

蕈菌学

XUNJUNXUE

王相刚 © 编著



中国林业出版社

蕈 菌 学

王相刚 编著

中国林业出版社

内容提要

本书编写深入浅出,从蕈菌的分类、蕈菌的生理、蕈菌的生态、蕈菌种源、观赏类蕈菌、食用蕈菌、药用蕈菌、蕈菌栽培、蕈菌病害等九个方面,立足实践与理论的相互结合,尽量简单明了;针对必要的细节问题又进行了详尽描述,做到了从理论到实践的整体贯通,以方便学习者扎实掌握。另外彩色插页照片全部是编著者亲自拍摄,在本书首次发表。本书内容对提高蕈菌从业人员、企业家、科研人员的技术水平,促进科学发展蕈菌产业,都有很好的帮助。

本书既可以作为蕈菌生产者、科研人员、企业家们的工作手册,也适合广大蕈菌爱好者和农、林、医等相关院校从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

蕈菌学/王相刚编著. -北京:中国林业出版社, 2010. 5
ISBN 978-7-5038-5483-5

I. ①蕈… II. ①王… III. ①真菌界 IV. ①Q949.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第096336号

出版 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话:(010) 83227584

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京画中画印刷有限公司

版次 2010年6月第1版

印次 2010年6月第1次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 32.5

字数 924千字

印数 1~2000册

定价 98.00元

前 言

蕈菌（读音：xùnjùn）是指能形成肉实质体的大型真菌（macrofungi）。特别是食用蕈菌是人类理想的功能性食品之一。

随着菌物产业的不断深入，人们发现成千上万的菌类与自然生态密切相关，与人类的生产生活密不可分。如今，一方面食用蕈菌、药用蕈菌、观赏类蕈菌、有毒蕈菌等产物不断推陈出新；另一方面，在充分地利用自然资源、稳定持续地发展生态型农业的进程中，蕈菌“变废为宝”、“化腐朽为神奇”的这一功能越来越凸显。所以，蕈菌业作为当今世界的朝阳产业蓬勃发展，越来越受到人们的欢迎。

可是，蕈菌产业背后的“酸甜苦辣”又有多少人能够真正地理解。所以，我们要想科学地发展好这一产业，就要有意识地去打造蕈菌专业队伍，建立蕈菌学，向获得子实体为主要目的的蕈菌类深入专业地研发，才能更专业、更有针对性地去促进这一产业的大发展、快发展；有效避免由于技术水平不专，错误地干扰这来之不易的产业发展。为此，我编著了《蕈菌学》一书，也是想引起这一领域的专家、学者、从业人员全心关注蕈菌业，把握好这一产业的发展方向，使研究成果落到实处，更好地服务于菌农，造福于人民。

为确保蕈菌产业的健康发展，就必须积极提高蕈菌从业人员的专业水平。如何从实践上升到理论，从理论贯穿到实际，指导蕈菌产业的科学发展，这就需要有一本实践经验过硬、理论水平扎实的专业书籍《蕈菌学》，这也是蕈菌行业中的企业家、工作者们多年的希望。

本书不仅是我多年实践经验的全面总结，而且是我锲而不舍、刻苦学习的成果报告，也是自我整理的从业指导书。殚精竭虑、潜心研究之后，本书即将出版，感到欣慰之余，我真诚地希望读者对本书提出批评与建议，我将吸取读者的意见，做进一步修改，使本书更加实用与完善。服务于蕈菌产业是我的愿望，我也相信该书的出版对蕈菌的研究、保护与可持续利用，将起到积极的推动作用。

编著本书历时三年，中途险些荒废……想到我自己编书付出的辛苦，禁不住对我曾经学习和参考过的文献资料的作者和菌农们表示由衷的敬意，由于他们的辛苦才更加丰富了我今天的知识；集我们大家一点一滴的心血和努力，才有了今天蕈菌产业中的“高楼”、“亭阁”。我在心里默默地祝福，蕈菌产业的从业者们越走越好……历史不会忘记为这个产业做出贡献的人们！

由于作者的学识水平有限，书中谬误和疏偏之处在所难免，仓促付梓，祈请各界先贤同行不吝指正。

王相刚

2010年5月1日于敦化

目 录

前 言

第一篇 蕈菌学基础

绪 论	(2)
第一节 蕈菌对人类的贡献	(2)
第二节 生物分类系统和分类方法	(3)
一、蕈菌在分类系统中归属哪一个类群	(3)
二、蕈菌的分类和鉴定方法	(5)
三、蕈菌分类在生产中的应用	(11)
第一章 蕈菌的分类及分布	(12)
第一节 蕈菌分类纲要	(12)
一、担子菌亚门主要纲目	(12)
二、子囊菌亚门主要纲目	(12)
第二节 担子菌亚门常见蕈菌	(13)
一、伞菌目 (Agaricales) 常见蕈菌	(13)
二、非褶菌目常见蕈菌	(15)
三、木耳目 (Auriculariales)	(16)
四、银耳目 (Tremellales)	(16)
五、鬼笔目 (Phallales)	(16)
六、马勃目 (Lycoperdales)	(16)
第三节 子囊菌亚门常见蕈菌	(17)
一、块菌目 (Tuberales)	(17)
二、盘菌目 (Pezizales)	(17)
三、球壳菌目 (Sphaeriales)	(17)
第四节 蕈菌分类检索表	(17)
第五节 蕈菌的分布	(19)
一、木生及林地蕈菌	(19)
二、林地 (土生) 蕈菌	(19)
三、草原蕈菌	(19)
四、菌根蕈菌	(20)
五、部分蕈菌生态特性分布简表	(21)
六、标本采集及保藏	(22)
七、蕈菌中的毒菌	(24)
第二章 蕈菌的形态	(28)
第一节 菌丝体	(28)
一、菌丝体的形态与构造	(28)

二、菌丝的组织体	(30)
第二节 子实体	(32)
一、菌盖	(32)
二、菌柄	(35)
三、菌幕、菌环和菌托	(36)
第三节 子实体的发育类型	(37)
一、裸果型 (gymnoealpus)	(37)
二、被果型 (angioearpous type)	(37)
三、假被果型 (pseudo-angiocarpus)	(37)
四、半被果型 (hemiangiocarpous)	(38)
第三章 蕈菌的生理及生态	(39)
第一节 蕈菌的生理特点	(39)
一、生理代谢	(39)
二、生长发育	(40)
第二节 蕈菌的生理类型	(42)
一、腐生	(43)
二、共生	(43)
第三节 蕈菌的生态关系	(44)
一、中性关系或称一般关系	(44)
二、偏利共生关系	(44)
三、协同作用	(45)
四、互惠共生关系	(45)
五、竞争关系	(45)
六、颉颃作用或称偏害作用	(45)
七、寄生关系	(46)
八、捕食关系	(46)
第四节 蕈菌的生态环境	(46)
一、植被	(47)
二、海拔	(47)
三、地形	(47)
四、土质	(47)
五、季相	(48)
六、落叶层的蕈菌演替	(48)
七、蕈菌与微生物	(48)
八、蕈菌与动物	(50)
九、蕈菌与植物	(50)
第四章 蕈菌的生长发育	(51)
第一节 营养物质	(51)
一、碳源	(51)
二、氮源	(52)
三、无机盐	(52)
四、生长因素	(52)

第二节 霉菌的生长阶段	(53)
一、营养生长	(53)
二、生殖生长	(54)
第三节 霉菌的理化因子	(55)
一、温度	(56)
二、水分与湿度	(59)
三、空气	(61)
四、光照	(64)
五、酸碱度	(67)
六、酶	(68)
第四节 新陈代谢	(69)
一、霉菌的营养代谢	(69)
二、霉菌的能量代谢	(69)
三、呼吸作用的生理意义	(70)
第五章 霉菌种源	(71)
第一节 遗传在育种工作中的重要性	(71)
一、遗传学的诞生和发展	(71)
二、遗传育种学的研究进展	(72)
三、霉菌的遗传多样性	(73)
四、遗传育种学的研究内容	(74)
第二节 霉菌的种质资源	(74)
一、优良品种是劳动人民长期劳动的产物	(74)
二、种质资源的类别及其利用价值	(76)
三、种质资源保存、新品种培育及推广的工作重点	(76)
第三节 引种和选种	(77)
一、引种时应当注意的原则和方法	(77)
二、选种的原理	(78)
三、选择育种的方法	(78)
第四节 育种	(79)
一、育种原理	(79)
二、交配育种技术	(84)
三、原生质体单核化育种技术	(87)
第五节 品种的类型	(90)
一、按出菇温度划分品种类型	(90)
二、按子实体大小划分品种类型	(91)
三、按子实体色泽划分品种类型	(91)
四、按适宜的栽培基质划分品种类型	(92)
五、按出菇周期的长短划分品种类型	(92)
六、按适宜的产品形式划分品种类型	(93)
七、按菌丝体外观或菌落形态划分品种类型	(93)
第六章 菌种生产基础	(94)
第一节 生产设施	(95)

一、菌种规范生产	(95)
二、生产场地的布局	(96)
三、接种设施与设备	(97)
四、培养设备	(99)
五、加工设备	(100)
六、常用灭菌设备	(101)
第二节 培养基	(103)
一、培养基的种类	(103)
二、培养基配制原则	(104)
第三节 消毒与灭菌	(110)
一、消毒与灭菌的方法	(110)
二、污染产生的原因	(118)
三、综合防治措施	(121)
第七章 菌种的分离制作	(122)
第一节 一级菌(母种)培养基的制备	(122)
一、培养基配方	(122)
二、培养基的制作工艺	(126)
第二节 菌种分离方法	(128)
一、孢子分离法	(128)
二、组织分离法	(132)
三、基内菌丝分离法	(135)
四、瓶内分离法	(136)
五、分离物的提纯	(137)
第三节 一级菌种(母种)转管扩繁	(139)
一、母种的扩繁方法	(139)
二、母种扩繁注意事项	(141)
三、常见问题及原因分析	(142)
第八章 二级和三级菌种的制备	(145)
第一节 二级菌种的制备	(145)
一、二级菌(原种)培养基的制备	(145)
二、培养基的制作方法	(153)
三、木屑-麦麸培养基的制作方法	(153)
四、粪草培养基的制备	(154)
五、稻草-棉籽皮培养基的制作技术	(154)
六、接菌、培养按常规法	(154)
第二节 三级菌种的制备	(154)
一、三级菌(栽培种)培养基的制备	(155)
二、接菌、培养按常规法	(158)
第三节 添加剂的应用	(158)
一、木材熏蒸物	(159)
二、防霉抑菌剂	(159)
三、稀土微肥	(161)

四、磁化水	(161)
五、增氧剂	(161)
六、保湿剂	(161)
七、生长调节剂	(162)
八、其他化学添加剂简介	(162)
第九章 接菌与培养	(163)
第一节 无菌条件和无菌操作	(163)
一、培养基的无菌要求	(163)
二、无菌效果检验	(163)
三、接种环境的无菌要求	(163)
第二节 接菌方法	(167)
一、一级菌的转管(扩繁)	(167)
二、一级菌(扩繁)二级菌种	(168)
三、二级菌种转接(扩繁)三级菌种(栽培种)	(169)
四、生产实际中菇农常用接菌方法	(169)
第三节 菌种的培养发酵	(172)
一、培养环境条件	(172)
二、湿度的调节	(173)
三、空气调节	(173)
四、光线的调节	(174)
五、菌种的培养要点	(174)
第四节 杂菌、虫害的防控	(176)
一、病害的防控原理与原则	(176)
二、杂菌防控的原理和原则	(177)
三、虫害防控原理和原则	(178)
四、霉菌病(杂)虫害综合预防	(178)
五、常见杂菌、病虫害的预防	(181)
第十章 质量检验与保藏	(185)
第一节 母种(一级菌)	(185)
一、一级菌种(母种)常规检测方法	(185)
二、常见一级菌种(母种)目测检测标准	(186)
第二节 二级菌(原种)和三级菌(栽培菌)	(188)
一、常规检测方法	(188)
二、常见二(三)级菌种目测质量标准	(188)
三、常见问题的解决	(189)
第三节 退化、复壮和保藏	(193)
一、菌种退化的现象	(193)
二、菌种退化的原因	(194)
三、防止退化的措施	(194)
四、退化菌种的复壮	(195)
五、菌种的保藏	(195)
第十一章 液体菌种的应用与制作	(202)

第一节 深层发酵和相关设备	(203)
一、液体菌种	(203)
二、深层发酵的主要设备	(204)
第二节 培养基与发酵工艺	(208)
一、培养基与培养条件	(208)
二、发酵工艺	(211)
第三节 无菌检查和制服染菌	(214)
一、无菌检验	(214)
二、制服染菌	(215)
第四节 液体菌种的应用	(217)
一、液体菌种的特点	(217)
二、液体菌种的制备和栽培上的应用	(217)
三、液体菌在医药上的应用	(219)
四、液体菌在食品工业上的应用	(220)
五、生产饲料上的应用	(221)
第五节 简易发酵装置	(221)
一、小容量发酵装置	(221)
二、实验型发酵装置	(222)
三、器材及安装注意问题	(223)

第二篇 食用蕈菌栽培

第一章 香菇	(226)
第一节 生物学特性	(226)
一、形态特征与习性	(226)
二、生活史	(227)
三、生长发育条件	(227)
四、品种类型	(229)
第二节 栽培技术	(230)
一、日光温室(熟料)菌袋栽培技术	(230)
二、香菇(熟料)小棚花菇栽培技术	(236)
三、香菇(半熟料)开放式陆地栽培技术	(239)
四、常见问题及防治	(243)
第二章 黑木耳	(245)
第一节 生物学特性	(246)
一、形态特征与习性	(246)
二、生活史	(247)
三、生长发育条件	(247)
四、优良品种简介	(250)
第二节 栽培技术	(251)
一、木段栽培法	(251)
二、代料栽培法	(256)
第三节 生产上出现的问题及解决措施	(268)

一、养菌期间问题	(268)
二、出耳期间防杂菌感染	(270)
第三章 金针菇	(273)
第一节 生物学特性	(273)
一、形态特征与习性	(273)
二、生活史	(274)
三、生长发育条件	(274)
四、品种类型	(277)
第二节 栽培技术	(278)
一、栽培场所和季节	(278)
二、黄色金针菇栽培方法	(279)
三、隧洞内栽培方法	(283)
四、纯白金针菇工厂化栽培技术	(284)
第四章 平菇	(289)
第一节 生物学特性	(289)
一、形态特征与习性	(289)
二、生活史	(290)
三、生长发育条件	(291)
四、品种类型	(293)
第二节 栽培技术	(295)
一、熟料栽培技术	(295)
二、发酵料袋栽技术	(299)
三、生料袋栽技术	(301)
四、发酵料(或生料)双层柱式栽培技术	(303)
五、生料(或发酵料)太阳能温床栽培技术	(303)
第三节 栽培管理要点	(304)
一、出菇管理	(304)
二、常见问题及防御	(305)
三、平菇孢子过敏反应的预防	(308)
第五章 双孢蘑菇	(309)
第一节 生物学特性	(310)
一、形态特征与习性	(310)
二、生活史	(311)
三、生长发育条件	(312)
四、品种类型	(315)
第二节 栽培技术	(315)
一、菇房栽培模式	(316)
二、生产季节	(317)
三、优良品种	(318)
四、培养料	(318)
五、粪草培养料配方	(320)
六、合成培养料配方	(321)

七、国外常用配方	(321)
八、粪草培养料的堆制发酵	(321)
九、培养料二次发酵技术	(322)
十、栽培工艺	(323)
十一、间歇期的管理	(329)
第三节 常见问题及解决措施	(331)
一、死菇原因及其防治	(331)
二、菌种不萌发不吃料的补救措施	(332)
三、菌丝徒长结被的原因及防止	(332)
四、畸形双孢蘑菇的原因及预防	(333)
五、双孢蘑菇褐腐病的防治	(334)
第四节 大肥菇(高温双孢蘑菇)栽培技术	(334)
一、形态特征	(335)
二、生活条件	(335)
三、栽培技术	(336)
四、鲜蘑菇的加工	(338)
第六章 黄灵菇	(340)
第一节 生物学特性	(341)
一、形态特征与习性	(341)
二、生活史	(342)
三、生长发育特性	(342)
四、品种类型	(342)
第二节 栽培技术	(343)
一、菌种培养	(343)
二、代料栽培技术	(344)
三、段木栽培技术	(348)
第七章 猴头菌	(349)
第一节 生物学特性	(350)
一、形态特征与习性	(350)
二、生活史	(350)
三、生长发育条件	(351)
四、品种类型	(354)
第二节 栽培技术	(355)
一、熟料袋栽法	(355)
第三节 关键措施及常见问题	(359)
一、诱导菌袋定向出菇	(359)
二、控温促进催蕾和定型	(359)
三、控湿促进菇体正常发育	(359)
四、菇色异常原因及防止	(360)
五、光秃无刺菇的发生原因及防止	(360)
六、珊瑚丛束形菇的发生原因及防止	(360)
七、菇体萎缩霉烂的发生原因及防止	(361)

第八章 滑子蘑	(362)
第一节 生物学特性	(362)
一、形态特征与习性	(362)
二、生活史	(363)
三、生长发育条件	(364)
四、品种类型	(367)
第二节 栽培技术	(367)
一、木屑代料栽培法	(367)
二、玉米芯栽培法	(371)
三、滑子蘑出菇期把好“四关”	(373)
四、滑子蘑主要细菌性病害的发生原因及防治	(374)
第九章 鸡腿菇	(375)
第一节 生物学特性	(376)
一、形态特征与习性	(376)
二、生活史	(376)
三、生长发育的条件	(376)
四、品种类型	(378)
第二节 栽培技术	(379)
一、栽培种制作	(379)
二、发酵料或生料栽培技术	(381)
三、熟料栽培方法	(386)
第十章 灰树花	(389)
第一节 生物学特性	(390)
一、形态特征与习性	(390)
二、生活史	(390)
三、生长发育条件	(390)
四、品种类型	(393)
第二节 栽培技术	(393)
一、菌袋生产	(393)
二、小拱棚栽培	(396)
三、大棚栽培	(399)
第十一章 白灵菇	(401)
第一节 生物学特性	(401)
一、形态特征与习性	(401)
二、生活史	(402)
三、生长发育条件	(403)
四、品种类型和商品价值	(404)
第二节 栽培技术	(405)
一、培养料特性	(405)
二、培养料配方及配制原则	(406)
三、栽培方法	(407)

第三篇 多样性价值的蕈菌

第一章 药用蕈菌	(414)
第一节 灵芝	(414)
一、生物学特性	(415)
二、栽培技术	(419)
第二节 蛹虫草	(427)
一、生物学特性	(428)
二、栽培技术	(431)
第三节 蜜环菌与天麻	(437)
一、蜜环菌生物学特性	(438)
二、天麻的生物学特性	(446)
三、天麻人工栽培技术	(452)
第二章 观赏类蕈菌	(463)
第一节 彩芝(灵芝)的造型栽培	(463)
一、芝事安排	(463)
二、栽培要点	(463)
三、造型方法	(464)
四、盆景制作	(466)
第三章 有毒蕈菌	(467)
第一节 概述	(467)
一、毒蘑菇的特殊药理活性及经济价值	(467)
二、常见毒蘑菇简介	(468)
第二节 斑褶菇	(471)
一、生物学特性	(472)
二、栽培技术	(473)
三、斑褶菇属的物种多样性	(474)
第四章 驯化中的蕈菌	(476)
第一节 猪苓	(476)
一、生物学特性	(476)
二、栽培方法	(478)
第二节 羊肚菌	(481)
一、生物学特性	(481)
二、栽培技术	(483)
第三节 花脸蘑	(485)
附录一	(486)
附录二	(490)
蕈菌栽培实训指导	(490)
一、平菇生料栽培技术	(490)
二、黄背毛木耳熟料袋栽技术	(490)
附录三	(492)

1. 不允许使用的化学药剂	(492)
2. 常用化肥的主要成分	(492)
3. 常用农药防治对象及用法用量表	(493)
4. 蕈菌菌种生产和栽培时间表	(494)
附录四	(495)
1. 几种食(药)用蕈菌的药用方法	(495)
2. 常用计量单位换算表	(496)
参考文献	(497)
跋	(499)

第一篇

真菌学基础

绪 论

第一节 蕈菌对人类的贡献

蕈菌指真菌的大型子实体或具有菌核类组织的种类。中国古代就把生长在木上的蘑菇称作“蕈”，而把土中生长的称作“菌”。“蕈”在汉语里指凡能产生子实体的大型真菌，故现在也常常将蘑菇称为“蕈菌”。日文中则用“蕈菌”作为蘑菇的同义词。蕈菌包括：食用蕈菌、药用蕈菌、观赏类蕈菌和有毒蕈菌，通常形体较大，多为肉质、胶质和膜质，是肉眼可以看到的真菌，也被人们称为“菇”、“菌”、“蕈”、“蘑”、“耳”。蕈菌主要包括：担子菌纲(Basidiomycetes)和子囊菌纲(Ascomycetes)中的一些种类。大约有90%的蕈菌属于担子菌，只有少数的蕈菌属于子囊菌。主要包括：伞类、耳类、非褶菌类和其他菌类，如常见的食用蕈菌有：平菇、香菇、草菇、双孢菇、金针菇、滑菇、木耳、银耳、金耳、竹荪、牛肝菌、松茸、羊肚菌、蜜环菌，以及亦可药用的灵芝、猴头、冬虫夏草、猪苓、茯苓及灰树花等药用蕈菌；还有露珠环柄菇、毒鹅膏、豹斑毒蝇伞、鹿花菌、钟形斑褶菇等有毒蕈菌。近年来许多木栓质菇蕾的蕈菌，如灵芝、云芝等，子实体虽不能做菜食用，但因其无毒、无不良反应，对人体有保健、治病、艺术观赏等价值，所以被制成多种保健品、艺术品。

人类对蕈菌的利用，经历了野外采集和人工栽培两个发展阶段。蕈菌栽培业的诞生和栽培技术的进步，是人类文明进步的产物，充实了人类的物质生活，也发展了人类文明。早在5000~7000年前的仰韶文化时期，人类就开始采食蕈菌。蕈菌栽培的主要目的在于获得子实体，可以采用固体发酵或液体制菌发酵的方法；其中固体发酵以其生产成本低、操作简单而受到青睐。栽培蕈菌，原料来源广泛，技术简单易行，且投资少、见效快，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、社会效益和生态效益。

蕈菌子实体有极高的营养价值和药用价值。食用蕈菌不仅质地柔嫩、味道鲜美、口味独特，而且还含有十分丰富的营养物质，并有较高的药用价值，因此常被人们作为美味佳肴，誉为“山珍”、“植物性食品的顶峰”、“上帝的食品”、“健康食品”、“长寿食品”等。蕈菌中蛋白质含量较高，介于肉类和蔬菜之间，而且蛋白质中氨基酸种类齐全、含量丰富，含有大量人体生长发育必需的氨基酸，特别是在谷类食物中含量较少或缺乏的赖氨酸在蕈菌中的含量也很丰富。同时还含有较低的脂肪酸，一般都在10%以下，其脂肪的性质类似于植物脂肪，主要由不饱和脂肪酸构成，如亚油酸、软脂酸和油酸等。不饱和脂肪酸对人体的生长发育是十分有益的，而且不饱和脂肪酸具有降血脂的作用，不像动物脂肪中所含的大量饱和脂肪酸那样过多摄入易引起肥胖症和心血管疾病。它含有极为丰富的矿质营养元素，如钾、钠、钙、铁、锌、镁、磷等，而所含矿质营养元素的种类、数量与其生长环境有着密切的关系。有些蕈菌中还含有大量的锗和硒，如灵芝，能提高人体免疫机能和延缓细胞衰老等。蕈菌中含有多种维生素，尤其是维生素B类和维生素D，而且维生素D原的含量远远高于其他食品，其中以香菇含量最高。维生素D原能促进骨骼的形成，预防软骨病及由维生素D缺乏引起的血磷和血钙代谢障碍，防止婴儿佝偻病的发生。

蕈菌目前在国内外引起广泛关注，能预防和治疗多种疾病。如香菇中的维生素D能增强人