后原料重量约减少一半,即产生2 571.7万t干菌糠,除少数菌糠被进一步加工利用外,绝大部分可作为优质有机肥料用于农业。菌糠的含氮量为1.7%,2 571.7万t菌糠的含氮量是43.7万t,相当于95.0万t尿素的含氮量,能满足253.3万hm<sup>2</sup>(3 800万亩)土地一个生长季节对氮的需求。

食用菌是一个一箭三雕的产业。第一只雕是食用菌产品;第二只雕是减少了秸秆的剩余量,降低了焚烧秸秆对环境的污染;第三只雕是生产了大量的有机肥,促进了有机农业的发展。与其他转化农作物秸秆的方法相比,栽培食用菌的特点是经济效益高和基本不产生污染物。

## 1.3 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。著名食用菌学家、香港中文大学张树庭(S. T. Chang)教授将食用菌的价值高度概括为“可食可补可药”。

### 1.3.1 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。

#### 1. 蛋白质

双孢蘑菇、香菇、平菇和草菇是世界上许多国家都进行商业化栽培的4种食用菌为,它们的蛋白质含量一般占其子实体湿重的1.75%~3.63%,平均值为3.5%。这些数据表明,食用菌的蛋白质含量分别比芦笋和卷心菜高2倍、比柑橘高4倍、比苹果高12倍;按干重计算,食用菌通常含有19%~35%的蛋白质,而稻米仅含7.3%、小麦为13.2%、大豆为39.1%、牛奶为25%。因此,食用菌的蛋白质含量虽低于动物肉类食品,但却高于其他大多数食物甚至包括牛奶。据估计,全世界每年约有5亿人患蛋白质营养不足症,大力发展食用菌产业,是解决

世界粮食不足,特别是解决严重缺乏蛋白质的有效途径之一。

## 2. 必需氨基酸

对食用菌粗蛋白的测定是一种间接分析氨基酸总量的方法,它受到样品中各种非蛋白氮的干扰,因此酸解或碱解后对全氨基酸的定量分析是更为准确的方法。蛋白质由 20 种氨基酸组成,人体虽能把某些氨基酸转化为另一些氨基酸,但有 8 种是人体不能自身合成的,只能从食物中获得,它们被称为必需氨基酸。这 8 种必需氨基酸在蛋白质合成时必须同时存在并且在数量上有正确的比例,如果其中的一种或多种供应不足,则细胞中所有其他氨基酸的利用将以相应的比例减少。动物蛋白与植物蛋白相比,前者所含氨基酸的种类平衡因而质量高,后者常缺乏一些重要的氨基酸,如禾谷类所含赖氨酸很少,豆科类常缺少蛋氨酸和色氨酸。通常栽培的食用菌含有人类所必需的 8 种氨基酸,各种食用菌中赖氨酸含量都很高,但蛋氨酸和色氨酸含量较少。除普通氨基酸和酰胺之外,食用菌还含有不常见的氨基酸和相关的含氮化合物,如甲硫氨酸亚砷、 $\beta$ -丙氨酸、磺基丙氨酸、羟脯氨酸、 $\alpha$ -氨基己二酸、刀豆氨酸、瓜氨酸、鸟氨酸等。

## 3. 脂类

脂类包括脂肪、磷脂、类固醇和萜类等。常见食用菌的粗脂肪含量占其干重的 1.1%~8.0%,平均为 4%。一般而言,食用菌的脂肪种类齐全,包括游离脂肪酸和甘油单酯、甘油双酯、甘油三酯、甾醇、甾醇酯和磷酸酯等,其中非饱和脂类含量高于饱和脂类。

食用菌所含的脂肪酸中,至少有 76% 为非饱和脂肪酸(表 1-3)。这些非饱和脂肪酸主要为亚油酸。在人们的日常饮食中,非饱和脂肪酸是必需的营养物质。而动物脂肪中所含的大量饱和脂肪酸对过多摄入的人不利。因此,食用菌中含有高比例的非饱和脂肪酸,是其作为健康食品的重要因素之一。

表 1-3 食用菌中非饱和脂肪酸及饱和脂肪酸的含量(干重)

食用菌种类	非饱和脂肪酸	饱和脂肪酸	非饱和脂肪酸的比例
草菇	2.6	0.4	86.7
香菇	1.7	0.4	81.0
双孢蘑菇	2.5	0.6	80.6
凤尾菇	1.3	0.3	81.3
黑木耳	1.0	0.3	76.9
银耳	0.5	0.1	83.3

胆固醇(cholesterol)是甾类化合物的脂类中的一个成员(甾类化合物是四环碳氢化合物环戊烷多氢菲的衍生物),它是真核生物膜的一种重要的结构成分,但是血清中胆固醇含量的升高会增加患心血管疾病的可能性,因此胆固醇在一般公众的心目中名声不太好。在人类的食品中,动物类食品蛋白质含量高,胆固醇含量也高,植物类食品蛋白质含量低,胆固醇含量也低,随着人们生活水平的提高,动物类食品的消费数量提高,胆固醇的摄入量也明显增加,患心血管疾病的可能性也随之提高。食用菌蛋白质含量高,胆固醇含量低,多吃食用菌不会引起胆固醇偏高。

## 4. 维生素、矿物质及纤维素

食用菌中含有多种维生素,如硫胺素(维生素 B<sub>1</sub>)、核黄素(维生素 B<sub>2</sub>)、生物素和抗坏血酸



(维生素C)。以每克干子实体中所含的毫克数表示,草菇的维生素B<sub>1</sub>含量为0.35 mg,双孢蘑菇为1.14 mg,香菇为7.8 mg;维生素B<sub>2</sub>的含量草菇为1.63~2.98 mg,而在双孢蘑菇和香菇中高达5.0 mg。

食用菌是一类较好的矿物质源,其菌丝吸收基质中的矿物质并转运到子实体中。食用菌含量最高的矿物质是钾,其次是磷、硫、钠、钙和镁,这些属于主要矿质元素或称之为大量矿质元素,占总灰分的56%~70%;此外,食用菌还含有微量元素如铜、铁、锰、钼等。

平菇含有7.4%~27.6%的纤维素成分,双孢蘑菇为10.4%。纤维素被认为是有利于健康的食品成分,高纤维素膳食可以减少糖尿病人对胰岛素的需要量,并稳定患者的血糖浓度。

### 5. 核酸

微生物的特点是核酸含量较高,如酵母菌的核酸含量为其干重的6.0%~12.0%、细菌为8.0%~16.0%、海藻为3.0%~8.0%、食用菌的核酸含量为2.7%~4.1%,其中双孢蘑菇的核酸含量为2.66%、鲍鱼菇为2.93%、凤尾菇为4.06%、草菇为3.88%(表1-4)。

表1-4 4种食用菌的核酸含量(干重)

种类	DNA	RNA	总量
双孢蘑菇	0.17±0.01	2.49±0.08	2.65
鲍鱼菇	0.37±0.02	2.56±0.10	2.93
凤尾菇	0.21±0.02	3.85±0.05	4.06
草菇	0.29±0.01	3.59±0.20	3.88

引自杨国良等译,食用菌及其栽培,1992。

联合国的蛋白质顾问组建议,成人摄入核酸的安全限量最高为每日4 g,而从微生物食品中摄入的核酸不能超过此限量的一半。这是因为人类缺少尿素氧化酶,不能氧化尿酸,尿酸是鸟嘌呤与腺嘌呤的难溶性代谢产物。血浆中尿酸含量高时,可导致组织和关节中的尿酸盐沉积,并引发肾和膀胱中生成结石。1967年召开的首届单细胞蛋白质国际学术会议呼吁,要注意任何生长迅速的细胞所具有的高核酸含量问题。在常见的4种食用菌中,凤尾菇的核酸含量最高,占其干重的4.06%,相当于其湿重的0.51%,即使如此,每人每天食用392.5 g鲜凤尾菇是安全的。2010年我国生产食用菌2201万t,出口49.1万t,国内消费2151.9万t,平均每人每年消费16.55 kg,即每人每天平均消费45.3 g。392.5 g鲜凤尾菇是平均消费量的8.7倍。如果食用核酸含量较低的其他食用菌,这个界限还可以再放宽些;经烹煮后的食用菌子实体可再多食20%。因此,作为日常蔬菜食用时,不必限制摄入食用菌的量。

### 1.3.2 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。2000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。