


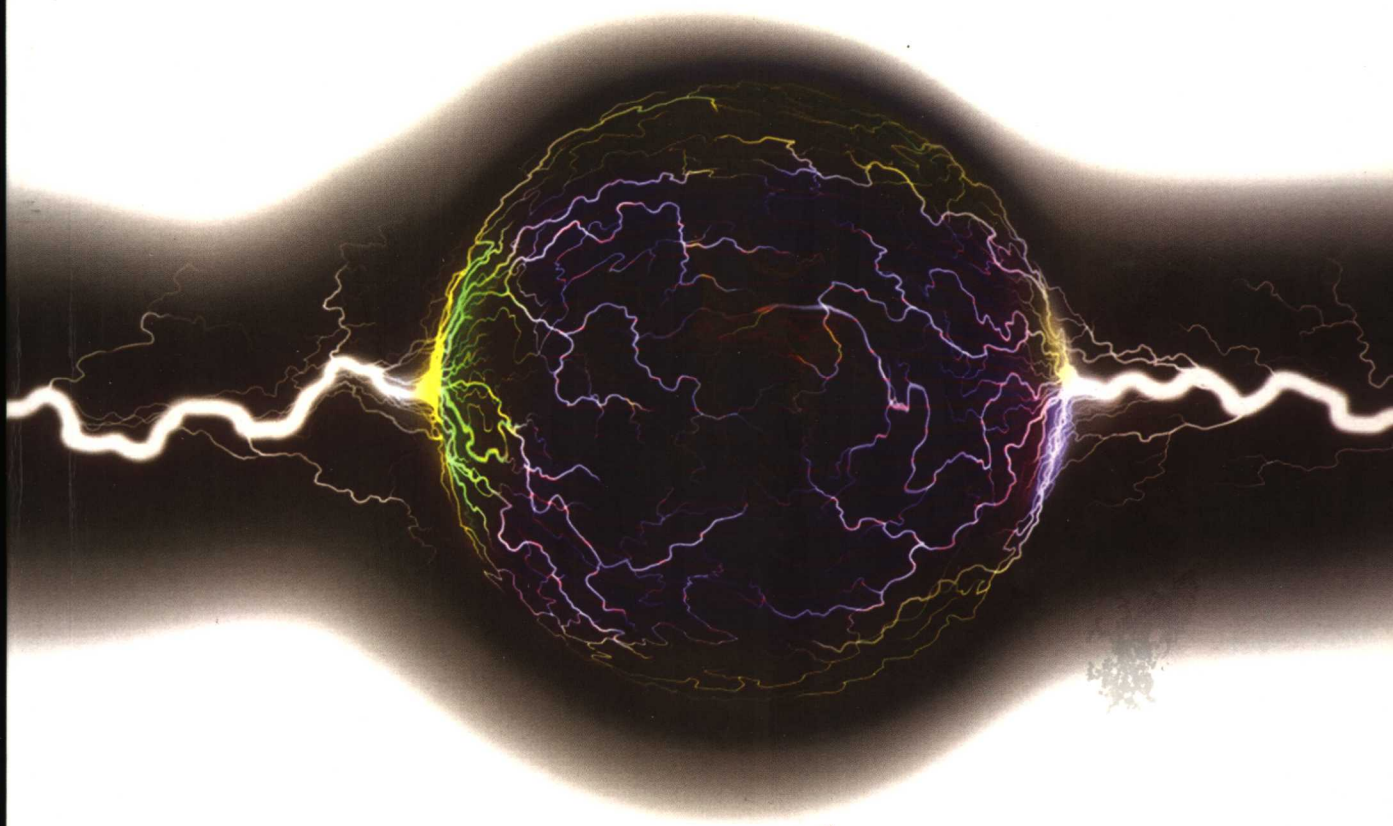
# 有害生物

# 综合治理

YOUHAI SHENGWU ZONGHE ZHILI

陈杰林 主编

 广东科技出版社 (全国优秀出版社)



# 有害生物综合治理

陈杰林 主编

广东科技出版社  
广州

## 图书在版编目 (CIP) 数据

有害生物综合治理/陈杰林主编. —广州: 广东科技出版社, 2005.8

ISBN 7-5359-3893-0

I. 有… II. 陈… III. ①有害动物—综合治理  
②有害植物—综合治理 IV. ①Q95②S45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 032471 号

---

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www. gdstp. com. cn

经 销: 广东新华发行集团

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广东肇庆科建印刷有限公司

(广东省肇庆市星湖大道 邮码: 526060)

规 格: 787mm × 1 092mm 1/16 印张 20 字数 400 千

版 次: 2005 年 8 月第 1 版

2005 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

---

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

---

## 内容简介

本书共分7章,包括4个方面的内容。第一、二、三、四章介绍有害生物综合治理基本理论(概念、特点、原理和方法等),并详细讨论了有害生物综合治理的生态学、经济学、环境保护学原理;第五章在简要介绍系统分析基本原理的基础上,集中讨论系统科学在有害生物综合治理中的应用技术,如系统最优化、系统模拟等,用实例说明作物-有害生物系统的最优化管理方法;第六章从生态经济学角度全面评价现行各种防治技术,讨论农业防治、生物防治、化学防治、物理防治、信息化化合物的利用和遗传防治等在综合治理系统中的应用;第七章从发展的观点出发,介绍有害生物综合治理的计算机系统、原理和方法,讨论该项技术在推广、实施过程中存在的问题,展望转基因技术在有害生物综合治理中的应用。

全书取材新颖,理论与实际紧密结合,除可作为高等农业院校植保专业教材外,还可供其他有关专业师生、各级农业科研人员和农业技术干部参考。

## 前 言

纵观人类农作物有害生物防治策略，已由传统防治、化学防治发展到综合防治。1967年，联合国粮农组织（FAO）提出有害生物综合治理（Integrated Pest Management）即IPM的概念被各国广泛接受并实施后，IPM理论和实践都有了很大的发展。作为一种策略思想，在指导世界农作物有害生物防治中发挥了巨大的作用。1991年，联合国粮农组织在丹麦召开“持续农业工作与环境会议”，确定了持续农业是现代和未来世界农业发展方向，为IPM提供了更为广阔的发展空间。

事实上，IPM就是一种有害生物可持续控制策略，是农业可持续发展战略的重要组成部分。几十年来，尽管IPM在全球得到普遍推广，并已取得很大的成绩，但20世纪末世界粮食损失仍达到30%（与世纪初相似），加上来自气候变化、生物入侵和生物多样性丧失等环境方面的压力，以及食品安全、城乡差别等的社会压力，IPM作为一种有害生物防治策略，越来越显示出它的重要性。

1990年，作者在西南农业大学执教期间，根据农业部《高等学校农科本科教材‘七五’‘八五’教材建设规划》，主编《害虫综合治理》一书，由程遐年（南京农业大学）、程家安（浙江农业大学）、黄方能（南京农业大学）等参编，张孝羲审订，该教材被国内许多高等农业院校采用。本人于1993年调入仲恺农业技术学院工作后，仍有不少高校同仁来函询问购书事宜。考虑到该书的基本内容对指导现代可持续农业植物保护工作仍然适用，经十多年教学实践补充修改，结合近年来IPM理论和技术的新发展，改写并扩充部分内容，书名改为《有害生物综合治理》。

由于作者水平有限，时间仓促，书中错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

陈杰林

2005.3

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	1
<b>第一节 有害生物综合治理的概念</b> .....	1
一、概念的发展概况 .....	1
二、有害生物综合治理的特点 .....	3
<b>第二节 制订有害生物综合治理规划的原则和方法</b> .....	6
一、分析各种有害生物(或复合体)在生态系中的地位 .....	7
二、发展可靠监测技术 .....	8
三、制订压低主要有害生物平衡密度的方案 .....	10
<b>第二章 有害生物综合治理的生态学原理</b> .....	15
<b>第一节 农田生态系统</b> .....	15
一、生态系统和农业(田)生态系统 .....	15
二、农田生态系统中生物群落的发展和物种间的协同进化 ...	18
三、农田群落的多样性和稳定性问题 .....	22
<b>第二节 有害生物种群的自然控制</b> .....	24
一、有害生物生命系统 .....	25
二、有害生物种群的自然控制 .....	26
三、有害生物种群自然控制模型 .....	28
四、有害生物种群的形成及其生态学控制途径 .....	33
<b>第三章 有害生物综合治理的经济学原理</b> .....	38
<b>第一节 作物受害损失估计</b> .....	38
一、有害生物对作物的危害 .....	38
二、环境因素对作物受害损失的影响 .....	43
三、作物受害损失估计 .....	44
<b>第二节 有害生物的经济阈值</b> .....	66
一、边际分析原理 .....	66
二、经济损失允许水平和经济阈值 .....	67
三、经济损失允许水平和经济阈值的制定方法 .....	73
<b>第三节 有害生物混合种群经济阈值的确定</b> .....	83
一、根据标准有害生物经济阈值进行确定 .....	84
二、根据混合危害损失模型进行确定 .....	84
三、根据经验的经济损失允许水平公式进行确定 .....	85

# 目 录

<b>第四章 有害生物综合治理的环境保护学原理</b> .....	86
第一节 农药污染的生态学 .....	86
第二节 农药对环境的影响 .....	89
一、有害生物对农药产生抗性 .....	89
二、农药对生态系统的有害干扰 .....	95
三、农药对环境的污染 .....	100
四、农药对人体健康的影响 .....	107
<b>第五章 系统分析与有害生物的科学管理</b> .....	111
第一节 系统分析 .....	111
一、系统的特点 .....	111
二、系统分析的基本要素和方法 .....	112
第二节 系统最优化技术 .....	115
一、决策分析 .....	115
二、动态规划 .....	126
第三节 模拟技术 .....	131
第四节 作物—有害生物系统的最优化管理 .....	133
一、作物—有害生物的最优化管理系统模型 .....	133
二、模型的求解 .....	138
<b>第六章 综合治理系统中的有害生物控制技术</b> .....	139
第一节 农业防治 .....	139
一、耕作防治 .....	140
二、作物抗性的利用 .....	145
第二节 生物防治 .....	164
一、天敌在综合治理系统中的重要地位 .....	164
二、天敌作用估计 .....	168
三、各类有害生物的生物防治 .....	174
第三节 化学防治 .....	193
一、化学防治的作用评价 .....	194
二、防止和控制农药污染的对策 .....	196
第四节 物理防治 .....	224
一、黑光灯在害虫综合治理中的利用 .....	226
二、色光防治技术 .....	236
三、光辐射技术的应用 .....	239

# 目 录

四、光电喷雾技术 .....	240
五、遥感技术在有害生物监测方面的应用 .....	241
第五节 信息化化合物的利用和遗传防治 .....	242
一、昆虫信息化化合物的利用 .....	242
二、遗传防治 .....	262
<b>第七章 有害生物综合治理展望 .....</b>	<b>276</b>
第一节 联机害虫管理系统 .....	276
一、数据库管理系统 .....	277
二、害虫发生时间预测系统 .....	278
三、信息传递系统 .....	278
第二节 辅助决策系统 .....	279
一、模拟模型技术 .....	279
二、管理信息系统 .....	280
三、决策支持系统 .....	281
四、专家系统 .....	282
第三节 我国有害生物综合治理的实施问题 .....	284
一、有害生物综合治理技术推广和实施系统的影响因素 ...	284
二、促进有害生物综合治理技术实施和发展的对策 .....	287
第四节 转基因技术在IPM中的应用展望 .....	291
一、转基因技术在IPM中的应用 .....	291
二、技术应用面临的问题 .....	297
三、展望 .....	300
<b>参考文献 .....</b>	<b>303</b>



# IPM 第一章 概 论

## 第一节 有害生物综合治理的概念

作物的有害生物种类很多,包括引起作物罹病或与作物竞争、取食危害作物而造成经济损失的一切生物因子,如植物病原、害虫、杂草、害鼠等。有害生物综合治理(integrated pest management, 简称 IPM)的概念是人类在与有害生物斗争过程中逐步形成和发展起来的。

### 一、概念的发展概况

有害生物综合治理是相对于在植物保护中的单一措施,尤其是单一的化学防治而提出的。人们对防治作物病虫害等有害生物的认识有一个逐步发展的过程,在古代农业生产中,人类只是利用一些自然因素及简单的农艺方法、生物或天然化合物来对付有害生物。例如 8 000~1 000 年前中近东(现在的伊拉克和伊朗)丘陵地带底格里斯河和幼发拉底河流域出现的原始灌溉和排水系统不但用来灌溉庄稼,而且可通过淹田消灭土壤中的病菌和害虫。从公元前 5000 年直到 1965 年阿斯旺水坝建成以前,埃及尼罗河中游的农民依靠排水系统和尼罗河的定期泛滥压淤有效地控制洋葱茎腐病。人类利用硫黄作熏蒸剂防治作物病害也有 2 000 年的历史;18 世纪初,欧洲一些地方即开始将汞化合物用于木材防腐和小麦黑穗病的防治。我国古代农业通过倒茬,施用有机肥和灌溉防治植物病虫害的实践也可追溯到 5 000 年以前。2 600 年前就有治蝗和治螟的记载,1 800 年前已使用砷剂、汞剂和藜芦等杀灭害虫。1 600 年前已经开始应用黄琼蚁(*Oecophylla smaragdina*)防治柑橘害虫,1 500 年前就有稻麦“免虫”和“耐虫”的抗虫品种记载等。

随着人类社会进步和农业发展,人们期望对付有害生物的更有效办法,到 19 世纪初,有害生物防治的 5 项主要措施已基本形成,即:生物防治、机械和物理防治、农业防治、化学防治和遗传防治。虽然当时这些防治措施的效果有限,但现在的有害生物防治仍然主要依靠这 5 种方法。20 世纪 40 年代有机合成农药的出现无疑是人类有害生物防治史上的一个重要转折点。DDT、六六六等有机化学农药使生产中的一些难于防治的病虫都得以克服。每一个新合成的有机农药常常较有效、便宜、能保证作物产量。使人们思想上形成了“农药万能”的错误观念,对化学农药的依赖渐渐变得明显。在第二次世界大战后的一二十年时间里,防治农作物病虫和杂草均依靠大量使用化学农药,这样不仅造成严重的农药污染,而且大量杀伤天敌,使自然控制作用降低、农产品质量下降、耕地及水污染、有害生物抗性增强,最终导致生产成本上升,农业效益下降,这些现象在一些发达国家更为突出。1946~1947 年仅在使用 DDT 两年后,就在瑞典、丹麦、意大利、美国发现家蝇产生抗性。此后有关害虫和病原菌对农药产生抗性的报道越来越多,而且出现了天敌及其他有益生物被杀伤、

环境被污染等一系列问题。

人们从化学防治实践中得到启发：任何一种防治措施都不是万能的，决不能片面地孤立地看待。有害生物防治绝不是利用某一项措施便可期望得到彻底解决的。必须综合利用各种防治措施，取长补短，用优避劣，使它们协调一致，才能达到控制有害生物的目的。从而诞生了“综合防治”的概念。

“综合防治”一词，我国 20 世纪 50 年代中期已开始应用，它是在根治东亚飞蝗的实践中提出的“防治结合”和“改治并举”的治虫策略基础上发展起来的。

国外早期的综合防治是从“把生物防治和化学防治结合起来”和加拿大人把他们的研究称之为“喷雾改良计划”开始的，他们的主要目的是改进杀虫剂的应用方法。使之对天然存在的有益生物造成的伤害最小，让它们尽可能地发挥潜在效力。

有害生物综合治理是从“综合防治”发展起来的，它首先由害虫防治专家和昆虫生态学家提出。直到 20 世纪 60 年代以后，它才受到学者和公众的普遍承认。

1967 年，联合国粮农组织（FAO）在罗马召开害虫防治专家小组会时，给综合治理下了一个定义：

“综合治理（IPM）是一种害虫（pest）管理系统。按照害虫种群动态和与它相关的环境条件，利用适当的技术和方法，使尽可能互不矛盾，保持害虫处在经济受害水平之下。”

1972 年在另一次全世界植保会议上，将“pest”解释为有害生物，认为上述定义对一切有害生物防治都适用。

1975 年，全国植保工作会议正式制定了“预防为主，综合防治”的植保工作方针，提出：“把防作为植保工作的指导思想，在综合防治中要以农业防治为基础，因地制宜地合理利用化学防治、生物防治、物理防治等措施，达到经济、安全、有效地控制病虫害的目的。”1986 年又提出“综合防治是对有害生物进行科学管理的体系，它从农业生态系统整体出发，根据有害生物和环境之间的相互关系，充分发挥自然控制因素的作用，因地制宜地协调应用必要的措施将有害生物控制在经济允许水平之下，以获得最佳的经济、社会、生态效益。”可见，国内提出的“综合防治”与上述“综合治理”的基本内容是一致的。两个术语均被国内植保界经常使用，本书将其视为同一概念。

尽管国内外对 IPM 定义及对 IPM 概念的理解不尽一致，但普遍认为它包含如下 3 个基本观点：

(1) 生态学观点。农业的高产稳产必须建立在作物（如水稻、果树、蔬菜等）与周围生物（包括病菌、昆虫、杂草、鼠类等有害生物及其他有益生物、微生物等）和非生物环境之间的协调基础上，保持最好“农业生态系统”状态。不断促进和培养环境资源，而不是破坏或榨取环境资源。有害生物综合治理要求从上述农业生态系统出发，充分重视自然控制因素，有计划地、灵活地协调、选择、运用必要的防治措施（如抗性品种、天敌、化学农药、耕作技术等），避免生态系统受到破坏。

(2) 经济学观点。不要求全部杀死有害生物，而只要求控制有害生物的种群数量。讲究实效，降低生产成本，把有害生物控制在经济受害允许水平之下。在评价综合治理的经济效果时，不但要考虑防治措施保护作物的直接效果，还要考虑对生态系统其他因子的间接效果。从长远观点来看，只有遵循农田生态平衡规律，正确处理防治措施与环境的关系，才能取得最大的经济效益。

(3) 环境保护学观点。不仅考虑有害生物控制，同时也考虑其有关环境。有害生物综合

治理并不排斥化学防治，而是要求根据环境保护原则，科学地选择和使用农药，少用或不用农药，尽力减少对农田生态系统以至整个生物圈的有害副作用。防治决策不但考虑经济效益，也要考虑社会效益和生态效益。

## 二、有害生物综合治理的特点

有害生物综合治理与以往病虫害防治比较有如下特点：

### (一) 允许有害生物在经济受害允许水平下继续存在

以往病虫害防治的目的在于消灭有害生物，但综合治理摒弃这样的观点，即有害生物一旦存在就必须进行防治的观点。综合治理的基础哲学是容忍哲学 (philosophy of containment)，它允许少数有害生物存在于农田生态系统中。

农田生态系统中的病原物、昆虫、杂草、鼠类等生物种类很多，其中大部分不能称为有害生物，有些是偶尔种群密度增大时造成经济损失，这些只有在当时是有害生物，大多数虽然也造成一些危害，但损失还不到经济阈限，不能称为有害生物。既然如此，对于这些病虫害鼠就不必予以防治，可以容忍它们的存在。

事实上，某些有害生物在经济阈限水平下继续存在是合乎需要的，对人类有害的昆虫，对鸟类却是不可少的食物。并且，有害的生物可能具有有用的基因，每一种生物从遗传多样性考虑，从基因库来考虑，都应保留，可能将来会找到有用的基因。目前强调保护濒危的动植物，保护自然资源就是为此。各种有害生物都可能是自然资源的一部分，不必彻底消灭它们，这样做对维持生态多样性及遗传多样性显然是有利的。如果有害生物被全部消灭，它们的天敌也将因缺乏寄主而死亡；反之，保留一部分有害生物就可以维持天敌的生存，这在有害生物综合治理中是有特殊意义的，因为它维持了自然控制的因子，而自然控制因子是有害生物综合治理中最主要的抑制有害生物因素。

只有在某些特殊的情况下，即只有对一些危险性检疫对象，才能使用“根除”的策略，对绝大多数农业有害生物来说，建立在根除基础上的有害生物防治哲学与综合治理是相违背的。

### (二) 以生态系统为管理单位

以往的病虫害防治习惯于根据病原侵染循环或害虫生活史提出防治办法，这种防治虽说有很大进步，但只达到个体生态学水平。从系统生态学角度来看，有害生物是农田生态系统中的一个组分（或分量），因而控制有害生物必须全面考虑整个生态系统，即以生态系统为管理单位，既要考虑生态系统各组分的变化如何影响或改变有害生物数量的变化，也要考虑有害生物数量的变化（防治后果）对整体生态系统的影响。

既然有害生物综合治理以生态系统为单位，那么管理范围一般应根据有害生物的迁移能力来决定。对具有强迁移扩散能力的有害生物，其综合治理范围应包括较大的区域，切忌以一个农户或一小块地为单位。如果不综合考虑，一个农户一天的努力可能由于邻近的田块有害生物的迁入而一笔勾销。国家范围内的合作和地区性甚至国际间立法的执行对于保证一些迁移扩散能力强的有害生物综合治理的成功是不可缺少的。

要建立合理的农业生态系统，涉及的问题很多，要求对有害生物、天敌和作物三者的生

态学,以及田间小气候的作用有足够的知识和认识,一个合理的农业生态系统不仅有利于天敌对有害生物的控制,还必须有利于生产。

### (三) 充分利用自然控制因素

在全部昆虫中,植食性昆虫占30%左右,而在这些植食性昆虫中,90%左右虽然取食植物,并不严重危害,这主要是由于大多数害虫都存在着自然控制因子。有害生物综合治理应高度重视生态系统中与有害生物种群数量变化有关的自然因素的作用,如有限资源(包括有害生物的营养、生活空间和隐蔽场所)、周期发生的严酷气候条件或其他的危险因素(热、冷、风、干旱和降水等)、种内竞争和种间竞争(动植物间或有害生物与天敌间)等对有害生物的控制作用。

有害生物综合治理的目的,不是简单地消灭农业生态系统中的有害成分,而是在详细分析各项因素关系的基础上,推动系统中有害生物控制问题的解决。

在诸多自然因素中,虽然资源、气候和竞争者的存在对有害生物种群有一定影响,但在许多情况下,天敌是一个非常重要的因素,它们普遍存在,具有很大的数量。当然,也可能在某些有害生物的控制系统中,天敌因素不重要,而各种自然遏制因素的联合控制,可能产生重要的作用。所以,综合治理的一个重要措施就是控制“环境”,增强自然因素的作用。一切人为防治措施都应该与自然控制协调,促进自然控制而不是削弱自然控制。

### (四) 强调防治措施间的相互协调和综合

对于农作物有害生物,通常在其密度增高时,使用化学防治,以促使有害生物种群密度下降。然而,即使在合理使用农药的情况下,由于有利于有害生物发生的其他条件未变,因此,在一定残留基数的基础上,下代或来年密度又可回升。这就是为什么单纯依靠化学农药要年年防治,年年在不同程度上又会发生的简单原因。

物理防治方法有多种多样,利用有害生物的趋性进行诱杀,如黑光灯诱蛾,是近年广泛使用的一种。此种方法如安排适时,能大量减少许多种成虫期害虫数量。但大量发生时,残余成虫的繁殖仍可能在下一代造成危害,所以必须与其他措施结合。

在有害生物发生时,适时地释放适量天敌,可以有效地抑制有害生物危害。但生物天敌有效性的大小取决于天敌自身的密度和活动性能,一般还要求一定的物候期及环境条件。同时,大量繁殖有害生物天敌需要一定的过程,大量储备天敌的技术也是一个必须解决的问题。由于在自然情况下,有害生物天敌数量常尾随寄主数量增减而变化。因此,为了使生物防治发挥更有效的作用,往往要采取一些措施为天敌开路。

广义的农业技术防治包括改变环境、调整物候关系和抗性品种利用等多种内容,就所起作用的性质而言,主要是属于预防性的。在有害生物大发生时,单独依靠此类措施,一般不能及时而迅速地有效制止有害生物蔓延危害。此外,许多地区的经验证明,有些农业措施大面积实施后,有的有害生物被抑制,另一些有害生物则有所抬头,发生有害生物种类的更替现象。

上述说明,影响有害生物大发生的因素是多方面的,现行的防治措施都有各自的优点和局限性。因此,控制有害生物就必须有针对性地采取防与治相结合的手段,根据有害生物发生情况及环境条件,从整体出发,有选择地运用和系统地安排这些手段。

“协调”的意义不应该理解为几种措施的简单相加,不是以多取胜,而是要求发挥各项

措施的优点,避免其缺点,充分利用措施之间的相辅相成作用。

为了尽可能地利用自然控制因子,首先必须强调各项防治措施与自然防治间的协调。

一般来说,生物防治、农业技术防治等一般不与自然防治发生矛盾,有时还有利于自然防治,因此是应该优先采用的方法。而化学防治往往与自然控制有矛盾,它不但杀死有害生物,同时也杀死有害生物的天敌,因此应尽量少用,除非没有别的有效代替办法。

遗憾的是,目前多数有害生物都还必须依靠化学农药,估计有 90% 左右的有害生物主要控制手段仍是化学防治,因此,化学防治与自然防治的协调在现阶段显得特别重要。

强调各项防治措施的协调和综合,就要改变以往单用杀死有害生物百分率来评价防治效果,而应对任何一项防治措施进行生态学、经济学、环境保护学观点的全面评价。如果不用这些观点进行全面衡量,目前所用的很多单一化学防治措施对有害生物来说,都是十分“高效”的。但若用上述 3 种观点来进行评价,就不难发现,许多化学农药对非目标生物及环境都有明显副作用。实践证明,任何单一的防治措施都可能产生预料不到的或不能令人满意的后果,包括培育抗性品种在内。如在防治大豆食心虫的农业措施中,抗虫品种效果显著。但已知的抗虫品种如吉林一号、吉林三号、吉林四号、群选一号、铁英四粒黄等,它们的抗性都是相对的,有一定的地区性,在一定的条件下,由于混杂、退化等原因,抗性较强的品种也能转化为感虫品种。有的品种虽然抗逆性强,但丰产性状一般,因此要注意观察,做好提纯复壮工作,在此基础上考虑与其他控制措施协调使用。又如美国加利福尼亚州引进一个抗病的草莓新品种,但这个品种对当地一种樱草跗线螨非常敏感,而这种螨对原来的旧品种只能产生微小的影响。

因此,必须充分了解每一种防治措施可能对生态系统产生的影响,估计它们的作用和局限性,考虑多种防治措施的综合使用,协调它们在生态系统中的相互关系。

### (五) 提倡多学科协作

因为生态系统的复杂性,在系统研究、信息的收集、综合治理策略的制定和实施过程中,需要多学科进行合作。如对有害生物种群特性的了解,需要各种有害生物种群生物学方面的知识;对植物特性的了解,需要植物栽培学方面的知识;对环境特性的了解,需要气象学方面的知识;要了解生态系统中各复杂因子的相互关系,需要应用系统工程学方面的知识;进行综合治理效果的评价,需要有生态学、经济学和环境保护学等方面的知识……

就一项具体的控制技术而言,如传统作物抗虫性计划包括:①鉴定抗虫性来源;②说明抗虫性机制;③把抗虫特性培育和较好的农艺性状结合起来;④抗虫特性的遗传分析;⑤鉴定抗虫性的化学基础和物理学基础等。这些计划必须建立在集体努力的基础上。育种计划的改进,需要综合昆虫学方面、植物遗传学方面和作物育种学方面技术人员的共同努力。昆虫学方面的任务是鉴定抗虫性来源、阐明所包含机制的特性,以及在整个育种过程中田间和实验室的抗虫性测定工作。而且,通常还需要与植物生理学和有机化学方面的技术人员合作,共同努力了解作物的抗虫生理。如果采用基因工程育种,还必须有转基因工程技术人员合作。

随着有害生物综合治理水平的提高,系统分析、数学模型和计算机程序对制订最佳有害生物防治对策很有帮助。在系统分析的基础上,努力发展一个计算机模型,对特定时间内(对一种作物来说从播种到收获)某一作物、森林或其他生态系统中的各种事件进行模拟,用以决定怎样控制某种作物(如用品种、肥料、生物农药联合控制等),以便获得最佳管理

对策, 这样一个复杂系统的完成, 没有多学科进行协作是难以实现的。

从以上有害生物综合治理的定义和内容来看, 这一概念确是理想的, 它的理论和原则, 是现代农业生产不可缺少的一环。有人认为 IPM 是一种“哲学”, 所以它是大家都能接受的, 尤其是希望少用或不用化学农药, 使所有食品和加工品上没有残毒, 环境不受污染, 都是大家所要求的。根据 IPM 的理论可以找出减少化学农药副作用的途径, 同时还能最大限度地提高它们的优点。

1991 年, 联合国粮农组织在丹麦召开持续农业与环境会议, 确定了持续农业是现代和未来农业的发展方向, 是人类解决生存和发展所面临的资源与环境问题的关键。1992 年, 联合国环境与发展大会发表的《21 世纪议程》, 进一步确定了人类社会持续发展的战略, 持续农业是其中重要的内容。此后几年的趋势表明, 发展可持续农业已成为世界各国的农业发展方向和目标。所谓持续农业, 在一定意义上即生态农业, 是“能保持和维护土地、水资源、动物资源, 而且不造成环境恶化, 其技术适宜、经济上可行并有活力, 以及能为社会所接受的农业方式”。其核心在于提倡农业的清洁生产, 发展可替代的能源, 减少生产过程中的物耗和能耗, 开发和应用环境相适宜的技术和生产资料, 促进资源再生, 环境和谐。可持续农业要求其相关科学与领域都具备可持续特点。显然, 对植保工作而言, IPM 是发展可持续农业中有害生物防治的最佳策略。

必须指出的是, IPM 并不是对所有有害生物问题都是最有效的, 并不总是最好的途径, 它主要是针对农田系统中的有害生物问题提出的, 或者说, 该理论的提出是为解决作物“产中”的有害生物问题, 而对于“产前”、“产后”或其他系统的有害生物问题就不一定适用, 如对于刚从外地传入的检疫对象, 为了防止有害生物在当地建立种群或继续蔓延, 一开始就应进行检查, 一旦发现就应彻底消灭。一些档案、图书、居室传病的有害生物, 都要彻底消灭。根据具体情况或特殊需要, 先后有人提出各种其他策略, 如: ①有害生物全种群治理 (total pest management, TPM), 适用于危险性传病有害生物; ②有害生物区域治理 (area pest management, APM), 常用于抗性种群的区域治理; ③有害生物合理治理 (rational pest management, RPM), 即科学地组合几种有效方法控制有害生物, 增强防治效率; ④有害生物生态治理 (ecological pest management, EPM), 利用自然制衡原理, 控制有害生物造成灾害; ⑤有害生物可持续治理 (sustainable pest management), 既保护环境生态, 又取得最佳控制和经济效益等。这些策略与 IPM 并不矛盾, 它们当中有些可以看成 IPM 的补充, 有些则是 IPM 发展方向。

## 第二节 制订有害生物综合治理规划的原则和方法

综合治理是根据经济、生态和社会后果的预测, 对控制方案进行选择、综合和实施的过  
程。

由于不同作物、不同有害生物 (或复合体)、不同地域的生产水平、生态条件各异, 综合治理不可能有一个一成不变的模式。然而, 一个完善的综合治理体系的建立, 仍然存在着一般的指导原则和方法。

## 一、分析各种有害生物（或复合体）在生态系统中的地位

一般说来，一种作物可能有多种病虫或其他有害生物危害。但定期发生，并造成严重损失的种类不多。次要种类占全部有害生物种类的 80% ~ 90%，如果它们的自然天敌不被消灭的话，将维持无害状态。

在农田系统中，用来判断一种生物是否真正有害的种类的标准是经济受害允许水平。据此，可把危害作物的有害生物分为四类：

第一类是有害生物种群平衡位置永不超过经济受害允许水平，对作物不造成经济损失，这类生物并不是真正有害的种类（图 1-1a）。它们在生态系统中可能对于控制有害生物，物质营养循环和农作物传授花粉及有益生物的转换营养、庇护场所等方面起着重要作用。

第二类是偶发性有害生物，当受到异常气候条件或农药使用不当的影响时，其种群密度才超过经济受害允许水平（图 1-1b）。

第三类是有害生物的平衡密度常在经济受害允许水平上下变动，属于主要种类，必须密切注意，否则将造成经济损失（图 1-1c）。

第四类是有害生物种群波动水平始终在经济受害允许水平之上。这是最严重有害生物（或称关键性有害生物）（图 1-1d），在不防治的情况下，每年都会对作物造成严重损失。

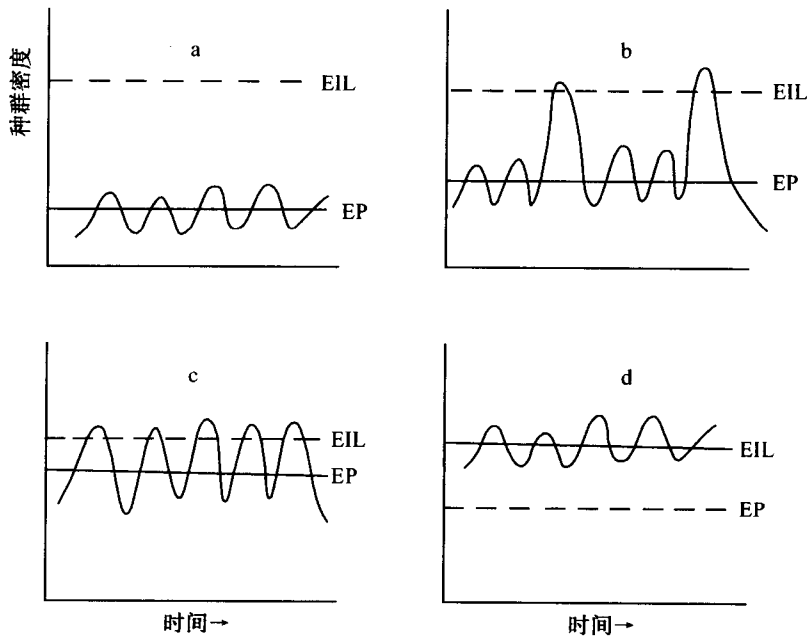


图 1-1 各类有害生物平衡密度 (EP) 与经济受害允许水平 (EIL) 的关系

然而，上述分类是在某一特定的环境条件下和数量范围内的概念。一种有害生物对不同作物的侵害情况极不相同，如在四川危害水稻的玉米螟，从不引起经济损失，属第一类。也就是说，玉米螟对于水稻来说，并不是真正有害的种类。但对玉米来说却是主要害虫，居第三类。又如在美国以苜蓿为食的棉铃虫种群密度不致引起经济损失，居第一类；但棉铃虫是棉花的主要害虫，其经济阈值每株 4 条幼虫 (Stern, 1965)，每年通常施药若干次，因此属

第三类；而危害甜玉米的棉铃虫是严重害虫，它的经济受害允许水平为零，被列为第四类（Metcalf, 1975）。

番茄枯萎病由番茄尖镰孢 [*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (Sacc.) Snyder et Hansen] 侵染引起。是一种土传病害。土壤中温度、湿度与病害发生有密切关系，在适宜发病的土温范围内，病害表现的较重与土壤含水量有直接关系。在排水不良的高湿地与土壤干燥的高地栽培条件下，同一品种的敏感程度有差异，在土壤干燥的高地环境下，该菌可以是无害种类，但在排水不良的高湿地环境，则可能是第三类或第四类有害生物。此外，土壤中根结线虫的密度及其分布状况，与枯萎病发生也有关系，根结线虫危害根系造成的伤口，有利于枯萎病菌入侵，引起并发病。所以，有根结线虫病发生的菜地，枯萎病发生也很严重，该菌属第四类有害生物。

同一种有害生物在不同场合下，危害往往是不同的，如贵州省贵阳地区玉米被玉米螟的危害株率为 30%~50%，严重时达 100%；在云南昭通、开远等县被害株率均为 100%；昆明为 5%~31%，丽江为 15%左右。所以关键性有害生物并不是一成不变的。往往有这样的情况，由于人们对生态系统的干扰，例如不加选择地使用化学农药，使某些次要种类上升为主要有害生物。

在综合治理体系中，只有在预测有害生物密度超过预先规定的经济阈值时，才有防治的必要。故此必须首先分析有害生物在生态系中的地位，根据经济阈值，明确它是否属于真正有害种类。

## 二、发展可靠监测技术

有害生物综合治理的实质就是监测与控制，它要求在预测有害生物种群达到经济阈值时才采取控制措施。由于气候条件、作物生长、自然天敌和其他因素随时都在变化，有害生物种群数量也随之变化，所以必须对生态系统中的有害生物种群和与种群数量有关的环境条件进行监测，获取有关信息。显然，有两类监测是绝对必要的。一类是为科研目的的监测，如测定有害生物经济阈值，评价气候、天敌和其他自然控制因素的影响，测量一项技术措施的潜在效果，或确定有害物危害最烈的阶段，这些都是探索性的，它要求对各有关生态因子进行仔细的测量和观察。另一类是直接用于 IPM 行动的监测，必须尽可能地快速、省工、简单易行，并能正确反映田间实际情况，预测作物生长、有害生物及天敌的群体变动，以及气象和其他有关变量，严密注视生态系统内部各因素的变化。只有通过监测，才能随时掌握生态系统的进展情况，为正确决策提供依据。

为此，下面几方面内容的监测对指导综合治理计划的制订非常重要。

1. 当地主要有害生物及其天敌的田间动态 有害生物种群数量变化首先决定于种内和种间的相互关系。食料基地的作用和气候条件对有害生物种群形成和分布有重要影响，一般田间有害生物种群发生发展动态包括如下几个阶段：

第一阶段——有害生物种群数量很少并只分布在发生基地。

第二阶段——迁移扩散。当发生基地内外的生活条件改善时，有害生物由发生基地向外迁移或扩散，并形成可大量繁殖的小生境种群。大多数有害生物的这一过程是对外界环境的一种适应，与种群内的复杂关系无关。

第三阶段——种群在新的栖境内大量繁殖。这一时期有害生物的特点是生活力高，对致



死因子的抗性也高，种群数量迅速增加。

第四阶段——数量高峰。在生活条件恶化的影响下，增殖减弱，种群对致死因子的抗性衰退，数量停止增长并开始衰减。在这个阶段，捕食者、寄生者和病原等对有害生物数量的降低作用增强并加强传播。

第五阶段——数量衰减。种群失去实现繁殖潜能的条件，致死因子对种群的作用加强，使它们很快在扩散地区逐渐死亡，只保存在发生基地，发生基地的生活条件对它们是相对有利的。

上述有害生物的数量动态周期通常是不完全的。例如，如果生存条件剧烈恶化时，第一阶段会在迁移或扩散开始后立刻到来。

不同有害生物对环境反应的敏感程度不同，因此在传播蔓延和发生数量上表现出不同的变化速度和幅度，就是同一种，这些指标也因自然分布区的不同而异。这是由于发生基地面积（容量）和迁移地面积的不同组合以及有利于迁移或扩散的不同条件决定的。

自然天敌种群数量的发生发展一般因有害生物种群的发生发展而变化。根据有害生物和天敌种群数量动态监测，结合环境资料，可以分辨出影响它们变化的重要环境因子，根据环境因子的数量特征可以判断种群在某些地区的发生蔓延的大概变化。有害生物及天敌的种群数量动态理论及数学模型，不仅用于有害生物种群的蔓延预测，而且可以为提出预防控制措施提供依据。

在作物的一个生育期可能同时有几种有害生物存在，其中往往只有一二种是该生育期的主要种类。根据作物不同发育阶段有害生物种群动态监测，则是人们掌握主要有害生物和主要危害期，安排控制措施的重要依据。

2. 作物受害监测 作物受病虫侵害都有相对的敏感期，即耐害性较弱的生育阶段。处于敏感期的作物，受害程度是否严重，还要看有害生物的发育状态和数量。如危害时期吻合，有害生物种群数量又较大，不防治就可能造成严重损失。因此，要适时采取措施就必须依靠掌握的苗情与有害生物的关系资料进行分析。苗情适宜，有害生物发生情况不严重，可以不治；有害生物发生情况比较严重，但苗情不适宜，虽减少防治措施，亦不致遭受较大损失。治理者必须了解作物及其有害生物发生危害的关系，并知道当地及周围的生态系是如何以其各因素对二者产生影响的，这是拟定综合治理规划要求掌握的重要信息。

国内在有害生物预测预报方面发展较快，但作物受害产量预测方面仍较薄弱，许多有关有害生物—产量关系的模型尚停留在受害分析，并局限于以确定初级经济阈值为目的。如何在有害生物预测和作物受害分析基础上，促使作物受害产量预测预报的客观化和定量化，制订更切合实际的经济阈值，对指导有害生物综合治理无疑是非常重要的。

3. 气象及植物保护环境的监测 农业生产直接受气候条件的制约。不利的气候条件依然是造成作物经济损失的重要原因。在有害生物治理体系中，对有害生物、作物进行监测的准确性很大程度依赖于大气、气候监测的准确性，特别是对一些迁飞性害虫和流性强的病害的大区监测更是这样。控制措施的效果也直接受天气所影响的。

然而，目前许多为农业服务的气象部门仅提供一般气象情报、天气预报和普通气象资料等，往往不能满足有害生物综合治理的需要。因此，一些补充手段，如小气候预测或田间小气候预测等有时是非常必要的。

对有害生物综合治理来说，具有决定意义的是这样一些环境因子：即决定有害生物数量变化的，决定有害生物对环境反应本质的，决定有害生物与被害作物的相互关系的因子。这