

丛书主编：陈兰荪

桂占吉 王凯华 陈兰荪 著

14

生物数学
丛书

病虫害防治的数学 理论与计算



科学出版社

生物数学丛书 14

病虫害防治的数学 理论与计算

桂占吉 王凯华 陈兰荪 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本用动力学方法来研究农业生产中病虫害防治规律的著作。全书共分五章,第1章介绍病虫害防治的有关背景知识。第2章介绍非线性动力系统与计算方法,定性、稳定性理论和脉冲微分方程的相关知识。第3章~第5章介绍病虫害防治中各类化学控制、生物控制和综合控制模型,其中第3章介绍连续控制模型;第4章介绍周期脉冲控制模型;第5章介绍脉冲状态反馈控制模型。全书力求基础,突出应用性,着重介绍建模方法、分析研究模型的基本性质、仿真模拟等。

本书可供高等院校数学、生物和农学相关专业的高年级本科生、研究生和青年教师阅读参考,也可以作为从事生物数学研究的教师及相关科学研究工作者的教学、科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

病虫害防治的数学理论与计算/桂占吉,王凯华,陈兰荪著. —北京:科学出版社, 2014.3

(生物数学丛书; 14)

ISBN 978-7-03-040152-6

I. ①病… II. ①桂… ②王… ③陈… III. ①病虫害防治-数学理论
IV. ①S43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014) 第 046696 号

责任编辑: 陈玉琢 / 责任校对: 韩 杨

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 王 浩

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

*

2014年3月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2014年3月第一次印刷 印张: 19 3/4

字数: 377 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《生物数学丛书》序

传统的概念：数学、物理、化学、生物学，人们都认定是独立的学科，然而在 20 世纪后半叶开始，这些学科间的相互渗透、许多边缘性学科的产生，各学科之间的分界已渐渐变得模糊了，学科的交叉更有利于各学科的发展，正是在这个时候数学与计算机科学逐渐地形成生物现象建模，模式识别，特别是在分析人类基因组项目等这类拥有大量数据的研究中，数学与计算机科学成为必不可少的工具。到今天，生命科学领域中的每一项重要进展，几乎都离不开严密的数学方法和计算机的利用，数学对生命科学的渗透使生物系统的刻画越来越精细，生物系统的数学建模正在演变成生物实验中必不可少的组成部分。

生物数学是生命科学与数学之间的边缘学科，早在 1974 年就被联合国科教文组织的学科分类目录中作为与“生物化学”、“生物物理”等并列的一级学科。“生物数学”是应用数学理论与计算机技术研究生命科学中数量性质、空间结构形式，分析复杂的生物系统的内在特性，揭示在大量生物实验数据中所隐含的生物信息。在众多的生命科学领域，从“系统生态学”、“种群生物学”、“分子生物学”到“人类基因组与蛋白质组即系统生物学”的研究中，生物数学正在发挥巨大的作用，2004 年 *Science* 杂志在线出了一期特辑，刊登了题为“科学下一个浪潮——生物数学”的特辑，其中英国皇家学会院士 Lan Stewart 教授预测，21 世纪最令人兴奋、最有进展的科学领域之一必将是“生物数学”。

回顾“生物数学”我们知道已有近百年的历史：从 1798 年 Malthus 人口增长模型，1908 年遗传学的 Hardy-Weinberg “平衡原理”；1925 年 Volterra 捕食模型，1927 年 Kermack-Mckendrick 传染病模型到今天令人瞩目的“生物信息论”，“生物数学”经历了百年迅速地发展，特别是 20 世纪后半叶，从那时连续出版的杂志和书籍就足以反映出这个兴旺景象；1973 年左右，国际上许多著名的生物数学杂志相继创刊，其中包括 *Math Biosci*, *J. Math Biol* 和 *Bull Math Biol*；1974 年左右，由 Springer-Verlag 出版社开始出版两套生物数学丛书：*Lecture Notes in Biomathematics* (二十多年共出书 100 部) 和 *Biomathematics* (共出书 20 册)；新加坡世界科学出版社正在出版 *Book Series in Mathematical Biology and Medicine* 丛书。

“丛书”的出版，既反映了当时“生物数学”发展的兴旺，又促进了“生物数学”的发展，加强了同行间的交流，加强了数学家与生物学家的交流，加强了生物数学学科内部不同分支间的交流，方便了对年轻工作者的培养。

从 20 世纪 80 年代初开始，国内对“生物数学”发生兴趣的人越来越多，他（她）

们有来自数学、生物学、医学、农学等多方面的科研工作者和高校教师,并且从这时开始,关于“生物数学”的硕士生、博士生不断培养出来,从事这方面研究、学习的人数之多已居世界之首. 为了加强交流,为了提高我国生物数学的研究水平,我们十分需要有计划、有目的地出版一套“生物数学丛书”,其内容应该包括专著、教材、科普以及译丛,例如:① 生物数学、生物统计教材;② 数学在生物学中的应用方法;③ 生物建模;④ 生物数学的研究生教材;⑤ 生态学中数学模型的研究与使用等.

中国数学会生物数学学会与科学出版社经过很长时间的商讨,促成了“生物数学丛书”的问世,同时也希望得到各界的支持,出好这套丛书,为发展“生物数学”研究,为培养人才作出贡献.

陈兰荪

2008 年 2 月

前 言

种群动力学是生物数学的一个重要分支,有着两百多年的悠久历史.国内外许多数学家和生物学家对此做了大量的探索和研究,并在人口的估计与管理、害虫的预报与防治、流行病对人类与生物群体的危害性估计与防治、资源的数量化管理、灾害的预防与评估等领域都有广泛的应用.1798年,英国学者 Malthus T R 的著作 *An Essay on the Principle of Population* 的问世拉开了研究种群动力学的序幕^[1].随后英国数学家 Gompertz B 和比利时数学家 Verhulst P F 进一步完善了 Malthus 模型,并分别在 1825 年和 1838 年提出了著名的单种群 Gompertz 模型和 Logistic 方程.一直到 20 世纪 20 年代, Lotka A J 和 Volterra V 分别独立提出著名的两种群微分方程模型,使种群动力学的发展一度达到高潮.1959 年, Richards F J 研究的模型涵盖 Gompertz 模型、Logistic 方程和 Von Bertalanffy 模型.同年, Holling C S 推广了 Lotka-Volterra 方程,并且首次提出了“功能性反应”的概念.种群动力学在过去的 40 年中一直在蓬勃发展.20 世纪 70 年代, Smith J M 确立了进化博弈理论中的核心概念——进化稳定策略,从而又丰富和完善了种群动力学理论.纵观历史,种群动力学的发展和各种生物现象的定性研究是相辅相成、相互促进的.

在种群动力学的众多应用中,研究和防治害虫一直是中外学者关注的热点.害虫治理策略大致可分为以下六类:①农药防治:利用化学药物直接杀死害虫;②生物防治:利用天敌、病毒、带有病毒的病虫、细菌、真菌或增加外来物种;③综合治理:利用各种适当的方法与技术以及尽可能互相配合的方式,把害虫种群控制在经济危害水平之下;④耕作防治:利用农业上的或其他常规做法改变害虫的生存环境;⑤动植物的抗性:培育对害虫有抗性的动物和栽培作物;⑥绝育:通过各种用以降低害虫虫口繁殖速率的绝育法.

20 世纪 70 年代,一些生物学家和数学家就开始利用种群动力学或种群动力学结合传染病动力学来研究害虫治理的策略,早期建立的动力学模型往往都忽略了害虫的大小、形态、行为特征.但是,随着定性研究的深入, Hastings 在 1983 年建立了经典的阶段结构捕食模型, Aiello 和 Freedman 于 1990 年建立著名的单种群时滞阶段结构模型以及 Murray 在种群扩散模型上的贡献,这些都为害虫虫口特性的准确描述提供了有力的数学依据.

除了对害虫特性准确的描述,我们还需要对防控方法和过程加以描述.这显然

并非是一个连续的过程,不能单纯地用微分方程或者是差分方程来进行描述.喷洒农药或释放天敌都是一个脉冲的瞬时行为,要把这个瞬时的行为和种群间的连续行为(例如,捕食—食饵反映天敌—害虫,两种群竞争反映外来物种与害虫竞争等)相结合,则此类数学模型就是脉冲微分系统.脉冲微分系统最为突出的特点就是在系统受到瞬时扰动的影响下,能够更深刻、更准确地反映事物的变化规律. Lakshmikantham V, Bainov D D, Simeonov P S, Agarwal R, Gopalsamy K, Nieto J J 以及 Liu X Z 等学者对脉冲微分系统理论的建立做出了巨大的贡献.近几年,陈兰荪教授及其学生也在该领域做了大量工作,主要集中在以下两个方面:①考虑害虫虫口的典型特点结合具体的治理策略来建立数学模型,并对模型的持久性、周期解的稳定性和吸引性、分支、经济阈值等动力学性态加以研究^[2,3].刘贤宁和陈兰荪、唐三一和陈兰荪的论文在发表后近 10 年的时间里,已经被引用超过 200 次.②建立了害虫治理与半连续动力系统几何理论^[4-6].一些学者也同样采用种群动力学研究了害虫的农药防治、综合治理及绝育等策略^[7,8].上述工作在建模方面有了一定的创新及提高.除了建模的创新,方法的创新仍然具有挑战.2010 年 Amato 等学者进一步完善了脉冲动力系统有限时间稳定性理论,并将其推广到害虫控制^[9,10].近期,开始有一些学者通过随机模型来研究害虫治理领域的相关问题,而且这个研究方向是近期研究的一个热点^[11].

综观这些年关于种群动力学在害虫治理中的研究工作,我们发现用进化动力学理论来研究害虫治理的工作还不多见.特别是,进化动力学结合分子动力学、药物动力学综合来研究害虫虫口特性、害虫体内关键组织生长及害虫的防控将是未来一个全新的研究方向.我们相信,经过不懈努力,我国学者定会在这一领域有更多创新性的研究,并将受到更多国外同行的关注.

本书是一本用动力学方法来研究农业生产中病虫害防治规律的著作.全书共分 5 章,第 1 章介绍病虫害防治的有关背景知识.第 2 章介绍非线性动力系统与计算方法,常微分方程定性、稳定性理论和脉冲微分方程的相关知识.第 3 章~第 5 章介绍病虫害防治中各类化学控制、生物控制和综合控制模型,其中第 3 章介绍连续控制模型;第 4 章介绍周期脉冲控制模型;第 5 章介绍脉冲状态反馈控制模型.全书力求基础,突出应用性,着重介绍建模方法,研究模型的基本性质、仿真模拟等.

本书是在中国科学院数学与系统科学研究院陈兰荪教授的策划与指导下完成的,陈教授在本书完稿过程中提供了大量的文献资料和指导帮助.本书由桂占吉教授撰写第 1 章和第 2 章;王凯华副教授撰写了第 3 章~第 5 章和 2.4 节的内容.同时,闫岩与张文香协助撰写了书稿 2.2 节的部分内容,在此特表致谢.全书由桂占吉教授统稿,最终由陈兰荪教授定稿完成.十分感谢写作过程中同行专家对作者的关怀与支持.感谢国家自然科学基金项目(60963025)的资助.

限于作者水平,书中难免有错误和不妥之处,所引用的结果和文献也会有所遗漏,恳请广大读者批评指正.

作 者

2013 年 8 月 8 日

《生物数学丛书》编委会

主 编：陈兰荪

编 委：（以姓氏笔画为序）

李镇清 张忠占 陆征一

周义仓 徐 瑞 唐守正

靳 楨 滕志东

执行编辑：陈玉琢

目 录

《生物数学丛书》序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 病虫害农药防治方法	2
1.2 生物防治	2
1.2.1 利用微生物防治	2
1.2.2 利用捕食性天敌捕食害虫	2
1.2.3 利用寄生性天敌捕食害虫	3
1.3 有害生物的综合治理	3
1.3.1 综合防治的含义	3
1.3.2 经济临界值与经济危害水平	4
1.3.3 综合防治的原则	4
1.3.4 综合防治方案的制定	5
1.4 耕作防治	5
1.5 培育对害虫的抗性	5
1.5.1 转移基因法培育抗病虫新品种	5
1.5.2 应用化合物及自然物质诱发植物抗虫抗病	6
1.6 绝育防治	6
1.7 物理防治	7
1.8 动力学方法在害虫治理中的应用	7
1.8.1 种群模型研究概述	7
1.8.2 虫害治理的动力学模型概述	9
第 2 章 非线性动力系统与计算方法	14
2.1 系统识别、统计方法: 用数据确定方程的系数	14
2.1.1 Malthus 人口模型	14
2.1.2 Logistic 模型与数值模拟	20
2.1.3 竞争模型	34
2.2 常微分方程: 定性、稳定性理论	41
2.2.1 解的存在与唯一性	41
2.2.2 简单奇点的分类	42

2.2.3	极限环的存在性	43
2.2.4	二维 Hopf 分支产生极限环	46
2.2.5	稳定性的基本概念	48
2.2.6	向量和矩阵的范数	49
2.2.7	稳定性的几何解释	51
2.2.8	线性系统的稳定性	52
2.2.9	李雅普诺夫第二方法	57
2.3	脉冲微分方程基本理论	58
2.3.1	引言	58
2.3.2	脉冲微分系统的描述	59
2.3.3	解的存在性、延拓性、唯一性	61
2.3.4	脉冲微分方程的比较定理及其解的紧性判别	65
2.3.5	脉冲微分方程解的稳定性	68
2.3.6	线性周期脉冲微分方程的乘子理论	70
2.3.7	单调凹算子定理	71
2.3.8	脉冲微分方程的分支定理	72
2.3.9	脉冲半动力系统	74
2.4	脉冲状态反馈控制基本理论	76
2.4.1	引言	76
2.4.2	半连续动力系统基本概念及性质	76
2.4.3	基本定理与应用	81
2.4.4	阶 1 周期解另一判定准则	84
2.4.5	半连续动力系统的阶 1 奇异环 (同宿轨)	84
2.4.6	阶 1 同宿环分支	85
2.4.7	稳定性	86
第 3 章	连续控制模型	89
3.1	引言	89
3.2	利用化学药物直接杀死害虫	89
3.2.1	连续投放杀虫剂的 Malthus 增长模型	89
3.2.2	连续投放杀虫剂的 Logistic 增长模型	92
3.2.3	农药防治阶段结构模型	98
3.2.4	具有天敌的常数率施用杀虫剂模型	101
3.2.5	小结	103
3.3	利用投放天敌捕食害虫	104
3.3.1	引言	104

3.3.2	连续投放天敌模型及其动力学性质	105
3.3.3	生物结论	106
3.4	病毒防治害虫模型	106
3.4.1	引言	106
3.4.2	SI 模型	107
3.4.3	带密度制约的 SI 模型	108
3.4.4	释放病毒 SV 模型	110
3.5	释放线虫防治害虫模型	116
3.5.1	引言	116
3.5.2	模型的建立	117
3.5.3	连续投放昆虫病原线虫的模型	119
3.5.4	平衡点的性态	120
3.5.5	全局渐近稳定性	121
3.5.6	极限环的存在性和唯一性	125
3.5.7	生物结论与数值分析	127
第 4 章	周期脉冲控制模型	130
4.1	周期脉冲喷洒化学药物	130
4.1.1	Mauthus 模型周期脉冲杀灭害虫	130
4.1.2	Logistic 模型周期脉冲杀灭害虫	136
4.1.3	阶段结构模型	143
4.1.4	存在天敌的脉冲施用杀虫剂模型	149
4.1.5	小结	158
4.2	周期脉冲释放天敌	159
4.2.1	引言	159
4.2.2	基本模型	159
4.2.3	带消化因素模型	163
4.3	周期脉冲释放病毒	166
4.3.1	SI 模型	166
4.3.2	SV 模型	174
4.3.3	SIV 模型	185
4.4	周期脉冲释放线虫	198
4.4.1	模型的建立	198
4.4.2	害虫灭绝周期解及其全局稳定性	199
4.4.3	非平凡周期解分支	202

4.4.4 结论及数值模拟	211
第 5 章 脉冲状态反馈控制模型	213
5.1 状态依赖的脉冲喷洒化学药物模型	213
5.1.1 Malthus 模型	213
5.1.2 Logistic 模型	214
5.1.3 阶段结构模型	216
5.2 状态依赖的脉冲释放天敌模型	237
5.2.1 导言	237
5.2.2 阶 $k(k = 1, 2)$ 周期解的存在性和稳定性	238
5.2.3 带消化因素的模型	246
5.2.4 改进的消化模型	252
5.3 状态依赖的脉冲释放病毒模型	261
5.3.1 SI 模型	261
5.3.2 SV 模型	266
5.4 状态依赖的脉冲投放昆虫病原线虫模型	276
5.4.1 模型的建立	276
5.4.2 阶 1 周期解的存在性和稳定性	279
5.4.3 生物结论及数值模拟	282
参考文献	286
名词索引	297
《生物数学丛书》已出版书目	299

第1章 绪 论

我国自古以来就是一个农业大国,虫害和鼠害一直是影响我国农业发展的两大重要威胁因素.就目前来讲,全国每年因鼠害造成的受灾面积达 3.7 亿亩,因鼠害造成的粮食损失在 50 亿 ~100 亿公斤;草场受灾面积达 5.6 亿亩,牧草损失近 200 亿公斤.在粮食、棉花、蔬菜等的生产过程中都会遇到病虫害的威胁.农业病虫害会给农业生产带来极大的不利影响.例如,我们国家是产棉大国,棉花的产量居世界第一.在 1992 年的时候,我国主要的产棉区一共有 6000 多万亩棉田发生特大棉铃虫灾害,发生严重的省份减产达到 50%,全国的减产水平达到 1/3,严重影响了国民经济的发展.

根据统计,在过去的两千多年中有 110 余种哺乳类动物和 139 种鸟类从地球上消失,其中约有三分之一是近五十年内绝灭的^[12].这些事实唤起了人们对于保护濒危动物和稀有动物的强烈意愿.相反,人类迫切希望消灭的许多有害动物,例如农林害虫、害鼠和有害动物,虽然经过人类长期的,有时甚至是规模巨大的防治活动^[13],但它们却依然存活,并且继续对人类生产造成一次又一次的严重危害.为什么人类想消灭的物种难以消灭,而不想消灭的物种却不知不觉地逐渐绝灭了,这确实是一个发人深省的问题.从生态学观点来看,被消灭的物种多数属于稀有物种,而对人类危害较大的,大多是适应于人类活动、数量众多的物种.被人类无意识消灭的动物,多数是由于人类的活动,彻底破坏了它的栖息环境;而人类对于自己想消灭的动物所采取的防治措施,通常是直接改变动物种群的数量.动物必须生活在某种特定的栖息场所,它与栖息环境的紧密联系是在物种进化中逐步形成的,它的形态、生理和生态特征都适应这种环境.能摄取食物和找到隐蔽场所是一切生命存活的必须条件,因此动物对于栖息场所的改变和破坏是特别敏感的.用猎杀或毒杀等方法正面消灭有害生物,一般只降低该物种的数量,并不破坏其栖息地.防治措施使该物种的密度降低了,但不影响其所需要的食物和其他资源.并且个体的平均有效食物量和其他资源的增加,使该有害物种的生长加速,出生率上升而死亡率减少,于是种群增长率提高,种群迅速得到恢复.因此研究农业生产病虫害防治模型,科学决策防治策略,就显得尤为重要.

本章首先介绍病虫害防治的一些方法,然后概述了动力学方法在害虫治理中的一些应用.

1.1 病虫害农药防治方法

农药防治和化学防治是同义词, 农药防治是利用化学药物直接杀死害虫。化学防治是应用化学农药防治病虫害的方法。国内外主要除虫手段是化学农药防治^[14-16], 主要优点是作用快、效果好、使用方便, 能在短期内消灭或控制大量发生的病虫害, 不受地区季节性限制, 是目前防治病虫害的重要手段, 其他防治方法尚不能完全代替。但长期以来普施和滥施农药, 使环境日趋恶化, 植物性食物遭到污染, 而且土壤、水源也受到污染, 生态平衡遭到严重破坏^[17, 18]。由于害虫尤其是蛾类害虫有极强的生存适应性, 其抗药性和耐药性随着农药的使用而不断增强。几十年来人类研制的一系列化学农药, 在害虫面前均很快失去其威力, 不仅使新农药的使用周期缩短, 而且迫使农民以增加施药量或加大浓度, 甚至喷洒剧毒农药才能获得收成。这样不仅成本高、效益低, 而且人畜中毒事件不断发生^[19, 20]。另外, 害虫的天敌也被大量毒死, 其适应性及繁殖速度远不及害虫, 使害虫失去天敌的制约。更为严重的是植物被污染, 致使我国生产的植物食品及相关的动物食品中有毒物质不同程度超过国际标准, 不仅影响出口创汇, 而且危害人们的身体健康。因此, 人们越来越重视生物防治。

1.2 生物防治

生物防治是利用各种有益的生物来防治病虫害的方法^[21], 主要包括以下几方面^[22]。

1.2.1 利用微生物防治

利用微生物防治常见的方法有应用真菌、细菌、病毒和能分泌抗生物物质的抗菌^[23-25], 如应用白僵菌防治马尾松毛虫(真菌)^[26], 苏云金杆菌各种变种制剂防治多种林业害虫(细菌)。病毒粗提液防治蜀柏毒蛾、松毛虫、泡桐大袋蛾等(病毒); 5406防治苗木立枯病(放线菌); 微孢子虫防治舞毒蛾等的幼虫(原生动物); 泰山1号防治天牛(线虫)等。也可以利用真菌、细菌、病毒寄生于害虫体内, 使害虫生病死亡或抑制其为害植物。

1.2.2 利用捕食性天敌捕食害虫

这类天敌很多, 主要为食虫、食鼠的脊椎动物和捕食性节肢动物两大类。鸟类有山雀、灰喜雀、啄木鸟等; 鼠类天敌如黄鼬、猫头鹰、蛇等。节肢动物中捕食性天敌除瓢虫、螳螂、蚂蚁等昆虫外, 还有蜘蛛和螨类。捕食性天敌昆虫在自然界中抑制害虫的效果十分明显。天敌昆虫的利用就是在没有天敌昆虫的地区引进、繁殖

和释放天敌昆虫。天敌昆虫的引进与繁殖利用,在我国有许多成功例子,例如,1978 年从英国引进丽蚜小蜂防治北方温室白粉虱,效果十分显著;又如,2004 年 3 月和 10 月,海南省分别从越南和台湾引进椰心叶甲天敌姬小蜂和啮小蜂,防治椰心叶甲,取得了显著效果,椰心叶甲的危害得到有效控制。

1.2.3 利用寄生性天敌捕食害虫

寄生性天敌昆虫主要包括寄生蜂和寄生蝇,寄生于害虫的卵、幼虫及蛹内或体上。凡被寄生的卵、幼虫或蛹,均不能完成发育而死亡。有的寄生性昆虫在自然界中的寄生率较高,对害虫起到很好的控制作用。寄生性天敌昆虫主要有:赤眼蜂、蚜茧蜂、茧蜂、姬蜂、寄蝇等。

此类天敌昆虫是将卵产在害虫幼虫的体表和体内,或产在所食植物上和活动场所,随食用和接触进入幼虫体内,营寄生生活。在自然界中的种类和数量很大,而且寄生率非常高。20 世纪初以来,很多国家都在进行寄蝇的人工繁殖以及利用寄蝇防治农林害虫的研究,已经取得一定的成效。例如,美国将爪哇刺蛾寄蝇从日本引进后,经人工繁殖施放田间,防治黄刺蛾的幼虫,寄生率高达 63.5%。

1.3 有害生物的综合治理

人们一直在寻找一种理想的防治病虫害的方法。19 世纪以来,人们对生物防治有了极大的兴趣。20 世纪 40 年代,人工合成有机杀虫剂和杀菌剂等的出现,使化学防治成为防治病虫害的主要手段。化学防治方法具有使用方便、价格便宜、效果显著等优点。但是经过长期大量使用后,产生的副作用也越来越明显,不仅污染环境,而且使害虫产生抗药性以及大量杀伤有益生物。因此,人们逐步认识到依赖单一方法解决病虫害的防治问题是不完善的。为了最大限度地减少防治有害生物对环境产生的不利影响,人们提出了“有害生物综合治理”,简称 IPM 的防治策略。植物病虫害的防治方法很多,每种方法各有其优点和局限性,仅依靠某一种措施往往不能达到防治目的,为此我国确定了“预防为主,综合防治”的植保工作方针。提出在综合防治中,要以农业防治为基础,因地因时制宜,合理运用化学防治、农业防治、生物防治、物理防治等措施,达到经济、安全、有效地控制病虫害危害的目的。

1.3.1 综合防治的含义

1986 年 11 月中国植保学会和中国农业科学院植保所在成都联合召开了第二次农作物病虫害综合防治学术讨论会,提出综合防治的含义是:“综合防治是对有害生物进行科学管理的体系,它从农业生态系总体出发,根据有害生物与环境之间的相互联系,充分发挥自然控制因素的作用,因地制宜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、生态和社会效益。”即以农业生态全局为出发点,以预防为主,强调利用自然界对病虫的控制因素,达到控制虫害发生的目的;合理运用各种防治方法,相互协调,取长补短,在综合各种因素的基础上,确定最佳防治方案,利用化学防治方法时,应尽量避免杀伤天敌和污染环境;综合治理不是彻底干净地消灭病虫害,而是把病虫害控制在经济允许水平以下;综合治理并不降低防治要求,而是把防治措施提高到安全、经济、简便、有效的水平上。

1.3.2 经济临界值与经济危害水平 (阈值)

在综合害虫治理中,经济临界值 (economic threshold, ET) 是一个非常重要的概念^[3,27-30]。经济临界值通常定义为害虫的数量到达该水平时,我们必须采取措施来控制害虫的数量,使其不超过经济危害水平。而经济危害水平 (economic injury level, EIL) 是能导致经济危害的最低害虫数量。因此,为了有效控制害虫,在综合防治中,一般在害虫数量未达到经济危害水平之前,便采取有效的控制策略,见图 1.1。所以在实际的害虫控制中,经济临界值应小于经济危害水平,通常 $ET = 80\%EIL$ 。

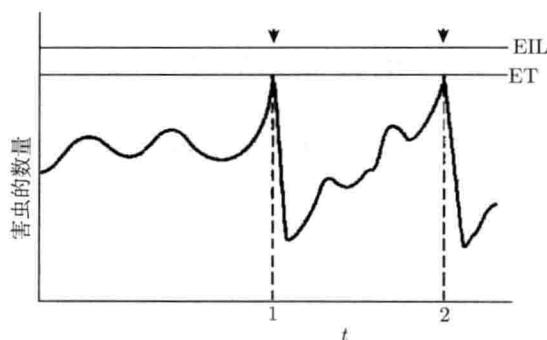


图 1.1 经济危害水平 (EIL) = 导致经济损失的最低害虫密度

经济临界值 (ET) = 为阻止害虫不超过经济危害水平而必须采取控制措施的害虫数量。箭头说明在该点必须采取综合害虫控制以防止害虫的数量超过经济临界值

1.3.3 综合防治的原则

(1) 从农业生态学观念出发认为植物、病源 (害虫)、天敌三者之间相互依存,相互制约。它们同在一个生态环境中,又是生态系统的组成部分,它们的发生和消灭又与其共同所处的生态环境的状态密切相关。综合治理就是在作物播种、育苗、移栽和管理的过程中,有针对性地调节生态系统中某些组成部分,创造一个有利于植物及病害天敌生存,不利于病虫发生发展的环境条件,从而预防或减少病虫的发生与危害。