

生命科学名著

[英] R. 赫尔 编著
范在丰 李怀方 等 译校
韩成贵 李大伟



(原书第四版)

马修斯 植物病毒学

.....Matthews' Plant Virology
(Fourth Edition)



科学出版社
www.sciencep.com

图字: 01-2004-3033 号

内 容 简 介

自从《马修斯植物病毒学》第三版出版以来的十年间,植物病毒学领域又有了令人瞩目的发展。这部得到读者厚爱的专著现在由罗杰·赫尔(Roger Hull)教授执笔又得以及时更新。《马修斯植物病毒学》第四版除增加了大量彩色图版外,还详细介绍了这个发展迅速的领域中许多重要的新进展,包括生物学与生态植物病毒学、植物基因工程、分子病毒学、分子结构以及寄主与病毒互作等多方面的内容。

《马修斯植物病毒学》是一部经典著作,是植物病毒学、植物病理学、普通病毒学、植物生理学和微生物学专业方向的学生、教师或对这些领域感兴趣的爱好者的优秀教材;在分子生物学、生物化学与昆虫学相关领域工作的科学家也会发现这部力作是他们所需的宝贵参考书。

Matthews' Plant Virology 4th, ed.

Roger Hull

© 2002 by Elsevier Inc.

All rights reserved

This edition of Biotechnology and Safety Assessment edited by John A. Thomas and Ray L. Fuchs is published by arrangement with Elsevier Inc., 525 B Street, Suite 1900, San Diego, CA 92101-4495

图书在版编目(CIP)数据

马修斯植物病毒学(原书第四版)/(英)赫尔编著;范在丰等译校.
北京:科学出版社,2007
(生命科学名著)

ISBN 978-7-03-017159-7

I. 马… II. ①赫… ②范… III. 植物病毒 IV. S432.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第037963号

责任编辑:王 静 盖 宇 李秀伟 彭克里 席 慧/责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

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>

天 时 彩 色 印 刷 有 限 公 司 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

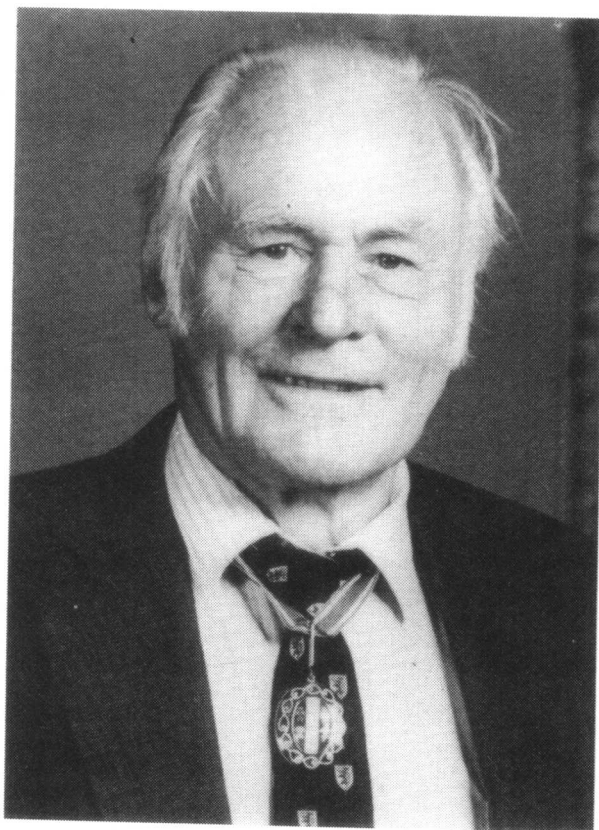
2007年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年1月第一次印刷 印张:70 1/2

印数:1-3 000 字数:1 592 000

定价:150.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)



Richard Ellis Ford Matthews
(1921—1995)

“The farther backwards you can look,
the farther forward you are likely to see.”

对历史的追溯愈久远，对未来的展望才可能更有远见

——温斯顿·丘吉尔 (Winston Churchill)

作者简介



罗杰·赫尔 (Roger Hull) 于 1960 年毕业于剑桥大学植物学专业。随后在伦敦大学 Wye 学院学习植物病毒流行学，于 1964 年获得博士学位。1960~1965 年，他在该学院讲授农业植物学课程。

1964 年，他被调入位于乌干达坎帕拉的 Makerere 大学讲授了热带农业植物学，同时也研究了花生丛簇病 (groundnut rosette disease) 的流行学。通过观察降落到花生植株上的蚜虫，加深了他对病毒扩散到田间的边际效应 (edge effect) 的理解。1965 年他加入了剑桥病毒研究所 Roy Markham 博士的课题组，研究了一系列病毒，特别是紫花苜蓿花叶病毒的生物物理和生物化学特性。在 1968 年他与 Markham 一起转到位于诺里奇 (Norwich) 的约翰·英尼斯研究所 (John Innes Institute) 后这项研究也未中断。在那里，赫尔博士成为课题项目负责人和病毒研究系的副主任。1974 年，他在美国加州大学戴维斯分校 (UC Davis) 度过了其学术休假期，与 Bob Shepherd 博士一起研究了花椰菜花叶病毒 (CaMV) 的特性。在那里，他学习、应用了早期的分子生物学技术，并由此改变了他的研究方向。回到约翰·英尼斯研究所后，他用分子生物学的方法研究 CaMV，阐明了该病毒的复制需经过反转录阶段，这是第一个被证明有此特性的植物病毒。此外，罗杰还参与了洛克菲勒基金会资助的水稻生物技术项目，这又唤起了他对热带农业问题的兴趣，他领导着一个大课题组系统地研究了导致水稻东格鲁病 (rice tungro) 的两种病毒。他还提倡利用转基因技术来控制病毒病，并一直处于与此相关的生物安全性问题研究的前沿。在将研究的重点从水稻转移至香蕉 (大蕉) 之后，他的课题组发现香蕉线条病毒 (BSV) 的基因组整合进了寄主的基因组中；在某些香蕉品种中 BSV 的整合体被激活后发生了游离体侵染 (episomal infection)，这也在植物病毒方面的首次发现。他在 1997 年因达到了法定退休年龄而退休。

赫尔博士是英国东英吉利大学 (University of East Anglia) 和北京大学的荣誉教授、法国 Perpignan 大学的荣誉博士以及美国植物病理学会的理事。现在，赫尔博士作为荣誉研究员在约翰·英尼斯研究中心 (John Innes Centre) 继续研究 BSV，并且一直倡导在发展中国家采用转基因技术以缓解食品短缺问题。他的业余爱好主要是从事园艺、观鸟、旅行，以及与子孙们在一起享受天伦之乐等。

中文版序

编写本书前三版的作者马修斯 (R. E. F. Matthews) 可以说是植物病毒学的同义词。1995 年迪克·马修斯的去世不仅是植物病毒学界, 也是整个科学界的一个重大损失。由 Bellamy (*Virology* 1995; 209, 287; *Virology* 1995; 211, 598; *Arch. Virol.* 1995; 140, 1885) 以及 Harrison (*Biographical Memories of Fellows of the Royal Society* 1999; 45, 297~313) 撰写的讣告详述了马修斯对植物病毒学的贡献。本版 (第四版) 即是为纪念他而修订的。

迄今《植物病毒学》基本上是每隔 10 年出一次新的版本, 本版也是如此。但这是翻译成中文的第一个版本, 旨在帮助中国的科学工作者们处于植物病毒学研究的前沿领域。就农业和食品生产而言, 不仅在中国, 而且在世界范围内运用先进的知识和技术以减轻病毒病害造成的损失具有日益重要的意义。

如该书前几版的序言所述, 每一版都编入了在植物病毒领域不断增多的新进展。上一个 10 年的发展也是如此, 发展的速度甚至以指数形式递增。这主要源于以下几种技术: 能够克隆并表达植物病毒 RNA 或 DNA 基因组的能力, 能够表达整合 (转化) 进植物基因组的病毒 (或其他) 序列的能力以及观察植物细胞中病毒行为所用的非破坏性技术。

在过去 10 年中, 植物病毒的分类更加合理化, 一些分类单元如属和种的概念, 已被广泛接受。分类信息的增加已经导致, 并且还会增加命名的难度, 这也是国际病毒分类委员会 (ICTV) 需解决的问题。例如, 某些可造成某种作物的相似症状的病毒分离株存在大量核苷酸变异。这些应视为一个种还是几个种呢? 如果是几个种, 对不同种的病毒的划分有没有通用的标准呢? 当今在病毒分类学中应用的大量数据已经使我们将植物病毒分为 70 个属 977 种, 而 10 年前只有 35 个属 (组) 590 种。除一个属外, 至今已获得其他所有属代表性病毒的基因组全序列。

从序列数据中我们可以更深入地理解病毒编码的基因以及这些基因如何在植物中以可控制的方式得以表达。序列数据也将加深我们对病毒进化, 特别是重组在病毒进化中所起作用的理解。

通过转化技术表达整合到植物基因组中的病毒序列拓宽了我们对病毒基因功能的理解, 开辟了利用病毒序列来保护植物免受目标病毒侵袭的新领域。这已揭示了一个前所未有的、在植物和其他生物中普遍存在的抗性系统, 并且正在开辟在抗病性及基因组学等不同领域利用这些系统的途径。

过去 10 年的迅猛发展促使本版需要进行大量的改写和重新组织。但我认为保留第三版的一些内容是很重要的, 因为这些内容描述了研究多年的一些现象, 而这些现象是理解新近认识的一些机制的基础。作者希望本版体现了本学科发展的动态性, 而且也在本书多处指出了今后可能会被证实具有科学价值的研究方向。各个章节是在前面章节信

息的基础上编排而成，旨在逻辑性地引导读者认识该学科。

本书前几章介绍了植物病毒学学科，简要描述了各组群病毒的概况，它们的粒体结构及基因组结构（结构）的原则。这为后续章节在分子信息方面的阐述（如病毒基因组表达和复制的机制以及病毒基因组如何与寄主基因组互作等）奠定了基础。

在详述了病毒从一个寄主转移到另一个寄主的方式后，第 13 章汇总了一种病毒充分发挥功能时涉及的各种互作。在介绍类似病毒的病原（如类病毒和卫星病毒等）一章之后，随后几章分别讨论了病毒的检测、控制和进化。

本版的 360 余张插图中有 60% 以上是新添加的，并且像第一版一样，还包括数十幅彩色插图。参考书目也从第三版的 3000 多篇增加到本版的 4500 篇左右。为了记住在植物病毒学领域的一些突出贡献，许多“较老的”重要文献也被保留下来。在其他部分，则建议读者参阅综述性文章以便限制参考文献的总数目。此外，还列出了一些非病毒学领域的，然而有助于理解病毒与其寄主和传播介体互作的参考文献。

很多同行与作者就很多问题进行了探讨，并提供了尚未发表的材料做参考，对此本人深表谢意。本人对妻子詹妮弗（Jennifer）永远心存感激，因为她容忍了家里随处可见的成堆书稿，并一直给予有力的支持。

罗杰·赫尔（Roger Hull）

2004 年 6 月于英国诺里奇（Norwich）

Preface for the Chinese Edition

Plant Virology is synonymous with the name of R. E. F Matthews, who wrote the first three editions of this standard text. It was a great loss, not only to the plant virology community, but also to the scientific community as a whole, that Dick Matthews died in 1995. Obituaries to Dick Matthews published at that time by Bellamy (*Virology* 1995; 209, 287; *Virology* 1995; 211, 598; *Arch. Virol.* 1995; 140, 1885) and Harrison (*Biographical Memories of Fellows of the Royal Society* 1999; 45, 297-313) describe his contribution to plant virology. This edition is dedicated to his memory.

New editions of *Plant Virology* have been published at 10-year intervals, the fourth edition is following this timing. However, this is the first edition to be translated into Chinese and it is hoped that the translated version will help Chinese scientists to work at the forefront of this subject. It is of increasing importance to agriculture and food production, not only in China but worldwide, that advanced techniques and knowledge are applied to reducing the losses due to virus diseases.

As was noted in the prefaces for previous editions, each has chronicled ever-increasing advances in the subject. This last decade has been no exception-if anything, the rate of progress has increased almost exponentially. The advances have been due to several technologies, including the ability to clone and manipulate plant viral genomes, be they RNA or DNA, the ability to express viral (and other) sequences integrated (transformed) into the plant genome, and non-destructive techniques for observing the behaviour of the virus within the plant cell.

Over the last 10 years, the classification of plant viruses has been rationalized with the general acceptance of taxa such as genera and species. With the increase of taxonomic information, this has led to, and is continuing to raise, difficulties of definition, which the International Committee on the Taxonomy of Viruses have to resolve. For instance, it is becoming increasingly apparent that there is considerable nucleotide variation in isolates of certain viruses that cause similar symptoms in a specific (crop) plant. Should these be considered as one or several species and, if the latter, are there common criteria for viruses from different species. The wealth of data used in virus taxonomy has now allowed 977 species in 70 genera to be recognized, compared with the 590 species (viruses) and 35 genera (groups) of 10 years ago. The genomes of representatives of all but one of the genera have now been fully sequenced.

From the sequence data has come a greater understanding of the genes that viruses encode and how these genes are expressed in a controlled manner within the plant. The sequence data have also given a clearer understanding into virus evolution and especially the role played by recombination.

The expression of viral sequences integrated into plant genomes by transformation techniques has broadened the understanding of viral gene function and opened up the

field on using viral sequences to confer protection against target viruses. This, in turn, has revealed a previously unknown generic resistance system in plants and other organisms, and is opening up the way to capitalize on this system in areas as different as disease resistance and genomics.

These rapid developments over the past decade have necessitated a substantial rewriting and reorganization of this edition. However, I have considered it important to retain material from the third edition giving description of phenomena studied over the years as these can, and do, form the basis of understanding newly recognized mechanisms. I hope to have expressed the dynamism of the subject and I have tried in various places to point to future directions that may prove to be scientifically profitable. The chapters are now arranged to lead the reader through the subject logically, building on information from previous chapters.

I have started with an introduction to the subject and a description of each group of viruses, the principles of the architecture of their particles and their genome organizations. This lays the ground for the molecular information given in subsequent chapters, such as the mechanisms by which viral genomes are expressed and replicated, and how the genomes interact with host genomes.

The description of how viruses move from host to host is followed by a chapter that brings together the various interactions involved in the full functioning of a virus. After a chapter on virus-like agents such as viroids and satellites, virus detection, control and evolution are discussed.

Over 60% of the more than 360 illustrations are new, including several in colour, as in the first edition. The reference list has been expanded from about 3000 in the previous edition to about 4500 in this. In the spirit of remembering important contributions to the subject, many of the important "older" references are retained. In other places, references to reviews are used to limit the overall number. References are also given to some non-virological subjects that are important in understanding the interactions of viruses with their hosts and vectors.

I am greatly indebted to a large number of colleagues for their helpful discussion on various topics and for access to pre-publication material. My eternal gratitude goes to my wife, Jennifer, who has tolerated the "piles of papers" all over the house and who has given me continuous support.

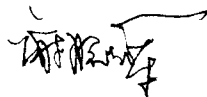
Roger Hull
Norwich, UK
June 2004

谢联辉序

由国际著名植物病毒学家马修斯 (R. E. F. Matthews) 所著的《植物病毒学 (Plant Virology)》自 1970 年出版以来, 大约每 10 年更新一次, 一直是国际上植物病毒和植物病理学界广泛使用和备受欢迎的研究生教材或重要参考书。该书第四版由英国 John Innes Centre 的植物病毒学家 Roger Hull 教授续写, 书名改为《马修斯植物病毒学 (Matthews' Plant Virology)》。全书长达上千页, 包含 17 章正文和多个附录, 并且收录了数百个图表、4500 多篇参考文献, 堪称内容丰富, 有广度、有深度的一部好书。

该书由我国植物病毒学大师裘维蕃院士创建的研究室——中国农业大学植物病毒室主持翻译, 译校者在植物病毒学领域有丰富的教学、科研经历。译稿较好地处理了原著中的专业术语和病毒名称的统一问题, 使读者在学过本书后可以方便地阅读英文版专著或论文; 另外, 根据国际病毒分类委员会 (ICTV) 的第八次分类报告, 对原著的相关部分做了相应的修改和补充也是很合时宜的。译稿共约八十余万字, 九百多页; 凝聚了译校者大量的辛勤劳动。

该书同时具有结构框架经典、内容全面新颖、方便检索使用等特点, 是植物病理学、病毒学、分子生物学等领域师生的一部经典教科书, 也是生命科学包括农林科学、医学及相关领域工作者的一部很好的参考书。为此, 乐以为序。



中国科学院院士
福建农林大学植物病毒研究所
2006 年 10 月

译者的话

在《马修斯植物病毒学》第四版中文版即将付梓之际，我们感慨万千，心情难以平静。

国际著名植物病毒学家马修斯 (R. E. F. Matthews) 的《植物病毒学》一书自从 1970 年出版以来，大约每 10 年出一次新版，第一版至第三版一直是国际上广泛使用的研究生教材与参考书。马修斯博士仙逝后，由英国 John Innes Centre 的 Roger Hull 教授续写的《马修斯植物病毒学》第四版又面世了。本书涉及了植物病毒学的各个领域，内容新颖。鉴于该书的篇幅大、涉及面广、专业术语多，对我国的学生甚至相关专业工作者而言，若要深入、准确地理解其中的内容难免会有一定的困难。为此，我们组织了一批植物病毒学工作者翻译了本书，以期作为我国植物病理学和病毒学以及相关专业的学生、教师与研究人员的参考书。

为了使读者熟悉植物病毒学常用的英文术语以便在读完本书后可以直接阅读英文版专著或论文，我们尽量在专业术语的译文后面附上英文原词或短语；由于历史的原因，一些病毒科、属或种名的中文译名不止一种，为了使读者正确理解与记忆，我们时常加上相应的英文标准名称或常用名称。例如，马铃薯 Y 病毒属 (*Potyvirus*)，马铃薯 Y 病毒属病毒 (成员) (*potyviruses* 或 *potyvirus*)。

在本书的翻译接近完成时，国际病毒分类委员会 (ICTV) 的第 8 次分类报告已正式出版，为了使本书有关分类的内容不致过时，我们又根据新的分类报告对译稿做了相应的修改与补充。

一般的病毒科、属的中文名称是基于前人拟定的译名，选择应用较多或较合理而简洁的名称。对于新建立的科、属的中文译名，则根据标准 (英文) 名称的含义与 ICTV 所做的解释以准确、简洁为原则加以拟定。例如，“*Flexiviridae*”是新成立的一个病毒科，根据其词源含义暂译为“曲线病毒科”，可以与已有的“长线病毒科” (*Closteroviridae*) 相对应。

一些英文术语有两种或多种译名，如“variant”可译为“变株”、“变体”等，本书采用“变株”；“strain”一律译为“株系”；“virion”一词有多种译名，本书采用“病毒粒体”；而“virus particle”若指有侵染性的完整粒子，则本书一般仍译为“病毒粒体”，否则就译为“病毒粒子”；“viroplasm”有多种译名，本书采用“病毒质”。

此外，原书中有一些文字或图表的印刷错误、不一致的用法或一些现已过时的名称，我们在译文中均做出了直接更正与修改，但限于篇幅只在个别地方加了译者注。

本书各部分的主要翻译及审校人员如下：

译者：第 1 章，范在丰；第 2 章，范在丰、曹言勇、陈利；第 3 章与第 4 章，陈红运；第 5 章，陈招荣、李菁博；第 6 章，李萃、郭晓芬、王颖；第 7 章，王献兵；第 8 章，李旻、翟亚锋；第 9 章，周涛；第 10 章，周涛、林彩丽、范在丰；第 11 章，林彩

丽、秦艳红；第12章，曹言勇、施艳、燕照玲、乔岩、刘冬梅、王忠运；第13章，王远宏、范在丰；第14章，古勤生；第15章，隋春；第16章，程玉琴；第17章，李向东；序言、附录等，周岩、任保田；部分图表，王颖、陈招荣、施艳、燕照玲、乔岩、刘冬梅等。

校阅者：韩成贵（第5、8章）；李大伟（第6、7章）；李怀方（第15、16章）；范在丰，其余各章，全书统稿。

本书的翻译出版凝聚了许多前辈与同仁的心血，我们特别感谢中国科学院微生物研究所的田波院士与中国农业科学院植物保护研究所的周广和研究员，是他们首先建议我们翻译此书并向科学出版社倾力推荐。在翻译过程中，得到了国内外许多同仁的关心与支持，例如，为本书作序的谢联辉院士、本书原作者 Roger Hull 教授、中国农业大学的刘仪教授、彭友良教授、于嘉林教授、彩万志教授、南京农业大学许志刚教授以及浙江大学的周雪平教授等，在此一并表示衷心的感谢。最后感谢国家重点基础研究发展计划项目（批准文号 2006CB101903）的有力支持。

本书涉及的知识面极其广博，因译者的知识与翻译经验所限，虽力求尽善尽美，但译文中难免存在一些错漏或欠妥之处，恳请读者给予批评指正（E-mail: virology@cau.edu.cn）。

范在丰 李怀方 韩成贵 李大伟
中国农业大学植物病毒研究室
农业生物技术国家重点实验室
2006年12月于北京

英文版前言

编写本书前三版的作者马修斯 (R. E. F. Matthews) 可以说是植物病毒学的同义词。1995 年迪克·马修斯的去世不仅是植物病毒学界, 也是整个科学界的一个重大损失。由 Bellamy (Virology 1995; 209, 287; Virology 1995; 211, 598; Arch. Virol. 1995; 140, 1885) 以及 Harrison (Biographical Memories of Fellows of the Royal Society 1999; 45, 297~313) 撰写的讣告详述了马修斯对植物病毒学的贡献。本版 (第四版) 即是为纪念他而修订的。

迄今《植物病毒学》基本上是每隔十年出一次新的版本, 本版也是如此。如该书前几版的序言所述, 每一版都编入了在植物病毒领域不断增多的新进展。上一个十年的发展也是如此, 发展的速度甚至以指数形式递增。在图 1.3 中显示的每年相关出版物的数目清楚地表明了这一点。这主要源于以下几种技术: 能够克隆并表达植物病毒 RNA 或 DNA 基因组的能力, 能够表达整合 (转化) 进植物基因组的病毒 (或其他) 序列的能力以及观察植物细胞中病毒行为所用的非破坏性技术。

在过去十年中, 植物病毒的分类更加合理化, 一些分类单元如属和种的概念, 已被广泛接受。分类信息的增加已经导致、并且还会增加命名的难度, 这也是国际病毒分类委员会 (ICTV) 需解决的问题。例如, 某些可造成某种作物的相似症状的病毒分离株存在大量核苷酸变异。这些应视为一个种还是几个种呢? 如果是后者, 对不同属的病毒分类有没有通用的标准呢? 当今在病毒分类学中应用的大量数据已经使我们将植物病毒分为 70 个属 977 种, 而 10 年前只有 35 个属 (组) 590 种。除一个属外, 现已获得其他所有属代表性病毒的基因组全序列。

从序列数据中我们可以更深入地理解病毒编码的基因以及这些基因如何在植物中以可控制的方式得以表达。序列数据也将加深我们对病毒进化, 特别是重组在病毒进化中所起作用的理解。

通过转化技术表达整合到植物基因组中的病毒序列拓宽了我们对病毒基因功能的理解, 开辟了利用病毒序列来保护植物免受目标病毒侵袭的新领域。这已揭示了一个前所未有的、在植物和其他生物中普遍存在的抗性系统, 并且正在开辟在抗病性及基因组学等不同领域利用这些系统的途径。

过去十年的迅猛发展促使本版需要进行大量的改写和重新组织。但笔者认为保留第三版的一些内容是很重要的, 因为这些内容描述了研究多年的一些现象, 而这些现象是理解新近认识的一些机制的基础。作者希望本版本体现了本学科发展的动态性, 而且也在本书多处指出了今后可能会被证实具有科学价值的研究方向。各个章节是在前面章节信息的基础上编排而成, 旨在逻辑性地引导读者认识该学科。

本书前几章介绍了植物病毒学学科, 简要描述了各组群病毒的概况, 它们的粒体结构及基因组结构 (结构) 的原则。这为后续章节在分子信息方面的阐述 (如病毒基因组表达和复制的机制以及病毒基因组如何与寄主基因组互作等) 奠定了基础。

在详述了病毒从一个寄主转移到另一个寄主的方式后，其第 13 章汇总了一种病毒充分发挥功能时涉及的各种互作。在介绍类似病毒的病原（如类病毒和卫星病毒等）一章之后，随后几章讨论了病毒的检测、控制和进化。

本版的 360 余张插图中有 60% 以上是新添加的，并且像第一版一样，还包括数十幅彩色插图。参考书目也从第三版的 3000 多篇增加到本版的 4500 篇左右。为了记住在植物病毒学领域的一些突出贡献，许多“较老的”重要文献也被保留下来。在其他部分，建议读者参阅综述性文章以便限制参考文献的总数目。此外，还列出了一些非病毒学领域的，然而有助于理解病毒与其寄主和传播介体互作的参考文献。

很多同行们与作者就很多问题进行了探讨，并提供了尚未发表的材料做参考，对此本人深表谢意。本人对妻子詹妮弗永远心存感激，因为她容忍了家里随处可见的成堆书稿，并一直给予鼓励。

罗杰·赫尔 (Roger Hull)

2001 年 5 月

目 录

中文版序

Preface for the Chinese Edition

谢联辉序

译者的话

英文版前言

第 1 章 概述	1
第 I 节 历史背景	1
第 II 节 病毒的定义	9
第 III 节 关于本版本	12
第 2 章 植物病毒的命名与分类	13
第 I 节 命名	13
第 II 节 病毒分类的标准	23
第 III 节 植物病毒的科与属	30
第 IV 节 反转录因子	50
第 V 节 低等植物的病毒	51
第 VI 节 讨论	54
第 3 章 症状和寄主范围	56
第 I 节 植物病毒引起的经济损失	56
第 II 节 宏观症状	58
第 III 节 组织学变化	66
第 IV 节 细胞学变化	70
第 V 节 病毒的寄主范围	79
第 VI 节 讨论和总结	85
第 4 章 植物病毒的提纯及组成	87
第 I 节 导言	87
第 II 节 分离	87
第 III 节 组分	99
第 5 章 病毒粒体的结构及装配	122
第 I 节 导言	122
第 II 节 方法	122
第 III 节 杆状病毒的结构	132
第 IV 节 杆状病毒的装配	142

第V节	等轴病毒的结构	149
第VI节	小二十面体病毒	153
第VII节	更复杂的等轴病毒	175
第VIII节	有包膜的病毒	178
第IX节	二十面体病毒的装配	180
第X节	讨论与结论	184
第6章	基因组结构(结构)	186
第I节	导言	186
第II节	植物病毒基因组的一般特性	186
第III节	植物病毒的基因组结构	190
第IV节	双链DNA病毒	190
第V节	单链DNA病毒	196
第VI节	双链RNA病毒	201
第VII节	负义单链RNA基因组	204
第VIII节	正义单链RNA基因组	207
第IX节	总结与讨论	243
第7章	病毒基因组的表达	246
第I节	导言	246
第II节	病毒侵入及脱壳	247
第III节	病毒基因组的表达	254
第IV节	mRNA的合成	268
第V节	植物病毒的基因组策略	279
第VI节	讨论	325
第8章	病毒的复制	328
第I节	导言	328
第II节	植物病毒所利用的寄主功能	328
第III节	研究病毒复制的方法	329
第IV节	正义单链RNA病毒的复制	341
第V节	负义单链RNA病毒的复制	374
第VI节	双链RNA病毒的复制	378
第VII节	副反转录病毒的复制	381
第VIII节	单链DNA病毒的复制	387
第IX节	突变和重组	395
第X节	混合的病毒装配	413
第XI节	讨论	416
第9章	病害的诱发I: 病毒在植物体内的移动及其对植物新陈代谢的影响	418
第I节	导言	418

第Ⅱ节 病毒的移动和最终分布·····	418
第Ⅲ节 对植物代谢的影响·····	456
第Ⅳ节 症状诱发涉及的过程·····	469
第Ⅴ节 讨论·····	477
第10章 病害的诱发Ⅱ：病毒与植物的相互作用 ·····	479
第Ⅰ节 概述·····	479
第Ⅱ节 寄主对接种反应的有关定义及术语·····	479
第Ⅲ节 病害诱发的步骤·····	481
第Ⅳ节 寄主的内在反应·····	509
第Ⅴ节 其他因子的影响·····	523
第Ⅵ节 讨论·····	530
第11章 传播（传染）方式Ⅰ：无脊椎动物、线虫和真菌介体 ·····	533
第Ⅰ节 导言·····	533
第Ⅱ节 通过无脊椎动物的传播·····	533
第Ⅲ节 蚜虫（蚜科 Aphididae）·····	536
第Ⅳ节 叶蝉和飞虱（头喙亚目 Auchenorrhyncha）·····	557
第Ⅴ节 粉虱（Aleyroididae, 粉虱科）·····	565
第Ⅵ节 蓟马（缨翅目）·····	567
第Ⅶ节 其他吮吸式和刺吸式昆虫介体·····	571
第Ⅷ节 具咀嚼式口器的昆虫介体·····	572
第Ⅸ节 螨类（蛛形纲）·····	574
第Ⅹ节 传粉昆虫·····	576
第Ⅺ节 线虫·····	576
第Ⅻ节 真菌·····	580
第Ⅼ节 讨论与结论·····	584
第12章 传播（传染）方式Ⅱ：病毒的机械、种子和花粉传播与流行病学 ·····	587
第Ⅰ节 机械传播·····	587
第Ⅱ节 影响侵染和发病过程的因素·····	589
第Ⅲ节 活体高等植物材料直接传播病毒·····	601
第Ⅳ节 生态学和流行病学·····	610
第13章 植物病毒功能的新发现 ·····	638
第Ⅰ节 导言·····	638
第Ⅱ节 早期事件·····	639
第Ⅲ节 中期事件·····	640
第Ⅳ节 晚期事件·····	645
第Ⅴ节 与植物的系统性互作·····	646
第Ⅵ节 讨论·····	647