



普通高等教育“十一五”规划教材

害虫生物防治 (第四版)

林乃铨 主编



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书在继承传统害虫生物防治原理和方法的基础上,充分吸收了有关新理论、新技术、新方法以及害虫生物防治的新成果。全书共分5篇17章,第一篇为总论,介绍生物防治的基本概念、历史发展、原则途径和原理方法;第二篇介绍害虫的寄生性和捕食性天敌类群及其应用概况;第三篇介绍生物防治的应用技术、害虫天敌的调查方法和效能评价;第四篇为昆虫病原微生物的类群及其研究应用技术;第五篇介绍保护利用天敌持续控制害虫的实践,展望新技术对害虫生物防治发展的前景。

本书可作为高等农林院校植物保护和昆虫学等专业本科生及研究生教材,也可供农林科研和生产部门的科技人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

害虫生物防治/林乃铨主编.—4版.—北京:科学出版社,2010.4
(普通高等教育“十一五”规划教材)

ISBN 978-7-03-027183-9

I. ①害… II. ①林… III. ①害虫-生物防治-高等学校-教材
IV. ①S433

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第061318号

责任编辑:甄文全 / 责任校对:包志虹
责任印制:张克忠 / 封面设计:北极光视界

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1980年10月第一版 开本:787×1092 1/16

2010年4月第四版 印张:25

2010年4月第四次印刷 印数:1—3 500

字数:600 000

定价:46.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第四版编写人员

- 主 编** 林乃銓 (福建农林大学)
- 副主编** 关 雄 (福建农林大学)
刘树生 (浙江大学)
李增智 (安徽农业大学)
张 龙 (中国农业大学)
许再福 (华南农业大学)
韩日畴 (广东昆虫研究所)
- 编写者** (按姓名汉语拼音排序)
陈家骅 (福建农林大学)
陈学新 (浙江大学)
韩宝瑜 (中国茶叶科学研究所)
侯有明 (福建农林大学)
黄 建 (福建农林大学)
林坚贞 (福建农业科学研究院)
刘长明 (福建农林大学)
庞 义 (中山大学)
王联德 (福建农林大学)
吴珍泉 (福建农林大学)
许文耀 (福建农林大学)
杨忠岐 (中国林业科学研究院)
尤民生 (福建农林大学)
张 帆 (北京农林科学研究院)
- 审稿人** 李丽英 (广东昆虫研究所)
何俊华 (浙江大学)
杨怀文 (中国林业科学研究院)
庞 义 (中山大学)

第三版修订者

主 编 赵修复 (福建农业大学)
副主编 张履鸿 (东北农业大学)
编写者 陈常铭 (湖南农业大学)
 庞雄飞 (华南农业大学)
审 稿 陈常铭 (湖南农业大学) 第一章至第九章
 高日霞 (福建农业大学) 第十章至第十四章

第二版修订者

主 编 赵修复 (福建农学院)
副主编 陈常铭 (湖南农学院)
 张履鸿 (东北农学院)
编写者 庞雄飞 (华南农业大学)
 何俊华 (浙江农业大学)
 宗良炳 (华中农业大学)

第一版编写人员

(按姓氏笔画排序)

主 编 赵修复 (福建农学院)
副主编 陈常铭 (湖南农学院)
 张履鸿 (东北农学院)
编写者 王道本 (华中农学院)
 朱文炳 (西南农学院)
 何俊华 (浙江农业大学)
 张 荆 (沈阳农学院)
 陈家骅 (福建农学院)
 庞雄飞 (华南农学院)
 宗良炳 (华中农业大学)

第四版前言

进入 21 世纪, 农林科学技术的发展突飞猛进, 尤其是分子生物学、生物信息学、生态学、遗传学等迅猛发展, 推动了害虫生物防治理论与实践的长足进步。目前, 世界各国都把有害生物综合治理 (IPM) 作为实现农业可持续发展的重要组成部分, 生物防治作为 IPM 优先考虑的手段, 它的研究和应用备受关注。为了适应害虫生物防治的发展和人才培养的需要, 应科学出版社和福建农林大学的要求, 我们组织了以中青年专家为主的编写队伍, 对《害虫生物防治》(第三版) 进行了再次修订。

本书遵循以高等农林院校“本科生为主、兼顾研究生教学”的原则, 坚持理论与实践、经典与现代相结合, 在继承传统生物防治原理和方法的基础上, 充分吸收了有关新理论、新技术、新方法以及害虫生物防治的新成果, 使内容有了较大的扩充和拓展, 更具基础性、研究性和前沿性。全书共包含 5 篇: “总论”、“害虫的寄生性、捕食性天敌”、“害虫生物防治的应用技术与效能评价”、“昆虫病原微生物”、“以保护利用天敌为主、持续控制害虫的实践与展望”, 分为 17 章。与第三版相比, 本次修订增加了从农田生态系统整体对害虫进行生态调控的理论基础; 根据近年外来入侵害虫不断增多和天敌人工大量繁殖技术的迅速发展, 第八章增加了丽蚜小蜂、橘小实蝇茧蜂、周氏啮小蜂、肿腿蜂、小黑瓢虫和捕食螨大量繁殖与释放的内容; 增设了第十四章、第十五章介绍近年昆虫病原线虫、昆虫微孢子虫的研究和应用情况; 最后, 第十七章介绍了保护利用天敌持续控制害虫的实践, 并对害虫生物防治的新技术、新方法提出展望。为了方便学生自主学习, 各章之后提供了相关文献和思考题。

本书修订的分工如下: 林乃铨教授编写第一章第一节、第三节和第四节, 第八章第一节和第二节中的平腹小蜂, 第九章第一节, 并负责全书统稿工作; 吴珍泉教授编写第一章第二节, 第五章第一节; 尤民生教授和侯有明教授编写第二章, 第九章第二节; 许再福教授编写第三章第一节, 第二节中的旗腹蜂、细蜂、广腹细蜂、青蜂和泥蜂等, 第三节, 第四章第一节、第三节、第四节、第六节; 陈学新教授编写第三章第二节中的寄生蜂基本习性和姬蜂总科, 第十七章第二节中的寄生蜂携带因子对害虫生理的调控和 *Wolbachia* 对寄生蜂生殖功能的调控; 刘长明教授编写第三章第二节中的小蜂总科、第四节, 第四章第二节、第七节, 第五章第三节、第四节, 第七章; 黄建教授等编写第四章第五节, 第八章第二节中的小黑瓢虫; 林坚贞教授编写第五章第二节, 第八章第二节中的捕食螨, 第十七章第一节中利用捕食螨持续控制柑橘害螨的实践; 刘树生教授编写第六章, 第十七章第一节中持续控制蔬菜害虫的实践以及附录一; 张帆教授编写第八章第二节中的赤眼蜂、丽蚜小蜂和草蛉; 陈家骅教授编写第八章第二节中的蚜茧蜂和橘小

实蝇茧蜂；杨忠岐教授等编写第八章第二节中的白蛾周氏啮小蜂、肿腿蜂，第十七章第一节中持续控制重大林木害虫的实践；关雄教授和王联德教授等编写第十章；关雄教授等编写第十一章，第十六章，第十七章第二节中利用基因重组扩大病原微生物毒力与杀虫谱的展望、转基因植物与害虫生物防治的展望；李增智教授和王联德教授编写第十二章；庞义教授等编写第十三章，第十七章第一节中持续控制水稻害虫的实践、第二节中应用基因工程技术改良昆虫病毒杀虫剂的展望；韩日畴教授等编写第十四章；张龙教授编写第十五章，第十七章第一节中持续控制苹果害虫的实践；韩宝瑜教授编写第十七章第一节中持续控制茶树害虫的实践；许文耀教授编写附录二。

本书初稿完成后分别送交全体编写人员核对和征求意见，同时承蒙李丽英教授、何俊华教授、杨怀文教授提供许多宝贵意见，最后还得到李丽英教授、何俊华教授、杨怀文教授和庞义教授的精心审阅。

本书在修订过程中得到中国科学院院士、福建农林大学谢联辉教授的热情关心和鼓励；得到福建农林大学教务处、植物保护学院、植物保护国家级特色专业建设点和科学出版社的大力支持，在此谨对所有关心和支持本书修订工作的各位专家、领导表示衷心的感谢！

由于编写时间仓促，加之我们水平有限，书中疏漏与错误之处在所难免，有待今后在教学、科研实践中加以改正，也恳请广大读者及时提出宝贵意见。

第四版编写人员

2009年12月

第三版前言

本书按照农业部(1993)农(教)函第20号关于下达高等农业院校农科本科1993~1995年度教材编审出版计划及修订教材计划的通知,并按每课时3500—4000字编写教材的原则,对本书作第二次修订。

本书修订的分工如下:第一章由湖南农业大学陈常铭教授负责。第二章害虫生物防治理论基础、第三章寄生性天敌昆虫、第四章捕食性天敌昆虫、第五章其他捕食性动物及第九章除第三节外由福建农业大学赵修复教授负责。上述的第三章和第四章删最多,原书的分类和检索表删掉,仅保留生物学部分。因为近十年来我国天敌昆虫分类有很大发展,出版了许多专著,可供参考。因此觉得不需要在本书介绍过多分类学内容。华南农业大学庞雄飞教授负责第六、七、八三章及第九章第三节害虫天敌作用的评价方法。第十至十四章由张履鸿教授负责。在第七章第三节荔枝平腹小蜂在福建的使用经验,是由福建农业大学林乃铨教授编写的。第六章论述天敌的保护与助长,第七章天敌的大量繁殖与散放,第八章天敌昆虫的助迁、移殖和引进。这三章是生物防治的三个途径。这3章所述原理对第十章及其以后各章关于所谓“以菌治虫”也是适用的。本书第一至第九章由陈常铭教授审阅,第十至第十四章由高日霞教授审阅。

本书在修订过程中得到全国高等农业院校教材指导委员会土化植保学科组和南京农业大学张孝羲教授和福建农业大学谢联辉教授的热情支持和鼓励,再次特对他们表示感谢!

由于修订者水平有限,书中疏漏错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

第三版修订者

1997年9月

第二版前言

本书按照农业部（1986）农（教）函字第 18 号关于 1986 年修订农业通用教材的通知，按照“打好基础、精选内容、逐步更新、以利教学”的原则，对本书做第一次修订。大部分是就原书做一些修改或增删，少数章节重新改写。根据通知“修订人员宜少而精”的原则，本书由原编写人员中的一部分同志参加修订。湖南师范大学生物系王洪全同志和华中农业大学雷朝亮同志对修订工作给予协助，特此致谢。

本书虽然经过修订，但错误或不妥之处仍然难免，恳切希望读者给予指正。

主 编

1987 年 5 月

第一版前言

害虫生物防治是一门研究利用生物控制害虫的理论和实践的学科。广义的生物防治包含利用生物有机体或其天然产物控制害虫的理论和实践。本书仅限于阐述害虫天敌利用的原理和方法。

害虫生物防治是保证实施我国植物保护方针“预防为主，综合防治”的一项重要内容。开展生物防治与其他防治措施相协调的害虫科学治理，有利于减少农药对环境的污染，保障人畜健康，保证农作物产量和质量，降低农业成本。因此，害虫生物防治日益受到人们的重视。

国内许多高等农业院校植保专业先后开设了生物防治课程，可是迄今缺乏适用的教材。本书是根据全国高等院校教材会议精神和全国植物保护专业教学计划会议提出的任务，由福建农学院、湖南农学院、东北农学院、华南农学院、浙江农业大学、沈阳农学院、华中农学院和西南农学院等院校组成编写组进行编写的。全书包括害虫生物防治通论、寄生性天敌昆虫和捕食性天敌、病原微生物利用等三大部分。目的在于提供高等农业院校《害虫生物防治》试用教材，希望能为培养我国生物防治人才提供理论和实践的基础。

本书稿写出后，曾寄请国内有关兄弟院校和科学研究单位审阅，并专门召开了审稿会议。参加审稿会议的，除编写人员外，还有广西农学院金孟肖、杨绍龙，西北农学院丁文山，河北农业大学傅守三，北京农业大学严毓华，新疆八一农学院邱昭慧，西北农学院魏建华，江西共产主义劳动大学盛金坤，云南农业大学卢美榕，浙江省农业科学院高文彬等。承各审稿单位提出了许多宝贵意见，在此特向他们致以衷心的感谢。

初稿经各编写人分头修订后，又由福建农学院、湖南农学院、东北农学院、华南农学院、浙江农业大学参加本书编写的人员进一步作了修订。

本书由于编写的时间比较仓促，加上我们的水平有限，错误或不妥之处在所难免，今后只有在教学和科学研究的实践中加以改正，恳切希望读者及时提出批评意见。

编者

1980年9月

目 录

第四版前言	
第三版前言	
第二版前言	
第一版前言	

第一篇 总 论

第一章 害虫生物防治基本概念	2
第一节 害虫生物防治的定义和内容	2
第二节 害虫生物防治的意义	2
第三节 生物防治的历史和发展	5
第四节 生物防治的原则、途径和方法	15
主要参考文献	19
第二章 害虫生物防治基本原理	20
第一节 害虫发生规律概述	20
第二节 害虫生物防治的生态学基础	23
第三节 害虫防治的主要方法	31
主要参考文献	33

第二篇 害虫的寄生性、捕食性天敌

第三章 寄生性天敌昆虫	36
第一节 概述	36
第二节 寄生性膜翅目	41
第三节 寄生性双翅目	55
第四节 其他寄生性昆虫	57
主要参考文献	58
第四章 捕食性天敌昆虫	59
第一节 概述	59
第二节 蜻蜓目	60
第三节 捕食性半翅目	60
第四节 脉翅目	61
第五节 捕食性鞘翅目	62
第六节 捕食性双翅目	63
第七节 捕食性膜翅目	64

第八节 捕食性鳞翅目	65
主要参考文献	66
第五章 其他捕食性动物	67
第一节 农田蜘蛛	67
第二节 捕食性螨类	69
第三节 食虫益鸟	71
第四节 食虫两栖类	72
主要参考文献	73

第三篇 害虫生物防治的应用技术与效能评价

第六章 昆虫天敌的引进、移殖与助迁	76
第一节 害虫天敌的引进	76
第二节 害虫天敌的移殖	81
第三节 害虫天敌的助迁	82
第四节 害虫天敌引进的一般技术和注意事项	83
主要参考文献	86
第七章 害虫天敌的保护与助长	88
第一节 保护天敌对害虫种群数量控制的重要作用	89
第二节 害虫天敌保护与助长的基本方法	93
主要参考文献	96
第八章 寄生性、捕食性天敌的大量繁殖与释放	97
第一节 天敌大量繁殖的基本方法	97
第二节 大量繁殖释放的主要天敌类群	102
主要参考文献	146
第九章 寄生性、捕食性天敌的调查研究方法和作用效能评价	148
第一节 害虫天敌调查研究方法	148
第二节 寄生性、捕食性天敌的控制效能评价	160
主要参考文献	171

第四篇 昆虫病原微生物

第十章 昆虫的病原微生物	174
第一节 昆虫病原微生物的主要类群	174
第二节 昆虫病原微生物的传染和流行	177
第三节 病原微生物防治害虫的作用和病原的增殖	186
第四节 抗生素在害虫防治上的应用	190
主要参考文献	192
第十一章 昆虫病原细菌的利用	194
第一节 昆虫病原细菌的主要类群	194
第二节 金龟子乳状病芽孢杆菌	196

第三节 球形芽孢杆菌·····	198
第四节 苏云金杆菌的类群·····	203
第五节 苏云金杆菌的毒素和致病机理·····	211
第六节 苏云金杆菌的生产·····	225
主要参考文献·····	230
第十二章 昆虫病原真菌的利用·····	232
第一节 昆虫病原真菌的主要类群·····	232
第二节 病原真菌的致病机制·····	242
第三节 真菌制剂的生产及其在害虫防治上的利用·····	244
主要参考文献·····	256
第十三章 昆虫病毒的利用·····	258
第一节 昆虫病毒的类群·····	258
第二节 重要昆虫病毒概述·····	265
第三节 昆虫病毒的生产及其在害虫防治中的应用·····	278
主要参考文献·····	285
第十四章 昆虫病原线虫的利用·····	287
第一节 昆虫病原线虫概述·····	287
第二节 昆虫病原线虫的繁殖及商业化生产·····	294
第三节 昆虫病原线虫的应用和效果评价·····	300
主要参考文献·····	312
第十五章 昆虫原生动物的利用·····	315
第一节 昆虫原生动物的概述·····	315
第二节 蝗虫微孢子虫的繁殖与应用·····	318
第三节 影响微孢子虫治虫效果的因素和效果评价·····	322
主要参考文献·····	323
第十六章 害虫病原微生物的研究方法·····	324
第一节 病体的收集和材料保存·····	324
第二节 病原微生物的分离、提纯和鉴定·····	325
第三节 病原微生物优良菌株的选育·····	331
第四节 微生物杀虫剂产品质量测定和标准化·····	340
主要参考文献·····	344
 第五篇 以保护利用天敌为主、持续控制害虫的实践与展望	
第十七章 以保护利用天敌为主、持续控制害虫的实践与展望·····	346
第一节 以保护利用天敌为主,持续控制害虫的实践·····	346
第二节 生物防治技术的展望·····	365
主要参考文献·····	373
附录一 国际、国内生物防治组织机构简介·····	378
附录二 天敌农药登记管理程序与办法·····	380

第一篇 总 论

害虫生物防治是害虫综合防治或害虫科学管理的重要组成部分。随着社会经济的发展和生活水平的提高，它在害虫综合防治或科学管理中的地位和作用越来越重要。本篇从害虫生物防治的基本概念及其理论基础出发，阐述它在保护生态环境和确保可持续农业发展中的重要意义和作用。

第一章 害虫生物防治基本概念

提 要 本章介绍了害虫生物防治的定义和内容、生物防治的意义及其历史和发展、生物防治的原则途径和方法。促使人们理解害虫生物防治是害虫综合防治或害虫科学管理的重要组成部分，协调应用各项措施的特点和优势，充分保护和利用天敌的自然控制作用，既要保证农作物的健康生产，又要保护环境，同时获得良好的经济效益、生态效益和社会效益。

第一节 害虫生物防治的定义和内容

生物防治 (biological control) 是一门研究利用天敌控制植物病害、虫害、螨害和农田杂草的理论和实践的学科，或利用寄生物、捕食者、病原微生物和侵袭杂草的植食性种的管理科学 (Stehr, 1975)。研究利用生物及其代谢产物控制害虫 (害螨) 的理论和实践的学科，叫做害虫生物防治。

近 50 多年来，病虫害防治新技术取得了较大发展，如昆虫不育性 (辐射不育、化学不育、遗传不育等)、昆虫激素及信息素、噬菌体、内毒素、植物抗性和转基因植物对害虫的作用等。有人主张将这些利用生物或生物代谢产物防治病虫害、杂草的理论和技术的也归在生物防治的范畴之内。如果从这一观念出发，害虫生物防治的领域更加广阔，可定义为利用生物有机体或其天然 (无毒) 产物控制害虫的科学 (Huffaker, 1971; Price, 1975)。限于篇幅，本书不涉及病害和杂草的生物防治，不拟讨论昆虫不育性、激素、植物抗性和转基因植物对害虫的作用等，也不涉及畜牧害虫和卫生害虫的生物防治，仅讨论有关农林害虫 (害螨) 的生物防治问题。

害虫生物防治研究的内容包括：害虫生物防治的基本理论，天敌的主要类群，天敌资源调查和效能评价方法，寄生性、捕食性天敌和病原微生物输出和引进，保护利用的原理和方法。

害虫生物防治所涉及的科学基础很广，它的发展与科学技术的进步紧密相连。生物防治是人们在长期与害虫斗争的实践中，对于物种多样性、生存竞争、种间关系、物种进化和种群变动认识深化的基础上形成的一个专门学科。作为专门的学科，它需要以许多的科学理论和技术为基础，特别是分类学、生物学和生态学、昆虫病理学等学科。

第二节 害虫生物防治的意义

农林作物在生长过程中，不可避免地会遭受病虫害的危害。每年因病虫害为害所受的损失十分严重，因此病虫害防治是保证农林作物正常生长不可或缺的保障措施。自从化学农药问世以来，它在防治农林害虫为害和保证农林作物丰产丰收，起到了积极的作用。

随着社会经济的发展和人类生活水平的提高,环境保护已成为当今世界普遍关注的问题。在农业生产上,长期大量使用化学农药,引起环境污染、生态平衡破坏,害虫产生抗药性(resistance)、再增猖獗(resurgence)和农药残留(residue)的“3R”问题等,使人们逐渐认识到化学农药对环境和人类产生的危害,从而提出了害虫综合治理或害虫科学管理策略,主张充分发挥天敌的自然控制力量,以生物防治为重要措施之一,持续控制害虫的种群数量。

过去,由于人们对自然界生物之间相互依存、相互制约的规律认识不足,对化学农药的负面作用缺乏了解,过分依赖化学农药,或者在害虫防治的原则方面,缺乏农业生态系统的整体概念,加上一些片面的舆论和商业宣传,认为“农药万能”,致使一些地区出现盲目滥施农药,特别对一些剧毒、残效期长的农药的滥用,引发了一系列令人忧虑的问题,突出表现在以下几个方面。

第一,引起害虫抗药性。随着化学农药的广泛使用,害虫的抗药性问题日趋严重。自从1946年在瑞士发现家蝇对有机氯杀虫剂DDT产生抗药性以来,害虫抗药性已有60多年的历史。1948年已知产生抗药性的害虫种类14种,1969年已增至224种,1976年增至364种,1984年增至447种,至2002年至少有600多种昆虫及螨类已产生了抗药性(张国洲,2002)。这些产生抗药性的害虫中以双翅目与鳞翅目昆虫种类最多。害虫抗药性的产生,使得化学农药的杀虫效果下降,使得单位面积的施药量和施用次数不断提高,继而带来农药污染加重、农业生产成本提高等一系列问题。

第二,杀伤天敌、破坏生态平衡、引起害虫再增猖獗或次要害虫暴发成灾。农药对害虫天敌和有益昆虫资源的影响是不可忽视的。在不同农药品种中,以杀虫剂对害虫天敌的影响较大。农田施用化学杀虫剂后,几乎所有的节肢动物种群密度都下降,但经过一段时间后,有些害虫种群常因失去天敌的及时控制而迅速恢复,导致害虫再增猖獗或次要害虫暴发成灾,给防治工作带来更大的困难。据报道,广东珠江三角洲蔗田施用广谱性杀虫剂防治甘蔗螟虫后,因为大量杀伤蔗田天敌(如赤眼蜂等),反而引起蔗螟危害更加严重。我国南方稻区由于施药防治主要稻虫,也常引发稻蓟马、黑尾叶蝉、叶螨、稻苞虫、稻螟蛉等次要害虫的大发生,甚至更难防治,损失更大。此外,化学农药对蜜蜂等传粉昆虫、家蚕等益虫资源的影响也十分显著。大田施药若不注意,就会引起传粉昆虫及其他益虫大量死亡,不仅直接造成经济损失,也间接影响农作物的产量。

第三,污染环境,产生残留问题。化学农药的问世,一方面造福于人类,另一方面也给人类及其赖以生存的环境带来危害。农药对于环境的污染是当今世界各国最为关心的严重问题之一。据报道,农田使用化学农药的直接利用率一般仅为10%,约有90%农药散失在环境中,它们可直接污染环境,或通过沟渠、河流、湖海而散播或经食物链关系逐步富集浓缩,造成对生态系统的影响。

1962年美国海洋生物学家蕾切尔·卡尔逊(Rachel Carson)在《寂静的春天》一书中,已经对使用DDT能“破坏从浮游生物到鱼类到鸟类直至人类的生物链”提出警告,引起人们对农药污染的高度关注。但是,随着化学工业的发展,使用越来越多的化学肥料和化学农药,对环境造成的污染有增无减,形势不容乐观。

第四,农业成本增加。长期反复施用化学农药,引起害虫产生抗药性,之后不得不

采取增大药量和反复多次用药的方法,致使主要害虫再增猖獗和次要害虫暴发成灾,从而形成恶性循环。例如,自20世纪90年代以来,吡虫啉是我国和东南亚很多国家和地区防治褐飞虱的主要药剂,从而加速褐飞虱抗药性的发展。2006年不少地区的褐飞虱种群对吡虫啉的抗药性均达到高抗性水平,吡虫啉的防治效果下降。王彦华和王鸣华(2007)对近年我国稻褐飞虱暴发原因的研究认为,长期大面积不合理使用单一农药是导致褐飞虱危害加重的重要原因。加上杀虫剂大量杀伤褐飞虱的天敌,削弱它们的自然控制作用,以及杀虫剂的亚致死剂量刺激褐飞虱的生殖力,促进了褐飞虱再增猖獗,加大了水稻生长后期控制褐飞虱的难度。在这种情况下,农药用量越来越大、人工费用越来越高,引起农业生产成本增加等不良后果。

民以食为天,食以安为先。在全社会提倡环保、健康和绿色食品的今天,农药残留已成为当今食品安全的一个重要问题。为此,世界上大多数国家都非常重视制定农药最高残留限量(maximum residue limit, MRL)标准。据不完全统计,至2008年底,欧盟制定的MRL标准多达28 689项、美国7400项,国际食品法典委员会(CAC)也有2522项。这些MRL标准已经基本覆盖了现有的所有化学农药,极大地限制了它们的使用。因此,发展害虫生物防治,减少乃至避免使用化学农药,促进无公害和有机食品生产,已成必然趋势。

害虫生物防治是解决上述问题的重要途径,是害虫综合防治或害虫科学管理的重要组成部分。从耕作制度、栽培技术、抗虫品种、化学防治和物理防治各方面,协调利用各项措施的特点和优势,最大限度地保护和利用天敌的自然控制作用,在必要和可能时,输引、增殖和人工释放害虫天敌。同时考虑各项防治措施的生态效益、经济效益和社会效益,既保证农作物的优质、丰产、丰收,又保证环境不受污染,农业得以持续发展。

害虫生物防治有许多优点。首先,它能有效地控害保产。通过合理间作套种作物和蜜源植物,优化生态环境,增加天敌食料和天敌庇护场所,保护利用天敌持续控制害虫的发生危害。例如,南方稻田保护蜘蛛、赤眼蜂、缨小蜂及稻纵卷叶螟绒茧蜂等天敌,对于控制水稻飞虱、叶蝉和稻纵卷叶螟等具有显著效果;新疆、冀鲁豫和长江中下游的棉区、麦田保护瓢虫、蜘蛛、草蛉、食蚜蝇、食虫蝽象及蚜茧蜂等天敌,也都取得很好效果。北京、山东等地建立绿色苹果生产基地,使天敌得到有效保护,大大减少化学农药的用量,取得良好的经济效益、生态效益和社会效益。

在人工大量繁殖释放天敌控制害虫方面,如大量繁殖释放赤眼蜂、平腹小蜂、丽蚜小蜂、捕食螨、瓢虫、草蛉、食虫蝽等优势天敌,使得玉米螟、甘蔗螟虫、稻纵卷叶螟、苹果卷叶蛾、荔枝蝽、烟粉虱、茶果螨类、蚜虫等害虫得到有效控制。

杀虫微生物农药的应用方面,如苏云金杆菌(Bt)、白僵菌等防治棉铃虫、小菜蛾、松毛虫、大豆食心虫、玉米螟、水稻螟虫、棉铃虫、桃小食心虫等已取得突破性进展。应用绿僵菌、拟青霉菌、蜡蚧轮枝菌和虫霉等对蝗虫、蛴螬、白粉虱等的防治实验及病毒杀虫剂用于棉铃虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾、茶尺蠖、松毛虫等多种重要害虫防治,都已取得可喜成果。特别是“病毒-微生物复合杀虫剂”由小菜蛾病毒和Bt复合而成,取得国家专利,防治小菜蛾*Plutella xylostella*的效果可达76%~92.5%,是一类很有发

展潜力的复合杀虫剂。此外，还有昆虫病原线虫制剂，如斯氏线虫和异小杆线虫对钻蛀性和土栖性地下害虫有高效，蝗虫微孢子虫能有效控制蝗虫的种群数量等。

其次，能减少环境的污染，降低农产品的农药残留。茶园、果园推行以保护利用天敌为主要措施的害虫综合治理策略以后，通过在园内合理间作套种四季不同绿肥，提高茶果园的生物多样性，自然天敌得到有效的保护和利用，减少了使用化学农药防治害虫，使茶叶和水果的农药污染和残毒问题逐步减轻。

再者，应用害虫生物防治技术具有明显的生态效益、经济效益和社会效益。害虫生物防治是无公害的治理害虫策略，是解决农产品安全生产、减少农药残留和环境污染的重要途径，是实现食品质量安全、保护民众身体健康、维护农业生态平衡不可或缺的技术支撑。随着社会经济的发展和水平的提高，人们对健康、绿色食品的需求日益增加，绿色农产品备受青睐，市场销售价格普遍较高，因此其生态效益、经济效益和社会效益十分显著。

但是，害虫生物防治也有其局限性。例如，天敌与害虫之间存在的相互依存关系，有些天敌对害虫的控制作用专一、见效较慢，不如化学农药的杀虫谱较广、见效较快，一旦多种害虫暴发，还需要适当辅以化学农药；生物药剂不及化学农药那样易于成批生产，成批生产的质量也不及化学农药那样较易控制；生物药剂的使用和效果不及化学农药简便和稳定。因此，在提倡采用生物防治措施的同时，也应当看到它的局限性。化学防治对于迅速压低害虫为害程度和保证农作物丰产丰收，不但过去起过积极的作用，在发展以保护利用天敌为主要措施的害虫综合治理中，化学防治还将继续承担比较重要的任务和作用。尽量协调各种农业技术措施配合，最大限度地发挥生物防治的优点。

(执笔：林乃铨)

第三节 生物防治的历史和发展

根据 www.cnr.berkeley.edu 及有关资料，害虫生物防治的历史大概可分为 3 个时期：

早期的生物防治（天敌意识萌芽时期）（大约 300 年至 1887 年）。此时虽然有少量天敌被移殖释放，但是缺乏科学的研究基础，也没有天敌应用成功的资料报道。

中期的生物防治（生物防治意识较明确）（1888 年至 1955 年）。1888 年美国引进澳洲瓢虫防治吹绵蚧。

现代生物防治（1956 年至今）。此时害虫生物防治有更周密的规划和更精确的天敌作用评价。

一、早期的生物防治（天敌意识萌芽时期，300~1887 年）

（一）300~1299 年：只限于扩大天敌种群的应用

中国最早使用自然天敌防治害虫。公元 304 年左右，广东等地农民出售黄猄蚁