

全国高等农业院校教材

# 害虫生物防治

(第二版)

福建农学院 主编

植物保护专业用

农业出版社

全国高等农业院校教材

# 害虫生物防治

(第二版)

福建农学院 主编

植物保护专业用

农业出版社

## 第二版前言

本书按照农牧渔业部〔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，对本书作第一次修订，大部分是就原书作一些修改或增删，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6月

## 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。开展生物防治与其它防治措施相协调的害虫科学管理，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专门人才提供理论和实践的基础。

本书初稿写出后，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。参加审稿会的，除编写人员外，还有广西农学院金孟肖、杨绍龙，河南农学院丁文山，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

**第一版编写人员名单（按姓氏笔划为序）**

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

# 目 录

第二版前言	
第一版前言	
第一章 绪论	I
第一节 害虫生物防治的定义、范围和内容	1
第二节 害虫生物防治的重要性	1
第三节 生物防治的历史和发展	3
第四节 生物防治的原则、途径和方法	7
第二章 生物防治理论基础	13
第一节 什么叫做害虫	13
第二节 害虫的发生规律	14
第三节 水稻田昆虫生命网浅析	17
第四节 天敌效能的基本概念	22
第五节 害虫防治方法的选择	23
第三章 寄生性天敌昆虫	27
第一节 概述	27
第二节 寄生性膜翅目	36
第三节 寄生性双翅目	94
第四节 捻翅虫	107
第五节 寄生性鞘翅目	110
第六节 寄生性鳞翅目	113
第四章 捕食性天敌昆虫	116
第一节 概述	116
第二节 蜻蜓目	121
第三节 捕食性半翅目	122
第四节 脉翅目	127
第五节 捕食性鞘翅目	132
第六节 捕食性膜翅目	142
第七节 捕食性双翅目	143
第五章 其他捕食性动物	145
第一节 农田蜘蛛	145
第二节 捕食性鳞类	154
第三节 食虫益鸟	166
第四节 食虫两栖类	170
第六章 害虫天敌的保护与助长	174

第一节	天敌是抑制害虫种群数量的一个重要因素 .....	174
第二节	保护天敌对害虫种群数量控制的重要作用 .....	175
第三节	害虫天敌保护与助长的基本方法 .....	179
第七章	寄生性和捕食性天敌的大量繁殖与散放 .....	183
第一节	天敌昆虫大量繁殖的基本方法 .....	183
第二节	赤眼蜂 .....	192
第三节	黑青小蜂 .....	208
第四节	平腹小蜂 .....	212
第五节	蚜茧蜂 .....	214
第六节	绒茧蜂 .....	221
第七节	草蛉 .....	223
第八节	捕食螨 .....	235
第八章	天敌昆虫的助迁、移殖和引进 .....	248
第一节	天敌昆虫的助迁 .....	248
第二节	天敌昆虫的移殖 .....	249
第三节	天敌昆虫的引进 .....	250
第四节	天敌引进的一般技术和注意事项 .....	258
第九章	害虫天敌调查研究方法 .....	262
第一节	天敌标本采集、保存、制作、邮寄与鉴定 .....	262
第二节	害虫天敌调查研究方法 .....	270
第三节	生命表——天敌作用评价的一个方法 .....	280
第十章	昆虫的病原微生物 .....	296
第一节	昆虫的传染病和流行 .....	296
第二节	昆虫病原微生物的主要类群 .....	303
第三节	病原微生物防治害虫的作用和病原的增殖 .....	314
第十一章	昆虫病原细菌的利用 .....	320
第一节	昆虫病原细菌的主要类群 .....	320
第二节	苏云金杆菌类群 .....	325
第三节	苏云金杆菌的致病机理 .....	334
第四节	苏云金杆菌的生产 .....	341
第五节	苏云金杆菌在害虫防治上的应用 .....	346
第十二章	昆虫病原真菌的利用 .....	350
第一节	昆虫病原真菌的主要类群 .....	350
第二节	病原真菌的致病机制 .....	360
第三节	真菌制剂的生产 .....	364
第四节	真菌制剂在害虫防治上的利用 .....	370
第十三章	昆虫病毒的利用 .....	377
第一节	昆虫病毒的分类 .....	377
第二节	重要昆虫病毒概述 .....	385
第三节	昆虫病毒的生产 .....	393
第四节	昆虫病毒在害虫防治上的应用 .....	396



---

第十四章 害虫病原微生物的研究方法 .....	401
第一节 病体的收集和材料的保存 .....	401
第二节 病原微生物的分离、提纯和鉴定 .....	402
第三节 病原微生物优良菌株的筛选和致病力的保持 .....	408
第四节 微生物杀虫剂产品质量测定和标准化 .....	415

# 第一章 绪 论

## 第一节 害虫生物防治的定义、范围和内容

生物防治 (Biological control) 是一门研究利用天敌控制植物病害、虫害和农田杂草的理论和实践的学科, 或称之为寄生物、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)。研究利用害虫天敌控制害虫的理论和实践的学科, 叫害虫生物防治。

近20年来, 由于病虫害防治新技术的不断发展, 如昆虫不育性 (辐射不育、化学不育、遗传不育等)、昆虫性外激素、昆虫内激素、噬菌体、内疗素和植物抗性等, 在病虫害防治方面利用的进展, 有人主张将这些利用生物或生物产物防治病虫害、杂草的理论和技术的也归于生物防治范畴之内。如果如此, 生物防治的领域更加广阔了。从这一观念出发, 害虫生物防治的定义也可概括为利用生物有机体或其天然 (无毒) 产物控制害虫的科学 (Price, 1975; Huffaker, 1971)。本书不涉及病害和杂草的生物防治, 不拟讨论昆虫不育性、激素和植物抗虫性等, 也不拟涉及畜牧害虫和卫生害虫的生物防治, 仅从农作物害虫方面讨论有关生物防治的问题。

害虫生物防治研究的内容, 包括害虫生物防治的基本理论, 害虫天敌的主要类群, 害虫天敌资源调查评价方法, 天敌标本采集、制作与保存方法, 农业害虫寄生性天敌、捕食性天敌和病原微生物输引、保护利用的原理和方法。

害虫生物防治的科学基础是很复杂的, 它们发展的可能性和科学技术的发展紧密相关, 是按照经济和社会的需要而发展的。生物防治作为一门科学方法而形成, 是在人们对于种间关系、物种进化、种群变动和生存竞争的认识深化的基础上形成的, 是人们为解决害虫严重危害问题所需要形成的, 因而作为一门专门的学科, 需要比较广泛的科学理论和技术作为基础。特别是生态学、分类学、生物学和昆虫病理学等学科与害虫生物防治存在着相互促进的密切关系。

## 第二节 害虫生物防治的重要性

农作物每年因害虫危害所受的损失是严重的。自从施用化学农药防治农业害虫以来, 对于压低害虫危害程度和保证农作物丰产丰收, 都起过积极的作用。在发展中的综合防治或害虫科学管理中, 化学防治还将承担比较重要的任务继续起作用。

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, 过分依赖化学农药的杀伤作用, 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, 采取头疼医头、脚疼医脚的策略, 作过一些片面性的宣传, 如说什么施用化学农药可以“有虫治虫, 无虫防虫”, 把农药说成万能, 以致有的地区发生盲目滥施农药的现象, 特别是一些残效期长和剧毒农药的施用没有限制, 导致一系列令人忧虑的问题, 比较突出的有以下一些:

第一、引起害虫抗药性。自从40年代末期在瑞典发现家蝇对有机氯杀虫剂二二三产生抗药性以来, 到1967年为止, 全世界已发现 224 种昆虫或螨类产生抗药性, 其中双翅目昆虫占88种, 半翅目昆虫36种, 鳞翅目昆虫34种, 鞘翅目昆虫22种, 其他目19种, 蛛形纲25种。

按农药类型来分, 抗二二三的有91种, 抗六六六的有135种, 抗有机磷剂的有 54 种, 其他19种。我国已知三化螟、黑尾叶蝉、棉蚜、棉红蜘蛛和黄条跳甲等多种害虫也产生了抗药性。

害虫抗药性的产生, 使得化学农药的杀虫效力大为下降, 这就不得不提高单位面积的施用量和施用次数, 继而带来农药供应紧张和农业成本上升等一系列问题。

第二、杀伤天敌、破坏自然平衡、引起害虫再猖獗或次要害虫大发生。这方面的报道甚多。据日本报道, 在稻田施用六六六粉剂后, 几乎所有昆虫种群密度都下降, 但经一段时期后, 有些害虫种群因失去了天敌的控制而迅速恢复, 密度比未施药区更高, 如黑尾叶蝉、稻螟蛉、灰稻虱等。棉田施用一种杀虫剂 (Monocrotophos) 防治棉铃虫, 开始时, 施药区比对照区虫口密度低, 只需经过半个月后, 施药区虫口密度大大超过对照区 (Van den Bosch等, 1973)。施用二二三防治柑桔红圆蚧 (*Aonidiella aurantii*), 在一年或数年内, 施药区比对照区种群密度增加36—1,250 倍之多 (DeBach, 1974)。广东珠江三角洲曾经施用六六六防治甘蔗黄螟, 因为大量杀伤了卵寄生蜂 (赤眼蜂), 反而引起黄螟严重加害。我国南方稻区稻蓟马本来是次要害虫, 由于稻田施药防治主要稻, 也引起稻蓟马的大发生。

第三、污染环境, 产生残毒问题。农药对于环境的污染是当前世界各国所最关心的严重问题之一。由于施用农药后可直接污染环境, 或通过沟渠、河流、湖海而散播, 或经生物界的食物链的关系产生逐步浓缩, 构成农药对生态系统的影响。有机氯、有机汞和有机磷农药都可形成不同程度的环境污染。据1971年美国对于菜园土和农田土测定二二三含量的结果, 前者为3—22.3ppm, 后者为14—26ppm, 含量是相当高的。1970年日本东京附近各种环境水质六六六含量的测定, 地下水为5ppt, 自来水为6ppt, 河水为 923ppt, 海水为108ppt。50年代美国旧金山以北的明湖多次施用 DDD 防治蚊类, 湖中浮游生物的 DDD 含量为水质中含量的265倍, 小鱼组织内的含量约为浮游生物的 500 倍, 鸕鹚鸟脂肪内的含量则超过 8 万倍, 肉食鱼类脂肪中的约为8.5万倍。

在环境污染的同时, 农产品中残毒也是值得注意的问题。1964—1965年, 日本对 216

种食品进行分析调查,发现84种食品有二二三残留,45种含有狄氏剂残留,37种含有六六六残留。美国在夏威夷检验日本茶叶时,绿茶中二二三残留量为0.02—17.4 ppm,平均2.2ppm,大大超过允许标准。

第四、农业成本增加。由于人们长期反复施用化学农药,引起害虫抗药性。抗性产生后,人们又采取增大用药量和多次用药的办法,致使主要害虫再猖獗和次要害虫暴发。害虫暴发后又采取大量施用农药的办法来对付,从而形成恶性循环。在这种情况下,农药用量过多,用工过多,也引起农业成本增加的不良后果。

害虫生物防治是解决上述问题的重要途径。近年来,国内外都很重视提倡害虫综合防治或害虫科学管理,主张以生物防治作为综合防治的重要内容之一。即从耕作制度、栽培技术、抗虫品种、化学防治和物理防治各方面,考虑各项措施对于害虫天敌的影响,同时考虑各项防治措施的经济效益,目的在于既保证农作物丰产又保证环境不受污染。

害虫生物防治具有许多优点,主要的有以下三点:首先,它能有效地控制害虫。如棉花苗期利用瓢虫捕食棉蚜,蕾期利用草蛉和瓢虫捕食棉铃虫,稻田保护蜘蛛及其它天敌昆虫,对于控制稻飞虱和稻叶蝉都可收到显著的效果。其次,能减少环境的污染,降低残毒的遗留量。自从棉区推行生物防治以来,改变了过去单纯依赖化学农药的防治措施。过去是不管棉田虫情如何,总是定期施药防治,现在是以保护利用田间天敌为前提,看虫情定田施药挑治,从而化学农药用量和施用次数大为减少,污染和残毒问题也有减轻。再次,降低农业成本,增加农民收入。采用害虫生物防治,积极保护利用天敌,配合其它防治措施,农业生产成本中关于植物保护的开支可以节约1/3—3/5,增加农民收入。

但是,也应看到害虫生物防治的局限性。例如,由于天敌与害虫之间的跟随关系,有的天敌对害虫的控制作用,就没有农药那样见效迅速,一旦害虫暴发,还需要适当地采用化学防治;生物制剂的生产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;生物制剂的使用和效果不及化学农药简便和稳定。因此在采用生物防治措施时,应当看到它的局限性,尽量与各种农业技术措施配合,与化学防治协调,发挥生物防治的优点。

### 第三节 生物防治的历史和发展

我国是世界上发现和应用害虫天敌最早的国家,早在三千年前,《诗经》中就曾记载过“螟蛉有子,蜾蠃负之”,记述了胡蜂类捕捉蛾类幼虫的现象,虽然当时对蜾蠃的作用认识不足,但对这种自然现象是记述最早的文献。公元340年左右,我国已有生物防治的记载。晋代嵇含著《南方草木状》一书曾记载:“交趾人以席囊贮蚁鬻于市者,其巢如薄絮,囊皆连枝叶,蚁在其中;并巢同卖。蚁赤黄色,大于常蚁。南方柑桔若无此蚁,则其实为群蠹所伤,无复一完者矣。”根据这些记载,可能是广州等地劳动人民沿用至今的“黄猄蚁”(Oecophylla smaragdina),此蚁连巢移放于柑桔树上,可以捕食多种害虫。明代李时

珍在《本草纲目》中记述蜘蛛的捕食性时，写道：“此虫设网一面，物触而诛之，知乎诛其不义者，取曰‘蜘蛛’”。在二千四百年前，我国劳动人民就已发现家蚕僵病，其后又有近乎微粒子病的记载。太湖沿岸桑螵盛发区，群众早已利用死蚕死茧浸汁喷杀桑螵的办法。此外古代早有“保护田禾，禁捕青蛙”的禁令，有招引家燕在室内筑巢的习俗，有的地方还有养鸭治虫的习惯。

解放前在国民党反动统治时期，除群众沿用着长期生产斗争保留下来的几项生物防治措施外，对一些捕食性和寄生性天敌作了零星调查和小面积防治试验，并引进了少数天敌，但对生物防治作为一门科学技术，根本未得到应有的重视，致使我国人民关于害虫天敌的认识和利用天敌进行生物防治的成就，长期未能获得发展。

解放后在中国共产党的英明领导下，我国对于害虫天敌资源的调查、保护和利用进行了大量的试验研究工作。广东省于1951年开始系统地利用赤眼蜂防治甘蔗螟虫的试验。50年代东北地区开始研究利用白僵菌防治大豆食心虫；华中地区和华东地区开始人工繁殖金小蜂防治越冬代棉铃虫；湖北、湖南、四川先后从浙江引进大红瓢虫防治柑桔吹绵蚧获得成功；山东引进日光蜂防治苹果绵蚜获得成功；福建利用红蚂蚁防治甘蔗螟虫、广东利用澳洲瓢虫防治木麻黄及柑桔上的吹绵蚧，均获得良好效果。特别是70年代以来，全国各地广泛地开展了生物防治的试验研究。广东省研究利用赤眼蜂防治稻纵卷叶螟之后，南方稻区各省几乎普遍进行了试验。东北各省利用赤眼蜂防治玉米螟，华东和华中地区利用赤眼蜂防治松毛虫，也都取得成效。河南省利用瓢虫和草蛉防治棉铃虫的效果良好，华北、华中、华南等地相继进行了试验。广东利用平腹小蜂防治荔枝蜡已获成效。华东利用平腹小蜂防治松毛虫和舞毒蛾，华中和华东利用胡蜂防治棉花和蔬菜上的害虫，华南、华中和华东等地利用肉食螨防治多种植食螨，湖南、江苏等省在稻田进行以保护蜘蛛为主的生物防治试验，均获得一定的成功。华南等地利用白虫茧蜂防治紫胶白虫取得了成效。我国繁殖利用赤眼蜂，在防治面积、防治效果、人工繁殖技术、日繁蜂量和人造寄主卵等方面，都居于世界先进水平。在病原微生物方面，应用最广的是苏云金杆菌（包括青虫菌、杀螟杆菌、7216等）和白僵菌，曾在多种农作物上防治鳞翅目害虫；近年来，对昆虫病毒利用研究有了进一步的发展。

随着生物防治在生产实践中应用的形势蓬勃发展，各地对天敌资源调查工作也给予了相当的重视。由于我国地处温带、亚热带和热带三大气候带，幅员辽阔、物产丰富，生物区系复杂，天敌资源也极其丰富。浙江、福建、湖北、广东、湖南、江苏、安徽、江西、上海、陕西、四川、山东、河北、河南、山西、辽宁、吉林、黑龙江、北京、天津、云南、新疆、内蒙古、广西、甘肃、宁夏等26省、市、自治区先后进行了天敌资源调查，中国科学院动物研究所、微生物研究所、福建农学院、浙江农业大学、华南农业大学、北京农业大学等单位对天敌的分类鉴定做了大量工作。中国农业科学院生物防治研究室归口管理全国天敌的引进和输出工作，已与国际十多个国家进行了天敌引种和交换，其中从英国引进丽蚜小蜂，防治温室白粉虱；从美国、捷克斯洛伐克和澳大利亚引进病原线虫，防治多种

鳞翅目幼虫，以及从英国引进菜粉蝶颗粒体病毒，防治菜粉蝶，已获较好的防治效果。

中国科学院动物研究所和浙江农业大学等编写了《天敌昆虫图册》，中山大学生物系编写了《害虫生物防治的原理和方法》。有关生物防治的生理学、生态学和人工饲料等方面的研究也正在进行。中国出版的生物防治刊物，主要有《生物防治通报》和《昆虫天敌》。这些工作对促进我国生物防治工作的发展，都将起到推动和促进作用。

当前我国各地虽然已有一定初具规模的生物防治研究机构，但在规划、协调和组织生物防治工作方面还缺乏有力的部署。特别是在我国高等院校中还没有设置生物防治专业，这方面人才的培养和充实，深感来源不足，远远不能满足天敌资源调查、天敌输引和开展生物防治工作的需要。

国外开展生物防治工作远较我国为迟，最早的例子是在1841年报道了中东国家(也门)利用蚁类防治椰枣林害虫，在1859年以前，曾从Cayenus输引一种蟾蜍 *Bufo marinus* 到南美洲的Martinique，防治甘蔗蛴螬等害虫。加拿大自1882年最先小规模试验释放赤眼蜂，现在已在欧洲、亚洲、美洲应用于粮、棉、糖、菜、果、林等害虫的防治。美国从1888—1969年共对223种害虫作了输引天敌进行生物防治试验，其中，对120种害虫具有一定程度的防治效果，有42种害虫达到彻底消灭，有48种害虫经济危害性显著降低。较著名的事例如1888年美国农业部为解决加利福尼亚州柑桔吹绵蚧严重危害问题，从原产地大洋洲输引澳洲瓢虫129只，引进后第二年就控制了危害。此后全世界十分重视天敌的引进。如美国农业部为了防治柑桔红圆蚧 *Aonidiella aurantii* (Maskell) 等，于1889—1892年先后从澳大利亚、新西兰、斐济等地引进46种瓢虫，其中有两种瓢虫 (*Orcus chalybeus*、*Lindoras laphanthae*) 起到了控制红圆蚧危害的作用。90多年以来，各地从外地输引天敌防治害虫获得成功的事例共225起，其中夏威夷成功的24项，斐济岛9项，美国16项，加拿大16项，澳大利亚10项，新西兰11项。据1975年报道，加拿大先后引进害虫天敌208种，成功的44种。1964年夏威夷从菲律宾引进一种花螬 *Montandoniella moraguesi* 防治蓟马获得成功。许多国家曾从我国输引天敌并取得了成效。1911年日本从我国台湾省引进澳洲瓢虫防治吹绵蚧。1925年从我国广东输引刺粉虱黄褐蚜小蜂 (*Prospaltella smithi*) 获极大成功。1946年日本福冈突然盛发的红蜡蚧扁角跳小蜂 (*Anicetus beneficus*)，可能是从我国引进的。美国于1947年从我国南方引进岭南金黄蚜小蜂 (*Aphytis lingnaneusis*) 防治柑桔黄圆蚧获显著成功。1948—1949年从我国南部引进牡蛎蚧金黄小蜂 (*Aphytis lepidosaphes*)、1950—1951年从我国台湾省引进蚜小蜂 (*Phyiscus "B"*)，防治柑桔紫牡蛎蚧，也获成功。

国外在生物防治的应用上取得一些进展。美国得克萨斯州释放草蛉防治棉铃虫，连续5年获得成功。日本利用桑蚧寄生蜂防治苹果和梨树上的粉虱获得成功。瑞士用寡节小蜂防治粉虱有成效。荷兰和瑞典利用植绥螨防治番茄叶螨颇有成效。泰国释放广腹细蜂防治稻瘰蚊，夏威夷、澳大利亚和日本利用卵蜂防治稻象蟥，都获有成效。美洲和欧洲利用苏云金杆菌防治菜青虫、玉米螟、棉铃虫、松毛虫等很有效果，日本和美国利用日本金龟子

芽孢杆菌防治金龟子效果良好。苏联应用白僵菌防治蜡类和蛾类。近年各国对昆虫病毒的利用更为注意,至1970年止,已分离出254种病毒,其中10种已被应用,美国、加拿大、联邦德国、英国和日本应用核多角体病毒防治棉铃虫、烟青虫、麦叶蝉和白菜上鳞翅目幼虫,效果相当显著。

天敌昆虫或病原微生物生产工厂化,已在许多国家实现。美国、加拿大、法国、联邦德国、捷克斯洛伐克和苏联等国,早已工厂化生产苏云金杆菌。美国已工厂化生产棉铃虫多角体病毒(商品名称 Viron/H)。赤眼蜂在苏联和美国,草蛉在美国,植绥螨在瑞典和荷兰等,都已投入工厂化生产。

到1970年止,全世界利用天敌防治害虫的事例达900多例,其中成功的有100例以上。据统计,1976年苏联生物防治面积1130万公顷,其中赤眼蜂防治面积占828.6万公顷;1977年墨西哥赤眼蜂释放面积200万公顷,美国生物防治面积约1333万公顷,赤眼蜂防治面积占666.5万公顷。

据报道,美国植物保护研究经费中,化学农药和生物防治研究经费所占比例,在1955年分别占42%和20%,1968年分别占18%和51%,可以看出:随着农药长期施用引起的“三R”问题(残毒 Residue、抗性 Resistance、再猖獗 Resurgence),生物防治研究工作受到了较大的重视。联合国粮农组织植物生产和保护部于1979年制订的“南亚和东南亚水稻区病虫害综合防治发展和应用的国际规划”,提出以对人类和环境的污染最小为长远的目标,并强调从农业生态系统来考虑综合防治中各项防治措施对于天敌的影响。

国外对于生物防治的组织机构也相当注意。1927年英国在英帝国昆虫局下设立了花汉宫生物防治实验室(Farnham house Laboratory),1940年迁往加拿大渥太华,1947年改名英联邦生物防治局,1951年改名英联邦生物防治研究所,1961年该所总部迁至西印度群岛的特立尼达,并先后在阿根廷、瑞士、印度、马来西亚、巴基斯坦、乌干达、西非等地设有20多个试验站或分站。1955年欧洲地中海和近东等地区的国家和会员成立了国际生物防治协会(CIBC),总部设于苏黎世,并出版季刊《Entomophaga》,1962年改名有害动植物生物防治国际组织(OILB),1971年OILB扩大成为世界生物防治组织。加拿大于1929年建立了生物防治实验室。此外,美国、苏联、瑞士、罗马尼亚、澳大利亚、日本和巴基斯坦等国都建立了生物防治国家机构。所有这些机构都对天敌资源调查、有害生物天敌生物学和生态学以及天敌的输引等,进行了许多研究。

在天敌资源调查中,除对寄生性和捕食性天敌昆虫及其与寄主的关系更为注意外,对于其它天敌如蜘蛛、捕食螨、病原微生物也格外注意。对已知的天敌种类,利用现代化手段如电子扫描等技术,重新进行分类,并注意研究生态型、地理宗等种下分类问题。1829年,Gravenhorst的《欧洲姬蜂志》即已出版,美国农业部于1951年编写了寄生蜂名录,60—70年代美国昆虫研究所的姬蜂专著先后出版近20大本。日本于1965年完成了主要害虫天敌目录。此外,关于小蜂、瓢虫,蜘蛛等也有不少专著。

在资源调查的基础上,对一些重要天敌研究了生理、生态等问题,并在尝试抗性天敌

的饲养。对各种生态系统中天敌种类、作用及其与外界环境的关系加强了研究。在研究主要害虫生命表中，重视了天敌的控制作用，已有这方面研究的结果建成数学模式，输入电子计算机作为贮存程序，再根据测报的数据输入信息，通过系统分析，输出信息揭示害虫管理方案。

综上所述，生物防治在国内外都被作为一项重要的防治措施在发展，有的作为综合防治中的一项重要内容来考虑。这就给予生物防治科学以十分光荣的任务和相当艰巨的工作，有待不断提高生物防治的实践性和科学性。

#### 第四节 生物防治的原则、途径和方法

害虫生物防治是害虫科学管理体系中的一项重要组成部分，它们是以农田生态系统的理论为基础的。食物链是农田生态系统的基本单元，食物网和生物群落是农田生态系统中的生物成分。生物种间的依存和制约关系，都在一定地域内的食物链、食物网和生物群落中发生和演替。人们在防治害虫时如果忽视这种关系，常常会破坏生物的自然平衡，反而引起害虫再猖獗，甚至引起次要害虫上升为主要害虫。如果在采取防治措施时注意保护天敌，利用天敌对害虫的自然控制作用，则可收到事半功倍的明显效果。

害虫生物防治的出发点是保护利用天敌、控制害虫危害和减少环境污染。因此我们不能采用对待化学防治的观念和方法来对待生物防治，即不能局限于把生物防治仅仅看成一种生物农药的认识，以为只有人工繁蜂放蜂或施用微生物农药，就是生物防治全部内容的观点，是非常狭隘的，甚至是一种曲解。更不能用衡量化学农药效果的尺度，来衡量生物防治的效果。因为天敌本身是一类生物，在当地缺乏某种有效天敌时，从害虫原产地引进有效天敌，可能在当地迅速建立有效种群，并起控制害虫的作用。当地大部分天敌自然存在于客观环境之中，在适宜的环境条件下，它可以迅速地自然繁殖起来，起着控制害虫的作用。我们只要在各项农事活动和管理措施中稍加注意，如在种植制度、栽培品种、耕作、施肥、灌溉、收获等农业技术中，以及在施用化学农药时，注意保护各种天敌，就可发挥天敌的功能。农田是广阔无限的天敌自然繁殖“工厂”，在种类和数量上都是人工繁殖所望尘莫及的，所以保护农田天敌显得更为重要。在那些天敌不足的地区和季节，对个别优势种天敌进行人工大量繁殖，适时施放或施用，使之补充田间天敌之不足，当然也是必要的。这就是生物防治与化学防治不同之处。评价生物防治的效果如果单凭习惯上评价化学药剂效果的标准，如致死中量 ( $LD_{50}$ )、致死中浓度 ( $LC_{50}$ )、死亡率、校正死亡率或虫口下降率等，是不可能准确的。通常某种能引起害虫死亡率在80%以下的药剂，不会认为是高效农药，而天敌的效果单凭当时的寄生率、扑食率或死亡率是不公正的，往往某种天敌当时虽仅表现很低的寄生率或致死率，即使只有5—20%，由于天敌群落的共同作用以及天敌的迅速繁殖和竞争，却有可能将害虫的繁殖系数 ( $I$ ) 压低至种群密度下降的水平。这就是不能只看寄生率高低来评价天敌作用的原因。



害虫生物防治的主要途径有保护利用本地天敌和输引外地天敌两方面。对于某些优势种天敌还可通过人工大量繁殖的手段，增加农田天敌种群的数量。

### 一、保护利用本地天敌

自然条件下天敌群落是非常丰富的，保护利用当地天敌是害虫生物防治的一个重要途径，其目的在于提高天敌对害虫种群起密度制约的作用，将害虫种群控制在经济允许损失水平以下。它可通过在田间创造有利于天敌生存繁殖的条件和人工大量繁殖天敌并释放于田间的方法来达到。

(一) 直接保护天敌 自然界中害虫天敌可能由于气候恶劣、食料不足、栖息场所不良或对农事操作不协调等原因，引起其种群密度下降。我们可以在适当的时期采用适当的措施对天敌加以保护，使之免受不良因素的影响，能够顺利增殖而拥有较高的数量。

这种方法虽然比较简单易行，但首先要了解当地主要天敌的生物学和生态学，保护措施才有生物学基础。

例如，我们查明了黑卵蜂是长江流域稻区三化螟卵的主要寄生性天敌，在群众性人工摘除卵块防治三化螟时，采用卵寄生蜂保护器，使黑卵蜂能够安全羽化并飞回田间。在果园附近，定期悬挂益鸟人工巢箱，可以招引某些食虫益鸟定居下来。向群众宣传青蛙捕虫的益处，禁止捕捉青蛙等。可以提高田间害虫天敌的密度。

(二) 应用农业技术增加天敌数量 南方稻区在绿肥田灌水春耕时，田间散置草把，让捕食性天敌如蜘蛛等聚集于草把中，然后将草把移放在田埂上，使天敌不致因灌水和犁耙而人为地降低种群密度。稻飞虱的重要天敌如线虫、狼蛛等，田间过分干燥均不利于它们栖息和生存，在稻田管水时注意保持潮湿状态，对这类天敌则是有利的。

甘蔗田内间种绿肥，既可增加肥料，又可改变田间小气候，使蔗田降温增湿，适于赤眼蜂的生存，并可提高它对蔗螟卵的寄生率。

果园周围种植防护林带，由于降低了风速，有利小型天敌昆虫的活动，并对益鸟提供有利的栖息环境。

从以上数例看来，各项农事活动和农业技术措施与天敌的栖境、生存和食料都息息相关，随着人们对害虫发生规律的深入了解和对天敌作用的认识提高，有必要进一步对于各项农业技术活动与天敌的关系加以评价和研究，从中肯定某些措施的必要性，同时对于那些不利于天敌生存或栖息的农业措施，提出改进或补充的措施，才能起到保护天敌的作用。

(三) 增加天敌的食料 许多寄生性天敌在成虫期需要补充营养，田间开花植物可提供寄生蜂或寄生蝇以花蜜，使之寿命延长、性器官成熟、繁殖力提高。在棉区适当种植蜜源植物，对于寄生鳞翅目害虫的多种姬蜂、黄蜂和寄蝇，都可提高其种群密度。在某些金龟子发生基地分期播种蜜源植物，可以吸引捕食金龟子的土蜂前来采蜜并捕食，对防治金龟子有良好的效果。