



# 中国菌物

ZHONGGUO JUNWU

林晓民 李振岐 著  
侯 军 王少先

 中国农业出版社

# 中国菌物

林晓民 李振岐 侯一军 王少先 著

[ 菌 物 学 ]

中国农业出版社

## 内容简介

菌物包括真菌、黏菌、卵菌和丝壶菌，它们在形态、营养方式与生态上有许多相似之处，从而构成了一个关系十分密切的生物类群。本书阐述了菌物各主要类群的基本特征特性、在系统发育上的地位及分类体系，包括隶属于真菌界 (Fungi)、假菌界 (Chromista) 和原生动物界 (Protozoa) 中的 9 个门，17 个纲，45 个目，比较详细地记述了这些类群中 200 余属 400 余种 的形态特征、生态习性、经济意义和地理分布，这些属、种均是作者鉴定过且在中国有分布的菌物。全书有照片 2 000 余幅，其中显微照片 1 600 余幅、大型菌物子实体照片和其他反映菌物特征特性的照片 400 余幅，这些照片均是作者在研究菌物的过程中拍摄的，它们更直观地反映了中国菌物的一些基本信息。对于进一步开展这一领域的研究，以及保护和可持续地利用中国菌物资源、控制菌物危害，本书具有重要的参考价值。

[ 中国菌物 ]

中国农业大学出版社

# 序

在沃森 (Watson) 和克里克 (Crick) 于 1953 年提出 DNA 的反向平行双螺旋模型并由维尔金斯 (Wilkins) 通过 X 射线衍射研究证实之后, 分子生物学的发展被带入了突飞猛进的高速轨道。分子生物学的高速发展促进了生命科学的革命性变化; 改变了并正在继续改变人类关于生命结构的旧有观念; 开启了并正在继续开启人类关于生命功能的新视野, 从而将生命科学推进新的 21 世纪——生命科学的世纪。


《中国菌物》的作者在生命科学高速发展中紧跟人类关于真核菌类生物知识的不断更新步伐, 将旧观念中的真菌界, 新观念中的真菌界以及相关类群之间的关系与“菌物”的概念, 从系统发育生物学角度进行了清楚而精辟的阐述。这是我读到的第一部对此问题具有如此精辟阐述的中文版著作, 实在可喜可贺!

著作中包括了除真菌界 (Fungi) 成员以外, 还纳入了与真菌界亲缘关系虽远, 却貌似近似的管毛生物界 (Chromista) 的假菌 (Pseudofungi) 以及原生动物界 (Protozoa) 的黏菌 (Slime moulds) 等。由于这些真核菌类生物, 即菌物, 一直是由真菌学家进行研究的, 《中国菌物》中包括了这些成员, 因而是一部名实相符的杰作。

著作中包括了 400 多种, 分隶于 200 个属。作者基于多年的研究, 对于这些菌物的形态特征、生态习性和经济意义进行了描述; 配有 2 000 多幅精美照片, 尤其是大量的显微照片, 则是同类著作中所少见。

《中国菌物》的问世, 无论对菌物资源的研究与开发, 还是对于有害菌物的控制, 以及对于提高人们关于菌物中不同类群在系统发育生物学中的地位 and 概念的认识, 均具有重要的积极意义。

中国科学院院士  
中国菌物学会名誉理事长  
中国科学院微生物研究所研究员

 (魏江春)

2007 年 8 月 18 日  
北京

# 前言

菌物是一类很神秘的生物，它们的营养体都很微小，需借助于显微镜才能看清其结构，所以被作为微生物的一个类群。但有些菌物在一定的发育阶段，却能产生明显的大型菌体结构，如大型的黏菌复合体、各种各样的蘑菇、马勃等，树舌灵芝甚至可产生直径超过1米的子实体，茯苓、雷丸可产生数十千克的菌核，因而有人提出质疑，它们也能算是微生物吗？更重要的问题是，在相当长的一段时期内，人们把菌物视为来自同一个祖先的单系类群，统称为“真菌”，直到20世纪80年代末，根据对这类生物分子生物学和超微结构等方面的研究成果，才认识到它们其实是由不同祖先的后裔组成的复系类群，并提出了新词汇“菌物”来代表包括真菌、黏菌、卵菌和丝壶菌在内的生物类群，而把“真菌”一词让位给八界生物分类系统中真菌界的成员。

人们对菌物的了解是非常缺乏和肤浅的，例如，古今中外因误食毒蘑菇而造成死亡的事件时有发生，过去有人曾总结了一些简单的识别毒蘑菇方法，如与银器共煮变黑者有毒；使牛奶凝固者有毒。其实，用这样的标准去鉴别蘑菇是否有毒是危险的，这些标准可能对个别的毒蘑菇适宜，但并不能作为区分蘑菇有毒与否的标准。1973年美国《时代周刊》曾报道了一件轰动一时、与菌物有关的新闻。当年美国的中东部特别潮湿，使得一种菌物——煤绒菌大量出现，其子实体被当地居民称为“泡泡”，并认为这种不明生长物可能是外星来客，从而在某些居民中引起了一阵恐慌。可见即使在美国这样被公认为科学比较发达的国家里，人们对菌物的了解也是非常缺乏的。美国著名菌物学家阿历索保罗等所著的经典性著作《菌物学概论》中有一段话，大意是说，菌物与人类的生产、生活有着非常密切的关系，而人们对菌物的了解却很少，菌物学家都是最蹩脚的宣传员。

尽管整体上人们对菌物的了解还很不够，但还是有一些科学家在对菌物的研究中做出了非常卓越的成就。菌物也不仅仅是菌物学家所感兴趣的生物，许多生理学家、生物化学家和遗传学家都以菌物为材料开展了许多卓有成就的研究工作。例如，通过以脉孢菌为实验材料的一系列研究，奠定了单倍体遗传学的基础，并在基因控制酶的方式及相关生化代谢途径的研究中取得了很重要的进展，遗传学家 G. Beadle 和生物化学家 B. Tatum 因此获得了诺贝尔奖。

我自己长期从事植物病理学研究，切身感到了菌物与人们生活的密切关系，马铃薯晚疫病、小麦锈病、麦角病、葡萄霜霉病这些曾对人类历史进程产生过重大影响的植物病害都是由菌物引起的。事实上，菌物是最重要的植物病原生物，植物病理学就是在对由菌物引起的马铃薯晚疫病的研究中诞生的。过去由于人们对小麦锈菌群体的毒性变异缺乏认识，对抗病品种的利用不够科学，致使一批批抗病品种在利用中迅速丧失抗性，给国民经济和人们生活造成了很大的损失。现在虽对这一问题有了比较科学的认识，但仍有许多其他的问题需要研究，菌物引起的植物病害问题仍然很严重。

菌物的种类很多，估计世界上菌物的物种总数有 150 万余种，是地球生物多样性的重要组成部分，利用与保护菌物的多样性是科学工作者面临的两大课题，目前人类面临的许多问题都可能通过对菌物多样性的开发利用得到解决。现在已有许多科学工作者正在研究从菌物中提取对人类具有重要价值的物质，包括药物、食品、化工原料等，但有相当一部分这类研究者对菌物的多样性缺乏了解，研究中应用的菌物材料非常有限。另外，由于人类对环境的过度影响，使一些菌物处于濒危状态。以文字和照片的形式把各种各样菌物的形态特征、生物学习性记录下来是很有意义的工作。林晓民教授曾先后作我的硕士和博士研究生 6 年，博士研究生毕业后也一直与我保持着密切的联系，他长期从事菌物方面的科学研究，采集和鉴定了许多菌物种类，拍摄了大量的菌物显微照片和大型菌物子实体照片，受教育部长江学者和创新团队发展计划（200558）等资助，对一些菌物类群进行了较系统的探索，为了撰写本书，还做了一些专门的野外和实验室研究工作，根据这些资料并结合相关研究进展我们撰写了本书。希望本书的出版能对保护和可持续地利用菌物资源、控制菌物危害起到积极的促进作用。

李振球

（中国工程院院士、西北农林科技大学教授）

# 目录

序	100
前言	101
<b>1 菌物及其类群</b>	<b>1</b>
1.1 “菌物”概念的提出与“真菌”涵义的变化	1
1.2 菌物各类群在系统分类学上的地位	3
1.3 菌物的物种多样性	4
<b>2 真菌的基本特征与分类体系</b>	<b>6</b>
2.1 真菌的基本特征	6
2.2 真菌的分类体系	39
<b>3 壶菌门 Chytridiomycota</b>	<b>42</b>
3.1 壶菌的基本特征特性	42
3.2 壶菌纲 Chytridiomycetes	43
3.2.1 壶菌目 Chytridiales	43
3.2.2 芽枝霉目 Blastocladales	45
<b>4 接合菌门 Zygomycota</b>	<b>46</b>
4.1 接合菌的基本特征特性	46
4.2 接合菌纲 Zygomycetes	46
4.2.1 毛霉目 Mucorales	46
4.2.2 球囊霉目 Glomales	55
<b>5 子囊菌门 Ascomycota</b>	<b>58</b>
5.1 子囊菌的基本特征特性	58
5.2 半子囊菌纲 Hemiascomycetes	59
5.2.1 内孢霉目 Endomycetales	59
5.2.2 外囊菌目 Taphrinales	60
5.3 不整囊菌纲 Plectomycetes	61
5.4 核菌纲 Pyrenomycetes	62
5.4.1 白粉菌目 Erysiphales	62
5.4.2 小煤炱目 Meliolales	78

5.4.3	炭角菌目 Xylariales	82
5.4.4	肉座菌目 Hypocreales	91
5.4.5	麦角菌目 Clavicipitales	94
5.4.6	间座菌目 Diaporthales	98
5.5	腔菌纲 Loculoascomycetes	100
5.5.1	格孢腔菌目 Pleosporales	100
5.5.2	缝裂菌目 Hysteriales	100
5.5.3	星盾炱目 Asterinales	101
5.6	虫囊菌纲 Laboulbeniomyces	102
5.7	盘菌纲 Discomycetes	103
5.7.1	盘菌目 Pezizales	104
5.7.2	星裂盘菌目 Phacidiales	112
5.7.3	柔膜菌目 Helotiales	113
5.7.4	地衣	115
<b>6</b>	<b>担子菌门 Basidiomycota</b>	122
6.1	担子菌的基本特征特性	122
6.2	冬孢菌纲 Teliomycetes	124
6.2.1	锈菌目 Uredinales	124
6.2.2	黑粉菌目 Ustilaginales	143
6.3	层菌纲 Hymenomycetes	154
6.3.1	银耳目 Tremellales	155
6.3.2	木耳目 Auriculariales	156
6.3.3	隔担菌目 Septobasidiales	158
6.3.4	花耳目 Dacrymycetales	159
6.3.5	胶膜菌目 Tulasnellales	160
6.3.6	非褶菌目 Aphyllphorales	161
6.3.7	伞菌目 Agaricales	187
6.4	腹菌纲 Gasteromycetes	241
6.4.1	鬼笔目 Phallales	242
6.4.2	马勃目 Lycoperdales	246
6.4.3	硬皮马勃目 Sclerodematales	253
6.4.4	鸟巢菌目 Nidulariales	256
6.5	菌根	259
<b>7</b>	<b>半知菌类 Fungi Imperfecti</b>	265
7.1	半知菌的基本特征特性	265
7.2	丝孢纲 Hyphomycetes	266
7.2.1	无孢菌目 Agonomycetales	266
7.2.2	丝孢目 Hyphomycetales	267
7.2.3	瘤座孢目 Tuberculariales	288



7.2.4 束梗孢目 Stibellales .....	290
7.3 腔孢纲 Coelomycetes .....	291
7.3.1 黑盘孢目 Melanconiales .....	292
7.3.2 球壳孢目 Sphaeropsidales .....	295
<b>8 微孢子虫门 Microspormycota .....</b>	<b>307</b>
8.1 微孢子虫的基本特征特性 .....	307
8.2 微孢子虫在系统发育上的地位 .....	308
<b>9 黏菌门 Myxomycota .....</b>	<b>309</b>
9.1 “黏菌”的异源类群 .....	309
9.2 黏菌的基本特征特性 .....	310
9.3 黏菌纲 Myxomycetes .....	312
9.3.1 发网菌目 Stemonitales .....	312
9.3.2 团毛菌目 Trichiales .....	313
9.3.3 鹅绒菌目 Ceratiomyxales .....	317
<b>10 根肿菌门 Plasmodiophoromycota .....</b>	<b>319</b>
10.1 根肿菌的基本特征特性 .....	319
10.2 根肿菌纲 Plasmodiophoromycetes .....	319
<b>11 卵菌门 Oomycota .....</b>	<b>322</b>
11.1 卵菌的基本特征特性 .....	322
11.2 卵菌纲 Oomycetes .....	322
11.2.1 水霉目 Saprolegniales .....	322
11.2.2 霜霉目 Peronosporales .....	323
菌物拉丁学名索引 .....	333
菌物汉语名称索引 .....	342
参考文献 .....	350
菌物探索 30 年 (代后记) .....	357

# 1 菌物及其类群

[ 中 国 菌 物 ]

## 1.1 “菌物”概念的提出与“真菌”涵义的变化

“菌物”是20世纪90年代以后才出现的汉语新词汇，它是一类生物的统称，在“菌物”这一术语产生之前，这类生物被统称为“真菌”。“菌物”这一术语产生之后，并没有取消“真菌”一词，但“真菌”一词在现代分类学上的涵义和历史上的涵义已经有所区别。目前，“菌物”和“真菌”这两个术语都被广泛地应用着，但它们的涵义不同，“菌物”包含着“真菌”。“菌物”一词的产生和“真菌”涵义的变化与人们对生物系统发育关系认识的变化有关。

最古老的生物分界系统是1753年林奈建立的动、植物两界系统。在这一系统中，过去概念上的“真菌”（也就是现代意义的“菌物”）被隶属于植物界，这种分类系统从林奈时代直到20世纪50年代，一直得到绝大多数学者的公认。

1959年Whittaker建立了包括植物界、动物界、原生生物界和真菌界的四界生物分类系统，首次将过去概念上的“真菌”独立为一个界——真菌界，1969年Whittaker又将其建立的四界分类系统调整为包括原核生物界、原生生物界、植物界、动物界和真菌界的五界分类系统。为了将这一“真菌界”与现代意义上的真菌界相区别，在这儿我们将其称为“旧真菌界”，在《菌物词典》第

7版（1983）的分类系统中，旧真菌界纲以上的分类体系如下：

- 真菌界 Kingdom Fungi
  - 黏菌门 Myxomycota
    - 原生黏菌纲 Protosteliomycetes
    - 鹅绒黏菌纲 Ceratiomyxomycetes
    - 网柄黏菌纲 Dictyosteliomycetes
    - 集胞黏菌纲 Acrasiomycetes
    - 黏菌纲 Myxomycetes
    - 根肿菌纲 Plasmodiophoromycetes
    - 网黏菌纲 Labyrinthulomycetes
  - 真菌门 Eumycota
    - 鞭毛菌亚门 Mastigomycotina
      - 壶菌纲 Chytridiomycetes
      - 丝壶菌纲 Hyphochytridiomycetes
      - 卵菌纲 Oomycetes
    - 接合菌亚门 Zygomycotina
      - 接合菌纲 Zygomycetes
      - 毛菌纲 Trichomycetes
    - 子囊菌亚门 Ascomycotina (未分纲)
    - 担子菌亚门 Basidiomycotina
      - 层菌纲 Hymenomycetes
      - 腹菌纲 Gasteromycetes
      - 锈菌纲 Urediniomycetes
      - 黑粉菌纲 Ustilaginomycetes
    - 半知菌亚门 Deteromycotina
      - 丝孢纲 Hyphomycetes
      - 腔孢纲 Coelomycetes

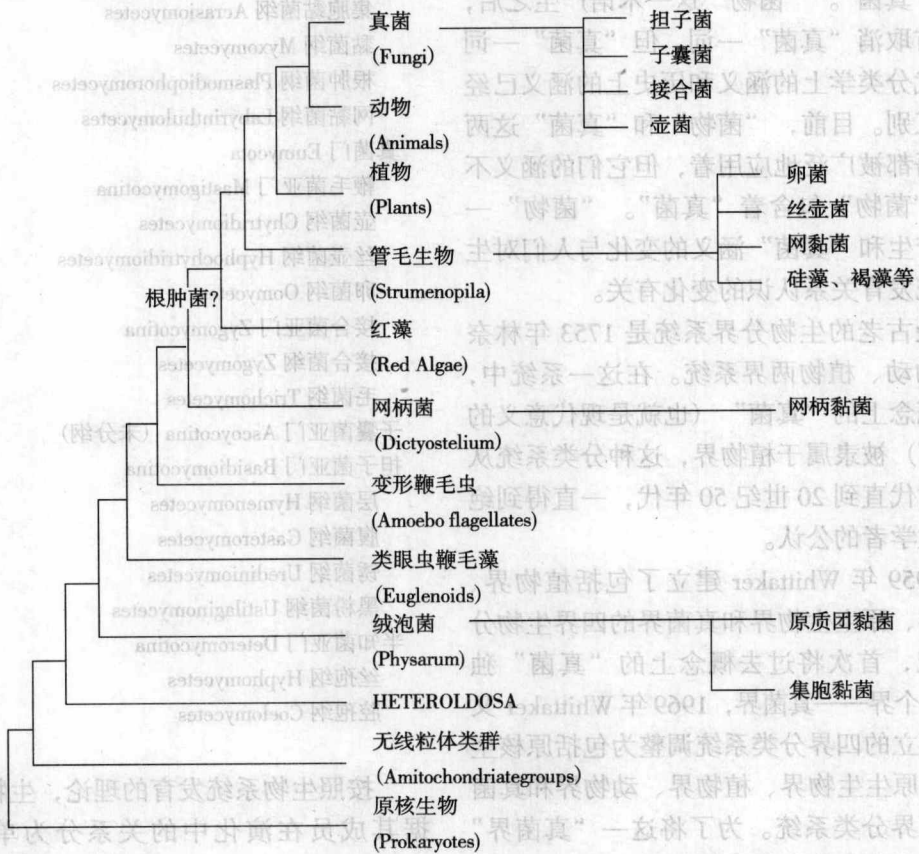
按照生物系统发育的理论，生物类群根据其成员在演化中的关系分为单系类群（monophyletic group）、偏系类群（paraphyletic group，也叫并系类群）和复系类群

(polyphyletic group) 三种类型。单系类群由同一个祖先的全部后裔构成；偏系类群由同一祖先的部分后裔组成；复系类群由不同祖先的后裔组成，这种类群也被称为异源类群 (heterogeneous group)。

根据现代生物系统学的研究成果，特别是依据 rDNA 分子序列的比较，发现 Whittaker (1969) 五界分类系统中的真菌界其实是一个复系类群，其中的卵菌纲、黏菌门和丝壶菌纲的成员与现代意义的真菌亲缘关系较远 (见图“显示旧真菌界多元状态复系类群的生物系统”)。

“显示旧真菌界多元状态复系类群的生物系统”一图显示了旧真菌界主要类群在系统分类学上的地位。该系统是根据不同生物

核糖体小亚基中 rRNA 的基因序列建立的。从该图可以看出，由现代意义的真菌、卵菌、黏菌和丝壶菌组成的旧真菌界显然是一个由不同祖先的后裔组成的复系类群 (polyphyletic group) 或称为异源类群 (heterogeneous group)；由担子菌、子囊菌、接合菌和壶菌组成了一个单系生物类群；卵菌、丝壶菌、网黏菌、硅藻和褐藻等也组成一个单系生物类群；而所谓的“黏菌”本身也是来自不同祖先的复系类群。真菌和动物也组成了一个单系生物类群，但人们还没有对这个生物类群给出一个名称。过去人们把真菌归于植物界，这个植物界是一个偏系类群，因为植物和真菌的共同祖先的一些后裔，也即动物被排除在这个类群之外。



显示旧真菌界多元状态复系类群的生物系统

卡瓦利—史密斯(Cavalier-Smith, 1981, 1987, 1988) 根据生物系统学的研究进展, 提出了如下的生物八界分类系统:

细菌总界 Empire Bacteria

1. 真细菌界 Kingdom Eubactetia

2. 古细菌界 Kingdom Archaeobacteria

真核总界 Empire Eukaryota

3. 原始动物界 Kingdom Archezoa

4. 原生动动物界 Kingdom Protozoa

5. 植物界 Kingdom Plantae

6. 动物界 Kingdom Animalia

7. 真菌界 Kingdom Fungi

8. 假菌界(藻界) Kingdom Chromista

八界分类系统中的真菌界与 Whittaker (1969) 五界分类系统中的真菌界有明显的差异, 卵菌、黏菌和丝壶菌已被从真菌界中排除, 它们分别被归于原生动物界(Protozoa) 和假菌界(Chromista)。

虽然现代意义的真菌、卵菌、黏菌和丝壶菌没有共同的进化历史, 然而, 习惯上这些生物一直是由真菌学家研究的, 并且它们确实在形态、营养方式与生态上形成了一个关系十分密切的类群, 所以通常仍将它们作为一个复系类群出现在专业著作中。在我国, 裘维蕃(1991) 建议用“菌物”代表包括卵菌、黏菌、丝壶菌和八界生物分类系统中真菌界成员的复系生物类群, 而把“真菌”一词让位给八界分类系统中真菌界的成员。这一建议符合学科发展的需要, 有利于教学、科研和学术交流, 已被我国广大生物学工作者采用, 1993年“中国真菌学会”正式更名为“中国菌物学会”。

综上所述, 菌物包括真菌、卵菌、黏菌和丝壶菌, “菌物”和现代意义上的“真菌”这两个术语包含的生物类群不仅仅是范围大小不同, 而且有本质上的区别。现代意义上的“真菌”是一个单系类群, 而“菌

物”则是一个复系类群, 或叫异源类群。

## 1.2 菌物各类群在系统分类学上的地位

在现代生物分类系统中, 统称为“菌物”的真菌、卵菌、黏菌和丝壶菌分别隶属于如下3界12个门:

真菌界 Kingdom Fungi

壶菌门 Chytridiomycota

接合菌门 Zygomycota

子囊菌门 Ascomycota

担子菌门 Basidiomycota

微孢子虫门 Microspora

假菌界(藻物界) Kingdom Chromista

卵菌门 Oomycota

丝壶菌门 Hyphochytridiomycota

网黏菌门 Labyrinthulomycota

原生动物界 Kingdom Protozoa

黏菌门 Myxomycota

集胞黏菌门 Acrasiomycota

网柄黏菌门 Dictyosteliomycota

根肿菌门 Plasmodiophoromycota

真菌界的成员全部属于菌物, 而原生动物界和假菌界的成员则不全是菌物, 如假菌界中的硅藻、褐藻和金藻等。区分真菌界、原生动物界和假菌界中菌物的检索表如下:

1. 营养方式为吞食 ..... 原生动物界 Protozoa
- 1' 营养方式非吞食 ..... 2
2. 游动孢子的鞭毛具有鞭茸, 细胞壁成分为纤维素 ..... 假菌界(藻物界) Chromista
- 2'. 如有游动孢子, 其鞭毛不具鞭茸, 细胞壁成分为几丁质 ..... 真菌界 Fungi

原生动物界(Protozoa) 大多为单细胞生物, 营养体无细胞壁, 为裸露的原生质, 变形体状, 或几个变形体聚集成大的变形体。

纤毛不刚硬，非管状。如果有叶绿体，则不含淀粉和藻胆体 (phycobilisome)，具有柄状的类囊体 (thylakoid) 和三层膜。有些原生动物为多细胞生物，其细胞有很低程度的分化，在不同的上皮 (epithelia) 间缺少可互相拼连的组织贯穿中间。Cavalier-Smith (1993) 在原生动物界下分 18 门，按传统的观点，属于菌物的原生动物只有虫菌门 (Mycetozoa)。《菌物词典》第八版中的分类系统将属于菌物的原生动物归在集胞黏菌门 (Acrasiomycota)、网柄黏菌门 (Dictyosteliomycota)、黏菌门 (Myxomycota) 和根肿菌门 (Plasmodiophoromycota) 四个门。这四个门的生物都曾经被称为“黏菌”，但并未发现它们之间具有密切关系的证据，也不清楚什么类群与它们具有最接近的亲缘关系。目前看来，原生动物界其实是一个由不同祖先的后裔组成的复系类群。

假菌界 (藻物界) (Chromista, 又称 Heterokonta, Pseudofungi, Straminopiles) 具丝状生物体，细胞壁不含几丁质和  $\beta$ -葡聚糖，主要成分为纤维素。如果有叶绿体，通常位于粗糙内质网的胞腔中，不含淀粉和藻胆体。包括属于菌物的卵菌门 (Oomycota)、丝壶菌门 (Hyphochytridiomycota)、网黏菌门 (Labyrinthulomycota) 和不属于菌物的一些具叶绿素 a 和叶绿素 c 的藻类如硅藻、褐藻等，其中网黏菌门 (Labyrinthulomycota) 的成员也曾被通称为黏菌。

真菌界 Fungi 包括担子菌门

(Basidiomycota)、子囊菌门 (Ascomycota)、接合菌门 (Zygomycota)、壶菌门 (Chytridiomycota) 和未发现性阶段的有丝分裂孢子真菌 (Mitosporic fungi)，它们构成一个单系的生物类群，通过一个类似于领鞭虫类 (choanoflagellate-like) 的祖先与动物有密切的关系。

### 1.3 菌物的物种多样性

菌物的种类很多，是地球生物多样性的的重要组成部分。目前世界上已发表的菌物名称约有 12 万余，但其中有许多是同物异名，据权威性科学资料，目前已知的菌物约有 70 000 余种，估计世界上菌物的物种总数约为 1 500 000，从物种数目上评价，菌物是地球上仅次于昆虫的第二大生物类群 (表 1)。《菌物词典》第八版中列出了真菌界 (Fungi)、原生动物界 (Protozoa) 和假菌界 (Chromista) 中已知菌物的属种数目，现摘录在表 2。

表 1 地球上部分生物类群的已知种数与估计种数

类 群	已知种数 (万)	估计种数 (万)
昆虫	95.0	800.0
菌物	7.2	150.0
细菌	0.4	100.0
藻类	4.0	40.0
高等植物	27.0	32.0
原生动物	4.0	20.0
鱼类	1.9	2.4
鸟类	0.9	0.95

表 2 菌物各类群的已知属种数目

类 群	属	种	属	种
原生动物界 (Protozoa)	98	822		
集胞黏菌门 (Acrasiomycota)			4	12
网柱黏菌门 (Dictyosteliomycota)			4	46
黏菌门 (Myxomycota)			74	719
根肿菌门 (Plasmodiophoromycota)			16	45
假菌界 (Chromista)	115	760		
卵菌门 (Oomycota)			95	694

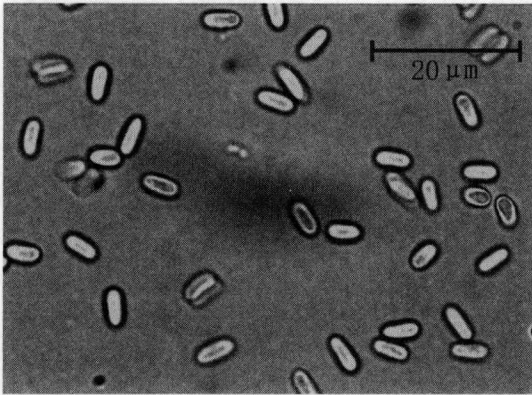


## 2 真菌的基本特征与分类体系

[ 中 国 菌 物 ]

### 2.1 真菌的基本特征

正如本书前一部分所述,长期被真菌学家研究的、一直被称为真菌的这一生物类群,其实是一个多元的复系类群,根据分子生物学和超微结构等方面的研究结果,发现过去被当作真菌的卵菌、黏菌和丝壶菌在进化历史的早期已与现代意义的真菌分离,它们不应被称作真菌。在新的生物分界系统中,卵菌、丝壶菌和黏菌都已从真菌界剔除。另一方面,过去一直未被当作真菌的一些生物,如曾被归在原生动物中的微孢子虫(Microsporidia),根据现代生物系统学的研究结果,它们与真菌具有很近的亲缘关系,美国生物技术信息中心(NCBI)2002年已将微孢子虫归类于真菌。



微孢子虫——曾被归在原生动物中,现归类于真菌

要给真菌这一生物类群下一个确切的定

义是不容易的,因为对生物的种类、个体研究得越多,生物类群的范围就显得越宽广,类群间在性状上的交叉就越明显,想对一个生物类群划定界限就越困难。

根据目前的研究,多数真菌学家认为真菌是具有一类特征的一类生物:①细胞中具有真正的细胞核,没有叶绿素;②生物体大都为分枝繁茂的丝状体;③细胞壁中含有几丁质;④通过细胞壁吸收营养物质,对于复杂的多聚化合物可先分泌胞外酶将其降解为简单化合物再吸收;⑤主要以产生孢子的方式进行繁殖。

#### (一) 真菌菌体的基本类型

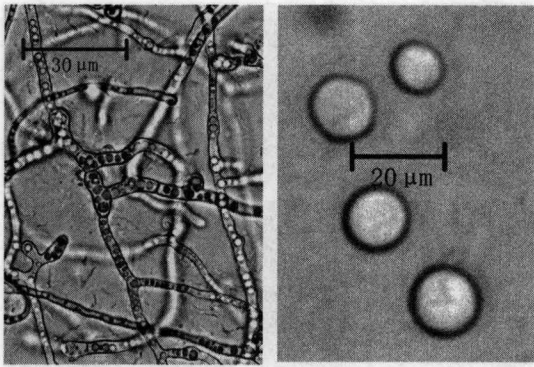
真菌的菌体根据其结构与功能可分为营养体、孢子和子实体三种类型。

##### (1) 真菌的营养体

真菌营养体的形态多种多样,大体上可分为4种类型:

**菌丝体:**为多分枝的丝状体。绝大多数真菌的营养体为菌丝体,因真菌种类和环境条件的不同,菌丝体又有各种各样的变化,后面将对菌丝体做详细论述。

**酵母状菌体:**为球形、卵形、圆柱形及与球形、卵形、圆柱形近似形状的单细胞菌体。有些文献上称这类菌体为单细胞菌体,由于丝状菌体也可能属于单细胞,所以用“单细胞菌体”这一概念来表示这类菌体不很确切。因为酵母菌营养体的主要形式是这类单细胞菌体,所以称其为酵母状菌体比较合适。关于酵母状菌体后面也将专门论述。



菌丝体 (左) 与酵母状菌体 (右)

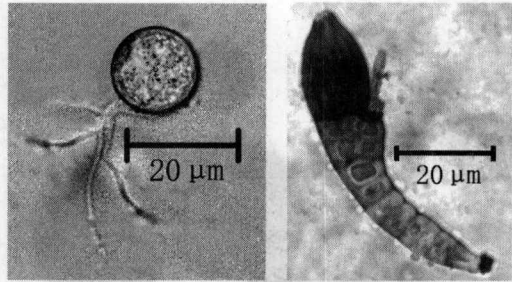
具须的单细胞菌体：这类菌体上有一个球形或近球形的部分，在球形或近球形部分的基部有须状体，须状体为无细胞核的根状菌丝（也称为假根），靠须状体将菌体固着在基物上。这类菌体很少，仅见于一些壶菌中。

虫囊菌体：这是寄生于昆虫体外的虫囊菌纲真菌特有的菌体，是由双细胞的子囊孢子发育而成的，由营养体和繁殖器官共同构成。

由子囊孢子发育成虫囊菌体的过程大致如下：在适宜的条件下，传播到寄主体上的虫囊菌子囊孢子开始萌发，基细胞变大，基部的鞘变暗，形成吸盘状器官，称为脚胞。从脚胞下表面产生不分枝的细小丝状体，以此细小丝状体通过寄主的皮孔或穿过寄主的体壁吸收营养。寄生关系建立后，在寄主体外的子囊孢子细胞迅速分裂，形成菌托，在菌托上形成雄性器官、子囊壳和附属丝。

## (2) 真菌的孢子

孢子是真菌的繁殖体，其作用类似于植物的种子。植物的种子发芽形成植株，真菌的孢子萌发产生芽管。芽管实际上就是从孢子萌发生出的一段短菌丝，然后通过这段短菌丝的分枝、伸长，从而形成繁茂的菌丝体。通过产生孢子，能使真菌产生新个体、



具须的单细胞菌体 (左) 与虫囊菌体 (右)

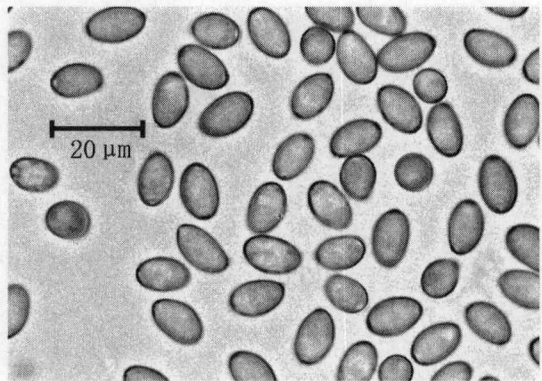
扩大群体数量。此外，许多真菌的孢子还具有抵御不良环境和有利于传播的作用，这对于保证物种的延续是很重要的。绝大多数真菌的孢子都很小，只有借助于显微镜才能看到，也有一些真菌孢子大到肉眼可以看到，但要看清其结构，还须借助于显微镜。

孢子是真菌繁殖的结果，因真菌种类和繁殖方式的不同，产生的孢子可有很大的差异。

真菌的生殖方式包括无性生殖、有性生殖和准性生殖，其中无性生殖是最普遍的生殖方式，几乎所有的真菌都可以通过无性生殖繁殖后代。有性生殖也是很普遍的生殖方式，大多数真菌都可以进行有性生殖。准性生殖仅限于个别真菌的个别时期。

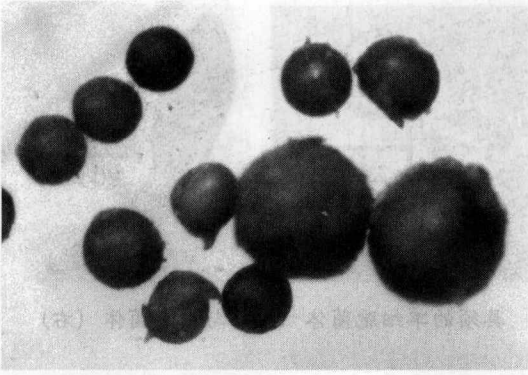
## (3) 真菌的子实体

有些真菌可通过菌丝断裂直接形成孢

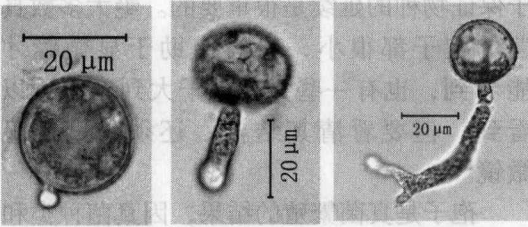


一种伞菌的担孢子

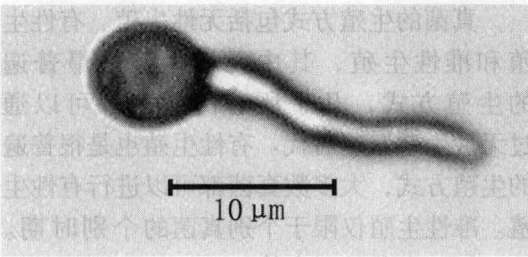




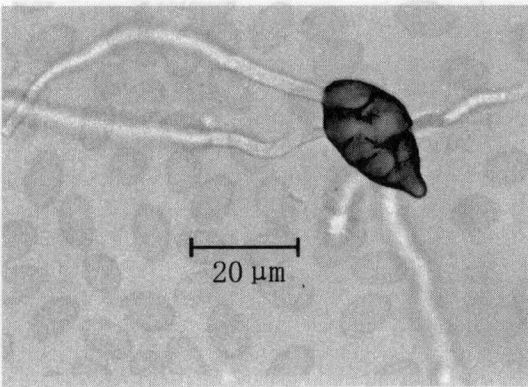
一种内生菌根菌的孢子  
这种内生菌根菌的孢子大到肉眼可以看到



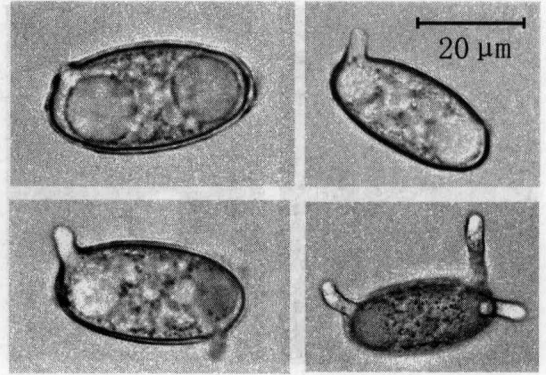
一种锈菌的夏孢子萌发过程



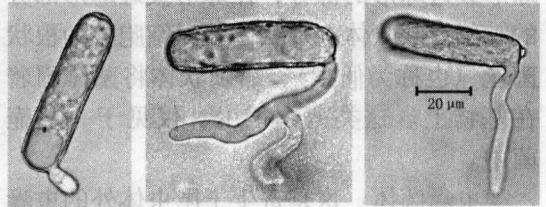
一种真菌的孢子萌发



一种链格孢菌 (*Alternaria* sp.) 的孢子萌发



紫薇白粉菌 (*Oidium* sp.) 分生孢子的萌发过程



旋花白粉菌 (*Erysiphe convolvuli* DC.) 分生孢子的萌发过程

子, 仅以这种方式产生孢子的真菌没有营养体与繁殖器官的分化, 菌丝体担负着营养体和繁殖器官的双重作用。但大多数真菌的孢子是产生于被称为子实体的结构上。子实体是真菌产生孢子的结构, 其功能与植物果实的功能相类似, 果实产生植物的种子, 子实体产生真菌的孢子。

不同种类的真菌以及同种真菌在不同阶段 (如有性生殖阶段、无性生殖阶段) 产生的子实体可以有很大的差异。有些子实体的结构非常简单, 例如分生孢子梗, 是与菌丝相类似的结构, 孢子产生于其顶端或侧面。另有一些子实体结构比较复杂, 结构复杂的子实体也被称为孢子果, 其中子囊菌和担子菌的孢子果分别被称为子囊果和担子果。

结构简单的子实体其个体都很微小, 需