



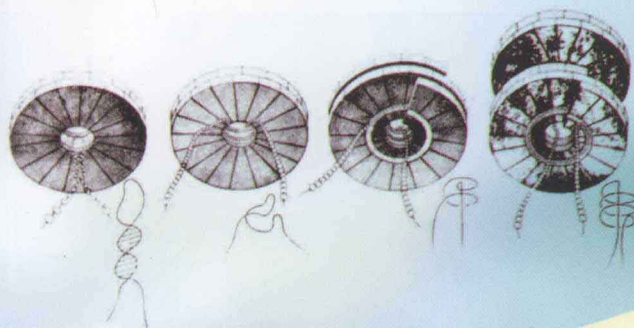
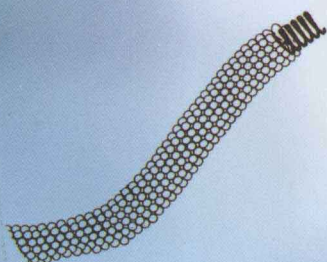
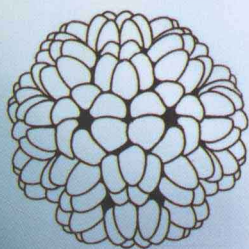
普通高等教育“十一五”国家级规划教材


全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 植物病毒学

第三版

谢联辉 林奇英 主编



 中国农业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国高等农林院校“十一五”规划教材

# 植物病毒学

第三版

谢联辉 林奇英 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

植物病毒学/谢联辉, 林奇英主编. —3 版. —北京: 中国农业出版社, 2011. 6  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材 全国高等  
农林院校“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-109-16424-6

I. ①植… II. ①谢…②林… III. ①植物病毒—高等学校—教材 IV. ①S432.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 268660 号

中国农业出版社出版  
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)  
(邮政编码 100125)  
责任编辑 李国忠

北京中新伟业印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行  
1994 年 7 月第 1 版 2011 年 6 月第 3 版  
2011 年 6 月第 3 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.75  
字数: 442 千字  
定价: 38.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



## 第三版编著者

---

**主 编** 谢联辉 林奇英

**副主编** 周雪平 吴祖建 范在丰 魏太云

**编 审** (以姓名汉语拼音为序)

丁守伟 (美国加利福尼亚州立大学河滨分校, 教授)

范在丰 (中国农业大学, 教授)

洪 健 (浙江大学, 教授)

李大伟 (中国农业大学, 教授)

李世访 (中国农业科学院, 教授)

林奇英 (福建农林大学, 教授)

魏太云 (福建农林大学, 教授)

吴祖建 (福建农林大学, 教授)

谢联辉 (福建农林大学, 教授)

周雪平 (浙江大学, 教授)



## 第二版编著者

---

主 编 谢联辉 林奇英

编 著 谢联辉（福建农林大学，教授）

林奇英（福建农林大学，教授）

周雪平（浙江大学，教授）

段永平（福建农林大学，教授）

Hiebert Ernest（美国佛罗里达大学，教授）

李华平（华南农业大学，教授）

吴祖建（福建农林大学，副教授）



## 第一版编著者

---

**主 编** 梁训生 谢联辉  
**编 著** 谢联辉 (福建农学院)  
梁训生 (北京农业大学)  
林奇英 (福建农学院)  
杨莉莉 (北京农业大学)  
**主 审** 韦石泉 (沈阳农业大学)





## 第三版前言

---

自 2004 年《植物病毒学》第二版出版发行以来，植物病毒学领域有了飞快的发展，应中国农业出版社之约，进行本次修订。

本次修订是在第二版的基础上进行的，修订的基本原则是既保持原版特色、框架以及一些经典的相对稳定的科学技术体系，又着重突出反映本学科的最新进展，因而增加了一些新的章节，更新了原有章节的一些新的内容，并在各章加上复习思考题，以利同学复习思考，提升独立思维和创新的能力。同时，全书引用的参考文献也大幅度增加，便于有兴趣的读者追踪查阅。

参加本版修订的有谢联辉（第一章、第三章、第十章和第十三章）、周雪平（第二章和第八章）、吴祖建（第三章、第十三章和第十四章）、范在丰（第四章和第六章）、魏太云（第四章、第五章和第十一章）、洪健（第七章）、林奇英（第九章、第十一章、第十二章和第十四章）、李世访（第八章）。参加主审和互审的有：周雪平（第一章和第六章）、丁守伟（第二章）、李大伟（第二章）、林奇英（第三章、第五章、第八章、第十章和第十三章）、谢联辉（第四章、第六章、第七章、第九章、第十二章和第十四章）。附录由洪健与何敦春编撰，最后由主编统稿。

在本版书稿编撰过程，何敦春同志做了大量协调管理工作，并负责所有文稿的初步编排和校核；中国农业出版社给予热情的支持和指导。在此一并致以衷心的感谢！

虽尽全力，力求完美，但因时间仓促、水平所限，差错与不足之处，尚祈读者、同仁予以指正。

主 编

2011 年 5 月



## 第二版前言

---

《植物病毒学》第一版出版已 10 年。10 年来植物病毒学进展神速，特别是病毒分类方面，已日趋合理。10 年前为国际病毒分类委员会 (ICTV) 所确认的植物病毒仅 35 个组 716 个病毒成员 (系第一版交稿时的数字)，当时把近似病毒“属”(genus) 称为“组”，近似病毒的“种”(species) 称为“成员”。现在不仅把“组”正式定为属，把“成员”正式称之种，而且在数量上也增加到 18 个科 76 个属 900 多个种。其中几乎所有属的每个代表种病毒的基因组都已测序。植物病毒学的迅速进展，还表现在每年发表的论文数量上，其速度几乎呈指数增长，这些论文广泛反映了各国学者在病毒诊断、分类、生态和控制方面的研究成果，为了使教科书跟上时代的步伐，进行修订再版是必要的。

《植物病毒学》第二版基本上保持原版的框架，但调整和增删了若干章节，使原来的三篇七章变为现在的三篇十二章，使结构更趋合理。同时对书中引用内容继续注明出处，并附上相应的参考文献，以利读者进一步追踪查阅，增加可读性。

参加修订(编写)本书的有谢联辉(第一章、第四章、第八章和第十一章)、李华平(第二章)、吴祖建(第三章)、段永平、Hiebert Ernest(第五章)、周雪平(第六章)和林奇英(第七章、第九章、第十章和第十二章)。参加主审的有周雪平(第一章和第四章)、谢联辉(第二章、第五章、第六章、第七章和第十二章)、林奇英(第三章、第八章和第十一章)。福建农林大学植物病毒研究所祝雯、林白雪、何敦春、欧阳迪莎等同志参与文字的录入和校对，中国农业出版社胡志江同志给予热情的支持，谨此一并致谢。

限于编者水平，错误在所难免，尚祈读者指正。

编著者

2004 年 2 月 26 日





## 第一版前言

---

植物病毒学是高等农业院校植物保护、植物病理及植物检疫专业本科学生的基本教材，同时可供有关院校生物系和微生物学系师生参考，也可供研究生、科研和农业技术人员以及植检人员参考。

植物病毒学为基础理论性强的一门应用科学。近 20 年来，由于分子病毒学和分子遗传学的迅速发展，学科间相互渗透，使植物病理病毒学与分子病毒学紧密衔接已构成现代植物病毒学。例如，利用弱毒疫苗控制植物病毒病为害，基因转导育成抗病毒的植物新品种等已直接或间接地为农业生产上控制病毒病害开辟了崭新的领域。

当前科研设备与手段不断更新，国内亦初步具备了较完整的高、精技术与学习条件。为了使同学们在掌握理论的同时了解或掌握现代研究技术，在应用篇中对植物病毒的分离、提纯、电镜、免疫、生物化学以及分子杂交等项常规诊断与鉴定进行了应用理论概述并提供实际研究方法，在生物鉴定技术方面亦介绍得全面、具体、实用。

在基础理论方面，增添了植物病毒的遗传与变异、分类、血清学、流行模式和梯度以及诱导抗病性等项新内容，力争深入浅出便于理解。

较简练地叙述了病毒学和植物病毒学的历史和当前进展。

在症状、侵染和传播技术等方面尽量图文并茂，有助于理解、识别与应用。为了获得清晰的图片效果全部采用了黑白线条图。

在植物病毒病的流行与控制篇中，从生态体系分析系列流行因素，并通过我国植物病毒病害实例综合分析，微机生物统计推出流行模式便于同学学习。在控制植物病毒病害方面，除概要叙述了控制理论依据和新的防治技术外，还大量介绍了国内生产防治上的科研成果和先进经验，实例具体，有利于发扬祖国的系列栽培防病措施。希望同学们善于归纳、分析加以利用，以便今后在农业生产综合治理病毒病害中发挥作用。

书末附有植物病毒组及其成员名称便于师生和其他科技工作者查对。

本书是在全国高等农业院校教材指导委员会主持下，由梁训生和谢联辉教授主编，林奇英和杨莉莉副教授参加编写完成的。其中谢联辉编写第一章、第三章、第五章、第六章，梁训生编写第二章和第七章，林奇英编写第四章第一节和第二节，杨莉莉编写第四章第三节、第四节和第五节。编者曾经重点搜集了国内、外 20 世纪 80 年代以来的教科书、期刊等大量文献和最新信息，结

合 30 多年来自身积累的教学、科研与生产经验编写的，瞻前顾后力争提高起点赶上时代科学水平，希望成为一本理想的现代植物病毒学教科书。由于编者水平有限，错误难免，恳请师生、读者批评指正。

本书由沈阳农业大学植物病毒学专家韦石泉教授审稿，并给予较高评价，同时指出不足之处。在此，谨向韦石泉老师表示衷心感谢。

在编写期间曾蒙北京农业大学董平同志，福建农学院吴祖建、谢莉妍、徐金汉同志帮助绘图，并为本书的资料搜集、抄写打印做了大量工作，在此一并深表谢意。

编著者

1991年6月1日



# 目 录

第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	

## 第一篇 基础知识

第一章 绪论 .....	1
第一节 病毒的害与益 .....	1
一、病毒的害 .....	1
二、病毒的益 .....	3
第二节 病毒的发现与植物病毒学的发展 .....	5
第三节 病毒的定义 .....	12
一、病毒的早期概念 .....	12
二、病毒的现代定义 .....	12
第四节 植物病毒学的研究内容及展望 .....	14
一、植物病毒学的研究内容 .....	14
二、植物病毒学展望 .....	14
复习思考题 .....	15
第二章 植物病毒的基本特性 .....	16
第一节 病毒的形态与结构 .....	16
一、病毒的粒体形态 .....	16
二、病毒的粒体结构 .....	18
第二节 病毒的化学组成及理化特性 .....	21
一、病毒的核酸 .....	21
二、病毒的蛋白质 .....	22
三、植物病毒中的其他化学物质 .....	22
第三节 病毒的基因组特性 .....	23
一、单链 DNA 病毒 .....	23
二、双链 DNA 病毒 .....	25
三、正链 RNA 病毒 .....	26
四、负链 RNA 病毒 .....	27
五、双链 RNA 病毒 .....	28
第四节 病毒编码的蛋白质种类及其功能 .....	28

第五节 病毒基因组的表达策略 .....	29
复习思考题 .....	32
<b>第三章 植物病毒的分离与提纯</b> .....	<b>33</b>
第一节 病毒分离提纯的基本原理 .....	33
第二节 病毒的分离 .....	33
第三节 病毒的毒源繁殖 .....	34
第四节 病毒的提纯 .....	35
一、植物细胞破碎 .....	36
二、提取液澄清 .....	37
三、病毒浓缩 .....	37
四、病毒精提纯 .....	37
第五节 病毒分离提纯的几个实例 .....	38
复习思考题 .....	41
<b>第四章 植物病毒的复制</b> .....	<b>42</b>
第一节 病毒的复制模型 .....	42
一、正义单链 RNA 病毒的复制模型 .....	42
二、负义单链 RNA 病毒的复制模型 .....	43
三、双链 RNA 病毒的复制模型 .....	44
四、单链 DNA 病毒的复制模型 .....	44
五、双链 DNA 病毒的复制模型 .....	45
第二节 病毒的复制过程 .....	46
一、正义单链 RNA 病毒的复制 .....	46
二、单链 DNA 双生病毒的复制过程 .....	48
第三节 植物病毒的装配 .....	49
第四节 植物病毒的运输 .....	51
一、细胞间移动 .....	51
二、长距离移动 .....	54
复习思考题 .....	55
<b>第五章 植物病毒的变异与进化</b> .....	<b>56</b>
第一节 植物病毒的变异类型 .....	56
一、植物病毒的变异类型 .....	56
二、植物病毒的种群遗传多样性 .....	57
三、植物病毒种群的准种结构特征 .....	59
第二节 病毒变异的分子机制 .....	60
一、选择 .....	60
二、瓶颈效应 .....	60
第三节 植物病毒的进化和起源 .....	61
一、微观进化和宏观进化 .....	61
二、模块进化 .....	61

三、植物病毒与植物寄主及昆虫介体的共进化 .....	63
四、病毒的起源 .....	63
复习思考题 .....	63
<b>第六章 病毒与寄主的互作</b> .....	<b>64</b>
<b>第一节 病毒编码的蛋白间的互作</b> .....	<b>64</b>
一、病毒蛋白分子的自身互作 .....	64
二、不同病毒蛋白间的互作 .....	64
<b>第二节 病毒与寄主植物的互作</b> .....	<b>64</b>
一、基因沉默及其抑制 .....	65
二、病毒对寄主基因表达的调控 .....	69
<b>第三节 病毒与介体昆虫的互作</b> .....	<b>73</b>
一、病毒与蚜虫介体的互作 .....	73
二、病毒与叶蝉、飞虱介体的互作 .....	76
三、病毒与粉虱介体的互作 .....	76
四、病毒与蓟马介体的互作 .....	77
<b>第四节 抗病信号转导</b> .....	<b>78</b>
一、致病性与抗病性 .....	78
二、诱导抗性和信号转导 .....	79
三、抗性遗传 .....	83
复习思考题 .....	87
<b>第七章 植物病毒的分类与命名</b> .....	<b>88</b>
<b>第一节 病毒分类与命名的历史进程</b> .....	<b>88</b>
<b>第二节 病毒分类与命名的国际准则</b> .....	<b>89</b>
一、总则 .....	89
二、病毒分类单元及其命名 .....	90
三、病毒名称的书写规则 .....	90
<b>第三节 病毒分类的原理和依据</b> .....	<b>91</b>
一、病毒分类的原理 .....	91
二、病毒分类的依据 .....	91
<b>第四节 现代植物病毒分类系统</b> .....	<b>92</b>
复习思考题 .....	98
<b>第八章 亚病毒</b> .....	<b>99</b>
<b>第一节 类病毒</b> .....	<b>99</b>
一、类病毒的生物学特性 .....	99
二、类病毒的分子结构 .....	100
三、类病毒的分类 .....	101
四、类病毒引起的几种主要病害 .....	102
<b>第二节 病毒卫星</b> .....	<b>103</b>
一、概述 .....	103

二、卫星病毒	105
三、单链卫星 DNA	106
四、单链卫星 RNA	107
第三节 朊病毒	110
复习思考题	111
<b>第二篇 诊断鉴定</b>	
<b>第九章 植物病毒的致病特征</b>	112
第一节 病毒致病的外部症状	112
一、植物病毒病的症状类型	112
二、局部症状与系统症状	119
三、症状的复杂性	119
第二节 病毒致病的内部病变	120
一、寄主植物的组织病变	120
二、植物病毒的内含体	121
复习思考题	124
<b>第十章 植物病毒病的经验诊断法</b>	125
第一节 标本诊断	125
第二节 田间诊断	127
一、病毒病与生理病的区别	127
二、病毒病的田间识别	127
复习思考题	130
<b>第十一章 植物病毒病的实验诊断法</b>	132
第一节 生物学试验	132
一、传染方式	133
二、症状类型	146
三、组织病变和病毒内含体	147
四、寄主范围	147
五、鉴别寄主	147
六、交互保护	149
第二节 病株汁液的体外性状测定	149
一、钝化温度	149
二、稀释限点	150
三、体外存活期	150
第三节 血清学检测	150
一、酶联免疫吸附测定法	151
二、斑点免疫测定技术	152
三、免疫荧光技术	152



四、Western 免疫印迹 .....	153
第四节 电子显微镜测定法 .....	154
一、负染色法 .....	154
二、超薄切片法 .....	154
三、免疫电子显微镜法 .....	155
第五节 分子生物学技术 .....	155
一、核酸分子杂交技术 .....	156
二、聚合酶链式反应技术 .....	157
三、生物芯片技术 .....	159
复习思考题 .....	159
第十二章 植物病毒的鉴定 .....	160
第一节 鉴定的程序 .....	160
第二节 鉴定的原则 .....	160
一、病毒属的鉴定 .....	160
二、病毒种群和株系的鉴定 .....	165
第三节 病毒的保存 .....	168
一、活体保存 .....	168
二、冻干保存 .....	168
第四节 类似病毒病原体的鉴别 .....	169
一、鉴别特征 .....	169
二、类病毒的鉴别 .....	170
复习思考题 .....	173

### 第三篇 病害的流行与控制

第十三章 病害的发生与流行 .....	174
第一节 病毒的生态体系 .....	174
一、植物病毒的生态体系 .....	174
二、植物病毒在自然界中的适应性 .....	174
三、植物病毒生态系统中的物质循环和能量流动 .....	175
四、植物病毒生态系统的演化 .....	175
第二节 影响植物病毒传播和流行的因素 .....	177
一、生物因子对病毒传播和流行的影响 .....	177
二、非生物因子对病毒传播和流行的影响 .....	184
第三节 植物病毒病害的流行模式和梯度 .....	185
一、流行模式 .....	185
二、传病梯度 .....	185
三、水稻病毒病流行模式实例 .....	186
复习思考题 .....	189

第十四章 植物病毒病害的防控 .....	190
第一节 检疫措施与无病毒种苗的利用 .....	190
一、检疫措施 .....	190
二、无病种子及无性繁殖器官的选择 .....	191
第二节 农业系列栽培措施 .....	193
一、作物合理布局 .....	193
二、利用抗病和耐病品种 .....	194
三、适期播种与合理密植 .....	195
四、利用地上覆盖物避蚜防病 .....	195
五、加强水肥管理 .....	196
六、田园卫生 .....	196
七、其他农业措施 .....	197
第三节 化学药剂除虫防病 .....	197
一、化学药剂杀灭介体昆虫 .....	198
二、土壤消毒杀伤介体线虫和菌类 .....	198
三、性外激素驱蚜防病 .....	198
四、喷洒脂类物质避蚜防病 .....	198
第四节 抑制植物病毒的活性物质 .....	199
一、代谢拮抗物质 .....	199
二、植物生长调节物质 .....	199
三、抗生物质 .....	200
四、干扰素类物质 .....	200
五、诱导抗性物质 .....	200
六、色素类 .....	200
七、微量元素 .....	201
八、植物提取液 .....	201
九、其他物质 .....	202
第五节 生物制剂控制植物病毒病 .....	202
复习思考题 .....	203
主要参考文献 .....	204
附录 植物病毒名称 .....	234

# 第一篇 基础知识

## 第一章 绪 论

### 第一节 病毒的害与益

病毒与人类的关系大致有两个方面：害与益。人们认识病毒，研究病毒，常常是从病毒的害开始的，于是人们就要和病毒作斗争，在斗争中认识到病毒也能为我所用，造福人类，甚至人类也离不开病毒。

#### 一、病毒的害

病毒给人类造成的伤害，不亚于战争。1918年横扫全球的病毒性大流感，所致死亡人数，远远超出第一次世界大战造成的死亡人数（巴里，2008）；2003年的非典型肺炎 SARS（一种新的冠状病毒），仅在数月之内就传及世界五大洲 26 个国家和地区，给人们带来的灾难性恐慌，至今记忆犹新。

在各种病毒病中，首先受到注意的人类病毒病是天花（公元前 10 世纪），畜类病毒病是狂犬病（公元前 4 世纪），昆虫病毒病是家蚕的“高节”病——家蚕核型多角体病毒病（公元 1149 年），而植物病毒病就是泽兰黄脉病害（公元 752 年）（Saunders 等., 2003）。古老的天花是一种传播快、危害大的全身性疾病，病死率高达 40%~50%（Evans, 1977），仅 20 世纪就夺走 3 亿条人命，为这个世纪因战争而死亡人数的 3 倍（奥德史东，2000）。20 世纪 80 年代初发现的人类免疫缺陷病毒（*Human immunodeficiency virus*, HIV）即艾滋病（AIDS）病原体的代表株，更是一种流行性病毒。还有一些所谓“慢病毒”（slow virus），虽然发病缓慢，却往往能置人于死地，如某些癌症、免疫失调、精神病和老年性痴呆等重要疾病，就可能与这类“慢病毒”有关。据报道，在世界范围内，一年约有 25 万例的肝癌患者是与乙型肝炎病毒（*Hepatitis B virus*, HBV）相联系的。每年约有 5 万多例的鼻咽癌患者与 EB 病毒（Epstein-Barr virus, 为人类疱疹病毒 4 型）有关。就微生物所致人类疾病总数而言，年发病数和病死数的 50% 以上是由病毒造成的（郑浩强，1990）。由此可见，病毒是人类的可怕敌手，它能以各种各样的形式侵害人体，影响健康，使其丧失活力甚至死亡。病毒也能以各种各样的形式侵害人类赖以生存的畜、禽、鱼和农、林、牧草等植物使其致病，影响产品产量和品质，从而给整个农业生产造成严重的损失。畜禽病中的猪瘟、牛瘟、鸡瘟、鸭瘟和口蹄疫，是众所周知的流行性传染病，它能在几天之内使数以千百万头的畜禽死亡，使牧场主破产。据法新社（1989）报道，津巴布韦因口蹄疫（*Foot and mouth disease virus*, FMDV）暴发，损失高达 3.5 亿美元以上，并被认为是“可怕的”、“灾难性的”瘟疫。农林植物因病毒为害而蒙受重大损失的例子，为数甚多，略举比较明显的数例于下。