

全国高等农林院校“十一五”规划教材
高等农林院校生命科学类系列教材

真菌学

贺运春 主编



中国林业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材
高等农林院校生命科学类系列教材

真 菌 学

贺运春 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

真菌学/贺运春主编. -北京:中国林业出版社, 2008. 7
(高等农林院校生命科学类系列教材,
全国高等农林院校“十一五”规划教材)
ISBN 978-7-5038-5039-4

I. 真… II. 贺… III. 真菌学-高等学校-教材 IV. Q949. 32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 083016 号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)
E-mail forestbook@163. com 电话 010-66162880
网址 www. cfph. com. cn
发行 中国林业出版社
印刷 北京林业大学印刷厂
版次 2008年7月第1版
印次 2008年7月第1次
开本 787mm × 1092mm 1/16
印张 23 彩版 16
字数 600千字
印数 1~5000册
定价 39.00元

高等农林院校生命科学类系列教材

编写指导委员会

顾 问：谢联辉

主 任：尹伟伦 董常生 马峙英

副主任：林文雄 张志翔 李长萍 董金皋 方 伟 徐小英

编 委：（以姓氏笔画为序）

马峙英	王冬梅	王宗华	王金胜	王维中	方 伟
尹伟伦	关 雄	刘国振	张志翔	张志毅	李凤兰
李长萍	李生才	李俊清	李国柱	李存东	杨长峰
杨敏生	林文雄	郑彩霞	胡德夫	郝利平	徐小英
徐继忠	顾红雅	蒋湘宁	董金皋	董常生	谢联辉
童再康	潘大仁	魏中一			

全国高等农林院校“十一五”规划教材
高等农林院校生命科学类系列教材

《真菌学》编写组

主 编：贺运春

副主编：路炳声 吕国忠 王建明

编著者（以姓氏笔画为序）：

王建明（山西农业大学）

王雅玲（大连民族学院）

田秀玲（加拿大 Guelph 大学）

吕国忠（大连民族学院）

孙炳剑（河南农业大学）

孙晓东（大连民族学院）

李秀岚（青岛农业大学）

张 猛（河南农业大学）

杨 红（沈阳农业大学）

贺 冰（山西农业大学）

贺运春（山西农业大学）

徐玉梅（山西农业大学）

梁 晨（青岛农业大学）

董国菊（西南大学）

路炳声（青岛农业大学）

出版说明

进入 21 世纪以来, 生命科学日新月异, 向人们展现出了丰富多彩的生命世界及诱人的发展前景, 生命科学已成为高等院校各相关专业关注的焦点, 包括理科、工科和文科在内的各个学科相继酝酿、开设了与生命科学相关的课程。为贯彻和落实教育部“十一五”规划高等学校课程体系改革的精神, 满足农林院校中生物专业和非生物专业教学的需要, 中国林业出版社与北京林业大学、福建农林大学、山西农业大学、河北农业大学、浙江林学院等院校共同组织了各院校相关学科的资深教师编写了这套适合于高等农林院校使用的生命科学类系列教材, 并希望成为一套内容全面、语言精炼的生命科学的基础教材。

本系列教材系统介绍了现代生命科学的基本概念、原理、重要的科学分支及其研究新进展以及研究技术与方法。我们期望这套系列教材不仅可以让农林院校的学生了解生命科学的基础知识和研究的新进展, 激发学生们对生命科学研究兴趣, 而且可以引导他们从各自的研究领域出发, 对各种生命现象从不同的角度进行深入的思考和研究, 以实现各领域的合作, 推动学科间的协同发展。

近几年来, 各有关农林院校的一大批长期从事生物学、生态学、遗传学以及分子生物学等领域的教学和科研工作的留学归国人员及骨干教师, 他们在出色完成繁重的教学和科研任务的同时, 均亲自参与了本系列教材的编撰工作, 为系列教材的编著出版付出了大量的心血。各有关农林院校的党政领导和教务处领导对本系列教材的组织编撰都给予了极大的支持和关注。在此谨对他们表示衷心的感谢。

生命科学的分支学科层出不穷, 生命科学领域内容浩瀚、日新月异, 且由于我们的知识构成和水平的限制, 书中不足之处在所难免, 恳请广大读者和同行批评指正。

高等农林院校生命科学类系列教材

编写指导委员会

2006年5月18日

前 言

真菌是自然界普遍存在的一类重要生物，与人类有着密切的关系。例如，人们食用的各种蘑菇、制作面包和各种酒类的酵母、产生抗生素的青霉菌和头孢霉菌、灵芝、茯苓、虫草等名贵中药材都属于真菌，同时，真菌也是筛选和寻找抗癌药物的重要生物资源。真菌与农业生产也有着密切关系，多数植物病害是由真菌引起的，使农作物遭受重大损失。真菌作为病原微生物也能侵染人体和动物体而引起多种疾病。由于真菌种类特别丰富，具有基因多样性，而且生长和繁殖迅速，真菌现已成为分类学、形态学、细胞学、遗传学、分子生物学等学科的重要研究对象。真菌是丰富的自然资源宝库，蕴藏着巨大的经济潜能，有待进一步研究、开发、利用和保护，为人类做出更大贡献。

高等农林院校生物类本科专业开设的《真菌学》课程，由于可选用和参考的教材比较少，因此影响教学质量提高。2006年10月我们受中国林业出版社委托，组织了部分高等农林院校长期从事真菌领域教学和科研的教师编写《真菌学》教材。为了保证教材编写质量，集思广益，相互交流，先后召开了三次（山西太谷、山东青岛、辽宁大连）编写人员会议。对《真菌学》教材编写的指导思想、章节大纲、分类体系、质量保证、所遇问题的解决等进行了充分讨论和交流。各章初稿完成后，编写人员进行了交叉审校，最后特邀人员和分章主审等三次修订和审定，为保证教材质量奠定了基础。

《真菌学》教材作为高等农林院校生物类和相关本科专业选用教材，本教材对常见的和与农、林、工、医等方面关系密切的真菌种类，按其分类系统以形态和结构为重点作全面描述。它不同于《植物病原真菌学》、《工业真菌学》、《药用真菌学》和《食用真菌学》等书。它同时包括了各分支学科的重要种类。读者通过对本教材的学习，对各类真菌有一个全面、系统和深入的认识，为今后从事有益真菌资源的研究、开发、保护和利用以及有害真菌的控制打下良好的基础。

《真菌学》所涉及的有关概念、分类体系及种类定位等，力求反映本学科最新研究进展，其主要内容包括：真菌学发展史、真菌与人类的关系、真菌在生物界中地位及分类等方面的内容；在介绍真菌一般形态、生殖方式和繁殖体等基本知识的基础上，在真菌的壶菌门、接合菌门、子囊菌门、担子菌门、无性型真菌和其他生物类（卵菌门、根肿菌门）的纲、目、科、属中，对常见和具有重要经济意义的真菌种类分别进行描述，并附有相应的插图和100余幅彩色照片，以便读者对真菌有全面、深入和系统地了解和认识。

本教材由贺运春教授任主编，由路炳声教授、吕国忠教授、王建明教授任副主编。本书编写的具体分工详见目录各章节。

本教材在编写过程中，得到了中国林业出版社的热情支持和帮助，山西农业大学、青岛农业大学、大连民族学院等院校的领导也给予多方面的支持，谨此一并致以衷心的感谢。

由于时间和编写水平有限，书中差错和不足之处在所难免，恳切希望读者、同仁予以指正。

编 者

2007年12月

目 录

第一章 绪 论	吕国忠
第一节 真菌的概念	(1)
第二节 真菌与人类的关系	(2)
第三节 真菌学研究历史	(5)
第二章 真菌的一般性状	贺 冰
第一节 真菌的营养体	(19)
第二节 真菌的细胞结构	(25)
第三节 真菌的无性繁殖	(30)
第四节 真菌的有性生殖	(33)
第五节 真菌的准性生殖	(36)
第六节 真菌的生活史	(39)
第三章 真菌的代谢和遗传	王建明 徐玉梅 李秀岚
第一节 真菌的营养	(41)
第二节 真菌的代谢	(45)
第三节 真菌的遗传	(50)
第四章 真菌分类和分类系统	吕国忠
第一节 真菌分类的基本规则	(60)
第二节 真菌分类系统	(63)
第五章 壶菌门	路炳声 董国菊
第一节 概 述	(74)
第二节 壶菌纲	(79)
第六章 接合菌门	路炳声 梁 晨 李秀岚
第一节 概 述	(89)
第二节 接合菌纲	(89)
第三节 毛菌纲	(107)
第七章 子囊菌门	路炳声 梁 晨
第一节 概 述	(110)
第二节 新床菌纲和肺炎胞囊菌纲	(120)

第三节	酵母纲	(122)
第四节	裂殖酵母纲	(125)
第五节	外囊菌纲	(126)
第六节	子囊菌纲	(127)
第八章 担子菌门		贺运春 王建明
第一节	概 述	(179)
第二节	锈菌纲	(185)
第三节	黑粉菌纲	(201)
第四节	担子菌纲	(209)
第九章 无性型真菌		吕国忠 张猛 孙晓东 杨红 田秀玲 王雅玲 孙炳剑
第一节	概 述	(230)
第二节	丝孢菌	(243)
第三节	腔孢菌	(285)
第十章 其他生物类		董国菊
第一节	卵菌门	(333)
第二节	根肿菌门	(349)
参考文献		(352)

第一章 绪论

真菌是自然界中普遍存在的一类重要生物，其种类繁多，与人们的生活息息相关。例如，人们食用的各种蘑菇、制作面包时使用的酵母、制酒使用的“糰子”、古代治病使用的“仙草”(灵芝)或“冬虫夏草”等都属于真菌。尽管有证据表明，早在4亿年前的泥盆纪(Devonian)时期就有真菌的存在，但从意大利植物学家 Pier Antonio Micheli 于1729年发表的《植物新属》(Nova Plantarum Genera)表明真菌学诞生之日起，人类对真菌的系统研究(真菌学)历史还不到300年(余永年，1980)。

尽管真菌学一直被誉为了是生物学领域的一个古老的分支学科，但在21世纪，它与植物学、动物学、植物病理学等传统学科一样，随着分子生物学技术和计算机信息科学技术的广泛应用，真菌学已在分类、遗传发育、系统进化及生理生化等方面都被赋予了新的涵义，由传统的真菌学已派生出现代的真菌基因组学、分子真菌学等新兴学科。真菌学一直是研究生命起源与进化的重要学科领域。

第一节 真菌的概念

真菌一词系由英语 fungus (复数 fungi) 翻译而来，而日文将其译成“菌类”。根据《真菌词典》第9版(Dictionary of the Fungi, 9th edition)，拉丁语 fungus 源于 sfungus，系由希腊文 sphongis (英文 sponge，海绵状物) 衍生而来。在意大利语中用 spugnola 表示，意指羊肚菌(morel, morchella)。在英文中，fungus 一词在16世纪初期才开始应用(Ainsworth, 1976)。

“真菌”一词在我国最早始见于戴芳澜(1927)在农学杂志上发表的《江苏真菌名录(一)》。戴芳澜(1979)在《中国真菌总汇》中指出，“真菌是由拉丁语名词‘Eumycetes’意译而来”(在拉丁语中，eu = 真的，mycetes = 菌)。邓叔群(1966)曾提出应将 fungus 的中文名译成“菌物”，但当时并未引起学者们的注意和接受。裘维蕃(1990)在全国第3届真菌地衣学术讨论会开幕式的演讲中建议，应将“fungus”译成“菌物”，将“mycology”译成“菌物学”。裘维蕃的观点逐渐被我国学者所接受，故将“中国真菌学会”更名为“中国菌物学会”。而我国台湾、香港、澳门以及日本和韩国仍然使用“真菌”和“真菌学”，为沿袭传统和学术交流方便，本教材仍使用广义的“真菌”和“真菌学”一词。

关于真菌的概念，传统的定义是：真菌是真核的，不含叶绿素，没有根、茎、叶分化，营养体为丝状的菌丝体结构(少部分为单细胞结构)，以孢子方式进行无性或有性繁殖，具有细胞壁，其细胞壁主要成分为几丁质，以吸收方式获取营养。从该定义来看，真菌不同于细菌，因为细菌为原核生物，尽管二者都以吸收方式获取营养；真菌不同于植物，因为植物具有叶绿素，具有自养能力，具有根、茎、叶分化，但二者都具有细胞壁；真菌不同于动物，因为动物没有细胞壁，以摄食方式获取营养。如同所有关于不同生物的定义一样，该定义并不是无懈可击的。实际上，

它是广义的真菌定义，它包含了黏菌(myxomycetes)、网柄菌(dictosteliomycetes)、集胞菌(acrasiomycetes)、卵菌(oomycetes)及真正的真菌(eumycetes, true fungi)。真正的真菌只包括壶菌(Chytridiomycetes)、接合菌(Zygomycetes)、子囊菌(Ascomycetes)及担子菌(Basidiomycetes)。通过对上述各类群生物的超微结构、细胞壁成分及分子遗传学的深入研究，已表明黏菌、网柄菌、集胞菌及卵菌不同于真正的真菌。但是，由于传统上这些类群的生物都是由真菌学家所研究的，故仍放在真菌学中加以介绍。

第二节 真菌与人类的关系

真菌广泛存在于土壤、空气、水等环境条件下，是地球上重要的生物类群之一，与人类的生产和生活息息相关。根据真菌与人类的关系(图 1-1)，人们通常将真菌分成有益菌和有害菌两部分。

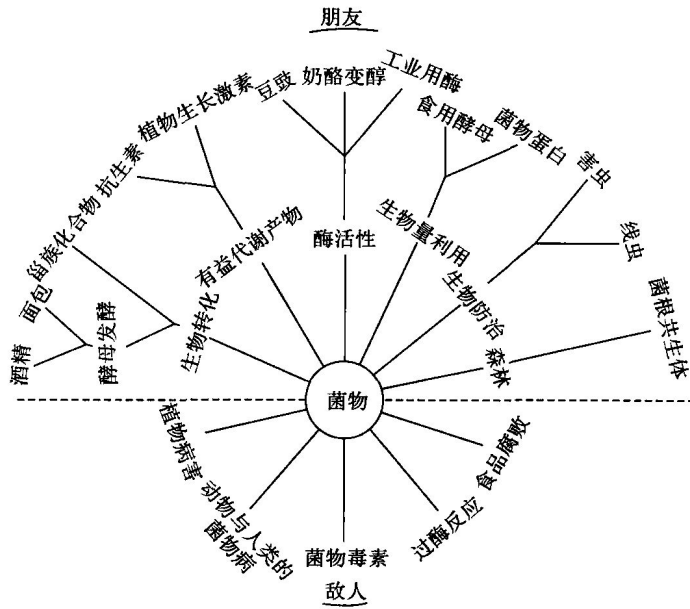


图 1-1 真菌与人类的关系

[引自 Moss(1987)，经英国真菌学会许可]

一、真菌对人类的益处

1. 真菌参与生物再循环

在自然界中，绝大多数真菌是以腐生(saprophytic)状态存在的，它们能在死亡的动植物残体上生活，将生物大分子转化成可被其他生物利用的小分子的营养物质。在地球上没有哪一种生物能与真菌相比，具有极强的纤维素和木质素降解能力。尤其在森林系统中，真菌能将落叶层的枯枝、落叶和朽木分解，并将营养重新释放到生物圈中来，以便被其他生物加以重新利用。

2. 真菌是生态系统中能量流的中间体

通常在衰老和刚死亡的植物上着生有较多的真菌，处于这种状态的真菌对于其他生物来讲，尤其是无脊椎动物，常常成为可口的食物。例如，在林地河流和池塘中，含有真菌的落叶常是该系统中的能量来源，对于赖以生存的生物来讲，该能量流的作用是巨大的。

3. 真菌参与污水净化

真菌广泛分布于各种水体之中。过去通常认为细菌在污水净化中起主要作用，而没有考虑到真菌的存在。实际上，在工业废水和生活污水中不乏大量真菌的存在，而且在污水净化生物膜或活性污泥中占有一定的优势。

4. 真菌与植物形成共生关系

研究发现，约有 90% 的维管束植物的根部寄居有共生真菌。共生真菌的存在给植物定殖和生长带来了巨大好处，如菌根真菌可扩大植物根系的表面积，增加营养吸收面积；可分泌抗生物质，提高植株抗病性；可形成菌丝鞘，保护植物根系免受重金属离子的毒害作用。

5. 真菌与藻类共生形成地衣

有数以千计的真菌(主要是子囊菌)可与藻类共生形成一个坚实的双重生物体——地衣(lichens)。在地球最荒凉的地方往往有大量地衣的存在，地衣也是早期生命的象征。凡空气或环境污染严重的地方，地衣很少或不存在，故有人主张用地衣监测环境污染情况。在一些森林地区，树上挂满的地衣常是驯鹿的食物来源。

6. 真菌与动物形成共生体

有些蚂蚁和白蚁自身缺乏消化纤维素和木质素的能力，但在其巢穴中培养腐生的真菌，形成“真菌花园”(fungus garden)，实际上在进行真菌的“纯培养”，利用真菌作为其主要的和可能唯一的食物来源。这种共生关系对于这些动物的进化是很关键的。

7. 真菌可作为美味和保健食品

许多大型真菌是可食用的，而且人类已对许多大型真菌成功实现了人工栽培，如木耳、银耳、平菇、香菇、双孢菇、金针菇、块菌等，它们日益成为人们日常餐桌上不可缺少的佳肴。近些年我国广泛栽培的蛹虫草正在成为有效的保健食品，甚至作为保健或治病药品。一些酵母菌因其含有高水平的维生素 B 族，被用来作为规定的食品添加剂。英国一些地方用禾谷镰孢菌 *Fusarium graminearum* 生产菌肉蛋白，据说具有一定的保健功能。

8. 真菌用于食品加工

真菌在食品工业中已得到了广泛应用，如很久以前人们就知道利用酵母菌生产酒和制作面包，利用真菌制作酱、酱油、奶酪、腐乳等。我国是世界上最早和最普遍利用真菌加工食品的国家。

9. 真菌用于化工产品的生产

由于真菌能产生各种各样的活性酶，因此，许多真菌被广泛地应用于化工产品生产，如没食子酸、柠檬酸、衣康酸(甲叉丁二酸)、曲酸、淀粉酶、蛋白酶、纤维素酶等。近些年，越来越多的药物学家在挖掘真菌的生物催化功能，即利用其产生的活性酶对难以利用的生物大分子进行降解，便于人体吸收和利用。

10. 真菌用于抗生素生产

绝大多数真菌能产生各种各样的抗生素，但只有少数抗生素被应用在临床医学上，如广为人知的青霉素、头孢霉素、灰黄霉素等。由于青霉素的发现和生产才导致了抗生素工业的诞生，随着抗生素工业的发展，将会有更多真菌的抗生素被发现和应用。

11. 真菌用于免疫抑制剂生产

研究发现弯颈霉属 *Tolypocladium* 及部分属的真菌能够产生环孢菌素(cyclosporine), 这是目前在临床医学上得到广泛应用的免疫抑制剂。随着人体器官移植需求的不断增加, 利用真菌筛选和生产免疫抑制剂将会越来越得到重视。

12. 真菌用于有害生物防治

许多种类的真菌对植物病、虫、草害具有生物防治作用。在生产上已得到应用的例子有: 利用白僵菌 *Beauveria bassiana* 和绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 防治害虫, 利用木霉菌 *Trichoderma harzianum* 防治菌核病 *Sclerotium rolfii* 等土传病害, 利用锈菌 *Puccinia xanthii* f. sp. *ambrosiae-trifidae* 防治外来入侵杂草——三裂叶豚草 *Ambrosia trifida*。

13. 真菌用于遗传学研究

由于绝大多数真菌是单倍体的, 所以真菌较双倍体的植物和动物更具有优势, 更适宜成为研究孟德尔遗传规律和分子遗传学的材料。事实上, 单倍体遗传学就是建立在真菌研究工作基础上的。粗糙脉孢菌 *Neurospora crassa* 和粪生粪壳 *Sordaria fimicola* 的具暗色子囊孢子的野生型和具灰色子囊孢子的突变型是理想的遗传杂交和染色体交换和连锁研究的实验材料。酿酒酵母菌 *Saccharomyces cerevisiae* 和构巢曲霉 *Aspergillus nidulans* 被广泛地用于基因克隆和转化, 酿酒酵母也是全基因组序列最早被测定的真核生物。

二、真菌对人类的害处

1. 真菌引起植物病害

在农业生产上有 80% 的植物病害是由真菌引起的, 而且许多真菌性病害是毁灭性病害, 如马铃薯晚疫病、烟草霜霉病、荷兰榆树病、小麦锈病、小麦白粉病、玉米小斑病、松疱锈病、香蕉巴拿马病等都曾在人类历史上留下了深刻教训。全世界每年用于防治植物真菌病害的费用达到数千亿美元。

2. 真菌引起人、畜病害

人类的许多皮肤病是由真菌侵染引起的, 如喜欢在角质上生长的发癣菌属 *Trichophyton*、小孢霉属 *Microsporum* 和表皮癣菌属 *Epidermophyton* 等引起头癣、发癣、体癣、脚癣、金钱癣等; 组织胞浆菌属 *Histoplasma* 和球孢子菌属 *Coccidioides* 可引起肺部感染, 并可导致全身发病。通常遗传有缺陷和免疫系统受到破坏的儿童或成人更易于受到隐球酵母菌属 *Cryptococcus*、假丝酵母菌 *Candida* 等病原真菌的为害, 这些真菌病在临床上通常是难于防治的。烟曲霉 *Aspergillus fumigatus* 引起的禽曲霉病是养鸡场常发生的病害。

3. 真菌引起食物中毒

在大型真菌中, 有少部分蘑菇和子囊菌是有毒的, 如毒性较强的鹅膏属 *Amanita*、盔孢灰属 *Galerina*、鹿花菌属 *Gyromitra* 中的一些种类, 一旦误食, 极易致命。我国各地每年暑夏都会发生因为误食有毒蘑菇而中毒的事件。

4. 部分蘑菇可引起致幻反应

有些蘑菇在人误食后可产生幻觉反应, 如裸盖菇属 *Psilocybe*、锥盖伞属 *Conocybe*、鹅膏属 *Amanita*、斑褶菇属 *Panaeolus*、裸伞属 *Gymnopilus* 的一些种类具有极强的致幻反应, 这些蘑菇通常称为魔蕈。Lewis Carroll 的儿童名著《爱丽丝漫游仙境》中爱丽丝吃的就是魔蕈。

5. 真菌毒素污染食品

在人类史书上早就记载有麦角中毒的事件，但直到1960年由于黄曲霉毒素的发现和对其具有强致癌毒性的认识之后，人们才意识到真菌毒素(mycotoxin)的重要性。目前已知许多种真菌能够产生真菌毒素，特别是有关镰孢菌产生的毒素正在成为研究热点，被镰孢菌毒素污染的饲料已成为世界性问题。

6. 真菌可引起物品或食品腐败

在潮湿和温暖条件下，衣帽、布匹、皮革等因各种霉菌的发生，而极易受到损害。盛夏剩余饭菜极易发生霉菌而腐败变质。仓贮粮食也易因局部粮食含水量高而导致发生霉变。低温和干燥贮藏是预防物品或食品腐败的有效途径。

7. 真菌可引起木材腐烂

由于真菌具有较强的分解纤维素和木质素的能力，在森林中常有大量的木材在未运输出去之前因各种木腐菌的生长而腐烂。在欧洲也常因为干腐菌的为害而损失大量的木质房屋。另外，古时的木质战舰也因各种木腐菌的为害而损失惨重，在第二次世界大战期间，美国海军曾雇用真菌学家专门防治木腐真菌。

真菌在人们的生活环境中无处不在，与人类的关系非常密切，对人类会产生各种各样的益处和坏处，这里仅介绍了为人所知的方面。

第三节 真菌学研究历史

余永年(1982)对真菌学的发展史进行了研究，并归纳为4个阶段：

一、前真菌学阶段(公元前5000至公元1700年)

在此阶段，人们对真菌的认识充满了迷信色彩和神道观念，这主要源于人们缺乏对包括生物在内的自然界的认识，或者说人们对自然界朦胧认识的开始，人们普遍将各种自然现象归因于神或上帝的力量。如古埃及人认为发酵品是地狱判官神(God Osiris)给人类的礼物；古罗马人将鲁比古斯(Ru-Bigus)尊为锈病神，将蘑菇和块菌的出现看作是朱庇特神(Jupiter)用闪电猛击地球的结果；古希腊人和古罗马人崇拜酒神狄俄尼索斯(Dionysos)和巴古斯(Bacchus)，并设酒神节(Dionysia)和古罗马酒神节(Bacchanalia)每年加以庆祝。甚至在近代的墨西哥和危地马拉还存在类似的情况(Alexopoulos & Mims, 1979; Lowy, 1974)。

人类对真菌的利用最早是由采食蘑菇开始的。早在3000多年前的史书《礼记》中就有吃蘑菇的记载(戴圣, 西汉)。郭沫若(1956)研究认为，早在六七千年前的仰韶文化时期(公元前5000~3000)，人们就已大量采食蘑菇。1977年在浙江余姚县挖掘出土的遗物中就有菌类，说明我国食用真菌的历史至少有6000年。相比我国对蘑菇的采食历史，西方要晚3000年左右的时间(Ramsbottom, 1953)。我国也是世界上较早利用药用真菌的国家。早在2500年前，我们的祖先已知用“神曲”治疗饮食停滞，用豆腐上的霉菌治疗疮痛。我国最早的药物书《神农本草经》(公元100~200年)记载药用真菌有茯苓、猪苓、芝类、雷丸、马勃、蝉花、虫草和木耳等。这些药用真菌历经千百年医疗实践的考验，迄今仍被广泛应用(刘波, 1958, 1978; 杨云鹏和岳德超, 1980; 朱慧

真, 1963)。另外, 酒是人类利用真菌酿造的古老产品之一, 在各国各具特色的历史文化长河中一直散发着绵绵的芳香。最近, 美国宾夕法尼亚大学和中国科学院等在《美国科学学术纪要》(电子版)上发表文章称, 通过对中国河南省出土陶片上的痕迹进行检测, 证实早在约 9000 年前的新石器时代, 当地人便开始利用大米、蜂蜜和水果等酿造一种可视作酒类的发酵饮料。虽然中国酒的历史一直被认为是相当悠久, 但如此确切的证据还是首次发现。周代(公元前 1000 年左右)就有杜康制酒的传说。

在这一时期有关真菌的记载已有了分类的曙光。为了满足应用的需要, 先人们根据生态或功能的特点, 对蘑菇等大型真菌进行了原始的分类记载, 如将蘑菇分成可食用蘑菇和有毒蘑菇。英国的 J. Ray(1686 ~ 1704)在《植物史》(Historia Plantarum)书中将 93 种真菌分为陆地真菌、森林真菌及地下真菌(Ainsworth, 1976)。Magnol(1689)打破了传统的分类方法, 以形态特征作为大型真菌的分类基础。法国的 J. P. de Tournetort(1694)在《植物学基础》(éléments de Botanique)书中将真菌分为 6 组, 并附有特征描述和绘图。我国的古书中对药用真菌记载和描述的较多, 而且比西方同类专著早数百年。成书于东汉年代(约公元 5 年)的《神农本草经》记载的 365 种药物中, 包括茯苓、雷丸、灵芝、紫芝及木耳等 10 多种真菌药物, 根据形态、颜色、功能等将芝类分为 6 种, 而且分别论述了它们的药性。南宋的陈仁玉于 1245 年完成的《菌谱》全书共 11 篇, 详尽介绍了合蕈、松蕈、竹蕈、稠膏蕈等 11 种食用菌的生存条件、形状、颜色、味道和食法。该书具有很高的科技价值, 被编入《四库全书》。该书是我国也是世界上最早的食用菌专著, 开创了世界真菌学的先河。明代潘之恒的《广菌谱》和清代吴林的《吴蕈谱》都是在陈仁玉《菌谱》基础上的进一步发展。

在这一阶段, 由于研究工具的限制, 仅对 *Agaricus*、*Tuber*、*Boletus*、*Polyporus* 和 *Lycoperdon* 等属的大型真菌的生态和形态结构进行了研究和分类。

二、古真菌学阶段(1701 ~ 1850 年)

由于荷兰人 Antony van Leeuwenhoek(1632 ~ 1723)在 17 世纪末发明了显微镜, 从而使生物学研究进入了微观世界, 能更细致地观察到真菌的形态结构。在这一阶段的 150 年里, 涌现了一些伟大的真菌学家或植物学家。

意大利真菌学家米奇里 P. A. Micheli(1679 ~ 1737)是第一个用显微镜系统地观察和研究真菌的人, 并于 1729 年发表了在真菌学领域中具有划时代意义的巨著《植物新属》(Nova Plantarum Genera), 标志着真菌学的诞生。他不但用显微镜观察了许多真菌的孢子形态, 而且也是世界上第一个对真菌进行培养的人。他对真菌提出了有价值的分类检索表, 将大型真菌分为 4 大类, 并可检索到种。由他命名的一些真菌的属, 如 *Aspergillus*、*Clathrus*、*Geaster*、*Mucor*、*Polyporus*、*Tuber* 等, 至今一直在被采用。

在 Micheli 所处的时代, 无论是植物学家还是真菌学家都面临一个突出的问题, 即如何描述和定名大千世界中的万千生物。在这样的背景下, 瑞典出生的植物学家林奈 C. Linnaeus(1707 ~ 1778)提出了“双命名法规”(binomial nomenclature), 即描述一个物种时, 种名由属名和种加词组成, 并在种名后面加上定名人。属名为名词, 种加词为形容词, 属名第一个字母大写, 书写种名要用斜体。他在 1735 年发表的《自然系统》(Systema Naturae)中列举了 9 个属的真菌, 在 1753 年发表的《植物的种》(Species Plantarum)中只列举了 10 属 90 种的真菌, 它们是 *Agaricus*、*Boletus*、*Hydnum*、*Phallus*、*Clathrus*、*Elvela*、*Peziza*、*Clavaria*、*Lycoperdon*、*Mucor*。Linnaeus 本身对真菌并没有重

大贡献,但他提出的“双命名法规”对整个生物学的发展起了巨大的推动作用。在 Linnaeus 所处的时代,无人能超越他的贡献,即使今天也如此。1981 年第 13 届国际植物学会议通过决议,规定真菌的命名起点都以 Linnaeus 的《植物的种》(1753)为根据(郑儒永,1981)。

帕松 C. H. Persoon(1761 ~ 1836)是这一时期最著名的真菌学家之一。他一生在真菌学方面著作颇丰,其中《真菌观察》(Observationes Mycologicae, 1796)、《真菌纲、目、科、属排列方法的尝试》(Tentamen Dispositionis Methodicae Fungorum in Classes, Ordines, Genera et Familias, 1797)、《真菌方法纲要》(Synopsis Methodica Fungorum, 1801)及《欧洲真菌》(Mycologia Europaea, 1822)成为了后来真菌学家的重要工作基础,这些著作中描述了大量属、种。如果说林奈在 18 世纪中叶对显花植物系统学做出了巨大贡献的话,那么,帕松和费里斯(Fries)在 18 世纪的后 50 年为真菌系统学的发展做出了巨大贡献,曾被称为真菌学中的“林奈”。

费里斯 E. M. Fries(1794 ~ 1878)与林奈是同乡,都曾在瑞典 Växjö 读过书,也曾在隆德大学(University of Lund)学习。Persoon(1801)发表《真菌方法纲要》时,Fries 才 7 岁。Fries 也是一位多产的真菌学理论家。他发表的《真菌系统》(共 3 卷)(Systema Mycologicum, Sistens Fungorum Ordines, Genera, et Species, 1821)和《欧洲层菌》(Hymenomycetes Europaei, 1874)中描述了 5 000 余种真菌。他对真菌具有广泛而熟识的知识,尤其在伞菌、多孔菌及腹菌分类方面的工作为以后的真菌分类打下了基础。他的《真菌系统》和帕松的《真菌方法纲要》对大型真菌的分类具有重大意义。Fries 是伟大的真菌学家,他一家四代都研究真菌和地衣,当代则仅见于日本平塚一家(Hiratsuka, 1980)。

在这一时期,还有许多著名的真菌学家,在真菌分类学研究方面做出了许多开拓性的工作。如 Anderson(1763)是第一个将地衣与真菌联系在一起的人。法国的 Lévillé(1837)阐明了担子的结构,从此将担子菌和子囊菌划清了界线。

三、近代真菌学阶段(1851 ~ 1950 年)

进入 19 世纪中叶,资本主义工业化革命时代的到来,极大地促进了科学的全面发展,尤其达尔文(C. Darwin, 1859)发表的《物种起源》(Origin of Species)影响了生物学的所有分支学科,生物进化的观点已被人们所接受。另外,巴斯德的乳酸发酵(1857)和丁酸发酵(1863)的经典试验,彻底粉碎了生物的自生论,从而为真菌学的进一步发展在理论上奠定了基础。

1. 真菌的多态性、个体发育和生活史

法国人 Louis-Ren Tulasne(1815 ~ 1885)在巴黎自然历史博物馆作助理自然学家时,他的弟弟 Charles Tulasne(1816 ~ 1884)也弃医来到自然历史博物馆,帮助哥哥从事植物学研究。凭借着他的绘画艺术天赋,与他的哥哥对真菌进行了深入细致的观察,用精美绘图记录于 1861 ~ 1865 年间发表的《真菌子实体图谱选》(Selecta Fungorum Carpologia),他们观察的准确性和绘图的精美都是空前的。他们兄弟二人对真菌学的主要贡献在于他们发现子囊菌具有两种孢子类型,即真菌的多型现象(pleomorphism)。与此同时,德国人狄巴利 de Bary(1854)也发现 *Aspergillus glaucus* 与 *Eurotium herbariorum* 具有联系,得出了同样的结论。

德国人狄巴利(Heinrich Anton de Bary)(1831 ~ 1888)和他的学生对多种真菌的分类及生活史进行了深入细致的研究,出版了大量专著,如《黑粉菌》(*Die Brandpilze*)(1853)、《地衣》(1859)。他论证了马铃薯晚疫病病菌 *Phytophthora infestans* 的致病性(1865),揭示了小麦秆锈菌 *Puccinia gra-*