

真菌学讲义

吴治身编



华东师大生物系

说 明

这本讲义，是为生物系植物研究班“真菌学”课教学所编写的教材。若生物系开设“真菌学”选修课，亦可供应用。

目前国内尚未见有适合于教学需要的相应的“真菌学”教本。本教材偏重于介绍真菌的形态特征及分类系统。人们可以从不同的角度去了解真菌，因此本讲义的内容，对生物系的植物研究班是否适用，尚待通过实践予以检验。它仅仅是一本试编与试用的“真菌学”讲义。

由于编者的业务水平低，加之在编写中资料少和时间紧，错误一定很多。务请看过这本讲义的老师们与同志们，随时向编者指出其中的错误，以便在教学过程中及时改正。

编者

1980年8月20日

真菌学讲义

内 容

第一章 真菌概论	
一、真菌对人类生活的重要性	1
二、真菌起源及其演化的学说	1
三、真菌学的简史	3
四、真菌细胞的发育循环	9
五、真菌的一般性状	10
(一)营养器官	10
(二)繁殖器官	16
(三)真菌的生活史	23
六、真菌在生物界的地位	25
七、真菌的分类系统及命名法	28
第二章 真菌各论	
第一节 粘菌门	2-1
一、聚孢粘菌纲	2-1
二、水生粘菌纲	2-1
三、粘菌纲	2-2
四、根肿菌纲	2-3
第二节 真菌门	2-8
一、液毛菌亚门	2-8
(一)壶菌纲	2-9
1. 壶菌目	2-10
2. 芽枝菌目	2-27
3. 单毛菌目	2-34
(二)卵菌纲	2-37
1. 水霉菌目	2-38
2. 霜霉菌目	2-49
二、接合菌亚门	2-65

(一)接合菌纲.....	2-66
1. 毛霉菌目.....	2-66
2. 虫霉菌目.....	2-74
三、子囊菌亚门.....	2-79
(一)半子囊菌纲.....	2-84
1. 内孢菌目.....	2-86
2. 外子囊菌目.....	2-92
(二)不整囊菌纲.....	2-95
1. 白粉菌目.....	2-95
2. 散囊菌目.....	2-100
(三)核菌纲.....	2-109
1. 球壳目.....	2-109
2. 肉座菌目.....	2-128
(四)盘菌纲.....	2-138
1. 柔膜菌目.....	2-140
2. 星裂菌目.....	2-146
3. 盘菌目.....	2-147
4. 块菌目.....	2-154
(五)腔菌纲.....	2-158
1. 多腔菌目.....	2-159
2. 座囊菌目.....	2-162
3. 裂缝菌目.....	2-163
4. 格孢腔目.....	2-164
四、担子菌亚门.....	2-171
(一)冬孢菌纲.....	2-177
1. 锈菌目.....	2-177
2. 黑粉菌目.....	2-183
(二)层菌纲.....	2-188
I、有隔担子菌亚纲.....	2-188
1. 银耳目.....	2-189
2. 木耳目.....	2-191
3. 隔担菌目.....	2-192

II. 无隔担子菌亚纲.....	2 - 193
1. 外担子菌目.....	2 - 194
2. 缢(座)担菌目.....	2 - 194
3. 花耳目.....	2 - 194
4. 胶膜菌目.....	2 - 195
5. 非褶菌目(多孔菌目).....	2 - 196
6. 伞菌目.....	2 - 201
(三)腹菌纲.....	2 - 207
1. 鬼笔目.....	2 - 208
2. 马勃目.....	2 - 209
3. 鸟巢菌目.....	2 - 211
4. 硬皮马勃菌目.....	2 - 213
五. 半知菌亚门.....	2 - 214
(一)芽孢纲.....	2 - 224
1. 隐球酵母目.....	2 - 225
2. 掷孢酵母目.....	2 - 225
(二)丝孢纲.....	2 - 225
1. 无孢目.....	2 - 225
2. 丝孢目.....	2 - 226
3. 束梗孢目.....	2 - 226
4. 瘤座孢目.....	2 - 226
(三)腔孢纲.....	2 - 227
1. 黑盘孢目.....	2 - 227
2. 球壳孢目.....	2 - 227

真 菌

第一章 真菌概论

一、真菌对人类生活的重要性

真菌是种类极多、分布很广的一大类生物。迄今为止，已经知道的约为40,000多种；据估计，约共有100,000多种。它们在水中，土里，地面上的各种物体上生存。它们的生存与发展在许多方面都与人类有着密切的关系。

它们消解各种复杂的有机物质，使其变为较简单的物质；又能把简单的物质，同化为较复杂的物质，因此对高等植物的营养和对土壤肥力的提高，具有重要的作用。有些真菌具有特殊的发酵能力，可用于制造酒精、有机酸、抗菌素、维生素、甾体激素、植物生长素等。有些种类所产生的蛋白酶、淀粉酶、果胶酶等，在食品工业及其他轻工业上用途很广。有些可以直接供食用与药用。寄生在虫体上的真菌，可以被利用来控制害虫。由于真菌生长很快，易于在控制的条件下培养和繁殖，很快地能完成其生命循环过程，所以它是供研究生命活动的各种现象与基本规律，如代谢类型、途径及其转化、遗传变异的规律及其控制等的好材料。事实上，真菌现在已被广泛地用于医药、化工、纺织、丝绸、皮革、酿酒、食品等工业上，尤其是近年来将它用于石油发酵而获得各种化工产品，甚至被用于发酵猪的饲料。真菌的利用正在日益扩大。但是也有许多真菌能导致农作物的病害，木材的腐朽，食品、纺织品、纸张、皮革及其他各种工业产品的霉烂，以及人和家畜的疾病，特别是皮肤病与内脏病。

因此，近年来由于对真菌知识的增多，根据生产的需要，分成许多分支，从各个不同的角度来研究真菌学。例如工业真菌学、医学真菌学、食用真菌学、植物病原真菌学、纯粹真菌学、田野真菌学及真菌生理学等。

二、真菌起源及其演化的学说

关于真菌起源的问题有各种不同的说法。一说认为真菌来自藻类，

这些藻由于失去了色素而从自养变成异养，生理上发生了变化，同时也引起了形态上的变化。他们设想，或按照性器官的形态与交配的方式推测，藻状菌来自绿藻，如原球藻(Protococcales)演化为壶菌(Chytridiales)，接合藻(Conjugales)演化为毛霉菌(Mucorales)；子囊菌来自红藻，担子菌则是由于囊菌演化而来。还有人认为，藻状菌来自单胞的黄藻(Xanthophyceae)，由此发生三种类型，即保留两根鞭毛；失去前鞭毛，保留后鞭毛；失去后鞭毛，留有前鞭毛。

另一种说法是，主张卵菌(Saprolegniales, Leptomitales, Peronosporales)是从藻来的，其余的真菌是来自鞭毛生物(Flagellata)，理由是因为无隔藻科(Vaucheriaceae)的有鞭毛的游动孢子与水霉(Saprolegnia)的第一活动阶段相似，而有鞭毛的雄配子则与水霉的第二活动阶段相似；由雄器和藏卵器所进行的有性生殖，也同水霉一样；许多种的无隔藻(Vaucheria)，由水生转移到陆生，也同样表示着藻与卵菌的亲缘关系。

但大多数学者都相信狄巴利(•Anton DeBary)所创立的单元论。按照这一学说，菌与藻都是发源于鞭毛生物。鞭毛生物是处于动物与植物之间的原始水生生物，其个体是从无性繁殖而产生的单细胞，具有一至数根鞭毛，它们中间有的含有叶绿素及红色点，有的则含有其他色素或者无色；具有叶绿素的演化为藻，而无叶绿素的则演化为菌。如此，则真菌与藻类是平行发展的，其发源的时期相近。具有一根后鞭毛、一根前鞭毛和双鞭毛的藻状菌，似发源于具有同样鞭毛的鞭毛生物；无鞭毛的藻状菌系从双鞭毛藻状菌具有孢囊孢子静体的种类中演化而来的。

至于真菌的系统发育，由于化石资料对真菌系统发育的研究没有什么帮助，所以人们只能从现存的真菌中寻找线索。大家一致地把水生藻状菌，置于真菌系统的最下面，认为它们是原始的。大多数真菌学家都认为这些真菌是起源于各种类型的无色鞭毛生物，而子囊菌则似从有静体配子的藻状菌演化而来。最原始的子囊菌的子囊，是由二细胞结合而成，只有高级的子囊菌才有产(造)丝。担子菌的担子，可能是由于囊菌的子囊演变而来。总的看来，多数真菌学家认为，真菌的演化在形态上是从简单趋向复杂，在性的方面却是在逐渐退化。但也有人认为，

真菌在有性生殖方面的各种各样的方式，正显示其有极大的可塑性以适应各种不同的环境，因而不能认为是一种退化现象。至于是怎样的一些条件以及如何引起了它们在有性生殖方面的这些变化，迄今仍无所知。

三、真菌学的简史

人类在长期的生产实践和生活需要中，直接地或间接地认识了真菌，并知道了在它们中间，哪些是可食的，哪些是有毒的，哪些可以用来治病，但对它们的真实的本质及其生长方式，却一无所知。同生物学中的种子植物与大动物两门学科相比，真菌学的发展速度，算是最慢的。考其原因，主要是由于人们的思想在神迹观念和迷信活动的长期控制下，对自然界中的这类生物不敢研究，害怕触怒了上帝。古罗马时代，把 *Rubigus* 奉为锈病神。《圣经》中指出，当时人们把为害谷物的锈菌，归因于冒犯了上帝所致。其次是自生论的思想长期风行，在生物学的意识形态里占了统治地位，严重地阻碍了对微生物的研究与发展，真菌也不例外。在这种思想的支配下，即使在植物的病体上已经发现了菌体，也认为该菌体系有病植物组织的直接产物。另外就是借助于 Zacharias Janssen 的复式显微镜进行观察的时期虽然始于 1590 年，但在以后的约 200 年中，它仍类同玩具或成为好奇的玩物，这对真菌学的发展无疑地起着不利的影响。

真菌学的历史，大致经历了以下几个时期：

(一)对真菌早期的认识

古人以寻找食物和药物为中心，除对一些高等植物有所了解外，同时对一些大形的真菌也能认识，并可将其食菌与药用菌分辨出来。关于古人的这方面的知识，在当时是无法保存与广为传播的，因印刷术尚未发明。从希腊及罗马的许多记载中证明，人们早已能够识别食用的和有毒的蘑菇。在意大利被火山爆发而毁灭的古城 Pompeii 的废墟地下，曾发掘一幅当时最受人尊敬的画，经鉴定这幅画描绘美味的乳菇 (*Lactarius deliciosus*)。由于当时人们把为害农作物的锈病菌归因于触怒了上帝，是上帝对人们的惩罚，所以在罗马曾制定了一些节日去抚慰上帝，希望上帝赐福，使谷物免遭病害而

被毁坏。罗马帝国在公元476年虽已垮台，但在以后的约1000年期间，人们对真菌的了解却了了无几。

□现代前期对真菌的认识

印刷术的发明标志着这一时期的开始，它复苏了并大大地刺激了对植物的兴趣，对粮食及医药植物的鉴定，给予了特别的考虑。必然的结果是，在一些草本植物学家所采集，描述的植物及制作的图解中，不只是种子植物，也包括许多真菌。

欧洲出版的第一本关于真菌方面的书是在1601年，由Clusius (1529~1609)写的，只对一些食用菌和有毒菌作了一般的描述。1623年，Gaspard Bauhin (1560~1624)把他和他的前辈所了解的100种左右的植物，分成组编入他的《Pinex Theatri Botanici》中，在Fungus组里包含81种真菌。Tournefort (1656~1708)是位植物学家，在他1694年出版的《Elemens de Botanique》中，不按属名上于种名的一般概念，仍以属名命名随加描述词的方法，把一些真菌分别置于6个组。这6个组是：(1)Fungus，(2)Boletus，(3)Agaricus (4) Lycoperdon，(5) Coralloides 及(6)Tubera。值得提出的是在这个时期有位Hooke，他是对微小真菌进行记载，描述的第一人。在他1667年送给英国皇家学会的《Micrographia》中，对一种蔷薇的锈病菌(Phragmidium)及一种普通霉菌(Mucor)作了记载与描绘。但由于受了自生论的影响，他认为这两种真菌是由植物组织所生成的。

这个时期中最特出的真菌学者，是意大利植物学家Pier' Antonio Micheli (1679~1737)。他是第一个用显微镜观察这类生物的学者。他的伟大著作《Nova Plantarum Genera》完成于1719年，延至1729年才出版了它的第一部分。他提出了可用的检索表，根据它可以鉴定到属；对较大的属可检索到种。他的许多插图和描述都是非常准确的。他用过的一些组(属)名如Clathrus Clavaria Tuber Geaster Lycoperdon 及 Phellus 至今仍被承认。在他的分类中，Boletus 包含现在

已知的 *Morchella* 属中的成员；他用的 *Puccinia* 包括 *Gymnosporangium*。他对大真菌特别注意，把它们分别置于 *Fungi lamellati* (*Agaricaceae*)、*Fungi porosi* (*Polyporaceae*)、*Fungi ramosi* (*Clavariaceae*) 和 *Fungi pulverentes* (*Puffballs*) 等组中。他也曾培养过一些微小真菌。这些微小真菌包括了 *Botrytis* 和 *Rhizopus* 的一些种，通过探索，他指出每种真菌的“种子”将产生它们自己；同时采用覆盖与暴露的方法证明，在空气里就有各种霉菌孢子的分布。

前进中的另一里程碑，是 *Linnaeus* (1707~1778) 这位“植物学之父”在 1753 年发表了他的《*Species Plantarum*》这本书。提到他并不是他对真菌学有很多贡献，而是他制定的“双名法”，对每种已知的植物都给予一个属名和一种名。他把当时已经描述的所有真菌，都置他的第 24 纲，*Cryptogamia Fungi* 中。

三 真菌学的现代史

Linnaeus 的《*Species Plantarum*》出版后的一段时间里，真菌工作者忙于修边院式的孤独的鉴定和采集，而对真菌的习性，生活史及变异范围却知之甚少，从而根据一些次要的毫无意义的差别，定了许多新的属和种。

这一时期的真菌学者很多，首先应该提到的是 *Christiaan Hendrik Persoon* (1755~1837)，在他的《*Synopsis Methodica Fungorum*》(1801) 及《*Mycologia Europaea*》(1822 与 1828 年之间) 中，把真菌分为 2 纲、6 目、71 属；他为真菌分类建立了可用系统。贡献最大的要算 *Elias Magnus Fries* (1794~1878)，在 1821 及 1832 年期间，出版了他的《*Systema Mycologicum*》。这三卷书直到现在仍可作为真菌分类的基础和对许多主要菌群的分类的起始点。*August Carl Joseph Corda* (1809~1849) 的 6 卷《*Icones Fungorum*》(1837~1854) 包括了他所知见的及从奥地利所得到的所有真菌并有画图与描述。*Tulasne* 氏兄弟的 3 卷《*Selecta Fungorum Carpologia*》(1861~1865) 的插图之美是无法比拟的。

Fries 的同一时期，在美国堪称为美国真菌学之父的 Lewis David von Schweinitz (1780 ~ 1834)，在北 Carolina 及 Pennsylvania 共采集到大约 3000 种真菌，其中有 1200 是新种。这些都发表在《Synopsis Fungorum Carolinae Superioris》与《Synopsis Fungorum in America Boreali Media Degentium》中。

此外，在真菌分类方面做了大量工作的，如 Patouillard (1887)、Quélet (1888)、Cooke (1871~1883)、Masseé (1892~1895) 和 Bresadola (1927~1932)，以及 Engler 与 Prantl 的《Die natürlichen Pflanzenfamilien》、Rabenhorst 的《Kryptogamen Flora》、Sydow 的《Monographia Uredinearum》、Oudemans 的《Enumeratio Systematica Fungorum》及 Seymour 的《Host Index of the Fungi of North America》。伟大的意大利真菌学家 Pier Andrea Saccardo (1845~1920)，他以全世界为范围，把 1880 年以前和以后已经认识的全部真菌用拉丁文进行描述，编了一部巨作叫《Sylloge Fungorum》，1882 出了第一卷，一共出到第廿五卷

(1931)，约包含有 80,000 个种。这是一项非常了不起的工作。

19 世纪中叶是工业革命后，资本主义代替封建主义的时代。在这一时期中，资本主义的先进作用刺激了科学的全面发展，而且其发展速度很快。达尔文的物种起源学说，扫除了生物科学中的一切神迹观念的残余。巴士德彻底推翻了医学和兽医学中的自生论，并建立了微生物病原学说。这样，也就为真菌学的进一步迅速发展创造了客观上的有利条件。

大约与巴士德 (Louis Pasteur, 1822-1895) 同时，普遍承认的现代真菌学之父的狄巴利 (Anton De Bary 1831 ~ 1888) 在德国以精密的观察和实验研究，完全信服地使人知道了许多真菌对植物的致病性，其发育循环与病害循环之间的联系。1853 年他发表了《Die Brand Pilze》这本专著，1851

年证明了马铃薯晚疫病菌 (*Phytophthora infestans*) 的致病性, 1865年建立了小麦秆锈病菌 (*Puccinia graminis*) 的多态性与转主寄生现象的规律。通常把狄巴利的工作看成是划时代的贡献, 是因为他开辟了广阔的研究途径并且发生了巨大的影响。他的学生们成了英、俄、法、日等国的植物病理学的奠基人。在其以后的四、五十年中, 各国许多学者受了他的启发, 把许多重要的真菌性病害的基本规律都搞清楚了。狄巴利1866年发表的《Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten, und Myxomyceten》这本著作, 每个地方的真菌学工作者都把它当作研究真菌的基础。它强调发育的形态学, 而降低了纯分类学的重要性。无论如何, 狄巴利的观察和他的学生们的类似的研究已有把握地建立了形态学的入门。在这一个时期, 几乎全部注意力都集中在真菌病害的研究上, 一时好象植物病理学只是真菌学中的一个分支。

自1865年狄巴利发表了他的关于锈菌 (*Uredinales*) 生活史后的廿多年里, 他的学生们开展了对真菌生活史的研究, 其中最杰出的是Oscar Brefeld, 他把真菌培养在不同的培养基上及不同的外界条件下, 进行研究许多真菌的发育阶段及其生理学特征。另外一位就是M. S. Woronin (1838~1903), 他回到俄国后, 从事十字花科甘蓝根肿病菌 (*Plasmodiophora brassicae*) 及向日葵锈菌 (*Puccinia helianthi*) 的生物学研究, 取得了极大的成就。19世纪末, P. A. Dangeard (1894) 在法国, R. A. Harper (1896~1897), 他们用细胞学的方法研究真菌的生活史, 他们的报告发表后, 许多人便沿着这条线对真菌有性生殖活动的本质进行系统的研究, 结果证明, 这对确定真菌中的关系, 具有极大的有价值的帮助。

进入廿世纪后, 在1904以后的年代中, A. F. Blakeslee 在Mucorales 中发现了异宗结合 (*Heterothallism*) 和同宗结合 (*Homothallism*) 的性现象。关于这些类型的有性反应的研究, 后来扩展到了其他类群的真菌, 如担子菌、黑粉菌、锈菌及子囊菌。这些工作都是在1932年以前的那段时期里进行的。从1928年开始, 以B. O. Dodge 为首的一批真菌学家对真菌的遗传进行

深入的研究，特别是对 *Neurospora* 的不同菌种的遗传学方面的研究更为突出，同时从遗传学的观点对黑粉菌也进行了研究，如锈菌那样在 *Neurospora* 及 smut 这两类菌种中，均分别做了杂交试验，并得到了杂交后代。

不少的调查研究者为真菌学开辟了全新的光辉途径，其中主要的有：Buller 在他的《*Researches on Fungi*》中，解释如何进一步应用物理学的原理去了解真菌的结构与功能；Sabouraud 在他的《*Les Teignes*》中叙述了皮肤真菌（*Dermatophytes*）及其他侵染人的病原真菌，是医学真菌学的基础；Wehmer 在德国，Raiszick 在英国，Chrzaszcz 在波兰和 Iwanoff 在俄国，他们的研究是使真菌能合成各种化学产物为工业生产之用；Fleming 等发现青霉素，从而为从微生物中寻找产生抗生素的菌种提供了依据。目前，真菌学已进到生物化学（酵母菌）、抗生素、幻觉剂、*Neurospora* 遗传学、大气生物学及棉霉等方面。最近廿五年已从分子水平对真菌的超微结构开展了大量的研究。对真菌毒素及真菌病毒方面的研究，近年来也发展得很快。

根据现有的可考资料，我国无疑是世界上认识和利用真菌最早的国家。我们的祖先很早以前就知在食品、酿造、医药等方面利用真菌，并一直用“曲”来保存菌种。我国在药用真菌方面的历史可以追溯到汉代，在汉代的《神农本草经》（100—200年）中便记载了茯苓、雷丸、灵芝、紫芝、木耳等的药性和功能，在汉代以后的各代药书中直到清代黄宫绣的《本草求真》（1769年），都有药用真菌的记载。食用真菌方面，宋代陈仁至的《菌谱》（1250年）记载了浙江的11种食用真菌，明代潘之恒的《广菌谱》（1500年左右）记载了20多种食用真菌。我国的酿酒业有4,000年的悠久历史，《礼记》月令仲冬篇中就已提到制酒的方法及其关键性问题。《齐民要术》（5世纪）记载了制曲酿酒的方法。红曲是我国宋代在制曲酿造和菌种保藏方面的重大发明和创造，北宋（960~1127年）初期，在陶谷的《清异录》中就有用红曲煮肉的记载，明代宋应星的《天工开物》（1637年）对红曲有更详细的叙述。但由于

我国长期处于封建统治之下，人们对上述经验未予进行整理和总结。鸦片战争后，从18世纪中叶开始到20世纪40年代，法、俄、意、美、日以及奥地利和瑞典等国，均先后派人来我国调查、采集真菌标本。沦为半封建半殖民地的旧中国，真菌学的发展也同其他文化科学的发展一样，仍然受到极大的限制。

我国用现代分类学方法研究真菌是在本世纪初才开始的。1916年章祖纯发表了第一篇关于“北京附近发生最盛之植物病害调查表”，其中鉴定了当时北京地区的植物病害及其病原真菌47种。在我国植物病理学及真菌学领域中，首先应提到戴芳澜(1893—1973)教授。半个多世纪中，他勤劳地坚持本门科学的研究与教学工作；一生中发表了五十多篇论文及著作，他的专门论文以准确、慎重著称。他对我国真菌学，特别是寄生真菌的分类，形态等的研究，以及培养人才方面贡献很大。是我国植物病理学主要先驱者之一，也是我国真菌学的创始人。他的遗著《中国真菌总汇》于1979年出版，内搜集的资料已达700多篇，真菌总数共约7,000种左右，是我国目前关于真菌方面的第一本巨著，它必将在我国社会主义经济建设中，发挥很好的作用。

目前，在排除了一切阻碍科学发展的因素的新长征中，我国真菌学正在原有的基础上向现代化进军。

四、真菌细胞的发育循环

真菌细胞的发育循环，包括单倍体阶段(haplphase)和双倍体阶段(diplophase)的阶段交替。

两个细胞结合后的细胞，及由此借有丝分裂的方式所分裂出来的细胞，构成了双倍体阶段。双倍体经减数分裂后所生成的细胞，及由此借有丝分裂的方式所分裂出来的细胞，构成了单倍体阶段。

高等动植物的双倍体阶段，占据了生活史中的绝大部分，这是因为细胞减数分裂后所生成的细胞，不进行有丝分裂而立即配合所致。在苔藓植物及蕨类植物中，单倍体和双倍体在生活史中各占相当长的期间，两种性质的细胞都进行有丝分裂而形成不同的植物体，即配子体

与孢子体的交替。

真菌在单倍体、双倍体阶段的交替上，有着各种类型。低等真菌中的藻状菌，细胞结合后，立即进行减数分裂，其营养体是由经过减数分裂后的细胞发展而成的。高等真菌中的双倍体阶段较长，有的甚至占据很大部分的期间。但这些真菌从细胞的结合到细胞核的结合之间有一段距离，因而形成所谓的双核体阶段 (dikaryophase)。可以把双核体阶段看做是单倍体与双倍体两阶段间的过渡阶段。事实上，真菌的双倍体阶段，大部分被双核体阶段所占据，至双核细胞发展的末期细胞核才结合，结合后往往也是立即进行减数分裂。只有极少数的真菌像苔藓植物那样，细胞核结合后的细胞在未经减数分裂之前，能够分裂出同样性质的细胞。

我们一般用下列符号来表示高等真菌细胞发育循环中的三个阶段：
—— 单倍体阶段； ——— 双核体阶段； ——— 双倍体阶段。真菌细胞学上的复杂性，是同真菌形态上的多态性及生理上的寄生性变化和多寄主性，往往是有着密切的联系。在真菌中，细胞质的结合，就能对形态与生理的转变起决定性的作用。

五、 真菌的一般性状

真菌生长和发育过程，一般可分为营养阶段及繁殖阶段。营养阶段是真菌不断生长和积累养分的时期；繁殖阶段是产生各种孢子，进行繁殖的时期。真菌在其发育过程中，所表现的形态特征是多种多样的。低等真菌的结构简单，整个菌体是一个单细胞，其营养和繁殖都是由这个细胞完成的，称为整体产果式 (holocarpic)。大多数真菌的菌体，可分为营养与繁殖两部分，这称为分体产果式 (eucarpic)。

(一) 营养器官

除粘菌外，构成真菌的典型营养体的基本单位是菌丝 (hypha)。菌丝是一种管状的丝状组织，大多数都是无色透明的。细胞壁的成分在所有的真菌中并不是完全相同的。藻状菌以纤维质 (Cellulose) 为其细胞壁的主要化学成分，而其他纲的细胞壁的化学成分，则以几丁质 (Chitin) 为主。这种几丁质是类似但并不等于动物的几丁

质，所以人们称它为真菌几丁质。细胞壁的成分是否具有绝对的性质，据报告，在有一些真菌的细胞壁内，两种化学成分都存在。所以，拿它来作为研究系统发育的线索，是有问题的。

菌菌丝可以无限制地伸长和分枝。分枝的菌丝相互交错所形成的丝状体，综称为菌丝体 (mycelium)，但菌丝体的每一部分都潜在有生长的能力。

菌丝的再生能力很强，裂断的小小段菌丝，仍可继续生长成菌丝体。幼菌丝中充满了均匀的细胞质，而在老菌丝中则出现液泡 (Vacuole) 和脂肪、肝糖等贮存物。

各种真菌的菌丝的粗细差别很大，多数是在 5~6 微米* 之间，也有可达 10 微米左右的，菌丝可以分为有隔膜的与无隔膜的两种类型。前者称为有隔菌丝，后者称为无隔菌丝。有隔菌丝的隔膜中间有小孔，细胞间的细胞质可通过小孔彼此贯通。如果菌丝中有一个细胞死亡或菌丝发生断裂，则其连通两头细胞的隔膜上的小孔便立即封闭，以避免活细胞中的细胞质外流，或阻止死亡细胞内的分解产物流入，而影响细胞的正常的生命活动。这类菌丝因为它具有隔膜，所以是多细胞的。无隔菌丝由于它没有隔膜，所以是一个多核的单细胞。事实上，无隔菌丝如果遭受损伤，或菌丝处于营养不足，生长衰老，或产生繁殖体时，也能产生隔膜，不过在这种隔膜的中央没有微细的小孔。有些真菌如酵母菌不形成菌丝，但细胞分裂后可以连在一起，彼此不分开，也成为线状组织，这种组织称为假菌丝 (Pseudomycelium)。 (图 1)

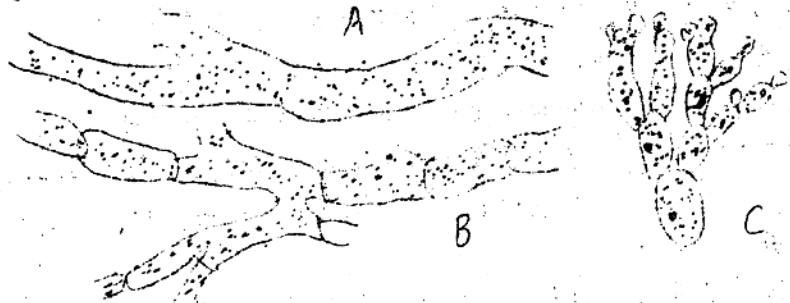


图 1 真菌的菌丝

A. 无隔菌丝; B. 有隔菌丝; C. 假菌丝 (芽胞相连)

* 一微米 (μ) = (等于的符号) 千分之一毫米 (mm)。

在真菌的细胞中含有细胞核；细胞分裂时还可以看到染色体。细胞核虽然很小，但在繁殖器官发展时，细胞核将变大而比较容易识别。

菌丝一般是由孢子萌发产生芽管，芽管在基物上继续生长，最后形成菌丝体（图2）。菌丝体大都是无色透明的，但有些真菌的菌丝体，尤其是老齡的菌丝体，由于细胞质中含有各种色素，就表现不同的颜色。但这些色素不能进行光合作用。

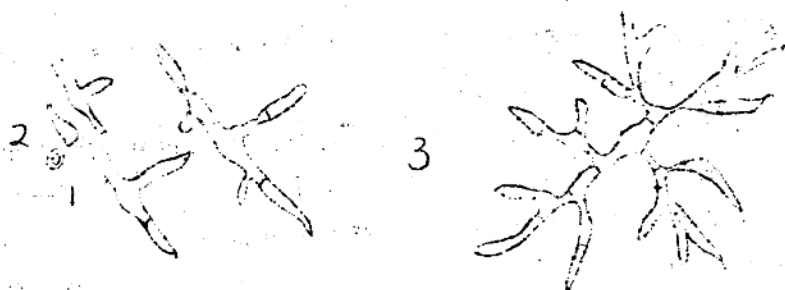


图2. 真菌孢子萌发和菌丝形成过程

1. 孢子； 2. 孢子萌发产生芽管； 3. 芽管延伸形成菌丝体。

菌丝的功能是从外界吸取所需要的营养物质，并不断生长发育。养分通过细胞壁和细胞质膜进入细胞内，所以真菌只能吸收溶解了的物质。菌丝可以分泌一些酶，使基质（物）中的物质溶解以后才被吸收。寄生于植物上的真菌，是以菌丝体从植物组织的细胞内或细胞间吸收养料的。穿入植物组织细胞内的菌丝，由于它的细胞壁与寄主原生质的直接接触，很容易吸取养分；在植物组织细胞间的菌丝，则可以通过寄主的细胞壁吸取养料。但多数专性寄生性真菌的细胞间菌丝，可以长出特殊的结构，叫做吸器（haustorium），穿进寄主细胞内吸取养料。各种真菌的吸器的形状各不相同，有圆形的、指状的和分枝状的；其中有的有细胞核，有的无细胞核（图3）。另一种吸取养料的特殊结构，叫做假根（Rhizoid），状如须根，伸入基物内吸取养分（图4）。

真菌无论是通过菌丝体或吸器吸收养料，大致都是一种渗透作用。寄生在植物上的真菌，它们的菌丝体或吸器的渗透压，一般都比植物细胞的渗透压高。能够在渗透压高的基质上生长的少数真菌，它们的