



普通高等教育“十二五”规划教材

植物病理学

董金皋 康振生 周雪平 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

植物病理学

董金皋 康振生 周雪平 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分10章,先系统讲述了植物病原物种类、寄主与病原物的互动、侵染性植物病害的发生、流行和预测、植物病害的诊断和防控。后分别讲述了谷类作物病害、薯类作物病害、经济作物病害、蔬菜病害和果树病害。章末附有复习思考题,书末列有相关参考文献。

本书可作为高等农林院校农学、园艺、草业等专业的本科生、研究生及教师的专业基础教材,也可供农业从业人员、植物保护、植物检疫工作者等相关领域技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物病理学/董金皋,康振生,周雪平主编. —北京:科学出版社,2016

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-047241-0

I. ①植… II. ①董… ②康… ③周… III. ①植物病理学-高等学校-教材 IV. ①S432.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 012821 号

责任编辑:吴美丽 / 责任校对:张怡君

责任印制:赵 博 / 封面设计:铭轩堂

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2016年1月第一次印刷 印张:24 1/4

字数:618 000

定价:59.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《植物病理学》编委会

主 编:董金皋 康振生 周雪平

副主编:陈 捷 段玉玺 侯明生 李向东 马占鸿 潘洪玉 谭万忠
张国珍 周明国 邢继红

参编单位及编者:

安徽农业大学	高智谋	潘月敏		
大连民族学院	吕国忠			
东北农业大学	文景芝			
福建农林大学	王宗华			
广西大学	张君成			
河北大学	蒋继志			
河北农业大学	董金皋	胡同乐	李亚宁	邢继红 陈 乐
河南农业大学	李洪连	袁虹霞		
黑龙江八一农垦大学	左豫虎			
湖南农业大学	戴良英			
华东理工大学	王 伟			
华南农业大学	廖金玲	周而勋		
华中农业大学	侯明生	蔡 丽		
吉林大学	潘洪玉	张世宏		
吉林农业大学	刘淑艳			
南京农业大学	周明国			
内蒙古农业大学	周洪友			
青岛农业大学	李保华	李桂华	梁 晨	赵洪海
山东农业大学	李向东	李 壮	朱常香	竺晓平
山西农业大学	郝晓娟	李新风		
上海交通大学	陈 捷	邹丽芳		
沈阳农业大学	段玉玺	陈立杰	刘志恒	夏 博 薛春生
四川农业大学	龚国淑	张 敏		
西北农林科技大学	康振生	高小宁		
西南大学	谭万忠	青 玲	余 洋	
云南农业大学	何月秋	何鹏飞	杨艳丽	吴毅歆 李 凡
浙江大学	周雪平	蔡新忠		
中国农业大学	张国珍	马占鸿	王海光	
中国农业科学院	孔德安	刘文德		

前 言

“植物病理学”是研究植物病害发生原因、发生与流行规律、病原物与植物及环境间的相互作用机制以及病害综合控制的一门学科,其研究目的在于提高人们对植物病害的预警和防控能力,减少或杜绝病害造成的作物损失,以满足人类自身发展的需要。植物病理学是一门应用基础学科,涉及的学科范围较为广泛,与生物科学的其他学科存在着密切的联系。

本教材的编写基于“厚基础、宽专业、重应用”的复合型人才培养理念,内容涉及植物病原物,寄主与病原物互作,侵染性植物病害的发生、流行和预测,植物病害的诊断与防控,谷类作物病害,薯类作物病害,经济作物病害,蔬菜病害,果树病害等主要内容。本教材适合作为高等院校农学、园艺学、生物科学类、林学、草业科学等专业本科生教材使用,也可供相关专业研究生和科技工作者参考使用。

2012年4月在河北保定召开了《植物病理学》教材研讨会,来自近30所院校的50多位专家教授参加了会议,大家畅所欲言,经充分讨论,提出了教材编写的内容和整体框架。本教材由河北农业大学董金皋教授、西北农林科技大学康振生教授和浙江大学周雪平教授担任主编,由来自安徽农业大学、大连民族学院、东北农业大学、福建农林大学、广西大学、河北大学、河北农业大学、河南农业大学、黑龙江八一农垦大学、湖南农业大学、华东理工大学、华南农业大学、华中农业大学、吉林大学、吉林农业大学、南京农业大学、内蒙古农业大学、青岛农业大学、山东农业大学、山西农业大学、上海交通大学、沈阳农业大学、四川农业大学、西北农林科技大学、西南大学、云南农业大学、浙江大学、中国农业大学、中国农业科学院的专家学者共同完成。编写的分工充分考虑到编者所在的地理区域和所从事的研究领域。初稿完成后,董金皋、张国珍、陈捷、马占鸿、周明国、康振生、周雪平、潘洪玉、侯明生、谭万忠分别对第一章至第十章进行了统稿。最后董金皋、康振生、周雪平、李向东对全书进行了审阅。

在本教材完稿之际,编委会对所有参加、关心和帮助本教材编审、出版的单位、领导和专家们致以最诚挚的谢意!

由于编者较多,组稿时间仓促,不足和遗漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正,以便再版修订。

《植物病理学》教材编委会

2014年3月

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 植物病害与植物病理学	1
一、植物病害的概念和重要性	1
二、病害三角关系	2
三、植物病理学发展简史	2
四、植物病理学及其与其他学科的关系	3
第二节 植物病害的病因及症状	4
一、植物病害的病因	4
二、植物病害的症状	6
思考题	8
第二章 植物病原体	9
第一节 植物病原菌物	9
一、菌物概述	9
二、菌物的分类	12
三、植物病原菌物的主要类群	13
四、菌物所致病害及其特点	27
第二节 植物病原原核生物	27
一、原核生物概述	27
二、原核生物的分类	29
三、植物病原原核生物的主要类群	29
四、植物病原原核生物所致病害及其特点	32
第三节 植物病毒	32
一、病毒概述	32
二、植物病毒的分类与命名	35
三、植物病毒的主要类群	40
四、植物病毒所致病害及其特点	42
五、类病毒	42
第四节 植物病原线虫	44
一、植物线虫概述	44
二、植物线虫的形态和结构	44
三、植物线虫的分类	45
四、植物病原线虫所致病害及其特点	47
第五节 寄生性植物	48
一、概述	48

二、主要类群·····	48
思考题·····	49
第三章 寄主与病原物的互作 ·····	51
第一节 植物病原物的寄生性和致病性·····	51
一、寄生性和致病性的基本概念·····	51
二、植物病原物与寄主识别·····	51
三、植物病原物的致病机制·····	52
第二节 植物的抗病性·····	55
一、概念及分类·····	55
二、植物的抗病机制·····	55
第三节 寄主与病原物的互作·····	59
一、罹病植物的生理生化变化·····	59
二、寄主与病原物的互作机制·····	62
思考题·····	64
第四章 侵染性植物病害的发生、流行和预测 ·····	65
第一节 病原物的侵染过程与病害循环·····	65
一、侵染过程·····	65
二、病害循环·····	68
第二节 植物病害的流行与预测·····	71
一、植物病害流行的主导因子·····	71
二、植物病害的调查与计量·····	72
三、植物病害流行的时间动态·····	73
四、病害流行的空间动态·····	73
五、植物病害预测·····	74
思考题·····	77
第五章 植物病害的诊断与防控 ·····	78
第一节 植物病害的诊断技术·····	78
一、植物病害的一般性诊断·····	78
二、植物病害诊断检测技术·····	81
三、应用 PCR 技术鉴定植物病原菌·····	86
第二节 植物病害防控·····	87
一、植物病害防控原理·····	87
二、植物病害的综合防控·····	87
三、植物病害的化学防治·····	91
思考题·····	97
第六章 谷类作物病害 ·····	98
第一节 水稻病害·····	98
一、真菌病害·····	98
二、细菌病害·····	107
三、病毒病害·····	113

四、病害综合防治	118
第二节 麦类病害	123
一、真菌病害	123
二、病毒病害	146
三、线虫病害	151
四、病害综合防治	156
第三节 玉米病害	159
一、真菌病害	159
二、病毒病害	184
三、病害综合防治	187
第四节 高粱及谷子病害	190
一、真菌及卵菌病害	190
二、病害综合治理技术	197
思考题	198
第七章 薯类作物病害	200
第一节 马铃薯病害	200
一、真菌及卵菌病害	200
二、细菌病害	206
三、病毒病害	210
四、病害综合防治	212
第二节 甘薯病害	214
一、真菌及卵菌病害	215
二、线虫病害	218
三、病害综合防治	220
思考题	222
第八章 经济作物病害	223
第一节 棉麻病害	223
一、棉花枯萎病	223
二、棉花黄萎病	226
三、棉花线虫病害	229
四、棉苗期病害	231
五、棉铃病害	233
第二节 油料作物病害	234
一、真菌及卵菌病害	234
二、细菌病害	246
三、病毒病害	248
四、大豆胞囊线虫病	249
五、菟丝子与列当	252
六、油料作物病害综合防治	255
第三节 其他经济作物病害	256

一、真菌及卵菌病害	257
二、细菌病害	266
三、病毒病害	268
四、病害综合防治	274
思考题	275
第九章 蔬菜病害	277
第一节 真菌和卵菌病害	277
一、霜霉病	277
二、白粉病	281
三、瓜类枯萎病	283
四、炭疽病	285
五、疫病	286
六、灰霉病	289
七、腐霉病	291
八、根肿病	293
九、病害综合防治	296
第二节 细菌病害	297
一、青枯病	297
二、软腐病	300
三、黄瓜细菌性角斑病	302
四、果斑病	303
五、黑腐病	304
六、病害综合防治	306
第三节 病毒病害	308
第四节 线虫病害	313
一、蔬菜根结线虫病	313
二、线虫病害综合防治	315
思考题	315
第十章 果树病害	317
第一节 苹果和梨病害	317
一、梨(苹果)黑星病	317
二、苹果炭疽病	320
三、苹果早期落叶病	322
四、苹果树腐烂病	325
五、轮纹病	328
六、苹果和梨锈病	331
七、苹果和梨白粉病	332
八、病害综合防治	334
第二节 柑橘病害	337
一、柑橘黄龙病	337

二、柑橘溃疡病	340
三、柑橘疮痂病	343
四、柑橘炭疽病	345
五、柑橘青霉病	347
六、病害综合防治	349
第三节 葡萄病害	350
一、葡萄霜霉病	350
二、葡萄炭疽病	352
三、葡萄白腐病	354
四、葡萄黑痘病	356
五、葡萄白粉病	358
六、病害综合防治	359
第四节 其他果树病害	360
一、桃根癌病	360
二、桃褐腐病	362
三、桃穿孔病	364
四、香蕉枯萎病	366
五、枣疯病	367
思考题	370
参考文献	371

第一章 绪 论

民以食为天,植物生产为人类提供了生活所依赖的食物和其他生活必需品,并对改善人类生存的生态环境、维持农业和人类社会的可持续发展起到了重要作用。然而,在植物的生长发育过程中,经常受到各种有害生物和非生物因子的影响,导致产量和品质下降,植被和森林毁坏,严重时引发人类饥荒甚至社会动荡。

第一节 植物病害与植物病理学

当植物受到有害生物侵染或受不良环境持续影响时,其生理和外观上表现出异常,植物就发生了病害。植物病理学是研究植物病害发生原因、发生发展规律、植物与有害生物间的相互作用机制以及病害控制的一门学科,是农业科学或生物科学的一个重要分支,其研究目的在于通过经济有效的防治措施,减轻因病害发生造成的损失,维持良好的生态环境,以满足人们生活生存的需要。植物病理学既是一门理论学科,又是一门应用学科。

一、植物病害的概念和重要性

植物受到有害生物的侵染或不良的非生物因素的持续干扰,其正常的生理和生化功能受到影响,代谢出现紊乱,生长和发育受到阻碍,进而在组织结构上出现种种病理变化,最终表现出各种不正常的状态即病态,甚至死亡,使植物或其产品的质量或产量损失的现象,称为植物病害。

认识植物病害要有生产观点和经济观点。有些植物虽然遭受人为或非生物因素的影响发生了某些畸变,但其观赏或食用价值反而提高了,这种现象不能称为病害。例如,弱光下栽培的韭黄,虽然病态生长,但却提高了其经济价值;茭白受黑粉菌的侵染,茎变得肉质肥厚,成为美味菜肴。植物的这些“病态”均不被认为是病害。

植物病害曾对国民经济和人类社会造成过巨大影响。最著名的是 1845~1846 年爱尔兰暴发的马铃薯晚疫病,造成马铃薯绝产,导致上百万人饿死,150 万人逃荒至美洲。1942 年,孟加拉国的水稻胡麻斑病流行,造成水稻严重歉收,1943 年有 200 余万人被饿死。这种由于植物病害造成严重社会影响的事例还有很多。例如,1880 年,法国波尔多地区葡萄霜霉病的大流行造成酿酒业濒临破产;1910 年,美国佛罗里达州柑橘发生溃疡病,迫使 25 万株成树、300 万株树苗被烧毁,损失 1700 万美元,此病在 1984 年再度发生,病区的所有柑橘被烧毁,损失巨大;1970 年,玉米小斑病在美国大流行,玉米减产 165 亿 kg,损失产值约 10 亿美元等。

植物病害对农业、林业和牧业的影响很大,据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization,FAO)统计,每年由植物病害造成的产量损失达到总产量的 10%~15%。病害所造成的损失除产量的降低外,还使其品质下降。此外,防治植物病害,还会增加人力、药械等方面的投入,以及因施用农药增加了环境污染与公害。

二、病害三角关系

植物病害的发生是特定的植物与病原物在特定的外界条件下长期相互作用的最终结果,植物、病原物和环境条件是构成植物病害和影响其发生发展的基本因素。

1. 寄主植物 为病原物提供必要的营养物质和生存场所,因此称之为寄主或宿主(host)。寄主植物对外界有害因素,无论是病原生物还是非生物因素都有一定的抵抗和忍耐能力,即抗逆性。不同植物间其抗逆性存在差异,即表现出不同的抗病性(resistance)或感病性(susceptibility)。病害发生的基本条件之一是寄主植物必须是感病的。

2. 病原物 影响到植物正常生长发育而引发病害的生物统称为病原物(pathogen),包括菌物(fungus)、细菌(bacterium)、病毒(virus)、线虫(nematode)、寄生性种子植物(parasitic plant)等。一种病害往往都是由一种病原物中具有毒力的种群(生理小种或株系)所引起的。

3. 环境条件 外界环境条件是指直接或间接影响植物及病原物的一切外界因素。环境对于病害的影响是通过影响植物和病原物双方、改变其实力对比而起作用的。因此,只有当环境条件有利于病原物而不利于寄主植物时,病害才可能发生。

由此可见,植物病害发生的过程涉及植物、病原物和环境三大因素,这三大因素共同作用,构成“病害三角”(disease triangle)关系:在自然条件下,只有当感病的寄主植物、有毒力的病原物和有利于病原物侵染的环境条件都同时存在时,一种植物病害才能发生,三个条件中缺乏任何一个条件病害都不能发生(图 1-1);所以在作物病害控制中只要所采取的措施能够去除三个条件中的任意一个条件,就能有效地阻止病害的发生。因此,植物病害三角关系是植物病理学中的一个重要的基本概念。

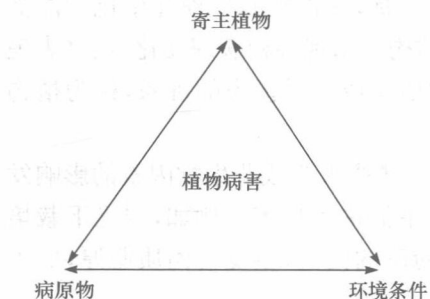


图 1-1 植物病害的三角关系示意图

随着人类社会的进步与发展,人类活动对农业生产的影响越来越重要,因此人类活动与植物病害的发生和流行也越来越密切。品种培育、耕作制度、栽培措施的变化等都会助长或抑制病害的发生和发展。带病种苗的调运,会导致病区迅速扩大。因此,植物病害的发生和流行除了涉及植物、病原物和环境三个自然因素外,还应考虑人的干扰这一重要的社会因素。鉴于此,病害三角关系也拓展为病害“四面体”关系。

三、植物病理学发展简史

人类对植物病害的认识有着悠久的历史。早在公元前 239 年,中国的《吕氏春秋》就有把小麦黑粉病描述为“鬼麦”的记载,这是最早以文字形式记录植物病害发生。在以后的很长时间里,人类对植物病害的认识仅局限于有关病害的描述与记载。直至 18 世纪末,人类才开始注意研究植物病害的本质,并取得了一些重大进步。其中以病原学、病害流行病学、病理生理学和病害防治学等分支学科领域的发展最为突出。

1755 年,法国的 Tillet 首次证实小麦腥黑穗病是由一种“黑粉”传染所致,随后,法国的 Provest 在 1807 年证实“黑粉”为真菌(fungus)。1861 年,德国医生 de Bary 提出马铃薯晚疫病由一种疫霉病菌引起,于是 de Bary 提出真菌是造成植物病害的原因,由此建立了植物病原学说。此外,他还提出了锈菌的转主寄生现象,被世人称为植物病理学之父。

继真菌被发现为植物病原之后,其他病原类型也逐渐为人们所认识和发现。1877 年,

Burrill 证明了梨和苹果火疫病的病原为细菌。1895 年,美国的 Smith 将葫芦科、茄科、十字花科细菌性萎蔫病的病原确定为细菌,并首次研究了果树根癌病的解剖学特点,成为植物病原细菌学的奠基人。

1886 年,德国的 Mayer 发现烟草花叶病是一种传染性病害。俄国的 Ivanowski 于 1892 年进一步证明烟草花叶病病株汁液通过细菌过滤器后,仍具有致病力。1898 年,荷兰科学家 Beijerinck 首先提出烟草花叶病的病因是一种“传染性活液”,后来称之为病毒。此后,病毒病害不断被发现。与此同时,人们还认识到了病毒病害与媒介昆虫之间存在着一定关系。美国的 Stanley 于 1935 年获得了烟草花叶病毒的纯结晶,并证明它是一种蛋白质。1936 年,英国的 Bawden 和 Pine 发现烟草花叶病毒中含有核酸(RNA)。1939 年,Kausche 在电子显微镜下看到烟草花叶病毒的颗粒。1956 年,Fraenkel-Conrat 证明该病害的发生与其核酸有关而与蛋白质无关。1968 年,Shenherd 等发现花椰菜花叶病毒是 DNA 病毒。1972 年,Diener 通过对马铃薯纺锤块茎病的研究发现了类病毒。

早在 1743 年,英国的 Needham 首次报道了小麦粒线虫,是植物寄生线虫学的奠基人。我国学者章祖纯于 1916 年报道了北京附近的小麦粒线虫和粟线虫。1940 年,朱凤美研制出小麦粒线虫虫瘻汰除机。

继植物病原真菌、细菌、病毒、线虫被发现之后,1931 年,Stahel 发现一种有鞭毛的原生动物可引起咖啡萎蔫病。1963 年,Vermeulen 进一步证实了具鞭毛的原生动物对咖啡的致病作用。1967 年,日本的土居养二发现了引起植物黄化病的病原为植物类菌原体(MLO),1992 年改名为植原体(*Phytoplasma*)。1972 年,Davis 在玉米矮化病植株中发现了螺原体(*spiroplasma*)。人们对植物病害病原生物种类的认识得到了进一步的发展。

在非侵染性病害的病因方面,美国的 McMurtrey 于 1953 年编著了《环境的非侵染性损害》,这是较早而且较系统地描述环境条件与病害关系的一部著作。

20 世纪 70 年代后,生态学迅速发展,促使植物病理学领域相应提出“植物病害系统”的概念,以及“病害综合防治”的科学策略,至此,植物病理学步入成熟发展阶段。近几十年来,生化技术、遗传工程、分子生物学、生物信息学、计算机科学的理论与方法在植物病害研究中广泛应用,促进了寄主与病原物相互识别的分子基础,与病程有关的基因结构、表达和调控机制,以及病害流行等方面的研究。

四、植物病理学及其与其他学科的关系

植物病理学是一门应用基础学科,基于医学微生物学发展而来,涉及的学科范围较为广泛,与植物生理学和微生物学相互渗透而发展。植物病理学的发展也得益于许多相关学科的发展,其与菌物学、细菌学、病毒学、线虫学、植物学、动物学、昆虫学、生物化学、遗传学、气象学、农药学、肥料学、栽培学、土壤学、计算机科学和分子生物学等学科有着密切联系。随着学科的发展,植物病理学已衍生出植物病原学、植物病害流行病学、植物病理生理学、植物分子病理学、植物生态病理学、植物病害防治、植物抗病育种以及植物免疫学等重要分支学科。

(董金皋 编写)

第二节 植物病害的病因及症状

一、植物病害的病因

植物病害的病因是引起植物发生病害、表现病变的原因,分为生物病原和非生物病原。生物病原所引起的植物病害具侵染性和传染性,因此也称为侵染性病害或传染性病害(infectious diseases)。非生物病原是各种不适宜的环境因素,所引起的植物病害在植株间不会传染,因此被称为非侵染性病害(non-infectious diseases)。

(一) 侵染性病害与植物的生物病原

侵染性病害是由菌物(包括真菌和卵菌)、原核生物、原生动物、病毒、寄生性种子植物、线虫等对植物的侵入而造成危害,对植物有较强的侵染性,在一定气候条件下还具有较强的传播性。由于病原种类的不同,又可分为真菌病害、卵菌病害、细菌性病害、病毒性病害、线虫性病害、寄生性种子植物病害等多种类型。

1. 真菌病害和卵菌病害 占植物病害的70%~80%。真菌和卵菌可穿过植物的角质层和表皮而致病,通常会造成植物的坏死、腐烂、萎蔫等病状。病原物在病部组织上一般会产生出霉状物、丝状物、粉状物或颗粒状物等。例如,小麦黑穗病、玉米黑粉病都是在穗上出现黑色粉粒,即为病原菌的孢子。

2. 细菌病害 植物病原细菌可从植物的气孔、皮孔等自然孔口以及伤口侵入寄主,造成植物的腐烂、坏死、萎蔫等病状,病健交界部位多有水渍状晕圈。显微镜下观察其病健交界处会出现菌溢或菌脓现象。常见的细菌病害有水稻白叶枯病、马铃薯环腐病、白菜软腐病等。

3. 病毒病害 植物病毒是仅次于真菌的重要病原物。病毒病害的病状通常为变色(花叶、斑驳等)、坏死和畸形。病毒颗粒必须用电子显微镜高度放大后才能看到。常见的病毒病害有玉米粗缩病、小麦丛矮病、水稻病毒病、马铃薯病毒病、烟草病毒病、油菜等十字花科蔬菜病毒病等。

4. 线虫病害 线虫大都危害植物地下部分的根和储藏器官,也有危害茎、叶和花的。线虫病害从外观症状上只是表现营养不良,可在局部出现病原线虫,如小麦粒线虫会在病粒中出现白色的颗粒状物,即病原线虫。

5. 寄生性种子植物病害 这类植物多寄生在植物的根部或茎干上,获取寄主植物的无机盐、水分或全部营养物质。常见的寄生性种子植物有菟丝子(寄生于大豆和亚麻等作物)、列当(寄生于瓜类、烟草、向日葵)、桑寄生(寄生于树木)和槲寄生(寄生于树木)等。

除上述病原物种类外,还有一些次要的病原物。例如,放线菌类、藻类、原生动物、微型螨等也可引起植物病害。有关植物的生物病原还要在以后的章节中详细描述。

(二) 非侵染性病害与植物的非生物病原

植物在进化过程中,对不利的环境条件具有一定的适应能力,但当不利环境因素连续不断地影响植物,而且强度又超过了植物的忍耐程度时,植物的生理过程和外观就会表现异常,从而产生病害,甚至死亡。这类病害与侵染性病害的区别在于没有病原生物的侵染,在植物不同的个体间不能互相传染,所以称为非传染性病害或生理性病害(physiological disorder)。植物自身遗传因子或先天性缺陷引起的遗传性病害,也属于非侵染性病害范畴。

非生物病原一般属于环境因素,主要包括化学因素和物理因素两大类。物理因素主要包括温度、湿度和光照等气象因素的异常。化学因素主要包括土壤中的养分失调、空气污染和农药等化学物质的毒害等。

1. 温度与光照 高温引起的病害主要表现为灼伤、植物开花和结实的异常,如番茄、辣椒和苹果果实的灼伤,杂交水稻花粉不能正常萌发,降低结实率等。低温危害主要是冷害和冻害。受冷害植株往往表现变色、坏死和表面斑点、芽枯、顶枯,以及结实率下降等。冻害的症状主要是幼茎或幼叶出现水渍状暗褐色的病斑,之后组织逐渐死亡,严重时整株变黑干枯继而死亡。剧烈变温对植物的影响更大,如剧烈的昼夜温差,可以使木本植物的枝干发生灼伤或冻裂。

光照主要通过光强度和光周期对植株造成影响。光照不足,往往导致植物徒长、黄化,组织脆弱,容易发生倒伏或受到病原物的侵染。高光强则可使阴性植物叶片发生银灰色或黄褐色的斑纹。急剧改变作物的光照强度,易引起暂时落叶。光照条件不适宜,会使植物延迟或提早开花和结实。

2. 水分和湿度 干旱情况下,植物常常发生叶片变色、萎蔫、叶缘焦枯,甚至早期落叶、落花、落果等症状。土壤中水分过多,也会造成根部变色或腐烂,地上部叶片变黄、落叶、落花等症状,引起植物的涝害。另外,水分的骤然变化也会引起病害。先旱后涝容易引起浆果类的果实裂果、根菜和甘蓝的组织开裂等。而前期水分充足,后期干旱会造成番茄的果实蒂腐病。

3. 营养失调 植物因营养条件不适宜,如营养缺乏、各种营养间的比例失调,或营养过量等因素,会诱使其表现各种病态,即缺素症(deficiencies)。不同元素的生物学功能以及对植物的影响与作用不同,从而导致的植物病害症状也有所不同。根据症状的特点列出作物缺素症状的检索表如表 1-1 所示。

表 1-1 作物缺素症状检索表

1 症状多发生在老组织上(缺乏 N、P、K、Mg 和 Zn)	
1.1 不易出现斑点	
1.1.1 新叶淡绿,老叶黄化枯焦,早衰	缺氮
1.1.2 茎叶暗绿或呈紫红色,生育期推迟	缺磷
1.2 容易出现斑点	
1.2.1 叶尖及边缘先枯焦,症状随生育期而加重,早衰	缺钾
1.2.2 叶小,斑点可能在主脉两侧先出现,生育期推迟	缺锌
1.2.3 脉间明显失绿,有多种色泽斑点或斑块,但不易出现组织坏死	缺镁
2 症状多发生在幼嫩组织上(缺乏 B、Ca、Fe、S、Mn、Mo 和 Cu)	
2.1 顶芽容易枯死	
2.1.1 茎叶软弱,发黄焦枯,早衰	缺钙
2.1.2 茎叶柄变粗、脆,易开裂,开花结果不正常,生育期延长	缺硼
2.2 顶芽不易枯死	
2.2.1 新叶黄化,失绿均一,生育期延迟	缺硫
2.2.2 脉间失绿,出现斑点,组织易坏死	缺锰
2.2.3 脉间失绿,发展至整片叶淡或发白	缺铁
2.2.4 幼叶萎蔫,出现白色斑点,果穗发育不正常	缺铜
2.2.5 叶片生长畸形,斑点散布在整片叶上	缺钼

4. 环境污染 环境污染主要包括空气、水源、土壤的污染,以及酸雨等。空气污染最主要

的来源是化工行业和内燃机排放的废气,如氟化氢、二氧化硫和二氧化氮等。这些污染物对不同植物的危害程度不同,引起的症状也各异。①臭氧(O_3):是最具毁灭性的污染物之一。病害症状是叶面斑驳或出现褪绿斑,有的植株矮化,提前落叶。②二氧化硫(SO_2):与湿气结合形成酸雨,对植物造成危害。豆科作物最敏感,病害症状是生长受抑制、叶片失绿、脉间漂白。③氢氟酸(HF):病害症状是叶缘(双子叶植物)或叶尖(单子叶植物)黄褐色枯死,并从叶片上脱落,病健交界处有狭长红褐色分界带。④过氧硝酸盐(PAN):主要导致“银叶”病状,叶色漂白,叶背面出现铜褐色。⑤氮化物(NO_2 、 NO):病害症状是幼嫩叶片上叶缘变色(红褐、亮黄褐)。⑥氯化物(Cl_2 、 HCl):病害症状是叶色漂白,脉间出现坏死斑,叶缘焦枯,小叶卷曲并提早落叶。⑦乙烯(CH_2CH_2):病害症状是偏上性生长,叶片早衰,植株矮化,花、果减少等。

5. 药害 农药、化学肥料使用浓度过高或用量过大,或者使用时期不适宜均会对植物造成伤害。有时药害发生快,施药后 2~5 天即可发生,且症状明显,被称为急性药害,表现的症状常常在叶面上或叶柄基部出现坏死的斑点、条纹、失绿、黄化、畸形、落叶、穿孔和焦灼等,严重时凋萎脱落。有的药害表现较慢,称为慢性药害,主要表现为植物生长缓慢、枝叶稀疏、叶片变黄以致脱落;开花减少,结实延迟,果实变小,籽粒不饱满,品质下降甚至早期落果,种子发芽率降低等。

二、植物病害的症状

植物病害的症状(symptom)是植物与病原相互作用的结果,是植物的一种表型现象。其中寄主植物本身的不正常表现称为病状,病原物在病部的特征表现称为病征。病害症状分为内部症状与外部症状两类,内部症状是植物受病原物侵染后的细胞形态或组织结构的变化。一般可以通过光学显微镜和电子显微镜进行观察,在受害细胞或组织中出现内含体、侵填体和胼胝质等。外部症状是病变出现在植物的组织或器官表面,肉眼或放大镜下就可以识别的外部病态特征。

(一) 病状及其类型

植物上常见的病状通常包括 5 种类型,即变色、坏死、萎蔫、腐烂和畸形。

1. 变色(discolouration) 是指植物发病后色泽发生改变。一种表现为整个植株、叶片或者叶片的一部分均匀地变色,主要表现为褪绿和黄化。另一种为不均匀变色,病株叶片色泽浓淡不均,主要表现为花叶和斑驳。花叶是叶片上形成不规则的杂色,不同变色部分的轮廓很清楚。当变色部分的轮廓不很清楚时,这种症状就称作斑驳。其他常见的变色类型还有条纹、条斑或条点、脉间花叶、脉带、脉明等。

2. 坏死(necrosis) 是植物细胞和组织的死亡,因受害部位不同而表现各种症状。一般有明显的边缘,形成各种各样的斑点。叶部常表现为叶斑和叶枯。叶枯是指叶片上较大面积的坏死,枯死轮廓不明显。根据病斑的特点、颜色、形态及大小可以有不同的名称,如具轮纹的斑点称作轮斑或环斑,具有不同的颜色称作褐斑、黑斑、紫斑、灰斑等,具有不同的形态及大小的称为角斑、条斑、圆斑、大斑、小斑等。果实和枝条表现疮痂症状,斑点表面粗糙,稍微凸起。果树和树木枝干的组织坏死,表现为溃疡(canker)。幼苗根颈部的坏死,表现猝倒(damping off)或立枯。

3. 腐烂(rot) 是植物细胞和组织较大面积的消解和破坏。腐烂分为干腐、湿腐和软腐。根据腐烂的部位不同,又可分为根腐、基腐、茎腐、果腐、花腐等。

4. **萎蔫(wilt)** 是植物局部或整株由于失水而丧失膨压,使枝、叶萎垂的现象。萎蔫分为病理性萎蔫和生理性萎蔫。病理性的萎蔫大多不能恢复,会导致植株死亡。生理性的缺水萎蔫,早晚仍能恢复的,称为暂时性萎蔫;出现后不能恢复的,称为永久性萎蔫。根据受害部位的不同可分为局部性萎蔫和系统性萎蔫。萎蔫病害常无外表的病征。

5. **畸形(malformation)** 是指植株受害后而表现异常生长,多数形成各种畸形症状。可分为增大、增生、减生和变态4种。①**增生(hyperplasia)**:是指病组织生长发育过度,局部病组织膨大,形成肿瘤或癌肿,如苹果、桃的根癌病等。植物的根、茎、叶上均可形成瘤肿或菌瘿;病株枝条或根部形成丛枝或发根等。②**增大(hypertrophy)**:是指病组织的局部细胞体积增大,但数量并不增多,如根结线虫分泌毒素刺激根部增大而形成巨型细胞,外表略呈瘤状凸起。③**减生(hypolasia)**:是指植物发生抑制性病变,生长发育不良,造成植株的矮缩、矮化、小叶、小果等症状。④**变态或变形**:如花变叶(phyllody)、叶变花、扁枝和蕨叶(fern-leaf)等,如枣疯病表现的一种症状即为花变叶。

(二) 病征及其类型

病征(sign)是指病原物在植物病部表现的一些特有特征。常见的病征类型有粉状物、霉状物、点状物、颗粒状物、索状物、脓状物等。

1. **粉状物** 引起植物病害的某些真菌在病部产生一定量孢子后所表现的特征,包括黑粉状物、白粉状物、锈粉状物等。黑粉状物多着生于被破坏的植物器官、组织及肿瘤的內部,如玉米瘤黑粉病、小麦散黑穗病等。白粉状物多见于植物病部表面,如小麦白粉病、瓜类白粉病等。锈粉状物多在植物表皮下形成,使表皮隆起呈疱状,表皮破裂后散出白色或铁锈色粉状物,如小麦的3种锈病、十字花科蔬菜白锈病等。

2. **霉状物** 由各种真菌的菌丝、孢子梗及孢子所构成,是植物真菌病害中最常见的病征类型。霉层的颜色、形状、结构、疏密等变化较大。霜霉状物多数为白色,如白菜霜霉病;也有灰色和紫色的,如黄瓜霜霉病。绵霉状物是在高湿情况下产生洁白、均匀的霉层,常伴随腐烂病状,如瓜类绵腐病。毛霉状物的霉层丰厚,初期白色,后转为黑白相间,或表面密生一层黑色球状体。青霉、绿霉多发生于各种果实、块根、块茎的腐烂部位,颜色青绿;灰霉多发生于各种果实、叶片等上,一般为鼠灰色。

3. **点状物** 多为许多病原真菌的繁殖器官,褐色或黑色,不同病害所形成的点状物的形状、大小、凸出表面的程度、密集或分散、数量的多少各不相同,如苹果炭疽病、苹果树腐烂病等。

4. **颗粒状物(菌核)** 是真菌菌丝交结形成的一种致密的组织结构,呈颗粒状。形状、大小差别很大,初期为淡色,后期多数黑色,常伴随整株或局部的腐烂或坏死产生,此类病害多称为菌核病,如油菜菌核病、水稻小菌核病等。

5. **索状物** 是真菌菌丝交结形成的一种致密的组织结构,呈绳索状,又称根状菌索。患病植物的根部表面产生紫色或白色的菌丝索,如苹果紫纹羽病、白纹羽病等。

6. **脓状物** 多数细菌性植物病害在病部表面溢出含菌体的液滴或弥散成菌液层,白色或黄色,干涸时成菌胶或菌膜,常带有难闻的异味,如黄瓜细菌性萎蔫病、白菜软腐病等。

植物病害的症状是稳定的。多数情况下,某种植物在发生一种病害后只出现单一症状,如斑点、腐烂、萎蔫或癌肿等。但是,植物病害的症状又是复杂、多变的,如在不同阶段或不同抗性的植物品种上,或者在不同的环境条件下同一病害出现了不同类型的症状。例如,谷子白发