



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

生物防治

Biological Control

任顺祥 陈学新 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

生物防治

Biological Control

任顺祥 陈学新 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物防治/任顺祥, 陈学新主编. —北京: 中国农业出版社, 2012. 7

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 978-7-109-16937-1

I. ①生… II. ①任…②陈… III. ①生物防治—高等学校—教材 IV. ①S476

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 144820 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

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 26.75 插页: 2

字数: 648 千字

定价: 85.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

生物防治 (biological control) 是指利用生物及其产物控制有害生物的理论与技术体系。进入 21 世纪, 生命科学和生物技术发展的突飞猛进以及新原理与新方法的不断渗透、交叉融合, 促进了生物防治的理论和实践的迅速发展。近年来, 滥用化学农药造成的有害生物抗性 (resistance)、再猖獗 (resurgence) 和农药残留 (residue) 的“3R”问题日趋严重, 生物防治作为替代化学农药的重要途径越来越受到人们的关注。随着环境保护意识的增强与农业可持续发展的需求, 生物防治已经变得越来越重要。

根据教育部与中国农业出版社的意见, 由华南农业大学、浙江大学、中山大学、中国农业大学、南京农业大学、华中农业大学、西南大学、西北农林科技大学、福建农林大学、扬州大学、中国计量学院、中国科学院动物研究所、中国农业科学院、中国热带农业科学院、北京市农林科学院共 15 所大学和科研院所组成编委会, 联合编写普通高等教育“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《生物防治》。

2007 年 8 月在贵阳市召开了由中国科学院动物研究所戈峰研究员、浙江大学陈学新教授、中山大学张文庆教授、扬州大学杜予州教授、华南农业大学任顺祥教授等主编和部分副主编参加的编写会议。会议认真讨论了教材编写大纲、各章节内容、任务分工等。

本教材的编写, 遵循全国高等院校“本科生为主、兼顾研究生教学”的原则, 以传统生物防治原理方法及其生产应用为主线, 兼顾本领域发展动态和新的研究成果, 力求做到科学性、系统性、专业性和前瞻性。

本教材包括总论和各论 2 篇, 共 17 章。总论包括绪论、生物防治的理论基础、生物防治资源、生物防治途径与方法、生物防治实施与作用评价、生物防治前沿与展望, 共 6 章; 各论包括粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、茶树、森林、草原、储藏物、设施农业的病虫害生物防治, 以及杂草和入侵生物的生物防治, 共 11 章。为了方便学生自学, 各章之后提供了复习思考题和相关参考文献。

本教材的任务分工为: 第一章绪论由任顺祥教授、万方浩研究员和邱德文研究员负责编写, 宗兆锋教授编写植物病害生物防治部分, 李保平教授编写杂草生物防治部分; 第二章生物防治的理论基础由戈峰研究员负责编写, 宗兆锋

教授编写植物病害生物防治原理部分,李保平教授编写杂草生物防治原理部分;第三章生物防治资源由陈学新教授负责编写,时敏副教授参编寄生性天敌部分,任顺祥教授和王兴民博士后编写捕食性天敌部分,黄振副教授编写昆虫病原微生物部分,宗兆锋教授和廖金铃教授编写拮抗微生物和农用抗生素部分,吴建辉副研究员编写植物源农药部分,任顺祥教授和张文庆教授编写新型生物防治资源部分;第四章生物防治途径与方法由任顺祥教授负责编写,王兴民博士后参编天敌输引部分,郑福山博士后参编天敌保护利用部分,邱宝利教授和金丰良副教授参编天敌的大量繁殖与释放部分,胡琼波副教授和王联德教授参编生物防治微生物的繁殖与生产部分,郑福山博士后编写昆虫辐射不育的利用部分,张文庆教授编写抗性作物的利用部分;第五章生物防治实施与作用评价由张文庆教授负责编写,任顺祥教授和戈峰研究员参编生物防治因子的作用评价部分;第六章生物防治前沿与展望由任顺祥教授负责编写,戈峰研究员编写生态调控技术和行为调控技术部分;陈学新教授和时敏副教授编写生理调控技术部分;张文庆教授和胡建副教授编写分子调控技术部分,郑福山博士后编写协同调控技术部分;第七章粮食作物病虫害生物防治由张文庆教授负责编写,胡建副教授参编;第八章经济作物病虫害生物防治由杜予州教授负责编写;第九章蔬菜病虫害生物防治由邱宝利教授负责编写,张帆研究员参编;第十章果树病虫害生物防治由雷朝亮教授负责编写;第十一章茶树病虫害生物防治由韩宝瑜教授负责编写;第十二章森林病虫害生物防治由彭正强研究员负责编写;第十三章草原害虫生物防治由王琦教授负责编写;第十四章杂草生物防治由李保平教授负责编写;第十五章储藏物害虫生物防治由王进军教授负责编写;第十六章入侵生物的生物防治由邱宝利教授负责编写;第十七章设施农业病虫害生物防治由郑福山博士后负责编写。

本教材统稿后分别送戈峰研究员、陈学新教授和张文庆教授对全书进行审稿和修润。2010年4月戈峰研究员、陈学新教授、张文庆教授、杜予州教授、任顺祥教授等在广州又集中对全书进行了全面系统的修改和定稿。

本书得以顺利出版,感谢在百忙中编写稿件的作者们;感谢华南农业大学教务处、资源环境学院、植物保护学科和生物防治教育部工程研究中心的关心和大力支持;特别感谢中国农业出版社的热情指导、细心核对和大力支持。

由于编写人员水平有限,错误或不妥之处在所难免,恳切希望广大读者随时提出宝贵意见。

编者

2011年5月

目 录

前言

上篇 总 论

第一章 绪论	3
第一节 生物防治的定义和内涵	3
第二节 生物防治的意义	5
第三节 生物防治的发展史	8
第四节 生物防治的成就	14
第五节 生物防治面临的问题与对策	25
复习思考题	26
主要参考文献	27
第二章 生物防治的理论基础	30
第一节 害虫生物防治原理	30
第二节 植物病害生物防治原理	56
第三节 杂草生物防治原理	60
复习思考题	61
主要参考文献	61
第三章 生物防治资源	65
第一节 寄生性天敌	65
第二节 捕食性天敌	86
第三节 昆虫病原微生物	102
第四节 拮抗微生物	109
第五节 农用抗生素	112
第六节 植物源农药	115
第七节 新型生物防治资源	118
复习思考题	130
主要参考文献	131
第四章 生物防治途径与方法	135
第一节 天敌输引	135

第二节 天敌保护利用	140
第三节 天敌的大量繁殖与释放	147
第四节 生物防治微生物的繁殖与生产	168
第五节 昆虫辐射不育的利用	179
第六节 抗性作物的利用	181
复习思考题	184
主要参考文献	184

第五章 生物防治实施与作用评价	188
第一节 生物防治因子的作用评价	188
第二节 生物防治的实施与效果评价	214
第三节 生物防治与绿色农业	218
复习思考题	222
主要参考文献	222

第六章 生物防治前沿与展望	227
第一节 生态调控技术	227
第二节 行为调控技术	233
第三节 生理调控技术	242
第四节 分子调控技术	251
第五节 协同调控技术	262
复习思考题	264
主要参考文献	264

下篇 各 论

第七章 粮食作物病虫害生物防治	275
第一节 概述	275
第二节 生物防治因子及其利用途径	275
第三节 典型案例	277
复习思考题	287
主要参考文献	287

第八章 经济作物病虫害生物防治	289
第一节 概述	289
第二节 生物防治因子及其利用途径	290
第三节 典型案例	294
复习思考题	299
主要参考文献	299

第九章 蔬菜病虫害生物防治	301
第一节 概述	301
第二节 生物防治因子及其利用途径	301
第三节 典型案例	308
复习思考题	311
主要参考文献	311
第十章 果树病虫害生物防治	313
第一节 概述	313
第二节 生物防治因子及其利用途径	313
第三节 典型案例	319
复习思考题	320
主要参考文献	320
第十一章 茶树病虫害生物防治	322
第一节 概述	322
第二节 生物防治因子及其利用途径	322
第三节 典型案例	330
复习思考题	334
主要参考文献	334
第十二章 森林病虫害生物防治	336
第一节 概述	336
第二节 生物防治因子	337
第三节 生物防治因子利用途径	341
第四节 典型案例	345
复习思考题	351
主要参考文献	351
第十三章 草原害虫生物防治	353
第一节 概述	353
第二节 生物防治因子及其利用途径	354
第三节 典型案例	357
复习思考题	365
主要参考文献	365
第十四章 杂草生物防治	367
第一节 概述	367
第二节 生物防治因子	367

第三节 生物防治途径	370
第四节 典型案例	375
复习思考题	378
主要参考文献	378
第十五章 储藏物害虫生物防治	380
第一节 概述	380
第二节 生物防治因子及其利用途径	381
第三节 典型案例	392
复习思考题	394
主要参考文献	394
第十六章 入侵生物的生物防治	396
第一节 概述	396
第二节 生物防治因子及其利用途径	396
第三节 典型案例	400
复习思考题	403
主要参考文献	403
第十七章 设施农业病虫害的生物防治	405
第一节 概述	405
第二节 生物防治因子及其利用途径	406
第三节 典型案例	411
复习思考题	414
主要参考文献	414

上篇

总 论

生物防治 (biological control) 是有害生物治理中最成功、最节约和环境安全的方法, 是指利用生物及其代谢产物来控制有害生物的技术, 它是有害生物持续控制不可缺少的组成部分。在生物演化历史中, 当第一个生态系统形成时天敌的自然控制就自发存在并开始发挥作用, 所以自然的生物防治的结果是“绿色”的地球。最早人工开展生物防治的例子是我国古代劳动人民早在公元 304 年就有利用捕食性昆虫黄猷蚁 (*Oecophylla smaragdina*) 来防治柑橘园中害虫的记载。自 1888 年在美国加利福尼亚州的柑橘园中大规模释放澳洲瓢虫 (*Rodolia cardinalis*) 成功控制吹绵蚧后, 害虫生物防治已成为家喻户晓的害虫控制手段。随着社会经济的发展和人们生活水平的提高, 生物防治在病虫草害综合防治和科学管理中的地位和作用越来越重要, 特别是随着外来入侵生物的不断增多, 商品化生产和生物防治技术的不断提高, 进一步开发利用有效生物防治资源和正确评价其效能也越显迫切。

本篇从生物防治的概念及其理论基础出发, 着重阐述生物防治的重要意义、发展史、成就与现状。同时, 重点介绍生物防治的资源、生物防治的途径和方法、生物防治的实施和作用评价以及一些新的生物防治技术在病虫害生物防治中的应用和展望, 为进一步开展生物防治提供参考。

第一章 绪 论

虽然在史前就有利用天敌控制有害生物的记载,但是直到 19 世纪,天敌自然控制的潜在重要性才被充分认识。经过 100 多年的发展,生物防治无论是理论上还是方法上都取得了长足的进展,已成为控制农林有害生物的重要手段。利用天敌控制有害生物可以显著减少农药用量和残留,改善环境质量,有利于人类身体健康。随着农业可持续发展的需求与环境保护意识的增强,生物防治已越来越受到重视。

第一节 生物防治的定义和内涵

生物防治(biological control)是指利用生物及其产物控制有害生物的理论与技术体系,它既包括发掘和利用昆虫天敌、病原微生物、植物抗虫性及其相关功能基因等资源,也包括开发昆虫不育、昆虫信息素、植物生长调节剂、昆虫生长调节剂、昆虫行为调节及生物工程菌剂等现代生物技术。进入 21 世纪以来,随着生命科学和生物技术的发展以及新原理、新方法不断渗透、交叉与融合,生物防治内涵也变得更加丰富,近年来有学者把转抗病虫基因植物也列入生物防治范畴。生物防治植根于系统学、病原学、病理学、生态学、行为学、信息学、生物化学与分子生物学等多学科研究的理论成果,注重生物防治资源的发掘利用,注重植物与昆虫(微生物)、昆虫与天敌、昆虫与病原物互作等规律的认识,注重现代生物技术的发展 and 利用,是克服化学防治缺点(害虫抗药性、杀伤天敌和污染环境等)、支撑现代高效、绿色生态农业可持续发展的基本理论与技术体系。

因此,生物防治所涉及的学科基础很广,它的发展与科学技术的进步紧密相连,是人们长期与有害生物斗争过程中,对于物种多样性、生存竞争、物种进化、种间关系和种群变动等不断深化认识并加以实践的基础上形成的一个交叉学科。

生物防治研究的内容包括:生物防治的理论基础、生物防治资源利用、生物防治的途径和方法、生物防治实施与作用评价、以保护利用天敌为主持续控制农林有害生物的实践等。

一、害虫生物防治

利用生物及其代谢产物控制害虫(害螨)的理论和体系叫做害虫生物防治。Smith (1919)专指利用本地或引进外来天敌来抑制害虫种群的活动,以后又把生物防治分为自然生物防治(natural biological control,即利用本地天敌进行的防治)、应用生物防治(applied biological control,即人为地引进天敌进行的防治)和增强生物防治(augmentation biological control,即人工大量繁殖天敌,释放到田间以促进已有天敌的控害作用)。

生物防治是在农业生态系中利用自然界的有益生物对有害生物的自然控制作用,它是一种自然现象,故 Coppel 和 Martins (1977)又将害虫生物防治称为害虫生物抑制(biologi-

cal pest suppression)。

近 50 多年来, 由于害虫防治新技术的不断发展, 如利用昆虫不育性 (辐射不育、化学不育、遗传不育) 及昆虫内外激素、RNAi 和植物抗性等, 在害虫防治方面的进展, 从而扩大了害虫生物防治的领域。所以, 害虫生物防治分为狭义的害虫生物防治和广义的害虫生物防治。狭义的害虫生物防治, 又称为传统的害虫生物防治, 是直接利用天敌来控制害虫的科学; 广义的害虫生物防治, 是利用生物有机体或其天然产物来控制害虫的科学 (Huffaker, 1971; Price, 1975)。广义的害虫生物防治常与其他学科相交叉, 如抗虫性的利用可属于农业防治, 激素的利用可属于化学防治, 辐射处理可属于物理防治。近年来有学者把转抗虫基因植物也列入生物防治范畴。

二、植物病害生物防治

从植物病害防治的角度来讲, 植物病害生物防治就是利用生物及其代谢产物防治植物病害, 控制病原体。它的实质就是利用生物种间关系、种内关系, 调节有害生物种群密度。

我国植物病理学家陈延熙在 20 世纪 80 年代, 根据多年的实践和国际上生物防治的方向, 提出了较符合自然情况的传统生物防治概念: 在农业生态系统中调节寄主植物的微生物环境, 使其有利于寄主而不利病原, 或者使其对寄主与病原物的相互作用产生有利于寄主而不利病原物的影响, 从而达到防治病害的目的。这一概念表明, 人们对于病害生物防治的认识已从单纯依靠拮抗性微生物来控制病原或病害, 发展到借助多种因素来创立一个有利于寄主而不利病原物或病害发展的生物环境, 以实现防治病害。

美国农业部农业局提出了广义的生物防治概念: 使用自然的或改造的生物体、基因产物降低有害生物的作用, 并有益于有益生物如作物、树木、动物、益虫及微生物。这个广义的生物防治, 包括寄主植物抗病性的利用及有益生物代谢产物的利用。

植物病害生物防治包含 3 个方面的策略或方法: ①调节病原物种群, 用生物控制因子将病原物种群数量控制在一个允许的阈值水平以下; ②保护性排除方法, 以有益微生物通过位点营养竞争作障碍, 排除病原物侵染; ③自身防御, 以寄主植物抗性预防或抑制病害发生, 如诱导抗性。

植物病害生物防治有下述几种模式: 真菌防治真菌病害、细菌防治真菌病害、细菌防治细菌病害、病毒 (噬菌体) 防治细菌病害、真菌防治线虫病害、细菌防治线虫病害、病毒 (弱毒株) 防治病毒病害等。

三、杂草生物防治

杂草生物防治是谨慎地利用寄主范围较为专一的植食性动物或植物病原微生物及其代谢产物, 将影响人类经济活动的杂草种群控制在经济上、生态上或环境美化上可以容许的水平 (Wilson, 1964; Rosenthal 等, 1984; 王韧, 1986)。随着杂草生物防治方法的发展, 近年也把利用分泌他感化合物的植物防治杂草归入杂草生物防治的范畴。

根据目标杂草及其生防作用物的产地和种类, 杂草生防方法可分为传统生物防治 (classical biological control)、助增式释放生物防治 (inoculative release biological control) 及淹

没式释放生物防治 (inundative release biological control)。传统生物防治主要用于外来杂草的防治,一般从杂草原产地选择和引进寄主专一的植食性天敌(通常是植食性昆虫)释放到野外以达到持续控制外来入侵杂草或本土杂草的目的。助增式释放生物防治指常规释放外来或本地专一性天敌,增加其田间种群密度以达到控制草害的目的。还可通过一些农事操作提供天敌越冬或越夏场所,以使天敌种群得以保存和恢复。淹没式释放生物防治指在实验室条件下人工大量饲养繁殖杂草的天敌(通常是寄主专一的植物致病真菌,其制剂被称为真菌除草剂)大量释放到田间协助已有天敌,以达到控制靶标杂草的目的。

第二节 生物防治的意义

一、生物防治的重要性

1. 生物防治技术符合我国农业可持续发展的战略 在过去几十年,我国致力于农业的生产与发展,虽然解决了十几亿人口的吃饭问题,但却付出了极其高昂的代价:生态环境的破坏、生物多样性的丧失,应引起社会的高度警觉和重视,应大力建设以现代科技为依托的农业绿色良性生产模式。加快优势农产品高效安全生产、重大农业生物灾害防控、农业生态环境综合整治等核心技术的研发是实现我国农业科技若干重要领域到 2020 年的目标之一。研究开发与推广生物防治技术,大力发展绿色健康农业,既可以着眼于 21 世纪中国农村经济长期稳定协调发展,又能促进中国农业与世界经济的接轨调整,更能充分体现《中国 21 世纪议程》所提出的农业可持续发展战略目标的政策取向。因此,研究开发具有自主知识产权的生物防治新产品及生物防治新技术,加速发展我国的生物防治进程,为我国现代农业产业的可持续发展保驾护航,意义非常重大。

2. 生物防治技术符合我国生物产业发展的战略 高效安全生物防治技术已被列为当前国家优先发展的高新技术产业化重点发展领域,大力发展生物农药和绿色食品已被列入《中国 21 世纪议程》。2009 年我国原则通过了《促进生物产业加快发展的若干政策》。根据这些政策,我国将以生物农业、生物能源、生物制造、生物环境和生物医药产业为重点,发展壮大生物企业,大力促进自主创新,加强复合型人才培养,加大财政支持力度,拓宽融资渠道,创造良好市场环境,强化生物遗传资源保护和生物安全监管。从对生物产业的角度看,研发生物防治产品,开展生物防治是生物农业的主要组成内容之一,加大投入,构建相关研发平台,将为我国生物产业的加快发展起到重要的促进作用。

3. 生物防治技术符合我国食品安全及环境安全的战略 在农业有害生物发生和危害逐年加剧,而采取农药进行防治又造成污染的情况下,生物防治因其安全有效、环境友好而广受重视和推崇。生物防治及生物防治产品的发展关系到食品安全及环境安全的战略性问题。生物防治可以对农林业主要病虫实施可持续的有效控制,有利于农林生态系统生物多样性的保育,是与可持续发展战略思想最为相符的先进适用技术,能够取得最佳的生态效益、经济效益和社会效益。从现代农业的重要贡献看,研发生物防治产品,开展生物防治是现代农业综合防治 (IPM) 的主要组成部分。理论研究和应用实践证明,生物防治产品具有显著的优越性,作用方式多,作用靶标特异性强,防治效果好,对人畜安全,无残留污染,抗药性风险较低,与现代生物技术结合紧密,适应可持续发展的形势,符合生产无公害产品、有机食

品的要求,是IPM发展趋势。因此大力研发生物产品和技术,对保障我国现代农业的健康良性发展,具有重要的社会意义。

二、生物防治的地位和作用

自第二次世界大战结束后,人工合成的化学农药在全球范围内大量使用,已严重威胁食品安全和环境安全这两块人类赖以生存和发展的基石。滥用化学农药造成农林产品中的农药残留问题、害虫抗药性问题、主要害虫再猖獗和次要害虫大发生问题,已为全球所公认。此外,化学农药对环境造成的不良影响也日益为世人所关注。随着可持续农业的发展,对有害生物的防治要求组建更加优化的综合防治体系,生物防治在其中具有举足轻重的作用,尤其是随着人们生活水平的提高,从国际贸易市场和国内市场对农产品质量要求指标来看,生物防治的地位显得格外重要。

1. 生物防治可大幅减少化学农药的用量 我国农药产量逐年增加,发展迅速,年产量1998年突破 5.0×10^5 t,超过美国成为第一生产大国,2008年农药总产量达 1.902×10^6 t,2009年农药总产量超过226万t。我国也是农药使用大国,每年使用量高达 1.0×10^6 t(有效成分 $2.0 \times 10^5 \sim 4.0 \times 10^5$ t),其中60%为高毒农药。开展以生物防治为主的作物有害生物综合治理(IPM)研究和示范,可大幅减少化学农药的用量。作为一个成功的有害生物综合治理项目,广东省四会市大沙镇(区)以充分发挥天敌效能为主的水稻害虫综合防治项目始于1973年,试验田面积由1973年的 1.6 hm^2 逐步扩大至1975年的 $4\,000 \text{ hm}^2$,取得了明显的生态效益、经济效益和社会效益(蒲蛰龙等,1984)。特别是,化学农药的用量从1972年的149t减少到1980年的35t,减少76.51%。

2. 生物防治可克服有害生物抗药性的产生 据统计,随着化学农药的长期和大量使用,多种有害生物已产生了抗药性。如1948年已知产生抗药性的害虫种类为14种,1969年增至224种,1976增至364种,1984年增至447种,至2002年至少有600种以上的昆虫及螨类已产生了抗药性。已有150多种病原物和100多种杂草已产生了抗药性。同时,由于长期单一不合理地使用农药,有害生物抗药性的产生和发展迅速,尤其是对杀虫剂的抗性更为突出。棉蚜、棉铃虫、小菜蛾等害虫对有机磷和菊酯类农药的抗性在5年左右时间内上升了20倍以上。例如棉蚜对氧化乐果、甲胺磷、马拉硫磷等有机磷杀虫剂先后产生了抗性,普遍增长了几倍至几十倍;以后对菊酯类杀虫剂也产生了几十倍至2万倍的抗性。20世纪初,菊酯类杀虫剂防治棉铃虫效果相当好,但到1986年棉铃虫在河南豫北棉区的抗性增至25~58倍,1990年抗性已超过1000倍,因而,1992年棉铃虫的暴发,抗药性是一个重要的因素。小菜蛾对各种杀虫剂均已产生了抗性,在南方局部地区对溴氰菊酯的抗性水平曾超过万倍以上。生物防治通过生物及其产品,可以有效地防治农林有害生物,保证无污染的农林产品的优质高产;又可减少有机化学农药的投入,从根本上解除防治农林有害生物对化学农药的选择压力,因而铲除了有害生物发生抗药性的温床,有效地将滥用化学农药所形成的恶性循环扭转为良性循环。

3. 生物防治可有效控制外来生物的危害 外来生物入侵已成为国际社会面临的共同问题,成为21世纪生物多样性保护、生态安全和农业可持续发展的主要障碍之一。我国加入世界贸易组织(WTO)后,国际贸易更加频繁和多样化,由此带来的人侵生物种类增加及

入侵速度加快将是前所未有的。据初步统计,入侵我国的外来物种至少有 400 多种。在世界自然保护联盟(IUCN)公布的 100 种最具威胁的外来物种中,我国就有 50 种,是全球受外来生物影响最大的国家之一(万方浩等,2005)。如何有效遏制外来有害生物的入侵、如何有效治理已经入侵并广泛传播蔓延的入侵生物已成为各国科学家、政府和社会面临的严重挑战。传统生物防治的目的就是防治外来入侵生物的危害,经过 100 多年的发展,取得举世瞩目的成就,有效地控制了若干重大恶性入侵害虫和杂草的危害,取得了显著的经济、生态和社会效益。

4. 生物防治可突破国外技术壁垒 我国加入世界贸易组织(WTO),大大推动了我国农产品出口贸易发展。但是,欧洲、美国、日本等一批经济发达的国家和地区有针对性地设置了技术壁垒,而且技术壁垒的技术要求也越来越高,甚至达到了苛刻的程度,对我国农产品出口构成的阻力也相应增大。例如欧盟自 2000 年 7 月 1 日开始实施茶叶农药残留新标准,部分新标准的指标比原标准提高了 100~200 倍。欧盟对氯霉素残留量的标准规定为 $0.1\sim 0.3\text{ }\mu\text{g/kg}$ 远超过日本 $50\text{ }\mu\text{g/kg}$ 标准,美国 $4\sim 5\text{ }\mu\text{g/kg}$ 标准,以至于欧盟国家自己的产品也常常达不到标准。日本为了限制我国菠菜对其出口,2002 年 4 月公布菠菜中农药毒死蜱残留限量为 0.01 mg/kg ,这项明显针对我国的技术壁垒措施,既远远比日本蔬菜中其他有机磷农药的残留标准高 10 倍以上,又大大超出美国、欧盟及国际组织 CAC 的 0.05 mg/kg 标准。

显然,化学农药残留超标已成为我国传统农产品出口贸易的瓶颈问题,急需大批生物防治产品与技术替代化学农药控制病虫害。因此要想破除国外技术壁垒,就必须重视发展我国的绿色植物保护技术,提高我国农产品出口竞争力,大力加强农产品出口基地建设,全面提高我国农产品质量。国际农产品市场消费结构变化趋势表明,绿色、有机农产品正越来越受到消费者的欢迎,体现了现代社会人们追求自然、纯净和健康的主题。

5. 生物防治可提供无污染的农产品 绿色食品的生产过程中,对化学农药的使用有严格规定。在有机食品的生产过程中,禁止使用化学合成的农药。而且,绿色食品和有机食品生产还要求产地环境质量达到国家规定的标准,也就是说,以前使用过化学农药导致产地环境质量达不到标准,是不能作为绿色种植基地的。因此,绿色种植产业必须更多地依靠非化学防治手段控制有害生物。生物防治技术是保障绿色种植产业发展的关键技术,生物防治产业与绿色种植产业相互制约,密不可分,需共同发展,相互促进。

6. 生物防治可保护生态环境 化学农药对环境的污染已成为世界各国共同关注的问题。据报道,农田使用的化学农药的直接利用率一般仅为 0.1% ,其余 99.9% 的农药都挥发到大气或淋溶流失到土壤或水域中或残留于作物中造成污染。如全国农田受不同程度污染面积达 $2.0\times 10^7\text{ hm}^2$,约占耕地面积的 20% ,减产粮食 $1.0\times 10^7\text{ t}$ 以上;农作物药害面积约 $2.0\times 10^5\text{ hm}^2$,直接经济损失 1 亿多元,间接损失 10 多亿元。同时,农药残留威胁整个生态系统,对生物多样性产生影响,生态条件整体恶化导致病虫害暴发成灾,使农作物有害生物的防治更加复杂和困难。20 世纪 90 年代以来,全世界每年约有 200 万人使用化学农药而中毒,其中大约有 4 万人死亡,农药中毒事件每年约发生 5 万多人次。应用生物防治技术控制农林害虫,对人畜无毒害,不会造成环境污染,可以给人们一个清洁无污染的生存空间。在农作物有害生物的防治中,人类正经历着由以化学农药防治为主向无公害的生物防治为主的转变。人类将以明智的选择和积极的行动开展生物防治,保护好自己的生存环境。

第三节 生物防治的发展史

一、害虫生物防治的发展史

(一) 世界害虫生物防治的发展史

害虫生物防治的发展史可分为 3 个阶段（表 1-1）：①早期生物防治时代，即生物防治的萌芽时期（304—1887）；②中期生物防治时代，其中包括经典生物防治时期（1888—1939）和化学防治时期（1939—1962）；③现代生物防治时代，其中包括综合防治时代（1962—1992）和可持续控制时代（1992 至今）。

表 1-1 世界害虫生物防治发展史简表

历史时期	重要事件	参考文献
早期生物防治时代		
萌芽时期（304—1887）		
304	中国广东果农利用黄猄蚁来防治柑橘园害虫	杨沛，2002
1100—1500	阿拉伯果农从山区采集捕食性蚁巢移植到绿洲防治植食性蚂蚁	van den Bosch, et al., 1982
1762—1770	首次开展捕食性天敌的国际输引，自印度引进八哥到毛里求斯，防治甘蔗害虫红蝗	Moutia and Mamet, 1946
1859	Darwin 阐述食物链和生命网的概念	Doutt, 1964
1873	第一次国际捕食性节肢动物的输引，自原产美国引进捕食性粉螨到法国防治葡萄根瘤蚜	Doutt, 1964
1883	第一次洲际寄生性节肢动物的输引，自欧洲引入菜粉蝶绒茧蜂防治美国外来的菜粉蝶	Doutt, 1964
中期生物防治时代		
1. 经典生物防治时期 (1888—1939)		
1888	全球首例传统生物防治，美国加利福尼亚州引进澳洲瓢虫防治吹绵蚧获得成功	Doutt, 1964
1920	商品化生产丽蚜小蜂防治温室白粉虱	van Lenteren, 1995
1933	寄生虫和宿主依赖关系的数学模型的提出	Nicholson, 1933
1935—1939	有关食虫昆虫综述文献出版，含鞘翅目（第一卷），脉翅目、鳞翅目和其他目（第二卷）	Balduf, 1939
2. 化学防治时期 (1939—1962)		
1939	再次发现滴滴涕（DDT）具有显著的杀虫活性	Muller, 1939
1940	商品化生产丽蚜小蜂因化学农药而中止	van Lenteren, 1995
1940	引进天敌的传统生物防治减少	Greathead and Greathead, 1992
现代生物防治时代		
1. 综合防治时期 (1962—1992)		