

植物保护总论(一)

普通植物病理学

曾士迈 肖悦岩 编

中央广播电视大学出版社

植物保护总论(一)
普通植物病理学
曾士迈 肖悦岩 编

•
中央广播电视大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
河北省固安县印刷厂印装

•
开本787×1092 1/16 印张13 千字323
1989年10月第1版 1991年2月第2次印刷
印数 5301~7100
定价 4.20元
ISBN 7-304-00414-2/S·3

前 言

植物保护是植物病害防治、虫害防治、草害防治和鸟兽害防治有机综合而成的统一整体。植物保护科学以植物病理学、昆虫学、杂草防治学、鸟兽害防治学、农药学等学科为基础，运用有害生物生态系的系统分析、来协调、组装综合治理中的技术、进行效益评估和优化管理等综合性或横向性研究，纵横结构而成。这是一门新形成的综合性学科，其内容体系尚在构建之中。目前国内还没有一本植物保护科学的综合性教材，教学上仍分别开设植物病理学、昆虫学等课程，在单科学习的基础上，应用中再行综合，融为一体。电视大学现亦采取这一方式。这本教材——植物病理学，便是植物保护总论的第一册。其二，普通昆虫学将另册出版。

本书是入门读物，它为读者提供植物病理学中一些最主要的知识、概念和原理，并适当组装起来以体现一个合理的思路，希望这些知识、概念、原理和研究问题的思路能逐步为读者消化吸收，转化成他们进一步研究并解决植物病害问题的工具和方法。本书不是病害各论，更不是防治手册，不对各种病害的规律和防治一一评述，但是，学好本书，就能取得学习和运用上述各论和手册的良好能力。

本书由讲授内容和实验指导两部分组成。前者由绪论开端，下分十二章，除第一章为全貌概述引发其后诸章外，第二至第七章为病原学，第八至第十二章为病理学（狭义）。第八章，传染病的病程和侵染循环为一纵轴，承先启后；其前第三至七章和其后第九、第十章则分别从病原物、寄主抗病、环境影响三方面横向展开，纵横结合。然后，第十一章流行规律则汇成总体；最后，第十二章讨论防治原理和方法。在纵横交织中，有些问题和事例不可避免的略有重复出现，这也正体现了和强调了同一事物不同层次和不同角度的侧面观。

本书取材于国内外教科书和专著，同时也溶有作者本人的认识和体会，有编有著。由于授课时数和教材篇幅有限，内容力求简要，其中有些部分不能充分展开和深入，读者如有兴趣，可参看书末所列参考书。

教材由曾士迈编著，实验指导一至八和十一由肖悦岩编写，实验九、十、十二、十三由蒋国珍编写。限于作者水平，也由于编写时间颇为短促，疏误之处在所难免，敬请读者和同行指正，以利今后修订。

一九八九年三月 作者

目 录

绪论	(1)
第一章 植物病害的概念和分类	(4)
第一节 植物病害的定义	(4)
第二节 非传染病和传染病	(5)
第三节 植物病害的症状	(6)
第四节 传染病发生发展的基本过程	(7)
第二章 植物的非传染病	(9)
第一节 缺素症	(9)
第二节 水分失调	(11)
第三节 温度失调	(11)
第四节 药害	(12)
第五节 土壤中有毒物质	(12)
第六节 大气污染	(13)
第七节 非传染病的诊断与防治	(14)
第八节 非传染病和传染病的相互关系	(15)
第三章 寄生现象概论	(17)
第一节 生态系和物种之间相互关系	(17)
第二节 腐生、寄生和共生	(18)
第三节 寄生性和致病性	(19)
第四节 致病性和抗病性	(19)
第五节 寄生专化性和寄主范围	(20)
第六节 柯赫氏法则	(20)
第四章 植物病原真菌	(22)
第一节 概说	(22)
第二节 藻状菌纲	(26)
第三节 子囊菌纲	(35)
第四节 担子菌纲	(44)
第五节 半知菌类	(57)
第五章 植物病原细菌	(63)
第一节 假单胞杆菌属	(64)
第二节 黄单胞杆菌	(64)
第三节 野杆菌属	(66)
第四节 欧氏杆菌属	(68)
第五节 棒状杆菌属	(68)
第六节 植物细菌病害要点	(69)
第七节 类立克次体	(69)
第六章 植物病毒和类菌原体	(71)
第一节 植物病毒的本质和性状	(71)

第二节	植物病毒病害侵染规律的要点	(78)
第三节	植物病毒的分类、命名和鉴定	(85)
第四节	类病毒和类菌原体	(86)
第七章	植物线虫和寄生性种子植物	(89)
第一节	植物线虫	(89)
第二节	寄生性种子植物	(93)
第八章	植物传染病的病程和侵染循环	(97)
第一节	病程	(97)
第二节	侵染循环	(102)
第九章	植物的抗病性	(106)
第一节	致病机制	(106)
第二节	抗病性概念和机制	(108)
第三节	抗病性和致病性的相互关系	(111)
第四节	寄主——病原物相互关系的遗传	(115)
第五节	抗病性的利用	(117)
第十章	环境对病害发生发展的影响	(119)
第一节	自然环境与病害	(119)
第二节	人为环境因素与病害	(121)
第三节	环境对病害流行影响的复杂性	(122)
第十一章	植物病害流行规律和预测	(126)
第一节	流行三要素和流行主导因素	(126)
第二节	流行过程及其系统分析	(133)
第三节	病害流行的预测预报	(140)
第十二章	植物病害的防治	(145)
第一节	基本原理和原则	(145)
第二节	防治的主要方法	(151)

实 验 指 导

实验指导使用说明	(167)
实验要求	(167)
实验一 植物病害的症状观察	(167)
实验二 植物病害标本的采集和制作	(171)
实验三 制片及显微镜操作技术	(173)
实验四 藻状菌(鞭毛菌亚门和接合菌亚门)及其所致病害	(177)
实验五 子囊菌(亚门)、担子菌(亚门)及其所致病害	(178)
实验六 半知菌及其所致病害	(179)
实验七 植物病毒病及其传染方式	(180)
实验八 植物病原细菌、线虫及其所致病害	(182)
实验九 柯赫氏法则(一)——病原物的分离与培养	(184)

实验十	柯赫氏法则(二)——接种诱发和病原物致病性的证实	(189)
实验十一	寄主植物的抗病性	(191)
实验十二	植物病害调查方法及损失估计	(193)
实验十三	病害的化学防治试验	(195)
附录	灭菌技术	(198)
参考读物	(201)

绪 论

植物病理学是研究植物病害的科学，它兼有基础科学和应用科学的双重性质。作为植物学的一个分支，它与植物分类学、植物形态学、植物解剖学、植物生理学、植物生物化学等并列而有联系。此外，它还和微生物学、生态学、遗传学、生物化学、生物数学等相互渗透。近二十年来，在它的一些分支领域中，如病原学、植物病理生理学、植物免疫学、植物流行病学等方面都有重大发展，其研究成果对人们深入认识自然和掌握生物界发展规律极有帮助，并从而间接地为发展现代生物技术作出了贡献。这是它作为基础科学不容忽视的一面。然而，植物病理学从它最初产生时起，就一直以植物病害防治为其主要目的，因而大多数人认为，它基本上属于应用科学，而把它归属于农业科学之下，与植物栽培学、植物育种学、农业昆虫学、杂草科学等并列，服务于植物生产。近来又出现新的观点：植物病理学与农业昆虫学、杂草科学、鸟兽害防治以及新近提出的植保软科学等共同组成植物保护科学，植物保护科学与植物育种学、植物栽培学并列而为栽培、育种服务。这样，也可把植物病理学看作为植物保护的基础学科之一。

植物病害防治以及植物保护，其意义和重要性往往未被人们认识。本来，人类的食物、衣着、燃料……主要取自植物，进一步说，人类的生存归根结底依托于植物。试想：没有绿色植物，没有光合作用，人们不仅无可取食，而且连呼吸都成了问题，因为，正是靠植物的光合作用，二氧化碳才被分解而释放出氧气的。农业的历史大约九千年，这九千年间，地球的人口增长了一百多倍，而且营养和健康水平大为提高，从中可看出：栽培植物的繁荣和人类文明发展密切相关。因此，植物的健康对人类的生活和健康关系很大，植物病害流行会给人类带来巨大灾难，如1845年爱尔兰马铃薯晚疫病大流行造成上百万人饿死和流亡；1943年孟加拉邦水稻胡麻斑病大流行造成严重饥馑，竟导致二百余万人死亡。我国1950年小麦条锈病大流行，导致减产120亿斤，折合三千万人一年口粮。

不少病害除在田间危害外，还在产后的储藏、加工、运输的过程中继续发展，造成更大危害，使商贸部门和消费者遭受损失。植物病害除造成作物产量损失外，还降低产品品质，这在果品、蔬菜上为人熟知，有些病害甚至使产品含有毒素，食用后使人畜中毒，例如小麦赤霉病及病麦磨出的面粉食用后，轻则头疼、呕吐，重则有生命危险。又如以甘薯黑斑病薯作饲料，曾造成大量耕牛因患中毒性气喘病而死亡。黑麦和牧草的麦角若混入产品被食用，则会导致人畜中毒和流产。凡此种种，引起了社会上对植物防治的关切和重视。

有些病害在某一地区的连年严重流行，会限制甚至灭绝当地该种作物的栽培事业。例如当板栗干腐病菌由中国被引入到美国后，干腐病曾毁灭了几乎全美国当地的板栗树；我国华北地区曾因红麻炭疽病而停种红麻。由于病害的流行，许多作物的优良品种缩短了使用寿命，甚至某些产品的优良品质被迫牺牲，如品质风味特优的黄瓜品种北京大刺瓜、小刺瓜由于不抗霜霉病现已近乎绝种，而取代它们的抗病品种大多数在品质上都略逊一筹。防治植物病害常需喷撒农药，这就又会导致产品残毒和环境污染等一系列问题。

由以上简述可见，植物病害的流行不仅降低产量，有损品质，而且会干扰作物栽培和品

种使用，甚至有时会直接危害人体健康和恶化生活环境。局部田块的病害发生只减少当地农民的收成和经济收入，而大面积的病害流行则会影响到国计民生和社会生活的各个方面。从宏观上看，为了保证人类的繁荣就必需努力保护农业植物的健康。植物医学和人类医学肩负着同等光荣的任务。

人类早就感受到植物病害的威胁。在中世纪的历史文献中即屡见植物病害流行的记载，但那时限于历史条件，人们对病害本质尚不可能有科学的认识。据扎道克 (Zadoks, 1976) 报道，1728年，法国人杜哈默用试验证明了番红花的根腐病是由某些寄生物引起的，这可能是目前所知的最早一项植物病害试验研究，可惜这一成果在当时未能及时得到交流而引起注意。到1845年以后爱尔兰马铃薯晚疫病的大流行才促使人们更加重视植物病害研究，同时，由于显微镜已被生物学家和医学家广泛采用，使真菌学和医学都有了一定的发展，于是，在农业生产要求的推动下，在真菌学的研究基础上，并吸收了医学科学知识的营养，植物病理学便应运而生了。1858年，德国人克愈恩出版的世界上第一本植物病理学教本，可作为植物病理学诞生的标志。至今为止，植物病理学只有一百三十多年的历史，是一门年青的学科。但在近百年工农业生产和科学技术迅速发展的推动下，植物病理学不论在基础理论研究，还是在应用技术研究方面都取得了很大的发展，在指导植物保护工作上起了很大作用，成为植物生产科学培训中必不可缺的一门课程。

然而，植保工作中的成功经验和失败教训以及植物病理学理论研究成果使人们清醒地认识到，植病防治是与自然作斗争的一部分，这是一项持久而复杂的工作，必须不断深化对客观规律的认识，坚持不懈地发展植病防治的新战略、新战术和新技术。这是因为：1. 植物病害大流行在绝大多数情况下乃是人为造成的，是人类农业活动失当的恶果(详见第十章)。2. 传染病的病原物是生物，它们具有相当顽强的适应性和变异性，人为措施作用于它们后往往还会作出反应，而形成种种反作用(详见第九章)。3. 未来生产技术的发展，新的耕作栽培措施及新品种的投入将不断改变农田生态系的结构，新的病害仍可能不断产生(详见第九章、第十章)。

目前，在国内外还都有不少植物病害，其防治还未能尽如人意，其规律还未能完全掌握。正象医学一样，植物病理学并不是万能的，它已能解决许多病害防治问题，但还有不少问题有待进一步研究解决。学习植物病理学不仅仅要学会“照方抓药”，更重要的是要学会因地制宜、灵活运用乃至研究解决新问题。

我国植物病理学工作始于本世纪二十年代，解放后才得以迅速开展，在教学、科研和应用上都有很大进展，在病害防治上起了很大作用。例如：推广种子处理，曾一度基本上消除了禾谷类黑穗和几种种子传播病害的危害；选育推广抗病品种，先后基本上控制了小麦条锈病、秆锈病、玉米大斑病、玉米小斑病、玉米丝黑穗病、棉花枯萎病、马铃薯晚疫病等病害的大面积流行；研究推广综合防治措施，不同程度地减轻了稻瘟病、稻纹枯病、稻白叶枯病、小麦赤霉病、甘薯黑斑病、苹果树腐烂病等病害的危害；新型高效杀菌剂的引进、仿制和推广在多种不同类型病害的防治上分别取得了良好的效果，如托菌津(对多种真菌病害)、多菌灵(多种白粉病、小麦赤霉病、小麦散黑穗病等)、粉锈宁(多种锈病、白粉病)、乙磷铝和瑞毒霉(多种霜霉病和疫菌所致病害)等。在果树、蔬菜和林木病害的综合防治上同样取得了不少成就。近年来，花卉和中药材病害的防治研究也有了良好的开端。

但是，还有很多重要植物病害目前尚无易行有效的防治方法，甚至对其发生规律的认识

也欠完整，如有些植物病毒病即如此。即使前文中提及的那些已有一定防治成功经验的病害，问题也远未彻底解决，不可能一劳永逸。比如：小麦条锈病和稻瘟病等由于病菌新小种的出现，原为抗病的品种可能迅速变为感病；在一些地区，水稻抗瘟品种的抗病性寿命不过3~5年。小麦赤霉病如穗期遇连绵多雨，则不论抗病品种还是药剂防治都不能收到满意的效果。一些地区，某些霜霉病菌对乙磷铝和瑞毒霉的抗药性已明显增强。另一方面，新的病害不断有所发现，或原有次要病害逐年加重，又提出了新的防治和研究任务。总之，有待进一步解决的问题还很多，防治技术需不断发展，对新病害和上升的病害需取得预见能力，品种抗病性持久化和延缓病原菌抗药性发展的研究极待加强，另外，多病虫综合治理中，一种病害与其它病虫的相互关系，不同防治措施之间的相互作用和协调运用等等，这些更高层次的问题也需不断研究解决。人类认识自然和改造自然是个永无止境的历史长河，人类文明需在这长河中不断前进，植物病理学也在其中。

第一章 植物病害的概念和分类

第一节 植物病害的定义

有些科学术语，往往很难给它作出一个既科学而又令大多数人满意的定义，“植物病害”一语，尤其如此。我们不妨暂时拟定如下定义，作为初学者逐步理解这一术语的台阶。

〔植物在环境因素的有害作用下，其生理程序的正常功能偏离到不能或难以调节复原的程度，从而导致一系列生理病变、组织病变和形态病变，生长发育失常或受害，最终使人类所需产品的产量和品质受到损失，这便是植物病害。〕

所谓有病或病态，当然是健康的反义词和对立面，不健康就是有病。健康一词虽人人都懂，却也难给它下一个边界十分确定的定义，也就是病与健之间的分界线常是模糊而有弹性的，因此，前边所说的“生理程序的正常功能”中的“正常”和“失常”也都是边界模糊的概念。然而，概念的模糊性仅在于其边缘，其核心仍应是明确的。植物的健与病，生理功能的正常和失常，都是如此。健康相当于正常，病相当于失常。

植物在适于其生存的生态环境中，一般都能正常地生长发育，繁育后代。环境因素有所变化波动时，由于植物内部新陈代谢机制含有种种自动调节以适应环境的能力，所以其生理功能虽然有所波动而暂时偏离正轨，但不久仍能复原于正常范围之内，但是，如果环境的某一因素或某些因素对植物的生理程序干扰过强，以致其功能偏离常态过大，超过了植物的调节适应能力，那么生理功能便脱离了正轨，引起了病态变化。所以说，植物病害都是环境因素的有害作用引起的。至于有为数极少的所谓遗传性病害（如某些玉米自交系的白苗症），虽然其生理、形态也都有失常，但这是先天性的缺陷，并非环境引起的，应该叫作遗传性缺陷，一般不列入植物病理学研究之列。

环境因素的有害作用包括甚广，并不都成其为引起病害的原因。只有那些能引起植物生理程序功能失常、引起一系列病变过程的，才成为病因，植物的这种受害才叫作病害。显然，单纯的机械损伤、通常的涝旱灾害以及昆虫鸟兽的取食等都不列入病害的研究之列。简言之，有病变过程的才称之为病害，病害是一个病变过程及其后果，而不是任何瞬时的或短期的伤害。这是病害定义的生理学观点。

然而，以上所说的只是单纯生物学、生理学观点下的病害，其中有些在农业生产上并不视为病害。举一个有趣的例子，茭白这种蔬菜，实际上是黑粉病菌侵染茭白而形成的。从生物学上、生理学上看，它是茭白的一种病害。而人们栽培茭白，却要进行接种。又如，杂色花瓣的郁金香，它是郁金香受病毒侵染后的病变表现——杂色花瓣。但人们把它作为一个新品种而栽培。为了认识自然或变害为利，对这些现象人们也进行研究。但作为农业科学中的应用科学，植物病理学主要研究哪些有经济意义的病害，大多数是要防其危害，极少数可变害为利。这是病害定义中的经济观点。

进一步从生态观点看，植物的环境由理化因素（即非生物因素）和生物因素组成。非生

物因素中，有些是植物生存所必需的（如太阳辐射、水分、无机营养元素……），但是，若其强度或浓度过高或过低，超出了植物所能适应的限度，便可能成为致病的因素。另外一些因素是非必需的，若其强度或浓度过高，也会成为致病因素。生物因素可分对植物有利的、有害的和中性的三大类。在这里，有害的主要指寄生于植物体的寄生物。从物种的群体水平看，在自然生态系中，植物与其寄生物长期共同进化过程中相互选择、相互适应，往往能达到一定的动态平衡。植物群体中仅部分个体或局部组织因寄生物侵染而患有生理学意义的病害，或全部个体染病而程度轻微使其受害并不显著，仍能正常生育并繁荣其种群。这和轻度病害并不造成作物损失这一常见现象一样。但在农田生态系中，人类农业活动不断改变着生态系的组分和结构，栽培植物（作物）和它的环境因素有时会变得不甚协调，当植物不能适应某些新的环境条件时，病害就发生了！所以，病害可以看作生态失调的现象之一。这是病害定义的生态观（参看第三章、第十一章）。

第二节 非传染病和传染病

如前所述，引起植物病害的因素可分两大类，非生物因素和生物因素。生物因素中主要是寄生于高等植物的多种真菌、细菌、病毒、类菌原质、线虫以及寄生性种子植物，它们是寄生物，也是病原物，被它们寄生的植物叫作寄主。寄生物侵染寄主，从寄主细胞内吸取营养而生长繁殖，其后代再传播到其它健康寄主，再度侵染寄主致病。由寄生物引起的病害叫作寄生性病害，或侵染性病害，或传染性病害，通常简称传染病。另一大类，由非生物因素引起的病害叫非寄生性病害，或非侵染性病害，或非传染性病害，简称非传染病。有少数病害介于二者之间，例如湿热环境中多种植物常发生的煤污病，是由煤污病菌（一类真菌）腐生于植物叶表上的昆虫泌露而造成的。煤污病菌并未侵染植物，二者间并无寄生关系，只是由于菌体密布叶片表面遮掉日光，削弱叶片的光合作用而使植物受害。但从表面现象看，似乎也象传染病一样。还有一些病害，虽有微生物参与，却并非传染病，如水稻秧苗的“黑根子”，它是在连续多日水层过深、土壤还原态过强、且土壤中又富含有机物等因素综合作用下，使土壤中硫酸根还原细菌的繁殖活动异常旺盛，而产生出大量的硫化氢和其它还原性硫化物，这些有害化合物毒害秧苗根部而造成的。在这里，真正的罪魁祸首乃是栽培管理不当。因为硫酸根还原细菌在水田土壤中到处都有，专性腐生，显然此病应属非传染病。

然而，就总体而言，传染病和非传染病有本质区别。非传染病只是环境作用于寄主的两元关系，而传染病涉及生物界的寄生现象，涉及寄主、寄生物两种生物间的相互作用，这是传染病的生物学本质，是核心。不过，这种相互作用究竟如何实现和导致何等后果则还取决于环境条件。这就形成了“寄主——寄生物——环境”这种三元关系，即所谓病害的三角形或病三角。当把注意力集中于（寄生物的）致病作用时，也常写成“寄主——病原物——环境”三元关系。

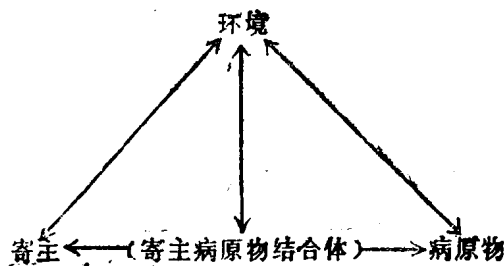


图1-1 植物病害三角

由于寄主——寄生物相互作用的机制相当复杂，传染病的病原物种类繁多，规律各异，再

加上传染病一旦流行则危害严重，使得防治研究难度较大，因此植物病理学着重研究传染病。但是，非传染病在诊断和防治上均有其特点，在生产上的重要性亦不可忽视，而且非传染病和传染病之间也常相互联系，这将在第二章中谈及。

第三节 植物病害的症状

植物病害是一系列病变过程，最终将导致植物产生肉眼可见的症状。症状由病征和病状组成，病状是植物全身及受侵染的局部所显露出来的种种病变，如变色、坏死、腐烂、萎蔫、畸形等。病征是病原物的繁殖体或营养体在病株或病部上的出现，如肉眼可见的霉状物、小黑粒等。从病状可以联系和推测其内在的病变过程，病征往往暴露出病原物的类别，非传染病当然没有病征，病毒病也没有病征。

症状和病原物之间有种种程度不一的联系。有些症状几乎是某些病原物所致病害的特征，因此，症状既是人们对病害的外观描述，更是由表及里诊断病害的依据或重要线索；症状又是病害命名的主要依据，既直观形象，又便于推知病原物和病害本质。已有很多症状术语相当规范化统一，下面摘其少数常用者为例以说明症状、病原和病名之间的联系：

病状

1. 叶斑 指叶片局部组织（受侵组织）的坏死，可具多种大小、形状、色泽，每种叶斑病各有其特色。多为真菌病害、细菌病害，如水稻胡麻斑病、棉花角斑病。但少数线虫病、病毒病也可导致叶斑。叶斑密集时可使整片叶片枯焦。

2. 褪绿、变色和花叶 叶绿素含量降低，叶片全部均匀或较均匀地变为浅绿、黄绿，叫作褪绿。若褪成黄色，甚至白色，则称为黄化或白化。有的植物叶片中累积大量花青素，呈现为红叶。叶色浓绿、浅绿相间呈镶嵌状的则称为花叶。缺素症多呈褪绿白化病状。如缺铁白化病。病毒和类菌原质所致病害多呈黄化、红叶，如甜菜黄化病。而呈花叶病状者多半是病毒病，但有机氯农药的药害也导致花叶。

3. 炭疽和疮痂 炭疽多指果实或嫩梢上的黑色组织病变，其组织已坏死，有时上面有黑色的病征，若其下层或四周组织又有木栓增生，形成粗糙隆起的小疤，则称为疮痂。它们多半是由真菌中的炭疽菌目（即黑盘孢目，详见第四章第五节）引起的。

4. 溃疡 主要指发生在树木枝杆上的一种病变组织，它多半已深达形成层，坏死部分四周有木栓增生包围圈，但以后病菌又突破包围圈向外扩展，再后又引起更外围的木栓包围圈……，从而形成破裂粗糙的较大形的长期病灶，随季节而有发展和静止期。主要由某些真菌引致，如苹果树腐皮病。但有少数细菌也能引起枝梢果实或块茎上的溃疡，如柑桔溃疡病、马铃薯溃疡病。

5. 腐烂 受侵染的肉质或木质部分由于病菌的酶和毒素的作用，致使组织分解，造成软腐或湿腐。腐烂后水分散失，成为干腐。多为菌类病害，如甘薯软腐病、马铃薯干腐病、大白菜软腐病。若腐烂发生于根部、茎部或基部，则按发病部位分别有根腐、茎腐、基腐之称。

6. 萎蔫 维管束被寄生真菌和细菌所侵染而引起全株迅速萎蔫，如棉花枯萎病、黄萎病、玉米细菌性萎蔫病。有些根腐、基腐或其他根茎病害也会导致全株萎蔫。

7. 器官损坏 多指繁殖器官全部或部分被损坏，完全失去原形，为病原物繁殖体所取代，如小麦散黑穗、高粱丝黑穗、谷子白发病。

8. 畸形 全株或部分器官组织并未坏死却呈畸形。又分增生型和抑生型畸形,前者如肿瘤(桃根癌病、玉米黑粉病、十字花科根肿病、根结线虫病)、徒长(水稻恶苗病)、丛枝(如泡桐丛枝病)、巨芽(如番茄巨芽病毒病);后者如矮化(如小麦黄矮病、番茄病毒病)丛矮(如小麦丛矮病)等。应当指出:所谓增生型和抑生型往往是针对局部组织或器官而言的,就全株整体而言有时两者相混,难以分型,如枣疯病的丛枝是花器变叶增生而成,就枝叶而言是增生了,但就花器而言是抑生了。虽然有少数真菌病害(如油菜霜霉病、谷子霜霉病即白发病)和极少数细菌病害(如根癌病)具有畸形的症状,但畸形是许多病毒病的特征性病状。

9. 局部坏死和全株死亡 受感染部位或植株的某些部分发生块状、条状或不规则性的坏死,如番茄病毒病,果实和茎上的坏死块斑和条纹。许多苗病因病害扩大急速,幼苗猝倒或立枯。一些树木的根病和杆病最后会使植株死亡。

病征

1. 霜霉状物 真菌中的霜霉病菌引起霜霉病,病斑表面长出一层白色(或其它颜色)霜状霉层镜检可见其为病菌的孢子梗和大量孢子,名为霜霉状物,病菌和病害均由此得名。

2. 白粉状物 是白粉病菌引起的白粉病的病征。

3. 黑粉状物 是黑粉病菌引起的黑粉病和黑穗病的病征。

4. 锈状物 是锈菌引起的锈病的病征的一种。

5. 霉层 某些类型真菌所致病害的病征。

6. 小黑粒 另一些类型的真菌所致病害的病征。

7. 溢脓 许多细菌病害的病征。

第四节 传染病发生发展的基本过程

如前所述,传染病是个动态过程,植物个体上的侵染是个过程,叫作侵染过程,简称病程;植物群体中病害的传染和流行又是一个更高层次的过程,叫作侵染循环或流行过程,简称病史。前者基本上是微观到中观的过程,后者是中观到宏观的过程,大体上,前者相应于本节标题中的病害的发生,后者相应于病害的发展。

侵染过程是指从病原物侵入到寄主发病这一过程,所需历期从两三天到一年不等,主要取决于病原物生物学特性,大体上相当于病原物的一个世代。侵染过程可分为侵入、潜育和显症三大阶段。具体细节依病原物种类和寄主反应而异。(参见第三章至第七章)。根据侵染过程的不同特点可将病害分类,侵染过程的研究是设计防治方法的重要基础之一。这些均将在第八章详加讨论。

侵染循环是指病害从上一个生长季节开始发病,到下一个生长季节再度发病为止,这是一个一年四季周而复始的过程。一个循环所需时间绝大多数病害均为一年。侵染循环的基本环节是侵染过程、传播和越冬。有些病害其侵染循环中只包含一次侵染过程,更多的病害一年中相继发生多次侵染过程。在后者中,生长季之初,由越冬菌源引起的第一代侵染过程叫作初侵染,其后由当年发病植株产生的病原物再次引起的侵染叫再侵染。初侵染一年中只有一代,再侵染可发生多代。初侵染与再侵染之间、再侵染与再侵染之间以及侵染过程与越冬之间由传播这一环节联系起来,从而连成周年的侵染循环。根据传播方式或越冬场所的不同可将病害分类。侵染循环的研究是设计防治方案的又一重要基础。第八章将对侵染循环进行

较详细的讨论。

在传染病的发生发展过程中，病原物的侵染、传播和越冬等并不总是一帆风顺的，在与寄主直接接触的侵染过程中，会受到来自寄主的反击和限制，包括侵染过程在内的整个侵染循环，时时都要受到环境条件的影响和制约。本书第九章、第十章将分别讨论抗病性和环境

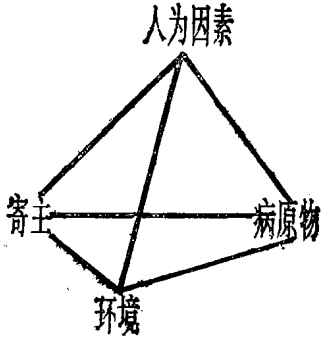


图1-2 植物病害锥（或病害四面体）

因素的作用。侵染过程和侵染循环可看作是病害发生发展的纵轴，而寄主、病原物和环境三者则是横轴，纵横结合，便形成了病害系统。

传染病的急速传染、大量发生叫作流行。从经济观点看，人们最关切的是如何防止病害流行。病害流行有规律可查，它是寄主——病原物——环境条件三方面因素的“最优组合”（对病害发生发展最优，而对农业生产、植病防治则最劣）的后果。近十年来，人们愈来愈觉察到人的干预对病害流行的影响甚大，便又提出病害四面体或病害锥的概念。

本书第十一章将对病害流行规律及其系统分析作专门探讨。最后，第十二章在所有以前诸章内容的基础上讨论植病防治的基本原理和主要方法。

复 习 思 考 题

1. 什么叫植物病害？试给以定义。
2. 传染病和非传染病有何不同？
3. 什么叫病状？什么叫病征？各举例说明。
4. 传染病的发生发展包含哪些环节？它们受哪些因素的制约和影响？

第二章 植物的非传染病

不良环境因素（指非寄生性因素）引起的病害叫作非传染病。从这个概念出发，非传染病的范围就很广，其边界很模糊，可以说非传染病几乎到处都存在，因为很少有那些作物其全部个体都始终处于最佳环境之中。然而，从生产角度看，只有那些发生面积较大、造成明显经济损失的非传染病才作为病害问题来对待。非传染病病因很多，但主要来自土壤气候不良、栽培管理失当和环境污染。非传染病有些是单因素引起的（所谓单因病害），有些则是多因素复合引起的（所谓复因病害）。有些非传染病诊断相当复杂，并不比传染病容易诊断，但一旦确诊，防治设计并不太困难，相对地说，这些非传染病诊断较难而防治较易。有些情况下，非传染病和传染病之间关系密切，难以绝然分开。非传染病的研究与处理，要有植物生理学、植物栽培学和环境保护学的支持。

第一节 缺素症

大量元素（氮、磷、钾、钙、镁、硫）和微量元素（铁、锰、锌、铜、硼、钼）的缺乏都会造成缺素症。但氮、磷、钾三要素引起的缺素症已处于植物非传染病的边缘，通常由栽培学、肥料学或植物营养诊断给以研究解决，而钙、镁、硫，特别是微量元素的缺素症则常常列入植物病害的名单。各种营养元素由于它们在植物生理代谢上的功能不同，缺乏时所产生的病状也各有特色。比如：植物缺氮时生长黄弱，从下部叶片起逐层变黄甚至枯死；缺磷则叶色反而变深，发蓝绿色甚至发紫，生长亦较缓慢；缺钾则叶色浅绿，而在叶尖、叶缘以及脉间叶肉上产生褐色枯斑甚至局部枯焦；又如缺铁则新叶失绿；缺硼则组织坏死。以上是说不同植物缺乏同一元素时具有相同相似的病状特点（见表2-1）。但不同植物对同一元素缺乏的敏感性不同，而且有些植物缺乏某些元素时还有另外一些特殊的病状。因此，仅仅依症状往往不能确诊缺素症，还需进行叶片分析、土壤分析、诱发试验和治疗试验等一系列工作才能确诊。像通常用营养速测箱快速测定土壤中和叶片中氮、磷、钾含量以指导施肥，就可看作是氮、磷、钾三要素缺素症的诊断手续。

缺素症有时是由于土壤中该相应元素含量不足所致，有时则并非土壤中绝对含量不足而是其可溶性部分或可吸态部分太少，而后者又受土壤理化和微生物因子所控制，总之是土壤环境不良造成的，象下述缺铁白化病便是一例。

缺铁白化病：植物对铁需要量虽甚微，但却必不可缺。铁是叶绿素形成的催化剂，又是多种酶中的金属元素。没有铁，叶绿素不能形成，因而植株白化。对一植株而言，缺铁时新生叶片呈浅绿色不能随叶片成长而变深绿，老叶仍呈正常绿色，以后再生新叶则呈更浅的绿色，逐层下去，直至白化，形成顶端白化的现象。病轻时，在一片叶上，往往叶肉浅绿或白化而叶脉绿色较深或白化程度较轻，形成绿色网络，病势加重后再生新叶则全叶片均匀白化。以上的描述可说是绝大多数植物缺铁白化病的特征性病状，而与其他缺素症有别。缺铁白化病在苹果、桃、葡萄、草莓、洋葱、苍生、大豆、旱稻以及许多花卉上均常发生。在石

表 2-1 植物 缺 素 症 简 表

缺 素 症 所 缺 元 素	该元素在植物体内的功能	病 状 要 点
氮	存在于细胞的大部分物质中	生长势差, 叶色浅绿, 从底部叶片逐渐黄枯, 茎细弱
磷	存在于DNA, RNA, 磷脂, ADP, ATP中	生长势差, 叶色蓝绿甚至发紫, 下部叶片有时产生紫铜色或生紫褐斑点, 茎短而细
钾	为许多代谢反应的催化剂	枝、茎细弱甚至枯死, 老叶褪绿, 叶尖变褐, 叶缘枯焦或沿叶缘有许多褐色小斑, 肉质组织尖部坏死
镁	存在于叶绿素和许多酶中	先老叶后幼叶褪绿斑驳, 以后变为红斑, 叶尖、叶缘向上卷, 叶片呈勺状, 有时落叶
钙	调节膜的透性, 与果胶质形成盐类, 作用于多种酶	心叶扭曲, 叶尖下钩, 叶缘卷曲, 叶心形状不规则, 有褐色斑块。最后顶芽死亡, 根系稀弱, 造成许多果实的花蒂腐烂
硫	存在于某些氨基酸和辅酶中	新叶浅绿或鲜黄, 不产生任何斑点, 颇似缺氮。但老叶不发黄
硼	不甚清楚, 可能影响糖分运输和胞壁形成中钙的作用	顶芽幼叶基部变浅绿, 最后崩解, 茎叶扭曲, 植株矮化, 果实、肉质茎、根等表面开裂或心部腐坏, 如甜菜心腐, 萝卜褐心、菜花空茎、甜菜裂茎、苹果栓斑、柑桔硬实、春小麦空粒等病
铁	是叶绿素合成的接触剂, 也是一些酶的组分	新叶白化, 但主脉仍绿, 有时脉间叶肉有褐斑, 后叶片可能枯死或落叶
锰	存在于一些呼吸酶类、光合酶类及氮素利用的酶中	叶片褪绿, 但细脉仍呈正常绿色, 叶肉上可出现坏死小斑, 严重时叶片变褐枯死
锌	存在于一些与激素合成有关的和糖类氧化有关的酶中	叶片脉间褪绿, 后枯死变紫色, 叶片少而小, 节间短而茎丛生, 结果减少, 叶片逐渐由茎下部向上依次脱落, 如苹果小叶病、葡萄硬实病、玉米“白尖”病等
铜	存在于许多氧化酶中	禾谷类作物新叶叶尖萎凋, 边缘褪绿。有时叶片不能展平而萎凋, 抽穗减少, 即使抽亦矮化扭曲, 柑桔和核果类枝梢干尖, 叶缘烧焦, 叶片褪绿, 丛生。蔬菜停止生长

择译自 Agrios, G. N. 1978, pp. 164--165

灰质土壤或碱性土壤上最易发生此病。其实，铁是土壤中主要元素之一，任何地方的土壤其含铁总量都远远超过植物所需，只是其中绝大部分呈不溶解状况或不可吸态，不能为植物所吸收。土壤 pH 偏高 (>7)、土壤有机质贫乏以及土壤中钙、锰、锌或铜离子过多都会诱发缺铁白化病，而使用酸性肥料（如硫酸铵）或增加土壤有机质往往可以缓解或治疗此病。缺铁白化病的诊断除依特征性病状外，可叶面喷施铁素作为治疗试验。将 0.1% 的硫酸亚铁或枸橼酸铁喷于缺铁白化的叶片上，一般 3~5 天，叶上便会发现“绿斑”，这便可确诊为缺铁。

治疗缺铁白化病，采用向土壤增施铁盐的办法并不能奏效，因为土壤环境既然已不利于铁的可吸态，施进去的可溶性铁便很快被固定而变成不可吸态。叶面喷射也收效甚微，因为铁在植物体内的可移动性甚差，叶片上哪部分沾着并吸到了铁，哪个部分才会变绿，但多余的铁很难移动到其他部位，这正是前述“绿斑”形成的原因。因此，除非经常多次的喷射，否则收效不大。近年国外研究选用一些铁的有机化合物或螯合物，意在增加被吸收后的铁在植物体内的移动性，这或许是有希望的改进。总之，酸化土壤、增施有机质以及改善土壤环境的其他有关因素，是预防和治疗缺铁白化病的根本途径。这里的“有关因素”还较笼统，尚需每个具体场合具体分析断定，因为缺铁只是总的因果链的一个中间性的因果环节（对前面的因为果，对白化则为因），真正的根源性原因可因不同植物不同场合有所不同，这些都还没有全部查清。由此可见，有些缺素症的病因也是相当复杂的。

第二节 水分失调

除大面积旱、涝灾害外，土壤水分对植物的供应失调也常造成病害。土壤排水不良，则土壤中缺氧，根呼吸受阻碍。缺氧还利于土壤中嫌气微生物活动，产生亚硝酸、亚硫酸等物质毒害根系。病状除根系衰弱腐烂外，地上部生长缓慢甚至停止，老叶发黄或出现黑褐色湿斑，有时植株萎蔫。家庭盆栽植物若浇水过多过勤，在冬季常常发生此类疾患。正确的浇水方法应当是“见干见湿”，即只有当表层土壤已干时才浇水，浇到全盆土壤湿透为度，然后又连日停水，令其逐渐消耗至表土见干再浇。但另一方面，如土壤持续干燥后忽进行过量灌溉，或天气干旱雨涝变化急剧，也会导致柑桔、番茄、葡萄等的裂果病。在氮素过剩而钙素不足的情况下，这种水分供应失常会促进苹果的苦陷病。

第三节 温度失调

一般植物在 $1\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间的温度范围内都能正常生长，其所能忍受的最低和最高温度则因植物种类而异。但植株在其不同生育阶段和不同部位对有害温度的敏感性颇有不同。幼苗比成株敏感，幼嫩组织和分生组织比老熟组织敏感；生长点、幼芽比茎叶敏感。如果敏感的部位在敏感的时期遇到过低温度，即使那温度远高于冰点，植物也会受害生病。一般说，低温危害比高温危害更为常见。

小麦在孕穗至抽穗期若遇低温危害，只要有一天早上最低温低于 5°C ，以后抽穗则呈畸形，成为秃尖（顶部小花不育）或中部小花不育。这种冷害在低洼麦田或四周环有山坡的小盆地中最易发生，所谓“风打山梁霜打洼。”晚稻在抽穗扬花期若遇低温寒潮，也会发生畸形穗、部分不育穗和“直脖穗”（冷害不实）。异常的早霜和晚霜常会造成相应秋季和春季的幼