

真菌学概论

〔美〕C·J·阿历索保罗 C·W·明斯著

余永年 宋大康等译 裘维蕃总校

农业出版社

Introductory Mycology

THIRD EDITION

by

Constantine J. Alexopoulos

Charles W. Mims

New York 1979

真菌学概论

[美] C. J. 阿历索保罗 著
C. W. 明 斯

余永年 宋大康 等译
裘维蕃 总校

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 34 印张 839 千字
1983 年 7 月第 1 版 1983 年 7 月北京第 1 次印刷
印数 1—6,200 册
统一书号 16144·2576 定价 5.20 元

总校者序

一九八〇年九月美国加州大学曹鑫泉教授来我国讲学时赠给我们一册新出版的C. J. 阿历索保罗教授等著的“真菌学概论”第三版。此书的旧版我国曾经有译本，但事隔多年，真菌学在国际上的进展极为迅速，有许多陈旧的分类学观点已经不能接受，比较新而切合实际的真菌学观点亟宜增加，以刷新人们对真菌学的旧观点而建立比较全面而新颖的概念。

自从安司沃斯(Ainsworth)等编辑了真菌一书及安氏与比斯贝(Bisby)刊行了其真菌辞典第六版，我国在生物学界及农学界均开始注意真菌学的新进展，但各种教科书内究宜采用何种分类方法尚有些莫衷一是。旧日的三纲一类既为陈迹，今后宜采用多少纲为是，自将有一些基础，而阿氏此书有提纲挈领之妙，他们将错综复杂尚无定论的系统发育避而不谈或少谈，以免乱人思路。确认真菌为界，从而分出三门十一纲和一形式纲。另外将地衣另成一章附加论述。

总观全书的系统实际上是从原来的分类系统合理化而衍生，使人并无格格不入之感，反而觉得正本清源，条理不紊。由于作者等不去纠缠于烦琐的系统学上，因此使得本书对初学者节约了暂时不必要的脑力劳动。

本书对某些目、科、属的过于详细的材料，指明其原文出处，而不在书中烦琐地交待，这一优点非常可取，因为学者如果愿对某一类真菌深入探讨，可以按作者等指出的文献去搜索，故而此书的英文原名Introductory是“导引”的意思，是指引导初学者入门，为此我们将文献按原文附于每章之后，以便学者查索。

诚如作者等所指出，真菌学的学说不断发展，真菌的分类系统将日益接近于自然，一本概论不是定论而是导引，十年之后肯定将有更新颖的同类书籍问世。我们鉴于国内生物、农业、工业各界的急需，为此请一些有关的同志尽力从速翻译，并分工细校，除总校者外，尚有吉林农大周宗璜教授，中国科学院微生物所余永年、宋大康、梁平彦同志，华南农学院戚佩坤同志分校若干篇。校者、译者均在文后具名以示负责。

译书是一种劳而少誉的工作，校者尤其如此，译者之中的经历亦不尽相同，其中有真菌学专家，也有青年真菌初学者，为此笔力不同，文采也各异，总校者但求译文不失作者原意，无力使文汇一泻如注。这是国外一本新书，急愿国内同人早睹为快。由于匆忙，错漏之处难免，敬希读者不吝指教，以便再版时修正。

裘维蕃

一九八一年七月一日于北京农业大学

前 言

在美国对一些年轻的及经验丰富的真菌学教师作了一个非正式的调查，发现为生物学、植物学、微生物学及植物病理学主系大学生和研究生开的真菌学概论课程中，形态学的和分类学的方法仍然被广泛应用。而本书的前两版也为此而被采用。这些方法同我们的观点是相吻合的，并且仍将继续为此书的基础。虽然我们觉得有必要在某些地方引入一些生理学的、生物化学的、遗传学的以及生态学的资料，但我们将这些压缩到最少限度以不使本书不恰当地扩充并使本书仍然是一本引导的书。我们仍然认为一个学习者必须知道真菌是如何构造的，以及在熟悉它们的生化及生态之前知道它们是如何生殖的。

在真菌的形态及分类讨论中，当然使用的分类系统具有至高的重要性。自从本书的第二版问世以来，有不少的系统已经提出来了，但还没有任何一个被普遍地接受。大多数真菌学者似乎共有的一个观点便是将真菌从植物界 (Planta) 中移出来成为一个独立的界—菌物界 (Myceteae)，并将其分为若干或多或少是传统的门及亚门，纲及亚纲，这些都按常规的序列加以论述。我们同传统唯一的区别，如果认为是如此的话，就是将卵菌纲从其他有鞭毛的真菌中划分出来成为双鞭毛菌亚门。

我们已经全部重写了大多数章节并按照现代分类学的建议使它们现代化。在处理粘菌纲时写得相当详细。我们曾受到其他英语真菌学教科书中对它们疏忽的影响而我们不能想象在一本导引真菌学课程中省略了它们。加之我们对此类微生物的兴趣是众所周知的！我们也考虑和非地衣类真菌一起讨论地衣类真菌，它们是很相似的，但最后决定将它们分开处理，与前一版一样，但稍详细些。

我们此书将系统发育 (Phylogeny) 除外。宣称我们知道真菌之间的亲缘关系是不明智的。只要真菌学还继续存在，关于真菌的新的资料仍会不断地获得，而我们现在的系统发育概念将成为陈腐的。那么我们为什么要把我们对真菌亲缘关系的猜想去让学生负担呢？个别的教师可以教授他们自己的观点而不受我们的干扰。

关于制图的事情，我们保留了大多数生活史图，必要时使其现代化，因为学生们认为它们在前两版中是非常有用的。我们加入了一些由 R. W. 歌斯博士巧手绘制的新图以及若干照片及扫描的和透视的电镜照片，以显示重要的结构。

我们对所有批判性地阅读部分原稿的同事表示感谢，而且我们也接受了他们的许多建议。然而只有我们自己单独或共同对本书中出现的任何事实上或判断上的错误负责。我们将永远欢迎教师和学生的建议，以改进可能继之而来的版本。

C. J. 阿历索保罗

C. W. 明斯

(裴维蕃译)

目 录

第一部 绪 论

第一章 真菌界——真菌概论和主要分类纲要(霉菌、霜霉、酵母、蘑菇、马勃)	1
--	---

第二部 裸 菌 门

第二章 集胞裸菌亚门	39
集胞菌纲(细胞状粘菌)	39
第三章 原质体裸菌亚门	48
I 原柄菌纲(原柄菌)	48
第四章 原质体裸菌亚门	52
II 粘菌纲(真粘菌)	52

第三部 鞭毛菌门

第五章 单鞭毛菌亚门	87
I 壶菌纲	87
第六章 单鞭毛菌亚门	117
II 丝壶菌纲(前单鞭毛真菌)	117
第七章 单鞭毛菌亚门	120
III 根肿菌纲(内寄生粘菌)	120
第八章 双鞭毛菌亚门	126
卵菌纲(水霉)	126

第四部 无鞭毛菌门

第九章 接合菌亚门	165
I 接合菌纲	165
第十章 接合菌亚门	199
II 毛菌纲	199
第十一章 子囊菌亚门	205
子囊菌纲(子囊菌)	205
第十二章 子囊菌纲	226
半子囊菌亚纲(属于子囊菌的酵母和其他无子囊的真菌)	226
第十三章 子囊菌纲	247
不整囊菌亚纲(黑霉、青霉、癣菌)	247
第十四章 子囊菌纲	270
I 层囊菌亚纲	270

I 核菌 (球针壳的中心体型——白粉菌和煤炱菌)	270
第十五章 子囊菌纲	282
II 层囊菌亚纲	282
II 核菌 (炭角属的中心体型)	282
第十六章 子囊菌纲	308
III 层囊菌亚纲 (间座壳属中心体型和丛赤壳属中心体型)	308
第十七章 子囊菌纲	319
IV 层囊菌亚纲	319
盘菌	319
第十八章 子囊菌纲	347
虫囊菌亚纲	347
第十九章 子囊菌纲	351
腔囊菌亚纲 (产生子囊座的真菌)	351
第二十章 担子菌亚门	370
担子菌纲 (黑粉菌、锈菌、胶质菌、蘑菇、层孔菌、马勃、鬼笔、鸟巢菌)	370
第二十一章 担子菌纲	382
I 无隔担子菌亚纲	382
I 层担子菌	382
非褶菌目 (多孔菌、齿菌、珊瑚菌、鸡油菌)	382
第二十二章 担子菌纲	396
II 无隔担子菌亚纲	396
II 层担子菌	396
伞菌目 (蘑菇和牛肝菌)	396
第二十三章 担子菌纲	416
III 无隔担子菌亚纲	416
III 层担子菌	416
外担菌目、花耳目、胶膜菌目、座担菌目	416
第二十四章 担子菌纲	423
IV 无隔担子菌亚纲	423
腹菌 (马勃、地星、鬼笔、鸟巢菌)	423
第二十五章 担子菌纲	435
隔担子菌亚纲	435
银耳目、木耳目、隔担菌目	435
第二十六章 担子菌纲	441
冬孢菌亚纲 (锈菌、黑粉菌、担子菌类酵母)	441
第二十七章 半知菌亚门	471
半知菌形式纲 (不完全菌)	471

第五部 地衣门

第二十八章 地衣	505
真菌学术语	517

第一部 绪论 (INTRODUCTION)

第一章 真菌界 (Kingdon Myceteae)

——真菌概论和主要分类纲要

(霉菌、霜霉、酵母、蘑菇、马勃)

三千五百年前，传说希腊英雄Perseus在实现一个神谕中，偶然间杀死了他的祖父Aerisius，接替了阿尔果斯 (Argos) 王位。后来根据Pausanias*记载，“当Perseus回到阿尔果斯，羞愧于杀人的昭著臭名，他便去说服Proetus的儿子Megapenthes同他交换王国。所以，当他接受Proetus王国时，他建立了密赛拿(Mycenae)王国，因为在那里，他剑鞘的盖(Mykes)脱落了，并认为这是他建立城市的标志。我还听说由于口渴，他碰巧拔起一个蘑菇并喝了从中流出来的汁液，就高兴地将这个地方命名为密赛拿(蘑菇)”***。

这样，曾经发展过的最伟大的文明之一——密赛拿——可能就是传说中的蘑菇，从相同的希腊字衍生出真菌学，从词源学讲，真菌学就是研究蘑菇***。诚然，在朦胧的过去，真菌学是如何开始的尚不清楚，但在显微镜甚至在简单透镜出现以前，因为蘑菇是最大型真菌并吸引着博物学家的注意。十七世纪列文虎克发明了显微镜，才开始对真菌的系统研究。真菌学学科奠基者的荣誉应属于意大利植物学家P. A. Micheli，他在1729年发表了《植物的新属》，其中包括对真菌的研究。

但是，什么是真菌？给这群生物下一个确切的定义实际上是不可能的，因为我们研究活有机体越多，我们试图去对任何特殊生物群划定界线就越没有意义。现在，生物学家所用真菌一词包括具真核的、产孢的、无有叶绿素的有机体，它们一般都能进行有性和无性繁殖，并常为丝状的分枝体细胞结构，典型地围绕着含甲壳质或纤维质细胞壁，或同时含有两种物质以及许多其他复杂的有机分子(表1—1)。

简单地讲，真菌在它们的细胞中具有真正的细胞核，以孢子繁殖，没有叶绿素。多数真菌还具有一些不同类别的性机制，它们具有常常是分枝的丝状菌体，这些管状菌丝的细胞壁是以含甲壳质或纤维质或二者兼而有之为特征的。这恐怕是一个好的定义，但是象所有的定义一样，它并不是无懈可击的。例如，有些真正的真菌并非丝状的，有少数其他真菌的菌丝是无细胞壁的。一些真正的藻类，它们被推测因经过演化而丧失了叶绿素，颇适合于上述定义，但并不是真菌。然而，被真菌学家研究过的一些，多少是欠缺的微生物，但不是真菌。

* 见 Frazer 所译 Pausanias (1898) (Ramstottom, 1953)。

** 获伦敦 Macmillan 公司同意而引证。

*** 实际上，真菌学 (Mycology) 一词是一个不正确的新造词。正确的词应为 Mycetology，因为按照希腊文语法的原则 mykes 组词型应为 myceto。

它们是细胞状和原质团的粘菌。

在这本书里，我们主要是讨论霉菌和霜霉，酵母，盘菌，块菌，锈菌和黑粉菌，蘑菇和马勃，以及我们常常包括在真菌内的其他全部类群。我们还专门用了一些时间在粘菌上，因为它们在很多方面都象真菌，并且常常为真菌学家所研究。

真菌的重要性 真菌的系统研究仅仅才 250 年，但是从第一次举起盛满酒的贝壳来祝酒，焙制第一片发酵的面包时起，对这类有机体作用的认识已有数千年之久了。的确先民是透彻了解生物发酵的。埃及人认为这是伟大的地狱判官神 (God Osiris) 给人类的礼物。古希腊人和古罗马人崇拜酒神狄俄尼索斯 (Dionysus) 和巴克斯 (Bacchus)，并庆祝酒神节 (Dionysia) 和古罗马酒神节 (Bacchanalia)，在盛大的酒节中尽情的斟酒。罗马人把蘑菇和块菌的出现归于朱庇特 (Jupiter) 神用闪电猛击土地的结果。甚至在近代，墨西哥和危地马拉的印第安人还相信某些蘑菇的出现如哈蟆菌 (*Amanita muscaria*) 与雷电有某些尚未弄清楚的联系。Lowy (1971, 1974, 1977) 对蘑菇在墨西哥和危地马拉的印第安人部落里的宗教和神话中所起的作用作了很好的记述 (图 1—1)。Wasson 和 Heim 对墨西哥一些印第安人的宗教实况进行了有趣的叙述。最近 Wasson 及其合作者 (1974) 在各种著作中论述了在这些仪式中所使用的致幻蘑菇。然而，甚至在今天这样一个科学的世界，在原子核已经成为家喻户晓的一个世界，却很少有人认识到我们的生活与真菌的联系是如此的密切！老实说，我们没有一天不是直接或间接地在受到这些微观世界中的居民们的益处和损害中度过的。真菌学家确实是很蹩脚的宣传员。

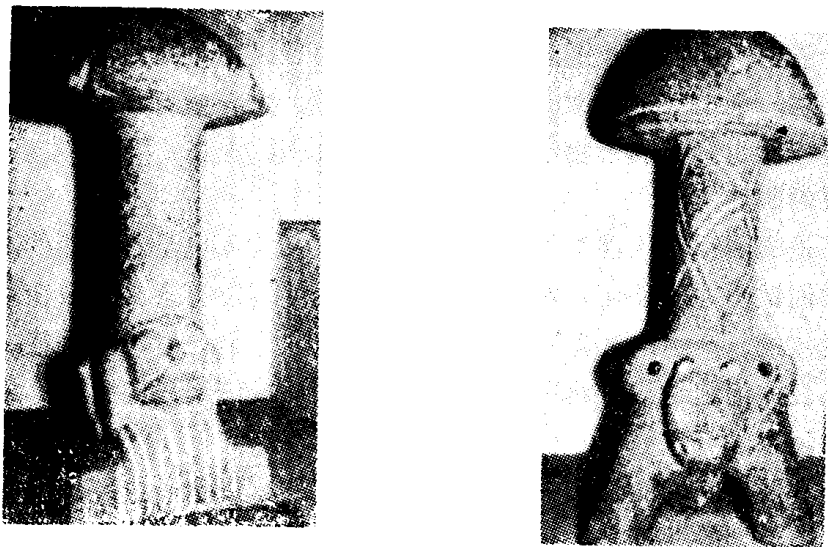


图1—1 两个石刻蘑菇，可能用于宗教仪典中或仅仅用作艺术品〔中古典期前的 (Middle Preclassic) ($\pm 1000-300$ B.C)] 人的雕象
(左)：高 32 厘米，菌盖直径 15 厘米。两件均藏于危地马拉的人类学博物馆。

在我们周围所发生的缓慢但是始终进行的变化中，真菌由于它们的无所不在 (Cooke, 1975) 和它们那种大得惊人的数目，而起着极为重要的作用。真菌是许多有机物的分解者，它们直接毁坏我们的食品、织物、革制品以及其他由真菌能为害的原料加工而成的消费品；真菌能引致大多数已知的植物病害以及许多动物和人类的疾病；真菌是许多发酵工业的基础，

如制面包、酿酒、做啤酒、发酵可可豆和制备某些乳酪；真菌被用于多种有机酸、麦角朊春和可的松等药物以及在某些维生素的商业生产中，它们还是多种抗菌素特别是青霉素和灰黄霉素的生产者。

真菌对农业既有害又有益。一方面它们引起植物病害造成千百万元价值的损失，但是在它们的腐生作用中，千百年来真菌和细菌一起使许多重要的化学元素得以再循环，如果没有它们的活动，这些元素将永远被封固在已死的动、植物体内。许多真菌在植物残骸的分解中特别重要，因为它们具有利用纤维素的能力。对植物生长可利用状态的植物营养被释放在土壤内及大气中二氧化碳量的大量增加，都被用于光合作用之中。最后引用美食主义者的话题，我们也不能忽视浓厚多汁的，以褐变菇 (*Agaricus brunnesens*) 子实体覆盖的牛排的乐趣。褐变菇是一种栽培蘑菇 (Malloch, 1976)*。关于食菌的更多细节见第十七、二十一、二十四和二十七章。

真菌不再是真菌学家个人所关心的事了，细菌学家、遗传学家和生物化学家发现，真菌可以作为研究基本生物学过程中的一个重要研究工具。因为有些真菌生长、繁殖迅速，在很短的时间内便可得到比植物和动物多得多的后代。此外，由于减数分裂所产生的真菌孢子将长成单倍体个体这一事实，给予遗传学家一个机会来直接、快速地进行性状分离的分析。再则，真菌可以生长在试管中，比起大多数植物和动物来说，只需要很小的空间、粗放的管理和花费不大的设备。

红色面包霉〔脉孢菌 (*Neurospora*)〕就是一个例子。两位美国农业部的著名真菌学家 C. L. Shear 和 B. O. Dodge 在 1927 年发现了这种真菌，并指出它几乎是研究遗传规律最理想的有机体。在一系列论文中，Dodge 一步一步地为这一新的分枝学科奠定了基础，这一新的分枝学科被称为单倍体遗传学。遗传学家和生物化学家受到了 Dodge 的发现的激动，利用脉孢菌作为实验工具。随后一系列的研究显示出基因控制酶的方式，并阐明了在活有机体内转运的生化代谢途径。顺便说一句，这使遗传学家 G. Beadle 和生物化学家 E. Tatum 获得了诺贝尔奖金。Brodie (1978) 最近写的一本书《真菌——怡人珍品》，在悦目、简洁的描写中，是以探索真菌的重要性和魅力为主题的。所有学习真菌学的人都应该阅读这本书，但是许多人却没有阅读。

粘菌也广泛地被用于研究中。多少年来粘菌成了真菌学家独有的财产。其次，细胞学家、生物化学家和生物物理学家发现多头绒泡菌 (*Physarum polycephalum*) 在研究 DNA** 合成、有丝分裂循环、形态建成及原生质穿流的原因和机制，以及在第四章要加以阐明的同步有丝分裂方面都是极好的实验生物 (Rusch, 1968)。

毫无疑问，许多真菌为形成人类的许多知识作出了贡献，因而也为人类的福利作出了贡献。有些真菌已经知道，另一些真菌有待发现，真菌学家将找到它们。

一般特征 真菌是缺乏叶绿素的一群活有机体，除少数外，它们象简单的植物一样具有明确的细胞壁，虽然它们也可以产生能动的繁殖细胞，但它们通常是不能游动的，并以孢子进行繁殖。孢子是微小的简单传播单位，缺乏用作产生同种新个体的胚。真菌既不具有根、茎或叶，也不象植物那样发展出维管束系统。真菌常常是丝状和多细胞的；它们的核相当容易被证实；它们的营养结构，除少数例外的外，很少分化，实际上没有功能的分工。

* 近些年直到一九七六年，多数真菌学家把培养和栽培的蘑菇的名字称为二孢蘑菇 (*Agaricus bisporus*)。

** DNA 即脱氧核糖核酸——译者注。

组成真菌身体（体细胞）*的丝状物，由顶端生长而延伸（图1—2）。但是菌体的大部分都具有潜在的生长能力，几乎真菌任何一个微小的碎片都能产生一个新的生长点并发展成新的个体。繁殖结构与营养结构不同，它们显示出多种不同的形态，这是我们进行真菌分类的基础。假如没有繁殖阶段，几乎没有什么真菌能被识别。除了少数例外，任何真菌的营养部分都与其他许多真菌相似。

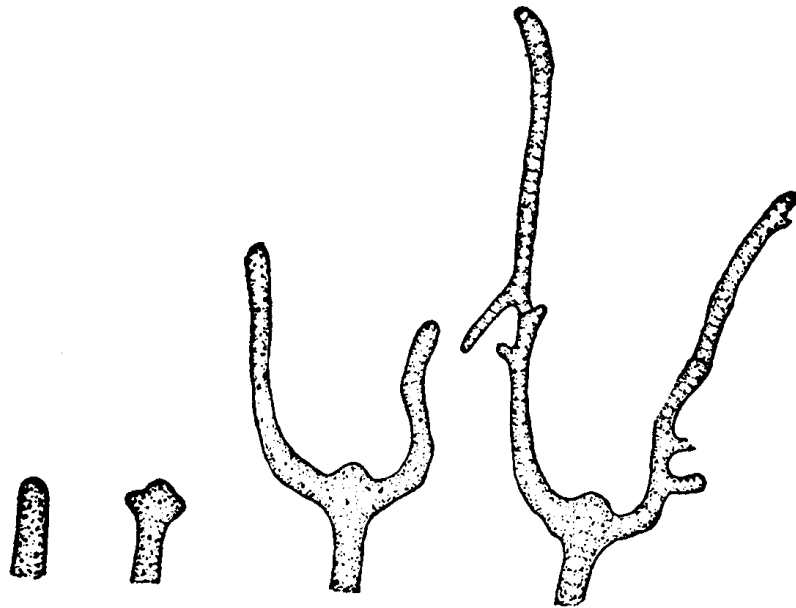


图 1—2 在每隔半小时所描绘的一根菌丝尖端生长的连续过程
(*Gelasinospora autosteria*)

超显微结构** 从1954年以来的二十多年中，通过电子显微镜的应用(Bracker, 1967)，我们获得了很多真菌的超显微结构知识。如现在众所周知的，真菌的原生质体与其他真核生物的原生质体有着相同的结构。细胞核具有核膜，核膜为两层并具有特征性的膜孔。它常常含有一个大部分为RNA***所组成的核仁，当核进行分裂时，有时核仁会消失。在原生质膜包裹的细胞质中，常见的细胞器和内含物有线粒体、液泡、泡囊、内质网、核蛋白体、微粒体、微管、晶体及牲粉等。位于原生质膜与细胞壁之间的膜结构是须边体 (lomasome) (图 1—3)。另一方面，高尔基体或分散高尔基体 (图1—4) 在真菌中却不常出现，至少不以它们典型的形式出现。由于不同真菌群的超显微结构的细节不同，对于这个问题的进一步论述，最好把它们放在各类特殊真菌群中去讨论。有关真菌超显微结构的其他报道可参看 Bracker (1967) 及Beckett、Heath和McLaughlin (1974)。

营养体结构 真菌的菌体，典型的是由微小的细线或丝状物组成，它们在基物上或基物内向各个方向分枝、延伸以便利用食物。这些丝状物的每一根叫作菌丝。菌丝由薄的、透明的、管状的壁组成，其中充满着或填塞一层密度不同的原生质。

大多数丝状真菌菌丝中的原生质被横隔膜分隔成不规则的间隔，而将菌丝隔为分隔间或

* 名词体细胞和体细胞的相当于植物体中的“营养体”(vegetative)。

** 我们采用一般学生所熟悉的超显微结构名词学。如果还不够，建议参看与此主题有关的一些读物 (Jensen and Park, 1967; Brown and Bertke, 1974)。

*** RNA 即核糖核酸——译者注。

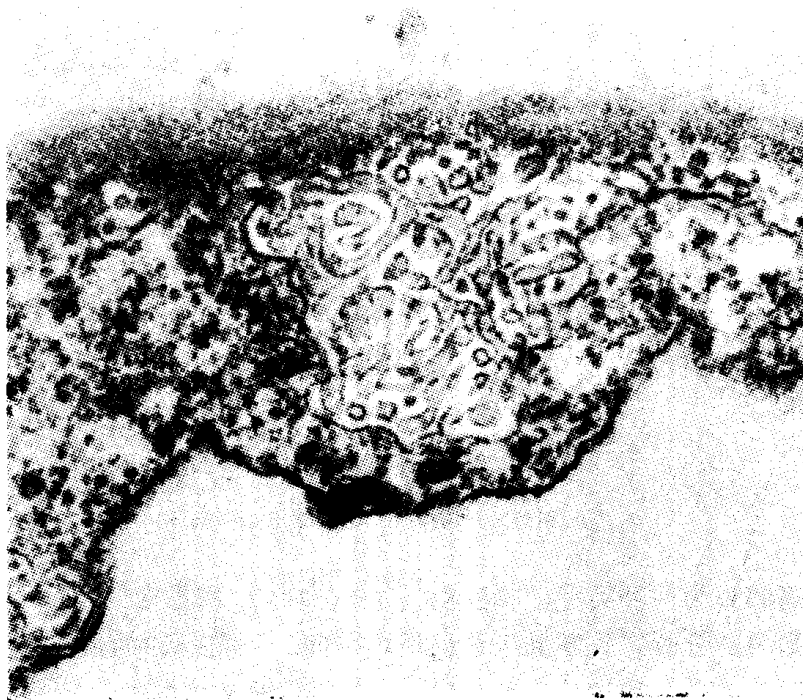


图 1—3 腐霉 (*Rhizium*) 须边体 (原生质膜) 的透视电镜显微图



图 1—4 示高尔基体(分散高尔基体)的透视电镜显微图

细胞。这种横隔膜叫做隔膜 (图 1—5 B)。在较简单的丝状真菌中,隔膜总是形成于繁殖器官的基部,而且把它们限制在这些部位,所以繁茂生长的菌丝是无隔多核的 (图 1—5 A),即无隔的。然而当菌丝变老时,隔膜常常在处处都可形成。当部分菌丝死亡时,原生质就移向生长点。一般就形成一个隔膜将死的部分与活的部分隔开。

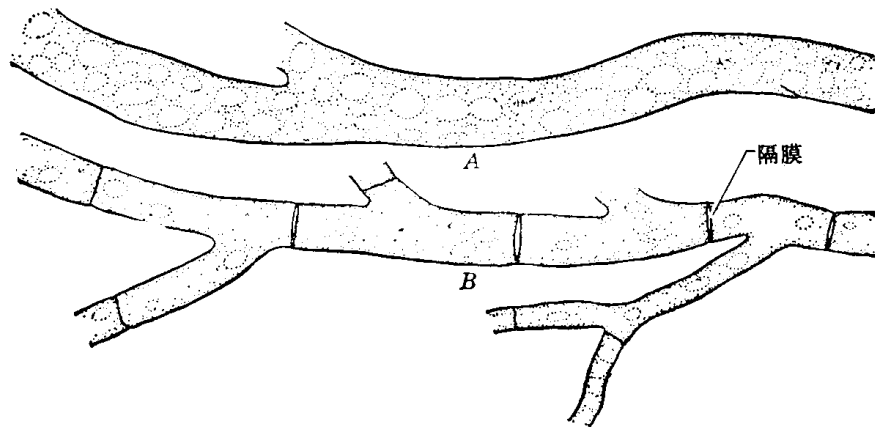


图 1—5 营养菌丝

A. 无隔菌丝的一部分； B. 有隔菌丝的一部分。

我们略可将隔膜分为两种类型：初生的 (primary) 和不定 (adventitious)。初生隔膜的形与细胞核的分裂有关系并生于两子核之间。不定隔膜的形与细胞核分裂无关，当菌丝中的原生质从一部分移至另一部分时，它与原生质浓度的变化特别有关系 (Talbot, 1971)。

隔膜的结构多样，有的简单，有的复杂。所有隔膜类型的形都是由菌丝的内壁向内生长而成。有些真菌的隔膜可继续生长直至它变为完整的隔片；另一些真菌的隔膜发育不全，在中央常常留有一孔，这些孔常被堵塞 (图 1—6)。在多数高等真菌中，隔膜中间具有一特殊结构，状似桶形膨胀物，典型地为一孔洞的膜所覆盖 (见图 20—2)。这就是所称的桶状隔膜 (More and McAlear, 1962)。我们之所以要讨论这种与担子菌 (第 20 章) 有关的有趣结构，是因为这在担子菌中经常发生。当我们讨论能发生这种结构的真菌时，我们还可看到与隔孔有关的另外几种结构类型。目前我们应该强调，在具孔隔的真菌中，隔膜两边的原生质体通过小孔用活线与邻近的细胞相联接。这些小孔常常可大到足以容许细胞核和其他细胞器通过，所以在正常的有隔真菌中，细胞核的移动是不受阻碍的。有少数真菌 (Powell,

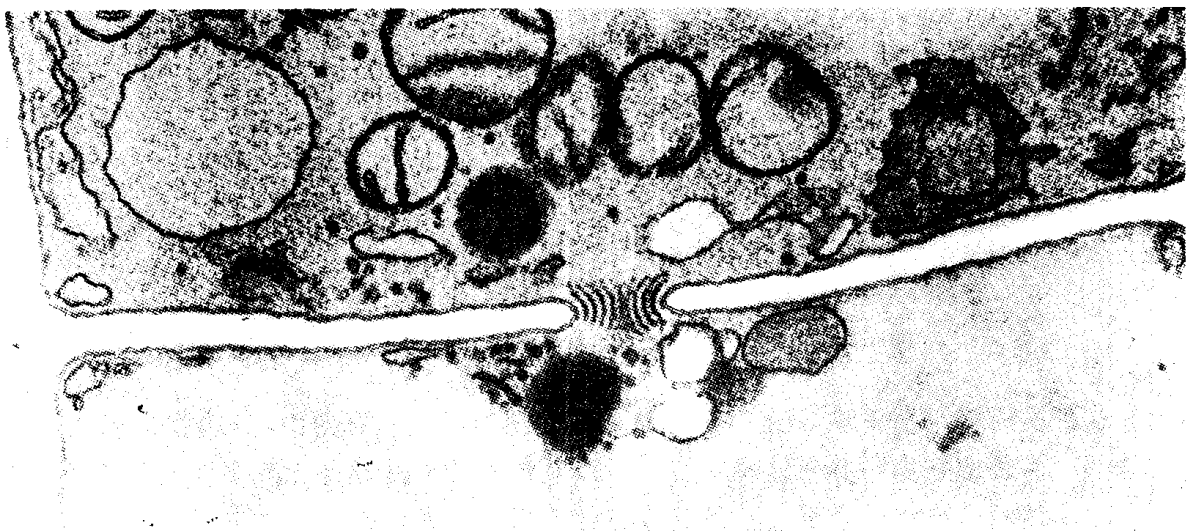


图 1—6 中央具一孔的隔膜的纵剖面透视电镜显微图

1974) 还显示出有胞间连丝 (图1—7)。它们可能比我们现在观察到的还更普遍的存在着。具隔丝的单个细胞可能含有一个、两个或多个细胞核。有些真菌的特性是具单核的细胞, 另一些真菌则具双核细胞, 而多数真菌则可能具多核细胞*。



图1—7 地霉状内孢霉 (*Endomyces geotrichum*) 隔膜内胞间联丝的透射电镜显微图

细胞壁成分 细胞壁 (至少在真菌中这方面已被研究过) 是多层薄片, 菌褶含有各种定向的原纤维 (Aronson, 1965)。真菌细胞壁的主要化学成分是各种多糖, 但是还含有蛋白质、类脂和其他物质。在所有真菌中细胞壁的化学结构是不一样的。当资料积累的更多时, 某些使细胞壁组分可成为真菌亲缘关系的重要准据的图案变得更明显了。表1—1是根据 Bartnicki—Garcia 1970年的述评略加改变来阐明这种趋势的。当你对所叙述的真菌群熟悉时, 这个表将变得更有意义。当我们讨论各种真菌时, 我们将一再多次提到它。你现在必须注意到甲壳质在多数真菌细胞中特征性的存在。近年甚至在有些卵菌的细胞壁中也发现了甲壳质 (Lin及Aronson, 1970; Lin、Sicher及Aronson, 1976), 而长期以来认为卵菌是缺乏这种物质的。

无论在何种情况下, 许多真菌的种的细胞壁成分是不一样的。反之, 在幼龄菌丝中出现的物质可能在菌丝长老后几乎完全消失, 或其他物质可贮存起来而掩饰了早期成分的出现, 使之对它们的检测非常困难。此外, 还确切地证明了外界因子——如培养基成分、pH值和温度深刻地影响着真菌细胞壁的成分 (Foster, 1949)。

细胞核分裂 真菌具有组织化的、可以观察到的细胞核, 每一细胞核具有核膜、核仁和染色质丝, 后者在分裂时可以组成染色体 (图1—8)。多数真菌营养部分的细胞核极其微小, 用光学显微镜对它们进行研究是非常困难的。真菌的有丝分裂一般可简单地描述如下。

假如我们漠视粘菌细胞核分裂的某些阶段, 多数真菌的有丝分裂是典型地在核内进行的

* 不管它们所含细胞核数目的多少, 在两个隔膜之间的菌丝段常常称为细胞。严格说来, 无论怎样, 一个细胞仅含单个细胞核, 而用名词多核细胞应该用来准确地描述一个细胞内含有一个细胞核以上。

表 1—1 真菌细胞壁成分

[根据Bartnicki-Garcia (1970) 略加改变]

细胞壁类别	分类群	代表属
I 纤维素-糖粉	集胞菌纲	<i>Polysphondylium, Dictyostelium</i>
II 纤维素-β-葡聚糖	卵菌纲*	<i>Phytophthora, Pythium, Saprolegnia</i>
III 纤维素-甲壳质	丝壶菌纲	<i>Rhizidiomyces</i>
IV 甲壳质-壳聚糖	接合菌纲	<i>Mucor, Phycomyces, Zygorhynchus</i>
V 甲壳质-β-葡聚糖	壶菌纲	<i>Allomyces, Blastocladiella</i>
	子囊菌纲及	<i>Neurospora, Ajellomyces</i>
	半知菌纲	<i>Aspergillus</i>
	担子菌纲	<i>Schizophyllum, Fomes, Polyporus</i>
VI 甘露聚糖-β-葡聚糖	子囊菌纲	<i>Saccharomyces**</i> , <i>Candida</i>
VII 甲壳质-甘露聚糖	担子菌纲	<i>Sporobotomyces, Rhodotorula</i>
VIII 半乳糖胺-半乳糖聚合物	毛菌纲	<i>Amoebidium</i>

* Lin, Sicher 及 Aronson (1976) 报道甲壳质还存在于卵菌 *Apodachlya* 细胞壁中。

** Hartwell (1974) 说 *Saccharomyces cerevisiae* 的芽细胞的初生壁中含有甲壳质。

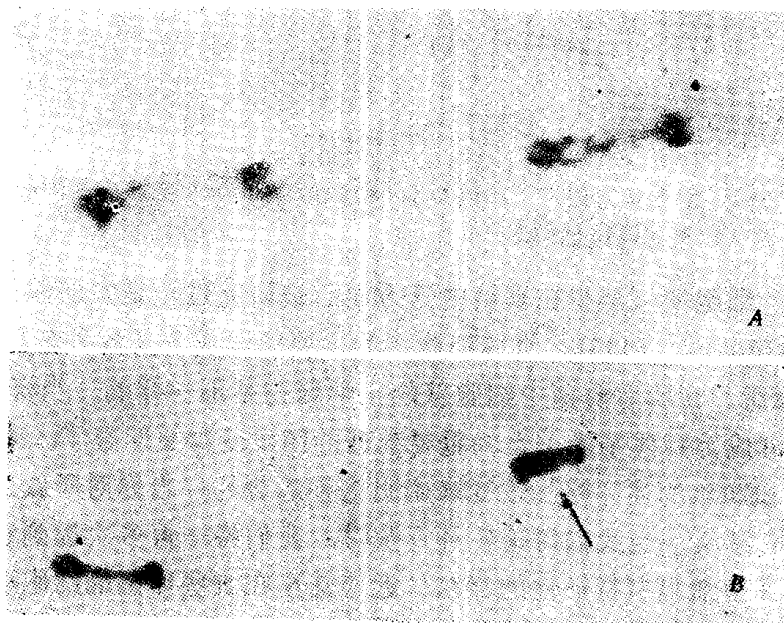


图 1—8 A. 构巢曲霉 (*Aspergillus nidulans*) 染色体在光学显微镜下的情况。Helly, HCl 及乙酰地衣红制备。B. 裂褶菌 (*Schizophyllum Commune*) 正在分裂的细胞核

(封闭的), 其特征是中心粒的出现, 或被称为纺锤极体 (spindle pole bodies, SPBs) 的小密电子结构的出现, 或核联细胞器 (nucleus associated organelles, NAO) 的出现。关于核内的意思, 我们是说在分裂前期核膜不破裂, 你可能已经知晓, 在多数植物和动物中通常是这样, 但是在整个多次分裂中或多或少是完整的 (图 1—9)。在产生鞭毛细胞的那些真菌中, 中心粒与核膜有着密切的连系, 并与控制形成纺锤体器官的物质有联系。包括中心粒的核分裂, 据说是有着丝点的 (centric) 与无着丝点的 (noncentric) 分裂, 后者缺乏中心粒。真菌的中心粒与其他真核生物*一样是典型地成对存在着。每一个短柱形的中心粒由

* 在能动细胞中, 中心粒还可能有机体的功能。

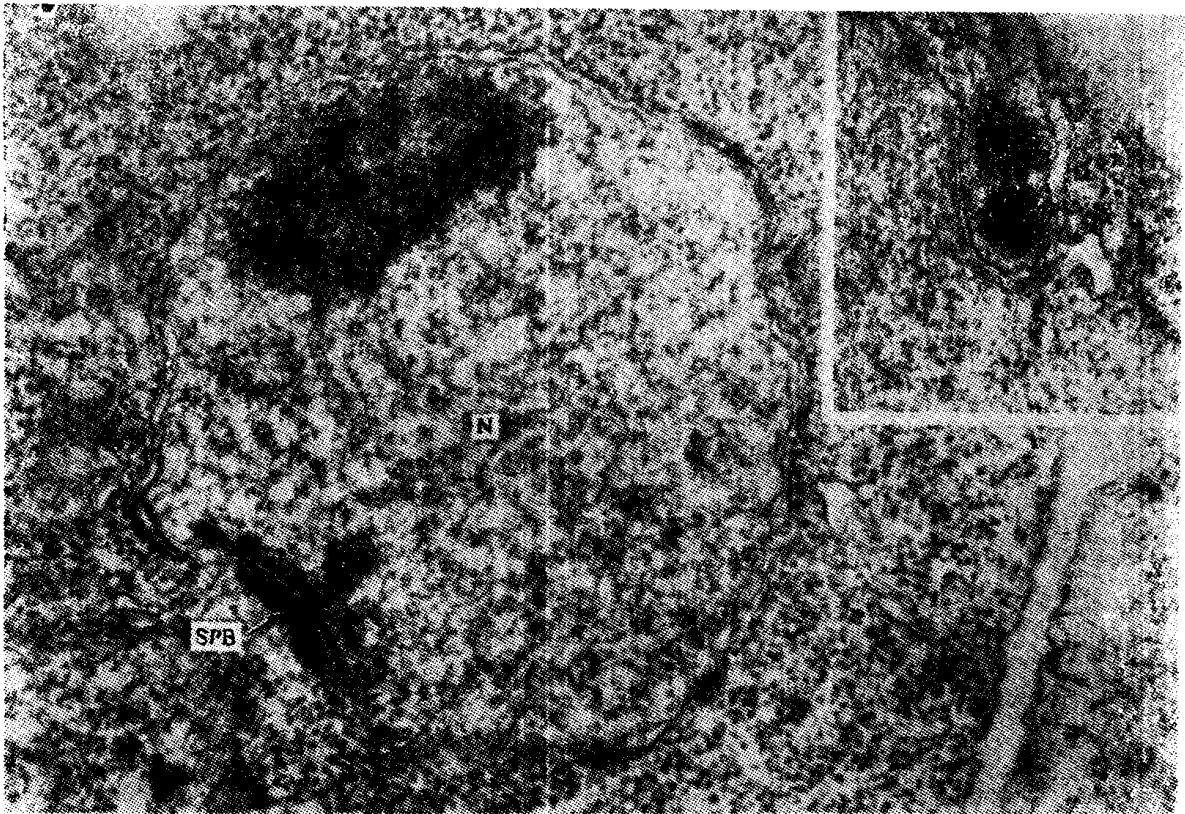


图 1—9 纺锤极体 (SPB) 被挤压到靠近分裂间期细胞核 (N) 的核膜处的透射电镜显微图 右上角插图示分裂前期核表面的重复纺锤极体 (SPBs)

九套三个一组的微管排列成环形。在较高等的无鞭毛真菌群中，则缺少中心粒。每一前期细胞核为与核膜有特殊关系的纺锤极体所代替。这种结构缺乏中心粒的微管成分，并常常呈密电子、哑铃形、杆状或球形结构。当细胞核分裂时，由于纺锤极体分裂的结果所形成的子纺锤极体，很象中心粒方式一样转移到胞核相对的两极（图1—10）。

虽然关于真菌营养体胞核分裂的方式意见还不完全一致，但我们认为Lu (1974) 所总结的情况是令人叹服的：“真菌细胞核正常有丝分裂的发生，当代的共同意见认为与描述的高等细胞类型一样，有分裂间期、前期、中期、后期和末期”。*但是，Heath (1978) 认为还应该商榷。

当然，在不同的真菌群之间是有些差异的，我们将指出它们中间发生差异的那些群。不同真菌群有丝分裂更详细的叙述可参看 Robinow 和 Barkerspiegel (1965)；Aist 和 Williams (1972)；McNitt (1973) 及 Lu (1974)。最近在这方面有两篇述评是 Heath (1978) 和 Fuller (1976) 写的。

除去不典型的以外，减数分裂也是在细胞核内进行的，由于真菌的染色体是如此地小，当它们发生减数分裂时有时很难进行准确的计数和肯定。结果就广泛应用电子显微镜来标示联会线复合体 (synaptonemal complexes) 的存在，它现在被认为是减数分裂强有力的证

* 蒙 National Research Council of Canada 的允许予以复制。

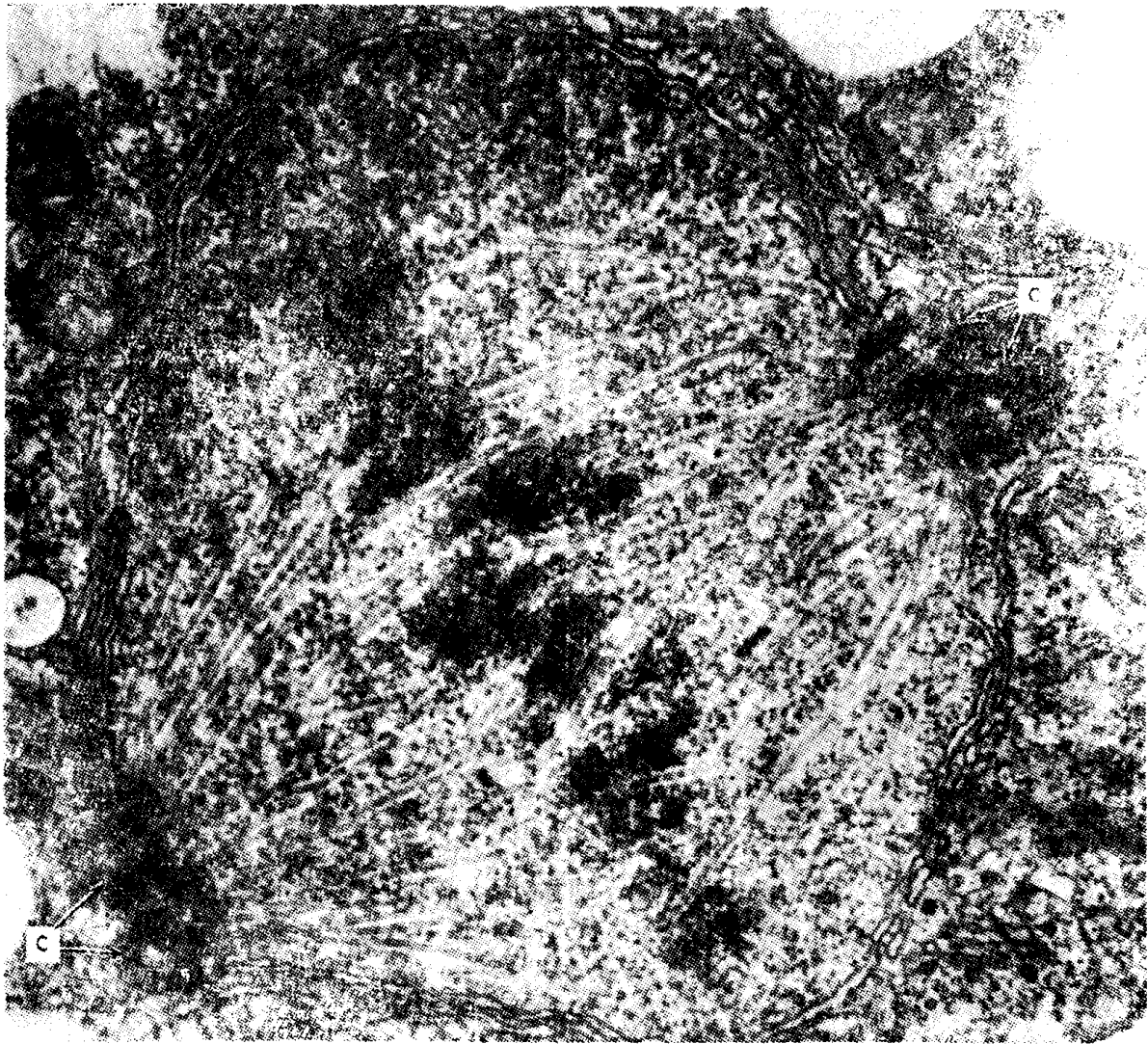


图1—10 一个核内有着丝点的有丝分裂的透视电镜显微图 注意核相对两端的一对中心粒(C)

据，或至少是减数分裂正常发生的处所。这些结构被认为是由于联合的、减数分裂的染色体所形成。

菌丝体 组成一个真菌体的菌丝总称为菌丝体。有些真菌的菌丝体形成粗的索状物。这些索状物的某些类型即菌索，各单个菌丝失去了它们的独立性而构成了复杂的组织，显示出功能分化（图1—12）。这种索状物具有一个厚而硬的外层和一个生长的尖端，它的这种结构使我们想起了根尖。菌索能抵抗不良环境，保持休眠状态一直到有利条件再来时为止。于是，生长又重新开始，菌索可达到很长的长度。多数复杂的真菌如担子菌往往可以产生菌索，但在其他真菌群中也有发现（Goos, 1962）。

寄生真菌的菌丝体生长在寄主表面（或更多情况下生长在寄主体内），它们在细胞间扩展或穿透细胞。假如菌丝体是生长在细胞间的，那么食物则是通过寄主细胞壁或膜来吸收。假如菌丝体穿透入细胞之中，菌丝的壁就直接与寄主原生质接触。许多真菌的细胞间生菌丝，特别是植物专性寄生菌，是通过吸器来获取养料的。通过细胞壁上的小孔而深入寄主细胞的吸器，是营养菌丝的旁枝，它们被认为是专化了的吸收器官。吸器的形状可以是球形的、长形的，或者象锥型根系的分枝（图1—13）。

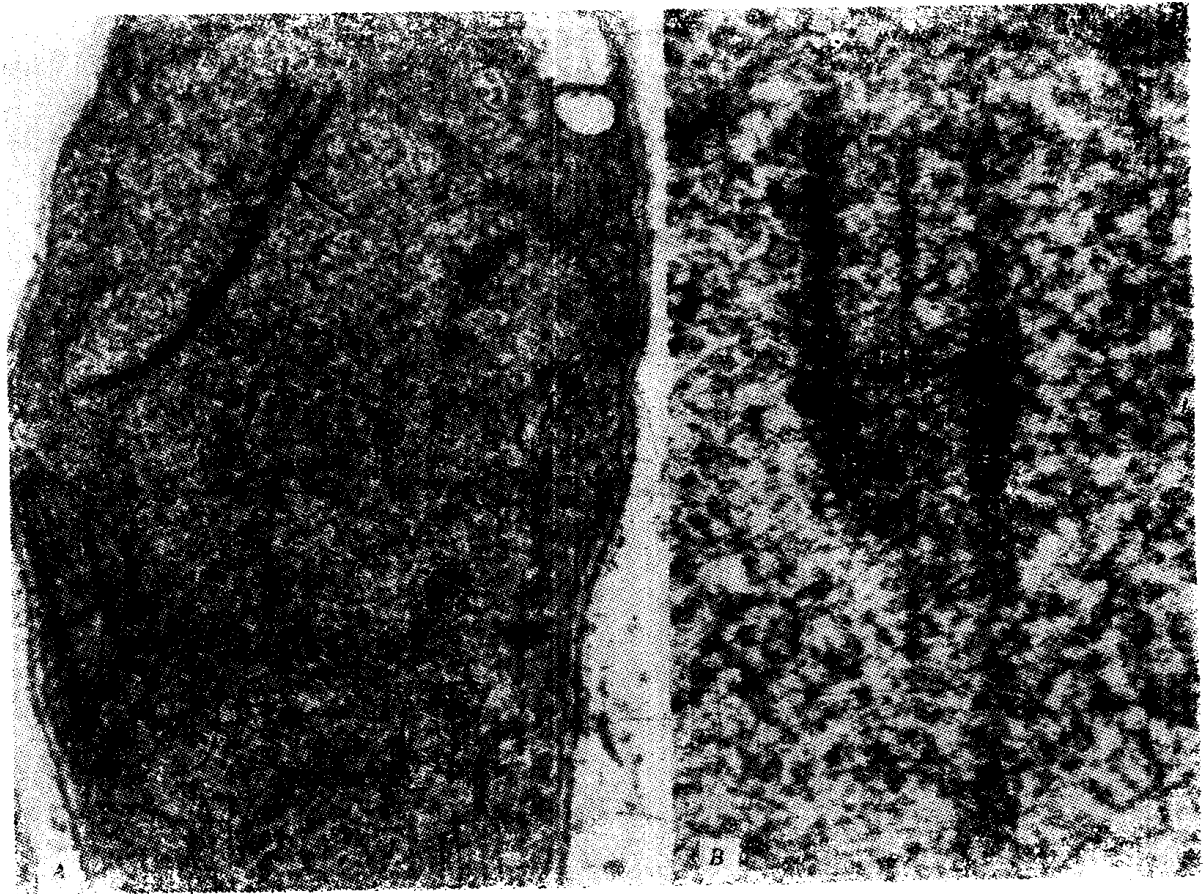


图 1—11 A.具一联合线复合体（箭头所指）的胞核减数分裂前期的透视电镜显微图
B.一个联合线复合体的放大

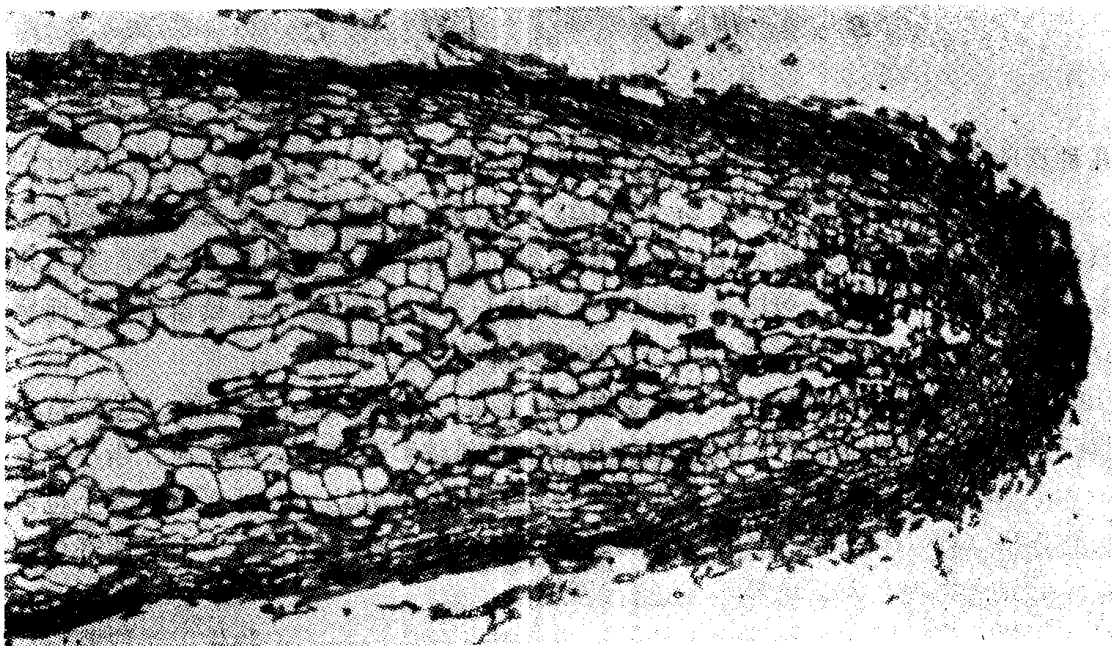


图 1—12 菌索中部纵剖面的光学显微图