



全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 植物病毒学

第二版

植物保护和植物病理专业用

谢联辉 林奇英 主编

中国农业出版社

全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 植 物 病 毒 学

第 二 版

谢联辉 林奇英 主编

植物保护和植物病理学专业用

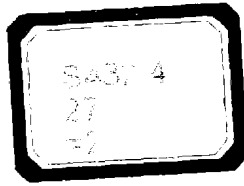
中国农业出版社

图书在版编目 (C)

植物病毒学/谢联辉, 林奇英主编. —2 版. —北京:  
中国农业出版社, 2004.6  
全国高等农业院校教材  
ISBN 7-109-09089-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 047038 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 100026)  
出版人: 傅玉祥  
责任编辑 毛志强 杨国栋

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行  
1994 年 5 月第 1 版 2004 年 7 月第 2 版  
2004 年 7 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 19.5

字数: 346 千字

定价: 25.90 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、四、八、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、九、十、十二章）。参加主审的有周雪平（第一、四章）、谢联辉（第二、五、六、七、十二章）、林奇英（第三、八、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、精技术研究条件。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、三、五、六章，梁训生编写第二、七章，林奇英编写第四章第一、二节，杨莉莉编

## 第 一 版 前 言

写第四章第三、四、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

第二版前言

第一版前言

## 第一篇 基础知识

<b>第一章 绪论</b> .....	1
<b>第一节 病毒的害与益</b> .....	1
一、病毒的为害 .....	2
二、病毒的利用 .....	4
<b>第二节 病毒的发现与植物病毒学的发展</b> .....	6
<b>第三节 病毒的定义：早期概念与现代定义</b> .....	14
一、病毒的早期概念 .....	14
二、病毒的现代定义 .....	15
<b>第四节 植物病毒学的研究内容及其展望</b> .....	17
一、植物病毒学的研究内容 .....	17
二、植物病毒学展望 .....	17
<b>第二章 植物病毒的基本特性</b> .....	19
<b>第一节 病毒的形态与结构</b> .....	19
一、病毒的粒体形态 .....	19
二、病毒的粒体结构 .....	21
<b>第二节 病毒的化学组成及其理化特性</b> .....	24
一、植物病毒的核酸 .....	24
二、植物病毒的蛋白质 .....	25
三、病毒中的其他化学物质 .....	26
四、植物病毒粒体的稳定性 .....	27
<b>第三节 病毒的侵染、干扰与诱导抗性</b> .....	27
一、植物病毒的侵染、增殖与转移 .....	27
二、植物病毒的干扰作用 .....	33
三、植物的诱导抗病性 .....	34

# 目 录

第四节 植物病毒的传染	37
一、植物病毒的介体与非介体	37
二、植物病毒的介体传染	38
三、植物病毒的非介体传染	47
第五节 植物病毒的遗传与变异	50
一、植物病毒遗传信息的传递与表达	50
二、植物病毒的变异	51
第六节 植物病毒的抗原性	54
一、植物病毒的抗原结构及其作用	55
二、植物病毒的抗体结构及其作用	57
三、植物病毒的抗原、抗体反应	58
<b>第三章 植物病毒的分离与提纯</b>	59
第一节 病毒分离提纯的基本原理	59
第二节 病毒的分离	59
第三节 病毒的毒源繁殖	61
第四节 病毒的提纯	62
一、植物细胞破碎	63
二、提取液的澄清	64
三、病毒浓缩	64
四、病毒的精提纯	65
第五节 病毒分离提纯的几个实例	66
<b>第四章 植物病毒的分类与命名</b>	70
第一节 病毒分类与命名的历史沿革	70
第二节 病毒分类与命名的国际准则	71
一、总则	71
二、分类单元及其命名	72
三、书写规则	73
第三节 病毒分类的原理和依据	73
一、原理	73
二、依据	73
第四节 现代植物病毒分类系统	74
<b>第五章 植物病毒基因组及其表达</b>	82
第一节 病毒基因组的结构和组成	82
第二节 植物病毒基因组的表达与调控	86



<b>第六章 亚病毒：类病毒、病毒卫星及朊病毒</b> .....	90
<b>第一节 类病毒</b> .....	90
一、类病毒的生物学特性 .....	90
二、类病毒的分子结构 .....	91
三、类病毒的种类 .....	92
四、类病毒引起的几种主要病害 .....	94
<b>第二节 卫星病毒和卫星核酸</b> .....	95
一、卫星病毒 .....	98
二、单链卫星 DNA .....	99
三、单链卫星 RNA .....	100
<b>第三节 朊病毒 (Virino)</b> .....	104

## 第二篇 诊断鉴定

<b>第七章 植物病毒的致病特征</b> .....	106
<b>第一节 病毒致病的外部特征</b> .....	106
一、植物病毒的症状类型 .....	107
二、局部症状与系统症状 .....	116
三、症状的复杂性 .....	117
<b>第二节 病毒致病的内部特征</b> .....	118
一、寄主植物的组织病变 .....	118
二、内含体的出现 .....	119
<b>第八章 植物病毒病的经验诊断法</b> .....	121
<b>第一节 标本诊断</b> .....	121
<b>第二节 田间诊断</b> .....	123
一、病毒病与生理病的区别 .....	124
二、病毒病的田间识别 .....	124
<b>第九章 植物病毒病的实验诊断法</b> .....	128
<b>第一节 生物学实验</b> .....	128
一、传染方式 .....	130
二、症状类型 .....	145
三、细胞病变和病毒内含体 .....	146
四、寄主范围 .....	146
五、鉴别寄主 .....	147
六、交互保护 .....	148

## 目 录

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 .....	149
三、体外存活期 .....	150
第三节 血清学实验 .....	150
一、沉淀反应 .....	151
二、凝集反应 .....	154
三、酶联免疫吸附反应 (ELISA) .....	156
四、点免疫结合测定技术 (dot immunobinding assay, DIBA) .....	160
第四节 电子显微镜技术 .....	161
一、电子显微镜的分辨率 .....	161
二、电子显微镜的主要结构及工作原理 .....	162
三、载网和支持膜 .....	162
四、植物材料取样 .....	163
五、检测病毒粒体的电镜技术 .....	163
第五节 核酸分子杂交技术 .....	169
一、分子杂交分析原理 .....	169
二、分子杂交的种类 .....	169
三、cDNA 检测植物病毒的主要步骤 .....	170
第六节 PCR 技术 .....	171
<b>第十章 植物病毒的鉴定</b> .....	<b>174</b>
第一节 鉴定的程序 .....	174
第二节 鉴定的原则 .....	174
一、病毒属的鉴定 .....	175
二、病毒种群和株系的鉴定 .....	180
第三节 病毒的保存 .....	183
一、活体保存 .....	184
二、冻干保存 .....	184
第四节 类似病毒病原体的鉴别 .....	185
一、鉴别特征 .....	185
二、类病毒的鉴别 .....	186

## 第三篇 病害的流行与控制

第十一章 病害的流行 .....	190
------------------	-----

第一节 病毒的生态体系 .....	190
一、植物病毒的生态体系 .....	190
二、植物病毒在自然界中的适应性 .....	191
三、植物病毒生态系统中的物质循环和能量流动 .....	191
四、植物病毒生态系统的演化 .....	192
第二节 影响植物病毒传播和流行的因素 .....	194
一、生物因子对病毒传播和流行的影响 .....	194
二、非生物因子对病毒传播和流行的影响 .....	203
第三节 植物病毒病害的流行模式和梯度 .....	204
一、流行模式 .....	204
二、传病梯度 .....	205
三、水稻病毒病流行模式实例 .....	206
<b>第十二章 病害的控制 .....</b>	<b>210</b>
第一节 检疫措施与无病毒种苗的利用 .....	210
一、检疫措施 .....	210
二、无病种子及无性繁殖器官的选择 .....	212
第二节 农业系列栽培措施 .....	214
一、作物合理布局 .....	214
二、利用抗病和耐病品种 .....	216
三、适期播种与合理密植 .....	217
四、利用地上覆盖物避蚜防病 .....	217
五、加强水肥管理 .....	218
六、田园卫生 .....	219
七、其他农业措施 .....	219
第三节 化学药剂灭虫、驱虫与防病 .....	220
一、化学药剂杀灭介体昆虫 .....	221
二、土壤消毒杀伤介体线虫和菌类 .....	221
三、性外激素驱蚜防病 .....	221
四、喷洒脂类物质避蚜防病 .....	222
第四节 抑制植物病毒的活性物质 .....	222
一、代谢拮抗物质 .....	222
二、植物生长调节物质 .....	223
三、抗生物质 .....	223
四、干扰素类物质 .....	223

## 目 录

五、诱导抗性物质 .....	224
六、色素类 .....	224
七、微量元素 .....	225
八、植物提取液 .....	225
九、其他物质 .....	226
第五节 生物制剂控制植物病毒病 .....	226
<b>参考文献</b> .....	229
<b>附录：植物病毒名称</b> .....	255

# 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，进而研究病毒，常常是从病毒的害开始的，于是人们就要和病毒做斗争，在斗争中认识到病毒也能为我所用，造福人类。

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（公元 1149 年），而植物病毒病就是泽兰黄脉病害（公元 752 年）（Saunders et al, 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），未病死的幸存者，也多麻脸，甚至失明。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，更是一种流行很快的恶性病毒；还有一些所谓慢病毒（Slow virus），虽然致病缓慢，却往往能致人于死地，如某些癌症、免疫失调、精神病和老年性痴呆等重要疾病，都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，而每年约有 5 万多例的鼻咽癌患者与 EB 病毒有关。就微生物所致人类疾病总数而言，年发病率和病死率的 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，影响产品产量和质量，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。

## 一、病毒的为害

农林植物因病毒为害而蒙受重大损失的例子，为数甚多，略举比较明显的例子简述如下：

1. **水稻** 水稻东格鲁病 (Rice tungro)，在东南亚一些国家是最具有毁灭性的病毒病，仅菲律宾于 20 世纪 40 年代每年因此病所致的稻谷损失即达 140 万 t，至今仍然是这个国家分布最广和破坏性最大的一种病害 (Ou, 1985)。此病于 1979 年在我国福建南部开始发生，至 1982 年即蔓延到 20 多个县市，病田产量一般损失 30%~70%，重病田颗粒无收 (谢联辉等, 1983)。水稻矮缩病 (Rice dwarf) 于 19 世纪末在日本一些地区流行，曾因此饿死 1 万余人 (王鸣歧, 1976)。水稻黄叶病 (Rice transitory yellowing)、黑条矮缩病 (black streaked dwarf) 和条纹叶枯病 (stripe)，自 20 世纪 60 年代以来在我国的一些地区曾数次暴发，损失颇大，个别省仅在 1~2 年内损失稻谷即达 50 万 t (谢联辉和林奇英, 1984)。其中水稻条纹叶枯病在我国至今仍呈上升趋势，2002 年在江苏、河南等省市的一些地区大范围暴发 (魏太云等, 2003)。

2. **麦类** 麦类病毒中的黄矮、丛矮和黄花叶都是生产上的重要病害。1978 年，加拿大曼尼托巴地区因大麦黄矮病毒 (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV) 暴发，给小麦造成损失达 1 700 万美元 (Gill, 1980)；1951—1960 年，美国因此病给大麦造成的损失每年在 600 万美元以上 (Duffus, 1977)。我国在 1960、1964、1966、1968、1970、1973、1978、1980 和 1987 年于西北和华北一些地区流行，因此病小麦平均减产达 30% (周广和, 1996)。

3. **马铃薯** 据报道，马铃薯卷叶病毒 (*Potato leaf roll virus*, PLRV) 和马铃薯 Y 病毒 (*Potato virus Y*, PVY) 的一些株系，常使块茎的产量减少 50%~80%。我国二季栽产区因马铃薯病毒性退化，一般减产 30%~50%，严重的减产 50%~70% (裘维蕃, 1984)。

4. **木薯** 由双生病毒引起的木薯花叶病为害十分严重。病毒侵染木薯的易感染品种后，块茎减产 60%~80%。在非洲许多地方，木薯感病率达 80% 以上。由非洲木薯花叶病毒 (*African cassava mosaic virus*, ACMV) 和东部非洲木薯花叶病毒 (*East African cassava virus*, EACMV) 重组后产生病毒新株系与 ACMV 复合侵染，曾引起乌干达等国木薯花叶病的大流行，导致木薯毁灭性死亡，并引起饥荒 (Zhou et al., 1997)。据不完全统计，全球木薯每年因双生病毒为害的损失达 10 亿英镑 (Harrison & Robinson., 1999)。

5. **棉花** 由棉花曲叶病毒引起的棉花曲叶病在巴基斯坦和印度发生普遍。自 1992 年起, 巴基斯坦因该病为害导致的损失超过 50 亿美元, 面积超过 200 万  $\text{hm}^2$  棉田遭受严重为害 (Bridson & Markhan., 2000)。病毒基因组重组造成新病毒不断产生, 而多种病毒的复合侵染加重了对棉花的为害 (Zhou et al., 1998)。此病在我国尚未发生, 尤其应加强检疫, 严防从邻近的巴基斯坦传入我国棉花产区新疆。

6. **油菜** 油菜花叶病的损害有三个方面: 一是减产, 一个产区的损失常达 20%~30%; 二是降低病株对软腐病和霜霉病的抵抗力; 三是降低病株的抗寒力, 病株在冬季比健株易死亡 (魏景超, 1959)。白菜孤丁和萝卜花叶是十字花科菜类的重要病毒病, 前者于 1952 年和 1958 年大流行, 以致有些菜地连种 3 次都是孤丁病菌; 后者一般损失 20%~60% (裘维蕃, 1984)。值得注意的是这两种病毒也常加害油菜。

7. **甘蔗** 甘蔗斐济病 (Sugarcan Fiji Disease) 曾在斐济岛暴发, 几乎毁掉该岛所有甘蔗, 严重地威胁该岛的制糖工业, 后来费了很大的劲才得以控制。我国于 1984 年在福建的检疫苗圃和实验苗圃中查到这种病株 (周仲驹等, 1987), 当即予以全部销毁, 损失不小。

8. **甜菜** 甜菜曲顶病 (Beet curly top) 在 20 世纪 20 年代末期几乎毁了美国西部的糖用甜菜业。甜菜黄化病 (Beet yellow) 在欧洲常成为流行状态。在我国内蒙古, 采种区附近的平均发病率为 10%~20%, 严重的达 50%~90%, 病甜菜根的产量平均减少 2% 左右, 含糖量减少 27%~31% (裘维蕃, 1984)。

9. **柑橘** 柑橘速衰病 (Citrus tristeza) 曾引起南方甜橙的巨大损失, 至 1949 年, 仅巴西圣保罗州便已销毁大约 600 万株的甜橙, 占该州所种甜橙的 75% (Bos, 1983b)。据估计, 此病于近 50 年内在全球所造成的损失达 4 亿~12 亿美元 (Bar-Joseph et al., 1983)。此病在我国也普遍发生, 广西、广东、湖南、江西、浙江、四川等地柑橘受害株达 60%~100% (赵学源等, 1979)。

10. **香蕉** 香蕉束顶病 (Banana bunchy top) 于 1889 年在斐济岛发生, 使整个香蕉生产受到严重打击 (罗宗爵, 1970); 1920—1929 年在澳洲流行, 导致该洲整个香蕉种植业崩溃 (刘秀娟, 1985)。此病在我国南方蕉区发病率在 20% 以上, 重者 30%~50%, 甚至 100%, 不得不毁园 (福建农学院植物病毒研究室, 1986)。

11. **可可** 可可肿枝病 (Cocoa swollen shoot) 在西非的影响尤为突出, 仅加纳 1946—1981 年便已砍伐病树达 17 900 万株以上, 且于 1981 年仍有 4 000 万株病树等待处理 (Owusu, 1983)。此病在我国尚未发现, 应予警惕。

上列事例说明，病毒确实有害，特别是经济全球化、人口城市化，加上气候变暖，环境恶化，更加剧了新兴病毒的发生和原有病毒的传播、为害，因此想方设法和病毒作斗争是完全必要的。

## 二、病毒的利用

从现代病毒学所积累的知识看，病毒也展示出许多有益的作用。兹将这方面的例子简述如下：

**1. 病毒载体** 在生物遗传工程中，病毒是适用于把基因、药物或其他任何有用物质送入特定细胞中的理想工具，也就是说经过修饰的病毒是基因工程的有效载体。侵染十字花科的花椰菜花叶病毒 (*Cauliflower mosaic virus*, CaMV)，是一种双链 DNA 病毒，易用摩擦接种的方法，使寄主引起系统感染，并大量增殖。这就使它能够将基因转移到成熟植物的所有组织中去，而每个细胞均拥有一个基因的许多拷贝。而且 CaMV 的强有力的基因调节序列能启动外源基因的高水平的表达。尽管开发利用 CaMV 载体仍有许多重要障碍，但用它将外源基因送入植物的成功例子也不少。以 CaMV 为载体，一些抗细菌药物的抗性基因已在芜菁植株上得以表达，并稳定增殖（美国农业生物技术国家战略委员会等，1987）。作为联体病毒的一个成员——玉米线条病毒 (*Maize streak virus*, MSV)，是一种单链 DNA 病毒，它能感染农业上十分重要的单子叶植物，而根癌农杆菌 (*Agrobacterium tumefaciens*) 却较难感染这类植物，加上单子叶植物在细胞培养操作上的困难，使得这种不便使用的病毒载体成为基因工程上引人注目的对象 (Donald, 1984)。侵染单子叶植物的雀麦花叶病毒 (*Brome mosaic virus*, BMV) 是一种单链 RNA 病毒，人们采用构成 RNA 病毒基因组的互补 DNA 拷贝构建载体，实现了将一种细菌的药物抗性基因引向大麦原生质体的转移和表达。用于动物细胞的病毒载体有猴空泡病毒 (SV40)、腺病毒、乳头状瘤病毒和痘苗病毒等。现在已有流感病毒、疱疹口炎病毒、猪肠胃炎病毒、狂犬病毒、单纯性疱疹病毒、乙型肝炎病毒和疟疾的重组体痘苗，经动物实验证明有效，有些已用来保护人类（美国农业生物技术国家战略委员会等，1987；Scott, 1988）。用于昆虫细胞的病毒载体，最主要的是苜蓿根纹夜蛾核型多角体病毒 (AcNPV)。采用基因工程手段可使  $\alpha$ -干扰素、 $\beta$ -干扰素和  $\beta$ -半乳糖苷酶等基因在寄主细胞或幼虫体内得到成功的表达 (高尚荫, 1988)。

**2. 病毒基因** 病毒的核心是其遗传物质——脱氧核糖核酸 (DNA) 或核糖核酸 (RNA)。从这点出发，病毒作为遗传物质的重要性并不亚于它们在传



染病害中的作用。实际上，病毒之所以能致病，正是由于病毒与寄主细胞的基因互作。一般说来，病毒和细胞相遇侵入细胞，既不是以病毒的死亡而告终，也不是以细胞的死亡而告终，而是病毒基因组与细胞的遗传装置汇合在一起，随之细胞的功能发生变化，这无疑是一种天然的基因工程。人们正是利用这一原理，开发人工基因工程。而基因工程问世，便是从病毒开始的。1972年美国学者 Berg 第一次把 SV<sub>40</sub>的基因组与噬菌体的基因组在体外拼接在一起，完成了人类第一个用两种生物的基因组在体外的重组。我国学者在分别获得抗烟草花叶病毒 (*Tobacco mosaic virus* , TMV) 和黄瓜花叶病毒 (*Cucumber mosaic virus* , CMV) 的转基因烟草之后，又再进一步将这两种病毒的外壳蛋白 (CP) 基因同时导入烟草、番茄，以期获得具有能抗上述两种病毒混合感染的烟草和番茄新品种，这项研究已成功构建表达型中间载体，进行转基因植物的再生工作 (田波, 1989; 张曼夫和敖光明, 1989)。

**3. 生物控制** 最突出的是昆虫病毒，利用昆虫病毒控制害虫具有专一性、高效性、安全性、流行性和持续性 (高尚荫等, 1986)，对农林害虫防治和环境保护都有重要作用。菌类病毒据报道已从 26 属 40 种的植物病原真菌中分离到病毒 (Lemke, 1977; Day & Dodds, 1979)，目前至少有 10 种真菌病毒对病原真菌产生不同的致病作用 (梁平彦, 1986)，其中粟疫病菌 (*Endothia parasitica*) 的真菌病毒已在意大利和法国用于粟疫病的生物防治。我国对稻瘟病菌病毒和小麦全蚀病菌病毒已有初步的研究报道 (陈开英和梁平彦, 1982; 梁平彦和陈开英, 1984; 马志亮等, 1984)。用噬菌体防治植物细菌病害也有一些成功的实例，有人利用噬菌体处理带病 (棉花角斑病、玉米萎蔫病) 种子，或防治细菌性溃疡病、烟草疫病均获得肯定结果 (罗明典, 1986)。利用 TMV 的弱毒系 (如日本的 L11-A, 荷兰的 M-216, 前苏联的 TMV57 和我国的 N11、N14) 防治烟草、番茄等茄科植物的 TMV，均取得了良好的效果 (大岛信行等, 1978; 符拉索夫, 1979; 田波等, 1980; 张秀华等, 1982; 韦石泉, 1989)。利用卫星病毒 RNA 防治 CMV 所致的植物病害与鼠痘病毒消灭鼠害均已在我国获得成功 (田波, 1986)。

**4. 环境保护** 利用病毒及其制剂开展上述有害生物的控制，可使环境免受污染。其他如藻类病毒 Lpp-1 可用于清除水面的三种藻类 (*Lymngbya*、*Plectonema* 和 *Phormadium*)，使水质变清 (罗明典, 1986)；果蝇西格玛病毒能控制果蝇对二氧化碳的灵敏度。据报道，近 100 年来大气层中二氧化碳的含量增加了 13% (乌曼斯基, 1983)，这对人类无疑是个严重的威胁，那么自然界中是否也有类似的防毒性病毒对人类和其他生物存在着类似的作用，现在还不清楚。