

害虫管理学

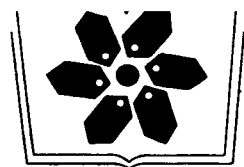
理论与方法

丁岩钦 丁雷 著



科学出版社

www.sciencep.com



中国科学院科学出版基金资助出版

害虫管理学理论与方法

丁岩钦 丁 雷 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书应用经济学与生态学的原理,对害虫管理提出了“害虫生态调控”的理论,又将系统科学与害虫管理相结合,创建了“害虫管理系统工程”作为害虫管理学的方法论;进而通过具体实例,对害虫经济危害特征、害虫栖境改造的生态工程设计、害虫田间数量信息的估计方法及害虫趋光特性的实验技术分别进行了阐述,进一步增加了本学科的完整性。

本书可作为从事植物保护、环境保护、昆虫学、生态学、农业、林业、畜牧业、系统科学、有害生物控制和生物资源管理等学科的研究人员与大专院校相关专业师生的教材与参考书。

图书在版编目(CIP)数据

害虫管理学理论与方法/丁岩钦,丁雷著.—北京:科学出版社,2005
ISBN 7-03-014514-3

I. 害… II. ①丁… ②丁… III. 害虫-防治-研究 IV. S433

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 119972 号

责任编辑:韩学哲 王日臣 沈晓晶/责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005 年 7 月第一次印刷 印张:23 1/2

印数:1—1 500 字数:535 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

作者简介

丁岩钦(Ding Yanqin) 中国科学院动物研究所研究员, 生于1928年12月, 山西省文水县人, 1953年毕业于西北农学院植物保护系, 1961年中国科学院昆虫生态专业研究生毕业。主要从事数学生态学及东亚飞蝗、棉花害虫的种群动态与控制研究。在国内率先开展了“昆虫数学生态”与“害虫管理系统工程”的研究。相继在“昆虫生态”和“害虫管理”等领域提出了昆虫抽样理论模型、种间作用关系模型、行为生态模型、害虫经济阈值与危害损失模型, 以及害虫种群动态与管理决策等多种数学模型。1980年撰写出版了《昆虫种群数学生态学原理与应用》, 1994年撰写出版的《昆虫数学生态学》是国内外该领域的第一本专著, 1996年获中国科学院自然科学奖二等奖。



在害虫管理方面: 应用经济学与生态学的管理原理, 提出了“害虫种群生态调控”的害虫管理理论, 为使多种控制措施能够协调、优化, 应用系统科学理论, 创建了“害虫管理系统工程”作为害虫管理的方法论, 这样就将系统科学引入害虫管理领域, 使这门学科既适于系统分析又适于计算机管理, 从而为害虫管理开拓了新的发展方向。并编写出版了《害虫管理学理论与方法》专著。通过“棉花害虫管理研究”, 曾获中国科学院科技进步奖一等奖一项(1986年)、二等奖两项(1989年、1998年), 国家科技进步奖三等奖一项(1989年)。

在东亚飞蝗研究方面: 20世纪50~60年代, 从事东亚飞蝗在我国“大沙河类型蝗区”的发生动态与控制的研究, 在我国最早使用电子计算机分析种群发生规律与中长期数量预测。1992年在海南首次发现了我国东亚飞蝗的新类型蝗区, 并定名为“海南热带稀树草原蝗区”, 进而根据该蝗区的特征、成因以及蝗区变迁与改造经验, 提出了“治理蝗区、控制蝗害”的生态工程措施, 这不仅发展了蝗区治理与控制理论, 填补了蝗区理论空白, 还对同类型蝗区的蝗害治理具有指导意义。1982年获国家自然科学奖二等奖, 1994年获海南省科技进步奖一等奖。

多年来研究的范围还包括害虫生理生态、行为生态、种群与群落生态、生态能学诸领域, 发表论文97篇, 出版专著3本、合著2本、翻译专著1本, 1992年获国务院政府特殊津贴。

作者简介



丁雷(Ding Lei) 生于 1973 年 8 月, 1997 年北京航空航天大学科技外贸英语专业本科毕业, 2001~2003 年日本山形大学农学部生物生产专业硕士研究生, 2003 年美国亚利桑那大学高等教育经济专业博士研究生, 2004 年攻读美国佛罗里达国际大学生物专业研究生。在 SCI 源刊物“*Journal of Insect Physiology*”和“*Archives of Insect Biochemistry and Physiology*”上发表论文 4 篇。

前 言

害虫管理是应用适当的控制对策,将害虫种群数量控制在经济危害水平之下,使作物不受经济损失,环境不因其危害受到污染,作物栖境内的生物群落保持正常的多样性与稳定性,害虫受到制约,作物产值保持持续增长。因此害虫管理学既有其自身的理论,也有其相应的方法论。

关于害虫管理学的理论,近半个世纪来,一直以 Stern(1959)提出的“害虫综合防治”为指针,其后虽提出一些改进意见,但最终仍落在以化学防治为主的“害虫综合防治”体系内。因此在害虫管理中出现的害虫的抗药性、害虫再猖獗、药剂残毒的所谓“3R”问题,一直有增无止。为了克服上述问题,保持经济的持续增长,笔者于 1993 年提出了“害虫生态调控”的理论,该理论指出要使经济持续增长,害虫管理必须遵从两条原则,即经济学原则与生态学原则。由于害虫管理仅是保证作物产值的措施之一,因此害虫管理应在作物生态系统整体水平上进行多维控制,即以经济学原则为目标函数,以生态学原则为约束条件,利用一切可利用的措施与条件,协调整体系统结构与功能的优化,达到控制害虫、提高产值、保护环境的目的。要使复杂的各个种群水平的对策能在作物生态系统水平上进行调控、优化,必须应用系统工程的原则与方法。为此,笔者不仅首次提出了用于害虫管理的生态学原则,并于 1994 年发表了“害虫管理系统工程”,提出了害虫管理学的方法论。

害虫管理系统工程是根据害虫与作物之间的关系、昆虫物种之间的关系,结合管理措施的综合影响关系,应用系统工程原理与方法创建的一门新兴技术学科。本书第一章概述了害虫管理的理论。第二章首先阐述了害虫管理系统工程的概念与特征,比较了它与普通工程在研究、设计、分析等方面的异同,并对害虫管理系统工程的设计与组装做了较为详细的叙述,然后对组建害虫管理系统的分室模型:包括害虫种群动态模型、捕食者-猎物作用模型、作物生长发育模型、害虫危害损失与经济阈值模型、天气模拟模型以及害虫管理的经济决策模型,分别给出了组建模型的原理、方法与具体实例,最后述及了如何对害虫管理系统模型进行组装与优化,并对现在通用的几种优化方法分别给出了害虫管理实例,以供选择。为使该学科应用于实际,笔者进行了大量开拓性工作,不仅组建了许多用于害虫监测、预测、管理等方面的数学模型,而且将生态能学应用于害虫管理,这就使害虫管理系统工程在害虫种群、群落、作物生态系统各个水平上均能应用,从理论与方法上完善了这门技术学科。这样就使害虫管理既有遵从经济学和生态学原理的指导理论,又有适于计算机管理和系统分析的方法论,从而为害虫管理开拓了新的发展方向。

实践是检验真理的唯一标准,为使这项害虫管理理论与方法论付诸生产实践,我们结合对棉花重要害虫棉铃虫的研究,从 1993~1997 年连续 5 年在华北棉区进行了“棉铃虫区域性生态调控研究”。每年在百万亩以上大面积棉田内,应用害虫管理系统工程原理与方法,实施“以生物防治为主的区域性生态调控对策对棉铃虫进行了控制”,通过

5 年的实践,取得了显著的经济和生态效益,说明害虫生态调控理论与害虫管理系统工程完全可以指导和应用于生产实际。该项研究于 1998 年获中国科学院科技进步奖二等奖。当时笔者即有意将其整理成书,以期早日为生产服务,并希望通过时间的检验能将该理论进一步改进与提高,但因健康的原因未能如愿,一直拖延至今。

由于有关“化学防治”、“生物防治”的专著和文献在国内外已发表很多,本书不再多述,因此本书在第三至六章中重点述及的是在害虫管理中非常重要却又常被忽视的问题。

第三章讲述害虫对作物的经济危害特征分析可以鉴别昆虫是否可列入害虫的范畴,也可以了解害虫在作物每个生长阶段的经济危害特性,这对评价害虫的经济危害重要性与制定害虫在作物每个生长阶段的经济阈值有重要价值。而分析害虫经济危害特征,通常需要害虫世代生命表资料、作物生命表资料、害虫田间危害资料与接虫危害试验资料以及模拟危害与损失资料等,是一项比较复杂的技术。该章以棉铃虫在棉花蕾期与铃期不同生长阶段的危害特征实例及棉铃虫对小麦的危害实例对其分别进行了分析,并得到不同的经济阈值。

第四章讲述害虫栖息地生态环境条件的改变对害虫数量动态和危害作用有重要影响,如作物布局的改变及作物轮作、间作制度的推行,都会使害虫种群动态发生较大变化。我国在这方面最著名的事例就是东亚飞蝗蝗区的改造,通过一系列生态工程的实施,破坏了蝗虫适生环境,成功地抑制了困扰我国千年的蝗害。该章通过对我国“大沙河蝗区”与“海南热带稀树草原蝗区”两种不同类型蝗区的生态地理特征及其成因的比较,说明改造蝗区、控制蝗害所采用的一系列生态工程的异同。该章通过华北棉区近几十年来玉米作物布局的变化,分析了棉铃虫在该棉区的发生与危害动态,从中可以清晰地看出作物布局对棉铃虫的影响。

在害虫管理中如何获得有关害虫田间数量的正确信息资料对于确定最佳防治时机,做出准确的害虫数量预测以及分析田间科学试验数据,都有非常重要的意义。由于调查的景观外貌的不同,调查对象体形大小、行为习性的不同以及监测的目的不同,应用的调查方法也有显著不同,如果使用的收集技术不当,则不仅浪费了人力、物力,而且收集的信息也不准确。如何将决策信息的收集建立在可靠的水平上,第五章根据昆虫行为特性,结合抽样理论,给出了适于昆虫田间调查的各类估值抽样技术、风险决策抽样技术,使获得的对害虫决策的信息更经济、可靠、准确。

第六章主要讲述灯光诱杀害虫的问题。利用灯光诱杀害虫是我国常用的一种控制害虫的技术,如 1993~1994 年全国诱杀棉铃虫使用的各种灯近百万盏。由于灯光对所有具有趋光性的昆虫都有引诱作用,因此诱杀的既有害虫也有益虫;又由于灯的光谱中波长既含有能引诱害虫的波长,也含有干扰或驱避害虫上灯的波长,因此诱杀效果受到一定的影响。为了提高灯光对某种害虫的诱杀效果,就需对该种害虫的趋光特性进行研究,首先确定哪些波长对它有引诱作用,哪些波长对它有干扰或驱避作用,这样就可以有目的地减少干扰或驱避波长,而增加诱集波长的峰值,从而制成专为诱杀该种害虫的灯具,以提高诱杀害虫的效果。这里需要提及的是,根据夜蛾趋光特性研究的启示,国内已研制出对夜蛾类等害虫诱杀率高、对天敌诱杀率低的诱虫灯,这就为灯光诱杀害虫、保护天敌开拓了一条新途径。该章中主要述及的就是如何判别害虫

对敏感(引诱)波长与干扰或驱避波长的选择以及对光强度的诱集技术,以期能在害虫灯光诱杀方面有所提高。

这里还要提及的是书中包含了我国长江流域棉区与黄河流域棉区棉铃虫各世代多年的田间生命表资料,以便于今后的研究者查阅与参考。

笔者衷心感谢北京大学第三附属医院张桐林教授、贾廷珍教授,由于他们的精湛医术和我夫人任慧英对我的关心与帮助,使本书得以完成。又承中国科学院动物研究所领导的关心与支持,及女儿丁莹利用业余时间帮助整理资料,才使本书能够按时付印出版。在此对他们一并表示衷心感谢。

本书获得 2003 年度中国科学院科学出版基金资助,特此致谢。

丁岩钦

2004 年 2 月

目 录

前言

第一章 害虫管理的理论	1
第一节 概述	1
一、害虫控制对策的历史发展	1
二、害虫综合防治理论的内涵	2
三、害虫综合防治的业绩、现状与分析	2
第二节 害虫种群生态控制(即生态调控)理论的提出	3
一、害虫种群生态控制遵循的原则	3
二、害虫种群生态控制的指导思想与方法论	6
三、开展害虫种群生态控制已具备的基础条件	9
第二章 害虫管理系统工程	14
第一节 害虫管理系統工程的特征与设计	14
一、害虫管理系統工程的特征及与普通工程的区别	14
二、害虫管理系統工程的设计与组装	18
第二节 害虫管理系统的分室模型	26
一、害虫管理系统模型的内涵	26
二、害虫管理分室模型的组建	27
三、害虫管理的经济决策及其决策模型	100
第三节 害虫管理系统模型的组装与优化	122
一、害虫管理系统模型的组装	122
二、害虫管理系統工程的优化控制	130
第三章 害虫对作物的经济危害分析	163
第一节 害虫对作物经济危害性分析	163
一、作物生命表的组建	163
二、害虫经济危害分析技术	164
第二节 害虫在作物上的生命参数分析	180
一、害虫自然种群生命表的组建	180
二、害虫自然种群生命表的分析	189
第三节 作物布局对害虫经济危害性的作用	203
一、害虫寄主植物的适合性分析	204
二、作物布局对害虫危害的关系	206
第四节 害虫对作物经济危害的实例分析	212
一、棉铃虫对棉花的经济危害分析	212
二、麦田一代棉铃虫对小麦的经济危害分析	231

第五节 害虫种群经济阈值的内涵及其数学模型的组建方法	234
一、害虫经济阈值的内涵	234
二、经济阈值的数学模型的组建方法	238
第四章 害虫栖息地的生态地理景观结构特征与害虫管理的关系	242
第一节 害虫栖境特征与害虫管理的关系	242
第二节 东亚飞蝗二大类型蝗区的生态地理结构特征与控制蝗害的生态工程实例分析	242
一、我国大陆大沙河类型蝗区的生态地理结构特征与控制蝗害的生态工程设计	243
二、海南热带稀树草原蝗区的生态地理特征与控制蝗害的生态工程设计	263
第三节 云南保山潞江棉区改变栽培制度, 切断害虫食物链, 有效地控制了两种金钢钻的危害	292
一、两种金钢钻在棉区的发生概况	292
二、栽培制度措施的改变	292
三、改变栽培制度后金钢钻种群动态的变化	294
第四节 改变林分结构, 创造林分郁闭环境, 显著地降低了松毛虫的种群数量与危害	295
一、林分结构的改变对松毛虫的作用	295
二、封山育林对松毛虫种群动态与危害的综合作用	297
第五章 害虫种群数量信息的收集技术	302
第一节 正确估计田间害虫数量对害虫管理的意义	302
第二节 害虫的空间分布格式对害虫取样模型的影响	302
第三节 估计田间害虫数量信息的技术模型	303
一、田间估值取样技术	303
二、田间风险决策取样技术(又称序贯取样技术)	325
第四节 田间取样技术的比较	337
一、同一取样数量下, 不同取样技术的相对精确度比较	337
二、同一精确度下, 不同抽样单位的相对抽样数比较	339
第六章 提高灯光诱杀害虫效果的基础研究技术	343
第一节 当前灯光诱杀害虫存在的问题	343
第二节 加强害虫趋光特性研究是提高灯光诱杀害虫有效途径	343
第三节 开展害虫趋光特性研究的基础设备与方法	344
一、波长选择器	344
二、光源与强度测量	345
三、材料与测验步骤	345
第四节 害虫对单色光趋光特性的实例分析	345
一、棉铃虫成虫对单色光的反应	345
二、烟青虫成虫对单色光的反应	349
三、成虫不同羽化天数对波长选择的影响	351
第五节 害虫对双色光与光强度趋光特性的实例分析	352

一、烟青虫成虫对双色光的反应	352
二、烟青虫成虫对光强度的反应	353
三、含有 365nm、434nm、540nm 三个波峰的混粉灯田间诱集害虫与天敌的实例分析	356
第六节 害虫对单色光、双色光与光强度的研究对提高灯光诱杀的意义	357
主要参考文献	358

第一章 害虫管理的理论

第一节 概 述

一、害虫控制对策的历史发展

害虫管理在我国古代文献中已有记载,其管理措施均为原始的人工方法,如手工捕打蝗蝻、挖沟阻杀粘虫等,直到20世纪30~40年代,控制害虫手段更为多样,如实行秋冬季稻田翻耕治螟,清理与烧毁棉秸防治棉红铃虫,利用澳洲瓢虫控制柑橘介壳虫,利用糖醋、灯光诱杀害虫以及用烟草石灰水喷洒消灭蚜虫等,此即出现了农业控制、生物控制、物理控制害虫的雏形,但并未形成害虫管理的理论。直到20世纪40年代后期,由于DDT的出现,它的杀虫效力十分显著,高出以前使用的砷素剂10倍以上,且具有触杀与胃毒双重作用,其后又出现了666、氯丹及有机磷杀虫剂类、氨基甲酸酯类杀虫剂,这些新类型的合成有机杀虫剂是如此的高效,以致多数人认为害虫防治的问题基本得以解决,这就形成了化学控制理论的论点。

但好景不长,在不到10年中,首先家蝇对DDT产生了抗药性,据1970年Flint和van den Bosch估计,由于抗药性使防治失效造成百万美元损失的害虫已有27种,到1986年已有近600种昆虫发生了抗药性,尤其这些新的杀虫剂不仅对害虫有毒杀作用,而且对其他动物(包括人类)也有毒杀作用,并且有些杀虫剂如DDT、666的化学成分十分稳定,在环境中滞留很久,因此造成了环境污染。

随着又出现了第三个问题,就是由于这些杀虫剂具有广谱性,它杀死害虫的同时,也杀死了大量害虫的天敌,这样害虫就失去了自然控制,当它再度繁殖时,因缺少天敌的制约,致使害虫增殖数量比原来更高,再度发生了猖獗危害,这种现象称为害虫再猖獗。由害虫再猖獗相伴随的另一现象,就是由于这些杀虫剂的广泛应用,使一些本来危害不严重的害虫或一些偶发性害虫,上升为主要害虫或常发性害虫,如果树上的叶螨类害虫,过去很少危害成灾,但由于用DDT、对硫磷等杀虫剂防治食心虫类害虫,杀死了叶螨的天敌,促使了叶螨大发生,使其成为当前的主要害虫之一。这就是由于使用杀虫剂所引起的“3R”问题,即害虫的抗药性(resistance)、药剂残毒(residue)和害虫再猖獗(resurgence)。

在广泛使用化学杀虫剂的同时,20世纪50~60年代其他控制害虫的对策也广为发展,在农业控制方面,如大面积推广小麦抗虫品种防治小麦吸浆虫,改造蝗区生态环境控制蝗害,棉田内种植玉米诱集带诱集棉铃虫等;在生物控制方面,大面积推广赤眼蜂控制玉米螟、棉铃虫等,应用不育剂与不育性雄虫的释放控制墨西哥棉铃象甲与羊皮螺旋蝇均获得显著成效。

二、害虫综合防治理论的内涵

为了改变上述化学防治害虫带来的不良后果, Stern(1959)首先提出了害虫综合防治的概念, 其目的主要是致力于几种防治措施(如化学防治、生物防治、农业防治)的综合和协调。对于害虫综合防治的定义, 其后有多次的修改与补充, 今以联合国粮食及农业组织(FAO)1966 年的会议对害虫综合防治下的定义为例, 摘录于下: “害虫综合治理是一套害虫治理系统, 这个系统考虑到害虫种的种群动态及其有关环境, 利用所有适当的方法与技术以尽可能地互相配合的方式, 把害虫种群控制在低于经济危害的水平”。在此定义中体现了: ①防治害虫的目的是使其不造成对作物的经济损失, 即允许保留一定的害虫数量, 而不像以前那样, 要求彻底消灭害虫; ②提出了应用各种防治方法的协调配合; ③提出了害虫的防治要根据害虫种群动态及有关环境。这样在害虫综合防治的理论中, 既包含了多种控制措施的协调配合, 也考虑了防治害虫的经济学原则。

Rabb 于 1972 年对害虫综合防治下了另一定义: “害虫综合防治靠明智的选择及利用各种防治害虫的方法来达到经济的、生态的、社会的效益”。这里提出了害虫的防治除考虑当前的经济效益外, 还要照顾长远的生态与社会效益。因此几十年来害虫综合防治理论在指导控制害虫危害方面起了显著的作用, 并对控制害虫对策的水平也有了很大的提高。

三、害虫综合防治的业绩、现状与分析

(一) 害虫综合防治的业绩

害虫综合防治理论几十年来在指导控制害虫危害方面起了显著的作用, 并将害虫控制这门经典学科提高到科学管理水平, 对生产实践及经济、社会效益做出了杰出的贡献。

(二) 害虫综合防治的现状

通过几十年来害虫综合防治在田间控制害虫的实践, 其最大的特点, 就是表现为以化学防治为主, 以生物防治、农业防治等其他控制为辅的相互配合的策略, 诚如美国综合防治首创人 Huffaker 等 1976 年在主编的《生物防治的理论与实践》一书中所述: “化学杀虫剂依然是害虫种群治理上现有的最强有力的及最可靠的武器, 它更适宜于在多数情况下应用, 对于许多世界上最重要的农业及卫生害虫, 喷用化学杀虫剂仍然是防治它们的最好方法”。再如美国 1978 年出版的《害虫防治策略》一书中所述: “不论果树、玉米、棉花等作物的任何害虫防治都包括化学防治, 并且其中主要的措施还是化学防治”。这样就形成在国内外所推行的害虫综合防治对策都是以化学防治为基础, 再简单地配合其他措施的通式。因此, 控制害虫而出现的“3R”问题, 至今依然

存在。随着近十几年来“经济的可持续增长方针”的贯彻,消除害虫管理中出现的“3R”问题,就显得格外迫切,因此害虫管理如何符合这个新的方针,如何提高现行管理水平,就成为当前研究的热点课题。

(三) 害虫综合防治对策现状的分析

害虫管理是一门复杂的技术问题,因为控制害虫既要考虑害虫的发生数量与危害程度,也要考虑作物自身的耐害性、补偿性、抗逆性与变异性,还要考虑害虫天敌的种类、数量及其相克作用,最后还要考虑杀虫剂的效果和施药后对环境的作用以及它们之间交互作用的影响问题。因此,害虫管理是一项复杂的技术课题,既有其自身的指导理论,又需要有其解决此复杂技术问题的方法论,而国内外近期出版的有关害虫管理的专著中,虽也提出“生态控制”的词汇,但仅仅将其归纳为“生物控制”与“农业控制”的综合,并未从生态学理论中提出生态学的管理原则(Pedigo Larry P 2002; Boca Raton F 2000; 中筋房夫 1997),这样就形成当前推行的害虫综合防治对策,主要是依据经济学的管理原则来控制害虫,而控制措施的组合又非常简单,并且缺乏科学的协调与优化技术的支持。因此当前必然出现以化学防治为主,以其他生物防治、农业防治为辅的简单组合。

第二节 害虫种群生态控制(即生态调控)理论的提出

第二次世界大战以后,资本主义国家的农业得到很大发展,其原因主要是石油及其产品(如化肥、农药等)的促进,人们称之为“石油农业”。但通过 40 年来的经历,至 20 世纪 90 年代初已由过去的每生产 10kg 粮食需要 1kg 石油阶段,变成每生产 1kg 粮食需要 1kg 石油的境地。因而导致全世界化肥用量增加了 90 倍,化学农药用量增加了 34 倍,从而出现了环境污染和害虫“3R”问题。这就引起了全世界农学家、生态学家、植物保护学家的关注。生态农业正是在此背景下诞生的,用以代替石油农业。同样,在害虫管理方面,由于石油农业的影响,害虫“3R”的产生,相继提出了生物防治、综合防治,以代替单纯的化学农药防治,并取得了很大的成果。由于综合防治一般是在化学防治基础上,进行一系列的组合改进,而其主要的管理对策是“治”,因此有些出现的问题无法解决。随着粮食、人口、自然资源的压力日益增长,“经济的持续发展与资源的持续利用”的方针日益受到关注,在改善人类生物圈的呼声越来越高的形势下,要注意防止自然生态系统的萎缩与恢复受损的生态系统,以适应人类、环境长远利益的需要。改变害虫管理的战略对策已提到日程上来,这就是用害虫种群的生态控制,逐渐替代综合防治。生态控制也即生态调控。

一、害虫种群生态控制遵循的原则

害虫管理的目的是保证作物的产值不因害虫危害而造成经济上的损失。从农业生态系统的整体观来看,影响作物产值的因子是多方面的,如栽培措施、品种等,而害虫危

害仅是其中之一。在对害虫进行管理时，既要考虑因管理而挽回损失的经济效益，也要考虑因管理而引起的次生害虫的猖獗、环境的污染、土壤活力的降低等对生态效益的影响。因此为了达到上述两种效益同步发展，在害虫管理系统中，既要遵循经济学的管理原则，还要遵循生态学的控制原则，并将害虫管理纳入该作物生态系统中，作为系统的组分结构，进行综合调控，来获得优化管理对策。

(一) 害虫管理的经济学原则

害虫管理的经济学原则，就是应用经济学的边际分析原理进行管理，即管理必须遵循挽回收益大于或等于管理费用的原则。最理想的是，在明确的目标函数与约束条件下，使边际收益等于边际费用。即挽回收益与管理费用的导数为零时，此时所获的经济收益为最大(图 1-1)。

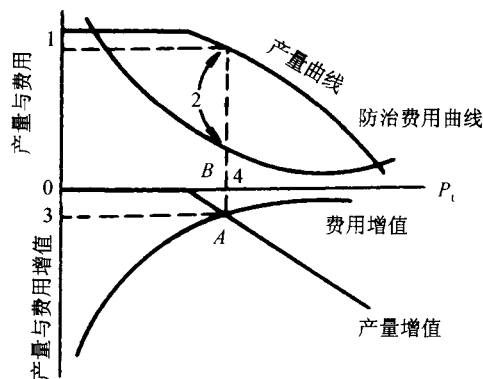


图 1-1 产量、防治费用与害虫密度(P_t)的关系(Headley 1971)

从图 1-1 中可以看出：点 1 是当害虫种群不存在，或损失在统计学上没有意义时，收获的正常产量；点 2 是产量函数的变化率与防治费用变化率的等值点；点 3 是防治费用增值与产量增值的等值点；点 4 就是对应于点 2 与点 3 的害虫种群密度，即此时的害虫密度管理，经济效益最大。

(二) 害虫管理的生态学原则

目前关于害虫管理的生态学原则讨论得极少，笔者认为应包含下列 5 条。

1. 物质循环再生原则

生态系统与机械系统的最大区别，在于生态系统是具有生命的系统，它是由活性与非活性状态组成的系统，如果失去活性，系统即行消亡。因此必须保持活性状态在系统中的循环与发展，方能使该生态系统功能持续繁茂。若要生产持续发展，必须注意这条原则。例如，土壤中大量施用化肥、农药，可引起土壤活力下降，从

而改变土壤结构,影响到整个生态系统的功能。再者,由于生物圈内的物质是有限的,因此原料、产品和废物的多重利用及循环再生是生态系统能够不断持续发展的基本对策,即系统内部的组分,既是下一组分的“源”,又是上一组分的“汇”,没有因果之分,物质在其中循环往复,充分利用。这个原则要求我们,在进行害虫管理时,应考虑生态系统内活性状态的发展与物质的多重利用,循环再生,才能使系统的功能持续发展。

2. 协调共生、和谐高效原则

共生是不同种的有机体(或子系统)合作共存,互惠互利的现象,其结果是使所有共存者都大大节约能量,使系统获得多重效益。这种现象在自然生态系统中普遍存在。例如热带雨林,其中一切生物都占领着一切可利用的生态位,摄取一切可利用的能量,形成最佳的物流与能流的利用状态,使整个系统表现出高效、和谐,并达到持续发展。农田生态系统是人工生态系统,该系统的特点是,既服从于自然生态系统规律,又服从于社会经济规律。这样,在农田生态系统中,除物流、能流外,还增加了价值流,并用价值流来支配系统的结构与功能,这就是为什么害虫种群的生态控制要遵从经济、生态两原则。并且在考虑害虫的控制时,如何在经济原则的目标下,利用系统内组分间或生物间的互惠互利、合作共生的作用和自然生态系统的高效和谐原理,是使系统功能达到优化的重要对策。

协调共生、和谐高效原则要求我们,在考虑控制对策时,应善于因势利导,将系统内外一切可利用的能量和条件转到可利用的方面,为系统整体功能服务。即尽可能地变对抗为利用,变控制为调节,变征服为驯服,化害为利,因地制宜。

3. 相争相克协同进化原则

生态系统中的动物与植物之间、动物与植物内部各物种之间的竞争与相克关系,使物种经受自然选择,达到优胜劣败,适者生存,使生态系统得以保持暂时平衡,达到物种间的协同进化。

在昆虫类群中,表现为应用“种间竞争排斥原理”与“捕食者—猎物”、“寄生物—寄主”作用关系原理,对害虫进行控制,这是早已为人熟知之事。而在植物类群中,利用植物释放克生物质,来对其他植物或植食性动物进行抑制,则是近 20 年来化学生态学家研究的成果。植物的克生作用,包括自克作用与他克作用两类。自克作用是物种在不利环境下,利用它来控制自身数量规模,以保持持续繁衍,如水稻残株可释放出 *P*-香豆酸、*P*-羟基苯甲酸,抑制第二季水稻幼苗生长。他克作用表征了物种的进取性及抵御其他物种入侵能力。例如向日葵、豚草可产生酚酸来抑制豆科植物形成根瘤菌和固氮作用。高粱释放的蜀黍苷,小麦和裸麦残株产生的 β -苯基乳酸、 β -羟基丁酸来杀死杂草。因此如果理解了植物的自然机理,使轮作制度、耕作制度、栽培选择以及种植结构等趋于合理,即可化害为益。这样不仅保护了生态环境,提高了该生态系统功能,也达到了控制害虫的效果。

4. 物种的抗逆性、变异性原则

物种的抗逆性原则是当物种受到外在的侵害后，不仅可产生一定的耐害性，而且还产生明显的抗逆性，用以抑制或消灭其危害。例如，马铃薯的叶子遭马铃薯甲虫危害后，在几小时内可释放出 4 种蛋白酶抑制剂，而在 48h 内可使未被害的叶内全部可溶性蛋白的 10% 都呈蛋白酶抑制剂。这些成分大大束缚了植食性害虫的消化酶，从而阻延了蛹的发育。植物这种防御系统已在 4 大主要类群的 20 个科中得到证实。再者，植物在其生长发育过程中或被害虫危害后，可产生多种次生物质，来适应它和其他生物的关系。这些物质可作为对害虫的抑制剂、诱集剂、拒食剂、信息素等。例如，异体作用素 (allelochemicals) 对害虫既有引诱作用、拒避作用，又有很好的自然抗性作用。而多羟生物碱存在于多种植物中，它是昆虫的糖苷酶抑制剂。

物种的变异性原则：近年来研究证明，物种的变异性普遍存在。例如在同一作物田中，不仅植株之间不呈同质性环境，而且即使同一植株中，其体内成分分布在不同时间、空间或不同部位也有很大的变异。如罂粟叶中毒素的浓度，吗啡上午最浓，可待因、蒂巴因却在下午最浓。氰酸在许多植物的根、种子及其他部位都有，但叶中浓度最高。类萜烯化合物在桉属中的浓度变化昼夜不同，这些毒物在植物体内的交替变化，就影响了害虫的生殖率与死亡率。因此利用物种的抗逆性、变异性原理，对付害虫危害，是既符合经济学原则，又符合保护环境的生态学原则。

5. 系统的自组织自协调持续调控原则

生态系统是一个与外界有物质交换、能量流动的开放系统，也是一个处于非平衡态的自组织系统，生态系统中的各级结构具有自行协调、自我组织、自我维持的稳生机制，因此形成一个具有自我调节功能的系统。这样，自我调节能力的强弱，就是区别机械系统与生态系统的主要依据之一。生态系统的演替目标，在于整体功能的完善，而不是其组分结构的生长。由于系统中的负反馈作用一般总是大于正反馈作用，这就要求一切组分的增长都必须服从整体功能的需要，任何对整体功能无益的结构增长，都是系统所不允许的。这样，在进行害虫管理时，就应将它作为该作物生态系统的一部分组分结构考虑，进行整体措施的综合作用协调，充分利用系统的自我协调原理，来获得优化控制对策。

二、害虫种群生态控制的指导思想与方法论

(一) 害虫管理的指导思想

害虫种群生态控制的指导思想是用“调控”代替现行的“防治”。即在生态系统整体水平上，在目标函数与约束条件下，利用一切可利用的条件(或因素)，对害虫危害进行调控，达到优化生态系统结构的目的，以逐步代替现行的“综合防治”。

根据上述害虫管理的经济学与生态学原则，害虫种群的生态控制是以经济学原则为