

真菌与人

ZHENJUN YU REN

余永年

9.32-49

科学普及出版社



内 容 提 要

真菌种类多，数量大，与人的关系极为密切。本书首先就真菌的特征、构造、生长、发育、繁殖、营养和代谢等问题作了概括描述；然后着重介绍了真菌对人们的益处和害处，以及我们怎样采集、栽培、利用真菌（包括工农业、医药上的利用，以及生物学测定）和怎样同真菌作斗争。既普及了基础知识，又介绍了技术知识。全书内容十分丰富，文字浅显易懂，适合具有中等文化水平或具有一定生物学知识的读者阅读。

真 菌 与 人

余 永 年

科学普及出版社出版（北京西郊友谊宾馆）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

地质印刷厂印刷

开本：787×1092 毫米^{1/32} 印张：5^{1/16} 字数：114千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷

印数：1—20,000册 定价：0.43元

统一书号：13051·1069 本社书号：0075

前 言

真菌种类多、数量大、繁殖快、分布广，与人的关系极为密切。真菌是一类丰富的生物资源，它所蕴藏的经济上的潜在能力是巨大而多样的。作为食物的来源，如蘑菇和酵母等，它们不仅丰富了食物的品种，还为我们提供了多种蛋白质和维生素。作为药物的来源，最常见的有青霉素等抗菌素，现在，人们又陆续发现多种真菌具有抗肿瘤的效力。从工业用途上说，真菌的代谢产物如酒精、甘油、酶制剂、甾醇、脂肪、塑料、促生素和维生素等化合物，也是非常重要的。有些产物从它的活性和复杂性来说，很难令人相信是真菌的产品，如有些蘑菇能产生真正可以爆炸的聚乙炔，以及高能量的发光化合物。生产中作为生物防治的手段，真菌有着广阔的应用前景；作为感染人畜和植物的病原物，真菌是一类不容忽视的敌人；作为变质的因素，真菌可使电器设备、光学仪器、皮革制品、纺织品、纸制品和各种食品霉腐变质。总而言之，真菌与人的关系极为密切，而真菌所形成的自然资源，可以说还是一个尚未发掘的自然宝库，迫切需要我们大力地开发和利用它。

我国对真菌的利用，有着悠久的历史。早在四千多年前，我们的祖先便已开始利用真菌酿酒，到周朝的时候，酿酒制酱业已经相当发达了。我国栽培食用菌，种类既多，时间也早，比世界上栽培蘑菇最早的法国还早约一千八百年。在世界上，再也找不出一个国家象我们伟大祖国这样，能将一

百多种真菌直接用作药材，并有那么悠久的历史。但是，在解放前，由于三座大山的压迫、使我国的真菌学停滞不前；解放后虽有较快的发展，但又惨遭林彪、“四人帮”的摧残，以至大大落后于时代的步伐，远远不能满足国民经济发展的需要。现在，在华国锋同志为首的党中央领导下，中国的真菌学又获得了新生，在实现四个现代化的新长征中，它必将做出应有的贡献。

本书是1963年应科学普及出版社“知识丛书”编辑室之约，在戴芳澜教授（已故）和方心芳教授的鼓励和指导开始撰写的。1964年初稿写成后，又蒙他们详加审阅并提出宝贵意见。去年，科学普及出版社正式恢复后又约此稿，作者对原稿作了大量修改，力求反映现代研究水平和应用状况，但由于水平和时间所限，错误和缺点不少，敬希读者批评指正。

在本书成书过程中，郭可大、胡春生、应建浙、陈庆涛和乐静珠等同志评阅了部分章节；韩者芳、卯晓岚、简荔同志描绘插图；程光胜和沈明珠同志则在多方面给了帮助。均此深致谢忱。

余 永 年

1979年春于北京中关村

目 录

前 言

一、什么是真菌	1
二、真菌的特征	3
真菌的营养体和繁殖体	3
真菌的寿命	8
真菌在生物界的地位	9
真菌的种数	11
真菌的分布	11
真菌的传布	13
三、真菌的生活	17
真菌的营养	17
真菌的酶	19
真菌的生长和发育	21
真菌对环境条件的要求	22
真菌对大自然的作用	24
真菌在不适宜环境下的适应性	25
四、对植物有益的真菌	26
菌 根	26
赤霉素	29
灭虫的真菌	32
捕食性真菌	37
真菌的双重寄生	41
利用真菌抗菌素防治植物病害	42
五、真菌的工业利用	44
甘油发酵	44
有机酸生产中真菌的利用	45
真菌在纺织工业中的应用	48
真菌在制革工业中的应用	49

真菌在造纸工业中的应用	50
真菌在其他工业中的作用	51
六、食品工业中真菌的利用	52
面包和酒精	52
酒	54
果汁澄清	60
乳制品和干酪	61
未来的油脂工业	61
糖制品	63
七、真菌与我国副食品加工业	64
酱 油	64
豆腐乳	66
豆 豉	67
豆 瓣	68
红 曲	69
食 醋	70
八、真菌与祖国药物	72
茯 苓	72
马 勃	74
雷 丸	75
灵 芝	76
虫 草	78
猪 苓	81
九、真菌与现代药物	84
青霉素	84
头孢霉素	87
灰黄霉素	87
麦角硷	88
麻黄素	90
甾族激素	91
β -胡萝卜素	93
核黄素	94
十、食用真菌	96

食用真菌的一般特征	96
真菌饲料	100
仙人环	103
蘑菇的栽培和加工	104
“真菌农场”及其他	107
十一、真菌在生物学测定中的应用	109
维生素的测定	109
氨基酸的测定	111
土壤中可利用态养分的测定	113
抗癌物质的测定	114
其他方面的测定	115
十二、使植物生病的真菌	117
真菌是植物病害的主要病原菌	117
植物病理学的形成	119
植物病害的预测	120
怎样防治植物病害	123
真菌是害虫的帮凶	127
十三、使人和动物生病的真菌	129
皮肤丝状菌病	129
深部真菌及相关的深部真菌病	132
真菌性中毒症	134
鱼类的水霉病	141
十四、毁坏物品的真菌	144
损坏食品的真菌	144
木材、木器及油漆中的真菌	145
纺织品上的真菌	146
损坏蛋白质产品的真菌	147
其他物品上的真菌	150
附录：真菌界的门、纲、目	151

一、什么是真菌

在我国的南方，每当雨后，天气转暖的时候，在田野草丛之中，常可发现一簇簇灰色、褐色斗笠形的草菇。而在葱郁的森林里，绚丽多姿的蘑菇，点点丛丛，比比皆是。

盛筵上清香扑鼻、味道鲜美的竹荪和口蘑，原本是幽竹深处和塞外草原的特产；传说中能使人“长生不老”的灵芝仙草，其实是枯树根旁的常居客。这些早为人们熟悉的草菇、蘑菇、竹荪、口蘑和灵芝，都是真菌“家族”的成员。因为它们体型较大，被称作大型真菌。

咱们大都喝过酒、吃过馒头，是什么使粮食或水果变成了酒呢？又是什么使馒头那么松软多孔呢？我们如果把正在酿制的酒醅或发好的面团和在一杯水里，从中取一滴水在显微镜下观察，就可看到许多球形和卵形的小生物。它们就是酿酒和发面的能手，真菌学家把它们叫做“酵母”，它们是小型真菌的代表。此外，副食品商店里的木耳和各种蘑菇，中药房里的银耳、虫草和茯苓等等，也都是真菌。

在生活中，真菌和人们的关系是非常密切的。吃的酱油、麸醋、腐乳、酒娘、乳酪和甜胚；穿的花布、麻布和丝绸织物，都有着真菌的“劳动”。当青霉素给你治好肺炎的时候，可别忘了向产生青霉素的真菌——产黄青霉致谢！

真菌还能把淀粉变成葡萄糖、柠檬酸、甘油、乙醇以及许多重要工业原料；它又能产生许多种有用的化学物质；有些真菌还可以用作营养价值很高的饲料，甚至代食品。

不过，不要以为所有的真菌都是人们的朋友，在这个庞大的真菌家族里也有不少人类的敌人。春夏之交，当云多雾重、细雨濛濛、阳光散射、气温高、湿度大的时候，几天前还是绿油油的麦苗突然出现了黄色锈斑，麦苗渐渐枯萎下去。原来小麦患了黄疸！而使小麦生病的就是真菌！

有时你走进庄稼地，在有些作物的叶、果或茎秆上，不难发现一些圆的、多角形的、轮纹状的或水渍状的斑点。有了这些斑点，庄稼就长不好，甚至会死亡。这些斑点是谁造成的呢？植物病理学家会告诉你，主要“罪犯”也是真菌。

在通风不良而又潮湿的仓库里，东西会发霉，水果会腐烂；在坑道里，坑架会因霉腐而倒塌；在铁路上，枕木会因霉腐而报废；河流、海洋里，船舶的木质部分也会因生霉而腐朽。所有这些常会造成巨大经济损失，甚至人畜伤亡。“罪魁祸首”是谁呢？真菌学家会异口同声地回答，还是真菌！

常常有人说：“我的脚上有湿气，痒极了！”其实，这并不是什么“湿气”。医生会从你生湿气的脚上找到真菌。真菌不仅会使植物生病，也会使人和动物生病。近二十年来，医学家们还发现许多深部真菌，能引起多种脏器和中枢神经系统疾病，以及癌症等等。而这些病都很不容易治疗。

真菌既然与人的关系如此密切，那么，它究竟是一类什么样的生物呢？用简短的科学语言来说：真菌是具有真正细胞核的，能产生孢子的，并以吸收方式进行营养的有机体。它们一般都能进行有性和无性繁殖，营养体常呈分枝丝状，具有甲壳质或纤维质的细胞壁。

真菌有这么神奇威力和巨大破坏性。那么，如何利用益菌、控制害菌并进一步化害为利就成为我们的任务了。为了这个目的，我们就必须更好地熟悉它，研究它以至改造它。

二、真菌的特征

真菌的营养体和繁殖体

真菌一生中，有多种多样的形态特征。我们先来认识一下维持真菌生存的营养体，和传宗接代的繁殖体。

菌丝体及其组织 馒头在不通风的地方放久后往往会长出绒毛状的东西，最初是白色的，后来慢慢变黑。当你移动它时，便扬起尘埃状的烟雾，随风飘散。这些绒毛状的东西，就是真菌的菌体。如果把它放在显微镜下观察，就可以看到一条条粗大的丝状物，很像透明胶管，这就是菌丝。这些向四周伸展的丝状物或绒状物，就组成了菌丝体。除此而外，在这里面还可看到无数圆形或椭圆形的东西。这就是后面要谈的一种繁殖体，叫做“无性孢子”。

菌丝体是多数真菌常见的营养体，此外还有原质团、单细胞、假菌丝和两型菌丝。它们的功能都是吸收水分和养料，使菌体不断生长。它们是真菌的营养器官。

菌丝体的典型构造是向四周伸展的丝状体或绒状体。各个个别的单丝称为“菌丝”。有的真菌的菌丝中还有横隔膜，称为“分隔”或“隔膜”。隔膜把菌丝分隔成节，状似竹节。隔膜中央有时有一个小孔。有的真菌（如担子菌）隔膜两面还有复杂的桶状突起，称为“桶状隔膜”。

真菌细胞一般包括细胞壁、原生质膜、边体及细胞核、线粒体、内质网及液泡等细胞器，如图 2-1 所示。细胞质可

通过隔膜上的小孔与邻近细胞的细胞质相互交流,如图 2-2B 所示。真菌细胞壁主要由甲壳质或纤维素构成。

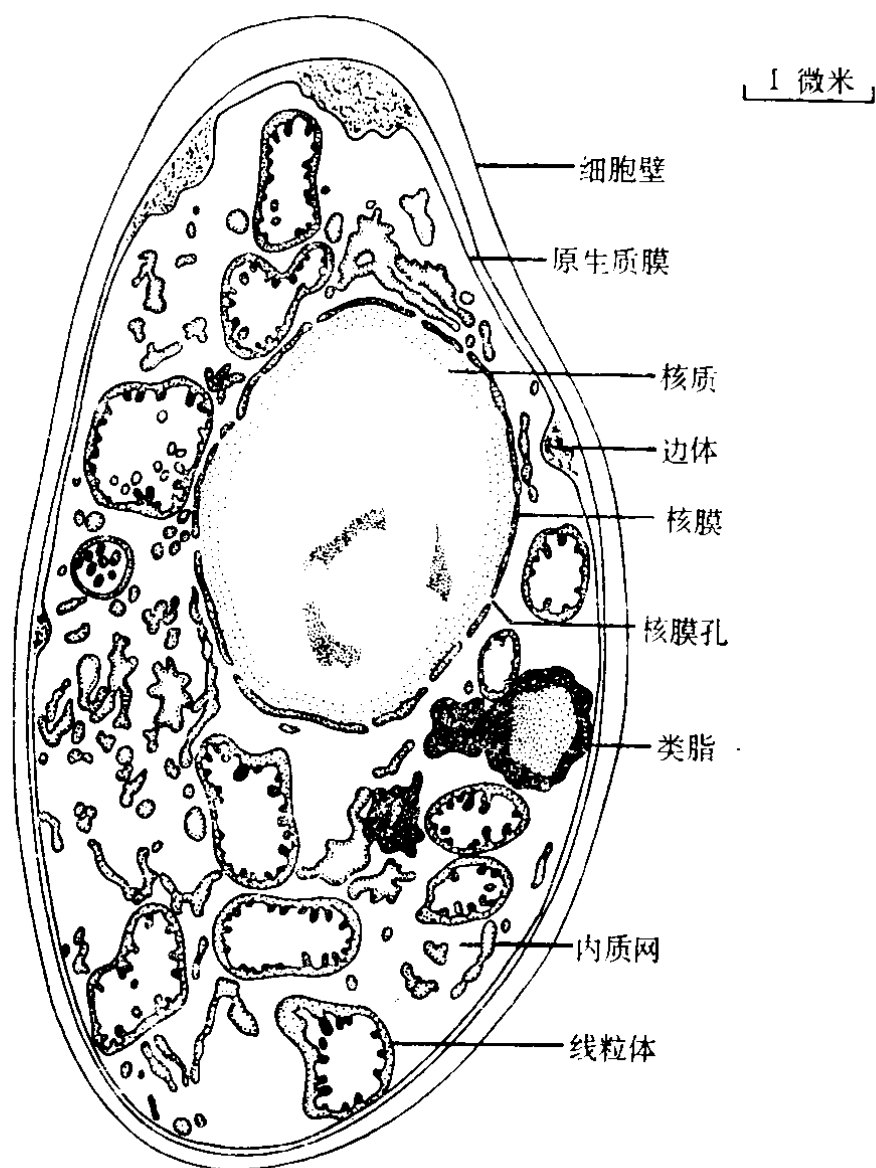


图 2-1 寄生霜霉吸器细胞的电子显微镜观

菌丝的直径，最小的还不到 0.5 微米，最大的可超过 100 微米，通常在 5—6 微米左右。绝大多数的菌丝是无色透明的，但长老了的菌丝可能产生各种色素，因而呈现种种不同色泽。

真菌的菌丝体还能形成其他组织，形成特殊形态构造。

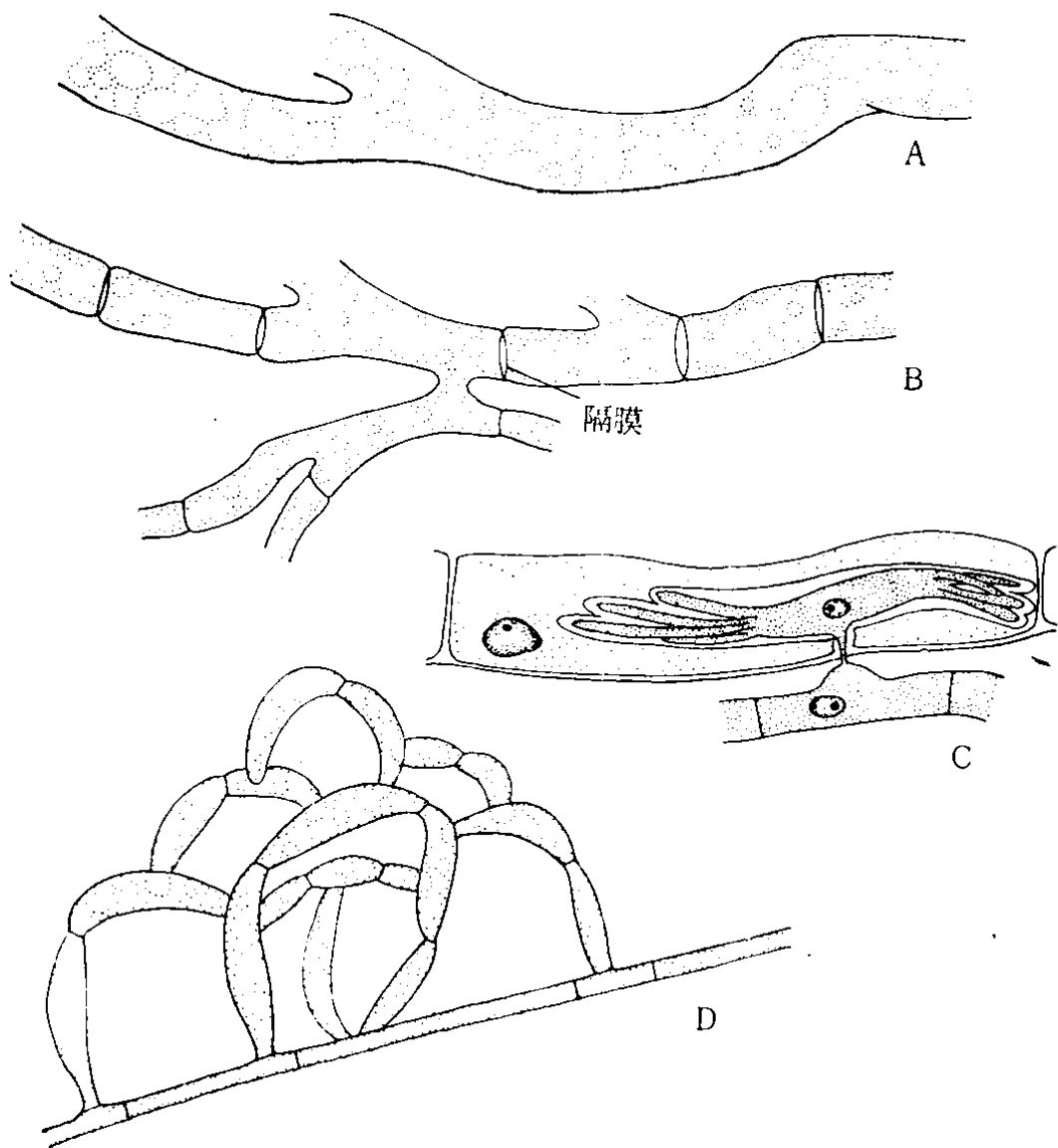


图 2-2 真菌的菌丝及其变态

A-无隔菌丝； B-有隔菌丝； C-穿入寄主细胞内的指状吸器； D-捕捉线虫的菌网

有的真菌，许多菌丝体纠结成团，形成坚硬颗粒，叫做“菌核”；有的，菌丝体平行地结成索状组织，称为“菌索”。菌核和菌索都有保护真菌使其免受不良环境影响的作用，后者还有帮助真菌迅速运送物质和侵染其他生物的功能。寄生真菌中，有的菌丝还会产生旁枝。旁枝的功用是穿入寄主细胞吸取养料，所以叫做“吸器”，如图2-2 C所示。有的真菌会

形成“菌网”（图 2-2D）或“菌套”（图 4-5）。还有些真菌菌丝能形成一种垫状或壳状的“子座”，用以容纳或着生有性或无性的子实体^①。

真菌的繁殖 真菌的繁殖器官大多由营养器官转变而来。有些真菌当其发育到某一阶段时，整个营养体可全部转变为繁殖体，因此在同一个菌体中，营养体和繁殖体不可能同时存在。但是大多数真菌的繁殖器官，都只从菌体的一部分产生出来，而其余部分仍旧维持其营养体的形态和功能。真菌繁殖时主要是产生各种各样的孢子作为繁殖单位。孢子常成万成亿地产生、数目大得惊人，体积却非常微小。

真菌的孢子极其多样，形态各不相同，体态千变万化，有的浑圆如球，有的卵圆似蛋，有的像碧空的新月，有的如织女的纺锤，有的细长如绢丝，有的卷曲似旋螺；孢子的色泽有的透明，有的是黄色、橙色、红色、绿色、褐色直到黛色；真菌孢子的细胞数目由一个到多个；组成孢子的细胞的排列、孢子的大小及产生的方式也各不相同。真菌孢子这样变化无穷，姿态万千，颇具魅力地吸引着真菌研究者；真菌孢子的相对稳定性，又为真菌分类学提供了可靠的根据，如图 2-3 和图 2-4 所示。

真菌孢子，有的是由两个细胞内的两个或多个细胞核及其周围的原生质结合而形成；有的是由单细胞分裂而形成。前者通常称为“有性孢子”，后者称为“无性孢子”。一般所谓的游动孢子、孢囊孢子、芽孢子、粉孢子、分生孢子及厚

① 子实体是真菌产生孢子的结构，它的形式多种多样，从简单、小型到复杂、巨型。除产生孢子的组织外，还包括各种对孢子起保护、形成和传播作用的组织、拟组织及其它辅助结构。

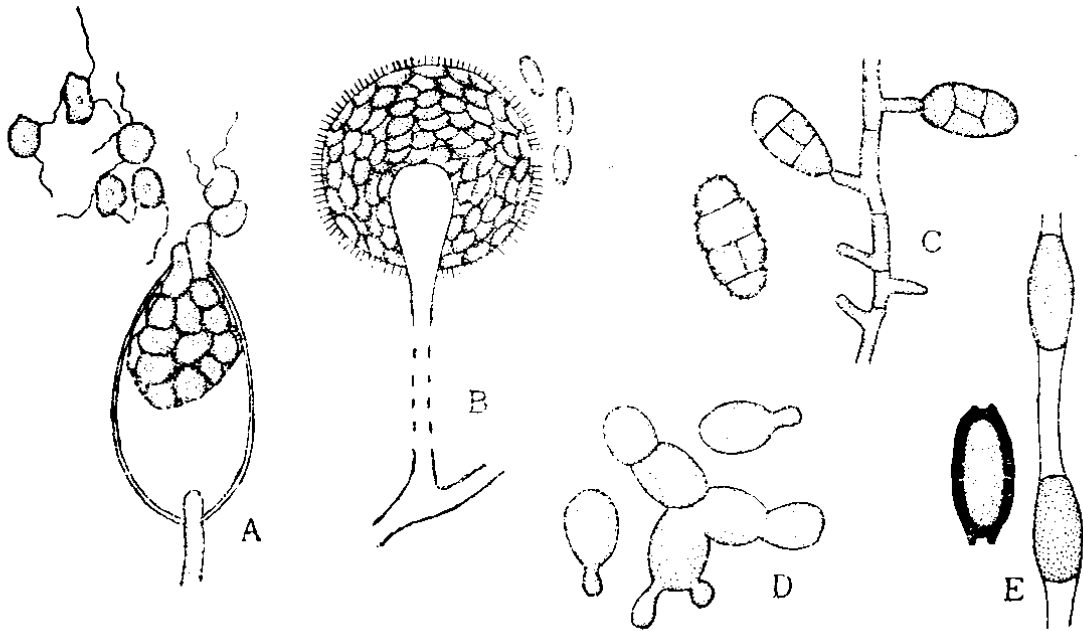


图 2-3 真菌无性孢子的主要类型

A-游动孢子正从孢子囊内游出；B-孢囊孢子及孢子囊；C-分子孢子；D-芽孢子；E-厚垣孢子

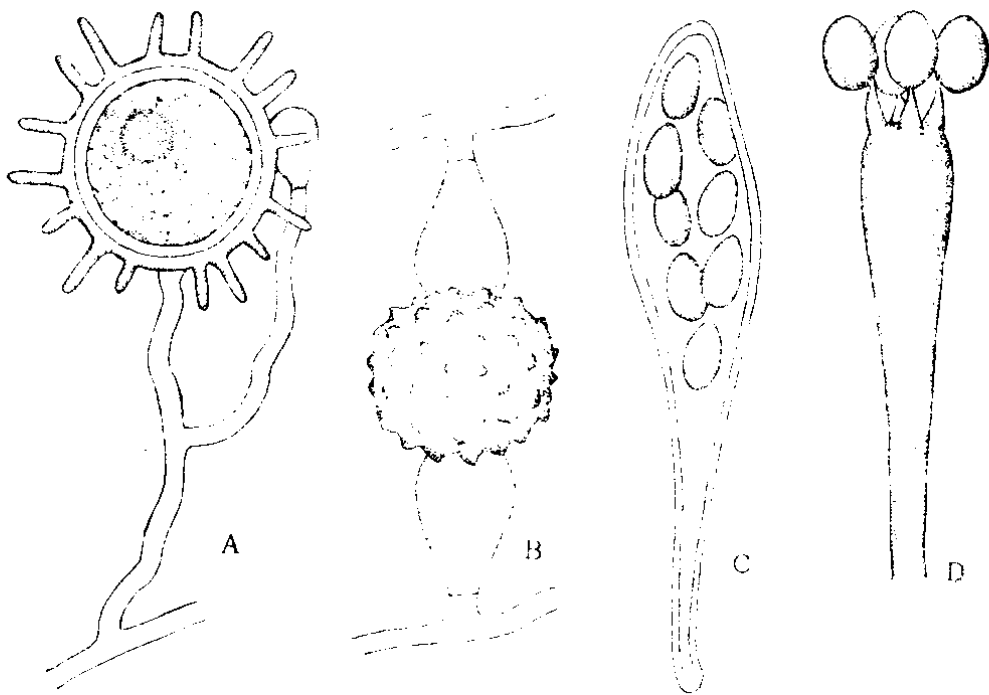


图 2-4 真菌有性孢子的主要类型

A-卵孢子在具有指状突起的藏卵器内；B-接合孢子生于两配囊柄之间；C-八枚子囊孢子产于子囊内；D-担孢子四枚着生于担子的小梗上

垣孢子等，都是无性孢子；而卵孢子，接合孢子，子囊孢子及担孢子等，则为有性孢子。一般而论，有性孢子对抵抗不良环境和保存菌种起重要作用；而无性孢子对于个体数目的增加和真菌的繁衍起着巨大作用。

大部分真菌的再生力都是很强的，在多数情况下，真菌有机体的每一个体，都会产生成千上万个孢子，有时竟达几百亿，几千亿甚至更多！例如，谷类锈菌的夏孢子，在一个繁殖季节，可重复形成四、五次。若每一个孢子堆内有1,000个孢子，每个孢子又再行浸染，那么，第四代就产生 $1,000^4$ 个孢子，即1万亿个孢子。紫芝每个子实体每天可产生2.5亿个孢子，鳞多孔菌约36亿个孢子，扁平层孔菌则可产生孢子300亿。自然，只有落在适宜环境里的孢子才可能萌发。

很多真菌在无性繁殖时期能繁殖若干代。而有些真菌还具有多型性现象，也就是说在它的发育循环中，能产生几种类型的孢子或经历几个孢子阶段。每一类型和阶段又都能进行大量繁殖。如此一来，真菌所产生的孢子，计算起来，简直就是个天文数字了。

真 菌 的 寿 命

大部分真菌的寿命是短暂的。真菌菌丝体的生长期一般只有几天，然后便形成孢子，再后菌丝体停止生长甚至死亡。但有的真菌，如寄生菌中大多数多孔菌，及某些具有越冬菌丝的锈菌，具有多年生菌丝体。腐生菌中，特别是生长在土壤中的伞菌，也常常具有多年生菌丝体。

真菌孢子所形成的器官，包括那些巨大伞菌的子实体，大部分都不能长期存在，通常是在散布孢子后死去。多汁子

实体的一个特征便是只能短暂存在；比较干燥的子实体或暂时能忍受干旱的子实体是长寿的。例如多孔菌的子实体，往往能活十年以上。

当环境条件不适宜真菌生长时，菌丝细胞形成特别厚的细胞壁，细胞内的原生质也高度浓缩，形成厚垣孢子、芽孢子、菌核、菌索及各种有性器官和孢子，以抵抗不良环境，保证真菌延续。而真菌的菌丝及一般无性孢子，是非常脆弱的，在不良条件下很容易死亡。

有些真菌具有独特的忍耐力。酵母能经受 8,000 个大气压的压力。有的真菌可以在高度真空（气压为 3.6×10^{-10} 毫米水银柱）中，生活五天之久。某些药物对温血动物是致死剂量，但对真菌却无效。在实验室条件下，真菌腊叶标本上的孢子，寿命可长达六十年之久！所以有些真菌学家认为，如果地球一旦发生变化，绿色植物和动物一个个死去了，消失了，最后保留下来的，也许就是某些真菌。

真菌是具有最顽强生命力的生物之一。

真菌在生物界的地位

人们在观察周围的生物时，会看到有一类生物，能行光合作用，自己制造食物并着生在一定地方；另一类生物，则摄取外界食物并能来往行动。人们把前者叫做植物，而后者叫做动物。于是在分类学上建立起一个两界系统——动物界和植物界。真菌虽然不能进行光合作用，但它有根和细胞壁，所以一向被列入植物界。细菌虽然有的能游动，但因为有些细菌能进行光合作用，又具有细胞壁，所以也放在植物界内。

新近的研究表明，地球上有细胞结构的生物中，原核和真核之间的差别比其它方面的差别更具有本质性。原核细胞，如细菌和蓝藻，它们的DNA^①形成环状，连在细胞质膜内面，而真核细胞的DNA则包含在细胞核内。其次，原核细胞没有核膜和细胞器，细胞壁成分以粘性复合物为主，细胞以无丝方式进行分裂；而真核细胞有核膜和细胞器（如线粒体、内质网、叶绿体和9+2—鞭毛等），细胞壁成分复杂（如纤维素、甲壳质等），细胞以有丝方式进行分裂。因而，有些生物学家认为，原核生物与真核生物是生物界的最大“间断”，它们代表着生物进化的两个显著不同阶段，所以生物界应首先分为原核类与真核类。

真核类生物中，又怎样分类呢？过去认为，生物的营养方式有两种，即植物是进行光合作用的，动物是从外界摄取食物的。而现在则有了新概念，营养方式有三种，即光合作

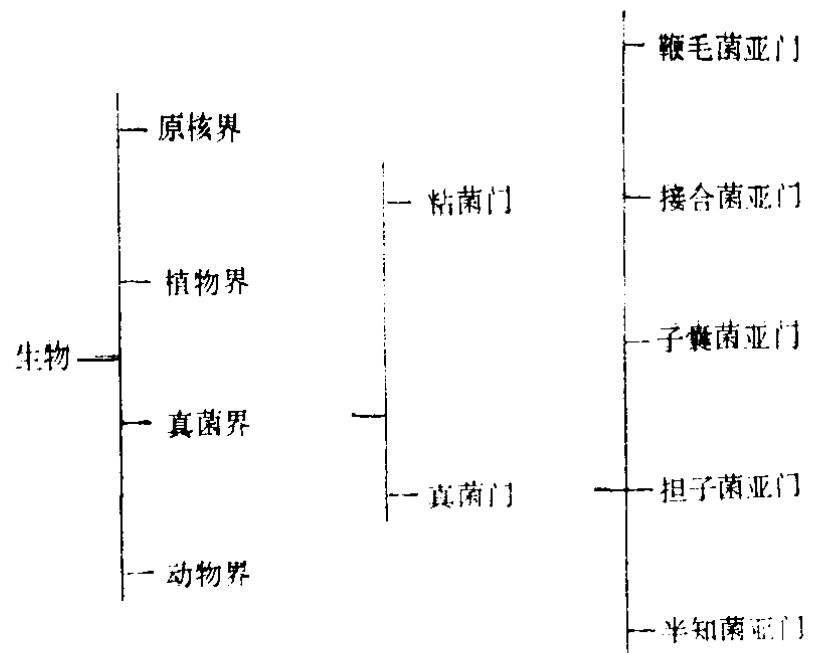


图 2-5 真菌在生物界的地位

① 脱氧核糖核酸。