

真菌的形态和分类

戴芳澜 遗著

科学出版社

内 容 简 介

本书是戴芳澜教授生前为北京农业大学和中国科学院应用真菌学研究所的研究生和青年科研工作者讲授真菌学的讲稿,它比较系统地介绍了真菌形态与分类方面的基础知识,重点描述了真菌主要目、科、属及其代表种的特征,绘制了大量插图,引用了不少原始文献。全书共分五篇:一、引言(真菌概述、真菌的起源和演化、真菌的分类和命名);二、藻状菌纲;三、子囊菌纲;四、担子菌纲;五、半知菌类。书后附有汉语和外语索引。

本书可供真菌学研究者、大专院校师生参考。

真 菌 的 形 态 和 分 类

戴芳澜 遗著

责任编辑 王惠君

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987 年 3 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1987 年 3 月 第一次印刷 印张: 22 1/4
印数: 精 1—2,000 插页: 精 3 平 1
平 1—1,350 字数: 522,000

统一书号: 13031·3430

本社书号: 4631·13—9

定价: 布脊精装 6.25 元
平 装 5.25 元

出版说明

这本《真菌的形态与分类》，是戴芳澜教授于1957—1958年为北京农业大学和中国科学院应用真菌学研究所(微生物研究所的前身)的研究生和青年科研工作者讲授真菌学的讲稿，内容侧重真菌的形态与分类的关系，为他们进一步研究真菌的生物学打基础。讲稿的前半部分，藻状菌和子囊菌，曾由北京农业大学于1959年铅印成讲义；讲稿的后半部分在六十年代初也基本上写好了。十年浩劫期间，戴芳澜教授无法继续进行写作；1973年他不幸与世长辞，这部讲稿成为他又一本未能亲自完成的著作。

这本讲稿比较系统地介绍了真菌形态与分类方面的基础知识，重点地描述了真菌主要目、科、属及其代表种的特征和发育，绘制了大量插图，引用了不少原始文献，以引导读者继续深入。我们考虑到目前国内还没有这样一本真菌分类方面的参考书，兹应各方面的需要，决定将它整理出版。

在中国科学院微生物研究所党委的领导和关怀下，我们比较顺利地完成了这项工作。在整理过程中，我们尽量保持原著的文风与特色，尤其注意保留作者对真菌分类和系统发育方面的观点。“真菌的分类和命名”一节，是我们根据作者1965年在一次学术活动小组上的发言提纲改写的；对半知菌的绪论部分也作了一些补充；作者没有来得及写的多孔菌和伞菌两个目，也请裘维蕃教授补写。担子菌部分除了绪论、锈菌目、黑粉菌目和胶膜菌目原稿已有插图和参考文献外，其余各目以及半知菌的插图和参考文献，还有子囊菌内孢霉目和厚顶盘菌目的参考文献，都是后来参照原稿内容增加的。此外，为使全书的编排和格式前后统一，我们也尽量作了补充和修改。参加本书整理工作的有余永年、郑儒永和相望年同志；韩者芳、高大非同志描绘插图，史志敬同志协助抄写工作。

近二十年来生物科学已有很大进展，真菌学也不例外。这本讲稿是戴芳澜教授近五十年研究、教学的长期积累，对真菌分类和系统发育形成了他自己的学术观点，对读者将会有所启发。不过，这部讲稿的大部分内容完成于六十年代，今天有些目、科、属的划分已有了新的变动，而在本书中没有充分反映，例如，把鞭毛菌和接合菌仍统称为藻状菌，把粘菌和地衣排除在真菌之外等，这种新的变化是科学发展中的一般规律，也是真菌分类学在不断深入并取得进展的结果，并不影响这本书的参考价值。我们热烈欢迎读者对我们整理工作提出意见和指正，以便本书将来有机会再版时加以修正。

戴芳澜同志遗著整理小组

1984年7月

目 录

出版说明.....	i
第一篇 引言.....	I
第一章 真菌概述.....	1
第二章 真菌的起源和演化.....	8
第三章 真菌的分类和命名.....	9
第二篇 藻状菌纲 (PHYCOMYCETES)	14
第一章 藻状菌概述.....	14
第二章 壶菌亚纲 (CHYTRIDIOMYCETIDAE)	18
第一节 壶菌目 (Chytridiales).....	18
第二节 芽枝菌目 (Blastocladales)	28
第三节 单毛菌目 (Monoblepharidales)	32
第三章 丝壶菌亚纲 (HYPHOCHYTRIDIOMYCETIDAE)	37
第一节 丝壶菌目 (Hyphochytridiales)	37
第四章 卵菌亚纲 (OOMYCETIDAE)	39
第一节 水霉目 (Saprolegniales)	39
第二节 水节霉目 (Leptomitales)	44
第三节 链壶菌目 (Lagenidiales).....	47
第四节 霜霉目 (Peronosporales).....	50
第五章 接合菌亚纲 (ZYGOMYCETIDAE).....	57
第一节 毛霉目 (Mucorales).....	57
第二节 虫霉目 (Entomophthorales)	64
第六章 地位未定的纲目.....	69
第一节 根肿菌目 (Plasmodiophorales)	69
第二节 原囊菌目 (Protomycetales).....	71
第三节 毛菌亚纲 (TRICHOMYCETIDAE).....	72
第三篇 子囊菌纲 (ASCOMYCETES)	75
第一章 子囊菌概述.....	75
第二章 半子囊菌亚纲 (HEMIASCOMYCETIDAE)	80
第一节 内孢霉目 (Endomycetales).....	80
第二节 外囊菌目 (Taphrinales).....	87
第三章 真子囊菌亚纲 (EUASCOMYCETIDAE).....	89
第一节 散囊菌目 (Eurotiales).....	89
第二节 多腔菌目 (Myriangiales).....	103
第三节 座囊菌目 (Dothideales).....	108

第四节	小盾壳目 (Microthyriales).....	116
第五节	缝裂壳目 (Hysteriales).....	121
第六节	白粉菌目 (Erysiphales).....	122
第七节	虫囊菌目 (Laboulbeniales).....	131
第八节	炭角菌目 (Xylariales).....	135
第九节	肉座菌目 (Hypocreales).....	155
第四章	盘菌亚纲(DISCOMYCETIDAE).....	162
第一节	厚顶盘菌目(Ostropales).....	165
第二节	柔膜菌目(Helotiales).....	166
第三节	盘菌目(Pezizales).....	177
第四节	块菌目(Tuberales).....	182
第四篇	担子菌纲 (BASIDIOMYCETES).....	186
第一章	担子菌概述.....	186
第二章	异担子菌亚纲 (HETEROBASIDIOMYCETIDAE).....	193
第一节	锈菌目 (Uredinales).....	193
第二节	黑粉菌目 (Ustilaginales).....	219
第三节	木耳目 (Auriculariales).....	232
第四节	银耳目 (Tremellales).....	239
第五节	花耳目 (Dacrymycetales).....	242
第六节	胶膜菌目 (Tulasnellales).....	244
第三章	同担子菌亚纲 (HOMOBASIDIOMYCETIDAE).....	247
第一节	多孔菌目 (Polyporales=Aphyllphorales).....	250
第二节	伞菌目 (Agaricales).....	260
第三节	腹菌目 (Gasteromycetales).....	273
第五篇	半知菌类 (DEUTEROMYCETES).....	297
第一章	半知菌概述.....	297
第二章	半知菌的形式目.....	300
第一节	球壳孢目 (Sphaeropsidales).....	300
第二节	黑盘孢目 (Melanconiales).....	304
第三节	丛梗孢目 (Moniliales)和无孢菌群 (Mycelia Sterilia).....	306
中文索引		315
外文索引		330

第一篇 引言

第一章 真菌概述

真菌历来与藻类并列组成原植体植物 (Thallophyte)。它们的共同点是都具有不分化为茎、叶、根的原植体 (thallus)。真菌的生殖器官与藻类有相似处,但因缺乏叶绿素在生理上与藻类迥然不同。在缺乏叶绿素的原植体植物中还包含着各种类型的生物,在这些生物中间那些才算是真菌?关于真菌的范围现在还没有一致的看法。早期的真菌学家将细菌也列入真菌范围里面,而由于形态上的差别目前细菌已划出在真菌之外。至于粘菌与地衣是否归入真菌大家的看法尚不一致,但多数人已不把粘菌与地衣列入真菌之内。因此在以下讨论中将不涉及细菌、粘菌和地衣。

真菌从来算作植物,但因真菌在形态上和生理上的特征;丝状和贮藏肝糖,较近于动物。近来有人认为应在动植物之外另立一部门来容纳真菌。

真菌的数目据估计约有 100,000 多种,目前已知的约有 40,000 多种 (4,000 属):藻状菌 1,300 种 (245 属);子囊菌 15,000 种 (1,700 属);担子菌 15,000 种 (550 属);半知菌 11,000 种 (1,350 属)。

真菌缺乏叶绿素,本身不能制造碳水化合物,要靠现成来自植物或动物的有机物质来维持生活,是异养的。依它们的营养方法可以大体分为两类:生在活的动植物上的寄生菌和生在腐朽物质上的腐生菌。绝大部分为腐生菌。两者之间还有不同程度的各种中间类型。例如有些寄生菌如灰葡萄孢 (*Botrytis cinerea*) 分泌一些物质将寄主细胞致死而利用已死细胞的物质来维持生活。另一些植物病原真菌发育循环中一个阶段是寄生的,而另一阶段是腐生的,例如茄丝核菌 (*Rhizoctonia solani*) 或有些镰孢 (*Fusarium*) 在无寄主时能在土中营腐生生活。而且大多数的真菌,无论在正常的情况下是寄生的与否,都能生活在已死的有机物质上。它们能够在现成的碳水化合物如蔗糖、葡萄糖、麦芽糖等和有机或无机的氮以及各种矿物盐的供给下合成自己的蛋白质。因此要把真菌绝对地划分为寄生或腐生种类是困难的。

在真菌营养中据培养试验证明碳、氢、氧、氮、硫、磷、钾、镁等元素是不可缺少的,除了以上必要元素外,以下各种微量元素如锰、铜、钼、铁等金属离子和硼也能起重要作用。在真菌代谢中最好的碳源是葡萄糖;有机氮化合物是最好的氮源,其次是氨盐和硝酸盐。它们自己能合成生物素,但有些真菌无法合成维生素 B₁ 或维生素。多余的养分以肝糖或脂肪的方式被贮藏起来。

真菌无论是寄生菌或腐生菌都需要生活在现成的有机物质上,但是这些物质必须经过分解后才能为真菌所利用。推动这种变化要靠酶。关于真菌酶的认识起始于发酵的研究。在最初的时候认为发酵是一种机械的分解而不是与生物有关的过程。从那时起关于真菌酶的研究大大的开展了,并且将所获得的知识利用在工业上。由于真菌酶活动的结

果使人们能以获得各种产物像酒精、有机酸、脂肪等。有些真菌如黑曲霉 (*Aspergillus niger*)、灰绿曲霉 (*A. glaucus*)、匍枝根霉 (*Rhizopus stolonifer*) 能产生许多种的酶,淀粉酶、脂肪酶、蛋白酶等,因此它们的分布甚广。在粪生真菌中有这么一个规律:就是一般在粪上最初生长的为毛霉,继之以子囊菌,再继之以担子菌。这是由于各类真菌产生酶的不一致,当一类真菌将复杂的有机物质分解后由此产生的物质常适合于另一类真菌之用,第二类真菌的产物又被第三类真菌所利用。

真菌能生活在 0℃ 到 35℃ 的温度中,最适温度为 20℃ 到 30℃。

有些真菌产生一种有毒物质抑制其他真菌的生长,例如木素木霉 (*Trichoderma lignorum*) 和特异青霉 (*Penicillium notatum*) 就是这样。抗生素的发现在人类保健上起了很大的作用,也促进了人们对于注意真菌和其他微生物的研究。

绝大部分的真菌是腐生菌,例如许多水生菌全靠沉没在水中的有机物质或水生生物的残余来生活。还有朽木上生长的子囊菌和担子菌,土内或粪上生长的子囊菌、担子菌、毛霉等。

在寄生菌中寄主与寄生菌的关系是多种多样的:有些菌侵入寄主以后,如果它是单胞的可在寄主细胞内完成它的全部发育;高等真菌主要是在寄主细胞之间或在角质层下并形成短枝透入细胞内摄取养分,以上是一种内生营养方式。另有些寄生真菌如白粉菌在寄主外表发育而发生吸胞透入寄主表皮或叶肉层细胞内摄取养分。又如在虫囊菌目 (*Laboulbeniales*) 中养分系透过昆虫未被破坏的体壁而获得的。这些是外生的营养方式。

各种寄生菌对寄主的损害在程度上是有差异的。就专性寄生菌来说寄主的死亡就注定了寄生菌的死亡,而锈菌侵害寄主时却仍能保持寄主的继续发育,这对锈菌是有利的。

有些真菌与高等植物,比起锈菌,有更密切的关系。许多植物经常全体为真菌菌丝所侵染。这些植物在没有真菌时不能很好地生长。但通常侵染的部位只限于根部,菌丝形成在寄主根内的细胞间与细胞内或者形成在寄主根的外面,这叫做菌根 (*mycorrhiza*)。在根内的叫内菌根 (*endotrophic*),在根外的叫外菌根 (*ectotrophic*)。但这两种菌根并不能绝对划分,尚有中间的类型。

许多种树木都有外菌根。被侵染的根的尖端为一厚层菌丝体所包围而阻碍了根毛的生长,仅形成了一些短珊瑚状的旁枝。菌丝生在根外围的细胞间并透入其中一些细胞,但在那里这些菌丝不久就被消化了。担子菌和子囊菌如牛肝菌属 (*Boletus*)、根须腹菌属 (*Rhizopogon*)、块菌属 (*Tuber*) 等,常在某些树木的附近生长,它们的菌丝就形成菌根。

石南科和兰科植物的内生菌根是这样的:根的皮层细胞内含有菌丝体,一般只限于外皮层的几层。内皮层细胞内的菌丝体好像已被寄主所消化。发生这类菌根的真菌通常是丝核菌 (*Rhizoctonia*)。

以上这两类生活方式被认为是共生现象,就是说两个合作分子都互相有利。有许多兰科植物的种子在没有菌根真菌时不萌发,或者萌发而形成不正常的苗。关于它们究竟如何互利迄今尚无定论。高等植物可能得到许多的益处:如真菌可能固定游离氮素,分解复杂的氮素有机物使其能为高等植物所利用,菌丝增加了吸收矿物盐的面积,可能合成促进生长的物质等。关于真菌方面所获得的利益也是不明确的,寄主可能以能利用的碳水化合物和某些促进生长的物质供给了真菌。

昆虫与真菌也有种种关系,其中关系最密切的当推白蚁与鸡枞菌 (*Collybia albumino-*

sa)。鸡枞菌只能从地下白蚁窝生长出来,与白蚁有共同生存的关系。它们互相间的关系究竟怎样迄今尚无定论。不过关系的密切是公认的,以致有人已为生自白蚁窝的真菌另立一属名蚁窝伞属 (*Termitomyces*) (图 1.1)。

真菌的形态——真菌的营养体是丝状的,这种丝状物叫菌丝(hypha)。菌丝分枝交错成菌丝体(mycelium)。菌丝自尖端生长,分枝繁密。生长中的幼菌丝里面充满着原生质,但在后面失去生长能力的较老部分出现了液胞(vacuole)由于液胞的压力与继续增加的新原生质,菌丝内的原生质被推动从老的部分向幼的生长点流动。最后老的部分成为一个死的空胞,由隔膜把它与生活的部分隔绝。

真菌的菌体为菌丝所组成,分化的程度不高,即使结成各种形体,通常菌丝的本来面目仍然可辨。最简单的菌体是一个细胞组成的,营养与繁殖的任务均由这个细胞来完成。这种方式叫整体产果式(holocarpic)。大多数真菌菌体可分为营养与繁殖两部分。这种方式叫分体产果式(eucarpic)。少数真菌缺乏菌丝或菌丝不甚发达,其余均有菌丝。酵母菌类的芽胞继续发生连成一串,成菌丝状。这种菌丝体名假菌丝体(pseudomycelium)。

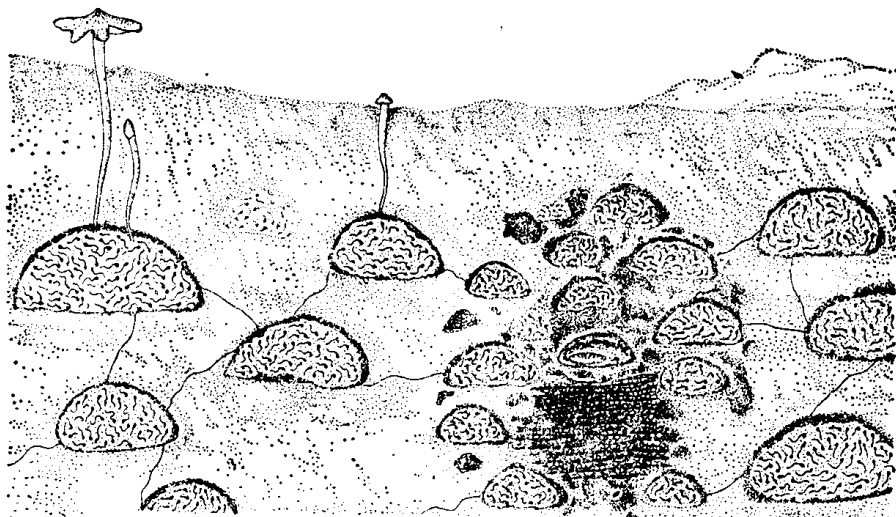


图 1.1 鸡枞菌产地白蚁窝切面图: 鸡枞菌 (*Collybia albuminosa*) 产生的地方其下必有白蚁窝。蚁去窝存,鸡枞菌不能产生。白蚁在土下二、三尺处筑窝,“皇后”的窝居中。四围有零星的窝以道沟通。夏季湿润时窝上生小白球菌,然后生突起状的幼鸡枞菌,最后钻达地面。白蚁有时迁居。这时窝上不再产鸡枞菌而产炭角菌 (*Xylaria*)。(周家炽)

真菌的菌体除了少数低等的种类在早期没有胞壁外,都有胞壁。胞壁主要是由各种碳水化合物组成的,在许多藻状菌中纤维质是其中的主要成分如水霉目(Saprolegniales)、链壶菌目(Lagenidiales)、水节霉目(Leptomitales),但在其他真菌中如子囊菌、担子菌及高等藻状菌或者完全没有纤维质而为其他碳水化合物所代替,或者杂有大量的几丁质(chitin)。这种几丁质通常是乙酰葡萄糖胺[acetylglucosamine ($C_{22}H_{34}N_4O_{21}$)_x],类似但并不等于动物的几丁质,所以人们称他为真菌几丁质。胞壁成分是否具有绝对的性质:含有几丁质则不含有纤维质呢?据报告,在一些真菌的细胞壁内两种都同时存在。

菌丝有隔膜或没有隔膜。藻状菌的幼菌丝是没有隔膜的,但在老死后已没有了原生质的部分或在生殖器官的基部也形成隔膜。这种隔膜是全闭的,换言之,中间是没有孔的。子囊菌与担子菌的菌丝很早就产生隔膜。这些隔膜当中留有一小孔,细胞间原生质可以由此贯通。倘若菌丝中有一个细胞死去了,邻近的两个细胞还是活的,那末这个死细胞每边隔膜中的小孔马上封闭起来,因此阻止了邻近生活细胞内原生质的外流,也可

阻止死细胞的分解产物的流入(图 1.2)。

寄生的种类常从菌丝上发生旁枝透入寄主细胞内,吸收养料,这种旁枝名吸胞(hausatorium)。吸胞具各种形状随属别种别而不同。或发生像根须状的菌丝名假根(rhizoid)。肉食类的真菌常由菌丝分枝组成网状组织或圈套来捕捉线虫,然后从网上或圈套上生出菌丝透入线虫体内吸收养料,或在菌丝的短枝顶端形成一粘性的球状物来捕捉线虫,粘住线虫后由球状物发生菌丝透入寄主。透入的菌丝在寄主内膨大,由此形成吸胞(图 1.3,1.4)。

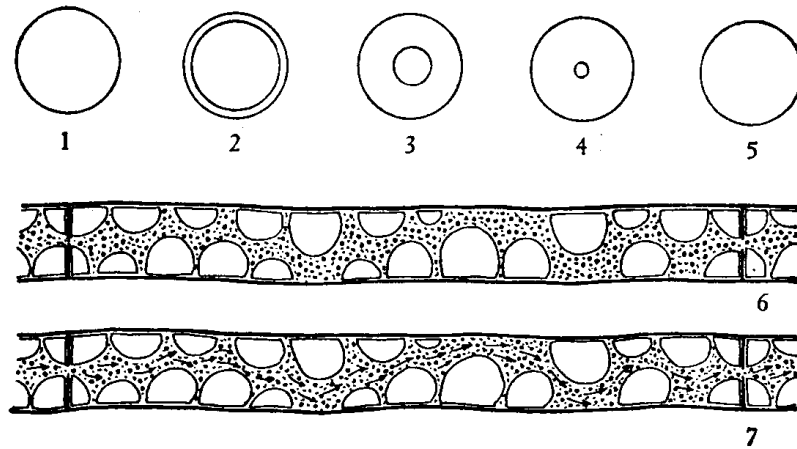


图 1.2 1. 无隔膜的菌丝壁。 2—5, 隔膜的形成: 子囊菌和担子菌的隔膜形成到 4 为止, 当中留有一孔; 5. 在藻状菌隔膜完全封闭。 6—7, 烧土火丝菌 (*Pyronema omphalodes*): 6, 细胞内充满液胞, 其中的原生质停止流动或流动得很慢; 7. 原生质流动得快, 以致液胞的形状也有变动。注意隔膜中央的小孔 (Buller)

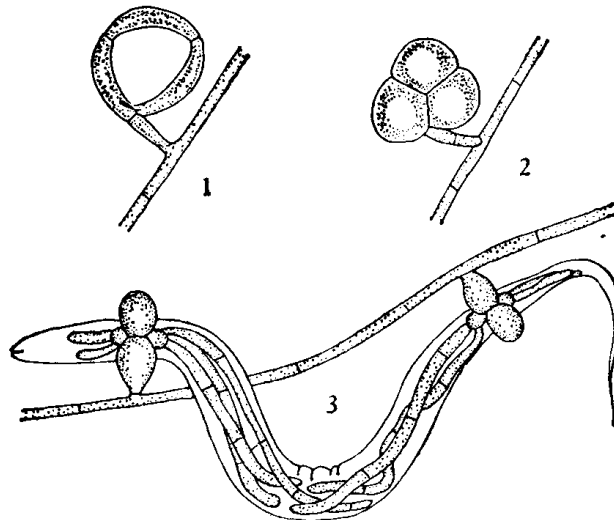


图 1.3 陀螺状隔指孢 (*Dactylella bembicodes*): 1. 未膨大的捕虫环; 2. 膨大的环; 3. 线虫为两个膨大的环所捉住。(Duddington)

在恶劣环境下菌丝细胞内的原生质有时收缩, 变圆形, 外面生一厚壁。此休眠细胞名厚壁孢子。这种孢子是无性的, 但还有有性的厚壁孢子。菌丝有时结在一起成菌核(sclerotium)或子座(stroma)。子座是依附各种基物所组成的一种垫状、壳状或其他形状的菌丝组织, 内或外生有无性或有性的子实体, 而菌核却是一休眠体, 具各种形状, 小的像老鼠粪, 大的像人头样大, 经过一相当长的休眠时期后萌发, 形成子实体或发生菌丝。菌核的内部结构分为两层: (1) 外层(cortex)为紧密交错具有色泽而又有厚壁的菌丝所组

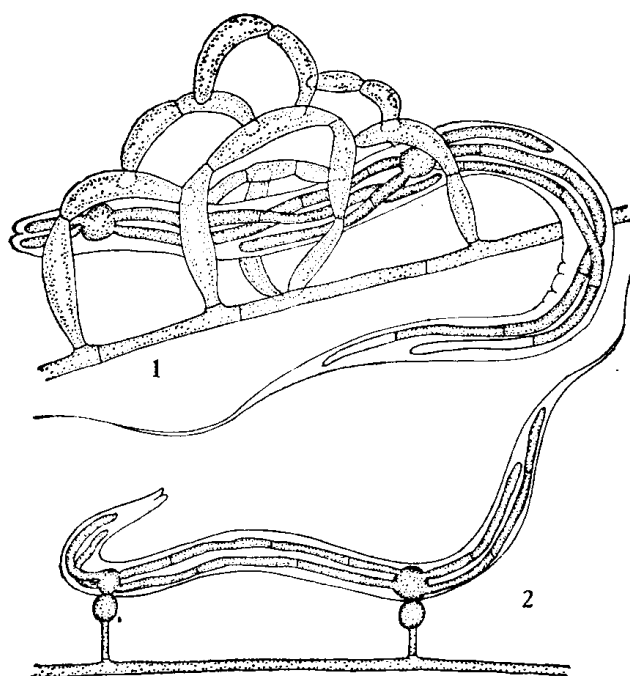


图 1.4 1. 少孢节丛孢 (*Arthrobotrys oligospora*) 的粘性捕虫网。
2. 纺锤隔指孢 (*Dactylella ellipsospora*) 的粘性捕虫球。(Duddington)

成,有一层或数层细胞厚;(2)中层 (medulla) 是由无色菌丝交错组成。菌核萌发所生的子实体或菌丝均起源于中层。子囊菌及高等担子菌常形成菌核。有些真菌 (如果树的核盘菌) 的菌丝分化力不强,蔓延于寄主组织中将寄主的器官僵化成为一菌核。倘菌丝结成菌核模样而不分层称为小菌核 (bubils)。菌丝交错成疏松棉絮状称菌丝层 (subiculum)。

在伞菌中如浅黄脐菇 (*Omphalia flavida*) 还发生一种类似菌核为传播用的特别结构名传播体 (gemmifer)。此种传播体扁圆形,从菌丝上生出,有柄,成熟时与柄脱离被风传播。

伞菌的菌丝常平行排列成束,在树皮或地下形成,根状,白色或有各种色泽,向四处蔓延称为菌索 (rhizomorph)。

真菌靠孢子来繁殖。孢子的形态有相对稳定性,所以它们是真菌分类的主要依据。孢子中有的是由两个细胞内的两个或多数的细胞核和其周围的原生质结合而形成的,有的是由一个单细胞分裂而形成的。前一类是有性孢子,后一类是无性孢子。

一种真菌可以发生几种类型的无性孢子。无性孢子通常大量形成,它们对于传播具有很大的作用。有时候这种孢子包含在粘液里面,可以引诱昆虫来作传播的媒介,或由水来传播。大多数的无性孢子是干的并由风来传播。

有一种无性孢子形成于一个顶生、膨大的细胞里面。这个顶生细胞由于一个隔膜与下部菌丝分开,内部多核的原生质分裂为多数小块,每块发生一膜。这些小块就是孢子。因为它们形成在细胞内,原来那个细胞叫做孢子囊,里面所形成的孢子叫做孢囊孢子。有鞭毛的孢囊孢子叫做游动孢子。鞭毛生在孢子的前面,侧面或后面,一根或两根。具有游动孢子的真菌只限于生在水中或潮湿处所的藻状菌,在毛霉目 (Mucorales) 里面孢囊孢子没有鞭毛,不能游动。

大多数的无性孢子不形成在孢子囊里面,而生在菌丝的顶端或侧边,是由顶部细胞或

侧部细胞与菌丝分隔或缢缩而成的。有的无性孢子是由原有的菌丝细胞分裂成多数细胞而形成的。这些孢子都通称为分生孢子。孢子有柄,这个柄称为分生孢子梗。孢子囊的柄名孢囊梗。有些真菌的分生孢子,是从一个瓶梗(phialide)内继续生出来的如青霉属(*Penicillium*)、根串珠霉属(*Thielaviopsis*)。有些分生孢子并无孢子梗或仅有短的孢子梗。

通常分生孢子一成熟就与孢子梗脱离,但是另有一种分生孢子它们成熟时并不与孢子梗脱离如疣孢霉(*Mycogone*)、黑孢霉(*Nigrospora*),称为粉孢子(aleuriospores)。

在高等真菌中孢子梗常聚生成各种形状的子实体(fruit body)。孢子梗成束状的名孢梗束(coremium)。有些菌的孢子梗平行排列在菌丝层上,这个菌丝层名分生孢子盘(acervulus)或形成在子座上,这个子座名分生孢子座(sporodochium)。分生孢子形成于一具有孔口、圆形器官内的名器孢子(pycnidiospore)。此器官名分生孢子器(pycnidium)。

真菌的有性生殖过程要经历两个阶段。第一个阶段是两个异性的、单核或多核的原生质体的结合称为质配(plasmogamy)。第二个阶段是两性核的结合,称为核配(karyogamy)。多数低等真菌在质配后的原生质体中两性的胞核就结合了,但在其他真菌中这两个阶段在时间与空间上是分开的,核配被延迟了。因此,在质配与核配之间在双相阶段内有一双核阶段(dicaryophase):每个细胞内有两个没有结合的核(dicaryon)。到了最后在一个特殊细胞内这两个核才结合。这是其他生物所没有的现象。在藻状菌中双相阶段多限于合子,在子囊菌中只有产囊丝(ascogenous hypha)是双相体(也是双核体),幼子囊经过核配和减数分裂后转入单相阶段。在担子菌发育循环中双相阶段(即双核阶段)占主要地位,从次生菌丝体(secondary mycelium)起到子实体止均包括在内。最后在担子中经过核配和减数分裂双相阶段才结束。

最简单的有性生殖是由两个同大的性细胞结合起来,称为同配生殖(isogamy)。这两个性细胞称为配子(gamete)。这些配子有的两个都是能动的叫游动配子(planogamete)或是不能动的叫不动配子(aplanogamete),或其中的一个是能动的。结合体叫做合子(zygote)。合子可以成为一个新的单细胞个体或发生菌丝。有些种类的配子不是一样大的,一大一小,其中两配子都能活动,称为异配生殖(anisogamy)。有的两种配子的大小和形态都有较大的差别其中较小的能活动或不能活动,像这样大小不同配子的配合称为卵配生殖(oogamy)。配子形成于一细胞内,这个细胞叫做配子囊(gametangium)。有些真菌的配子囊内不形成具体的配子而由两个配子囊直接结合来形成有性孢子。

许多真菌没有性生殖器官而由营养细胞代替性器官的作用。单性生殖(parthenogenesis)在真菌内也普遍存在;从低等到高等的真菌中都有这种生殖方式。

有性孢子除以上所说的外,还有子囊孢子形成于子囊里面,担孢子形成于担子上面。这两种孢子均是经过两性的细胞核结合后再行减数分裂而形成的。

本书将真菌分为三纲一类:(3)藻状菌纲(Phycomycetes);(2)子囊菌纲(Ascomycetes);(3)担子菌纲(Basidiomycetes);(4)半知菌类(Fungi Imperfecti)。

参 考 文 献

- 周家炽: A study of *Collybia albuminosa* (Berk.) Petch, the termite growing fungus in its connection with *Aegerita duthiei* Berk, *Science Record* 1: 243—298, 1942.
周家炽: 鸡枞与白蚁. 科学 27: 25—51, 1945.

- Ainsworth, G. C.: A Dictionary of the Fungi. 5th ed., CMI, Kew, Surrey. 1961.
- Alexopoulos, C. A. (李季伦等译): Introductory Mycology(真菌概论). John Wiley & Sons, 1952.(科学出版社, 1961).
- Bary, A. de: Comparative Morphology and Biology of the Fungi, Mycetozoa and Bacteria. 1—525. 1887.
- Bessey, E. A.: Morphology and Taxonomy of Fungi. 1—791, 1950.
- Bisby, G. R. and G. C. Ainsworth: The number of fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 26: 16—19, 1943
- Buller, A. H. R.: Researches on Fungi. 7 vols., 1909 —1950.
- Clements, F. E. and C. L. Shear: The genera of Fungi. 1—496, 1931.
- Dous und Ziegenspeck: Das "Chitin" der Pilze. *Z. Pilzkunde, N. F.* 5: 292—296, 1926.
- Engler, A. und K. Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil 1, Abt. 1: 1—124, 1897; Teil 1. Abt. 1**; 1—263, 1900. Auf. 2, vol. 6: 1—260, 1928; vol. 7a: 1—122, 1933; vol. 5b: 1—42, 1938.
- Fitzpatrick, H. M.: The Lower Fungi. *Phycomycetes*, 1—331, 1930.
- Foster, J. W.: Chemical Activities of Fungi. 1—648, 1949.
- Gäumann, E. A. (姜广正等译): The Fungi. (真菌) 1—420, 1952. (科学出版社, 1960).
- Gäumann, E. A. and C. W. Dodge: Comparative Morphology of Fungi. 1—701, 1928.
- Harder, R.: Über das Vorkommen von Chitin und Zellulose und sein Bedeutung für die phylogenetische und systematische Beuteilung der Pilze. *Nachr. Gesiww. Gottingen. Math. physik. Klasse, Fachgruppe VI, N. F.*, 3: 1—7, 1937.
- Heim, R.: Culture artificielle des mycotetes d. un Agaric termitophile african. *C. R. As. Sc.*, 210: 410, 1940.
- Heim, R.: Les *Termitomyces* dans leurs rapports avec les Termites pretendus champignonnistes. *C. R. Ac. Sc.* 213: 146—148, 1941.
- Heim, R.: Nouvelles réussites culturales sur les *Termitomyces*. *C. R. As. Sc.* 226: 1488—1491, 1948.
- Kelly, A. P.: Mycotrophy in Plants. 1—223, 1947.
- Langeron, M.: Précis de Mycologie. 1—703, 1952.
- Martin, G. W. (陆定安译): Outline of the Fungi. (真菌大纲) 1—82, 1950. (科学出版社, 1957).
- Martin, G.: Are fungi plants? *Mycologia* 47: 779—792, 1955.
- Melin, E.: Physiology of mycorrhizal relations in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 3: 325—346, 1953.
- Moreau, F.: Les champignons. Tome I et II, 1—2120, 1952—1953.
- Rayner, M. G.: Mycorrhiza, an account of non-pathogenic infection by fungi in vascular plant and bryophytes. 1—246, 1927.
- Smith, G. M. (陆定安等译): Cryptogamic Botany. (隐花植物学) vol. 1, 2nd ed. 1955. (科学出版社, 1962).
- Stevens, F. L.: The Fungi Which Cause Plant Disease. 1—754, 1913.
- Wolf, F. A. and F. T. Wolf: The Fungi. vol. 1: 1—438; vol. 2: 1—538, 1947.
- Курсанов, Л. И., Н. А. Наумов, Н. А. Красильников, М. Ф. Горленко: Определитель Низших Растений Грибы. Том 3, 1954; Том 4, 1956.

第二章 真菌的起源和演化

关于真菌的起源有各种说法：一种说法认为真菌来自各种藻类。这些藻类由于失去了色素从自养变为异养，生理上发生变化，同时在形态上也相应地发生了变化。主张这种说法的人们设想藻状菌来自绿藻，子囊菌来自红藻，担子菌则是由子囊菌演化而来。还有人认为藻状菌来自单胞的黄藻纲 (Xanthophyceae)，由此发生三种类型：保留两个鞭毛；失去前鞭毛，留有后鞭毛；失去后鞭毛，留有前鞭毛。另一个主张卵菌[水霉目 (Saprolegniales)，水节霉目 (Leptomitales)，霜霉目 (Peronosporales)] 是从藻类来的，其余的真菌是来自鞭毛生物：因为无隔藻科 (Vaucheriaceae) 的有鞭毛的游动孢子与水霉 (*Saprolegnia*) 游动孢子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与水霉一样；许多种的无隔藻 (*Vaucheria*) 由水生转移到陆生似同样显示出藻与卵菌的亲缘关系。但大多数人认为藻类与真菌可能是分别来自有叶绿素的和无叶绿素的原生生物 (Protista)，成为两个系统，平行地发展。那种原生生物似为鞭毛生物 (Flagellata)。具有一个后鞭毛、一个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。无鞭毛的藻状菌系自双鞭毛藻状菌具有孢囊孢子静体的种类中演化而来的。这些人并认为有色素和无色素的生物在新陈代谢上是很不同的，像有些人所主张的：真菌来自各种藻类，多次地由一代谢类型过渡到另一类型，可能性似乎不大。

由于化石对真菌系统发育的研究资料还很少，人们只能在现存的真菌中寻找线索。大家一致将水生藻状菌放在真菌系统的最下面，认为它们是原始的。前面已经讲过，大多数人认为这些真菌系起源于各种类型的无色鞭毛生物，而子囊菌则似从有静配子的藻状菌演化来的。最原始的子囊菌的子囊当是由二细胞结合而成的，而高级的子囊菌才有产囊丝。至于担子菌的担子可能是由子囊演变而来。许多人认为总的来看真菌的演化在形态上是由简单趋向复杂，而在性的方面却是逐渐地退化。但有人认为真菌在有性生殖方面有各种各样的方式，这正显示它有极大的可塑性来适应各种的境遇而不是退化现象。至于怎样一些条件以及如何引起了在有性生殖方面的这些变化，却尚一无所知。

参 考 文 献

- Atkinson, G. F.: Some problems in the evolution of the lower fungi. *Ann. Myc.* 7: 441—472, 1909.
Atkinson, G. F.: Phylogeny and relationships in the Ascomycetes. *Ann. Missouri Bot. Garden* 2: 315—376, 1915.
Bessey, E. A.: Some problems in fungus phylogeny. *Mycologia* 34: 355—379, 1942.
Cavers, F.: The interrelationships of the Protista and the primitive fungi. *New Phytologist* 14: 91—104, 275—280, 302, 302—304, 1915.
Dangeard, P. A.: Recherches sur les organismes inférieurs. *Ann. Sci. Nat. Bot. Ser.* 7: 241—333, 1886.
Dodge, B. O.: The morphological relationships of the Florideae and the Ascomycetes. *Bull. Torrey Bot. Club* 41: 157—202, 1914.
Gäumann, E. A. (姜广正等译): *The Fungi*. 1—420, 1952. (科学出版社, 1960).
Jackson, H. S.: Life cycles and phylogeny in the higher fungi. *Trans. Roy. Soc. Can. Ser.* 3, V, 38: 1—32, 1944.
Jaczewski, A. A.: Zur phylogenie der Pilze. *Phytopath. Z.* 1: 117—150, 1929—1930.
Moreau, F.: *Les champignons*. 2: 2014—2046, 1953.
Scherffel, A.: Endophytische Phycomyceten-Parasiten der Bacillariaceen und einige neue Monaden. Ein Beitrag zur Phylogenie der Oomyceten (Schröter). *Arch. Protist.* 52: 1—141, 1925.

第三章 真菌的分类和命名

人们在实践中为了便于辨别和利用植物起见，早就知道把植物进行归类。他们用植物的生长习性或经济用途等来分，例如草本、木本、乔木、灌木等，或药用植物、食用植物等。而在这些分类中，人们对其中一群群体相同的植物——就是相当于我们所说的种，给它们一个名称，白皮松、青菜等等。这就是通常所说的俗名。在这里，人们不是以个体而是以群体作基础来命名的，这就表示他们对于一群大体相同的植物个体间的相互关系已有所了解。象这样，他们在命名时已不自觉地与分类联系在一起了。

的确，命名与分类是难以分开的，但各有不同的作用。安排(分裂、合并、转移)一群大体相同的植物(taxonomic groups)于一个有等级的分类系统之中(种、属、科、目)，是属于分类的范围。分类不是一成不变的，而是随着知识不断丰富而继续发展的。命名只能解决名称的合法成立和能采用与否，力求稳定，但是必须跟着分类的发展而变动。这些变动是由于人们实践认识，实践的反复认识而逐渐丰富的，引起了分类单位范围观念的改变。

上面已经讲到植物的俗名。俗名是本乡本土的东西。沿用已久，一说就知。这是它的优点。俗名虽说不可缺少，但是也有许多缺点：(1)含混得很——一个名称包含着许多物种；(2)一个物种有几个名称(各地区不同)；(3)国际上不能通行，与文化交流有碍。总之，俗名缺乏明确性和统一性。在我国，植物的俗名还较简单，只由两、三个字组成，而在欧洲，在林奈(Linnaeus)创立二名制(1753)以前，植物的名称是较长的，名字中有好多形容词，例如洋蘑菇：“*Fungus campestris albus superne inferne rubeus*”(Bauhin 1596)。其实，用这么多字也并不解决问题。

林奈对于生物学的功绩就在于他在1753年创立了二名制命名法。二名制(binomial system)的名称就是目前所谓的学名。这个名称为两字所组成。第一个字是属名，表示这个种属于一大类——一属(由于它们的共同点)，而第二个字是种名，表示这一群大体相同的个体由于与其它的群体有一些差异性而属于一定的种。在这里，不仅对在一群大体相同植物个体间的相互关系有所注意，而且还进一步注意到了一大群植物与其它各大群的关系。

虽然如此，林奈早期对于物种的观念是形而上学的。他信上帝，认为物种是上帝创造出来的。创造出多少种，就有多少种，是永恒不变的。彼此间也没有亲缘关系。据云他曾说过：“上帝创造，林奈安排”(他晚年这种观点已有所改变)。一直到达尔文发表了“物种起源”(1859)以后，分类中才有了进化观点。

林奈在他创建植物二名制时在他的著作《植物种志》(*Species Plantarum*) (1753)中，真菌只有十个属。在这之后，在欧洲出现了采用二名制的好多地方真菌志。到了1801年，在这些著作中柏松(C. H. Persoon)的《真菌纲要》(*Synopsis Methodica Fungorum*)对于欧洲真菌是一部重要著作。后来佛里斯(E. Fries)的三卷《真菌系统》(*Systema Mycologicum*) (1821—32)，对于真菌如同林奈的《植物种志》对维管束植物同样地重要。

在以前新种发表得不多时，倒很容易掌握某个种是不是新的。但是到以后(十九世纪中叶)，尤其是显微镜的改进促进了对真菌的研究以后，新种发表很多。由于缺乏图书，就

很难知道哪些种是已经发表了。就在十九世纪上半叶,人们已感觉到这种困难,例如 Steudal 除了在 1821 年对当时已知的高等植物编了一部索引外,还另编了一本关于孢子植物的索引。在 1863 年施特林茨 (Streinz) 出版了当时对真菌最完全的索引:施特林茨的《真菌命名》(Nomenclature des Champignons)。以后又出现了萨卡度 (P. A. Saccardo) 的《真菌汇编》(Sylloge Fungorum) (1881—1889 出了头 8 卷)。

将已知的种编成目录,固然便利了分类的人们,但是还解决不了问题:(1) 名称有些重复,就是说,一个名称用在两个不同的物种上(同名)。例如 *Sphaerella*, *Barclayella* 等;(2) 照目前的观点,种摆错了属;(3) 一个物种被命名了多次(异名)。这些混乱阻碍了分类学的进展。

为了克服这些混乱。有必要拟定一个在国际间为大家所同意遵守的法规,来控制植物的命名。因此,欧美植物工作者于 1866 年在伦敦召开了一个国际植物学会议,推选了德康得尔 (de Candolle, A. P.) 来起草植物命名法规。1868 年在巴黎召开的会议上通过了认为满意的一些命名原则和条例。这被通称为“德康得尔法规”。由于德康得尔抓住了命名的要点,这些条例历来虽有更动,但是原来所定的原则,基本上还保持原状。

1905 年国际植物学会议又在维也纳召开。讨论并通过了第一个国际植物命名法规。这里有几项重要的决定:(1) 用林奈的《植物种志》为命名的起点;(2) 确定了较老和合法的名字有被采用的优先权;(3) 拟定了一个保留名单;(4) 一个新学名如果没有拉丁文说明是不合法的;(5) 承认林奈的《植物属志》(Genera Plantarum) (1754) 中的属名。当时对强制使用拉丁文和保留名单(有优先权的除外),大家意见分歧。一些美国植物学工作者对以上这两个问题持反对的态度。他们于 1907 年另行起草了美国的植物命名法规,以《植物种志》作为多种植物命名的起点;任何语文都可描述新种。

两方的对立竟达 28 年之久,在分类上引起了不少的混乱。到 1930 年欧美植物学工作者们达成了协议。于 1935 年这个协议最后才付诸实行。

1910 年在比利时首都召开的第三次国际植物学会议上,大家认为林奈对于低等植物很少注意,提议对于这些植物还须另用别人的著作来做命名的起点。关于真菌,议决:锈菌、黑粉菌和腹菌用柏松的《真菌纲要》(1801)作命名的起点;其它真菌,用佛里斯《真菌系统》(1821—1832),共三卷:第一卷,伞菌目 (Agaricales),地舌菌科 (Geoglossaceae) (1821);第二卷,盘菌纲 (Discomycetes),银耳目 (Tremellales) 和一些半知菌类 (Fungi Imperfecti) (1822);第三卷;一些半知菌类和子囊菌纲 (Ascomycetes) (1829),半知菌类 (1832),并保持了保留名单。

在斯德哥尔摩召开的第七次(1950 年)国际植物学会议上通过的决议中,有四项与真菌分类有关:(1) 扩大规则 20,就是扩大了真菌命名起点,将佛里斯的《真菌论证》(Elenchus Fungorum) (1828)也算为《真菌系统》的一部分;如果一个学名发表在 1821 年 1 月 1 日到 1832 年 12 月 31 日而又不包括在佛里斯的《真菌系统》内,可认为是合法的学名;(2) 重写规则 57;藻状菌的命名,不受有性阶段命名的约束;(3) 不能以锈菌的夏、锈孢子的性状来推测它的有性阶段,例如,只采得一个锈菌的锈孢子阶段的角锈孢锈菌 (*Roestelia*),不能就把它叫做胶锈菌 (*Gymnosporangium*);(4) 学名的种名一概免去大写。

国际植物学会议,除了在世界大战期间以外,照例每 5 年召开一次。在每次会议上,对命名的问题都进行过讨论,并对命名法规常有更改。

命名法规包括原则、规则及辅则三部分。原则是规则的基础,有6个原则:(1)植物命名法规与动物命名法规勿涉——即一个植物的学名不能因为它与一个动物的学名相同而被摒弃,例如 *Drosophila*; (2) 分类单位名称的正确运用,取决于命名时的模式(Nomenclatural type); (3) 分类单位的命名应以刊行的优先与否为基础;(4) 有特殊范围、地位、等级的每个分类单位只能有一个正规(correct)名称,照规则为最早的一个,除非有例外;(5) 分类单位的学名,不论它的来源如何,都看作是拉丁文;(6) 法规的目的是把以往的命名纳入正轨并向未来示范。它主要追溯既往;名字形式与法规相违背的不能成立。

规则有75条,每条下都有辅则。建议起阐明条例的作用,使人们能够彻底了解条例并付诸实行。

兹将条例的主要内容分述如后:

(1) 分类单位的等级、级别名称和字尾

每个分类单位只能有一个名称,两个不同的分类单位不能有同样的名称。如何构成属名和种名,见5,16—27条。

分类单位是一个有等级的分类系统,为国际植物命名法规所规定的。种在这里一般是基层单位。

Kingdom (Regnum) 界	植物
Subkingdom 亚界	孢子植物 (Sporophyta)
Division 门	菌类 (Mycota)
Subdivision 亚门	真菌亚门 (Eumycotina)
Class 纲	担子菌纲 (Basidiomycetes)
Subclass 亚纲	异担子菌亚纲 (Heterobasidiomycetidae)
Order 目	锈菌目 (Uredinales)
Suborder 亚目	锈菌亚目 (Uredineae)
Family 科	柄锈菌科 (Pucciniaceae)
Subfamily 亚科	柄锈菌亚科 (Puccinioideae)
Tribe 族	柄锈菌族 (Puccineae)
Subtribe 亚族	柄锈菌亚族 (Puccininae)
Genus 属	柄锈菌属 (<i>Puccinia</i>)
Subgenus 亚属	柄锈菌亚属 (<i>Puccinia</i>)
Species 种	禾柄锈菌 (<i>Puccinia graminis</i> Pers.)
Subspecies 亚种	
Variety 变种	
Form 型	
Race 宗	

(2) 模式方法 (7—10条) (Type method)

分类单位的名称必须与模式标本(type specimen)(模式标本系发表新种时所根据的标本,而不是标准的标本)联系在一起。目的模式是科,科的模式是属,属的模式是种,种的

模式是标本。在发表新分类单位时,必须声明什么是它的模式标本(在1958年1月1日以后),并存于何处。目以上不必举出模式。干的培养物(culture)也可以当作模式标本。

模式标本这一名称容易引起误会。可被认为是典型的,足以表示该类群(种)的特征的。这是早期分类学中的模式概念。这个概念有夸大种的稳定性而轻视变异性的倾向,是形而上学的静止看法。模式标本是一个供学名和分类单位连结在一起,以备将来复查的一个实物标本。它仅仅是,如一位动物学家所指出的,一个名称携带者。这个名称携带者被名为载名标本(onomatophore)。

(3) 优先权(12—15 条)

名称的选择取决于它是符合命名法规各有关条例的最早发表的名称。所谓最早发表,是受命名起点限制的。即各类群的真菌按照法规所制定的命名起点来限定它的最早名称是从什么时间,以及根据那一本著作算起的;亦即具有优先权的名称除必须符合于各项条例外,还必须是命名起点以来最早发表过的名称,而不是那些比命名起点更早发表过的名称。真菌的命名起点因不同的类群而异。现将1975年在列宁格勒召开的第12届国际植物学会议上通过的《国际植物命名法规》第13.1条规则中与真菌有关的命名起点列出如下¹⁾:

地衣、粘菌——1753年5月1日(林奈:《植物种志》第1版)。

锈菌、黑粉菌、腹菌——1801年12月31日(柏松:《真菌纲要》)。

其他真菌——1821年1月1日(佛里斯:《真菌系统》第1卷)。《真菌系统》第1卷的发表日期作为1821年1月1日处理,《真菌论证》(1828)则作为《真菌系统》的一部分处理。其他著作的其他真菌发表于《真菌系统》第1卷(1821)和最后1卷(第3卷的第2部分及索引,1832)之间的名称如果是《真菌系统》中任何一种其他真菌的异名或同名不影响佛里斯在这部著作中所使用的名称的命名地位。

优先权除受命名起点限制外还受保留名称(nomina conservanda)的限制。这是为了保护一些常用的名称不致于轻易地被废弃而保留下来。经历届植物学会议讨论通过的保留名称在法规作为附则公布名单。

(4) 合法发表(29—45 条) (Valid publication)

一个学名应当有效地和合法地被发表。在1953年1月1日以后,如果新学名刊行在一种非科学性的报纸上,或在公共集会上宣布、制成显微照片(microfilm)或在干标本中印有描述,均不算是有效的发表,因此,是不合法的。要有描述,在1935年1月1日以后,还须有拉丁文描述。

(5) 学名的留用、选用或废弃(62—72条)

当一个分类单位的范围有变动时并不需要将学名加以改动,除非这个单位有转移,与

1) 1981年在悉尼召开的第13届国际植物学会议通过了以1753年5月1日(林奈:《植物种志》第1版)作为所有真菌的命名起点,同时承认柏松的《植物纲要》(1801)和佛里斯的《植物系统》第1—3卷(1821—1832)是近代真菌学的重要基础文献而给予它们一种保护性措施,即除规定1753年5月1日为所有真菌的命名起点外,凡被柏松(1801)认可(sanctioned)的锈菌、黑粉菌和腹菌的名称,以及被佛里斯(1821—1832)认可的其他真菌名称均对较早的其他名称有优先权。——遗著整理小组注