

昆虫生态学 理论与实践

王小奇 编著



辽宁科学技术出版社
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

昆虫生态学理论与实践 / 王小奇编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2020.7

ISBN 978-7-5591-1611-6

I . ①昆… II . ①王… III . ①昆虫学 - 动物生态学 - 研究 IV . ①Q968.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 092046 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路25号 邮编: 110003)

印刷者: 辽宁鼎籍数码科技有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印 张: 21.5

字 数: 450 千字

出版时间: 2020 年 7 月第 1 版

印刷时间: 2020 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑: 陈广鹏

封面设计: 李 嵘

版式设计: 义 航

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5591-1611-6

定 价: 88.00 元

联系电话: 024-23280036

邮购热线: 024-23284502

http: //www.lnkj.com.cn

作者简介

Author introduction

王小奇, 1961 年出生, 男, 汉族, 辽宁阜新人, 沈阳农业大学植物保护学院教授。现任致公党沈阳市副主委、致公党辽宁省委常委、沈阳市政协常委。中国昆虫学会理事、辽宁省昆虫学会副理事长。

1983 年参加工作以来, 一直从事昆虫生态、害虫预测预报、害虫综合治理及检疫害虫的教学与科学研究工作。1998—1999 年德国波恩大学访问学者。

先后获得辽宁省自然科学奖二等奖 1 项、辽宁省优秀教学成果一等奖 1 项、辽宁省科技进步奖二等奖 1 项、辽宁省科技星火二等奖 1 项、辽宁省科技进步奖三等奖 3 项、中国图书奖 1 项。

还获得“全国优秀科技工作者”“辽宁省优秀科技工作者”“沈阳市优秀科技工作者”“辽宁省优秀科普工作者”、辽宁省大学生创业大赛金奖优秀指导教师、中国科学技术发展基金会及中国昆虫学会首届青年科技奖等荣誉称号。

主编及参编了《辽宁甲虫原色图鉴》《中国北方农业害虫原色图鉴》《辽宁蝗虫》《药用植物害虫学》《昆虫生态学与害虫预测预报》及《中国东北草原昆虫名录》等著作六部。

前言

preface

昆虫生态学是植物保护专业一门重要的专业基础课。从 1988 年开始为本科生讲授《昆虫生态与害虫预测预报》，1992 年开始为研究生讲授学位课《昆虫生态学》。由于讲授这门课程，所以相关的科学研究工作绝大多数是昆虫生态学方面的内容。经过多年的学习、教学、与同行的交流以及相关的科研工作，同时到基层田间指导生产实践，对昆虫生态学的理论与实践有了一些粗浅的认识。

理论与实践是同等重要的。理论所反映的是事物的本质和规律，是事物的共性，是对实践的总结与归纳，但需要新的实践中不断完善，这在生态学中有很多例子，如耐受性定律的补充。自然界中有很多生态学问题目前只是对其中的部分机理清楚，通过相关学者不断开展深入研究，把不清楚的地方弄清楚，这就是实践丰富了理论知识。实践是人能动地改造世界的创造活动。实践过程中必须运用理论，对具体情况进行具体分析，把理论和实践有机地结合起来，做到理论和实践的有机统一。

科学的理论对实践的指导，体现在它能透过事物的现象，抓住事物的本质，找到内在的必然联系。可以发现事物发展的规律，因而能够使我们综观全局，高瞻远瞩，预见事物发展的趋势，确定事物发展的方向，从而指导人们的实践。

学习理论的目的，就是实际问题或分析问题存在的原因。没有理论指导的实践是盲目的，无方向的，最终可能导致实践的失败。没有实践就不可能验证理论、完善理论和纠正理论。

昆虫生态学对于植物保护专业的学生来讲，它的主要目的是指导学生从昆虫生态学的理论出发，结合环境条件去解决害虫防控的

问题。同时,在害虫防控的实践过程中,不断深化认识,不断总结反思,不断自我修正,创新思维,放弃陈旧观念,形成正确的认识。

由于理论与实践是不可分割的,本书在介绍理论的同时,重点对实践应用给了很大的篇幅。每一章都首先参考各种文献对昆虫生态学的基本理论进行阐述,同时也有一些是本人的看法和观点,然后在每一章最后一节是实践与应用,通过应用实例,介绍如何利用这些昆虫生态学理论和方法开展害虫相关内容的研究,对开展害虫生态学相关内容的研究有一定的参考价值。本书所撰写的昆虫生态学理论只是昆虫生态学理论的部分内容,主要是针对实践应用部分相关的昆虫生态学理论,有昆虫个体生态学、昆虫种群生态学、昆虫化学生态学及害虫综合治理等内容。

本书编写的实践应用内容,是本人和部分研究生(李朝飞、柏丽华、李文东、潘德斌、苗莉、吕芳、王菊平、杨中侠、贾楠、范保银、张娜、王淼、王恩华、邵凌云、王悦、王子谦、房阳、李晨)科研实践工作的总结。他们以严谨的科学态度,通过认真工作、辛苦调查获得了大量的数据,并对数据进行了科学分析,取得了一些研究成果,这些成果的部分内容在本书中被引用。另外,在研究生指导方面得到了吴孔明、马春森、田春晖、杨雪清等老师的大力支持与帮助,在此,一并向他们表示衷心的感谢。

由于涉及的参考文献很多,故本书列出的参考文献不尽全面。同时,诚望广大读者对书中不妥之处,提出批评指正。

作者

2020.02.18

目 录

contents

第一章 绪论

1.1 昆虫生态学的发展历程	001
1.2 昆虫生态学研究的主要内容	002
1.3 害虫控制与昆虫生态学的关系	004
1.3.1 害虫综合治理的生态观	005
1.3.2 害虫防治的实践	006

第二章 环境因子与昆虫的生态关系

2.1 环境因子对昆虫的作用法则	010
2.1.1 利比赫的最小因子法则	010
2.1.2 谢尔福德的“耐受性法则”	010
2.2 温度对昆虫的生态作用	011
2.2.1 昆虫对温度的生态适应	012
2.2.2 适宜温度与昆虫发育的线性关系	013
2.2.3 温度对昆虫其他方面的作用	016
2.3 湿度对昆虫的生态作用	016
2.3.1 昆虫获得、失去和保持水分的方式	016
2.3.2 昆虫对湿度适应性的类型和特点	017
2.3.3 湿度对昆虫的影响	017
2.3.4 温湿度的综合作用	018
2.4 光对昆虫的生态作用	018
2.4.1 光的波长与昆虫的生态关系	019
2.4.2 光照周期与昆虫的生态关系	020
2.4.3 光照强度与昆虫的生态关系	021
2.4.4 紫外线对昆虫的影响	021
2.4.5 光与害虫	022

2.5	土壤因素对昆虫的生态作用	023
2.5.1	土壤温度	023
2.5.2	土壤湿度	024
2.5.3	土壤机械组成	025
2.5.4	土壤化学特性	025
2.6	重金属污染对昆虫的生态作用	025
2.7	寄主植物与昆虫取食	026
2.7.1	昆虫的食性分化	027
2.7.2	昆虫对寄主植物的选择	028
2.8	天敌对昆虫的生态作用	028
2.8.1	病原微生物类	028
2.8.2	寄生性天敌昆虫类	029
2.8.3	捕食性天敌昆虫类	029
2.9	植物对昆虫的防御与转基因作物	030
2.9.1	植物对昆虫的防御反应	030
2.9.2	转基因作物及安全性	034
2.9.3	植物抗虫性在害虫综合治理中的应用	038
2.10	昆虫对生态环境的适应	039
2.10.1	昆虫对逆境的适应	039
2.10.2	昆虫的迁飞	040
2.11	实践应用	043
2.11.1	温度对害虫生长发育和行为的影响	043
2.11.2	光对害虫的生态作用与害虫的趋光行为	060
2.11.3	害虫在重金属污染下的生长发育	089
2.11.4	害虫的滞育越冬	108
2.11.5	作物对害虫的抵抗能力	115
2.11.6	植物体内化学成分对抗虫性的影响	164
2.11.7	转基因作物的安全性评价	177

第三章 昆虫种群生态学

3.1	种群的定义与基本结构	191
3.1.1	种群的定义	191
3.1.2	种群的基本结构	192
3.2	种群的数量动态	193
3.2.1	昆虫种群数量的基本估测方法	193
3.2.2	昆虫种群数量变动的基本要素	194
3.2.3	昆虫种群数量变动的数学描述	195

3.3	昆虫种群的空间分布	200
3.3.1	昆虫种群空间分布类型	200
3.3.2	昆虫种群空间分布型的判断	200
3.4	昆虫种群生命表	204
3.4.1	特定时间生命表	205
3.4.2	特定年龄生命表	208
3.5	害虫种群数量变动的原因分析	210
3.5.1	气候学派	210
3.5.2	生物学派	210
3.5.3	综合学派	211
3.5.4	自动调节学派	211
3.5.5	动态平衡学派	212
3.6	实践应用	213
3.6.1	害虫空间分布型的确定	213
3.6.2	害虫生命表的建立与应用	218

第四章 昆虫的化学通讯

4.1	昆虫化学通讯的过程	223
4.2	昆虫个体间的化学联系	224
4.2.1	信息化学物质	224
4.2.2	信息化学物质的来源	225
4.2.3	昆虫类信息素	225
4.2.4	类信息素的特性	226
4.3	感受器官与感受机理	226
4.3.1	嗅觉感受器官与感受机理	226
4.3.2	味觉感受器官与感受机理	227
4.4	昆虫与寄主植物间的化学联系	228
4.4.1	昆虫与寄主植物的生态关系	228
4.4.2	植物次生代谢物对昆虫寄主植物选择性的影响	228
4.4.3	植物挥发物在害虫防治上的应用	229
4.5	植物—植食性昆虫—天敌之间的化学信息联系	231
4.5.1	互利素	231
4.5.2	利己素	231
4.5.3	利它素	232
4.6	植物挥发物的收集鉴定与活性测定	232
4.6.1	植物挥发物的收集鉴定	232
4.6.2	生物活性成分的测定	233

4.7 信息素的应用	233
4.8 实践应用	234
4.8.1 害虫对寄主的选择性偏好	234
4.8.2 害虫的引诱剂	244
4.8.3 性诱剂的应用	250

第五章 田间害虫的综合控制

5.1 害虫及其造成的损失	255
5.1.1 害虫对作物的经济为害	255
5.1.2 作物受害经济损失估计	256
5.2 害虫为害与防治的经济学观点	257
5.2.1 经济损失允许水平	257
5.2.2 经济阈值 (简称 ET) 或防治阈值	258
5.3 有害生物风险分析	260
5.3.1 概念	260
5.3.2 有害生物风险分析的重要性	260
5.3.3 检疫性有害生物风险分析的过程	260
5.3.4 PRA 主要分析方法及软件	261
5.3.5 有害生物风险分析在中国的发展及研究现状	263
5.4 害虫防治的基本原理和方法	265
5.4.1 植物检疫法	265
5.4.2 农业防治法	266
5.4.3 生物防治法	267
5.4.4 物理防治法	268
5.4.5 化学防治法	269
5.5 害虫综合治理的发展与特点	270
5.5.1 害虫综合治理的发展	270
5.5.2 害虫综合治理的特点	272
5.6 实践应用	273
5.6.1 害虫经济阈值的确定	273
5.6.2 检疫性害虫的风险分析	284
5.6.3 害虫物理防控技术	303
5.6.4 害虫综合防控措施	307
5.6.5 害虫为害损失研究	314

参考文献	329
------------	-----

第一章 绪论

1.1 昆虫生态学的发展历程

生态学是研究生物与环境相互关系的科学。它所涉及的领域非常广泛,研究的尺度有小有大。现代生态学不仅向宏观生态学发展,在种群、群落、生态系统乃至生物圈水平上揭示生命系统的奥秘,而且也在微观水平上研究环境对生命现象的影响机制,在分子、染色体、细胞、器官、组织水平探索生命现象的秘密,所以生态学是生命科学的前沿科学。

昆虫生态学是研究昆虫与环境相互作用机理和规律的科学,它是生态学中一个重要的分支科学。由于昆虫具有物种丰富、生活史短、体型小、易饲养等特点,在生态学研究中被用作试验材料,有许多生态学的重点理论、学说与方法是昆虫为试验对象的研究结果,使得昆虫生态学领先整个生态学的发展,为生态学的发展做出了卓越的贡献。

任何一个学科的发展都是以学术思想提升、技术设备进步、社会发展需求为基础不断前进的,昆虫生态学的发展也不例外。关于昆虫生态学的发展历程,不同的学者从不同角度给出不同的描述,一种是从学术思想的变化来提出昆虫生态学的发展过程。他们认为昆虫生态学发展的主要阶段与特点是:

(1) 研究对象以经济昆虫作为重点。社会需求是科技进步的前提条件之一。科学研究的结果是用于改造世界和建设世界,解决人类生产、生活中所遇到的问题。20世纪50—60年代,关于迁飞性害虫黏虫与东亚飞蝗的研究结果与应用举世瞩目,解决了它们严重为害农作物的问题。

(2) 研究内容从定性向定量方向发展。早期的生态学只是对一些生态学现象进行描述,无法进行机制与定量化研究。如对雌雄蚕蛾之间的吸引行为进行的描述。后期由于技术设备的进步,先进方法的引入,使定量化研究成为可能。如分析仪器在近几十年时间内,化学分析的精度提高了4~6个数量级,昆虫个体释放的纳克级信息素就可以满足化学生态学家定量分析的要求。种群生命表技术的引入、抽样理论的应用,为昆虫种群数量动态模型、竞争模型、突变模型等的建立和应用提供了方法保证。

(3) 研究尺度从个体向群体发展。从研究个体生态学问题到研究群体生态学问题,既是一个学术思想提升的过程,也是社会需求的表现。昆虫个体所具有的一些生态学特

征群体不一定具备,而群体的生态学特征个体也不具备,每个生物学层次都有自己特定的生态学特征,都有自己的发生发展规律,不能用下一个层次的特征与规律去解释上一个层次的特征与规律。生物个体之间相互联系、相互制约,联系形式复杂多样,需要在个体的基础上,运用综合的方法、整体的思想去研究一个生物学整体。

(4) 研究方向向宏观与微观两极发展。宏观与微观是从不同方向来揭示生命系统的奥秘。分子生物学技术和纳米技术等已经广泛用于昆虫生态学,形成了昆虫分子生态学,大大提高了昆虫生态学现象的分子机理研究水平。采用昆虫雷达技术、3S技术(卫星遥感监测系统、全球定位系统、地理信息系统)等技术使重大害虫迁飞行为的研究更科学准确。从生态系统水平揭示害虫成灾规律。

(5) 研究手段多学科相互渗透,分支学科不断涌现。由于研究内容的复杂化、精准化和整体化,所以学科之间的相互渗透是现代自然科学发展的共同特点。而生态学本身就是以多学科为基础的科学,它需要数学、化学、作物学、生理学、植物学、土壤学、气候学等学科的知识来支撑,形成了数学生态学、化学生态学、生理生态学、植物生态学及土壤生态学等。

另一种是按时间历程把昆虫生态学发展分为3个阶段,一是昆虫生态学成长期(至20世纪30年代),主要以个体生态学研究为主,兼顾种群生态学的研究;二是昆虫生态学成熟期(20世纪40—60年代),以经典的昆虫生态学内容,如昆虫生理生态学、昆虫种群生态学和昆虫群落生态学为主;三是现代昆虫生态学发展期(20世纪70年代以后),一些新兴的昆虫生态学分支学科,如昆虫数学生态学、昆虫经济生态学、昆虫化学生态学、昆虫行为生态学脱颖而出,并紧密地与害虫管理与控制结合起来,在害虫治理中发挥了重要作用。

1.2 昆虫生态学研究的主要内容

从昆虫生态学的定义来讲,昆虫生态学研究的内容相当广泛。如果从研究对象的生物学层次来划分,主要有以下4个方面。

(1) 昆虫个体生态学。主要研究气候因素、土壤因素及生物因素对昆虫个体的影响。它是以昆虫个体及其居住环境为研究对象,研究其与自然环境之间的相互关系,探讨环境因子对昆虫个体生长、发育及繁殖的影响以及昆虫个体对环境所产生的适应和生态适应的形态、生理及生化机制。

(2) 昆虫种群生态学。是以种群为研究单位,研究种群所特有的一些生态学特性。主要的内容包括昆虫种群的密度、出生率、死亡率、存活率等基本特征以及种群数量动态规律、种群数量变化的原因及调节机制。同时研究种群的空间分布、抽样方法以及捕食与寄生的种群数量动态变化规律。

(3) 昆虫群落生态学。它是以昆虫群落为研究对象,研究群落与环境间的相互关系,群落的组成、结构、分布、动态演替及群落的自我调节。同时研究群落的多样性、

稳定性及相似性。

(4) 生态系统生态学。在一定空间栖境内的所有生物群落及周围环境构成生态系统。我们关注更多的是农业生态系统,它是在人类的干预下,利用社会资源和自然资源来调节生物群落与非生物环境的关系,通过合理的生态结构和高效的机能进行物质循环与能量转换,并按人类的目的进行生产的综合体系。在这个农业生态系统中,昆虫(害虫)作为其中的生物组成成分,它参与物质循环和能量流动及信息传递,这与害虫控制具有密切关系,特别是现在热点研究的植物—昆虫—天敌 3 个不同营养级别相互关系。

如果从研究方法和研究内容来划分,昆虫生态学有很多分支学科。主要有:

(1) 昆虫分子生态学。是 20 世纪 90 年代兴起的一门生态学学科分支,它一经产生就引起了人们的广泛重视。不同的学者从各自的研究背景出发,对分子生态学的概念有着不同的理解。Burke 等(1992)和 Smith 等(1993)分别在《Molecular Ecology》的创刊号和第 2 期卷首语中解释了分子生态学的概念,他们认为分子生态学是分子生物学与生态学有机结合的一个很好的界面。它利用分子生物学手段来研究生态学或种群生物学的方方面面,阐明自然种群和引进种群与环境之间的联系,评价重组生物体释放对环境的影响。分子生态学研究的核心内容是利用各种分子遗传标记,检测生物体的遗传变异,分析和解释遗传变异,揭示遗传变异所反映的规律性东西,从而进一步阐明生物以及生物和环境之间是如何相互作用的,并推测生物演化到现今状态的历史过程以及未来可能的演变趋势。

昆虫分子生态学是指应用分子生物学的原理与方法、分子进化和群体遗传学的理论、系统发生学和数学的分析方法研究昆虫的种群变异、生态适应与遗传进化等生态学问题的一门学科。如应用现代生物技术研究不同地理害虫种群的 DNA 多态性;载入昆虫迁飞、滞育、抗药性、生活型和翅型分化、抗寒耐热等的分子机理的研究。

(2) 昆虫行为生态学。主要是研究昆虫行为特性、机制、特点及适合度等进化过程。行为生态学的基本理论包括自然选择、性选择、自私基因、适合度和广义适合度、行为功能和进化稳定策略等 6 个方面。

昆虫与外界联系的所有方式都要通过其各种行为表现出来。如昆虫在繁殖过程中所表现的各种行为,主要包括两性之间的识别、求偶、交配和产卵等。昆虫在取食过程中也表现出各种行为,如寄主定位、寄主选择、攻击与防卫、采食标记等。为了更好地适应环境,昆虫的行为反应除了本能外,往往还表现为学习行为,昆虫的许多行为反应是先天性行为和学习行为结合的结果。

昆虫行为生态学是昆虫行为学和昆虫生态学两个学科的交叉学科,主要研究昆虫行为特性、机制、昆虫行为的生态学意义和进化意义。研究昆虫的行为功能、存活值、适合度和进化过程。如迁飞性害虫的迁飞途径、迁飞能力、迁飞高度以及迁飞与气象因素关系的研究;再如昆虫的觅食行为、领域行为、生殖行为、寄主选择等生态学问题。

(3) 昆虫化学生态学。生物之间的通讯系统是生物圈各种生物之间建立相互联系的工具,也是维系生态系统内物质和能量流动的基本因素。探索生物之间的通讯方式并对其加以利用是现在也是未来有害生物综合治理的关键措施之一。自 1959 年人类从雌

蚕中分离、鉴定了第一个昆虫性信息素——蚕醇以来,昆虫化学生态学得到了迅速的发展。特别是随着分析化学及分子生物学的发展,昆虫对外界信号物质的感受机制研究也取得了长足的发展。

昆虫化学生态学是昆虫生态学和化学的交叉学科。自然界中生物之间的化学联系是普遍存在的。昆虫之间的化学通讯是研究比较详尽的。主要研究化学信息及感受机制、昆虫与昆虫之间、昆虫与植物之间、害虫—植物—天敌三者之间的化学联系及其机制。如昆虫的性信息素、植物次生性化学物质及其对昆虫行为的影响的研究。昆虫感受外界化学信号物质的分子机制等。

(4) 昆虫生理生态学。是昆虫生态学与生理学的交叉学科,研究昆虫对环境适应性的生理机制。如研究温度、湿度等气候因子对昆虫生长、发育、生殖、存活的影响;在逆境条件下,昆虫的生理适应、行为适应及生物能量学等。近代的昆虫生理生态学,一方面向分子生态学等更微观的方向发展,另一方面,也加强了与种群生态学、群落生态学结合点的研究。

(5) 昆虫进化生态学。是昆虫生态学和进化生物学的交叉学科,研究昆虫在时间与空间中的互作和变化规律以及研究昆虫如何在复杂的环境中,不断地演变并获得完美的结构和相互适应能力的学科。如昆虫在生理生态适应(即驯化)、表型适应和遗传型变异等;再如个体、性别、种群、物种及群落之间的生态关系及其这些生命层次上个体的生存、繁衍对物种演化和分布格局的影响的研究。

(6) 昆虫数学生态学。是昆虫生态学与数学的交叉学科,是用数学方法定量研究昆虫生态系统变化过程的学科。如利用统计分析对昆虫种群数量特征和数量动态的研究。利用计算机进行生态过程模拟试验。目前越来越多的数学理论和数学方法应用于昆虫生态学的研究,如偏微分方程、运筹学、矩阵理论、动力系统、分形理论、随机过程、时间序列、统计学等,这些数学理论和方法都已应用于解决昆虫生态学中的问题。而计算机和一些软件的应用使数学生态学研究得到了快速发展,使得大规模计算成为可能,提高了昆虫数学生态学的研究水平。

1.3 害虫控制与昆虫生态学的关系

害虫控制是作物生产中的一个重要内容,它是通过综合运用不同的技术与方法把害虫的种群数量控制在造成经济为害的水平之下,为此提出害虫的综合治理,其理论基础是昆虫生态学。要想经济、安全、高效地管控农作物上的害虫数量,使其不能造成经济损失,就要应用昆虫生态学的相关知识提出相应的解决办法,也就是理论与实践的结合。

1.3.1 害虫综合治理的生态观

农业害虫的发生与发展是人类从事农业生产活动的伴随产物。随着人类由渔猎生活发展到种植作物,农作物害虫问题也就随之出现。害虫综合治理(Integrated Pest Management, 简称 IPM)概念是在总结人类以前害虫防治经验教训,特别是 20 世纪 40—60 年代单一依赖化学药剂防治导致“3R”(Resistance, 抗性:长期单纯大量施用广谱性杀虫剂,导致害虫的抗药性增强,防治效果下降;Resurgence, 再猖獗:大量杀伤天敌引起害虫再猖獗和次要害虫上升;Residue, 残毒:对环境的污染和农产品的残毒也越来越严重)问题愈来愈突出的情况下发展起来的。

害虫综合治理是运用综合技术防治可能为害作物的各种潜在害虫的一种方法。它包括最大限度地依靠自然对害虫群体的控制作用,辅以对防治有利的各种技术的综合,如耕作防治害虫专性疾病、抗虫作物品种、不育技术、天敌释放等。化学防治则视需要而定。

1979 年,生态学教授马世骏根据国外害虫综合治理的发展动态,对害虫综合治理的定义修改为从生态系统的整体观点出发,本着预防为主指导思想和安全、有效、经济、简便的原则,因地因时制宜,合理运用农业、生物、化学、物理的方法以及其他有效的生态手段,把害虫控制在为害的水平以下,以达到保护人畜健康和增产的目的。

近年来,国内外学者又提出了害虫生态调控策略。如 1996 年,美国国家研究委员会的有关专家提出以生态学为基础的害虫管理(EBPM)体系。IPM 和生态调控策略或 EBPM 在理论上是一致的,均要求根据生态学、经济学和生态调控论的基本原理,按照功能高效、结构和谐、持续调控、经济合理的原则,强调充分发挥农田生态系统内一切可以利用的能量,综合使用包括害虫防治在内的各种生态调控手段,对生态系统及其作物—害虫—天敌食物链的功能流(能流、物流、价值流)进行合理的调节和控制,变对抗为利用,变控制为调节,化害为利,将害虫防治与其他增产技术融为一体,通过综合、优化、设计和实施,建立实体的生态工程技术,从整体上对害虫进行生态调控,以达到害虫综合治理的真正目的——农业生产的高效、低耗和可持续发展。

从以下害虫综合治理的特点也可以看出它与生态学的关系。

(1) 允许害虫在经济受害允许水平下继续存在。它允许少数害虫存在于农田生态系统中。它有利于维持生态多样性和遗传多样性,它们为天敌提供食料或中间寄主,使害虫天敌得以生存,加强和维持自然控制。

(2) 以生态系统为管理单位。害虫在田间并不是孤立存在的,它与生物因素和非生物因素共同构成一个复杂的、具有一定结构和功能的生态系统。改变系统中任何基本成分都可能引起生态系统的扰动。当对某一些有害生物进行防治时,任何措施都有可能影响另一些有害生物。

(3) 充分利用自然控制因素。在自然界中由于大多数害虫自身的生物学特性和自然界存在的自然控制因子的抑制作用,使其种群数量不能达到经济为害水平。

(4) 强调防治措施间的相互协调和综合。防治措施的具体应用则有赖于特定农业生态系统及其有关害虫的性质。这些措施中的农业防治措施、物理防治措施、生物防治措施及化学防治措施都包含昆虫生态学的原理与方法。

(5) 强调害虫综合防治体系的动态性。农业生态系统是一个动态系统,害虫种群及其影响因素也是动态的。因此,综合防治计划应随害虫问题的发展而改变。

(6) 提倡多学科协作。因为农业生态系统的复杂性,要想获得最佳管理对策,没有多学科进行协作是难以进行的。

(7) 经济效益、社会效益、生态效益全盘考虑。防治害虫的最终目的是为了获得更大的3个效益,没有一种害虫防治策略只考虑经济效益。

1.3.2 害虫防治的实践

据联合国粮农组织统计,世界范围内每年因虫害造成的损失为14%。我国范围内主要发生的害虫种类有838种。20世纪90年代我国棉铃虫大发生,棉农为防治其为害,3d防治一次,5d施用农药一次,使得棉铃虫的抗药性迅速提高到108倍。结果,棉铃虫非但未被制住,反而变本加厉,不仅取食棉花、小麦、玉米,而且啃食瓜果、蔬菜,棉农形象地说棉铃虫是“除了电线杆子不吃外,什么都吃”。20世纪90年代以来,由于全球性气候异常和国内耕作制度改变等原因,促使害虫在我国进入了一个发生高峰期,棉铃虫、小麦吸浆虫、麦蚜等都有明显加重的趋势;暴发性害虫草地螟、黏虫和蝗虫等在有些地区再度猖獗。这个期间,全国年平均病虫草鼠害发生达到2.36亿亩次,比80年代增加26%。1989—1992年在大面积防治条件下,仍年均损失粮食1175万t、棉花31.5万t。

为了提高产量,防止和减少有害生物造成的损失,人类与有害生物进行了不断的斗争,取得了辉煌的成就。以我国粮食产量的提高为例,自新中国成立以来,我国粮食单产净增3倍以上,化肥、农药和灌溉条件的改善都起到了重要的作用。

为了保证粮食等作物的产量,我们每年约有2.6亿kg的原药施用于农田。但每年粮食的损失仍达106亿kg、棉花近20亿kg。大量施用化学农药的后果必然造成环境的污染,病虫害的更加猖獗,资源的贫乏和持续发展的障碍。化学农药不仅在生产过程中造成“点源性”环境污染,更重要的是在使用过程中的“面源性”的污染。全世界每年化学农药使用总量300万t(纯药),品种14000个,常用40个左右;在中国,每年农药使用总量约23万t,其中水稻、棉花作物的用量占农田总用量的30%~40%。如此巨大的农药使用量,其效果是只有非常少的一部分农药真正起到了杀虫防病的作用,绝大部分剩下的农药都释放到了环境中去。虽然全世界DDT的使用面积仅占地球陆地面积的2%,但在格陵兰岛的企鹅体内也发现了DDT。农药使用也带来农业生产力的下降,中国耕地本来就紧缺,受包括农药在内的污染面积却已近0.2亿 hm^2 ,每年因此损失粮食100亿kg以上。特别是化学农药中难以降解的成分,被土壤牢牢地吸附着,而有些对人类有害的成分则在环境中移动、分解、变化。当农药喷洒在地表或渗到地下水中,就有可能被其他植物吸收。通过生物放大作用,农药在生物组织中的浓度会达到对人类

或其他群体产生相当大的毒害程度。如 DDT 的生物浓集常数已达 84500, 土壤吸附常数达 238000。由于长期大量滥用化学农药, 目前已有 500 多种害虫和螨类对一种或一种以上的化学农药产生了抗药性。其中棉蚜对菊酯类抗药性已达 12576.8 倍, 甘蓝蚜达 2123 倍, 花生蚜达 12.1 倍, 烟桃蚜达 834 倍, 棉铃虫达 108 倍。害虫抗药性的增加使得农药使用量增加, 造成恶性循环。

生态系统的破坏造成天敌大量死亡, 种群数量下降, 甚至灭绝。在农田生态系统中, 天敌对害虫的控制作用在 50% 以上, 天敌和抗性品种的综合控害作用超过 80%。也就是说, 利用农田生态系统中自然控制的力量是非常重要的内容。

人类针对防治害虫所产生的一系列问题与后果, 新的防治策略、新的害虫治理技术及新的相关设备不断出现, 不断地丰富着昆虫生态学理论和害虫综合治理。如大面积种群治理 (APM), 全部种群治理 (TPM) 及害虫综合治理 (IPM) 等防治策略。转 Bt 基因棉花、烟草、大豆、番茄等在防治棉铃虫、烟青虫等方面取得巨大成就; 红外线技术、微波技术、高压静电等技术在防治仓储害虫等方面做出了巨大贡献; 各种性诱剂、迷向剂、报警激素成为害虫生态调节的重要手段; 先进的纳米技术、3S 技术、昆虫雷达技术等已经在害虫预测预报中发挥了巨大的作用。相信在不远的将来, 人类依据生态调节理论使害虫不再为农业生产带来损失, 不再为我们的生活带来烦恼。

