

全国高等农业院校试用教材

桑树病虫害防治学

苏州蚕桑专科学校主编

蚕 桑 专 业 用

农 业 出 版 社

全国高等农业院校试用教材

桑树病虫害防治学

苏州蚕桑专科学校主编

蚕桑专业用

农业出版社

主编 郑声镛
编写 苏州蚕桑专科学校 郑声镛
浙江农业大学 高祖训
安徽农学院 徐国宇
沈阳农学院 呼声久 高德三 孙丽娜
西南农学院 许恩远
华南农学院 陈俊英
审稿 王世伟 孙绪良 李秀梅 周水良
周庆华 张文明 欣玫玫 欧文强
徐继汉 堵鹤鸣 蒯元璋 樊孔彰
霍兆江 瞿叔恒

全国高等农业院校试用教材
桑 树 病 虫 害 防 治 学
苏州蚕桑专科学校主编

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

787×1082 毫米 16 开本 16.25 印张 375 千字

1982年6月第1版 1982年6月北京第1次印刷

印数 1—8,000册

统一书号 16144·2337 定价 1.70 元

编写说明

本书是为全国高等农林院校蚕桑专业编写的试用教材。根据农林部教材编写会议精神和蚕桑专业会议决定，由苏州蚕桑专科学校、浙江农业大学、安徽农学院、沈阳农学院、西南农学院、华南农学院组成了本书编写组。苏州蚕桑专科学校任主编。

全书共分六章，包括16种主要桑树病害，35种主要桑树害虫，分昆虫总论、植病总论、桑树病害、桑树害虫四大部分。在教学实践中可以根据需要和病虫害发生季节的实际情况，对章节次序可以灵活安排，对教学时数、教材内容可作部分变动或取舍。

本书可作高等农、林院校教材，可供蚕桑科技人员阅读参考。

在编写过程中，还收到浙江农业大学祝汝佐、张月季先生，西南农学院蒋书楠先生，南京农学院钟觉民先生，华南农学院黎毓干、莫蒙异、黄端平先生，沈阳农学院李进、朱有钰先生等提出的许多宝贵意见；并采用了有关单位和个人的图、表，在此一并致谢。

由于我们水平有限和时间紧迫，教材中不妥甚至错误之处，在所难免，特别是防治病虫害的指导思想和理论基础日益深化，防治措施不断发展，衷心希望使用本教材的教师和读者提出宝贵意见，以便再版时改正。

编 者

一九七九年十二月

目 录

绪论.....	(1)
第一章 植物病害的基本知识	(2)
第一节 植物的病害.....	(2)
一、植物病害的定义.....	(2)
二、植物病害的类别.....	(2)
三、植物病害的症状.....	(3)
第二节 植物病原真菌.....	(4)
一、真菌的营养体.....	(5)
二、真菌的繁殖.....	(7)
三、真菌的生活史.....	(9)
四、真菌的生理及生态特性.....	(10)
五、真菌的分类.....	(12)
六、真菌病害的诊断与鉴定.....	(13)
七、桑树病原真菌的主要类群.....	(13)
第三节 植物病原细菌.....	(18)
一、植物病原细菌的性状	(18)
二、植物病原细菌的分类	(19)
三、植物病原细菌的侵染	(20)
四、植物细菌病害的侵染来源及防治特点	(21)
五、植物细菌病害的症状诊断和病原鉴定	(21)
第四节 植物的病毒及类菌质体	(22)
一、植物病毒的一般性状	(22)
二、植物病毒病害的传染途径	(24)
三、环境条件对病毒病害的影响	(25)
四、植物病毒的命名和分类	(26)
五、病毒病害的诊断与鉴定	(26)
六、类菌质体	(28)
第五节 植物寄生线虫.....	(29)
一、植物寄生线虫的形态特征	(29)
二、植物寄生线虫的分类	(30)
三、植物寄生线虫及其所致病害的特点	(31)
第六节 植物侵染性病害的发生发展.....	(32)
一、病原生物的寄生性和致病性	(32)
二、寄主植物的抗病性	(34)
三、侵染性病害的侵染过程	(35)
四、侵染性病害的侵染循环	(38)
第二章 昆虫基本知识.....	(40)
第一节 昆虫的外部形态.....	(40)

一、昆虫的头部	(41)
二、昆虫的胸部	(46)
三、昆虫的腹部	(48)
四、昆虫的体壁	(48)
第二节 昆虫内部器官系统	(50)
一、昆虫的消化系统	(51)
二、昆虫的呼吸系统	(52)
三、昆虫的神经系统	(53)
四、昆虫的生殖系统	(54)
五、昆虫的循环系统	(55)
六、昆虫的分泌系统	(55)
第三节 昆虫的生物学特性	(56)
一、昆虫的生殖	(56)
二、昆虫的个体发育	(57)
三、昆虫的世代和年生活史	(63)
四、昆虫的休眠和滞育	(64)
五、昆虫的主要习性	(64)
第四节 生态因子对昆虫的影响	(65)
一、气候因子	(65)
二、土壤因子	(70)
三、生物因子	(71)
第五节 昆虫的分类	(74)
一、昆虫分类的意义和方法	(74)
二、昆虫纲的分目	(75)
三、桑树害虫主要目科概述	(77)
第六节 其他有害动物	(92)
一、软体动物门 腹足纲	(92)
二、节肢动物门 蛛形纲	(93)
第三章 病虫的测报、调查和资料计算	(96)
第一节 病虫的测报	(96)
一、发生期的预测	(96)
二、发生量的预测	(98)
第二节 调查的方法	(98)
一、定点取样	(99)
二、调查单位	(99)
第三节 资料的计算	(100)
一、成数计算	(100)
二、损失估计	(101)
三、校正死亡率	(102)
四、病情指数	(102)
五、防治效果的检验	(103)
第四章 植物病虫害的防治方法及原理	(104)
第一节 植物检疫	(104)
一、植物检疫的主要任务	(104)
二、植物检疫的方法和步骤	(105)

三、桑树病虫检疫工作的近况及展望	(106)
第二节 农业防治	(107)
一、选育抗病虫品种	(107)
二、加强栽培管理	(108)
第三节 生物防治	(109)
一、天敌昆虫（包括捕食螨及蜘蛛）的应用	(110)
二、微生物的应用	(113)
三、遗传防治	(115)
四、激素与信息素的应用	(116)
第四节 物理机械防治	(117)
一、人工器械捕杀法	(118)
二、诱杀法	(118)
三、阻隔法	(118)
四、温热法	(118)
五、近代物理学成就在植物病虫防治上的应用	(119)
第五节 化学防治	(120)
一、农药的分类、剂型及使用方法	(120)
二、农药的杀虫杀菌作用	(123)
三、农药的药效、药害及毒害问题	(125)
四、农药的使用技术	(129)
五、桑园常用农药	(131)
附：桑园其他常用农药表	(137)
第六节 桑树病虫害的综合防治	(143)
第五章 桑树的病害	(147)
第一节 全株性病害	(147)
一、桑黄化型萎缩病	(147)
二、桑萎缩型萎缩病	(151)
三、桑花叶型萎缩病	(153)
四、桑细菌性青枯病	(154)
第二节 桑芽叶病害	(155)
一、桑疫病	(155)
二、桑赤锈病	(158)
三、桑褐斑病	(161)
四、桑炭疽病	(162)
五、桑叶枯病	(163)
六、桑里白粉病	(164)
七、桑污叶病	(166)
第三节 桑枝干病害	(167)
一、桑芽枯病	(167)
二、桑拟干枯病	(170)
三、桑膏药病	(171)
第四节 桑的根部病害	(173)
一、桑紫纹羽病	(173)
二、桑根结线虫病	(174)
附：桑树其他病害表	(177)

第六章 桑树的害虫	(180)
第一节 桑芽害虫	(180)
一、桑瘿蚊	(180)
二、桑象虫	(182)
三、桑梢小蠹虫	(184)
四、蒙古象虫	(185)
五、黑绒金龟子	(186)
第二节 咀食性桑叶害虫	(188)
一、桑小灰象虫	(188)
二、黄叶虫	(189)
三、暗黑鳃金龟	(192)
四、铜绿丽金龟	(194)
五、桑毛虫	(195)
六、桑尺蠖	(197)
七、春尺蠖	(199)
八、野蚕	(200)
九、桑螵	(202)
十、桑螟	(204)
十一、桑白毛虫	(206)
十二、刺蛾	(208)
十三、黄卷叶蛾	(211)
十四、花卷叶蛾	(212)
十五、灯蛾	(213)
十六、灰蜗牛	(215)
第三节 吸食性桑叶害虫	(216)
一、桑蓟马	(216)
二、桑木虱	(218)
三、菱纹叶蝉	(221)
四、青叶蝉	(225)
五、桑粉虱	(226)
六、红蜘蛛	(227)
第四节 桑树枝干害虫	(229)
一、桑蛀虫	(229)
二、桑虱	(231)
三、桑白蚧	(233)
四、桑天牛	(235)
五、桑虎天牛	(237)
六、黄星天牛	(239)
第五节 地下害虫	(241)
一、地老虎	(241)
二、蝼蛄	(243)
附：桑树其他害虫表	(246)
波美度重量倍数稀释表	(248)
波美度容量倍数稀释表	(249)
病虫害学名对照索引	(250)

绪 论

在桑树生长过程中，常常受到各种害虫和病菌的侵害，重则威胁桑树生长，甚至死亡；轻则损害桑树器官，降低桑叶的产量和质量，影响蚕茧生产。

我国栽桑历史悠久，分布几遍全国。桑树病虫害的种类很多，目前已知的害虫有200多种，病害有30多种。由于各地自然条件不同，桑树病虫害的种群组成也有一定的差异，受灾、害情况也不一致。在不同地区、不同年份，常有不同程度的病虫害发生，给蚕桑生产造成很大损失。据报道，在30—40年代，桑螵在江苏、浙江蚕区曾猖獗成灾，桑木虱在四川地区曾盛发为害；70年代初，黄化型萎缩病的为害很突出、部分桑园遭到毁灭性为害，桑褐斑病1959年、1976年分别在浙江德清和辽宁前所暴发为害，桑赤锈病自1975年起连续几年在江苏吴县大面积发生，近年来广东省顺德县一带又有桑瘿蚊和桑细菌性青枯病等发生，都曾猖獗一时，造成严重为害。

建国以来，在党的领导下，植保工作在总结经验的基础上，提出了“预防为主，综合防治”的方针。随着蚕桑事业的发展，广大蚕桑科技人员，深入实际，在总结群众经验的同时，对桑树病虫害的发生发展规律、防治措施以及预测预报等进行了大量的研究工作。各地群众性科学实验活动正蓬勃兴起，桑树病虫害的防治技术，得到了很大的提高和发展。几种原来为害严重的病、虫害，已逐步得到控制。例如，素称“不治之症”的黄化型萎缩病，通过10多年调查研究，基本上摸清了病原种类、传染媒介、传染途径及发病规律，采取了选育抗病品种，药剂治虫，切断传染途径等综合措施，使病情的发展得到控制。对桑赤锈病、桑蓟马、小灰象虫、桑虎天牛等病虫害的发生消长规律、生活习性也分别研究清楚，并提出了相应的防治方法。

为了提高综合防治的技术水平，必须应用新的科学知识，扩大病虫测报工作的科学内容，使测报工作简便化、准确化、群众化、综合化，严密调查研究病虫害的发生发展动态，掌握其发生消长规律，抓住有利时机进行防治，才能达到“预防为主，综合防治”的目的。

《桑树病虫害防治学》是在农业昆虫学、植物病理学的基础上发展起来的一门应用的专业课程。本课程重点叙述我国主要桑树病虫害的形态、症状、发生发展规律以及防治措施，阐明病虫害的诊断、鉴别技术，以便进一步掌握病虫害的动态，提高科学预见性及防治技术水平，把病虫害控制在为害之前，以适应发展现代农业生产的需要。

第一章 植物病害的基本知识

在自然界中，无论野生的或者栽培的植物都可能发生病害。粮食作物、经济作物、蔬菜、牧草、果、桑、茶以及林木等经济植物的病害，往往成为农、林、牧、副业上的一类重要灾害。

防治植物病害是植物保护工作中的重要组成部分。本章将概括、系统地介绍关于植物病害一般规律性的现有认识，从而为进一步研究个别病害和在生产实践中开展防治打下基础。

第一节 植物的病害

一、植物病害的定义

植物的正常生长和发育需要适当的条件。植物在生长发育过程中，遇到不适宜的环境条件或遭受病原生物侵染时，新陈代谢便受到干扰和破坏，正常生长和发育就受到阻碍。这就是植物发病，严重的会造成死亡。

植物病害的发生是有一定的病理程序的。病害的进程首先是从生理机能受到干扰开始，引起植物体内部组织结构的变化，进而表现为外部形态的反常现象。如桑树感染花叶型萎缩病MyMV以后，叶部薄壁组织细胞发生了不同程度的缩小和叶绿体及叶绿素的减退。通常在叶的退绿部位，栅栏组织细胞显著缩短，胞间空隙减少，细胞中的叶绿体较小、色淡。这些内部组织结构的变化，反应在外部形态上，就出现了花叶斑驳的病状。又如大白菜软腐病*Erwinia aroideae*，首先是白菜细胞的中胶层渐渐被细胞分泌的果胶酶所分解。造成了细胞的解体、组织崩溃和细胞液的外流，于是在白菜的病部出现了软腐症状。所以，尽管各种病害的性质不同，可能会有不同的过程，但当植物发生病害时都要反应一系列的病理程序：即生理机能病变到组织结构的破坏，最后外部形态表现异常，这也是植物病害和一般机械损伤的基本区别。机械损伤没有病理程序，因此不是病害。

二、植物病害的类别

如前所述，植物病害的发生是由不适宜的环境条件或受到其他生物的侵染而引起的。因此，植物病害可分为非侵染性病害与侵染性病害两大类。

（一）非侵染性病害 植物非侵染性病害的发生，系由生长条件不适宜或环境中有害物质的影响而引起，并非由其他生物的侵染所致。由这类非生物因素所引起的病害，没有传染性，因此称之为非侵染性病害，也叫生理病害。

引起非侵染性病害发生的环境因素很多，最主要的是土壤和气候条件的不适宜以及

在土壤、空气和植物的表面存在着的有害物质。例如，缺乏某种营养元素、旱害、涝害、盐害、毒害等，这都在《桑树栽培学》有关章节中论述。

(二) 侵染性病害 侵染性病害是由病原生物的侵染而引起的。这类病害具有传染性，因此称为侵染性病害。引起植物病害的生物称为**病原生物**（简称**病原物**）。如由菌类所引起的则称为病原菌。被侵害的植物称为**寄主植物**（简称**寄主**）。

侵染性病害是植物病理学研究的重点内容。引起植物侵染性病害的病原物有**真菌、细菌、病毒、类菌质体、线虫和寄生性种子植物**等。在植物病害中，侵染性病害比非侵染性病害对农业生产所造成的危害要大。侵染性病害以真菌病害的种类为最多，其次是细菌病害和病毒及类菌质体病害，而寄生性种子植物病害只是极少数。

在侵染性病害中，病原物的存在是病害发生的重要条件，但不是病害发生的唯一因素。因为侵染性病害的发生与否，不仅取决于病原物的存在，还取决于寄主的状态和环境条件。寄主植物抗病能力的强弱对病害的发生起着决定的作用。如果植物抗病力强，虽有病原物的存在也可不发病或发病轻微。

病原物和植物构成了侵染性病害的基本矛盾。但是病原物和植物的一切活动又都受着环境条件的制约，环境条件既作用于寄主植物，也作用于病原生物。只有当环境条件不利于植物的生长，而有利于病原物的活动时，植物才有发病的可能性；反之，则不会发病。由此可见，环境条件是决定病害能否发生及发展的重要因素。所以，侵染性病害的发生是植物和病原物在一定的环境条件下矛盾的对立统一。换言之，侵染性病害的发生是由病原生物、寄主植物和环境条件等三方面的因素决定的。但在不同的情况下，其中一种因素可能成为发病的主要因素，其它两种则是次要因素，但是主要与次要的发病因素在一定条件下是能够互相转化的。

三、植物病害的症状

植物受病以后，新陈代谢发生了一系列的变化，最后表现为从外部可以观察到的形态病变。这种受病植物在外形上的反常现象，称为**症状**。植物病害的症状表现为两方面：一是受病植物本身所发生的病变，二是病原物在受病植物上所形成的特征性结构。

受病植物本身所发生的病变大致分以下四种类型：

(一) 变色 是指病部细胞的色素发生了改变。变色有两种：一种是普通变色，整个植株、整个叶片或叶片的一部分发生均匀的褪绿、黄化、红化。如桑树黄化型萎缩病以及植物的各种缺素症；另一种是局部变色，如桑树花叶型萎缩病的叶片绿色浓、淡不均，呈黄绿相间的斑驳状。

(二) 坏死和腐烂 这都是由于细胞和组织的死亡而造成的病变。此种病变因受病组织的性质及部位不同而表现出不同的症状。植物的根、茎、叶、花、果实等部位受病均能发生坏死，叶片上的坏死表现为各种形状和颜色的斑点，如桑褐斑病 *Septoglocum mori*。后期脱落即形成穿孔，如桃穿孔病 *Cercospora circumcissa*。枝杆部组织坏死或形成病斑，如桑干枯病 *Diaporthe nomurai*。果实上可形成溃疡，如柑桔溃疡病 *Xanthomonas citri*。根部的坏死则形成根腐，如桑根朽病 *Armillaria mellea*。幼苗的茎或根部组织的坏死，可以造成幼苗的死亡，如棉苗猝倒病 *Pythium sp.*、立枯病 *Rhizoctonia*

*solani*等。植物柔嫩多肉、含水较多的组织坏死后，往往形成湿腐，如桑椹肥大性菌核病 *Sclerotinia shiraiana*；而比较坚硬、含水较少的受病组织，很快大量失水时，则多形成干腐，如桑椹缩小性菌核病 *Microglossum shiraianum*。

(三) **萎蔫** 由多种原因引起。茎和根部的坏死和腐烂，均可导致萎蔫。但是典型的萎蔫症状，是指植物的茎和根部的维管束组织受到破坏，而发生的凋萎现象。这种凋萎一般是不能恢复的。萎蔫是由于病菌在植物的维管束内大量繁殖，堵塞导管或产生毒素，阻碍或破坏了水分的运输，或使植物中毒，因而造成了茎叶萎蔫。根据受害部位的不同，萎蔫可以是全株性的，也可以是局部性的。根或主茎的维管束受侵害所引起的萎蔫常是全株性的，如花生青枯病 *Pseudomonas solanacearum*。侧枝或叶柄的维管束受侵害所引起的萎蔫，则是局部性的。

(四) **畸形** 病害可以引起植物的各种畸形现象。有些是植物受病原物侵染后，局部细胞数目增多、增大，生长过度，出现肿瘤和疮痂的病变，称为增生型或刺激型，如桑花叶型萎缩病，叶背的叶脉上产生的瘤状和棘状突起；另一些是植物的生长发育受到抑制，使植株矮缩、分蘖减少、叶形纤细等，称为矮缩型或抑制型，如水稻矮缩病 RiDV。此外，病部组织由于细胞发育不均衡（部分细胞增生或受到抑制），还会出现扭曲、皱缩及器官的转化等畸形。

病原生物在受病植物上所形成的特征性结构，因病原种类的不同而有所差异。真菌病害，可以在寄主的感病部位产生 **霉状物**（霜霉、黑霉、绿霉）、**粉状物**（白粉、黑粉、锈粉）、**小黑点**、**粒状物**、**束状物**（白色、紫色）等。细菌病害，多在病部产生乳白色或淡黄色的 **脓状物**（菌脓），干燥后形成小粒菌胶。以上都是病菌生长在寄主体外的营养器官和繁殖器官，以及寄生物形成的休眠体等。病毒病害，是细胞内寄生的，在植物外表看不到病原物。

各种植物病害一般都有其特定的、固有的症状，所以症状为植物病害的诊断提供了依据，人们往往根据其受害的症状而加以定名，如桑里白粉病 *Phyllactinia moricola*、桃穿孔病、党参根腐病 *Fusarium* sp. 等。但是病害的症状也不是绝对不变的，同一病原物在不同植物上及同一植物的不同发育时期或在不同环境条件下，可以表现不同的症状，而不同的病原物也可以引起相似的症状。因此，根据症状所作出的诊断，只是初步的，还必须通过进一步鉴定其病原物，必要时须反复作分离、培养、接种试验，方能做出正确的诊断。

第二节 植物病原真菌

真菌遍布于自然界，不论是山岭、海洋、空中，还是地面的各种物体上都有它们的存在。真菌的种类很多，据报道有10万种以上。我国已知真菌约4万余种，其中大部分都是腐生的，但也有不少种类在植物体上寄生并引起病害。人们把这种寄生于植物的真菌，称之为植物病原真菌。在植物病害中，有80%以上是由病原真菌引起的。每种作物都有几种或十几种真菌病害。植物病害的防治研究，最早就是从真菌病害开始的。可见，真菌病害在植物病害中占有相当重要的地位。

真菌的主要特征是：营养体简单，没有根、茎、叶的分化，也没有维管束组织，但细胞内有典型的细胞核；真菌的细胞内没有叶绿素和其他能营光合作用的色素。因此，真菌是不能进行光合作用的异养生物；真菌的繁殖方式较典型的是产生各种类型的孢子。

真菌的发育过程，分营养阶段和生殖阶段。先在营养阶段进行不断地生长，积累养分；后进入生殖阶段，产生孢子进行繁殖。

一、真菌的营养体

真菌营养生长阶段的结构，称之为营养体。真菌典型的营养体呈极为细小的丝状体，称为菌丝。菌丝可以分枝并向四周不断生长，很多菌丝聚在一起称为菌丝体。

菌丝通常呈圆管状。各种真菌的菌丝粗细不一，一般直径在10微米以下。具固定的细胞壁，大都是无色透明的，其主要成分是半纤维素和甲壳质。细胞内充满了无色透明的原生质，所以真菌的菌丝体大部分是无色的。但原生质中也可以含有各种色素，使菌丝（尤其是老的菌丝）呈现不同的颜色。除细胞核外，细胞内有原生质、液泡和油滴等内含物。

高等真菌的菌丝有隔膜，每个细胞内有1、2个乃至多个细胞核，隔膜上有微孔连通，所以整个营养体是一个有机的整体。低等真菌的菌丝没有隔膜，所以是一个多核的大细胞。极低等的真菌，并不形成丝状的菌丝体，它们的营养体只是一团没有细胞壁的原生质，称之为变形体或原生质团。

真菌的菌丝（图1—1）一般是由孢子萌发所形成的芽管发展而来。菌丝以它的顶端部分生长，但是菌丝的每一部分都潜藏着生长的能力，所以将菌丝体分割以后，移置在适宜的条件下，每一小段都能生长出新的菌丝体。由于菌丝体可以不断的分枝，并且能够从顶端部分的一点向各个方向生长，往往在培养基上形成圆形的菌落。

真菌以菌丝体从外界吸收营养物质，由于渗透作用，使养分通过细胞壁和质膜而进入细胞内，所以真菌只能吸收溶解了的物质。菌丝可以分泌各种酶，在酶的作用下，使复杂的有机物水解而被吸收。寄生性真菌可以寄生在寄主组织的细胞间或细胞内，靠菌丝体伸入植物表皮细胞或寄主组织的细胞内吸收营养物质。寄生在细胞间的真菌，尤其是许多专性寄生菌，有的可以在菌丝体上形成小的突起，穿过寄主的细胞壁，在寄主细胞内形成圆形、长圆形或其他形状的吸器来吸收养分（图1—2）。寄生在植物表面的真菌，在寄主表皮细胞内形成吸器。寄生性真菌菌丝和吸器的渗透压一般都高于寄主组织和细胞的渗透压。

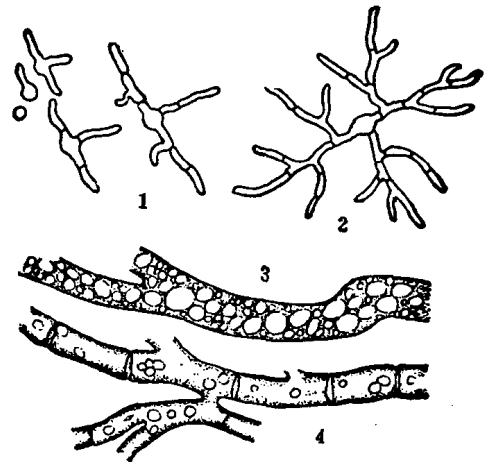


图1—1 真菌的菌丝体

1.孢子及其萌发生长 2.形成菌丝体

3.无隔膜菌丝 4.有隔膜菌丝

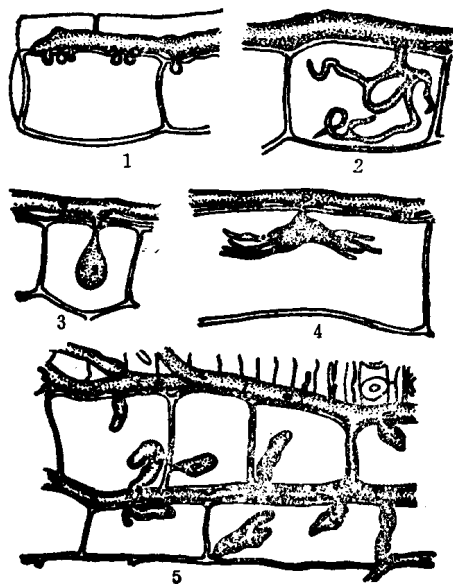


图 1—2 真菌的吸器类型

1.白锈菌 2.霜霉菌 3、4.白粉菌 5.锈菌

境的抵抗力有很大的作用。

菌核：菌核是由拟薄壁组织和疏丝组织构成的坚固的休眠体。不同的真菌所产生的菌核，其形状、大小、颜色和组织的紧密程度各不相同。典型的菌核其内部是疏丝组织，外层是拟薄壁组织，表层细胞的细胞壁很厚，颜色较深，所以菌核一般是黑褐色或黑色的坚硬组织体。也有些真菌的菌核完全是由比较疏松的组织形成的。菌核中贮存较多的养分，对高、低温及干燥的抵抗能力都很强。所以，菌核既是真菌的贮藏器官，又是度过不良环境的机构。

子座：由拟薄壁组织和疏丝组织所形成。子座的形状不像菌核那样有规则，多呈垫状，但有时与一般菌核很相似。子座可以纯粹由菌丝体形成，也可以和部分寄主组织结合而成。真菌形成子座后，在表面或其内部形成产生孢子的机构。真菌的子座，主要是形成产生孢子的机构，也有度过不良环境的作用。

菌索：一些高等真菌的菌丝体可以纠结成绳索状，外貌和高等植物的根很相似，通常称之为根状菌索。高度发达的菌索分化为颜色较深的由拟薄壁组织组成的皮层和由疏丝组织组成的心层及顶端的生长点。菌索遇到不良环境即变成休眠体，在适宜条件下又可以从生长点开始恢复生长。根状菌索在引起桑树

高等真菌的菌丝，当生长到一定阶段时，分散的菌丝体可以形成两种组织：一种是由菌丝体平行排列或纠结在一起而形成的比较疏松的组织，即疏丝组织，在此组织中可以看出菌丝体的长形细胞。另一种是由菌丝体紧密地交叉在一起所形成的组织，与高等植物的薄壁细胞组织相似，称之为拟薄壁组织。拟薄壁组织中的细胞近似圆形、椭圆形或多角形。

菌丝体是真菌营养体的基本结构。某些真菌的菌丝体在一定的条件下可以发生变态而形成特殊的机构，如菌核、子座和根状菌索（图 1—3）。

这些机构对于真菌的繁殖、传播及增强其对环

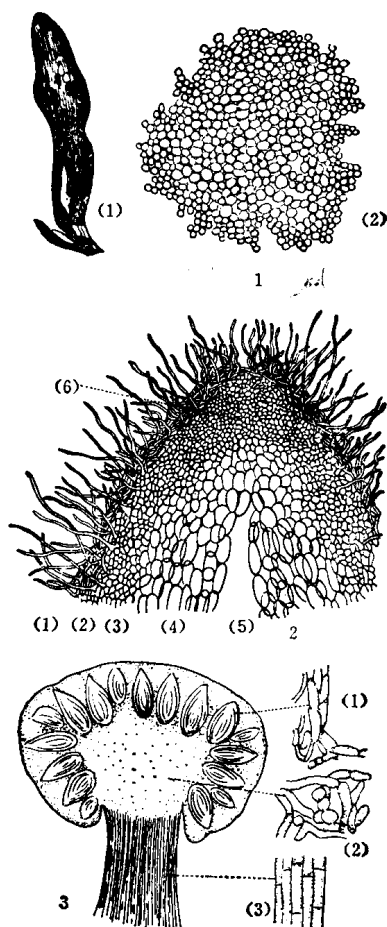


图 1—3 真菌菌丝体的变态

1.菌核 (1) 外形 (2) 横切面
2.菌索 (1) 疏松的菌丝 (2) 胶质的疏松菌丝层 (3) 皮层 (4) 心层 (5) 中空 (6) 尖端的分生组织
3.子座 (1) 子囊壳壁的结构 (2) 子座头部的结构 (3) 柄的结构

根部和木材腐朽的高等担子菌中最普遍，如桑根朽病、桑紫纹羽病 *Helicobasidium mompa* 等。菌索可以帮助这些真菌蔓延，也可以作为侵入的机构。

二、真菌的繁殖

真菌在其发育过程中，经过一定的营养阶段就进入繁殖阶段。其繁殖方式因真菌的种类不同而异，最主要的是通过无性繁殖产生各种无性孢子；有性繁殖产生各种有性孢子。真菌产生孢子的机构，称为**子实体**。

(一) **真菌的无性繁殖** 真菌的无性繁殖是指不经过有性阶段（性细胞核的结合），由营养体的细胞直接以段裂、芽殖的方式繁殖，或直接从营养体上产生孢子繁殖。所以真菌在无性繁殖时，细胞核并不发生变化。真菌无性繁殖产生的无性孢子有：粉孢子、芽孢子、厚垣孢子、孢囊孢子、分生孢子等。

粉孢子：是菌丝细胞分隔后，彼此段裂，与菌丝脱离而形成成串的短圆形孢子。萌发时即形成新的菌丝体。

芽孢子：是单细胞的真菌（如酵母菌）或菌丝以出芽的方式形成的一种孢子。当芽长到正常大小时，可脱离母细胞或与母细胞相连接而继续产生芽孢子。

厚垣孢子：是由菌丝体中个别细胞膨大和细胞壁加厚，与其他细胞分开而形成的休眠孢子。这种休眠孢子可以产生在菌丝的顶端或中间，单生或几个连接在一起。厚垣孢子的寿命较长，可度过不良环境，萌发后形成菌丝体。

孢囊孢子：是一种产生在孢子囊中的内生孢子。在菌丝分枝的顶端或由菌丝分化所形成的特殊的孢囊梗的顶端膨大而形成孢子囊，孢子囊中的原生质分裂成若干小段，每一小段逐渐变为圆形，被以薄膜而形成若干孢囊孢子。如果孢子囊中形成的孢囊孢子是有鞭毛能游动的，这种孢子即称**游动孢子**。形成游动孢子的孢子囊即称**游动孢子囊**。

分生孢子：是真菌中最常见的一类无性孢子。它由菌丝分枝的顶端细胞分化而成，分化时缢缩割切成单生的或连接成串的孢子。分生孢子是一种不同于孢囊孢子的外生孢子。无论是孢囊孢子或分生孢子，萌发时都产生芽管，进一步发育而成菌丝体。

粉孢子、厚垣孢子和芽孢子

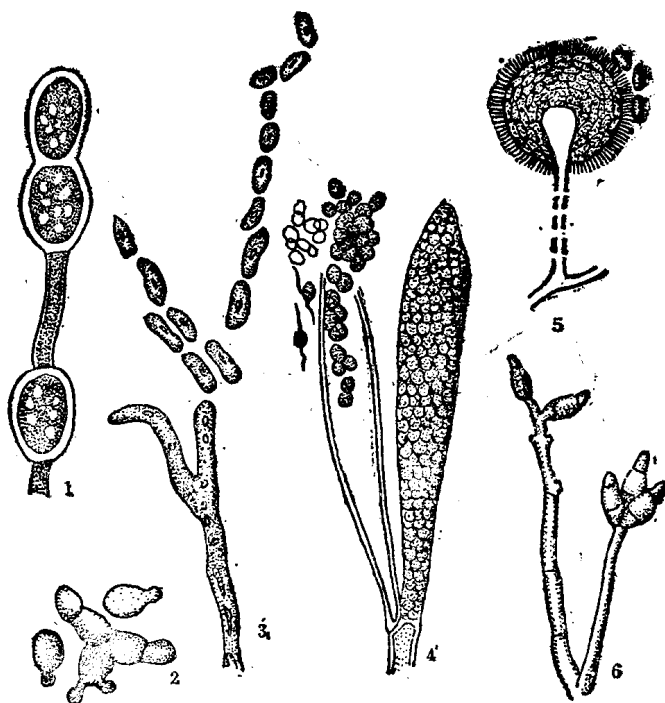


图 1—4 真菌的无性孢子类型

1. 厚垣孢子 2. 芽孢子 3. 粉孢子 4. 游动孢子和游动孢子囊
5. 孢囊孢子和孢子囊 6. 分生孢子和分生孢子梗

是从菌丝细胞直接变化而形成的；而孢囊孢子和分生孢子是从特殊的产生孢子的机构（子实体）上产生的。在性质上，前者是真菌的营养繁殖；后者是真菌的生殖繁殖（图1—4）。

（二）真菌的有性繁殖 真菌生长发育到一定阶段就开始进行有性繁殖，产生有性孢子。有性孢子是经过两个可交配的性细胞核相结合而产生的孢子。真菌有性繁殖的全过程可以分为质配、核配、减数分裂三个阶段。

1. 质配：是通过两个性细胞原生质的交配，而使它们的原生质和其中的细胞核结合在同一个细胞中。质配以后，细胞中成对的细胞核称为双核。在双核阶段中的每一个细胞核都是单倍体（染色体的数目是 N ），细胞核染色体的数目一般用 $N+N$ 表示。

2. 核配：是经过质配以后所形成的双核，进一步结合成为一个细胞核。经过核配以后的细胞核就成为双倍体，染色体的数目加倍，用 $2N$ 表示。

各种真菌进行核配的时期是不同的，较低等的真菌，质配以后往往随即进行核配，它的双核阶段很短。高等真菌（如黑粉菌）质配以后要经过很长的时间才进行核配，它们的双核阶段较长。形成的双核有时还可以分裂，分裂时，细胞中的双核是成对同时分裂的（双核并裂现象），所以形成的新细胞也是双核的。

3. 减数分裂：是核配以后形成的双倍体细胞核连续分裂两次，其中有一次是减数分裂，染色体数目减半，最后形成四个单倍体细胞，使经过核配而形成的双倍体（ $2N$ ）细胞核，又回到了原来的单倍体 N 。含有单倍体细胞核的细胞，以后发育形成单倍体的营养体。

真菌的性结合较复杂，有些真菌的普通营养菌丝即可互相交配，大部分真菌产生性

器官进行交配。真菌的性器官统称为**配子囊**，配子囊内产生的性细胞，称为**配子**。其形状和大小相同的称为同型配子囊和同型配子，形状和大小不同的则称为异型配子囊和异型配子。由于真菌的种类不同，其性器官的形式及其所产生的有性孢子的形态亦不同，而使真菌的有性孢子呈现各种类型。真菌有性孢子的主要类型有卵孢子、接合孢子、子囊孢子、担孢子四种（图1—5）。

卵孢子：是由菌丝上产生的两种异型配子囊结合形成。其小型配子囊称雄器，大型的称藏卵器，当雄器与藏卵器配合时，雄器中的细胞质和细胞

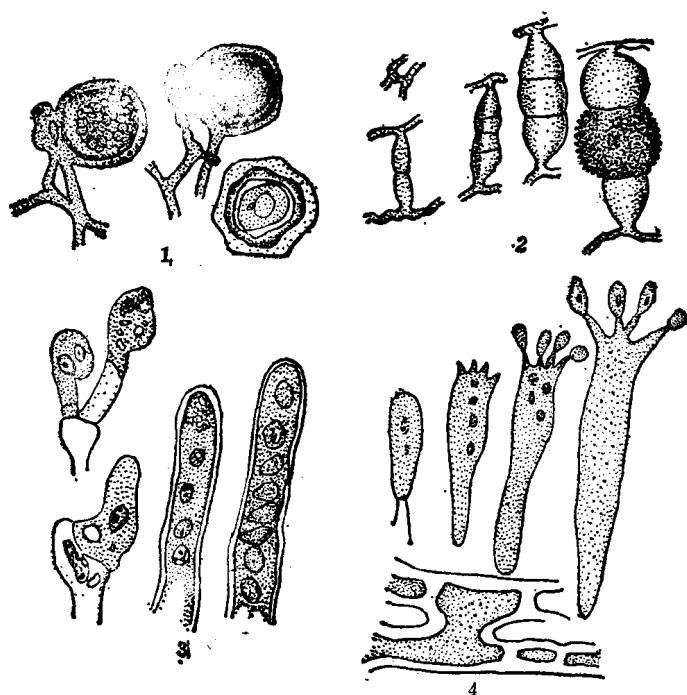


图1—5 真菌有性孢子的类型

1. 卵孢子 2. 接合孢子 3. 子囊孢子 4. 担孢子

核通过受精管进入藏卵器与卵球结合，形成厚壁的大形卵孢子。卵孢子大多呈黄褐色，周围带有残存的藏卵器壁。

接合孢子：由菌丝上产生的两种同型配子囊结合生成。“+”“-”配子囊结合后，细胞核随即进行结合，形成厚壁大形的接合孢子。接合孢子大多是黑色的，表面有瘤状突起。

子囊孢子：典型的子囊孢子形成的过程，是由异形的配子囊结合生成的。雌性器官称产囊体，雄性器官称雄器。两性配子囊结合后，细胞核并不立即交配，在产囊体和顶部形成若干产囊丝，成对的双核进入产囊丝，产囊丝最后形成隔膜分成几个细胞，而顶端的细胞只有一对双核，分别来源于雄器和产囊体。这个产囊丝的顶端细胞发育形成一种囊状体，叫**子囊**。两性核在子囊内进行核配、减数分裂，成为四个单倍体的细胞核，再经过一次有丝分裂，最后形成一般定数是8个内生孢子，叫**子囊孢子**。

担孢子：是担子菌的有性外生孢子。担子菌有性生殖的过程比较简单，其两性器官多退化，质配主要是两个担子孢子或两个单核菌丝体细胞的交配，发育而形成双核菌丝。典型的担子棍棒状，是由双核菌丝体的顶端细胞形成的。当顶端细胞开始膨大时，其中的双核进行核配，形成一个二倍体的细胞核，接着进行减数分裂，形成4个单倍体的细胞核，每个细胞核形成一个单核的担孢子，着生在担子的小梗上。担子上产生的担孢子一般为4个。担孢子萌发后形成单核的菌丝体。

真菌产生孢子的机构，统称为**子实体**。当真菌进行无性繁殖或有性繁殖形成子实体时，有些较低等的真菌是整个营养体都转变为子实体，这种现象称为“整体产果”。较高等的真菌是由部分营养体分化为产生孢子的机构，其余部分仍行其营养功能，这称为“分体产果”。真菌的整体产果或分体产果及其子实体形态都是分类的特征(图1—6)。

三、真菌的生活史

真菌的生活史是指从一种孢子开始，经过营养生长和繁殖，最后又产生了同一种孢子为止的整个过程。

真菌的生活史一般包括无性阶段和有性阶段。其典型生活史可简述如下：菌丝体生长到一定时期，在适当的条件下产生无性孢子，无性孢子遇到适宜的条件，萌发形成芽管，芽管继续生长形成新的菌丝体，菌丝体又产生新的无性孢子，再形成新的菌丝体，这是真菌的无性阶段。真菌的无性孢子在作物的生长季节中可以产生许多次，而且数量很大，起着繁殖和传播的作用，对不良环境的抵抗力较弱。真菌生长的后期开始发生有性阶段，即从菌丝体上形成配子囊或配子，经过质配形成双核阶段，再经过核配形成双倍体阶段，最后经过减数分裂形成单倍体阶段(图1—7)。真菌的有性阶段一年只发生1次，有性孢子具厚壁，能抵抗不良的环境条件，有利于越冬休眠。

有些真菌在其生活史中没有或未发现有性阶段，另有些真菌则没有无性阶段，也有在其生活史中不产生任何孢子的。另外，真菌的越冬、休眠并非都靠有性孢子，有些真菌的无性孢子、菌核及寄主体内的潜伏菌丝等亦有抵抗不良环境的能力，并作为越冬的机构。