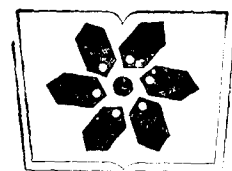


昆虫数学生态学

丁岩钦 著

科学出版社



中国科学院科学出版基金资助项目

昆虫数学生态学

丁岩钦 著

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书应用数学的理论与方法对昆虫生态学中的一系列问题进行了数学分析和模拟。全书分为 4 篇共 11 章,主要内容有:(1)数学生态学在现代生态学中的地位;(2)抽样技术;(3)昆虫种群数学生态学;(4)昆虫群落系统数学生态学;(5)害虫管理系统工程。本书是作者从事昆虫数学生态学研究近 40 年的工作总结,它将昆虫生态学与数学生态学有机地结合在一起,是我国第一部昆虫数学生态学专著。

本书可作为从事生态学、数学生态学、植物保护、环境保护、有害生物控制与生物资源管理研究的科研人员及有关院校师生的教材和参考书。

昆 虫 数 学 生 态 学

丁 岩 钦 著

责任编辑 李 锋

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1994 年 2 月第一次印刷 印张:41 3/4 插页:2

印数:1—850 字数:969 000

ISBN 7-03-003695-6/R·188

定 价: 49.00 元



丁岩钦 中国科学院动物研究所研究员，
《昆虫知识》副主编。生于1928年12月，山西省文水县人，1953年毕业于西北农业大学植物保护系。1961年中国科学院“昆虫生态专业”研究生毕业。主要从事东亚飞蝗、棉花害虫的种群动态与控制的研究。在国内率先开展了“昆虫数学生态学”与“害虫管理系统工程”的研究工作，并相继在“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的种群动态与管理决策等多种数学模型。1980年出版了《昆虫种群数学生态学原理与应用》，成为国内外本领域的第一本专著。在害虫管理方面，提出了“害虫种群的生态控制”对策的理论与方法，用以替代国内外采用的“害虫种群的综合防治”对策。并对“害虫管理系统工程”的内涵、结构体系及其哲学思想与方法论进行了系统的论述。在东亚飞蝗蝗区研究中，1993年首次提出了我国东亚飞蝗新蝗区——“海南热带稀树草原蝗区”，本蝗区的特征、成因及其生态控制对策与大陆蝗区迥异，这对我国飞蝗的研究无论在理论上与生产上均有重要意义。多年来研究的范围，包括生理生态、种群与群落生态、行为生态诸领域，发表论文70多篇，专著两本、合著一本、翻译专著一本。对东亚飞蝗、棉花害虫的研究，曾获国家自然科学奖二等奖、国家科技进步奖三等奖各一项，中国科学院重大成果奖二项，中国科学院科技进步奖一等奖与二等奖各一项。

前 言

数学生态学是近 20 年来发展较快的一门新兴边缘学科。它的诞生,无论在哲学思想与方法论方面,还是在解决生产实际问题的深度与广度方面对生态学均有深远的影响。

关于数学生态学的结构组分,作者根据数学生态学的发展过程,分析了对生态学的思想体系与方法论影响的演变关系,并结合生产应用实际,提出了本书的数学生态学结构内容。它系由统计生态学、理论生态学与系统生态学三部分组成。这样就使数学生态学从学科的组织结构以及理论与应用上,进一步构成了一个完整的学科体系。

昆虫是动物界中最大的类群,任何环境均有昆虫存在,并有其独特的行为生态特性,与人类有密切的利害关系。对昆虫的数量预测与符合经济及生态规律的管理,一直被国内外列为重点研究课题,也是我国“六五”、“七五”、“八五”的国家攻关项目。而对其预测与管理的理论基础与方法,就是昆虫数学生态学的重要内容。因此昆虫数学生态学将不仅对昆虫的控制与利用有一定的实用意义,而且对其他生物资源的管理与有害生物的控制亦有一定的参考价值。但作为一本完整的《昆虫数学生态学》专著,至今尚未问世,仅有拙著《昆虫种群数学生态学原理与应用》(科学出版社,1980)一书,而此书只述及昆虫种群部分,且 80 年代以来的进展均未列入。

本书的内容、结构及其特点:全书分 4 篇共 11 章,由五部分中心内容组成。① 数学生态学的范畴及其对现代生态学的影响。系根据数学生态学的诞生与发展历史对生态学的发展与应用以及在哲学思想与方法论等方面的影响进行了分析,提出了作者对本学科的学术思想、结构体系与研究范畴的设想。② 昆虫种群数学生态学。系在拙著《昆虫种群数学生态学原理与应用》的基础上,结合近 10 年来作者的研究与国内外研究成果,重新整理而成,除将最后一章全部删去外,其余均进行了改写与合并。使列入书中的种群理论模型,模型的参数均具有其生物学意义,并对各理论模型的行为结构、组建模型过程中如何增加参数亦进行了说明,进而又对各主要模型的行为特性进行了比较,为对此领域有兴趣的读者提供了深入研究的途径。为了保持本书的完整性,书中有许多数学模型均是首次出现。例如在种间作用关系的五种形式中,过去数学生态学中仅有竞争、相克与共生三种形式的模型,本书中将另外两种形式:种间偏利模型与种间偏害模型一并提出。并在多种捕食者与多种猎物关系模型中,增加了不同作用方式的模型以及寻找效应与温度关系的模型,这样不仅使种间作用关系全部用模型表达,而且增加了本类模型在生产实际中的应用广度。③ 昆虫群落数学生态学。群落系统是生态学重要组成部分,但在过去生态学书中仅有定性描述,成为生态学领域中的薄弱分支学科,由于群落的定义、研究范畴与研究方法常与生态系统重叠,故本书将群落与生态系统合并,这样不仅对群落系统赋予更符合于生态学的定义,而且对群落系统的营养结构、组分结构、资源分配对策以及群落演替等分别给出了特征描述与数学模型,并对群落系统内的物流和能流的获得、转移与分配,进行了模型的组建与分析,使这门多年来仅限于定性描述的分支学科,赋予了动态的定量

关系的描述。④为了使害虫管理问题符合经济生态学规律,特设了“第四篇害虫管理系统工程”。本篇中首先对害虫管理的经济-生态学原则、害虫管理系统工程的概念与特征以及工程的设计与组装,进行了较为详细的阐述,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害虫管理实例,以供读者选择。由于害虫管理系统工程是一门新兴的综合应用学科,正处于发展与形成阶段,许多方法尚不成熟,仍在探索之中,加之害虫管理系统的复杂性,已有的一些数学方法在应用上并不理想,尚需改进与完善。另一些新的数学方法急需研究与提出,以适应这个领域的需求,为使这门学科得以迅速发展,为了我国生产实际的需要,作者以最大的勇气对这门学科根据自己的理解,进行了较为系统的概述,目的在于抛砖引玉。恳请国内有关学者共同努力,共同培植,使这门学科早日在我国开花结果,这是作者的最大愿望。⑤为使决策信息的收集,建筑在可靠的水平上,书中根据昆虫种群空间分布型的特征、种群行为特性,结合抽样理论,提出了适用于昆虫的各类抽样技术模型,以使获得的昆虫决策信息更经济、准确、可靠。这些抽样模型中包括各种估值抽样模型、风险决策抽样模型,“0,1”抽样模型等,各类抽样技术既有抽样模型的组建原理,模型中又纳入了该种昆虫的分布型参数或经济阈值,是当前较为完整的昆虫抽样模型。根据上述五点内容,这就使本书在学术思想上全面地包含了统计生态学、理论生态学与系统生态学的内容,并使其有机地融为一体,组成数学生态学的基本内容,这亦是作者对数学生态学的组成结构的定义。在实际应用上,书中包含了从决策信息的收集技术,到种群水平、群落水平的模型组建与分析,最后述及复合群落生态系统的优化、协调、综合管理,这就使本书可以在不同层次水平上进行分析、模拟、预测与管理,具有完整的应用功能体系。

本书的另一特点,是用数学理论与方法对昆虫生态学的种群系统、群落系统各个组织水平及其中作用因素之间的关系,分别进行了分析、描述与模拟,完全保持了生态学结构的完整性、层次的系统性与整体的一致性。书中无论数学模型的组建,或模型的实际应用,大都密切结合生物学实际,力求避免纯数学的推导。

总之,本书的形成是国内外大量成果与作者近40年来从事这门学科研究与体会的结晶。书中不妥之处请予以指正。若本书能为我国生态学理论的发展与国家生产建设的需要有所贡献,作者将感到无限欣慰。

本书稿荣获中国科学院科学出版基金资助,使其得以面世。又承科学出版社将本书列为重点出版专著,在此表示感谢,在写作过程中,曾得到马世骏教授、朱弘复教授、管致和教授的关怀,我的夫人任慧英同志、女儿丁雷协助制表、绘图、抄写、校对,做了大量繁琐工作,特此一并致谢。

丁岩钦

1991年12月

目 录

前言

第一篇 数学生态学的范畴及其对现代生态学的影响

第一章 数学生态学在现代生态学中的地位	2
一、生态学的定义与组织层次	2
(一) 生态学的定义	2
(二) 生态学的组织层次结构	3
(三) 现代生态学的发展途径	3
二、数学生态学在生态学中的地位及发展简史	4
(一) 数学生态学在生态学中的地位	4
1. 数学生态学对生态学发展的作用	4
2. 数学生态学与数学模型	5
(二) 数学生态学的发展简史及其对生态学的哲学思想、方法论的影响	8
(三) 数学生态学及其研究范畴	10
三、昆虫数学生态学在数学生态学中的作用	11

第二篇 昆虫种群系统特征及其数学模型

第二章 昆虫种群系统概述	14
一、种群与种群生态学	14
(一) 种群与种群的定义	14
1. 种群 (population)	14
2. 种群的定义	14
(二) 种群生态学及其研究范畴	14
1. 种群生态学	14
2. 种群生态学的定义	15
3. 种群生态学的研究范畴	15
(三) 种群数量动态在种群生态学中的地位	15
二、种群动态的时间、空间、数量结构及其数学模型	15
第三章 昆虫种群的空间分布型及抽样技术	22
一、昆虫种群的空间分布型	22
(一) 种群空间结构的频数分布及其理论模型	22
1. 均匀分布	22
2. Poisson 分布	23
3. 负二项分布	25
4. Neyman 分布	36
5. Poisson-二项分布	41
(二) 影响昆虫种群分布型的因素	43
(三) 分布型指数及其在生物学中的意义	44

1. 扩散系数 (C)	45
2. 负二项分布的 k 值	47
3. 扩散型指数 (I_d)	48
4. Taylor 幂法则公式	50
5. 平均拥挤度 (m^*)	51
6. m^*/m 指数	53
7. m^*-m 关系作为检验聚集型的指数	53
8. 改进的 Iwao 模型	55
9. L 指数——估计个体群平均大小的指数	57
10. ρ 指数——估计个体群面积的指数	57
二、抽样理论在昆虫种群中的应用	58
(一) 抽样理论的基础与昆虫种群的特殊性	58
(二) 随机抽样	59
1. 总体与抽样	59
2. 抽样误差估计	60
3. 样本平均数的置信区间估计	60
4. 理论抽样数模型	62
(三) 分层抽样	69
1. 层的鉴定	70
2. 分层抽样的平均数与标准误差	71
3. 分层抽样理论抽样数模型	73
4. 几种抽样模型相对精确度的比较	80
5. m^*-m 关系方程的分层抽样公式	83
6. 成数的分层抽样	84
(四) 最适抽样单位的决定	84
1. 选择抽样单位的标准	84
2. 同一精确度下, 不同抽样单位的相对抽样数比较	85
3. 同一精确度下, 不同抽样单位间相对效应的比较	88
4. 同一精确度下, 不同抽样单位在时间消耗方面的比较	89
5. 消耗函数固定, 不同抽样单位相对精确度的比较	91
(五) 阶层抽样	92
1. 二阶抽样模型	92
2. 三阶抽样模型	97
3. m^*-m 关系的阶层抽样模型	97
(六) 标志-回收技术估值法	100
1. Peterson 法	101
2. Jackson 法	101
3. Bailey (1952) 法	105
4. Jolly (1965) 的随机方法	106
5. Schumacher 和 Eschmeyer 估值法	110
6. Edward 和 Eberhardt 估值法	110
7. Begon 标志估值法	110
(七) 序贯抽样	111
1. 分布型属负二项分布的序贯抽样模型	116
2. 分布型属随机分布的序贯抽样模型	120
3. 成数的序贯抽样模型	120

4. m^*-m 关系的序贯抽样模型	121
5. 二阶抽样的序贯分析	122
6. 应用经济阈值(T)与害虫捕食者比值相结合的序贯抽样模型	125
(八) 应用 0,1 抽样技术估计田间种群密度	126
1. 种群呈负二项分布时利用零样频率(p_0)估计种群密度(m)的方程	126
2. 种群呈随机分布时,其零样频率(p_0)与种群密度(m)关系的方程	130
3. 应用 Taylor 幂法则模型,表示 p_0 与 m 关系的方程	130
4. 种群呈 Neyman 分布 A 型时,表示 p_0 与 m 关系的方程	131
5. 应用 m^*-m 关系模型,表示 p_0 与 m 关系的方程	131
6. 被害株率(p)与种群密度(m)关系的经验方程	132
第四章 单种种群系统的结构特征及其数学模型	135
一、单种种群生长型的特征及其数学模型	135
(一) 单种种群生长型的特征	135
(二) 单种种群生长型的数学模型	135
1. 重叠世代种群生长型的模型	136
2. 离散世代种群生长型的模型	143
(三) 棉盲蝽在棉田内种群生长型的特征与分析	150
二、种群过程与生命表	153
(一) 种群过程	153
1. 种群特定年龄的存活率	153
2. 种群特定年龄的生殖率	154
(二) 种群生命表	155
1. 生命表的基本方程	155
2. 生命表的类型	158
3. 矩阵模型	170
(三) 种群生命表的参数估计及其分析	179
1. 种群生命表的参数估计	179
2. 种群存活率特征及其数学模型	181
3. 种群生殖力特征及其数学模型	190
(四) 种群生命表的应用	195
1. 利用特定年龄生命表确定种群的总变化	195
2. 利用特定年龄生命表确定进入某阶段的数量	196
3. 利用生命表估计生殖力、死亡率与迁移量	199
4. 利用生命表进行主导因素分析	201
三、种群密度及其对种群调节的数学模型	215
(一) 密度制约因素与非密度制约因素	215
(二) 密度制约与非密度制约因素对种群参数的作用比较	216
(三) 密度制约与非密度制约因素对种群生长型振幅的作用	217
(四) 密度因素对种群数量的调节作用	217
(五) 种群调节及其模型	220
1. 种群调节的一个通用模型	221
2. 种群系统的稳定性估计	223
(六) 种群密度调节作用下的种群模型	223
四、种群的扩散与迁移及其数学模型	225

(一) 种群扩散的意义	225
(二) 种群扩散力的估计	226
1. 种群偏离度的估计	226
2. 种群扩散率	226
3. 种群密度随中心点距离下降的表示式	227
4. 种群密度与距离关系的模型	227
5. 种群扩散距离的估计模型	228
6. 种群扩散距离的概率模型	228
(三) 两区之间种群相互交换率的估计	230
(四) 不标志个体方格记数法的应用	231
第五章 多种种群的作用系统特征及数学模型	233
一、多种种群的偏利与偏害系统及其数学模型	233
(一) 多种种群的偏利系统及其数学模型	233
(二) 多种种群的偏害系统及其数学模型	234
二、多种种群的共生与互惠协作系统及其数学模型	235
(一) 共生与互惠协作系统的特征	235
(二) 互惠协作系统的模型	235
(三) 共生系统的模型	236
三、种间竞争作用系统及其数学模型	236
(一) 种间竞争的作用关系	236
(二) 种间竞争的数学模型	240
1. 种间竞争作用的微分方程	240
2. 种间竞争作用的差分方程	250
四、捕食者-猎物作用系统及其数学模型	252
(一) 天敌与寄主(捕食者与猎物)种群数量变动的关系	252
1. 天敌对寄主种群变动作用的特点	253
2. 天敌的种类及其作用方式	253
3. 天敌与寄主间种群变动的复杂关系	255
(二) 捕食者-猎物系统中的捕食作用	256
1. 功能反应类型及数学模型	257
2. 数值反应类型及数学模型	264
3. 捕食作用的总反应	267
(三) 捕食者-猎物系统的数学模型	269
1. 世代重叠类型的数学模型	270
2. 世代不重叠类型的数学模型	279
3. 多种捕食者-猎物系统的数学模型	296
4. 捕食者寻找效应的估计	303
5. 捕食者对猎物选择效应的估计	310
6. 应用于自然界中捕食者-猎物关系的模型	315
7. 对捕食作用的估计技术	316
第六章 环境因素对昆虫种群的作用及其数学分析	318
一、气象因素对昆虫种群的作用关系	318
(一) 温度	318
1. 昆虫发育速度与温度关系的数学模型	318

2. 温度与昆虫发育累积率的模型	326
3. 昆虫发育起点温度与有效积温的估计	329
(二) 湿度	332
1. 湿度与昆虫的生长发育及数学模型	332
2. 湿度与昆虫的行为活动的关系	334
(三) 温湿度的综合作用	334
(四) 光	339
1. 昆虫对光的识别与选择	339
2. 光强度对昆虫的行为活动及其数学模型	340
3. 昆虫对光周期的反应	344
4. 昆虫两性引诱与光的关系	345
5. 光对昆虫活动的干扰与驱避	345
(五) 风	346
二、食物因素对昆虫种群的作用关系	348
(一) 昆虫食物成分含量与危害的关系	348
(二) 食物对昆虫生长发育和存活率的作用	348
(三) 食物对种群生殖力和寿命的作用	350
(四) 种群取食的数学模型	351
1. 植食性昆虫与其寄主植物系统的数学模型	351
2. 种群取食及种群对食物竞争的数学模型	352
(五) 昆虫取食对策模型及其栖境中食物聚块的估计	355
1. 昆虫取食对策模型	355
2. 食物聚块特征及其估计	357
3. 取食量的估计	357
三、环境因素对昆虫种群动态作用的数学分析	359
(一) 种群时间序列的分析	359
1. 种群时间序列的关联性检验与因素分析	360
2. 谐波分析	367
3. 自相关与自回归	371
4. 随机序列与周期方程的分析	376
5. 马尔可夫链转移概率分析	384
(二) 回归分析	386
1. 线性最小二乘回归	387
2. 逐步回归	399
3. 二次回归旋转设计	403
(三) 系统分析在种群系统中的应用	410
1. 系统中物体的行为描述	411
2. 系统分析的特点	413
3. 系统分析的步骤	414
4. 系统分析的实例	416

第三篇 昆虫群落系统的特征及其数学模型

第七章 群落系统的特征及其数学模型	426
一、群落与群落生态系统	426

(一) 群落及其特征	426
1. 群落的营养结构	426
2. 群落的组分结构	426
(二) 群落生态系统及其研究范畴	427
二、群落系统的营养结构	427
(一) 群落的食物链与食物网	427
(二) 群落食物链的数学模型	429
1. 简单的食物链模型	429
2. 复合的食物链模型	429
3. 具有相互干扰与时滞效应的食物链模型	430
三、群落系统的组分结构	431
(一) 群落组分结构动态的环分析	431
1. 环分析概述	431
2. 环分析在群落结构分析中的应用	433
(二) 群落的多样性分析	437
1. 种-多度关系模型	437
2. 种的多样性指数	442
(三) 群落结构的复杂性与相似性分析	447
1. 群落复杂性指数	447
2. 群落的丰富度与均匀性	447
3. 种-面积关系指数	449
4. 群落的相似性测定	450
(四) 群落的排序和分类	455
1. 群落的排序	455
2. 群落的分类技术	466
四、群落系统中资源分配的对策	476
(一) 物种在群落中的生态位及其数学模型	477
1. 生态位的定义	477
2. 生态位宽度指数	478
3. 生态位重叠度指数	479
4. 生态位的维度	485
(二) 生态位在群落系统中的作用	486
五、群落系统的演替及其数学模型	490
(一) 群落的演替	490
1. 群落演替的概念	490
2. 昆虫群落的分布及其特点	492
(二) 群落演替的特征	495
1. 演替的方向	495
2. 演替的速度	495
(三) 群落演替的数学模型	495
第八章 群落生态系统特征及其数学模型	500
一、群落生态系统中的能流及数学分析	500
(一) 初级生产与次级生产的特征及其分析	501
1. 初级生产及其数学模型	501

2. 次级生产及其数学模型	503
3. 生态效率	504
(二) 网络分析	505
1. 经济学的输入-输出分析	505
2. 食物网分析模型	506
(三) 作物-害虫-天敌多层次营养水平能流的获得与分配模型	506
二、物流在群落生态系统中循环的模型组建与分析	508
(一) 热带雨林生态系统中镁循环的模型	509
(二) 水体生态系统中磷转移的系统模型及灵敏度分析	511
(三) 作物群落生态系统中物流转移模型	515
 第四篇 害虫管理系统工程 	
第九章 害虫管理系统工程的概念与特征	518
一、害虫管理系统工程的概念	518
(一) 害虫管理的原则	518
1. 害虫管理的生态学原则	518
2. 害虫管理的经济学原则	520
(二) 系统工程在害虫管理中的应用	520
二、害虫管理系统工程的特征	522
(一) 当前害虫控制对策出现的问题	522
(二) 害虫管理系统工程的特征	523
(三) 害虫管理系统工程与普通工程在研究、设计方面的区别	525
1. 两系统基本结构特征的不同对工程设计的影响	525
2. 两系统主导作用因素的不同对工程设计的影响	525
3. 系统的动态性与演化性	525
4. 数学在描述与分析两系统过程中的作用	526
三、害虫管理系统工程的设计与组装	526
(一) 害虫管理系统的目标函数	526
(二) 害虫管理系统的边界	527
(三) 系统的约束条件	528
(四) 系统的分解	529
(五) 系统的设计与组装	530
(六) 系统的优化	532
第十章 害虫管理系统的分室模型	535
一、害虫管理系统模型的主要内容	535
二、害虫管理分室模型的组建	536
(一) 害虫种群动态的计算机模型	536
1. 昆虫发育与生理时间的测度	536
2. 厢车模型	536
3. 时变分布延迟过程模型	540
4. 模拟模型的适合性比较	545
(二) 捕食者-猎物系统的计算机模型	547
1. 功能反应的模型	548

2. 数值反应的模型	549
3. 多种猎物的功能反应模型	550
(三) 作物生长发育的模型	551
1. 经典的生长模型	551
2. 棉花生长发育模拟模型	554
3. 大豆生长模型	559
4. 柑桔生长模型	561
5. 植株密度与作物产量关系的数学模型	563
6. 田间作物间的竞争模型	564
(四) 害虫对作物的危害损失及其数学模型	565
1. 作物由病虫害危害造成损失的通用模型	565
2. 刺吸式害虫危害对作物生长作用模型	567
3. 果树红叶螨危害与果实生长关系的模型	567
4. 棉盲蝽对棉株危害损失的模型	568
(五) 害虫不同空间分布格式对作物产量损失关系的数学模型	571
1. 作物对害虫危害的反应类型	572
2. 作物产量损失与作物遭害虫危害后不同反应类型的数学模型	572
3. 作物产量损失与害虫不同空间分布型关系的数学模型	573
4. 害虫种群密度与空间分布型对作物危害损失的实例分析	575
(六) 害虫种群经济阈值的概念及数学模型	577
1. 经济阈值的概念	578
2. 害虫种群经济阈值的数学模型	581
(七) 天气模拟模型	590
1. 降水量模拟模型	591
2. 温度和太阳辐射量的模拟模型	593
三、害虫管理的经济决策及其决策模型	594
(一) 害虫危害的风险管理决策	595
(二) 害虫管理的静态决策与多目标决策	598
1. 静态决策	598
2. 多目标模糊决策模型	600
3. 多目标决策分析中常用的决策方法	603
(三) 害虫管理的多阶段动态决策	604
1. 原理与方法	604
2. 建模与决策	607
3. 灵敏度分析	607
(四) 层次分析在决策分析中的应用	609
1. 层次分析的基本原理	609
2. 层次分析的具体步骤	609
第十一章 害虫管理系统模型的组装与优化	614
一、害虫管理系统模型的组装	614
(一) 害虫种群系统的管理模型	614
(二) 作物-害虫系统管理模型的组装	616
1. 作物-害虫系统模型	616
2. 作物-害虫管理系统模型	617
3. 系统的灵敏度分析	619

二、害虫管理系统工程的优化控制.....	621
(一) 模拟法在害虫管理系统中的应用	621
(二) 最大(小)值原理在害虫管理中的应用	624
1. 最大(小)值原理	624
2. 害虫-天敌系统的优化管理模型.....	625
(三) 线性规划在多种害虫优化管理中的应用	629
(四) 动态规划在害虫管理中的应用	634
1. 模型的内容	637
2. 动态规划方程	639
3. 动态规划在害虫管理中的应用	641
主要参考文献.....	648

第 一 篇

数学生态学的范畴及其 对现代生态学的影响

第一章 数学生态学在现代生态学中的地位

近 30 年来,在宏观生物学领域中,生态学无论是理论方面还是应用方面都是发展最快的一门分支学科,究其原因主要有二:一系本学科密切与其他社会、自然学科相结合,形成许多边缘学科,如数学生态学、化学生态学、环境生态学、经济生态学等。这就使得自然界中许多复杂的生态学问题有深入探索其作用机理的可能,有走向量化的可能,有对生产实际中提出的生态学问题进行预测与管理的可能。另一系本学科密切与当代重大的社会经济发展实践相结合,许多生态学原则已成为指导生产实际的理论基础。在当今高速度的经济建设过程中,往往由于忽视了经济生态系统中若干基本的生态学规律,致使自然资源的管理与人类环境的保护缺乏整体观与生态效益观,造成了严重不利的影响,以致出现了环境污染、水源枯竭,水土流失,草原退化以及许多珍贵的和具有重要经济价值的动、植物资源灭绝等现象发生,甚至引起了有损经济效益的结果。这就使得生态学这门学科普遍受到各生产部门的重视。特别是 60 年代以来国际上出现的粮食、人口、环境、能源以及自然资源的开发利用五大社会问题中,无一不与生态学有密切的关系。这就奠定了本学科迅速发展的基础。

国际上生态学的发展动态:60 年代国际上提出以自然生态系统的物流、能流为主要对象的“国际生物学规划”(IBP);70 年代提出了“人与生物圈规划”(MAB),强调了人类活动对自然生态系统及生物圈的作用;80 年代又提出“国际地圈与生物圈规划”(IGBP),加深了人类与自然界相互作用的认识。同时还指出人类活动已影响到整个地球的表层,包括生物圈、大气圈、地圈及水圈,威胁到支持人类生存的自然生态系统,因而如何协调人与自然的关系,以改善人类的生存环境,成为当前生态学研究的重要课题,从而亦说明了生态学的研究对国计民生的重要意义。

一、生态学的定义与组织层次

(一) 生态学的定义

生态学作为一门专门的学科只有 100 多年的历史,它系由 Haeckel (1869) 首先对生态学给与定义,即“生态学是研究动物对有机环境和无机环境的全部关系的科学”。并将两个希腊词 Oikos (住所)和 logos (科学)结合为 Oikologie (生境科学)即英文的 Ecology。以后,生态学才正式成为生物学的一门分支学科。

由于 Haeckel 给出的生态学定义过于广泛,因此引起许多学者的争议。Elton (1927) 在其《动物生态学》中称生态学为“科学的博物学”。Andrewartha (1961) 认为“生态学是对有机体的分布和数量的科学的研究”。它反映了生态学的研究重点已由博物学转向种群生态学。Krebs (1978) 认为 Andrewartha 的定义是静态的,并忽视了“相互作用”这