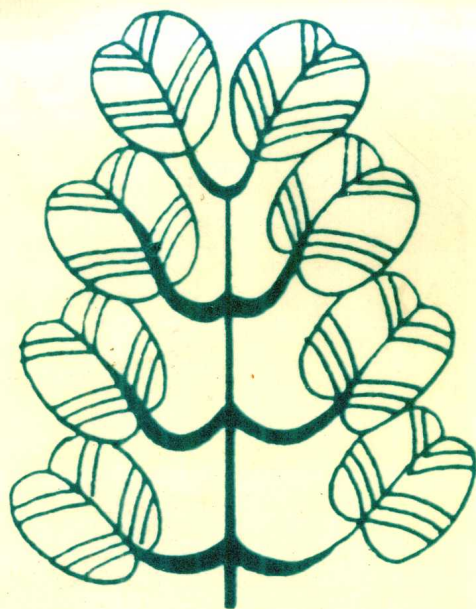


植物病理学

王晓玲 主 编
桑维均 副主编
曹 蕾 主 审



贵州民族出版社

植物病理学

王晓玲/主编 桑维均/副主编 曹蕾/主审

贵州民族出版社

编写说明

为了适应贵州高等农林教育改革和发展的需要，多层次、多形式培养现代化农业建设人才，我们编写了这本教材。在编写过程中，参阅了国内外有关资料、近年来教学科研成果、生产中的第一手资料，侧重南方特别是贵州省主要作物病害发生特点，力求理论性与实践性的结合。

本书共十二章，前六章叙述植物病理学的基本理论，包括植物病害的基本概念，植物病害的病原物，植物病害的诊断、发生和流行、防治原理和方法，以及植物病害的调查和损失估计；后六章叙述水稻、麦类、杂谷、薯类、烟草、油料作物的主要病害的国内外分布、危害性、症状、病原、侵染循环、发病条件及防治方法等，并附贵州省病害名录。

为了培养学生分析问题和解决问题的能力，本书的内容不仅阐述了理论和方法，还列出大量参考文献，供学生参考、查阅。尽管编者都从事植物病理学教学、科研十余年，文中的不妥之处还在所难免，敬希读者批评指正。

全书完稿后承蒙贵州农学院朱文华教授审阅，谨此衷心致谢。

编者

1996年12月

绪 论

一、植物病害防治在农业生产上的意义

自然灾害中，植物病害是除旱、涝、雹、虫、鼠、杂草外的一类严重威胁农业生产的灾害。病害严重发生和流行时，可造成农作物严重减产和使农产品品质变劣，影响销售和出口贸易；少数带病农产品，食用后可引起人畜中毒；某些严重的病害，造成局部或大面积绝收，迫使某些作物停止种植；不少高产、农艺性状好的品种往往因抗病性丧失而遭淘汰。农业生产受自然条件影响很大，生产周期长，具有季节性和地区性，长期以来，植物病害严重影响农作物的生产。贵州省地处云贵高原，地势复杂，各地自然条件差异大，因而病害种类多，严重威胁着农业生产的发展，每年由于病害的危害造成不同程度上的损失。例如水稻上稻瘟病、纹枯病、白叶枯病等 30 余种水稻病害，如不加以防治，每年减产损失不少于 15%；烟草苗期病害，赤星病、黑胫病、根结线虫病等在各地均有发生，每年全省造成损失达千万元以上。其他农作物均有一种至几种严重病害，每年均造成一定的损失。因此，防治农作物病害对于农业的增产和提高农产品质量具有十分重要的作用。

二、植物病理学的性质和任务

植物病理学是研究植物病害现象、产生原因、发生发展和流行规律及防治方法的科学。植物病理学奠基于 19 世纪中叶，早期集中于真菌性病等的研究。自 20 世纪以来，向着分门研究的多方向发展，如有植物真菌性病害学，植物细菌病害学、植物病毒病害学、植物病原线虫学、植物免疫学、植物病理生理学、植物种子病理学、植物病害诊断学、植物病害流行和预测预报、植物病害化学防治及植物病害生物防治等。植物病理学与其他学科，如真菌学、细菌学、病毒学、线虫学、植物学、植物解剖学、生理学、遗传学、育种学、栽培学、生物化学等有密切的关系，只有在广泛掌握这些学科有关的知识 and 技能的基础上，才能学好植物病理学，为农业生产服务。

研究和学习植物病理学的目的，是要应用现代科学技术，尽可能把植物病害的危害压低到不影响经济收入的水平以下，从而保证农作物的产量和农产品的品质，达到高产、稳产和优质的目的。

本课程分两大部分，第一部分（第一至第六章），主要是研究植物病理学的基本概念和原理，植物病害发生发展的一般规律及防治方法；第二部分（第七至第十二章），主要研究的是栽培作物上的主要病害的发生发展规律和它的防治原理，通过对具体、个别病害的学习，不仅知道具体病害怎样防治，还可以巩固和充实前一部分的理论学习，使学习的知识系统化。

三、贵州植病工作的成就和存在问题

我省是全国的老、少、边、穷地区，至 90 年代，全省贫困人口占全国的 12% 左右，仍有 800 万贫困人口尚未脱贫。解决温饱问题成了我省各级各部门的头等大事。在党和政府的领导下，制订了与农业生产相配套的一系列植保方针和政策，广泛建立了植物保护和植物检疫机构，省级有贵州省农业厅植保植检站、贵州农学院植保系、贵州省农科院植保所等；各地州、市设立了植保站和检疫机构，培训了大批植保技术人员，积极开展植物病害发生发展与流行规律的调查、试验、研究和指导大面积的防治工作，挽回了因病害而带来的大量损失，取得了显著成绩，为我省农业生产作出了重大贡献。但植物病害防治与研究还存在不少问题。例如：植保知识普及不够，一旦发生病害，农民往往是单纯用药防治，不管是杀虫剂还是杀菌剂，几乎没有综合防治的概念；植保技术人员不足，造成防治水平低、病害测报准确率低；杀菌剂等防治病害的农药品种少，而且供应不及时，施药水平也较差等等。从世界经济发展史来看，一国经济腾飞必定朝着两条并行不悖的战线发展：一是工业的大规模成长，二是农村的结构性变革。而以效率为中心的农业成长则是农村结构性变革的条件。农业成长首先可以提高农民自身的收入水平，从而增加总需求，大大扩展国内市场；其次可以提高、改善全社会以“吃”为基础内容的生活质量及物质条件；再次是可以提供工业成长的物质条件和人力资本条件。加大对农业科技的投入，发展高效农业，是我们农业科技人员的重要任务，因此，研究和防治植物病害的任务还是很艰巨的。

目 录

绪论	(1)
第一章 植物病害的基本概念	(1)
第一节 植物病害的定义	(1)
第二节 植物病害的症状	(1)
第三节 植物病害发生的原因	(3)
第二章 植物病害的病原物	(4)
第一节 植物病原真菌	(4)
第二节 植物病原细菌	(15)
第三节 植物病原病毒、类菌原体和类病毒	(18)
第四节 植物病原线虫	(22)
第五节 寄生性种子植物	(25)
第三章 植物病害的诊断	(27)
第一节 非侵染性病害的诊断步骤和方法	(27)
第二节 侵染性病害的诊断步骤及方法	(28)
第三节 诊断的注意事项	(30)
第四章 植物病害的发生与流行	(31)
第一节 植物病原物的寄生性和致病性	(31)
第二节 侵染性病害的发生发展	(33)
第三节 植物病害的侵染循环	(35)
第四节 寄主植物的抗病性	(36)
第五节 植物病害的流行和预测	(38)
第五章 植物病害防治的基本原理和方法	(40)
第一节 植物检疫	(40)
第二节 农业防治	(42)
第三节 选育和利用抗病品种	(44)
第四节 化学防治	(45)
第五节 生物防治	(46)
第六节 物理防治	(46)
第七节 综合防治	(47)
第六章 植物病害的调查和损失估计	(48)
第一节 植物病害的调查	(48)
第二节 植物病害的损失估计	(51)
第七章 水稻病害	(53)
第一节 水稻稻瘟病	(53)

第二节	水稻白叶枯病	(63)
第三节	水稻纹枯病	(71)
第四节	水稻胡麻斑病	(76)
第五节	水稻稻曲病	(80)
第六节	水稻恶菌病	(83)
第七节	水稻烂秧	(86)
第八章	麦类病害	(92)
第一节	小麦锈病	(92)
第二节	小麦赤霉病	(101)
第三节	小麦白粉病	(106)
第四节	麦类黑穗病	(110)
第五节	小麦腥黑穗病	(110)
第六节	大、小麦散黑穗病	(113)
第九章	玉米病害	(118)
第一节	玉米大斑病	(118)
第二节	玉米小斑病	(121)
第三节	玉米丝黑穗病	(124)
第四节	玉米黑粉病	(127)
第十章	烟草病害	(131)
第一节	烟草炭疽病	(131)
第二节	烟草猝倒病	(133)
第三节	烟草立枯病	(134)
第四节	烟草黑胫病	(136)
第五节	烟草病毒病	(140)
第六节	烟草根结线虫病	(144)
第十一章	薯类作物病害	(148)
第一节	甘薯黑斑病	(148)
第二节	马铃薯晚疫病	(152)
第三节	马铃薯病毒病	(155)
第四节	马铃薯环腐病	(158)
第五节	马铃薯癌肿病	(160)
第十二章	油料作物病害	(163)
第一节	油菜病毒病	(163)
第二节	油菜菌核病	(166)
第三节	油菜霜霉病和白锈病	(169)
第四节	大豆花叶病	(172)
第五节	大豆锈病	(174)
第六节	花生黑斑病和褐斑病	(176)

第一章 植物病害的基本概念

第一节 植物病害的定义

植物在生长发育过程中，由于遭受不良环境条件的影响或病原生物的侵染，使其代谢作用受到干扰和破坏，从而在生理机能和组织结构上发生一系列的变化，在外部形态上表现出病态，致使植物不能正常生长发育，最后导致产量降低，品质变劣，甚至局部或整株死亡的现象，称为植物病害。

植物感病后，新陈代谢受到扰乱，生理机能发生改变，结果引起植物组织和形态的改变。这一过程是持续发展，逐渐加深的，不正常的变化过程，称为“病理过程”或“病理解程序”。它不同于一般的机械伤害，如霉害、风害、器械伤害、虫伤及鼠类动物伤害等，是在短时间内突然形成的，没有病理变化的过程。当然，伤口与植物病害有着密切关系，它们往往是病原物侵入植物的“门户”，会诱发病害的严重发生。暴风雨过后造成病害流行，就是暴风雨对植物造成大量损伤所致。

在认识植物病害时，有些植物由于人为或外界生物或非生物因素的影响，尽管发生了某些变态，如被黑粉菌寄生的茭白，由于病菌刺激引起幼茎肿大成肥嫩可食的组织；弱光下栽培的非黄；普通的郁金香由于病毒的侵染，花瓣上出现杂色，成为具有更高观赏价值的“碎锦郁金香”等等，这些虽是病态植物，但提高了它们的经济利用价值，因此不能称为病害。

第二节 植物病害的症状

植物发病后，首先是在受害部位发生一些外部观察不到的生理变化，随之细胞和组织也发生相应的变化，随后外部形态发生病变。病变逐渐加深，植物表现出不正常的状态。这种植物感病后其外表上出现的与健康植株不同的一切特征，就称为症状。其中，植物本身的不正常表现称为病状；受病部位长出的病原物结构体称为病征。植物病害都有病状，而病征只有由真菌、细菌和寄生性种子植物引起的病害上表现较明显；病毒、类菌原体、类病毒、线虫和非侵染性病害无明显病征。各类植物病害的症状特点都有一定的稳定性，可作为病害诊断时的参考依据。

一、病状类型

1. 变色 (discolour)

植物受害后局部或全株失去正常的绿色称为变色。植物绿色部分的叶绿素受抑制呈退绿 (chlorosis) 或被破坏呈黄化 (yellow)；有的叶绿素形成受抑制，花青素形成过盛，则叶片变红或紫红呈红叶；有的叶片黄绿相间呈花叶 (mosaic)。

2. 斑点 (spot)

植物的细胞和组织受到破坏而死亡, 形成各式各样的病斑 (spot)。病斑的颜色不一, 有褐斑、黑斑、灰斑、白斑等。病斑的形状有圆形、椭圆形、梭形、轮纹形、不规则形等; 有的病斑受叶脉限制, 形成角斑 (angular spot); 有的沿叶肉发展, 形成条纹 (stripe) 或条斑 (streak); 有的病斑周围有明显的边缘, 有的没有。病斑扩大可连接为更大的病斑。根、茎、叶、叶柄、果、穗等各部位都可以发生坏死性病斑, 造成叶枯、枝枯、茎枯、落叶、落果等。

3. 腐烂 (rot)

植物的组织细胞受病原物的破坏和分解可发生腐烂。如根腐 (root rot)、茎基腐 (crown rot)、穗腐、块茎和块根腐烂等。含水分较多的柔软组织, 有的细胞间的中胶层被病原物分泌的酶所分解, 致使细胞分离, 组织崩溃, 造成软腐 (soft rot) 或湿腐 (wet rot), 腐烂后水分散失, 成为干腐 (dry rot)。幼苗的根或茎腐烂, 幼苗直立死亡, 称为立枯 (wilt); 幼苗倒伏, 称为猝倒 (damping off)。

4. 萎蔫 (wilt)

土壤缺水, 可使植物发生生理性萎蔫。植物的茎或根部的维管束受病原物侵害, 大量菌体堵塞导管或产生毒素, 影响水分运输, 就引起叶片枯黄、萎凋, 造成黄萎 (yellow wilt)、枯萎 (wilt), 以致植株死亡。植株迅速萎蔫死亡而叶片仍呈绿色的称为青枯。

5. 畸形 (malformation)

植物受害后, 可以发生增生性病变, 生长发育过度, 组织细胞增生, 病部膨大, 产生肿瘤 (gall); 枝或根过度分枝, 产生丛枝 (rosette)、发根 (hsiry roots) 等。也可以发生抑制性病变, 生长发育不良, 使植株或器官矮缩 (dwarf)、皱缩 (crinkle) 等。此外, 病部组织发育不均衡, 可呈现畸形、卷叶 (leaf roll)、蕨叶 (fern leaf) 等。

二、病征类型

植物感病后, 往往会产生一些形状和颜色不同的霉状物、粉状物、锈状物、点状物、线状物、伞状物、颗粒状物、脓状物等。这是某些病原物如真菌、细菌在植株受病部位产生的结构体, 是植物传染性病害特征之一。

三、病害对植物的影响

植物的根、茎、叶等对于吸收和输送水分和养分, 进行呼吸和光合作用, 贮藏营养物质和结实等, 构成植物个体发育中一个有机的整体。植物病害对植物的任何部分引起的损伤, 都会影响植物的生长发育, 有的还会导致局部或整株死亡。

1. 植物病害对根部的影响

根系是支持植物和吸收水分及养分的重要部分, 有的植物根部还贮藏营养物质作为无性繁殖器官进行繁殖。有不少作物在苗期发生烂根, 如小麦根腐病、水稻烂秧、棉苗立枯病等, 引起死苗或使幼苗生长衰弱。有的根尖膨大形成瘤状物, 如花生根结线虫病, 影响根部的吸收作用, 使植株矮黄, 生长缓滞。有的引起运输贮藏期或育苗期块根腐烂, 如甘薯软腐病。

2. 植物病害对茎的影响

茎是叶、花、果实着生的轴, 也是水分和养分运输贮藏的重要部分, 有的块茎如马铃薯,

也是无性繁殖器官。有的萎蔫病如棉花枯萎病、花生青枯病等，寄生植物的维管束部分有病，影响水分供应，导致植物萎蔫和死亡。有的茎基部腐烂如玉米茎基腐病，使玉米倒伏。有的茎部分发生局病斑，如红麻炭疽病，使部分枝叶枯死，影响纤维质量。马铃薯块茎发病，如马铃薯干腐病、环腐病等，直接引起腐烂。如播种病薯，可继续引起植株发病或死亡。

3. 植物病害对叶的影响

叶是植物进行呼吸作用和光合作用的重要部分。叶部发生病害，造成退绿、变红、黄化、花叶、条纹、皱缩、病斑或焦枯等，都影响光合作用以致降低作物的产量和质量。

有的叶鞘发病，造成叶枯；叶柄发病，造成落叶等等。

植物病害对植物的影响是多方面的。少数病害可以影响全株的生长发育，甚至造成死亡。多数病害仅对植株造成局部性危害。然而发生严重的，对产量和质量也有较大的影响。

第三节 植物病害发生的原因

植物病害发生的原因称为病原。按性质的不同可分为两大类：非生物因素和生物因素。

一、非生物因素

非生物因素是指植物周围的环境条件，如土壤和气候条件的不适宜。常见的是营养元素的缺乏、过量或不均衡，土壤过酸或过碱，水分过多、过少或忽多、忽少，温度过高或过低，光照过强或过弱，土壤通气不良，空气中有毒气体或有毒物质，农药使用不当引起药害等等，都会干扰植物正常生长发育，诱发病害的形成。由非生物因素引起的病害在环境条件恢复正常后，往往可以表现正常。由于非生物因素不能传染，所以这类病害称为非侵染性病害，又称为生理性病害。这类病害的特点是：由非生物因素引起的；个体之间不能相互传染；病害发生的过程一般较简单，危害的程度取决于不良环境条件持续的时间和强度；此病害发生，在相同条件下，相似个体之间发病比较均匀一致。

二、生物因素

生物因素是指引起植物发病的寄生物，这类寄生物称为病原生物，简称病原物。侵染植物的病原物主要有真菌、细菌、病毒、类菌原体、线虫和寄生性种子植物等。其中真菌和细菌又称病原菌。被病原物寄生的植物称为寄主植物，简称寄主。病原物都有一定的寄生范围，有的寄主范围广，有的仅为害某几种或某些品种。由这些生物因素引起的病害具有传染性，这类病害称侵染性病害。此类病害的特点是：由生物因素引起的；受病个体之间是可以传染的；田间发病不均匀。

侵染性病害除了寄主和病原外，还需要一个适宜发病的环境条件。在长期进化过程中，农作物与病原生物经过相互斗争，总是在动态平衡中达到并存的。但是，在近代农业中，人类的活动却对这种自然平衡施加了很大的影响。例如，不适当的耕作制度，大面积长期种植单一品种，人为引进了危险性病原物，工业化造成的环境污染等等，结果造成农作物抗病力降低，往往导致病害爆发流行。我们认识和了解各种病害发生与流行规律，就能有效地控制或减轻病害造成的损失，为农业生产服务。

第二章 植物病害的病原物

第一节 植物病原真菌

真菌脱离了长期以来的附属于植物界的观点而独立成为一界——真菌界。从营养方式来讲，植物为“光合自养”，动物为“摄食异养”，而真菌为“吸收异养”，因此，大部分生物学家公认真菌应成为和植物、动物并列的一个界。真菌在自然界分布很广，种类很多，目前已记载的超过10万种以上，分布在地球的各个角落，水、土、空气以及各种物体上都能找到它们的踪迹，并且和人类的生活发生密切的关系。

在农业方面：真菌是许多农作物的重要病原菌。可以引起病害的原因很多，而以真菌性病害为最重要、最广泛，占有病害80%以上。因此，植物病害的研究往往从研究植物病原真菌开始。真菌也有有益的方面，如有些菌类能分解纤维，使田间草秆、树枝落叶迅速腐蚀分解，释放出植物可以利用的物质，增加土壤肥力；有的种类是重要的工业微生物和医药微生物，用来制造抗菌素、维生素和植物生长调节剂等；不少大型真菌是很有价值的食用菌或药用菌，如香菇、灵芝、冬虫夏草等；有的种类可以寄生在昆虫体或其他病原物上，对病虫害有一定的生物防治作用，如捕食线虫真菌等。

绝大多数真菌的营养体是呈丝状分枝的菌丝体，它们有细胞壁和真正的细胞核；没有叶绿素，依靠腐生或寄生来生存，以吸收的方式进行营养，属于异养生物。真菌的生长发育分为营养生长和生殖生长两个阶段。生殖过程又分为无性繁殖和有性繁殖。大多数真菌可以进行有性生殖，有少数种类的真菌到目前为止只发现无性繁殖。繁殖时产生各种类型的孢子。

综上所述，真菌是一类具有真正细胞核，能产生孢子，无叶绿素，以吸收方式获取营养的有机体，它们一般进行有性和无性繁殖，并常有分枝的丝状营养体，其细胞壁含有几丁质或纤维素或两者都有。

一、真菌的营养体

真菌的营养体除极少数是原生质团或单细胞外，大多数呈丝状，称为菌丝体。个别成条的称为菌丝。菌丝通常圆管状，无色透明，细胞内有原生质、细胞核、线粒体、液泡和油滴等内含物。原生质一般无色透明，所以菌丝多数是无色的。而有的菌丝中含有多种色素，致使菌丝呈现不同颜色，老龄菌丝尤其明显。

低等真菌的菌丝体没有隔膜，里面含有多个细胞核。高等真菌的菌丝有许多隔膜，分成许多细胞，分隔处有细胞质或养分互相输送的通道（图2-1）。通常，菌丝长度生长是无限的，而直径生长是有限的。菌丝体在适当的基质上从一点向各个方向扩展，便形成菌落。菌丝繁

殖能力很强，切断后的每一个段落都可以发育成新的个体。真菌侵入寄主体后，以菌丝体在寄主的细胞与细胞之间或穿过细胞扩展蔓延。菌丝体与寄主细胞接触后，营养物质因渗透压不同而进入菌丝体内，菌丝体借助渗透压差吸收养分。有的真菌侵入寄主后，在寄主细胞中形成吸收养分的特殊器官，称为吸器。吸器的形状有瘤状、分枝状、掌状等（图 2-2）。

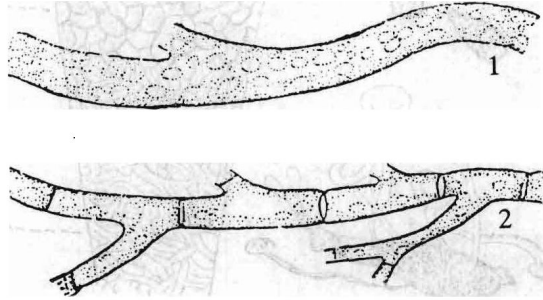


图 2-1 真菌的菌丝

1. 无隔菌丝 2. 有隔菌丝

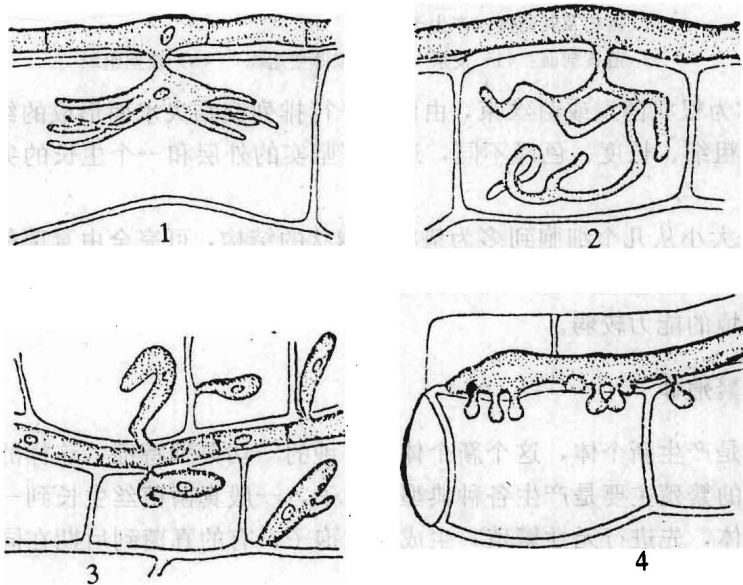


图 2-2 真菌的吸器

1. 白粉菌 2. 霜霉菌 3. 锈菌 4. 白锈菌

真菌的菌丝体是营养体的基本结构，但为了繁衍生存，某些真菌的菌丝体在一定的环境条件下，可以发生变态，形成新的、与原来的形态和功能都不相同的特殊结构，常见的有菌核、菌索和子座等。

1. 菌核：是由菌丝多方向交结并失水而形成的粒状休眠体。形状有鼠粪状、菜籽状，颜色有褐色、黑色等。菌核由皮层、拟薄壁组织、疏丝组织构成。贮藏有较丰富的养分，对高温、低温和干燥条件有较强抵抗力，其功能主要是贮藏营养和渡过不良的环境。在适宜条件下，菌核可以萌发成菌丝体或产生形成孢子的子实体，如子囊盘等（图 2-3）。

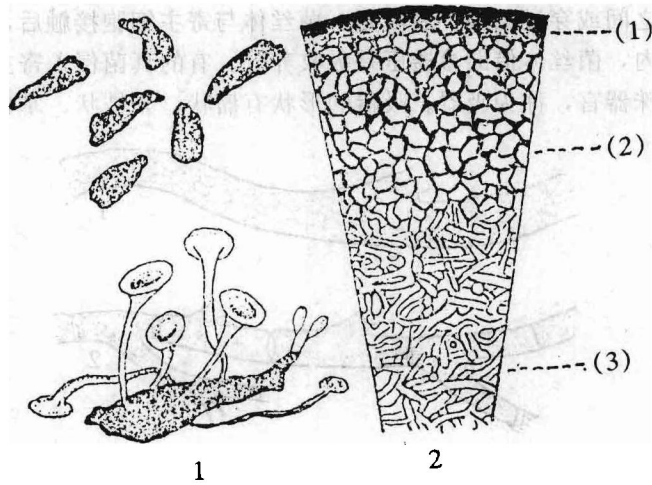


图 2-3 菌核及其结构

1. 菌核及其萌发 (产生子囊盘)

2. 菌核剖面: (1) 皮层 (2) 拟薄壁组织 (3) 疏丝组织

2. 菌索: 称为根状菌索或菌丝束。由菌丝平行排列交结失水而形成的绳索状结构。不同真菌的菌索, 其粗细、长度、色泽不同, 通常有坚实的外层和一个生长的尖端, 其作用与菌核类似。

3. 子座: 是大小从几个细胞到多为垫状至球状的结构, 可完全由真菌的菌丝体组成, 或掺混寄主植物组织。暗色或无色, 其上或内部产生形成孢子的结构。作用主要是形成产孢结构, 抵抗不良环境的能力较弱。

二、真菌的繁殖体

所谓繁殖就是产生新个体。这个新个体具有种的一切典型特征, 这样的现象或过程就叫繁殖。真菌的繁殖主要是产生各种典型的孢子, 一般真菌菌丝生长到一定阶段时, 营养体便转变为繁殖体, 先进行无性繁殖, 生成无性孢子; 有的真菌到后期在同一菌丝体上, 进行有性生殖, 形成有性孢子。

真菌产生孢子的结构, 不论简单或复杂, 无性繁殖或有性生殖, 都称为子实体。当真菌进行无性繁殖或有性生殖形成子实体时, 有些较低等的真菌整个营养体都转变为子实体, 一个菌体就不会同时存在营养阶段和繁殖阶段, 这种类型的真菌称为整体产果式真菌。大多数真菌只有部分营养体分化为产生孢子的机构即繁殖体, 一个菌体就同时存在营养阶段和繁殖阶段, 有繁殖体时, 营养体还能照常生长, 这样的真菌叫分体产果式真菌。真菌的整体产果或分体产果, 是它的分类特征之一。

1. 无性繁殖及无性孢子类型

无性繁殖是没有经过性细胞或性器官的结合而进行繁殖的一种方式。无性繁殖产生的孢子为无性孢子。无性孢子是直接在真菌的营养体及其分化的特殊结构上产生, 对真菌个体数目的增加和繁衍起巨大作用。无性孢子主要有以下类型 (图 2-4)。

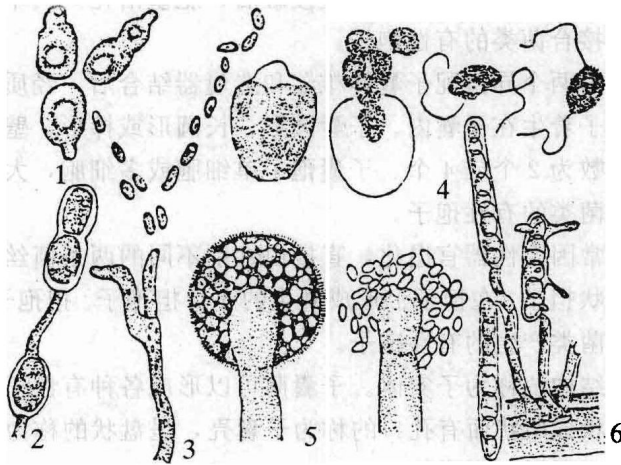


图 2-4 真菌的无性孢子类型

1. 芽孢子 2. 厚垣孢子 3. 粉孢子 4. 孢子囊及游动孢子 5. 孢子囊及孢囊孢子 6. 分生孢子

(1) 游动孢子：形成于游动的孢子囊内。孢子囊是由菌丝或孢囊梗顶端膨大而形成的囊状物。游动孢子没有细胞壁，有 1~2 根鞭毛，能在水中游动。成熟后由孢子囊释放出来借助流水传播。

(2) 孢囊孢子：也形成于孢子囊内，但它有细胞壁，没有鞭毛。成熟后，孢子囊破裂，孢囊孢子散出，随风传播。

(3) 分生孢子：分生孢子产生于由菌丝分化形成的分生孢子梗上。孢子梗的形态与菌丝有明显区别。分生孢子顶生、侧生、串生等，形状、颜色、大小各异，成熟后从分生孢子梗顶端脱落。主要借气流传播。有的真菌分生孢子生于近球形或盘状的结构内，称为分生孢子器和分生孢子盘。分生孢子成熟后散出，借气流和雨水传播。

(4) 芽孢子：孢子以出芽的方式形成。首先细胞产生小突起，并逐渐膨大，和母细胞相连处的细胞壁溢缩，最后脱离母细胞而独立成新个体，即为芽孢子。

(5) 粉孢子：是由菌丝体分枝顶端的细胞直接不断分割而形成成串的短柱状或筒状的孢子，孢子形成后常与菌丝脱离，外观呈粉末状，故称粉孢子。

(6) 厚垣孢子：是由菌丝体中的某些细胞逐渐膨大，原生质浓缩，生出厚壁或原细胞壁加厚而形成的休眠孢子，厚垣孢子寿命较长，能渡过不良的环境，到条件适宜时，萌发形成菌丝体。

2. 有性生殖及有性孢子类型

真菌的有性生殖是由两个性细胞或性器官的结合，经过质配、核配和减数分裂而形成有性孢子。除菌丝本身结合外，多数真菌是在菌丝体上分化出性器官进行交配完成有性生殖。真菌的性器官叫配子囊，其内的性细胞叫配子。常见的有性孢子有以下几种（图 2-5）。

(1) 卵孢子：由两个异型配子囊即雄器和藏卵器结合形成。小型的配子囊称为雄器，大型的称为藏卵器，两者接触后，雄器内的细胞质和细胞核经受精管进入藏卵器内，与卵球的细胞质和细胞核相结合，此后卵球生出外壁即发育成细胞核为双倍体的厚壁卵孢子，是鞭毛

菌类的有性孢子。

(2) 接合孢子：由两个同型异性配子囊接触后，胞壁溶化，两个细胞内含物融合在一起形成的厚壁孢子，是接合菌类的有性孢子。

(3) 子囊孢子：由两个异型配子囊即雄器和造囊器结合后，经质配、核配和减数分裂而形成的孢子。子囊孢子着生在子囊内。子囊圆形、长圆形或棒形，壁薄而透明。子囊内子囊孢子一般为8个，少数为2个或4个。子囊孢子单细胞或多细胞，大小与形状等因种类不同有大的差异。是子囊菌类的有性孢子。

(4) 担孢子：通常因两性器官退化，直接由性别不同的两条菌丝结合形成双核菌丝。其顶端细胞膨大形成棒状担子，在担子上形成外生的4个担孢子。担孢子多为圆形、椭圆形、肾形或腊肠形。是担子菌类产生的有性孢子。

真菌产生孢子的结构统称为子实体。子囊菌可以形成各种有性子实体。呈球形而无孔口的称为闭囊壳，呈球状或瓶状而有孔口的称为子囊壳，呈盘状的称为子囊盘；担子菌中某些大型真菌，其子实体为伞形、耳形等。

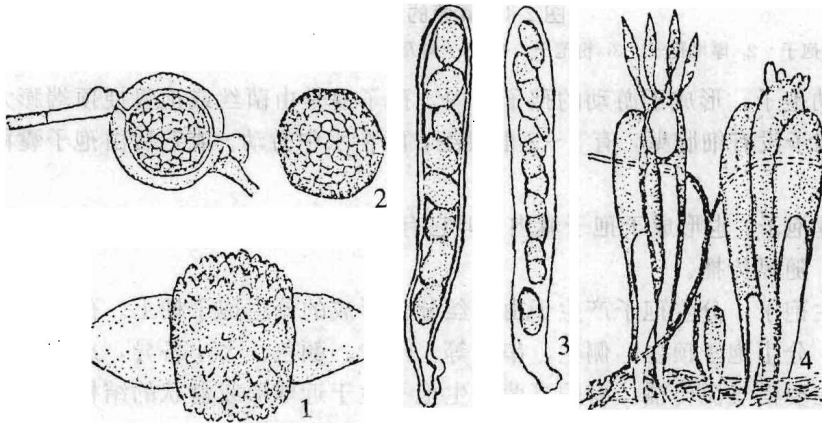


图 2-5 真菌有性生殖的孢子类型

1. 接合孢子 2. 卵孢子 3. 子囊孢子 4. 担孢子

三、真菌的生活史

真菌的生活史是指真菌从一种孢子开始，经过一定的生长和发育阶段，最后又产生同一种孢子为止的过程。一种真菌的生活史能在一种寄主上完成，称“单主寄生”，必须在两种以上的寄主上才能完成全部生活史称“转主寄生”。

真菌典型的生活史有两个阶段：无性阶段及有性阶段，但不少真菌至今未发现无性阶段，有的真菌则不存在无性阶段。真菌细胞核的变化分为单倍体阶段、双核阶段和双倍体阶段。真菌的无性繁殖和有性生殖所起的作用不同。多数真菌的无性繁殖发生在作物的生长季节，无性孢子繁殖快、数量大、重量轻、扩散广，其作用是扩大生存领域，繁衍后代。对于多循环病害，田间再侵染是由无性孢子来完成的。田间无性孢子数量越多，侵染寄主的可能性也越大。有性阶段多发生在寄主生长后期，往往产生厚壁或有保护结构的有性孢子或组织，渡过不良环境，开春时又萌发产生菌丝体，又回到产生无性孢子的无性阶段。

大部分真菌在生活史中只产生一种无性孢子和一种有性孢子，但也有少数真菌在生活史中产生多种类型孢子，这种现象称为多型性。如锈菌可产生冬孢子、担孢子、性孢子、锈孢子和夏孢子。半知菌中不少种类是仅以无性生殖完成生活史。

四、真菌的主要类群

真菌分类目前是以真菌的形态、生理、生态以及解剖学、细胞学上的特征为依据，尤其以有性阶段的形态特征为主要依据，反映系统发育的关系。根据国际生物分类及命名法则，真菌和其他生物一样，按以下系统进行分类：

门 (Phylum)

纲 (Class)

目 (Order)

科 (Family)

属 (Genus)

种 (Species)

真菌的命名是采用双名法，前一个名称为属名，后一个名称是种名。学名之后为定名人的名字（可缩写）。例如：稻瘟病菌 *Pyricularia oryzae* Cav. 如果学名有更改，则将原定名人放在学名后的括弧内，在括弧后再加更名人，如：甘薯黑斑病菌 *Ceratostomella fimbriata* (Ellis et Halsted) Elliott；在种下面还可分变种，如烟草黑胫病菌 *Phytophthora parasifica* var. *nicotianae* (Breda de Haan.) Tucker；或种下分为专化型，如香蕉巴拿马枯萎病菌 *Fusarium oxysporum* *schlecht.* f. *cubense* Snyder et Hansen。在书写学名时，属名和定名人的第一个字母需大写，种、变种和专化型的第一个字母都不大写。

有些真菌有两个学名，是因为最初命名时未发现有性阶段，以后发现有性阶段时又另外命名。按照国际命名法，每一种真菌只能有一个学名，且这个学名应以有性阶段的学名为准。

本讲义采用安斯沃思 (Ainsworth) 分类系统，菌物界下分粘菌和真菌两个门，真菌门下又分为五个亚门，各亚门特征介绍于下：

1. 鞭毛菌亚门

种类约 1100 种，绝大多数生在水中，少数两栖生和陆生，腐生、寄生、专性寄生均有。营养体为单细胞或没有隔膜的多核菌丝体，孢子和配子或其中一种可以游动，有性生殖产生卵孢子。其中与农作物关系较密切的鞭毛菌亚门真菌有：

① 绵霉菌、腐霉菌和疫霉菌：无性生殖形成孢子囊，内生游动孢子。有性生殖形成卵孢子。均为水生，一般为非专性寄生菌（图 2-6）。

② 霜霉菌：菌丝蔓延于寄主细胞之间，以吸器在细胞内吸收养分。无性生殖时，菌丝体分化成具有不同分枝的孢囊梗，在孢囊梗顶端形成孢子囊，孢子囊萌发时产生游动孢子。某些高等霜霉菌中，孢子囊直接萌发成芽管（图 2-7）。有性生殖形成卵孢子，多发生在作物生长后期。

本亚门真菌中引起作物重要病害有：多种作物苗期猝倒病、马铃薯晚疫病、十字花科霜霉病等。一般在低温、多雨、潮湿多雾，昼夜温差大的情况下易流行。

2. 接合菌亚门

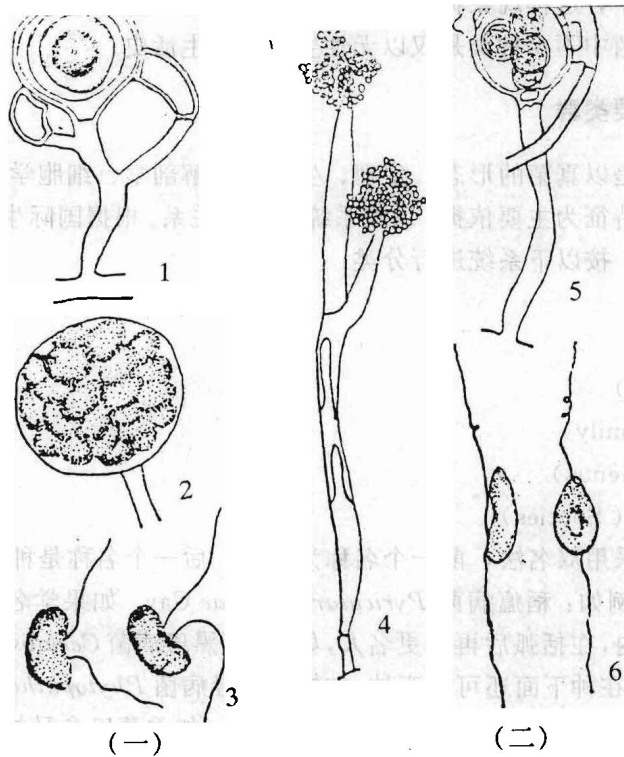


图 2-6 腐霉菌和绵霉菌

(一) 腐霉菌: 1. 藏卵器和卵孢子 2. 孢子囊 3. 游动孢子

(二) 绵霉菌: 4. 孢子囊释放游动孢子 5. 藏卵器和卵孢子 6. 游动孢子

本亚门真菌有 600 余种, 腐生、兼性寄生、专性寄生、共生都有。少数种类寄生于昆虫或线虫。菌丝体发达, 无隔多核, 无性生殖形成孢囊孢子, 不形成游动孢子; 有性生殖形成接合孢子, 全部陆生。根霉属中不少种类既是工业用真菌, 又是常见杂菌, 同时又是病原真菌。

本亚门真菌引起重要病害有: 水稻烂秧、甘薯软腐病、水果腐烂等。

3. 子囊菌亚门

本亚门真菌种类多, 约有 1950 属, 15000 种。寄生或腐生。广泛分布于陆上、淡水或海水内。其个体发育的一个重要特点是形态上和结构上的多样性和复杂性, 即在子囊菌的生活史中, 除一部分只产生子囊孢子外, 大多数子囊菌只产生一种或几种分生孢子。除极少数营养体是单细胞外, 绝大多数菌丝体都很发达, 有分隔和分枝; 无性繁殖也很发达, 产生各种类型的分生孢子; 有性繁殖产生子囊和子囊孢子。除个别菌的子囊裸生外, 大多数菌的子囊都着生在闭囊壳、子囊壳或子囊盘上。与作物病害有关的有以下几种菌类:

①闭囊壳菌类: 其中重要的是白粉菌。白粉菌的菌丝生于寄主表面, 以吸器吸收寄主养料。白粉菌的分生孢子梗短小、直立, 顶端串生椭圆形、无色、单胞的分生孢子, 成熟后脱落。着生在植物体表的菌丝和分生孢子呈白粉状, 故称白粉病。到作物生长后期, 在病部形成黑色、球形闭囊壳。内含一至多个子囊。外部有不同形状附属丝, 是白粉菌分属的依据(图 2-8)。