

真菌分类学

邵力平 沈瑞祥 张素轩 项存悌 谭松山 编



森林保护专业用

序 言



研究生物科学所涉及的问题是多方面的,其中首要的问题,是正确确定每一种被研究对象的物种,并尽可能地阐明它们的系统分类的位置,以明确其亲缘关系。然而,任何一位研究工作人员,在鉴定物种时经常要遇到一定的困难,克服这种困难的途径,主要是要求鉴定者具备系统的分类学知识和丰富的实践经验。我们编写本书的目的,是向大学生们提供真菌分类的知识,希望大学生们在教师的指导下,很好地利用本书,到自然界中去多采标本研究新鲜材料,以使立志钻研真菌分类知识的学生,得到较多的收获。当然本书也可以供研究真菌和利用真菌的人们参考,这样提法也许不算过分。

本书按 Ainsworth (1973) 的真菌分类大纲,系统地并略有选择地介绍鞭毛菌亚门、接合菌亚门、子囊菌亚门、担子菌亚门和半知菌亚门的纲、目、科、属的分类知识,在本书收入的属中,尽可能地列举一些常见种和重要种,也收入了少数新属和新种,供读者参考。全书显然是以形态分类学为主体的,但也适当地涉及到有关类群的生理、生态特性、可能的演化关系和经济意义。在经济意义方面,包括植物病原真菌、人和动物的病原真菌、药用真菌、食用真菌、木材腐朽菌、工业真菌、菌根菌和某些地衣真菌等,显然仍以植物病原真菌居多。

本书编者的分工是,东北林学院邵力平——主编,绪论(并绘图);北京林学院沈瑞祥——鞭毛菌亚门和接合菌亚门(并绘图);南京林学院张素轩——子囊菌亚门(由张世经等绘图);东北林学院项存悌——担子菌亚门(由王英男、刘中华、戴千绘图);中南林学院谭松山——半知菌亚门(由彭中华绘图)。初稿完成后,1980年由东北林学院铅印成书在林业院校森林保护专业试用。

1982年,由全国森林保护专业教材编委会邀请王云章、周仲铭、李传道、刘世骥、焦毓平等各位先生,对本书进行审校,对编者给以热情的鼓励,并提出很好的建设性意见,细致地指正全文,后经编者进行修改并作必要的增删之后,才定稿出版。在此谨向参加审稿的诸位先生以及热情关心积极支持本书编写工作的同志们,致以诚挚的谢意。

由于我们的知识有限,本书必有错漏与不足之处,敬请读者指正。

邵力平

东北林学院

黑龙江省哈尔滨市

1983年3月

三、外囊菌目 [Taphrinales]	71
第三节 不整子囊菌纲[Plectomycetes]	73
第五章 子囊菌亚门 [Ascomycotina] 核菌纲 [Pyrenomycetes] 及虫囊菌纲 [Laboulbeniomyces]	77
第一节 核菌纲的形态及分类	77
第二节 白粉菌目[Erysiphales]	79
第三节 小煤炱目[Meliolales]	85
第四节 冠囊菌目[Coronophorales]	88
第五节 球壳目[Sphaeriales]	89
第六节 虫囊菌纲 [Laboulbeniomyces].....	113
第六章 子囊菌亚门 [Ascomycotina] 腔菌纲 [Loculoascomycetes]	116
第一节 一般形态及分类	116
第二节 多腔菌目 [Myriangiales]	118
第三节 座囊菌目 [Dothideales]	121
第四节 格孢腔菌目 [Pleosporales].....	125
第五节 纵裂菌目 [Hysteriales]	131
第六节 半球腔菌目 [Hemisphaeriales].....	132
第七章 子囊菌亚门 [Ascomycotina] 盘菌纲 [Discomycetes]	135
第一节 一般形态及分类	135
第二节 梭绒盘菌目 [Medeolariales]	138
第三节 瘦果盘菌目 [Cyttariales]	139
第四节 块菌目 [Tuberales]	139
第五节 盘菌目 [Pezizales]	142
第六节 星裂盘菌目 [Phacidiales]	146
第七节 厚顶盘菌目 [Ostropales].....	150
第八节 柔膜菌目 [Helotiales].....	151
第八章 担子菌亚门 [Basidiomycotina] 概论, 冬孢菌纲 [Teliomycetes]	157
第一节 一般形态及分类	157
第二节 冬孢菌纲—锈菌目 [Uredinales]	165
第三节 冬孢菌纲—黑粉菌目 [Ustilaginales]	188
第九章 担子菌亚门 [Basidiomycotina] 层菌纲 [Hymenomycetes] (I) 木耳、银耳、隔担子、外担子、座担子、花耳、胶膜菌各目	196
第一节 一般形态及分类	196
第二节 银耳目 [Tremellales]	197
第三节 木耳目 [Auriculariales].....	200
第四节 隔担子菌目 [Septobasidiales]	201
第五节 外担子菌目 [Exobasidiales]	202
第六节 座担子菌目 [Brachybasidiales]	203
第七节 花耳目 [Dacrymycetales]	203
第八节 胶膜菌目 [Tulasnellales]	205

第十章 担子菌亚门 [Basidiomycotina] 层菌纲 [Hymenomycetes]	
(II) 非褶菌目概述及非孔状菌各科	207
第一节 一般形态及分类	207
第二节 非褶菌目 [Aphylllophorales]; 鸡油菌型的科 [Cantharelloid Family]	212
第三节 非褶菌目 [Aphylllophorales]; 革菌型的科 [Thelephoroid Families]	212
第四节 非褶菌目 [Aphylllophorales]; 杯状菌型的科 [Cupuloid Families]	218
第五节 非褶菌目 [Aphylllophorales]; 珊瑚菌型的科 [Clavarioid Families]	219
第六节 非褶菌目 [Aphylllophorales]; 齿菌型的科 [Hydnoid Families]	221
第十一章 担子菌亚门 [Basidiomycotina] 层菌纲 [Hymenomycetes]	
(III) 非褶菌目孔状菌各科	224
第一节 一般形态及分类	224
第二节 刺孢多孔菌科 [Bondarzewiaceae]	225
第三节 牛排菌科 [Fistulinaceae]	225
第四节 灵芝菌科 [Ganodermataceae]	226
第五节 刺革菌科 [Hymenochaetaceae]	228
第六节 多孔菌科 [Polyporaceae]	231
第十二章 担子菌亚门 [Basidiomycotina] 层菌纲 [Hymenomycetes]	
(IV) 伞菌目 [Agaricales]	247
第一节 一般形态及分类	247
第二节 伞菌各科中的重要属	258
第三节 与伞菌目有关系的腹菌目 [Hymenogastrales]	278
第十三章 担子菌亚门 [Basidiomycotina] 腹菌纲 [Gasteromycetes]	281
第一节 一般形态及分类	281
第二节 轴灰包目 [Podaxales]	283
第三节 鬼笔目 [Phallales]	283
第四节 马勃目 [Lycoperdales]	287
第五节 高腹菌目 [Gautieriales]	289
第六节 腹菌目 [Hymenogastrales]	290
第七节 黑腹菌目 [Melanogastrales]	291
第八节 鸟巢菌目 [Nidulariales]	292
第九节 硬皮马勃目 [Sclerodermatales]	294
第十节 柄灰包目 [Tulostomatales]	295
第十四章 半知菌亚门 [Deuteromycotina]	297
第一节 一般形态及分类	297
第二节 芽孢纲 [Blastomycetes]	303
一、隐球酵母目 [Cryptococcales]	303
二、掷孢酵母目 [Sporobolomycetales]	304
第三节 丝孢纲 [Hyphomycetes]	304
一、无孢目 [Agonomycetales]	305
二、丝孢目 [Hyphomycetales]	306

三、束梗孢目 (Stilbellales)318

四、瘤座孢目 (Tuberculariales)320

第四节 腔孢纲 (Coelomycetes)322

一、黑盘孢目 (Melanconiales)323

二、球壳孢目 (Sphaeropsidales)329

参考文献341

真菌学名索引346

第一章

绪论

第一节 什么是真菌

通常，植物学家惯用“没有根、茎、叶和叶绿素的低等植物”这样定义，来概括地解释真菌〔Fungus, Fungi (复数)〕这个词。其实这样的定义，除真菌外还应包括细菌和粘菌，因此就显得有些陈旧。现代植物学者和真菌学者，都把真菌解释为“有真正细胞核、没有叶绿素的生物，它们一般都能进行有性和无性繁殖，能产生孢子，它们的营养体通常是丝状的且有分枝的结构，具有甲壳质或纤维质的细胞壁，并且常常是进行吸收营养的生物”。

这个定义把真菌和不具真正细胞核且没有丝状营养体的细菌，明确地加以区别，同时也和那些以不具细胞壁的原生质团为营养结构的粘菌相区别。因而这是一个至今为止的较好的定义，易被多数人所接受。然而，这个定义也象其它许多定义一样，并不是完美无缺的。例如，有些真菌就没有丝状体的结构，而另外有少数真菌虽然有丝状体但不具细胞壁，这二例都不符合上述的定义。还有些藻类，确实没有叶绿素，单从这一点来看又非常符合上述的定义，但它们不是真菌，仍是藻类。

细菌和真菌与人类的关系非常密切，因而已经发展成为细菌学 (Bacteriology) 和真菌学 (Mycology) 两门独立的学科。至于粘菌，因为它对人类的重要性尚未充分揭示，一般认为它的重要性很小，所以对它的研究还没到成为独立学科的程度。根据传统的习惯，粘菌是由真菌学家来研究的。

真菌是一类数目庞大的细胞生物，据估计有十万或更多种，已被研究过且有文献可查的，至少有五千一百属，四万五千种。而一种真菌的个体数量，又非常巨大，由于它们具有多型性，繁殖速度较快，产孢数量又大，所以它们的个体数量常常是几何级数增长，以致多到无法计算的程度。

真菌具有古老的历史，遗憾的是它们的化石发现得极少。它们的分布非常广泛，从热带到寒带，从空气到水域，从沙漠到冰川地带的土壤，从动植物的活体到它们的尸体，从农林产品到它们的加工品，从家庭到工厂。总而言之，人们所能想到的地方，几乎都能找到真菌的踪迹，只是它们的种类大不一样，生活方式也不同。正因为真菌的种类多、个体数量大、分布广，所以它和人类的关系就十分密切。

第二节 真菌与人类的关系

真菌的系统研究不过一百八十年,但是自从有人类历史以来,真菌就早已存在并且与人类发生着有益和有害的关系,如果说人类的生活没有一天不是在真菌的帮助和干扰下渡过的,丝毫也不算过分。然而,非常遗憾的是已进入当今的原子时代,人们对真菌的认识,却还是极不普遍的。例如,每天总有为数不少的人,是在真菌的帮助下克服了疾病的折磨而恢复了健康,可是他们并不知道真菌是什么。又如从古至今,相当多的人,因误食毒菌而丧生,可悲的是人们不懂毒菌的知识,不能接受中毒丧生的教训,却相继走向死亡。可见真菌学家的宣传工作差到何等地步。

一、对人类有益的真菌

在地球生态系中,真菌作为分解者起着极端重要的作用。它们与细菌协力将大量的植物有机体分解还原至无机态,促进碳、氮、硫等元素的循环,不仅起了清洁工的作用,还帮助植物界建立起自体施肥体系。绿色植物光合作用所需的碳酸气,主要来自有机物的分解过程。植物的旺盛光合作用所释放的氧,又是人和动物时刻不可缺少的元素。

在森林中,有众多的树种和其它绿色植物,它们的根部或组织与真菌合伙形成菌根。菌根的形成相对地增大了树木吸收根的吸收面积,不断地吸水和吸养,同时还产生一些拮抗物质,抑制某些有害的菌种对树木的侵害,因此又可以说菌根是树木的天然保卫者。

当森林树种和粮食作物受到某些害虫的威胁时,白僵菌和拟青霉等真菌便会积极寄生在虫体上,引起害虫疫病的流行,从而保护了树木和农作物。捕食性真菌常常捕食土壤中的线虫,从而保护了植物免受线虫之害。还有些真菌寄生在有害的病原菌上,积极限制真菌对植物的危害。利用真菌产生的抗菌素,不仅是医务界临床应用的良药,并且应用在植物病害的防治上也是大有前途的。

在食品工业中,制做面包、酒类、用淀粉制糖,是绝对少不了真菌帮忙的。日常所用的酱油、食醋、豆腐乳、豆酱等副食品的加工也少不了真菌的作用。

在化学工业中,如甘油、柠檬酸、乳酸、葡萄糖酸、衣康酸、延胡索酸等有机酸的生产,都是通过真菌的发酵作用完成的。

中国出产的名贵药材,如茯苓、马勃、雷丸、虫草、灵芝、猪苓等,都是真菌的子实体。在现代的药物中,青霉素、灰黄霉素、头孢霉素等名目繁多的抗菌素类,都是利用真菌生产的药物。近年来,在猴头菌等真菌体中,发现了抗癌物质,其萃取液在医治癌症上发挥了令人高兴的疗效。

著名的食用菌,如香菇、草菇、鸡枞、羊肚菌、口蘑、松口蘑、蜜环菌、木耳、银耳、绣球菌、猴头菌、皱皮侧耳、金顶蘑、双孢蘑菇、朴菇、亚侧耳、虫草等,也都是真菌。食用菌不但味美,并且还有较高的营养价值。近年来又发现某些菌种有抗癌作用,

所以它们的价值更加珍贵，有些食用菌驰名中外，供不应求，因而在很多国家已建立起近代化的食用菌栽培厂，每年供应大量的食用菌。

近年来，许多科学家们发现真菌的生长和繁殖较快，在极短的时间内可以得到许多后代，所以都纷纷用真菌作工具来研究生物科学。真菌与高等植物不同，它们经过减数分裂后所产生的孢子，可以长成单倍体的个体，于是就给遗传学家提供了优越条件，进行性状分离的分析。加之，真菌可在试管中培养生长，所需空间和设备都小得多，极为方便。

二、对人类有害的真菌

一切野生的和栽培的植物都能被真菌侵害发生病害，造成一定的经济损失，甚至灾害。例如1845年前后，由于马铃薯晚疫病的流行，使欧美以马铃薯为主食的居民遭受灾害，仅爱尔兰岛的八百万居民中就有一百万人遭灾致死，一百六十四万人外逃至北美。1879年，由于葡萄霜霉病的流行，迫使法国酿酒业陷入停顿。1865年，在欧洲波罗的海沿岸流行白松疱锈病，不到一百年，欧洲各国引种的白松几乎全部毁之于该病。1909年又传到北美，给美国森林造成极大威胁。1950年中国流行过小麦锈病，小麦减产一百二十亿斤。中国北方的苹果，因腐烂病的危害，曾大幅度地减产。在产麦区年年流行黑粉病，北方各省的杨树锈病、烂皮病，所造成的损失，都是惊人的。真菌病害对林区的危害更大，除损失大量的木材和林副产品外，因为森林被破坏造成水土流失，风沙四起，减少供氧量，将发生不可估量的后患。

真菌引起的人和动物的病害，虽然没有细菌病和病毒病那样多，那样严重，但也不可忽视。如人的头癣、体癣、甲癣、脚癣，是非常普遍的疾病。隐球酵母引起的脑炎和拟肺结核，都是使人致死的疾病。世界各地流行的牛、羊、狗的山谷热，也是真菌引起的传染病。

有许多真菌含有毒性物质，通过各种方式被摄入人和动物体内后就会中毒，轻则致病，重则致死。中国已报道的毒蘑菇达八十多种，中毒症状各异，常见腹鸣、呕吐、下泻、耳鸣、眩晕、幻觉、狂笑、狂奔、精神错乱、发汗、沉醉、大小便失禁、剧痛等症状，严重中毒时可致死。

真菌产生的毒素已知一百多种，它们常积存于大米、玉米、花生、黑麦草、蘑菇以及饲料饲草之中，引起人畜中毒。著名的黄曲霉毒素和岛青霉毒素，积留在粮食之中，一旦被入畜食后便引起急性中毒症，并已被证实可以致癌，应当引起重视。其它如饲草饲料因发霉或混有麦角菌而引起家畜中毒之例，屡见不鲜。

水霉引起的鱼类水霉病，是水产养殖业的大敌，因而很受实业界的重视。

由于笔者知识浅薄，对真菌的有益与有害作用无法写全，但仅从上述诸例来看，足以说明真菌和人类的关系是何等重要了。

菌中的生殖菌丝、骨架菌丝和联络菌丝)。

(二) 菌丝细胞的结构: 菌丝细胞的最外层为细胞壁, 其化学成分有的以纤维素为主, 多数菌种则以甲壳质为主。细胞壁的内侧为细胞膜, 膜内侧包含着原生质、液泡和细胞器。细胞器包括细胞核、线粒体和内质网等 (图 2)。在很多菌种的菌丝细胞中还有大小不等的油球。在那些无隔菌丝中, 细胞核分布在细胞质中并均匀地分布着, 这叫多核细胞 (coenocyte)。有隔菌丝的单个细胞可以含 1 个、2 个或多个细胞核。单核细胞是一些真

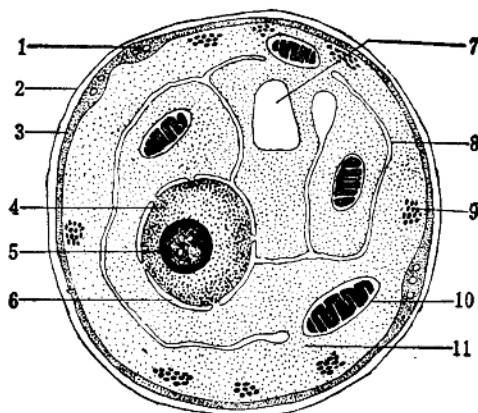


图 2 真菌细胞结构示意图

1. 边体; 2. 细胞壁; 3. 细胞膜; 4. 细胞核; 5. 核仁;
6. 核膜; 7. 液泡; 8. 内质网; 9. 糖粉; 10. 线粒体;
11. 核糖蛋白质

菌的特征, 双核细胞是另一些真菌的特征, 而多核细胞可在大多数真菌中见到。

(三) 菌丝的变态: 多数寄生菌的菌丝, 有的生在寄主体表, 在菌丝的某处生出特殊形态的菌丝、或菌丝的变态物伸入寄主细胞中, 吸取养料, 还有的寄生菌的菌丝伸延在细胞间隙中吸收养料, 其中有些菌种在菌丝上再生出特殊形态的菌丝变态物, 伸入细胞中去吸取养料, 这些特殊形态的菌丝或菌丝的变态物就叫吸器 (haustorium) (图 3)。吸器有球形、掌状、菌丝网状等各种形状。有的菌种在菌丝下边生长出根状菌丝, 伸入基质中吸养并支撑上部的菌体, 这种根状菌丝叫假根 (图 3)。某些捕食线虫的真菌, 常常在菌丝体上生出环状菌丝, 借以捕捉线虫, 这叫菌环。有的则生出网状菌丝, 当它遇到线虫时借分泌的粘性物质将线虫粘住, 线虫便挣扎蠕动终于钻入网中而被捕, 这个网叫菌丝网 (图 4)。有的木材腐朽菌的菌丝, 在木材中常生出不规整的环状物, 也叫菌环, 但其作用不详。在红菇的子实体组织中, 可见到圆胞, 它也是菌丝的变态。

(四) 菌丝体的组织体: 很多真菌在生活史的某个阶段, 菌丝体能组成一定组织, 其中的菌丝互相交织的程度不同, 有的较紧密有的很疏松, 二者统称为密丝组织 (plectenchyma)。密丝组织假如是疏松的, 多少能看出菌丝体大致作相互平行排列, 至少它们的长形细胞是较易识别的, 这样组织又可叫原密丝组织或疏丝组织 (prosenchyma)。密丝组织有时是由大致等径的薄壁细胞组成的, 排列紧密很象高等植物的薄壁组织, 因而叫拟薄壁组织 (pseudoparenchyma), 组织中的细胞一般是不易分离的 (图 5)。

原密丝组织和拟薄壁组织, 在很多的菌种中能形成各种不同的营养结构和繁殖结构。归纳起来不外是子座 (stroma) 和菌核 (sclerotium), 它们初期都是营养结构, 后期都能生出繁殖组织 (图 6)。子座是一个垫状营养结构, 常在其中或其上产生子实体, 而

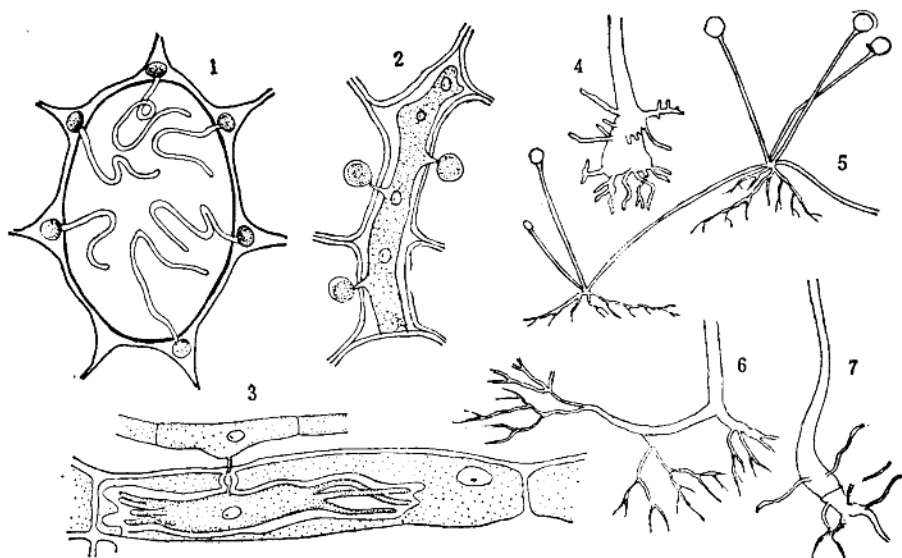


图3 真菌菌丝的变形体

1—3. 吸器: 1. *Peronospora destructor*, 2. *Albugo candida*, 3. *Erysiphe graminis*; 4—7. 假根: 4. *Absidia hyalospora*, 5. *Rhizopus stolonifer*, 6. *Phycomyces nitens*, 7. *Pilobolus kleinii* (1. 仿 Yarwood; 2. 仿 V. ager; 3. 仿 G. Smith; 4. 仿 斋藤; 5. 仿 De Bary; 6. 仿 乾; 7. 仿 Brefeld)

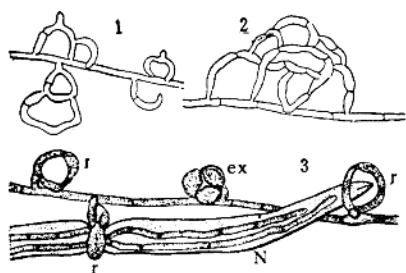


图4 真菌菌丝变形体

1、2. 捕捉线虫的菌丝网; 3. *Arthrobotrys dactyloides* 的菌环 (r) 及带膨大细胞的菌环 (ex), N: 线虫 (仿 Muller)

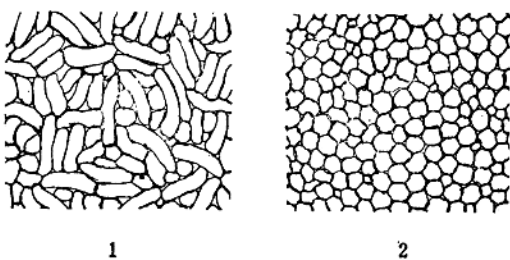


图5 真菌的密丝组织

1. 疏松组织; 2. 拟薄壁组织 (1—2. 邵力平)

菌核是一个坚硬的营养结构, 并且常常可以休眠较长期以对抗不良环境。休眠后经过萌发再产生产孢的子实体。

菌丝体有时形成长长的绳状物叫根状菌索 (rhizomorph) (图6), 它有一个坚实的外层和一个生长的尖端, 能抵抗不良环境保持休眠状态, 当环境转佳时又从尖端继续生

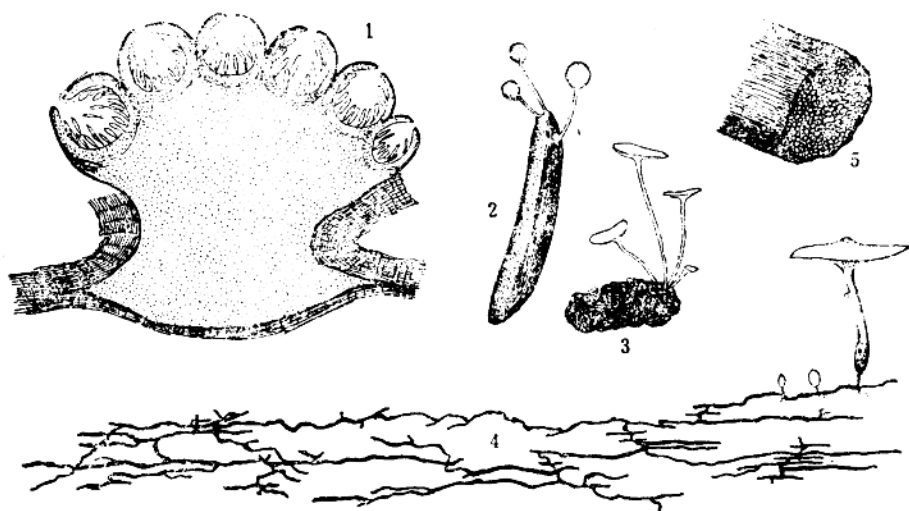


图6 真菌菌丝的组织体

1. 子座(*Nectria cinnabarina*), 2. 菌核(*Claviceps purpurea*), 3. 菌核(*Ciboria shiraiana*)
菌索(*Armillariella mellea*), 5. 菌索横切面放大示意图(1—5. 邵力平)

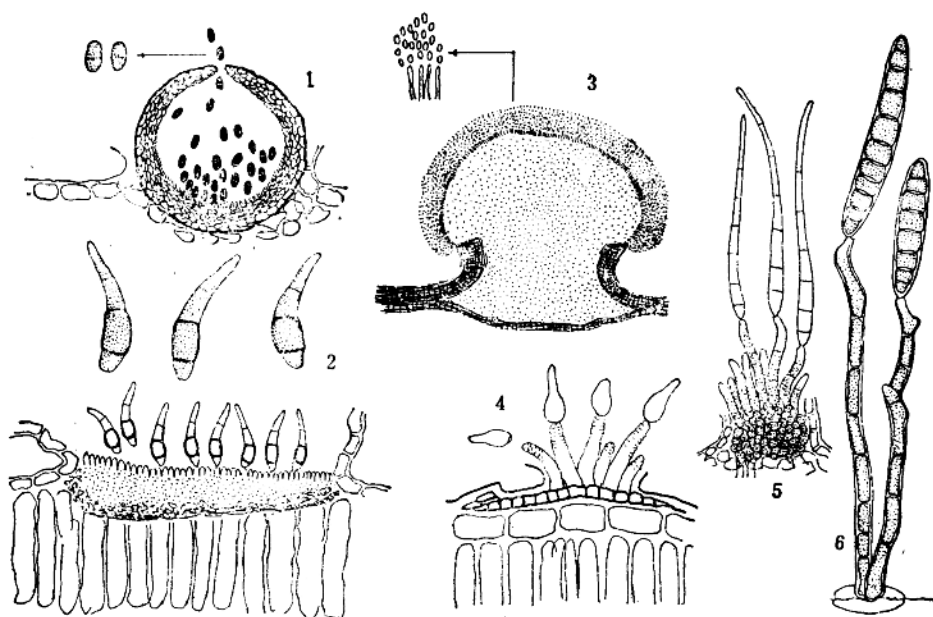


图7 真菌的分生孢子类型

1. 分生孢子器及分生孢子(*Diplodia pinea*), 2. 分生孢子盘及分生孢子(*Coryneum populinum*),
3. 分生孢子堆及分生孢子(*Tubercularia vulgaris*), 4—6. 分生孢子梗及分生孢子, 4. *Spilocaea*
pomi, 5. *Cercospora pini-densiflorae*, 6. *Helminthosporium sorokinianum* (1, 2, 3, 5.
邵力平; 4. 仿 Muller & von Arx; 6. 仿 Drechsler)

长伸延很长，到一定阶段便从菌索上生出伞状繁殖体。

二、真菌的繁殖体

真菌通过营养阶段之后，便进入繁殖阶段，经过繁殖要产生许多新个体。真菌的繁殖方式通常分为有性的（sexual）和无性的（asexual）二类。有性繁殖以细胞核的结合为特征，无性繁殖则以无配合繁殖即营养繁殖为特征。大部分真菌都能进行无性与有性的繁殖，并且无性繁殖的次数多。有的菌种缺少无性繁殖阶段，而另一些菌种有可能缺少有性繁殖阶段。

繁殖阶段的末尾产生出孢子，而孢子的形态繁简不一，不但在种间有差异，即使是同种也常有不同类型的孢子。少数低等真菌，在繁殖时菌体整体成为繁殖组织，这叫整体产果的（holocarpic）真菌。反之，多数真菌在繁殖时，只在部分的营养组织上或其中产生繁殖器官和组织，这叫分体造果的（eucarpic）真菌。

（一）真菌的无性繁殖

1. 真菌的无性繁殖类型：真菌的无性繁殖方法可概括为四种：（1）菌丝体的断裂短段或细胞可以产生新个体；（2）营养细胞分裂产生子细胞；（3）营养细胞或孢子的芽殖，每个芽产生一个新个体；（4）产生孢子，每个孢子再萌发产生新个体。

菌丝断裂后可以产生新菌丝，这种特性对人工培养繁殖菌种极为方便，使我们有可能用很小一段菌丝培养出大量的菌丝体，形成一个菌落。

从营养菌丝上以各种特殊方法产生孢子的无性繁殖是最普遍的，而分生孢子是基本类型。

2. 无性繁殖产生的孢子类型：经无性繁殖过程所产生的孢子叫无性孢子。无性孢子的形状、颜色、细胞数目、排列方式、产生方式都有种的特征性，因而可作为鉴定菌种的根据，近代分类学尤其重视产孢方式的特征。有些真菌只产生一种无性孢子，另一些真菌能产生二种或两种以上的无性孢子。产生无性孢子的特化菌丝叫孢子梗，它常因菌种的不同而异。还可以组成孢子梗束、孢子梗堆、孢子盘、孢子器等稍显复杂的组织体（图7）。

鞭毛菌类的无性孢子为游动孢子。在一个游动孢囊柄的顶端生长游动孢子囊（图8），萌发时原生质分割成许多小块，每一小块带着鞭毛破囊而出，在水中游动，这就是游动孢子。腐霉菌的游动孢子囊萌发时，先生一长管，然后将孢囊中的原生质送入长管的顶端之外，在那里形成一个孢囊，游动孢子成熟后由孢囊处散开（图8）。更有趣的是某些菌的游动孢囊在低湿的状态下，萌发时产生芽管而不再产生游动孢子。

接合菌中的无性孢子为孢囊孢子。在菌丝的某处先生长梗，其顶端生一囊状物，其中产生单胞的无性孢子，这种孢子叫孢囊孢子，囊叫孢囊孢子囊，梗则叫孢囊柄（图8）。

子囊菌和半知菌类的无性孢子，是分生孢子。简单的分生孢子是由特化菌丝先端通过一定方式发生的，其下方的特化菌丝叫分生孢子梗。梗有单生的，散生的，也有成丛

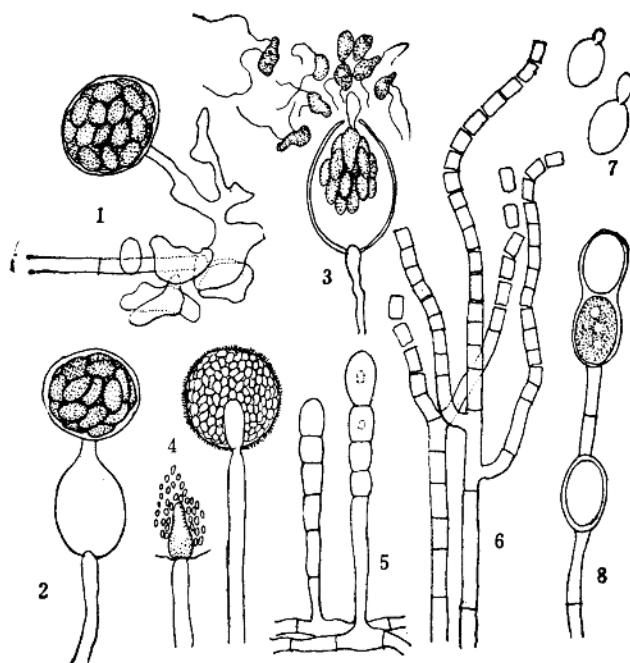


图8 真菌的无性孢子

1.泡囊(*Pythium aphanidermatum*); 2.泡囊(*Pythium nagaii*); 3.游动孢子
囊及游动孢子(*Phytophthora citrophthora*); 4.泡囊及孢囊孢子(*Mucor* sp.)
5—6.粉孢子; 5.*Oidium* sp., 6.*Candida albicans*; 7.芽孢子; 8.厚垣孢子
(1.仿Matthews; 2.仿德永; 3.仿 E.Smith; 4—8.邵力平)

的，还有成束的。有的分生孢子梗自垫状菌丝生出，使产孢总体结构呈盘状，叫分生孢子盘。有的菌种是在菌丝堆上生出分生孢子梗和分生孢子。还有些真菌的分生孢子生在覆碗状或球形的分生孢子器中。

有的真菌它的菌丝断裂后成为孢子，叫粉孢子 (oidium, 图8)。还有些真菌在菌丝的顶端或中间产生一个孢子，其外围被厚壁包裹着，通常这类孢子叫厚垣孢子 (chlamydospore, 图8)。

(二) 真菌的有性繁殖

真菌的有性繁殖要比无性繁殖复杂得多。有性繁殖过程包括三个阶段：首先是带着细胞核的原生质进行配合叫质配 (plasmogamy) 阶段；其次是细胞核的配合叫核配 (karyogamy) 阶段；最后是结合的核发生减数分裂 (meiosis) 阶段。真菌的质配到核配，在时间上有短有长。那些质配后经过长期再进行核配的真菌，细胞在质配后就发生了双核时期。各菌种的双核时期不同，大体上可以说低等真菌极短，高等真菌很长。在后一种情况下，双核菌丝还能不断地增殖。核配后的双倍体的核，经减数分裂后再生四

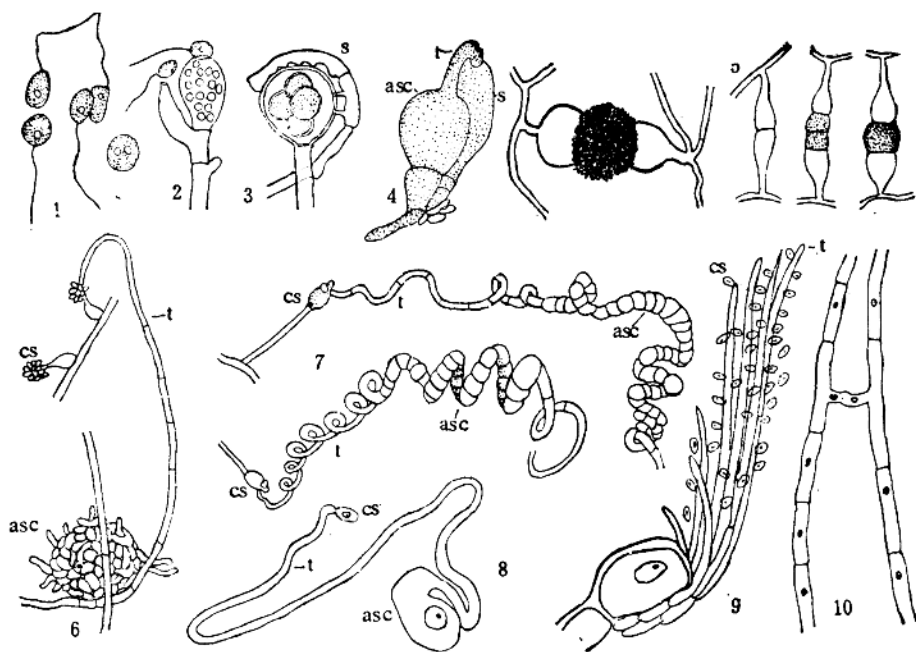


图9 真菌的有性配合方式

1. 游动配子结合 (*Synchytrium callirrhoeas*); 2. 游动配子与藏卵器配合 (*Monoblepharella taylori*); 3. 配偶囊接触交配 (*Achlya oryzae*); 4. 配偶囊接触交配 (*Pyronema confluens*); 5. 配偶囊接触 (*Rhizopus stolonifer*); 6—9. 精胞配合, 6. *Bombardia lunata*, 7. *Ascobolus carbonarius*, 8. *Mycosphaerella tulipifera*, 9. *Puccinia coronata*, 10. 体胞配合 (asc. 产囊体; S. 雄器; t. 受精丝; cs. 精子器及精子; 1. Karling, 2. Sparrow, 3. 永井, 4. Harper, 5. De Bary, 6. Zickler, 7. Dodge, 8. Higgins, 9. Allen)

个单元体的核 (有些菌还要进行一次直接分裂再生四个核), 然后再以核为中心形成孢子。

1. 有性繁殖的方式: 在某些真菌中, 有性繁殖是由特殊的性器官来完成。而在另一些真菌中, 则靠营养菌丝或孢子来完成, 当然还有一些真菌是单独由雌配子发展的。真菌的有性繁殖方式可归纳为五种。

游动配子配合 (planogametic copulation): 两个游动配子可以是同形的 (图9—1), 也可以是异型的, 在后一种情况下, 两个配子中的一个能动, 另一个不动 (图9—2)。

配偶囊接触交配 (gametangial contact): 有同型和异型的两类交配, 雌雄性配偶囊中的配子, 一方或双方退化为核, 交配时只依二个配偶囊的接触而生的溶壁、溶孔等通道, 把一方的核移入另一方的配偶囊中, 随后无核的配偶囊就分解了 (图9—3、4)。

配偶囊配合 (gametangial copulation): 二个配偶囊细胞全部融合在一起合二为一, 或将配偶囊的全部内容移入另一配偶囊中去的配合 (图9—5)。

精胞配合 (spermatization): 有些真菌以一定方式产生很多小型单核的精子 (spermatium), 它借助于虫、风、水的媒介被带到授精丝或营养菌丝上去, 在接触点处形成小孔, 精子的内容再进入丝状细胞中, 即完成配合过程 (图9—6、7、8、9)。

体细胞配合 (somatogamy): 很多高等真菌没有任何性器官, 只靠营养细胞的接联便完成配合作用 (图9—10)。

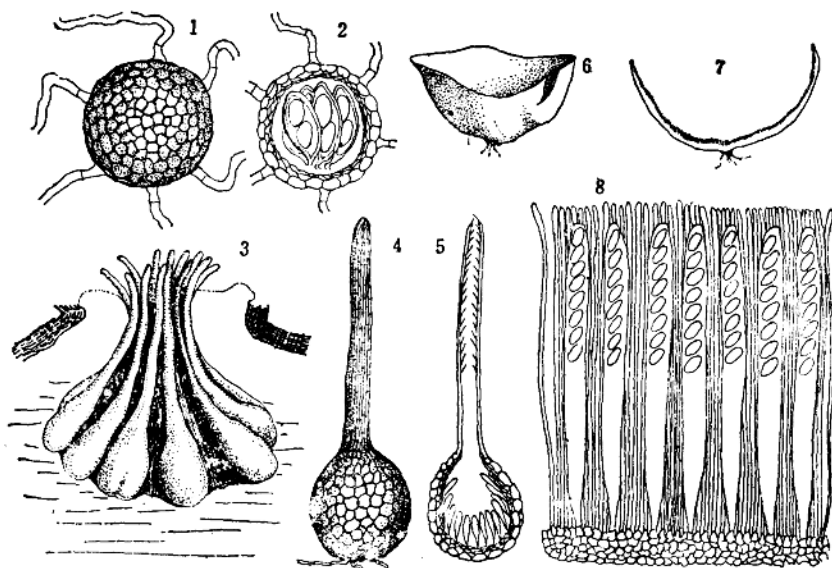


图10 真菌的子囊果及子囊子实层

1, 2. 闭囊壳及其剖面 (*Erysiphe* sp.); 3. 聚颈子囊壳 (*Valsa* sp.); 4, 5. 子囊壳及其剖面 (*Rhy-nchomeliola* sp.); 6, 7. 子囊盘及其剖面 (*Peziza* sp.); 8. 子囊子实层 (1—8. 邵力平)

真菌的性分化有一定的复杂性, 有些真菌在同一个体上可以分化出明显的两种不同的性器官, 即雌雄同株; 有些真菌的两性器官分化在不同的个体上, 即雌雄异株; 还有不少真菌虽具性功能的器官, 但在形态上没有两性分别。在上述三种情况中, 在生理表现上还有自身可孕和自身不孕的区别, 这种情况分别可叫同宗配合和异宗配合, 它在形态分类上没有应用价值。

真菌在有性繁殖过程中, 还相应地形成繁简不一的各式组织体, 借以承受或容纳有性孢子, 这类组织体统称为子实体 (fructification, sporophore)。低等真菌的子实体小而简单, 高等真菌的子实体大而复杂。在高等菌中有子囊果 (盘状的、瓶状的、球状的……图10)、担子果 (伞形的、蹄形的、珊瑚形的、兽头形的……图11) 及其附属组织, 它们的质地因菌种而异。

2. 有性繁殖产生的孢子类型: 鞭毛菌的某些种, 由游动配子配合后形成合子, 合子

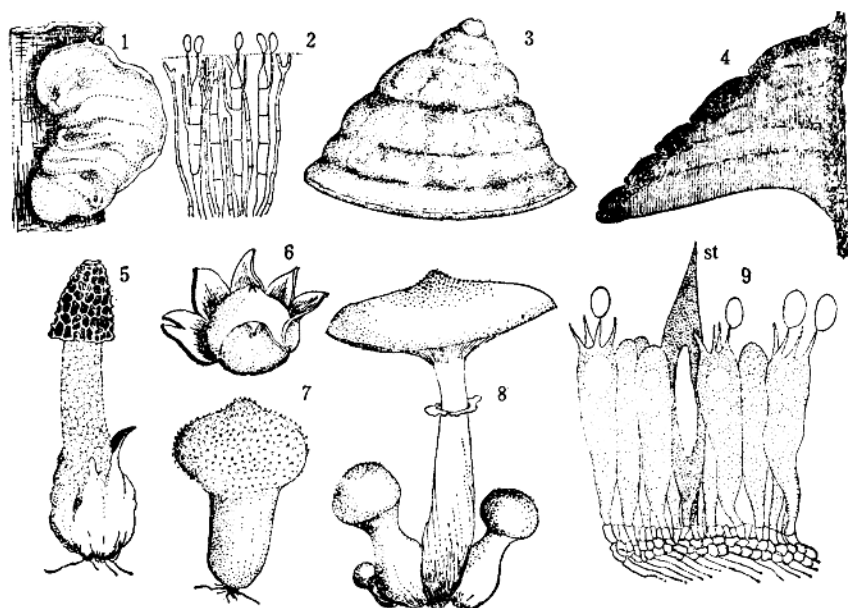


图 11 真菌的担子果及担子孢子实层

1,2. 木耳及其担子孢子实层 (*Auricularia auricula*); 3,4. 多孔菌子实体及剖面 (*Fomes fomentarius*); 5. 鬼笔菌 (*Phallus impudicus*); 6. 地星 (*Astraeus hygrometricus*); 7. 马勃 (*Lycoperdon perlatum*); 8. 伞菌子实体 (*Armillariella mellea*); 9. 担子孢子实层 (st = 刚毛体) (1—9. 邵力平)

象游动孢子那样侵入寄主组织后，就形成休眠孢子囊，其中的双核在萌发时结合，这是鞭毛菌中的有性孢子之一即休眠孢子囊 (resting sporangium)。卵菌中的有性孢子为卵孢子 (oospore)。当繁殖时在菌丝上先生出藏卵器和藏精器，藏精器的核移入藏卵器与卵子结合后便形成卵孢子。在不同的菌种中，卵子可能是一个，而在另一些菌种中卵子可能是多数，因而配合后所产生的卵孢子就有单个与多个之分。

接合菌中的有性孢子为接合孢子 (zygospore)。来自两个不同菌株的同型配偶囊，互相接触后，接触处的孢壁溶解，来自双方的原生质与细胞核融合起来形成一个孢子便是接合孢子。

子囊菌的有性孢子为子囊孢子 (ascospore)。在双核菌丝上产生幼小子囊，其中的双核进行核配再经减数分裂产生四个新的核，它们照例再分裂一次就成为八个核，然后以核为中心逐渐形成子囊孢子，所以一个子囊中有八个子囊孢子。致于子囊菌的双核菌丝的由来，可以通过几种不同方式完成的。子囊排列成层时叫子囊子实层 (图10—8)。子实层中除子囊外，有的菌种还有侧丝。子囊释放孢子时各种菌都通过子囊固有的释放方式向外释放，而子囊顶端的构造分有益和有孔以及无益无孔几类，这个特征在分

类学中很受重视。

担子菌的有性孢子为担孢子 (basidiospore)。担孢子的形成过程与子囊孢子相似,不同的是(1)核配后减数分裂后所产生的四个核不再分裂。(2)以核为中心所形成的担孢子最终产生在担子外部。(3)担子有生纵隔的,也有生横隔的,多数是单室无隔的。担子排列的层叫担子子实层(图11—9)。在子实层中的刚毛、囊状体等形态及其有无等特征,常常是分类上被重视的条件。

第四节 真菌的生活

一、真菌的营养

真菌在生活中,除需要水和氧外,还需要碳、氮、钾、磷、硫、镁、铁等常量元素和一些微量元素。真菌所需要的微量元素种类,大致与植物所需种类相同,但需要量极低。一般地说,化学试剂中所含的极微量的杂质和玻璃容器渗出的几乎难以测量的杂质,就足够真菌的需要了。

和其它生物一样,真菌对营养物质的要求是各不相同的。有的真菌对营养物质要求不严格,在简单的碳水化合物和无机盐类的环境中,便可正常生长发育。另有一些真菌对食物就有一定选择,它们在含铵盐或氨基化合物的物质上,能正常生长发育,但不能利用硝酸盐中的氮。还有些真菌除一般的基本物质外,还要求少量的有机化合物如硫胺素(维生素B₁)。许多真菌都要求硫胺素和生物素,有些则要求维生素B₆和肌醇。

二、真菌的生活方式

在自然界中,真菌所需要的营养物质,都依靠动物(如哺乳动物、鸟、鱼、昆虫、蠕虫、原生动物等)和植物(如高等植物、藻类、苔藓等)供给,这种生活方式叫异养生活方式,或叫依赖营养方式。

同样是异养生物,但它们对供养生物体的生活状态常有选择。有些真菌必需由活植物体上获得所需养料,这叫寄生生活方式。反之,有很多真菌只能从死亡的动植物体和它们的产品、加工品上取得养料时叫腐生生活方式。还有些真菌基本上是腐生的,但在一定条件下也能利用衰萎的活体取得养料,这叫兼性寄生生活方式。后两种菌类,一般都能利用人工制做的天然培养基或人工组合培养基,进行正常的生长发育。

有些真菌可与植物根合成为菌根,这实际上是真菌和植物的相互寄生现象,在真菌学、生物学和林业科学上,常把这种生活方式叫共生。

三、养料的吸收

真菌的摄养活动,是通过吸收方式完成的,因而它所吸收的养料都必须是可溶性的物质。真菌吸收这些可溶性物质和水分,是借助于菌丝体的渗透作用实现的。菌丝细胞