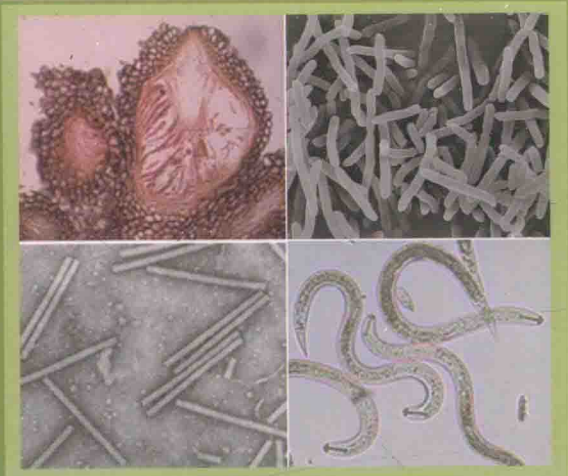


Zhiwu Bingyuan
Weishengwuxue

植物病原微生物学

张国珍 主 编

张力群 周 涛 副主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

植物病原微生物学

张国珍 主 编
张力群 周 涛 副主编

中国农业大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书力求完整地、系统地反映植物病原微生物学的基本内容,反映微生物分类系统的新变化以及植物病原物研究的新动向。在介绍微生物学基本概况的基础上,重点介绍了4大类植物病原物,即植物病原菌物、植物病原原核微生物、植物病毒和植物病原线虫,包括它们的基本概念、形态和结构、命名和分类、主要生物学特性以及所致植物病害。对有益菌物、原核生物、病毒和线虫的利用情况做了简要介绍。书后附有实验指导,便于部分教学内容的实践。

本书面向高等农业院校植物保护、农学和园艺等专业的本科生,也适用于其他相关专业的本科生教学,或作为农业科研人员和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

植物病原微生物学/张国珍主编. —北京:中国农业大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5655-1669-6

I. ①植… II. ①张… III. ①植物-病原微生物 IV. ①S432

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第186441号

书 名 植物病原微生物学

作 者 张国珍 主编

策 划 孙 勇

责任编辑 韩元凤

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

规 格 787×980 16开本 15印张 274千字

定 价 32.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写人员

主 编 张国珍

副主编 张力群 周 涛

参 编 (按姓氏字母为序)

陈旭君 范在丰 简 恒 刘 倩
罗来鑫 吴学宏 杨 俊 张 燕

编写说明

随着生命科学和现代生物技术的不断发展,人们对生物的认识不断深入,微生物的分类地位和分类系统发生了较大变动。为适应现代农业和植物病理学发展的需要,满足新形势下高等农业院校植物保护、农学、园艺等专业对植物病原学教学内容的需求,我们组织编写了《植物病原微生物学》,力求完整和系统地反映植物病原微生物学的基本内容,反映微生物分类系统的新变化以及植物病原物研究的新动向。

尽管线虫不属于微生物的范畴,但在植物病理学中,一直将植物线虫作为病原物的一部分。本书将植物线虫也列入其中。本书内容共分为五章,第一章为绪论,介绍微生物和植物病原学的基本概况,第二章至第五章依次介绍植物病原菌物、植物病原原核微生物、植物病毒和植物病原线虫。在第二章至第四章中,各有一节分别介绍有益菌物、有益原核微生物和病毒的利用,拓展学生对微生物的全面认识。书中病原物的形态图有两种形式,手绘图线条清晰、简单,模式化;显微拍摄图片自然和真实。在每章后列出了相应的思考题,便于学习者掌握知识要点和复习。书后附有实验指导,便于部分教学内容的实践。

本书面向高等农业院校植物保护、农学、园艺等专业的本科生,也适用于其他相关专业的本科生教学,或作为农业科研人员和相关专业研究生的参考书。

《植物病原微生物学》自2010年秋季开始编写,以讲义形式在中国农业大学植物生产类专业本科生中试用5年,期间经过了几次修改和不断完善。但由于编者水平所限,书中错误仍在所难免。我们殷切盼望广大读者在使用过程中提出宝贵意见和建议,以便进行更正和提高。

编者

2016年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 微生物的基本知识	1
第二节 植物病原物的概念	5
第三节 植物病原物所致病害	7
第四节 植物病原学的发展历程	10
第二章 植物病原菌物	18
第一节 菌物的概念和一般特征	18
第二节 菌物的形态和细胞结构	19
第三节 菌物的生长和繁殖	27
第四节 菌物的生活方式	34
第五节 菌物的遗传变异	35
第六节 菌物的分类、命名和鉴定	38
第七节 植物病原菌物的特性	46
第八节 真菌界代表属介绍	50
第九节 藻物界代表属介绍	76
第十节 原生动物界代表属介绍	79
第十一节 有益菌物的利用	81
第三章 植物病原原核微生物	85
第一节 常见细菌的形态与结构	85
第二节 其他类群的细菌	103
第三节 细菌的培养和生长	108
第四节 细菌的繁殖	111
第五节 细菌的遗传和变异	112
第六节 原核微生物的分类	114
第七节 重要代表性植物病原细菌介绍	124
第八节 有益原核微生物的利用	136

第四章 植物病毒	141
第一节 病毒的定义和形态结构	142
第二节 植物病毒引起的症状和寄主范围	146
第三节 植物病毒基因组复制、表达与变异	148
第四节 植物病毒的侵染、移动和传播	159
第五节 植物病毒的分类与命名	165
第六节 类病毒、卫星病毒和卫星核酸	167
第七节 植物病毒的检测和鉴定	171
第八节 重要的植物病毒属及代表性成员	174
第九节 植物病毒的利用	181
第五章 植物病原线虫	183
第一节 线虫的基本形态和分类	183
第二节 植物线虫的生物学特性	188
第三节 植物线虫的危害和致病特性	191
第四节 重要的植物线虫及其所致病害	193
第五节 有益线虫的利用及在土壤生态系统中的作用	198
实验指导	200
实验室规则	200
实验一 普通光学显微镜的使用	201
实验二 培养基的制备及灭菌	203
实验三 细菌的形态观察及染色	207
实验四 土壤微生物的分离和计数	211
实验五 无性型真菌和卵菌的形态学观察	213
实验六 真菌界代表属的形态学观察	218
实验七 微生物大小和数量的测定	221
实验八 土壤中线虫的分离及形态观察	225
实验九 应用胶体金免疫层析试纸条检测植物病毒	226
实验十 有益微生物的利用	229
参考文献	231

第一章 绪 论

第一节 微生物的基本知识

一、微生物的概念

微生物通常是指一切肉眼看不见或者看不清楚的微小生物的总称。“微生物”一词并非生物分类学上的分类单位和术语,所以也没有标准的定义。人眼睛的分辨力一般在 0.1~0.2 mm,更小的生物需借助显微放大设备才能观察清楚。微生物包括原核生物中的细菌和古生菌,真核生物中的菌物、单细胞藻类和原生动动物,以及非细胞生物病毒、朊病毒等。病毒和朊病毒虽然没有细胞结构,但能在活细胞中完成自身复制,且形态微小,只有在电子显微镜下才能观察到,所以也归为微生物。微生物的大小一般都在 1 mm 以下,但有些微生物的繁殖体却并非微小,如生活中常见的蘑菇,即是大型真菌的子实体。中国发现的一种叫椭圆嗜蓝孢孔菌的子实体长达 10 m,重 0.5 t,是世界最大的真菌。

二、微生物的主要类群

1. 原核微生物

指没有真正的细胞核,仅有原始拟核(核区),由细胞膜和细胞壁或只有细胞膜包围的单细胞微生物,包括细菌和古生菌。它的核区外没有核膜包围,DNA 以双链闭环分子形式存在,核区中不含组蛋白。原核细胞中主要的细胞器是核糖体,没有真核细胞中由质膜包被的细胞器,如高尔基体、内质网、线粒体等。许多细菌能够侵染人和动物,并造成重大灾难,如人类的鼠疫、霍乱等;也有一些细菌可侵染植物,引发植物的细菌病害,造成农作物产量和品质下降。

2. 真核微生物

包括菌物(真菌、卵菌等)、原生动动物、单细胞藻类等。指具有真正的细胞核和核膜,能进行有丝分裂,细胞质内存在线粒体或同时存在叶绿体等多种细胞器的微生物。菌物是微生物中造成植物病害最多、危害最严重的类群,如马铃薯晚疫病曾

在 19 世纪造成爱尔兰的大饥荒,20 世纪 40 年代由于水稻胡麻斑病流行造成的孟加拉大饥荒饿死上百万人。人和动物的真菌病害相对较少,生活中常见的手足癣就是真菌侵染所致。

3. 病毒

病毒是微小的非细胞生物。是一套核酸模板分子,通常包裹在由蛋白质或脂蛋白组成的保护性的衣壳中,只能在适当的寄主细胞内完成其自身的复制。病毒能够侵染许多细胞生物,包括细菌、真菌、植物、动物等,并在动物和植物上引起多种病害,如人类的流感、艾滋病(获得性免疫缺陷综合征)等。但每一种病毒侵染的寄主范围有明显的专化性,如侵染动物的病毒一般不能侵染植物。

4. 朊病毒

与病毒类似,朊病毒也是非细胞生物。但与病毒不同的是朊病毒不含其他生物所共有的遗传物质,而只是一类具有侵染性的蛋白质分子。如侵染人和动物脑部导致疯牛病的病原即是朊病毒。朊病毒的侵染和复制机制尚不清楚。

三、微生物的特征

微生物大多以单细胞形态存在,或细胞首尾相连呈串状或丝状(菌丝)。有些微生物具备了多细胞的结构,但远不能与动植物高度分化的组织和器官相比。相对简单的结构和漫长的进化演变历史,使微生物具备了以下突出的特点:

1. 个体小、比表面积大

微生物的个体微小,如杆状细菌长约 $2\ \mu\text{m}$,宽约 $0.5\ \mu\text{m}$,1 500 个杆菌细胞首尾相连,总长度约等于 1 个芝麻粒的长度。80 个杆菌细胞纵向排列,总宽度约等于 1 根头发丝的粗度。如果设定人的比表面积(个体的表面积与体积之比)是 1,那么大肠杆菌的比表面积为 30 万。

2. 吸收多、转化快

由于微生物比表面积大得惊人,非常有利于通过体表吸收营养和排泄废物。而且,微生物的食性非常广泛,动植物不能利用的大量物质,甚至剧毒物质,微生物照样可以当作美味佳肴。如大肠杆菌在合适的条件下,每小时可能消耗相当于自身重量 2 000 倍的糖,而人体要完成这样规模的消耗则需要 40 年之久。

3. 生长旺、繁殖快

大肠杆菌在理想条件下 20 min 繁殖 1 代,理论上每昼夜可繁殖 72 代。当然,细菌数量的高速倍增只能维持几个小时,不可能无限制地繁殖。在培养液中的细

菌数量一般仅能达到每毫升1亿~10亿个,最多达到100亿。尽管如此,它的繁殖速度仍比高等生物高出千万倍。比如在肠道中,大肠杆菌大约每12h繁殖1代,一年可繁殖700多代。一个人的寿命按75岁计算,自出生时就栖居在人肠道的大肠杆菌可繁殖50000代以上;而人类自出现以来10万年的历史中,大约仅繁衍了5000代。

4. 适应性强、易变异

微生物对环境尤其是对极端环境有着惊人的适应能力,如多数细菌能耐 $0\sim-196^{\circ}\text{C}$ 的低温;嗜盐细菌能在饱和盐水中正常生活,一些细菌能耐受极端的pH条件(pH $1\sim10$),或耐受地表或海平面以下数千米的黑暗高压环境。产芽胞细菌和真菌孢子在干燥条件下能存活几十年至几百年;耐缺氧、耐毒物、抗辐射等特性在微生物中也很常见。

尽管微生物的变异概率小,只有百万分之一至百亿分之一,但由于繁殖快,群体数量大,短时间即可以形成变异后代的群体,适应环境的变化。

5. 分布广、种类多

微生物几乎无处不在,人体皮肤、口腔甚至肠胃都有许多微生物。据粗略估计,一个人的细胞总数约 10^{13} 个,而栖居在肠道、口腔、皮肤等的微生物总和却能达到 10^{14} 个,1mL肠液中的微生物数量比全世界的人口数量还要多。可以说人类是生活在微生物的汪洋大海之中,“深在菌中不知菌”。土壤是各种微生物生长繁殖的大本营。在肥沃的土壤中,每克土约含20亿个微生物,即使是贫瘠的土壤,每克土中也含有3亿~5亿个微生物。

四、微生物与人类的关系

微生物是最早出现在地球上的生物。在地球约45亿年的历史中,化石证据表明微生物已经存在了35亿年,而且至今也是整个地球生命的基础。微生物与人类的关系可以简单概括为有益和有害两个方面,相应的微生物被称为有益微生物和有害微生物。

1. 有益微生物

(1)微生物在农业上起着非常重要的作用,整个农业系统在许多方面都依靠微生物的活动。如固氮细菌可以把大气中的氮(N_2)转变成植物可用于生长的含氮化合物,根瘤菌的固氮活动大大减少了植物对肥料的需求。某些反刍动物,如牛和羊的反刍消化过程中微生物是必需的,可以协助分解纤维素。在植物营养方面,微生物在碳、氮、硫等重要营养成分的循环中起着关键作用。土壤和水中的微生物可

将这些元素转化成植物容易利用的形式。而大量动植物死亡后,其有机物又被微生物分解为简单含碳、氮化合物,供给其他生物重新循环利用。因此,微生物在农业生产以及自然环境的生态平衡中起到举足轻重的作用。

(2)利用乳酸菌发酵可以生产奶酪、酸奶等奶制品,以及泡菜、酸菜等风味食品。烘焙面包和葡萄酒、啤酒等酒类的制造都基于酵母菌的发酵活动。人们日常生活中大量使用的调料和食品添加剂,如味精、木糖醇等,也是经微生物大规模工业发酵生产获得。

(3)在能源生产方面,部分天然气是在成岩作用早期,在富含有机质和强还原环境条件下,由甲烷细菌为主的微生物群体发酵产生。随着石油、煤炭、天然气等不可再生资源的日益消耗,新能源的开发已刻不容缓。微生物是21世纪开发新能源的主力之一,可通过微生物发酵大豆、蔗渣、废弃食用油等得到多种脂肪酸单脂的混合物,进一步加工形成用于机动车的生物柴油。某些微生物还可以通过代谢产生氢气、乙醇等作为能源物质,甚至可将微生物产生的化学能转化为电能,进行微生物发电。

(4)微生物在环境修复中起到重要作用。人类活动产生的污染物通过各种途径进入土壤,超出了土壤的容纳和净化能力就会造成土壤污染。土壤污染已经成为全球性的重要问题,主要污染物为有机污染物和重金属等。土壤中的有机污染物,如农药、石油工业产物等,大部分可被微生物分泌的胞外酶降解,或将有机污染物吸收到胞内降解。细菌还对重金属有很强的吸附能力,可以通过氧化减轻重金属的毒性,从而减轻其对植物的危害。

(5)在人类健康和疾病防治方面,微生物也起着积极的作用。现代医学认为人体与所携带的微生物是一个共生体。肠道微生物菌群在维持人体健康中所起的作用远远超出人们的想象,这些微生物可为人体提供自身不具备的酶和生化通路,影响人体营养、免疫和代谢。其作用相当于人体后天获得一个“器官”。大量研究证明肠道菌群失调与肥胖症以及相关代谢疾病,如糖尿病、脂肪肝、高血压等密切相关。用于医药的抗生素绝大多数也是微生物发酵产生的次生代谢物,如青霉菌发酵可产生青霉素,链霉菌发酵可产生链霉素、红霉素等。用于免疫接种的疫苗也来源于微生物或其代谢产物,将病原细菌或病毒灭活或减毒处理,接种人体后可激活免疫系统,再次遇到相同的病原物侵染时,就会阻止其造成伤害。因为疫苗的广泛使用,由病毒引起的天花在全世界范围内得到根除,脊髓灰质炎等疾病也得到有效控制。据世界卫生组织统计,疫苗接种每年可减少200万~300万人口的死亡。

2. 有害微生物

(1)对人类的危害 在细菌、真菌、原生动物、病毒中,都有可以侵染人体,导致

疾病的病原。有些病原微生物严重威胁人类健康甚至生命,如获得性免疫缺陷病毒(HIV)、近年发现的对抗生素产生耐药性的“超级细菌”等。2014—2015年由埃博拉病毒(Ebola virus)引起的急性出血热性传染病第一次在西非暴发,造成近3万人感染,1万多人死亡。由分枝杆菌侵染造成的肺结核是严重影响人类的细菌病害,据估计,全球每年有1%的人口会受到这种细菌的感染,在落后的发展中国家造成上百万人死亡。烈性细菌侵染可能在人群中造成严重的瘟疫流行,人类历史上最致命的瘟疫是由鼠疫耶尔森氏菌引起的黑死病,曾数次肆虐欧洲和亚洲,造成全世界7500万人死亡。

(2)对动物的危害 与人类相似,动物也会受到多种微生物的侵染发生疾病,其中烈性传染病也会造成严重损失。如病毒引起的牛瘟在18世纪的欧洲流行,1713—1766年仅法国有1100万头牛病死;新中国成立前的30~40年代,每年因牛瘟病死的牛有100万~200万头。很多侵染动物的病原微生物也可以侵染人类。已经证实的人与动物共患的传染病和寄生虫病超过250种,我国已经确认的有90多种。当前最重要的此类传染病有狂犬病、炭疽病、布氏杆菌病、沙门氏菌病、禽流感等。因此,对动物病害的研究也与人类健康密切相关。

(3)对植物的危害 植物病原菌物、细菌、病毒等可以引起多种植物病害,造成农作物减产、农产品霉变等,详见后面各章病原物的介绍。需要指出的是在一般情况下,侵染植物的病原微生物并不能侵染动物和人类,但农作物(尤其是新鲜蔬菜)上有可能携带人类致病菌。近年来国际上多次发生蔬菜携带人类致病菌引发的食物中毒事件,如1996年7月日本大阪的堺市(Sakai)发生6000多名小学生食物中毒事件,后查明是因为生食芽菜中带有大肠杆菌O157造成。

第二节 植物病原物的概念

一、植物病原物的概念

影响植物的正常生长发育进而引起病害的生物统称为病原生物,简称为病原物(pathogen)。有些危害植物的生物,则不包括在病原物的研究范畴。如昆虫、螨类取食植物造成的危害,啮齿动物及其他大型动物取食植物造成的破坏,田间杂草影响作物的生长发育等。寄生性和致病性是病原物的两个共同属性。寄生性是指病原物在寄主植物体内获得营养物质而生存的能力,致病性是指病原物具有的破坏寄主植物和引起病变的能力。

二、植物病原物的类群

植物病原物主要包括以下几个类群：

- (1) 菌物 除真菌界的生物以外,还包括卵菌、根肿菌、黏菌等;
- (2) 原核生物 包括有细胞壁的细菌和无细胞壁的植原体、螺原体等;
- (3) 病毒、类病毒
- (4) 线虫
- (5) 寄生性种子植物

各主要病原物与寄主植物细胞的相对大小关系见图 1-2-1。

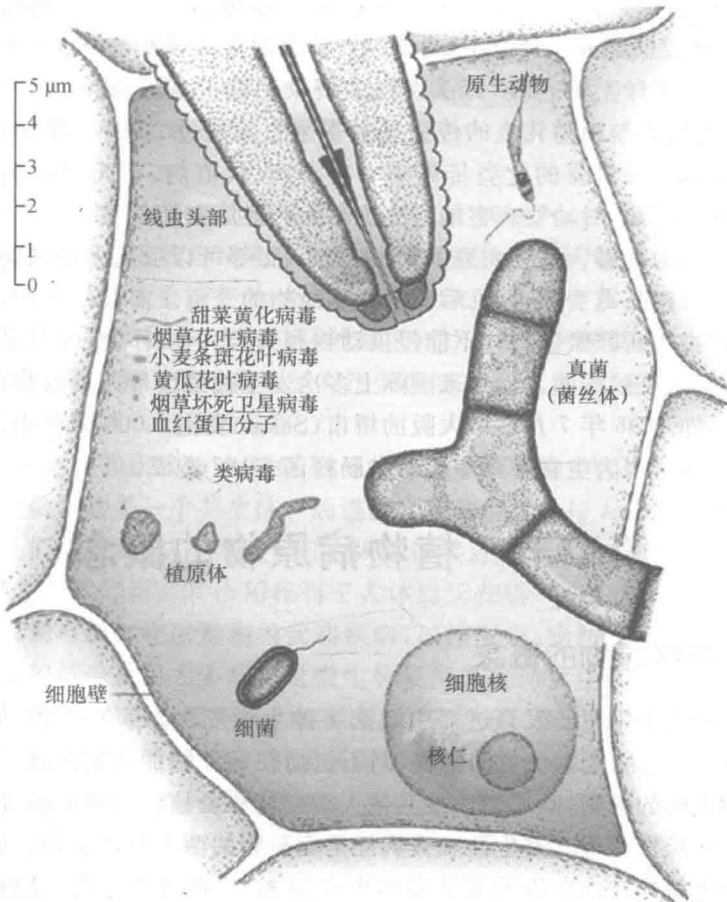


图 1-2-1 各类植物病原物的相对大小及与植物细胞关系的示意图

(引自 Agrios《植物病理学》(第 5 版),沈崇尧主译,2009)

鉴于各类植物病原物的重要性以及寄生性种子植物并非微生物的范畴,在植物病理学中,线虫一直被视为病原物,本书涉及的植物病原物类别包括前4类,其有关特征和特性将在各章分别加以介绍。

第三节 植物病原物所致病害

一、植物病原物所致病害的实例

1. 马铃薯晚疫病

历史上,不乏因植物病害造成作物严重损失的例子,如19世纪马铃薯晚疫病造成爱尔兰大饥荒。在1800年左右,马铃薯由中南美洲引入欧洲,成为爱尔兰人的主要食物,那时只有少数富人吃得起面包和猪肉。

1845年一种不为人知的病害(现在称为晚疫病)在马铃薯上发生和蔓延,造成爱尔兰人赖以生存的马铃薯绝产,口粮的产量减少约60%。饥饿、痢疾和伤寒在农民中肆虐,多数幸存者迁往美国和加拿大。据估计,当时有100多万爱尔兰人饿死,占到当时人口的1/8,大约200万人被迫移民。

在1845年马铃薯晚疫病毁灭性暴发后的16年里,“是什么引起了马铃薯晚疫病?”这个难题一直在困扰着人们。直到1861年,安东·德巴利(Anton de Bary)用简单的试验证明了马铃薯晚疫病是由一种真菌(现在称为卵菌)引起的。德巴利种了两组健康的马铃薯块茎,其中一组喷洒了来自发病植株上的孢子。当块茎萌芽后,未接种的块茎上长出了健康的植株,而喷洒过病菌的块茎上长出的植株却很快萎蔫死亡。德巴利重复这个试验,都是只有处理过的块茎被病菌侵染,长出的植株也有被侵染的症状。被称为致病疫霉(*Phytophthora infestans*)的卵菌就是引起当年马铃薯晚疫病的病原菌。

2. 玉米小斑病

玉米小斑病,也称为南方玉米叶枯病。通常在美国不造成严重危害,但20世纪60年代,美国玉米种子开始使用细胞质雄性不育的种质(T型细胞质)进行育种,到60年代末美国85%的玉米杂交种都是由T型细胞质雄性不育系配制的。当时,此类杂交种对玉米平脐蠕孢(*Bipolaris maydis*)的一个新小种即T小种高度感病,表现为叶片枯萎、茎秆和穗轴腐烂。T小种的菌株对T型细胞质的玉米具有高度的毒性。

1970年2月,美国佛罗里达州发现以前对玉米平脐蠕孢具有抗性的杂交玉米

上有玉米小斑病发生。5月,玉米小斑病在美国南部蔓延开来。同年7—8月天气条件利于病原菌向北扩散。7月的热带风暴使云层从墨西哥湾移到中西部,T小种随之到达玉米带中心,那里的气候适合T小种的侵染和繁殖。由于85%的玉米是感病品种,因此导致玉米小斑病大流行。南部田块损失达100%,印第安纳州和伊利诺依州平均损失为20%~30%。据推测美国当年玉米总产量减产15%,约2000万t,折合经济损失约10亿美元。

二、植物病害造成的损失

1. 植物病害造成农产品产量和品质下降

植物病害引起损失的类型和数量随植物或植物产品的种类、病原物、地区、环境、采取的防治措施以及这些因素的综合作用变化而不同。如澳大利亚小麦生产每年因病害损失90亿澳元,每公顷平均损失约75澳元,几乎占到小麦产值的20%。对大多数病害来说,产量损失主要发生在田间,部分发生在贮藏期,如水果、蔬菜、谷物和植物纤维在贮藏时发生的腐烂。据估计,我国水果采后病害造成的损失可占总产量的20%~30%。其中有些严重损失是由植物产品品质下降造成的,如出现在果实、蔬菜上的叶斑、疮痂、污斑等虽然对产量影响不大,但产品品质低劣会导致其商品价格下降。

2. 植物病害影响物种分布和工业产业

植物病害会影响一定地理区域内生存的植物种类。例如,20世纪初,美国从佐治亚州和密西西比州的南部经缅因州和密歇根州的北部到加拿大的安大略湖,一段数百英里宽的区域内,森林中最常见的就是美洲栗树。但在1904年,纽约动物园的美洲栗树发生了疫病,表现为部分枝条的叶片变褐、死亡,并迅速传到了北美洲东部,以至于到20世纪20年代,北美的所有栗树自然生长区都有这种病害发生,给栗树带来毁灭性的危害。经病害诊断,栗疫病是由一种真菌(*Cryphonectria parasitica*)引起的。到20世纪中期,约35亿棵美洲栗树因栗疫病死亡,美洲栗在北美几乎绝种,不仅影响到木材经济,以板栗为食的松鼠数量也大幅度减少,甚至导致几种昆虫濒临灭绝。美洲栗成为近代第一个因一种植物真菌病害而濒临灭绝的树种。

另一个例子是荷兰榆病。美国榆树树体高大,树形优美,适宜观赏,在自然界与其他阔叶树混生,后来被早期北美的住户和移民用来美化街道。1930年,俄亥俄州克利夫兰市的一些榆树枝干的叶片开始出现枯萎、黄化,最后变为棕褐色。随后叶片脱落,枝干死亡。通常不到一年或在几年内,整株榆树就会死亡。荷兰榆病在北美传播得非常快,1956年跨过密西西比河,1973年到达太平洋沿岸各州。在传播过程中,

该病毁灭了大部分庭院、公园和道路旁的美国榆树。其中还曾彻底破坏了有“榆树之城”美誉的康涅狄格州纽黑文市的榆树景观。荷兰榆病由真菌(*Ophiostoma ulmi*)引起。这种真菌通过两种榆小蠹传播到健康榆树上。病原菌在榆树木质部导管扩展和繁殖,从而引起导管堵塞,水和矿物质便无法从根运输到堵塞处之上的部位,最终导致整棵树死亡。至20世纪末,北美榆树的数量较20世纪初减少了75%。

柑橘是美国佛罗里达的支柱产业,种植面积超过20万 hm^2 ,年产值90亿美元,是除巴西以外世界上第二大柑橘产地。由细菌引起的柑橘溃疡病曾多次重创了佛罗里达的柑橘产业,病菌侵染危害叶片、枝梢和果实,造成溃疡斑、落叶、落果、影响树势、果实商用品质降低等。1984—1986年该病害暴发导致共销毁了大约2000万株柑橘,价值2500万美元。为防止该病害的蔓延,佛罗里达州立法要求将距离感病株1900英尺(等于579m)以内的所有柑橘树全部铲除。目前佛罗里达每年要花费1200万美元和600多人用于溃疡病的防控工作。

3. 植物病原菌产生有毒物质

曾被人们称为“圣·安东尼之火”的麦角中毒,是因为人畜食用了麦角菌侵染的谷物。麦角病能够明显降低谷物产量,但对粮食生产的主要影响是受侵染的部分不再适合食用。麦角含有许多生物碱等活性物质,主要损害脑部和循环系统。受气象因素、寄主和产麦角的真菌种类、麦角病发生程度等多种条件的影响,麦角中毒症的严重程度和发病率各有不同。古代穷人和牲畜常食用的黑麦最易感病,而富人钟爱的小麦最为抗病。

现代小麦生产中赤霉病是主要病害之一,赤霉病菌侵染小麦不仅造成减产,还产生一种叫作脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)的毒素。DON毒素能造成人畜急慢性中毒,如呕吐、反应迟钝、站立不稳等,严重时可引起死亡。还有一些报道认为DON毒素可以致癌。1989年,在印度因食用受赤霉病菌侵染的小麦造成5万人中毒。我国在20世纪也有多起镰刀菌毒素污染粮食和动物饲料引起中毒事件的报道。因此,世界各国都对镰刀菌毒素在粮食和饲料中的含量上限做了明确规定,并在粮食加工和国际贸易中做严格检验。

4. 植物病害间接污染环境、增加了农业生产投入

植物病害除了直接影响产量和品质外,还会间接引起许多其他方面的经济损失。例如,农民可能会迫不得已种植一些相对产量低、生产成本低或盈利少的抗病品种。他们可能不得不使用化学防治,因而增加了农药、器械、劳动力费用的支出。植物病害会缩短农产品储存和货架时间,因而即使市场饱和、价格低廉的时候,种植者也不得不尽快出售农产品。

大量使用化学农药也会造成土壤和水污染,人畜受害,后期的修复治理工程投入巨大,得不偿失。例如,20世纪中叶大量使用有机汞杀菌剂防治植物病害,有机汞杀菌剂半衰期为10~30年,进入土壤后分解为无机汞,再以甲基汞的形式被植物吸收后,可引起人畜的慢性中毒。大量使用硫酸链霉素和土霉素等抗生素防治细菌病害,给环境中自然形成的细菌群落施加了巨大的抗生素压力,造成抗生素抗性菌株的大量出现,不仅使植物病害的防治愈加困难,也给人畜病害的抗生素治疗带来隐患。

第四节 植物病原学的发展历程

一、植物病原学的历史

植物病原学是研究植物病害发生原因的学科。植物病原学诞生的基础是微生物学,植物病原物中的绝大多数是微生物。

1676年,荷兰人列文虎克(Antony van Leewenhook, 1632—1723)对显微镜的镜片和构造做了重大改进,他用自制的显微镜第一次观察到了细菌,从而揭示出一个过去从未有人知晓的微生物世界,被称为微生物学的鼻祖。显微镜的发明燃起了人们使用显微镜观察微生物的极大兴趣,使得人们将微生物与植物病害联系起来成为可能。

1729年,意大利植物学家安东尼奥·米奇里(Pier Antonio Micheli, 1679—1737)出版了《植物新属》,其中描述了许多真菌的新属,阐明了它们的繁殖结构。他最先将葡萄孢属(*Botrytis*)、曲霉属(*Aspergillus*)和毛霉属(*Mucor*)的孢子置于新切的瓜片上,会长出与原先相同的真菌。因此,他推测真菌个体是由自身孢子长出的,而非自然发生的。他的工作为后来的真菌分类学及真菌形态学奠定了基础,《植物新属》的发表被认为是真菌学建立的起点。

路易斯·巴斯德(Louis Pasteur, 1822—1895)是法国的化学家、近代微生物学奠基人。他证明大多数侵染性病害是由微生物引起的。巴斯德的“病害的病原理论”(Germ Theory of Disease)是一个巨大的进步,改变了科学家们的思维方式。他始创并首先应用疫苗接种以预防狂犬病、炭疽病等。1796年,英国的贞纳(Edward Jenner)通过接种牛痘成功预防了天花,但当时并不了解这个免疫过程的机制。巴斯德研究了鸡霍乱,发现钝化病原体能诱发免疫反应,从而预防鸡霍乱病。随后他又研究了狂犬病和炭疽病,均证实了免疫学说。预防接种法的发现和完美对人类健康有重要的意义。巴斯德对发酵也作了深入研究,证明糖在不同微生物的作用下可以转变成酒精、乳酸或其他产物。不同微生物所要求的条件不同,