

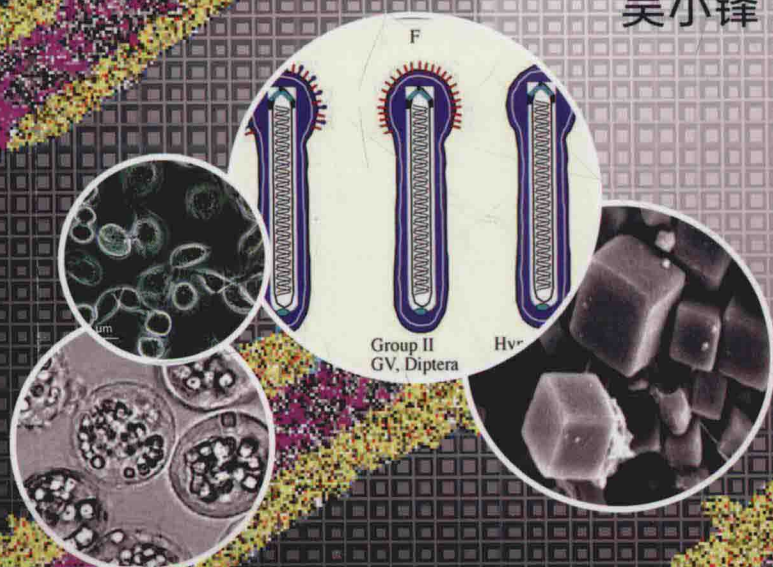
Baculovirus Molecular Biology

杆状病毒 分子生物学

(第三版)

[美] George F. Rohrmann 著

吴小锋 沈运旺 张健家 译



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

杆状病毒分子生物学

(第三版)

[美]George F. Rohrmann 著

吴小锋 沈运旺 张健家 译

图书在版编目(CIP)数据

杆状病毒分子生物学 / (美)罗尔曼(Rohrmann, G. F.)
著;吴小锋,沈运旺,张健家译. —杭州:浙江大学出版社,
2015.12

书名原文: Baculovirus Molecular Biology

ISBN 978-7-308-15169-6

I. ①杆… II. ①罗… ②吴… ③沈… ④张… III. ①杆
状病毒—分子生物学 IV. ①Q939.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 226898 号

Copyright © 2013, George F. Rohrmann

本中文版翻译自 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK114593>

杆状病毒分子生物学(第三版)

[美]George F. Rohrmann 著

吴小锋 沈运旺 张健家 译

责任编辑 阮海潮

责任校对 冯其华 潘晶晶

封面设计 杭州林智广告有限公司

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 浙江印刷集团有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 18.25

字 数 456 千

版 印 次 2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-15169-6

定 价 150.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcb.tmall.com>

译者的话

国际知名病毒学家、美国俄勒冈州立大学 George F. Rohrmann 教授编写的《杆状病毒分子生物学》自 2008 年首版以来,受到了昆虫病毒学等相关领域研究人员的极大关注和热烈欢迎。该书又于 2011 年和 2013 年分别在线出版了第二版和第三版,每一版都及时更新和增加了杆状病毒最新的研究成果,是杆状病毒研究领域内最为前沿的好书之一。为此,我们萌发了翻译出版中文版的念头。

Rohrmann 教授毕生致力于杆状病毒分子生物学研究,在 *Science*、*PNAS* 等刊物上发表论文百余篇,曾担任国际病毒学权威期刊 *Journal of Virology* 和 *Virology* 的常务编辑,为推进杆状病毒研究做出了重要贡献。该书的出版凝聚着 Rohrmann 教授的大量心血,实现了他的一个梦想,即以在线 Open Access 的形式出版,从而保证杆状病毒研究领域研究人员能够及时获取最新的资料。该书内容丰富,知识新颖,共十五章,包括杆状病毒简介、分类和进化;杆状病毒包涵体和病毒粒子的结构蛋白;杆状病毒复制周期;对细胞和昆虫的影响;病毒感染的早期事件;病毒转录;病毒 DNA 复制和基因组加工;杆状病毒的晚期转录;杆状病毒感染:细胞周期和凋亡;宿主抗性、易感性以及病毒感染对宿主分子生物学的影响;杆状病毒作为杀虫剂;杆状病毒表达技术:原理与应用;杆状病毒、逆转录病毒、DNA 转座子 (*piggyBac*) 和昆虫细胞;AcMNPV 基因组:基因含量、保守性和功能;与 AcMNPV 基因组不同源的部分杆状病毒基因:保守性和功能;专业词汇;已测序的杆状病毒基因组和常见杆状病毒的宿主昆虫等。

在翻译过程中我们尽量忠于原著,但仍深感部分专业词汇的中文准确表述十分困难。有几点需要特别说明:(1) 该书为在线网络版,原著作者会随时更新,而当前奉献给读者的是第三版的中译本,翻译基于 2014 年下载的 PDF 版,因此有些地方与网络最新版可能会略有差异,请以最新网络版为准;(2) 有些英文的翻译感觉没有合适的中文词汇表达,在翻译稿中仍旧采用英文原词;(3) 对于一些拿捏不准的专业词汇的翻译,我们在中文词后括号内添加原英文单词,以便读者明辨;(4) 原著各章中没有编号,考虑到国内读者的阅读习惯,我们根据内容进行了相应编号,使之更具条理性。本书可供从事昆虫病毒学教学、科研人员参考,也可作为高年级本科生或研究生的教学用书。



衷心感谢 Rohrmann 教授的允诺和大力支持,并帮助解决了原版中图片采用的版权问题,还欣然为中文版撰写序言。感谢本实验室冯敏、郑秦、王国宝、许伟凡、王海萍等研究生在校稿等方面的帮助。此书出版也得到了“973 项目”(2012CB11460)和国家自然科学基金(31272506,31472146)部分经费的支持,在此一并感谢。

由于时间仓促,水平有限,本书难免有不妥之处,敬请同行和读者提出宝贵意见。

吴小锋

于浙江大学紫金港校区

2015 年 10 月 26 日

为中文版所作的序言

我最初撰写《杆状病毒分子生物学》第一版(2008)是因为自1997年Lois Miller编辑出版“*The Baculovirus*”一书后没有比较全面介绍该病毒的书籍。为了尽可能广泛地传播这方面的信息,我想出版一本可以公开在线阅览的书籍,这样可在网上免费获取。我很幸运该书能够被美国国立卫生研究院(NIH)旗下的国家医学图书馆(National Library of Medicine, NLM)国家生物技术中心(NCBI)出版,现在是该书的第三版(2013)。我坚持该书在线开放的原因是我认为从事杆状病毒领域研究的各国科学家中还有许多人员无法负担一本正式出版的书籍。因此,当中国浙江大学吴小锋教授建议出版中文译本时,我很有兴趣,这是因为虽然已有免费的英文版本,但我意识到为杆状病毒分子生物学做出重要贡献的队伍之一在中国,他们中的许多人,特别是本科生及研究生,与资深同事相比或许英文并不流利。因此,出版中文版本是我的愿望,这样能够惠及更大的科学家群体。我感谢吴小锋教授指导该书的翻译。我也在此温馨提示,该书所有图表的PPT格式能够在NCBI或Oregon State University官方网站下载获取。参见‘Teaching slides for all figures and tables (PPT file)’, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK114593/>或‘BacMolBiol 3rd Edition Figures Rohrmann. ppt’, <http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/30517>。

George F. Rohrmann

Corvallis, Oregon USA

2014年12月23日



第三版前言

自从《杆状病毒分子生物学》第二版约在三年前完成,我们对杆状病毒分子生物学的理解又有了许多重要进展,这些进展许多涉及新出现或最近已开发成功的技术的应用。其中最重要的是杆粒敲除系统的持续应用,使杆状病毒表达技术和基础研究方面都产生了革命性变化,从而获得了许多关于 AcMNPV 基因功能的新信息,以及一些与家蚕紧密相关的 BmNPV 病毒的基因信息。由于这项技术的重要性,第十章增加了新的内容,介绍了杆粒(bacmid)的由来及其在蛋白生产和基础研究上的操作技术。此外,最近 AcMNPV 转录组的研究可以说是理解杆状病毒在感染过程中基因表达和 RNA 加工的一个新里程碑。这项技术不断应用到病毒和宿主转录组中,将大大增加对病毒感染过程中病毒利用宿主的理解。病毒和宿主的 RNA 干扰现象的证据最近刚刚被发现,这表明它很有可能对病毒和宿主的基因表达产生重要影响。由于棉铃虫 NPV 是一种很有发展前景的生物杀虫剂,对其分子生物学的关注也越来越多,加之它也是 Group II α -杆状病毒的代表,所以我在修订的第十二章中随同 AcMNPV 和 BmNPV 加入了直系同源的 HearNPV orfs 的基本信息。结构数据库的持续扩大,以及能对未知结构的预测蛋白与这些数据进行比较的计算机程序的应用,通过与业已明确鉴定的蛋白的相关性比较得到的功能暗示,将不断为进化关系提供新的信息。第二章中我们提供了一个与此有关的有趣案例:杆状病毒 F 囊膜蛋白和昆虫逆转录病毒(游移病毒)囊膜蛋白被预测到与副黏病毒科的成员具有明确的结构相关性。与先前的版本一样,如果没有美国国家医学图书馆 NCBI/NIH Laura Dean 博士的协助,这本书将不可能完成。

George F. Rohrmann 博士

2013 年 9 月 1 日

001



第二版前言

自《杆状病毒分子生物学》第一版在两年前出版以来,杆状病毒研究的许多领域取得了许多重要进展,特别是用杆粒(bacmid)技术鉴定基因功能。此外,确定多角体蛋白的晶体结构这一长期追求的目标在近期也得以实现。我也在这本书中增加了一个额外章节(第十一章),标题为“杆状病毒、逆转录病毒、DNA 转座子(*piggyBac*)和昆虫细胞”。增加这一章是非常及时的,不仅因为我长久以来一直对杆状病毒和逆转录病毒之间的关系感兴趣,而且也是因为过去两年中与正常细胞的内源性逆转录因子被沉默有关的细胞机制研究取得了重要进展。我也发现,许多出版商允许在线免费使用他们的图片。这让我能够在本书中引入一些杆状病毒的经典图片,以及一些也可能成为经典图片的最新图谱。由于许多研究都利用家蚕(*Bombyx mori*)杆状病毒,因此我在修订后的第十二章“AcMNPV 基因组:基因含量、保守性和功能”里增加了与 AcMNPV 直系同源的 BmNPV 开放性阅读框相关的内容。我要感谢一些为这本书修订提出建议和意见的人,包括 T. Ohkawa, S. Katsuma, L. Passarelli, A. Khan 和 G. Pennock 博士。如果没有美国国家医学图书馆 NCBI/NIH Laura Dean 博士的持续鼓励和帮助,这本书将不可能完成。

George F. Rohrmann 博士

2011 年 1 月 26 日



第一版前言

1970年,我在华盛顿大学微生物学系完成RNA噬菌体的研究工作并取得博士学位后,接受了博茨瓦纳-莱索托-斯威士兰大学(University of Botswana, Lesotho, and Swaziland, 位于莱索托的 Roma)生物学讲师的职位。由于来自博茨瓦纳和斯威士兰政府要求建立高等教育的压力,学校于1971年在这两个国家设立了两年制分校,我被调派到斯威士兰创办生物系。斯威士兰西侧是高地,向东倾斜是更干旱的地带。搬到那里后我注意到的第一件事是:与我之前居住的任何地方相比,这里生活的昆虫更具多样性。我开始拍摄许多我能找到的独特品种,因而最终使我对昆虫研究产生了兴趣。

1974年秋天,学校给了我为期三个月的学术休假,我在美国俄勒冈州立大学(OSU)度过了这个假期,因为这里有一个昆虫学系并且距离我在华盛顿的家很近。由于我曾接受过病毒学方面的训练,所以我认为将我过去在病毒学上的经验与昆虫研究相结合是进行昆虫病毒学研究的一条路径。毗邻校园的是美国农业部(USDA)林务局林业科学实验室,当时他们正在执行一个强有力的森林害虫生物防治研究计划,特别是道格拉斯冷杉毒蛾、黄杉毒蛾。该项目的病毒学方面研究由 Mauro Martignoni 领导,正是他引导我进入杆状病毒领域,而苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*)项目由 Hank Thompson 领导。此外,这里还有一个电子显微镜实验室,有工作人员 Ken Hughes 和 Bo Addison,以及许多研究生物防治剂配方和应用的工作人员。在 OSU 短暂的日子里,我在 Victor Brooks 教授的实验室开始杆状病毒包涵体蛋白特征的研究工作。

我对杆状病毒的兴趣始于对昆虫的迷恋,然后又转移到将病毒用于生物防治,并最终专注于病毒的分子生物学。1974年底我离开 OSU 后, Mauro 给了我一个实验室技术员的职位。因此,1975年秋天我又回到 OSU,并开始我在杆状病毒学领域的研究生涯。起初我在 Mauro 的实验室工作,但因为我的研究方向是开发鉴定杆状病毒的方法,所以他鼓励我到 George Beaudreau 教授的实验室工作。Beaudreau 教授是一位分子生物学家,在农业化学系研究逆转录病毒,曾与 Mauro 在杆状病毒项目上有过合作。另一位病毒学家——George Pearson 教授的实验室,在生物化学与生物物理系,与我们实验室在同一幢楼。他的团队正在纯化限制性内切酶,最近结束在 Phil Sharp 教授实验室(他的团队近期发现内含子)的学术休假后,他开始用电子显微镜技术研究内含子。此外, George Pearson 的妻子——Margot 是一位免疫学家,在 Beaudreau 实验室工作后与我



共事多年。因此,尽管我早期的兴趣是昆虫防治,但由于这些经验丰富的分子生物学家提供的机遇和影响,我开始研究 *O. pseudotsugata* 杆状病毒的分子生物学,包括限制性内切酶分析、克隆和内含子分析。此外,我一直对进化感兴趣,当我们通过与另一位生物化学与生物物理系的同事合作能够获得一些多角体蛋白的 N-末端序列时, Bob Becker 教授、George Beaudreau 教授和我就开始试图分析这些蛋白的进化。回想当时,亲缘关系的计算是通过手摇计算器来完成的。尽管数据资料有限,分析方法原始,但这些早期的数据清楚地表明杆状病毒与其宿主昆虫共同进化。最近,通过复杂的计算机程序对更加完整和广泛的数据资料进行分析,这个观点得到了进一步验证。

这本书源于我的一个决定,即完全注释 AcMNPV 的基因组,试图阐明大约 150 个开放阅读框的功能。虽然我发现这在某种程度上是一个挑战,但在互联网尤其是 PubMed 和加拿大维多利亚大学病毒生物信息学资源中心(VBRC)的帮助下,通过阅读文献以及使用 VBRC 网站分析系统发育关系,我每天能够完成 10~15 个开放阅读框。另外,Jun Gomi 博士承诺我能够引用她和她那些与 Maeda 教授一起工作的同事在 BmNPV 基因敲除方面的工作成果。这项研究非常重要,但是由于 Maeda 教授的溘然离世,该研究的许多内容还没有发表。因为 BmNPV 与 AcMNPV 基因组关系较近,这些信息对于揭示 AcMNPV 中许多尚未鉴定的基因功能极具参考价值。我已整理出 AcMNPV orfs 信息的初稿,加上已对大多数参考文献完成注释,我决定尝试将这些材料整理成一系列的章节,内容覆盖杆状病毒的分子生物学,在此过程中我将其中许多我已经注释的基因编排到它们在这些病毒的生物学功能内容中。当我发现通过 Bookshelf [国家医学图书馆(NLM)国家生物技术信息中心的一个科学出版机构]可以在线 Open Access(开放获取)的方式出版这本书时,我的这个想法被激发出来。我认为这非常重要,因为在杆状病毒分子生物学领域内一些最活跃的实验室在所在地区可能很难获取商业出版物,而在线 Open Access 这一方式将会确保那些实验室的研究人员能够及时获取感兴趣的资料。尽管我并非对书中所涵盖的所有内容都非常精通,但是我利用这次机会阅读了我不熟悉领域的文献。我曾试图依照假设(理论)的功能解释杆状病毒的一些生物学特征。这些理论基于当前或许非常有限的对这一类复杂病毒生物学特点的理解,因此我欢迎未来将能更详细地解释这些现象的信息。我也欢迎对于此修订版内容的任何评论和建议,因为我肯定会忽略许多内容。由于在线出版的可行性,为未来出版这本书更完整的版本成为可能。

我要感谢 Mauro Martignoni 和 George Beaudreau 教授早在 20 世纪 70 年代中期帮助我开启杆状病毒的研究。他们总是兴趣盎然并富有热情,没有他们的鼓励和宽容,就不可能有我在杆状病毒学领域的学术生涯。

我也要感谢 Margot Pearson 和 Victor Mikhailov 博士对此手稿的审阅和评论,以及

他们多年来对杆状病毒分子生物学理解所做出的许多贡献。同时也非常感谢那些回答我的疑问、分享他们的见解和在发表前就为我提供手稿的诸位同行,以及美国国家医学图书馆(NLM)Desiree Rye 先生在此书编辑中予以的帮助。如果没有美国国家医学图书馆 Laura Dean 博士的鼓励、帮助和指导,本书恐怕至今还未产生。

George F. Rohrmann

2008 年 11 月 1 日



目 录

第一章 杆状病毒简介、分类和进化	001
一、杆状病毒的发现历程	001
二、定义不在名字中：命名杆状病毒	003
三、用什么定义杆状病毒？	004
四、杆状病毒的多样性	006
五、相关病毒	013
参考文献	016
第二章 杆状病毒包涵体和病毒粒子的结构蛋白	021
一、包涵体的进化	021
二、包涵体蛋白	022
三、多角体相关蛋白	026
四、杆状病毒的病毒粒子：囊膜蛋白	027
五、核衣壳的结构	036
六、所有杆状病毒均编码的 BV 和 ODV 核衣壳相关蛋白	037
七、宿主蛋白质和蛋白质修饰	042
参考文献	043
第三章 杆状病毒复制周期：对细胞和昆虫的影响	055
一、昆虫的中肠	055
二、两种类型的病毒粒子	057
三、从包涵体到易感的中肠细胞	057
四、进入细胞核	059
五、从细胞出芽形成 BV	061
六、引发全身感染的病毒	061
七、参与感染周期的病毒蛋白	064
八、出芽型病毒与细胞内病毒，它们是否存在转变？	066



九、包埋,病毒感染的最终阶段	067
十、病毒的扩散	068
十一、GV 的病理学	069
十二、仅限于中肠感染的病毒:膜翅目和双翅目昆虫的 NPV	070
十三、持续的、潜在的、隐蔽的杆状病毒感染	071
参考文献	072

第四章 病毒感染的早期事件:病毒转录

一、转录活化子、增强子和宿主 RNA 聚合酶	079
二、杆状病毒的感染:对宿主细胞基因表达的选择性影响	080
三、杆状病毒的转录级联反应:一种新策略的进化	080
四、转录增强子	081
五、杆状病毒的增强子:同源重复序列(<i>hrs</i>)	082
六、早期基因的一个主要转录活化因子,即刻早期基因 1(IE-1,Ac147)	083
七、IE-1 结合到 <i>hr</i> 序列	084
八、调控早期病毒基因转录的 RNA 聚合酶 II 信号	085
九、杆状病毒的全基因组分析	086
十、早期基因的有序表达	086
十一、其他说明和限制条件	087
参考文献	087

第五章 病毒 DNA 复制和基因组加工

一、病毒 DNA 复制起始位点的鉴定	092
二、DNA 合成的必需基因	093
三、影响 DNA 复制的其他基因	097
四、杆状病毒的 DNA 复制基因:缺少了什么?	099
五、杆状病毒 DNA 复制的位置:病毒发生基质的形成	100
六、其他的杆状病毒基因:DNA 修复的提示	100
七、参与核苷酸生化合成的基因	102
八、杆状病毒的基因组是如何被复制的?	104
九、基于重组的复制的影响:多个复制起点,共价封闭的环状基因组,以及每个囊膜 中含有多个核衣壳	105
十、基因组 DNA 的加工和包装	105
十一、更多尚未回答的问题	109
参考文献	109

第六章 杆状病毒的晚期转录	117
一、杆状病毒晚期基因的活化	117
二、杆状病毒的晚期启动子元件	117
三、昆虫病毒的 RNA 聚合酶和包涵体蛋白的超表达	118
四、杆状病毒的 RNA 聚合酶	120
五、RNA 聚合酶的类别	121
六、杆状病毒 RNA 聚合酶与其他 RNA 聚合酶的关系	122
七、体外转录实验	125
八、早期和晚期 mRNA 的终止和聚腺苷化	125
九、极晚期基因的表达	125
十、其他参与晚期转录的基因	126
参考文献	128
第七章 杆状病毒感染：细胞周期与凋亡	132
一、杆状病毒感染和细胞周期	132
二、病毒合成途径：一个“伪”S 期或“病毒”S 期环境的诱导	134
三、细胞凋亡和杆状病毒感染	134
四、AcMNPV 的 orf92(p33), 细胞凋亡和细胞周期之间的关联?	139
参考文献	139
第八章 宿主抗性、易感性以及病毒感染对宿主分子生物学的影响	143
一、昆虫免疫系统：血细胞、黑化反应和包囊作用	143
二、宿主细胞对杆状病毒感染的反应：来自蛋白质组学、芯片及表达分析的证据	144
三、调节病毒感染的其他途径	145
四、宿主中肠对杆状病毒感染的抗性	147
五、影响杆状病毒宿主范围的其他因素	147
六、BmNPV 和 AcMNPV 在家蚕和草地贪夜蛾细胞中宿主范围的调查	148
七、全体蛋白质(global protein)合成关闭	149
八、细胞凋亡和杆状病毒感染的特异性	150
参考文献	150
第九章 杆状病毒作为杀虫剂	155
一、感染梨豆毛虫(<i>Anticarsia gemmatilis</i>)的一种 NPV：在巴西的应用——一个 大挫折	155



二、感染苹果蠹蛾(<i>Cydia pomonella</i>)的一种颗粒体病毒:在北美和欧洲的应用	156
三、感染棉铃虫(<i>Helicoverpa armigera</i>)的一种 NPV:在中国的应用	157
参考文献	158

第十章 杆状病毒表达技术:原理与应用 160

一、一些历史	160
二、启动感染:环境的稳定性和昆虫中肠	161
三、双相复制周期的进化允许(病毒)开发利用昆虫系统的生物合成能力	162
四、优化细胞内环境:病毒的 RNA 聚合酶以及感染晚期大部分病毒和宿主基因的关闭	162
五、极晚期基因(<i>p10</i> 和多角体蛋白基因)的激活和转录	162
六、基因拷贝数和未包进衣壳的病毒 DNA 的作用	163
七、杆状病毒基因表达和生物技术	163
八、总结和结论	163
九、杆状病毒表达技术的应用	164
十、杆状病毒表达蛋白质的翻译后加工	169
参考文献	171

第十一章 杆状病毒、逆转录病毒、DNA 转座子(*piggyBac*)和昆虫细胞 174

一、与杆状病毒相关的游移病毒(逆转录病毒)	175
二、鳞翅目昆虫中的游移病毒	175
三、昆虫逆转录病毒和杆状病毒之间的联系: <i>env</i> 基因	176
四、杆状病毒的 F 蛋白/(游移病毒的 <i>env</i> 蛋白)的细胞内同源物	177
五、杆状病毒的 F 蛋白和昆虫逆转录病毒的 <i>env</i> 蛋白的特点	177
六、昆虫逆转录病毒和杆状病毒的其他关系	178
七、游移病毒具有感染性吗?	178
八、 <i>env</i> 是否在游移病毒传染中发挥作用?	178
九、逆转录因子的入侵和扩增	179
十、是什么阻止逆转录因子不断扩增?	180
十一、DNA 和组蛋白甲基化对转座元件的抑制	180
十二、通过 RNA 干扰抑制转座元件	180
十三、Argonautes 蛋白:具有 RNA 酶活性的蛋白质,并且对 RNA 干扰非常重要	181
十四、性腺细胞中转座元件的抑制	181
十五、在果蝇中, <i>flamenco</i> 是 piRNA 的一种来源	181

十六、杆状病毒感染过程中内源性逆转录因子序列的激活	182
十七、 <i>piggyBac</i> , 来自粉纹夜蛾(<i>Trichoplusia ni</i>)的转座子, 最初从杆状病毒分离 而来	182
参考文献	184
第十二章 AcMNPV 基因组: 基因含量、保守性和功能	189
一、AcMNPV 基因组数据的调整: 大约存在 150 个开放阅读框	189
二、AcMNPV 基因组注释	192
参考文献	229
第十三章 与 AcMNPV 基因组不同源的部分杆状病毒基因: 保守性和功能	255
参考文献	259
第十四章 专业词汇	262
参考文献	265
第十五章 附录	267
附录 1 NCBI 数据库中已测序的杆状病毒基因组列表	267
附录 2 基因组已被测序杆状病毒的昆虫宿主名称	269



第一章 杆状病毒简介、分类和进化

一、杆状病毒的发现历程

杆状病毒的发现历程与早在 5000 年前就在中国产生的丝绸行业的发展密切相关。后来家蚕饲养传播到整个亚洲,在公元 300 年通过朝鲜传到日本,并在公元 550 年左右传到欧洲。到了 12 世纪,家蚕饲养在意大利和西班牙确立,最终传到法国和英格兰,并在 16 世纪传到墨西哥。在中国和日本,丝绸生产具有重要的文化意义。丝绸曾经是一种重要的商品,并在日本的历史文献中被广泛记录^[1]。虽然已经不是主要的行业,但是丝绸生产在日本仍然作为皇家的标志性活动进行着(家蚕饲养历史的概述,见文献^[2])。与其他农业生产一样,丝绸行业同样遇到各种疾病带来的难题,为了行业的繁荣必须克服这些困难。甚至在疾病的微生物理论出现之前,人们已经对几种不同类型的感染家蚕的疾病有所描述,并且找到了减轻这些疾病影响的方法。随着光学显微镜的发明,通过观察被感染昆虫的发病症状,研究人员发现了一种类型疾病的典型特征,即存在高度反光的包涵体,它们通常是多面体状的(图 1-1),所以在 19 世纪中期将具有这种结构的疾病称为“多角体病(polyhedroses)”。虽然之前已经提到包涵体内部存在感染性的粒子,但是直到 20 世纪 40 年代后期通过电子显微镜才有说服力地证明杆状病毒粒子的存在^[3]。该特征和其他研究共同确立了包涵体晶体结构的实质。其后,两种不同类型的多角体病毒被区分,在细胞核内形成多角体的被称为核型多角体病毒(nuclear polyhedrosis virus,现在称为 nucleopolyhedrovirus, NPV),而另一类疾病产生的多角体存在于细胞质(图 1-2),它们被称为质型多角体病毒(CPV)^[4]。与杆状、含

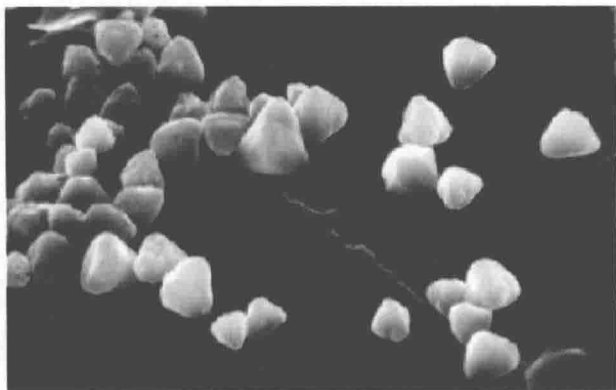


图 1-1 杆状病毒的包涵体

扫描电镜图像,由 K. Hughes 和 R. B. Addison 提供。

