



植物病害 流行与预测

EPIDEMIC AND FORECAST OF PLANT DISEASE

肖悦岩 季伯衡 杨之为 姜瑞中 编著



中国农业大学出版社

重印说明

本书于 1998 年出版,作为《植物病害流行与预测》课程的主要参考教材,曾被多所高等农业院校采用并受到好评。目前应大家的要求,予以重印。

感谢同行和读者指出本书第一次印刷中出现的多处错误,我们在重印前进行了认真的修改,但限于水平,可能仍有错、漏,敬希读者指正。

编 者

2005 年 7 月 20 日

序

植物病害流行病学是植物病理学的一个重要分支。需要有一本简明课本,供农业院校本科生和研究生入门之用。这本书就是这样一本教材。

简明教材,内容就不能详尽无遗,但求核心体系健全、基础知识和方法具备,而且力求深入浅出,不陷入相关学科的艰深内容,篇幅剪裁适中,俾读者浏览全书,易于了解流行病学的全貌。然而,作为教材,又必须适当点出问题,启发兴趣,介绍文献,以便读者继续深入和广泛地学习。这本书基本上符合上述要求,或者说是朝着上述目标努力了。参编者都是多年从事植物病害流行病学教学的同志,亦有丰富的生产知识和科研实践,想必相当了解入门学生的需要,并使本书具有较好的实用性。

植物病害流行病学专著中,大多都以流行过程和流行因素的分析为核心,以时空动态、预测和管理为主线而建成框架的(如曾士迈 杨演,1986),这本书大体同此。掌握了这样一个基本框架,就便于从各个侧面展开和深入某一层级。

植物病害流行病学可以看作是植物病理学、生态学、遗传学和生物数学交叉学科,它的边界有些模糊,内容还在不断增加,或者说是在蠕动地扩大,它的体系也需要不断完善。已有专门研究流行病学研究方法和技术的专著(如 Kranz,1974;Kranz and Rotem,1988),也有的专著特别重视寄主和病原物群体间的生物学和遗传学相互作用(如 Leonard and Fry,1989 的第2卷专门讨论这方面问题)。这是不可忽视的基础工作,不论从理论角度看,还是从解决品种抗病性丧失和抗药性问题的实用角度看,都是十分重要的研究内容。近来,可持续发展战略又向农业乃至植物病理学提出了新的和更高的要求。预测和管理这类软科学问题日益成为各方面关注和研究的重要课题,其应用价值也决不亚于品种、化肥、农药等硬技术。为此,流行病学研究的时空尺度会越来越大。病害的超长期预测、病害系统的演化规律、病害宏观管理策略的研究、全球气候变化对病害系统的影响、地理植物病理学研究以及病害防治和生态环境保护等研究已经进入议事日程。我想,今后植物病害流行病学的发展,一方面,越来越需要分子植物病理学(在标记、探测、验证与机理研究上)和信息技术(在信息传递、加工与管理运用上)的有力支持,另一方面它会自然而然地走上宏观植物病理学的道路。

中国农业大学植物病理学教授 曾士迈
中 国 工 程 院 院 士

1998年7月1日

前 言

植物病害流行病学是植物病理学的分支学科之一。现代植物病害流行病学运用系统理论和生态学观点分析植物病害系统的结构、要素和相互关系,以病害群体动态的定量描述为核心,发展其理论和方法。该学科对拓宽读者的宏观认识和提高病害预测、防治能力会大有裨益。

1986年,曾士迈、杨演教授编著了国内第一本《植物病害流行病学》专著,推动了我国植病流行病学教学、病害预测和管理科学的发展。本书的流行病学基础部分即以该书为蓝本,吸收了十余年间国内外有关该学科的最新进展并结合作者多年的教学经验和科研实践编著而成。与前书相比,本书面向农业院校本科、专科生和植保工作者,可作为植病流行学的入门读物。

全书由流行病学基础、病害预测和病害管理三部分构成。由植物病害流行病学基本理论出发,探讨病害预测方法和防治策略,必将为合理地解决植物病害问题打下良好的基础。本书注重这种内在的联系,从流行病学中抽出“监测”和“预测”的内容,并加强预测方法的说明,组成本书的“病害预测”部分,旨在提高本书的实用性。在讲述预测方法时也没有按方法分类,一一介绍,而是以病害预测的主要问题为线索。尽管病害管理是流行病学的重要组成部分并最终体现其应用价值,但受篇幅限制,又由于近期出版了《植保系统工程导论》(曾士迈等,1994),部分院校也开设此课程或专题讲座,所以本书第三部分只是粗略点出有害生物综合治理或植保系统工程的几个问题,以引发读者的进一步思考。

国内许多教师正在讲授植物病害流行病学,辛勤耕耘中积累了许多宝贵的教学经验。为此,邀请了丁爱云、丁克坚、王家和、付俊范、许志刚、杨信东、张明厚、徐鸿润等同志审议了本书的编写大纲。本书的第1、2、12、13、14章由肖悦岩执笔;第3、4章由季伯衡执笔;第7、8章由姜瑞中和肖悦岩执笔;第9、10、11章由杨之为执笔,丁克坚、檀根甲分别撰写了第5、6章。肖悦岩负责统编全书并绘制插图。

本书被列入北京市普通高等学校教育教学改革试点项目(1996),得到北京市教育委员会的资助。在本书的整个编写过程中,始终得到了曾士迈教授的鼓励和支持。他高兴地接受我们的请求,主审本书并作序。在此一并表示感谢。

受作者专业水平和经验所限,书中难免有偏见和错漏,敬希读者指正。

编著者

1998年4月

目 录

第一部分 流行病学基础

1 绪论	(1)
1.1 植物病害流行	(1)
1.2 什么是植物病害流行病学	(4)
1.3 流行学的研究方法	(7)
1.4 与其它学科的关系	(7)
2 植物病害为什么会流行	(9)
2.1 有关生态学和系统论的概念	(9)
2.2 植物病害系统	(10)
2.3 病害流行因素分析	(15)
2.4 病害流行的遗传学基础	(19)
3 侵染过程与定量流行病学组分	(26)
3.1 病害循环和侵染过程的组分	(26)
3.2 侵染概率	(28)
3.3 ID-DI 曲线	(30)
3.4 潜育期、产孢量测定	(32)
4 植物病害流行的时间动态	(35)
4.1 病害流行类型	(36)
4.2 病害季节流行曲线	(38)
4.3 季节流行动态的基本模型	(39)
4.4 季节流行动态的其它模型	(45)
4.5 逐年流行动态	(48)
5 植物病害流行的空间动态	(52)
5.1 病原物传播	(52)
5.2 侵染梯度	(55)
5.3 病害传播	(57)
5.4 中程和远程传播	(62)
6 病害流行系统模拟	(66)
6.1 再谈系统理论和系统分析方法	(66)
6.2 模型和模拟	(68)
6.3 计算机模拟技术	(70)
6.4 病害系统计算机模型	(71)

第二部分 病害预测

7 预测概述	(78)
7.1 预测的由来、发展和意义	(78)
7.2 预测的概念	(79)
7.3 病害预测的原理	(79)
7.4 预测的基础和要素	(81)
7.5 预测研究的一般步骤	(82)
7.6 预测方法的类别	(82)
8 病害流行系统的监测	(85)
8.1 病害监测的一般问题	(85)
8.2 病害监测	(87)
8.3 病原物监测	(89)
8.4 寄主	(91)
8.5 其它要素	(94)
8.6 新技术	(95)
9 植物病害的预测方法	(96)
9.1 类推法	(96)
9.2 数理统计模型法预测的一般过程	(98)
9.3 单因素回归预测法	(101)
9.4 多元回归预测法	(106)
9.5 聚类分析预测法	(109)
9.6 时间序列分析法预测	(115)
9.7 专家评估法	(119)
10 损失估计和防治效果预测	(124)
10.1 损失的概念	(124)
10.2 作物病害损失的生理学	(125)
10.3 常见的损失估计模型	(127)
10.4 多种病虫害混合发生的损失预测	(130)
10.5 作物病害损失的研究方法	(132)
10.6 病害的防治效果	(133)
11 预测效果的检验和评价	(138)
11.1 预测的概率性	(138)
11.2 预测误差分析	(139)
11.3 预测准确度的检验方法	(141)
11.4 预测效益评估	(143)
11.5 预测中的问题	(146)

第三部分 病害管理

12 植物病害系统管理	(148)
12.1 病害管理原则.....	(148)
12.2 病害流行模型和病害管理策略.....	(151)
12.3 病害管理的要点.....	(154)
13 病害管理策略	(157)
13.1 有害生物综合治理(IPM).....	(157)
13.2 植保系统工程(PPSE).....	(160)
13.3 持续农业与持续植保.....	(160)
14 经济损失水平	(163)
14.1 研究进展.....	(163)
14.2 基本概念.....	(164)
14.3 <i>EIL</i> 的推算方法.....	(167)
参考文献	(170)

第一部分 流行病学基础

1. 绪论

植物病害流行是植物群体发病的过程和现象。植物病害流行病学则是研究植物群体发病规律、病害流行预测和管理的科学。现代植物病害流行病学采用生态学观点和系统分析方法,定量描述病害流行的时间和空间变化过程、影响因素和相互关系,逐步深化对植物病害宏观规律的认识,从而服务于植物病害预测和综合防治。

1.1 植物病害流行

1.1.1 概念

植物病害流行(plant disease epidemic)是指植物病原物大量传播,在一定的环境下诱发植物群体发病并且造成严重损失的过程和现象。病害流行通常是指由真菌、细菌、病毒、植物寄生线虫等生物因素引致的侵染性(或传染性)病害而言,表现为病原物数量的增加和一定的植物群体中病害数量(如病株数、病叶数、病穗数等)、病害严重程度随时间而增加,发病的空间范围也随之增大。

这里,“流行”主要作名词用,是指病害数量和分布空间随时间而变的种种现象。它可能派生出发生频率(或流行频率)的大小、变化速度(流行速率)的快慢、严重程度(流行程度)的高低等等概念。epidemic 也译作流行病,专指传染性强,可在短时间内大量增加和蔓延的一类病害,或称作流行性强的病害。“流行”如果作形容词或动词用,则多指病害数量变化很大,程度严重。如“某某病害大流行”,则含有突然蔓延造成灾害(disaster)以至爆发(outbreak)的意思。我国早在公元前 369 年就开始用“疫”表示流行,日本现在仍将流行病学称为“疫学”。

植物病害流行受多种因素的影响,其表现形式也会多种多样。稳态流行(endemic)是指在某地区早已存在、年年或经常发生而波动不大的流行状态,也有“常发病”之称。这是由于寄主和病原物经过长期的相互选择和协同进化,寄主抗病性和病原物致病性之间大体相当的结果。突发流行(explosive epidemic)是指在某地区以前没有,出现不久就迅速蔓延成灾的流行状态,也曾被高又曼(Gäumann, 1951)称作前进性流行(progressive epidemic)。这种状态往往发生在一种病原物自然地进入或人为地引入新区,由于当地寄主没有经受过该种病原物的选择而不具备抵抗能力所致。经过若干年以后,突发流行也可以变成稳态流行。以上两种状态是按进化论的观点和进化程度区分的,显然是与寄主—病原物协同进化时间有关。

1.1.2 历史上的重大事件

世界历史上有文献记载的植物病害流行事例很多(见表 1-1)。最早记载的一次是公元 857 年麦角病在欧洲莱茵河谷的流行,有数千人死于食物中毒。曾经给人类带来巨大灾难的莫过于 1845~1846 年在爱尔兰发生的马铃薯晚疫病大流行和 1942~1943 年水稻胡麻斑病在孟加拉的大流行,而 1970 年美国玉米小斑病大流行则是近代发达国家也难免植物病害流行的典型事例。植物病害流行除造成饥馑、死亡和财政损失外,也引起人类社会、饮食习惯、农业结构和耕作制度的种种变革。如 1870~1880 年咖啡锈病毁坏了斯里兰卡的全部咖啡生产,迫使英国人放弃喝咖啡的习惯,改饮茶水;葡萄霜霉病在法国的流行,提供了发明波尔多液的机遇。

表 1-1 国外植物病害流行的主要事例

年 份	流 行 及 后 果	文 献 出 处
857	首次记载,麦角病在莱茵河流域流行,死亡几千人	Carefoot and Sprott(1967)
1845~1846	马铃薯晚疫病在爱尔兰爆发,饿死 100 万人,逃亡 200 万人	Smith(1962), Bourke(1964), Carefoot and Sprott(1967)
1845~1860	葡萄白粉病在英国和法国流行,引起财政损失并导致一种蚜虫从北美引入	Large(1940), Carefoot and Sprott(1967)
1882~1885	葡萄霜霉病在法国流行,导致财政损失和发明波尔多液	Large(1940), Carefoot and Sprott(1967)
1870~1880	咖啡锈病在斯里兰卡流行,种植者财政破产和英国人改饮茶水	Large(1940), Carefoot and Sprott(1967)
1904~	栗树疫病在美国流行,毁坏了美国东部森林主要树种—美国栗树,引起财政损失	Hepting(1974)
1913	香蕉叶斑病在斐济西哥托卡河流域发生,导致财政损失	Carefoot and Sprott(1967)
1915~1923	香蕉巴拿马病在哥斯达黎加,巴拿马,哥伦比亚和危地马拉流行,造成财政损失	Carefoot and Sprott(1967)
1930~1935		
1916~1917	马铃薯晚疫病在德国流行,造成种薯匮乏,大量引种导致品种混乱程度居世界之最	Carefoot and Sprott(1967)
1930~	荷兰榆树病在美国发生,遮荫树种—美国榆树大面积减少,使房地产产值下降	Carefoot and Sprott(1967)
1942~1943	水稻胡麻斑病在孟加拉流行,引起孟加拉饥荒,饿死近 200 万人	Padmanabhan(1973)
1970	玉米小斑病在美国爆发,导致玉米减产 15%,计 165 亿 kg	Horsfall(1972)
1979~1980	烟草青霉病在美国东部和加拿大流行,引起财政损失	Lucas(1980)

摘引自 C L Campbell and L V Madden, 1990

在中国,危害农作物的重要病害有 550 多种。部分植物病害大流行的记载如表 1-2。其中最引人注目的是小麦条锈病在 1950 年、1964 年、1990 年的三次大流行和小麦赤霉病和水稻稻

瘟病的多次流行。当然,也正是这些事件促进了植物病理学的发展。

表 1-2 中国有记载的主要植物病害流行事例

病害名称	年份	流行情况及后果	文献出处
烟草黑胫病	40 年代	河南省流行,放弃老烟区	曾士迈(1954)
红麻炭疽病	50 年代	在华北流行,停种红麻	曾士迈(1956)
小麦腥黑穗	40 ~ 50 年代	冬春麦区普遍发生,病区发病率高达 10%~30%,造成巨大损失	农业植物病理学(1991)
甘薯黑斑病	1937~	1937 年从日本传入辽宁省盖县,逐步蔓延全国甘薯产区,1963 年,仅河南省烂薯 36.75 亿 kg,占 10%	中国农业年鉴(1974)
小麦条锈病	1950	减产 60 亿 kg,等于当年夏粮征购的总合,约相当于当时 3 千万人一年的口粮	
小麦条锈病	1964	全国主要麦区流行,减产 30 亿 kg	
小麦全蚀病	1970~	开始在山东烟台部分县市严重发生,后扩展到全国 18 省区	农业植物病理学(1991)
小麦赤霉病	1973	长江中下游发生 200 万 hm^2 ,损失 12 亿 kg 小麦,另有部分小麦不能食用	
玉米大斑病	1974	东北三省发生 200 万 hm^2 ,减产 20%	农业植物病理学(1991)
水稻白叶枯	1975~	急性凋萎型先在海南省南繁基地流行,目前已在南方 12 省区发生	农业植物病理学(1991)
小麦赤霉病	1985	北方麦区大流行,仅河南省就减产 8.5 亿 kg,另有大量小麦不能食用	
小麦黄矮病	1970	北方麦区大流行,仅陕西省就发生 667 万 hm^2 ,减产 2.5 亿 kg,甘肃庆阳,平凉,天水发生 13.3 万 hm^2 ,减产 1.5 亿 kg 左右	周广和等(1987)
小麦条锈病	1990	发生 657 万 hm^2 ,防治后仍损失 12.38 亿 kg	中国农业年鉴(1991)
小麦白粉病	1990	发生 1206.7 万 hm^2 ,损失 14.38 亿 kg	中国农业年鉴(1991)
水稻稻瘟病	1990	发生 392.3 万 hm^2 ,损失 10.37 亿 kg	中国农业年鉴(1991)
水稻纹枯病	1990	发生 1606.7 万 hm^2 次,损失 10.41 亿 kg	中国农业年鉴(1991)

突发的或新出现的病害流行往往由于缺乏防治经验而使人猝不及防,从而造成巨大损失,理当受到重视。然而经常发生或增长缓慢的病害也会酿成巨大的损失,如黑穗病、枯萎病和一些种传或土壤传播的植物病害。研究不同类型和不同程度的流行事例,有助于在比较中寻找有效的控制方法、战术和战略。

病害如果仅发生在少量植株上,对植物种群延续和农业生产不会造成危害。只有大量而集中的发病才会造成某种程度的损失乃至酿成灾害。人们之所以关切和研究植物病害,发展植物病理学,归根结底是因为植物病害流行所造成的损失巨大。出于防灾和减灾的目的,要研究流行的成因、过程、预测和控制方法。而只有从各种病害流行事件的观测和研究分析中,人类才能获得有关的认识。

1.2 什么是植物病害流行学

1.2.1 定义

植物病害流行学(plant disease epidemiology)是研究植物群体发病规律、预测技术和防治理论的科学,又称植物流行病学(plant epidemiology 或简称 epiphytology)。它通过观察、试验、模拟、定性或定量分析、综合,以掌握环境影响下寄主—病原物群体水平上相互作用而形成的时空动态规律,逐步深化对植物病害宏观规律的认识,从而服务于植物病害的预测和综合治理(曾士迈,1996)。

植物病害流行学作为植物病理学的一门分支学科,研究的仍然是植物病害现象,然而已从个体水平上升到群体乃至群落水平,注重群体属性和种群关系,并从寄生性、致病性、抗病性等生物学范畴向生物与环境、生态平衡等生态学领域扩展。现代流行学也已经从定性研究转入定量研究阶段,它更多地采用数值和模式来表述各种状态的时空变化规律,并且逐步增大时空跨度。同时,流行学在上述理论研究的基础上开展病害预测、损失估计、病害防治和管理等应用性研究。

1.2.2 学科历史 and 特点

流行学作为植物病理学向宏观方向发展的一个分支,也和许多学科一样,经历了经验一定性描述、动态一定量描述和理论—综合等发展阶段。在植物病害流行学发展史中比较重要的人和事件如表 1-3 所列。其中高又曼 1946 年关于侵染链的表述、弗劳尔(Flor)1946 年关于基因对基因的假说、范德普兰克(Vanderplank, 1960, 1963)开创定量研究和扎道克(Zadoks, 1978)的教材尤其具有里程碑的作用。近年则有伦纳德和弗赖伊(Leonard K J and Fry W E 1986, 1989)所著的《植物病害流行学》和坎贝尔等(Campbell and Madden, 1990)著的《植物病害流行学导论》。前者在第二卷中特别突出了遗传、抗病性对病害流行的影响和病害管理问题,后者则大量介绍了植病流行学的研究方法。

经过不断发展,现代植物病害流行学具有以下基本特点:

(1)群体和群落水平的科学。范德普兰克(1963)在《植物病害:流行和防治》一书中曾概括“流行学是群体中病害的科学”。与传统植物病理学相比,植物病害流行学侧重群体属性和运动规律的研究。例如,群体中个体数量的变化速率、不同性状(发育阶段、毒性…)个体的比例、完成某一过程(萌发、侵染……)个体的概率等。与群体的研究相适应,60 年代初,在范德普兰克(1960, 1963)倡导下,植物病害流行学进入了定量研究阶段。采用数字和数学模型来描述群体的属性和病害发生发展过程,使认识更加精确和丰富。例如,在传统植物病理学中认识到病程中有潜育期,甚至测定为几到几天(这已经带有定量的成分),现在进一步测定侵染后逐日显症的个体数并建立一种分布函数,则真实地反映了该群体的潜育属性。

(2)采用了生态学观点和系统分析方法,注重从整体上研究农田生态系统和植物病害系统的结构、功能、行为和历史演变。正如霍斯福尔(Horsfall, 1969)所指出的那样,应用一般系统论的观点和方法来研究复杂多变的流行学问题是现阶段植病流行学发展的一个重要动向,它引起流行学方法论的一些重要改变。也正是基于这种认识的提高,人们比以往任何时候都更全面合理地认识病害流行的原因、规律和管理理论。

(3)兼有基础学科和应用学科的双重性质。它在其母体植物病理学的侵染原理的基础上,

扩展了寄主与病原物群体互作、协同进化、流行阈值、流行当量等原理,同时以它们为基础,研究病害预测方法和防治策略。在应用性研究中,流行病学并不研究防治的具体技术(如药剂、抗病品种、生防菌等),而是研究如何综合、合理地运用多种防治技术,这又需要进行预测、效果效益评价、方案优化等。它们隶属于软科学范畴。

表 1-3 植物病害流行病学发展史中的重要著作

年份	重要人物	著作或作用
1858	Kuhn J G(德)	第一本植物病理学教科书,以病原学为主,比较了人畜病害与植物病害的流行
1901	Marshall H	《植物病害》,包含“传染病和流行病”,“流行因素”等章
1926	Butler E J(英)	首次提出病害三角的概念,指明植物病害流行研究的领域
1946	Gäumann E(瑞士)	《植物侵染性病害原理》,确定侵染链理论,提出并大量分析了植物病害流行问题
1960	Horsfall J G 和 Dimond A E(美)	《植物病理学》,其中第三卷“群中的病害”实为植物病害流行病学专著,Vanderplank J E 所写的“病害流行的分析”使病害流行研究从定性描述发展到定量分析阶段
1961	Gregory P H(英)	《大气微生物学》,对气传病害流行学研究作了独特的贡献
1963	Vanderplank J E(南非)	《植物病害:流行和防治》,奠定了现代植物病害流行病学基础
1969	Waggoner P E 和 Horsfall J G (美)	发表第一个植物病害流行计算机模拟模型—EPIDEM;番茄早疫病流行计算机模拟模型
1974	Kranz J(德)	《植物病害流行:数学分析和模型组建》,汇集大量数学模型
1976	Robinsen R(英)	《植物病害系统》,引入系统论思想
1977	Day P R(英)	《农业植物病害流行的遗传基础》
1978	Horsfall J G 和 Cowling E B(美)	《植物病害》第二卷,“病害在群体中如何发展”
1979	Zadoks J G 和 Schein R D(荷兰)	编著第一本完整的教科书《植物病害流行病学和病害管理》
1986	曾士迈 杨演(中)	《植物病害流行病学》,中国第一本这方面的教科书
1986	Leonard K J 和 Fry W E(美)	《植物病害流行病学》第一卷“群体动态和管理”
1989	Leonard K J 和 Fry W E(美)	《植物病害流行病学》第二卷“遗传、抗病性和管理”
1990	Campbell C L 和 Madden L V(美)	《植物病害流行病学导论》,其中,大量介绍了流行病学方法
1996	曾士迈等(中)	《植保系统工程导论》

部分引自:Campbell C L and Madden L V,1990

1.2.3 研究内容和任务

目前,植物病害流行病学的主要研究对象是侵染性病害,今后也可能像人类医学中的流行病学一样,将研究范围扩大到非侵染性病害或与植物群体健康有关的其它问题。

植物病害流行病学所研究的内容可分为两大部分,即不断探索流行规律和完善防治理论。前者是基础,要在正确观测和分析具体病害流行系统的结构、过程和现象的基础上,总结规律,然后上升为理论。后者则依据前者,结合其它知识和理论进行防治策略的探讨,以便合理运用现有的防治技术,最终服务于病害管理。所以,这一学科兼有基础科学和应用科学的双重性质。与此相配,在引进和借鉴其它学科研究技术的基础上,正在和必将进一步开发新的流行病学研究方法和技术。现已形成大体如图 1-1 所示的体系。

流行规律方面的具体研究内容主要有:

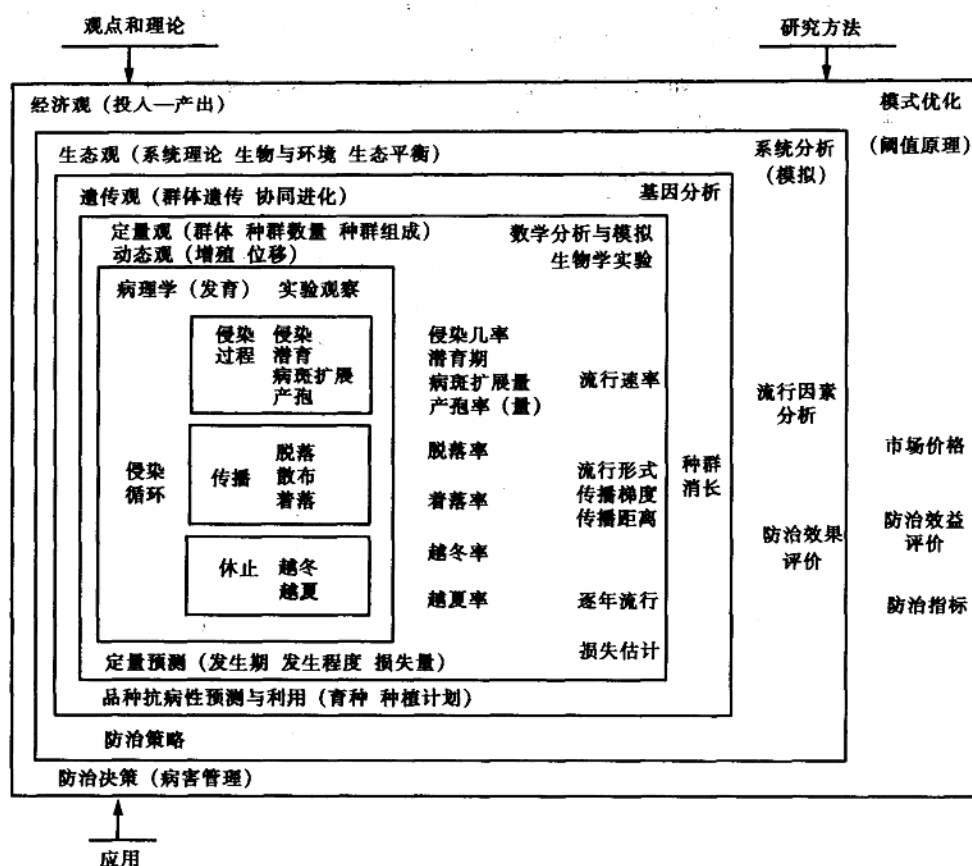


图 1-1 植物病害流行病学主要研究内容和体系

(仿曾士迈,1996,略作调整)

(1)植物病害流行因素分析,包括寄主群体、病原物群体、环境和人类等四方面因素以及它们的相互关系;生态系统平衡和演变;流行主导因素及其变化等。

(2)病害流行的遗传基础,研究寄主—病原物相互作用的群体遗传学,作为病害流行动态的内因。

(3)病害流行的时间动态,包括病害(病原物)在侵染过程、病害循环各阶段和病害在季节或年度间的定量变化速率、定量描述方式等。

(4)病害流行的空间动态,包括病原物传播体传播机制及传播后果的定量分析与描述方式等。

(5)病害流行过程的系统分析和计算机模拟。

(6)有关研究方法和技术,如病害和环境监测、人工控制实验、仪器和工具等在流行规律研究的基础上,防治理论方面主要研究的内容包括:

(1)病害流行预测、病害所致损失预测、防治效果效益预测、预测因子及预测方法。

(2)防治理论、策略和决策方法,如合理利用农作物品种的抗病性,培育持久抗性品种,或

实现抗病性持久化;确定防治指标;进行防治效益评估和综合防治体系和方案的优化等。

1.3 流行学的研究方法

科学研究的许多基本方法同样适用于流行学,如对比法、归纳法、演绎法等。此外,流行学研究还特别注重如下方法:

观察(调查)法 病害自然发生状况和自然发生过程是一切信息的源泉,最真实、全面地反映了其内在的规律性。所以现场观察和记载就成为流行学最首要的方法。现已经形成了病情调查、病害分级、孢子捕捉、环境监测等技术方法(见第8章),将来仍会不断开发新技术。

实验法 由于实验者可以控制某些因素,设置单因素或多因素和不同水平的处理,所以实验法在分析复杂现象和检验假设方面有着特殊的意义。由于植物试验材料比较容易获得和可以随意处理,在植物病害流行学中,生物学实验的地位尤显重要(和医学相比)。广泛采用的有田间接种诱发、人工控制环境和物理或化学实验方法和技术。

数理统计法 整理监测到的数据、分析流行因素的作用和建立数学模型等都离不开数理统计。据此建立的某一流行过程的数学模型,较文字描述更为准确和便于比较。常用的方法如回归和相关分析、聚类分析、判别分析等。

系统分析与系统模拟法 病害流行是一个复杂的动态系统,时空跨度又往往很大,仅用传统的实验生物学方法不可能完整地认识全部流行过程和规律。近代已经采用实验生物学和系统分析相结合的研究方法。系统分析方法将病原物、寄主、病害和所处的环境看成一个整体,从总体的行为和功能出发,将整个系统分解成若干子系统、子过程,通过实验进行定性分析和定量研究,然后再组装成总体的模型。如果经检验,证明这种模型是符合实际情况的,就可以利用模型进行各种假设条件下的试验。

1.4 与其它学科的关系

植物病害流行学与其母体植物病理学,都以植物病害为研究对象。尽管病理学侧重研究个体和定性变化,流行学侧重研究群体和定量变化,但前者的许多理论和知识仍是后者的基础,如侵染过程和病害循环仍然是流行学研究的主线;定量研究中的量纲也离不开定性研究的概念。

植物病害流行学又是植物病理学和生态学之间的一门边缘学科或交叉学科(曾士迈,1986)。流行学研究的综合水平是与生态学一致的,应该吸收生态学的许多概念和方法。病害流行是生态平衡遭到破坏的后果之一,寄主-病原物群体遗传结构的变化是其内在因素,而多种环境因素的影响是其外在因素。因此,研究中需要运用遗传学、气象学、植物育种学、栽培学、土壤学、肥料学等理论和方法,也需要具备一定的化学保护、生物防治、品种抗病性以及预测学、经济学知识。无论过去、现在还是将来,植物病害流行学都需要不断汲取其它学科的先进思想和技术、方法,如系统分析、数理统计、模糊数学、数字模拟、计算机技术及遥感技术等。总之,植物病害流行学是与群体发病规律有关的知识的总其大成(曾士迈,1996)。在与其它学科不断地交流渗透中,也发展了地理植物病理学(Geophytopathology, Weltzien, 1972)宏观植物病理学(曾士迈,1996)以及病毒病流行学、土传病害流行学等新的分支学科。欲知其详,可

进一步阅读书后列出的文献。

思考题

1. 举出国内外植物病害流行的重大事例,并把它分成几大类型。
2. 什么是植物病害流行学?与普通植物病理学有什么不同?
3. 举例说明植物病害研究中可能涉及的个体与群体的不同属性。
4. 有人说:学习植物病害流行学就是为了搞好病害预测预报工作,而预测预报又是为了搞好化学防治。这种说法是否正确?

2 植物病害为什么会流行

生态学观点认为:病原物是自然生态系统的天然成员之一,植物病害是生物进化的自然现象,而病害流行则是在一定的环境影响下寄主植物—病原物相互作用的动态平衡遭到破坏的结果。这一观点导致病害防治理论的新发展。

2.1 有关生态学和系统论的概念

有机体与环境统一的思想早已有之。1869年,海克尔(H. Haeckel)将研究生物有机体与其环境相互关系的科学命名为生态学(ecology)。1935年英国生态学家坦斯利(A. Tansley)又提出生态系统(ecosystem)的概念,生态学的发展开始进入生态系统阶段。生态系统是指在某一特定景观的地域或水域的一定空间范围内,所有生物与非生物的环境要素通过物质循环和能量流动,相互作用、相互依存的一个动态系统。生态系统是一个有机整体,这是生态系统最重要的特征,也是生态观的核心(赵志模等,1984)。当人们把数、理、化,特别是力学的诸多原理和研究方法用于生命科学领域时,往往遇到了许多困惑,以致难以逾越。因为生命现象是物质运动的高级形式,既有其自身的生长发育过程、世代交叠变化及形态、生理、遗传等属性,又受多种环境因素的影响。它们之间互相联系,互相制约,形成十分复杂的网络关系。从整体上研究生物体与它们所处环境的关系和协同进化规律就成为生态学重要的使命。

20世纪40年代以后迅速发展起来的一个横跨各个学科的科学部门,那就是系统科学。它的产生和发展在认识上标志着人类的科学思维由主要以“实物为中心”逐步过渡到以“系统为中心”,在实践上大大加速了现代科学技术和社会生产的发展进程(杨士尧,1986)。系统是指相互依赖的若干事物结合成的具有特定功能的有机整体。一般系统论不同于17、18世纪的形而上学的另一显著特点是重新强调“整体大于它的各部分总和”,更具体地说:系统的属性总是多于组成它的各个事物在孤立状态时的属性的和,系统对可累加或不可累加的某一具体属性的数量既可起放大作用,也可起缩小作用,或者既不放大也不缩小,究竟起哪种作用取决于这一具体属性的本质、系统的结构以及系统内协同作用的强弱。因而系统分析方法是将分析和综合紧密结合在一起的。现代数学、计算技术、信息科学,特别是计算机技术的迅速发展为系统科学的发展和应用架设了金色的桥梁。

正如任何物质都可以按分子、原子、粒子、层子……分下去一样,任何系统一方面可以分解为一级比一级更小的系统,也可以相互联结组成一级比一级更大更复杂的系统。在哲学上认为两个方向都是无限的。生态学把生命系统分为7个水平,即细胞、器官、个体、种群、群落、生态系统、复合系统。考古学、胚胎学、形态学都已证明这种层次性是在生物体由低级到高级、由简单到复杂的进化过程中自然形成的。同时,如同木炭、石墨和金刚石都由碳(C)元素组成,但由于具有各自不同的结晶形状,其硬度和许多性质截然不同。高层次系统除具有低层次系统(也称子系统)的基本关系外,由于子系统之间关系的作用,就会产生不同于子系统的新性质。系统科学认为:系统结构决定系统的功能和行为。系统的结构表现为组分和各组分之间的相互关系,而这种关系无不可用物质、能量或信息的交换来表示。

生态学和系统科学的诸多观点和理论同样适用于植物病害流行病学。也只有依据这些理论来探索植物病害流行的原因才是唯一正确的。

2.2 植物病害系统

2.2.1 定义和结构

按照系统的观点,植物病害是病原物和寄主植物通过寄生作用构成的系统。鲁宾逊(Robinson,1976)把这个系统称为“植物病害系统”(plant pathosystem)。现在我们把“植病流行系统”作为病原物和寄主植物两个种群通过寄生作用构成的开放的和动态的生态系统(曾士迈 杨演,1986)。植物病害系统也是农业生态系统的子系统,其所处层次可由图 2-1 表示。

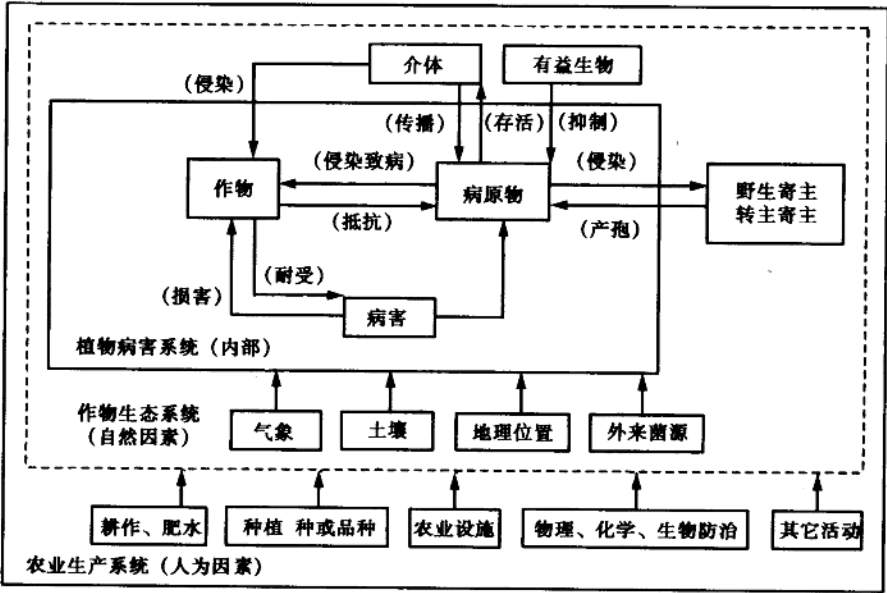


图 2-1 与植物病害流行有关的系统层次

在这里,基本是从遗传学角度出发认识病害流行系统,病原物、寄主作物和二者的结合体——病害,是植物病害流行系统内部的主要组分,它们之间的相互关系(相互作用)往往决定了病害系统的主要特征。如病害侵染循环中有无再侵染决定了单年流行或积年流行(详见第 3 章);病原物-寄主互作的专化性决定了该系统是水平体系还是垂直体系(详见本章遗传学基础)。同时,作物有害生物系统、生态系统、有害生物管理系统、作物管理系统以至更大的社会经济系统所涉及的诸多因素(组分)就成为植物病害流行系统的外部环境,它们不同程度地影响着病害流行的状态。如降水和温度极大地影响许多真菌病害流行的速度;轮作可以影响病原物的存活等。如果从生态学角度考虑,生态系统是“在一定空间内生物群落与非生命环境相互作用的统一体”。则以一定的空间界限作为某一具体植物病害系统的边界,其内部的元素自然要包括病原物、寄主作物种群和与之有关系的其它生物种群以及各种物理、化学成分。目前尚没有普遍适用的病害系统结构图,不过鲁宾逊(Robinson, 1976)把寄主、病原物和环境作为自然病害系统的三要素;把上述三要素再加上“人类干预”因素作为作物病害系统的四要素的