

森林昆虫生态学

全国高等林业院校试用教材

森林昆虫生态学

郑汉业 主编
夏乃斌

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

森林昆虫生态学 / 郑汉生, 夏乃斌主编. -北京: 中国林业出版社, 1995.9

全国高等林业院校试用教材

ISBN 7-5038-1427-6

I. 森… II. ①郑… ②夏… III. 森林昆虫学: 动物生态学-高等学校: 专业学校-教材 IV. S718.7

中国版本图书馆CIP数据核字 (95) 第03406号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同7号)

北京卫顺印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995年11月第1版 1995年11月第1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 28.5

字数: 690千字 印数: 1—800册

定价: 21.80元

序

森林昆虫生态学是动物生态学的一个分支，是森林害虫综合管理的理论基础。我国森林害虫，例如松毛虫，发生面积广，危害严重，从50年代至70年代前，虽经采取各种防治措施，但总不能达到理想的防治效果。其原因主要是不以昆虫生态学理论为防治措施的基础，过多地采用了单一的防治措施(例如化学防治)，从而扰乱了森林生态系统的相对平衡，以致松毛虫发生此起彼伏，防不胜防。80年代国家“六五”攻关课题列入了松毛虫防治研究，强调以森林昆虫生态学为基础的综合管理，但仍感单项研究较多。“七五”国家计划有关松毛虫综合防治研究更加强了这一基础。至此，所得效果较好，成果较多。这些成果加上“七五”其他重要害虫综合防治成果，丰富了我国森林昆虫生态学的内容，使我国这门学科的水平得到了很大的提高。

根据全国森林保护专业教学计划会议所提任务，林业部教育司教材办委托4所林业院校的6位专家教授编写森林昆虫生态学一书，作为高等林业院校森林保护专业的教材。本人认为合适的教材对提高教学质量甚为重要。现在此书业已编写完毕，即将交出版社出版。

本书内容丰富、新颖，资料翔实，阐明了生态学的基本原理，反映了近代生态学的发展趋势，强调了森林生态学在害虫综合管理中的实践性。因此，本书是一本理论性和实践性较强的教科书，可供高等林业院校森林保护专业本科生使用，也可供研究生和其他专业人员参考。预祝本书早日问世，并乐为之序。

萧 刚 柔

1993年3月11日于北京

前 言

《森林昆虫生态学》的问世，这首先归功于40年来全国林业院校前辈先生们，他们辛勤劳动，为我们奠定了基础；其次，国内、外大量发表的论著，亦给我们提供了学习的样板。在此，我们表示深切的谢意。在博采众家之长的同时，我们也就自己的一管之见，毫不忌讳，斗胆直书，其间定不乏浅陋与幼稚之处，不免贻笑大方。

全国许多高等林业院校森林保护专业曾先后开设了森林昆虫生态学，可迄今为止尚缺乏一本适用的教材。本书是根据全国高等林业院校教材会议精神和全国森林保护专业教学计划会议提出的任务，由南京林业大学、北京林业大学、东北林业大学和中南林学院组成编写组进行编写。全书包括环境因素对昆虫的影响、种群、生物群落、生态系统、系统分析与害虫综合管理、中国森林害虫的生态地理分布和森林害虫的预测预报等7个部分。

初稿完成以后，特邀北京大学生物系教授、著名生态学家林昌善先生对全书进行了详细地审阅并提出了许多宝贵意见，同时亦得到北京林业大学周仲铭教授的指导和关怀，对此，特向他们致以衷心的感谢。

本书由南京林业大学郑汉业、北京林业大学夏乃斌为主编。参加编写的有东北林业大学的刘宽余(第1章)、方三阳(第6章)中南林学院的王淑芬(第四章中的有关在生态系统中的信息流)，南京林业大学的郑汉业(第3、4章)、薛贤清(第5、7章)，北京林业大学的夏乃斌(第2章)。在正、副主编初审了全文以后，又根据主审人的意见，最后由夏乃斌对第3、4、5、7章重新进行了改写和统稿。

由于我们的水平有限，错误之处在所难免，敬请各位专家、读者不吝指教。

编著者谨识

1993年3月于北京

KAPY = 10.5

目 录

序

前言

绪论	1
第1节 生态学的定义	1
第2节 现代生态学的发展趋势	2
第3节 现代生态学发展的动力与我们的任务	7
第1章 环境因素对昆虫的影响	8
第1节 环境的概念与分类	8
一、环境的概念	8
二、栖息地、生态位和生态幅度	8
三、环境因素的分类	11
第2节 气候因素对昆虫的影响	13
一、温度作为生态因素及其与昆虫的相互关系	13
(一) 温度对昆虫的生态学意义	13
(二) 温度对昆虫发育速率的影响与有效积温法则	15
(三) 温度对昆虫生存的影响	24
(四) 温度对昆虫繁殖的影响	27
二、湿度作为生态因素及其与昆虫的相互关系	28
(一) 湿度对昆虫的生态学意义	28
(二) 昆虫对湿度的反应	29
(三) 降雨对昆虫的影响	30
三、温、湿度对昆虫的综合作用	30
四、光作为生态因素及其与昆虫的相互关系	33
(一) 光的性质与昆虫对光的识别	34
(二) 光强度对昆虫行为活动的影响	35
(三) 光周期对昆虫滞育的影响	36
五、风作为生态因素及其与昆虫的相互关系	40
(一) 风对昆虫的活动和体型的影响	40
(二) 风对昆虫迁飞的影响	41
(三) 风对昆虫的间接影响	43
第3节 土壤环境与昆虫的关系	43
一、土壤作为昆虫栖息地的一般意义	43
二、土壤的物理特性对昆虫的影响	44
(一) 土壤温度对昆虫活动的影响	44
(二) 土壤湿度对昆虫分布和存活的影响	45
(三) 土壤的机械组成对昆虫分布的影响	45
三、土壤的化学特性对昆虫的影响	46

四、土壤用药后的昆虫中毒反应及土居动物群落的变动	46
第4节 生物因素对昆虫的影响	47
一、生物因素对昆虫影响的特点	47
二、食物作为生态因素及其与昆虫的相互关系	49
(一)食物的重要意义	49
(二)昆虫食性的特化和基本类型	49
(三)食物对昆虫生长、发育、繁殖和寿命的影响	50
(四)植物的抗性	51
三、昆虫的天敌	52
(一)病原微生物	52
(二)天敌昆虫	55
(三)其它捕食性天敌	57
第5节 火的生态作用	82
第6节 森林环境对昆虫的影响	83
一、不同林龄对昆虫的影响	83
二、不同林分结构对昆虫的影响	83
第2章 种群	66
第1节 种群的基本概念与主要特征	66
一、种群的基本概念	66
二、种群的主要特征	67
第2节 种群的结构	68
一、性比	68
二、年龄组配	68
三、因多型现象而产生的不同生物型	69
第3节 近代种群生态学的发展	69
第4节 种群数量动态	71
一、种群数量在种群理论中的地位	71
二、与种群数量动态有关的几个概念	71
三、种群数量变动的表达方式	75
四、表征种群数量动态的常用数学模型	79
(一)单种种群数量动态的数学模型	79
(二)混合种群的作用关系及其数学模型	96
第5节 种群空间动态	120
一、种群空间格局的类型	121
(一)随机型	121
(二)聚集型	123
二、空间格局的拟合方法	131
(一)空间格局的静态分析	132
(二)空间格局的动态分析	144
第6节 种群密度的估计	151
一、种群绝对密度的估计方法	151
(一)总数量调查法	151

(二) 标记-回收法	152
(三) 抽样调查法	153
二、种群相对密度的估计方法	198
(一) 回归分析法	198
(二) “时间-单位”采集法	198
(三) 最大似然法	199
第7节 生命表的组建与分析	202
一、生命表的概念与作用	202
二、昆虫生命表的组建	203
(一) 特定时间生命表	204
(二) 特定年龄生命表	206
(三) 组建生命表的一般步骤和研究方法	209
三、生命表的分析	217
(一) 种群存活曲线的分析	217
(二) 种群内禀增长能力的分析	219
(三) 种群趋势指数及组分分析	223
(四) 关键因子的分析	228
(五) 密度制约性的确定	231
(六) 以生命表为基础的最优回归预测式	233
(七) 以生命表为基础的系统模型	235
(八) Leslie矩阵模型	236
第8节 种群的生态对策	239
一、生态对策的类型及其一般特征	240
二、栖境特性与生态对策的关系	242
(一) 期限的稳定性	242
(二) 时间上的变异性	242
(三) 空间上的变异性	242
三、生态对策对种群动态的影响	243
四、生态对策与防治对策	244
第9节 种群的平衡与调节	245
第3章 生物群落	257
第1节 群落的基本概念和一般特征	257
一、群落的基本概念	257
二、群落的一般特征	258
三、群落的组成、命名及优势种	260
第2节 群落的空间格局和时间格局	261
一、群落的垂直分层格局	261
二、群落的水平分布格局	262
三、群落的时间格局	264
四、群落的生境梯度和种群的分佈	264
第3节 群落的发展和演替	267
一、群落演替的概念	268

二、群落演替的过程	268
三、群落演替的特征	269
第4节 群落中的种-多度关系	271
一、随机生态位边界假说——分割线段模型	273
二、生态位优先占领假说——等比级数和对数级数法则	274
三、对数正态分布假说——对数正态分布和截尾负二项分布模式	281
第5节 群落的多样性与稳定性	284
一、群落的多样性	284
(一)多样性的概念	284
(二)多样性的测度方法	285
(三)群落的丰富度及均匀度	289
二、群落的稳定性	290
(一)群落稳定性的基本概念	290
(二)群落稳定性的机制	292
三、群落稳定性与多样性的关系	293
第6节 群落的数量分类	294
一、群落相似性的测定	295
二、群落的聚类分析方法	296
三、群落的排序	298
第4章 生态系统	302
第1节 生态系统的概念	302
一、生态系统的定义	302
二、生态系统与一般系统的区别	302
第2节 生态系统的基本结构和功能	303
一、生态系统的基本组成成分	303
二、生态系统的结构和功能	304
三、生态系统的生产、呼吸和分解过程	305
第3节 生态系统的分类	306
第4节 食物链、营养阶层及生态金字塔	307
一、食物链和食物网	307
二、营养阶层或营养级	308
三、生态金字塔	309
第5节 生态系统中的能量流动	310
一、能量和热力学定律	310
(一)自由能	311
(二)熵	311
二、生态系统的生物生产力	313
(一)生产力的基本概念	313
(二)初级生产力	315
(三)次级生产力	316
三、能量流动的分析	318
第6节 生态系统中的物质循环	319

一、物质循环的基本概念	320
二、生物地化循环的主要类型	321
三、生物地化循环例	321
(一)碳循环	321
(二)磷循环	322
第7节 生态系统中的信息传递	323
一、种内信息素	324
(一)性信息素	324
(二)聚集信息素	325
(三)追踪信息素	325
(四)警戒信息素	325
二、种间信息素	326
(一)利它信息素	326
(二)利己信息素	326
第5章 系统分析与害虫的综合管理	328
第1节 害虫综合管理问题的提出	328
第2节 IPM的概念及研究程序	329
一、IPM的概念	329
二、IPM的研究程序	330
第3节 系统分析在森林害虫综合管理中的应用	331
一、系统及系统分析的概念	332
(一)系统的概念	332
(二)系统分析的概念	333
二、系统分析的方法和步骤	333
三、系统模型的类型	334
四、系统分析在森林害虫综合管理应用中的实例	338
(一)马尾松毛虫综合管理系统模型	338
(二)油松毛虫优化管理模型	342
五、计算机化的害虫管理系统	368
(一)联机害虫管理系统	368
(二)害虫管理的专家系统	373
第6章 中国森林害虫的生态地理分布	388
第1节 昆虫的分布、分布区和区系	388
第2节 我国的自然条件对森林害虫分布的影响	389
第3节 我国森林害虫的生态地理区划	390
第4节 古北区	392
第5节 东洋区	404
第7章 森林害虫的预测预报	414
第1节 森林害虫预测预报的目的和要求	414
第2节 森林害虫预测预报的基本原理	415
第3节 森林害虫预测预报的类型和方法	415
一、森林害虫预测预报的类型	415

二、森林害虫的预测方法.....	416
(一)发生期的预测方法.....	416
(二)发生量的预测方法.....	419
(三)数理统计的预测法.....	422
(四)应用模拟方法预测害虫的发展趋势.....	430
(五)森林害虫危害损失的估计.....	431
第4节 我国森林害虫预测预报的回顾和展望.....	437
主要参考文献.....	439

绪 论

第1节 生态学的定义

为了理解生态学 (ecology) 的含义, 首先让我们从字义上追溯“生态学”一词的由来。它最初是由希腊文的一个字头和一个字尾合并而成的。Oikos 意思是指居住地或隐蔽所, 后来由此演化为“家务; Logos 意思是讨论或论述。两个字连在一起, 大意是研究家务的科学, 也就是说生态学是研究生物有机体是怎样生活和怎样发生的。

在生态学发展的长河中, 因为所处的历史背景不同, 各生态学家研究问题的侧重点不同, 所以对于生态学的定义也不完全相同。如果从德国动物学家 Ernst Haeckel 第 1 次在 1866 年提出生态学这一定义的时间算起, 至今已达 120 多年的历史, 特别是 70 年代以后, 随着近代科学的渗透, 对生态学的概念曾几度修改。下面介绍三位有代表性的生态学家的主要观点。

一、E. Haeckel 的定义

E. Haeckel (1866) 在《普通形态学》一书中曾这样写道: “生态学是研究生物有机体与其周围环境相互关系的一般科学, 广义说来, 周围环境应包括其中一切的生活条件。”接着他又加以说明, 这些生活条件 “一部分是有机自然界, 一部分是无机自然界。”在这里, E. Haeckel 的定义主要包括 3 点: 一是有机体, 二是环境, 三是关系。

二、林昌善教授的定义

林昌善教授从进化生态学的观点出发, 把生态学定义为 “是研究有机体的各个结构水平 (个体、种群、群落) 以及由生物和非生物共同组成的生态系统的生存斗争与存活方式的规律的科学。显然 ‘生存斗争’ 与 ‘存活方式’ 是自然选择的两个重要方面, 也可以说 ‘斗争’ 是现实, 存活是结果。”

三、马世骏教授的定义

马世骏教授 (1979) 从系统论的观点出发, 对生态学下了这样的定义: “生态学是一门多学科性的自然科学, 它研究生命系统与环境系统之间的相互作用规律及其机理。”在这个定义中, 涉及到 2 个基本概念需要加以说明。

1. 生命系统 (life system): 所谓生命系统就是在生态系统中具有一定结构和自我调节功能的生命单元。这个生命单元就其结构来说, 是由绿色植物、动物和微生物所组成的; 就其功能来说, 绿色植物是生产者, 动物 (包括昆虫) 是消费者, 微生物是分解者。由于这些植物、动物和微生物在生态系统中均是以种群形式存在的, 所以 Clark (1967) 将生命系统又定义

为决定某一特殊种群的存在、数量和进化的生态系统中的那个部分。E. P. Odum (1971) 根据等级组织的原理, 将生命系统分为 8 个水平: 基因—细胞—器官—个体—种群—群落—生态系统—复合生态系统。前面 3 个水平是细胞遗传学家和生理学家感兴趣的问题, 后面 5 个水平是生态学家感兴趣的问题。

2. 环境系统 (environmental system): 所谓环境系统就是指生物生存的空间, 在这个空间中存在着不同结构和运动形态的物质。它们直接和间接地起着相生、相克和分解、组合的作用。环境中任何一个成分所表现的效应, 都不同程度地带有其它成分的影响。这影响或是相互激发而加强, 或是相互抑制而减弱, 或是相互诱导而互为因果。

第2节 现代生态学的发展趋势

纵观生态学的发展历史, 归纳起来有如下 4 个特点:

一、从描述生态向实验生态以至物质定量的方向发展

从 18 世纪起, 生态学早期的研究工作, 多半是生活史的记载、博物学的行为观察, 以及以野外调查资料来描述自然界动物、植物的组成和演替现象, 这是描述性的生态阶段。从 19 世纪末到 20 世纪初, 实验生态得到了发展, 如关于研究动、植物的发育积温, 人工气候与动、植物生长、发育、生产力间的关系; 关于反应生理、营养关系、种群繁殖力和存活率等种群特征的决定等。到了 20 世纪 20 年代以后, 随着数学、物理、化学、电子技术、系统科学的发展, 愈来愈重视物质的定量工作, 包括研究宏观的数量结构变动和微观的化学量变动, 如生态系统中的生产者、消费者和分解者之间物质循环的关系、能流量关系、化学信息关系、生物量关系, 以及构成食物链的各个种群在时间、空间中的变化量等等。能流是衡量系统的结构和功能效力的标准, 以能流为基础可以将能量、物质、劳力和价值等这些不同性质的单元联系起来, 以便建立一个地区系统的模型。

二、从个体向群体以至复合生态系统的广度发展

生态学从认识个体存在到以种群为单元, 进而发展到生态系统和复合生态系统, 这不仅是方法论的发展, 而且也是认识论的提高。实验生态常常以个体为对象, 通过室内饲养, 了解某种昆虫的个体发育史等, 在本世纪 30、40 年代风行一时。对此, 前人作了大量的开拓性工作, 为生态学的发展积累了丰富的素材, 作了必要的知识积累和理论酝酿。我们认为, 从个体着眼进行研究的学术思想, 实质上是受着非生命科学的影响。17、18 世纪, 数学、物理、化学等非生命科学飞跃发展, 这些学科在克服多样化的困难时, 常采取 2 种方法, 其一是突出主要特征, 其二是分解, “各个击破”。但一旦把这种研究方法移植到生命科学中, 却遇到了意想不到的困难。生命现象是物质运动的高级形式, 其表现千姿百态, 并以互相联系、互相制约、大量重复的形式表现出来。因此, 这里更需要的是综合的方法, 是整体的思想。比如昆虫总是以种群为基本单元出现于生态系统。无论在理论研究中, 或是在控制害虫、利用益虫的实践中, 我们实际上总是考虑其群体的特征, 并不说甲个体、乙个体如何, 而总是说甲种昆虫如何、乙种昆虫如何。在实际中, 我们很难区分每一个个体, 很难跟踪某一个体的行为, 但我们很容易区分常见的不同的物种或种群。种群的特征及行为属于一个种的共性, 而不是

许多个体的简单相加，在这里， $1+1 \neq 2$ 。同样道理，一个大系统的特征及行为也不是几个亚系统的特征及行为的简单相加。恩格斯在《自然辩证法》中曾有一段精辟的论述：“一个有机体的官能和肢体并不能仅视作有机体的各部分，惟有在它们的统一里，它们才是那样。它们对于有机体的统一体是互有影响的，并非毫不相干的。只有在解剖学者手里这些官能和肢体才是机械的部分。但解剖学者的工作乃是解剖尸体，并不在于处理一个活的身体。”生命有机体各器官与整体的关系是这样，生物个体、种群、生态系统、乃至生物圈之间的关系何尝不是如此？例如一个由森林、农田、湖泊 3 个亚系统所组成的大的复合生态系统，它所表现的特性是其 3 个亚系统中各种成分（包括生物的和非生物的）相互作用的结果。这一种整体论（Holism）自 60 年代后期以来，已广泛深入到生态学领域中。

三、协同进化论的发展

协同进化（Co-evolution）又叫相关进化，它是物种间相依为命的一种适应，在适应过程中两个物种携起手来共同进化。这是因为某个物种的进化和适应并不是孤立发生的，其中一个物种的适应都明显地受到其它物种同时发生适应的影响，其结果在物种之间产生了许多相互依赖的类型。例如传粉昆虫和寄主植物之间的关系：一方面表现在植物开花具有鲜艳的颜色和芬芳的香味，以此吸引昆虫传播花粉；另一方面蜜蜂本身能够具备区别各种颜色和气味的能力，并依靠这种能力来找到其所采粉的花朵。又如无花果和无花果蜂，丝兰与丝兰蛾，它们之间的适应是如此的精确，以致于在一个地区，缺少其中一个物种，则另外一个物种就不能生存。

由上述的例子告诉我们，协同进化问题实质上是指生物与其环境之间的相互关系问题。长期以来，在生态学领域里，不同的生态学家在怎样看待生物有机体与其环境相互关系的这一根本问题上，一直存在着不同的看法。人们通过对寄主植物—植食动物、捕食者—被食者种间关系的不断探索，走过了“生物有机体与环境对抗→自我调节→相互制约”这几个认识上的深化阶段，终于在 70 年代提出了生物与环境协同进化的理论。协同进化论认为，在生态系统中，相近营养阶层有机体之间的进攻与反击的循环，乃是协同进化过程的本质。为了具体说明协同进化的过程，下面引用 Costa 与 Jones (1971) 所提出的以黄瓜及其害虫之间的关系为例来说明协同进化的可能步骤（见图 0-1）。

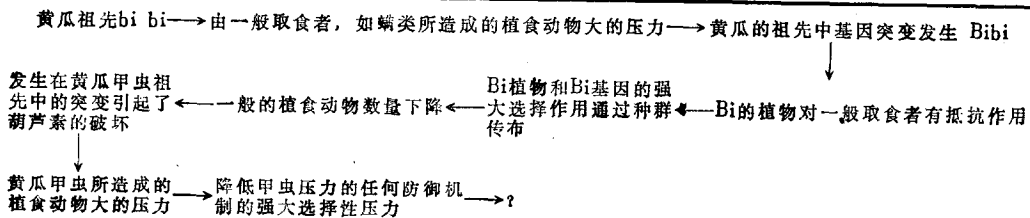


图 0-1 在黄瓜及其植食动物之间逐步发展的协同进化的可能步骤

（自Dacosta和Jones 1971）

协同进化理论的兴起，已对现代生态学的研究产生了巨大的影响。有的学者甚至认为，当协同进化理论中的他感作用得到证实时，所谓竞争、反应、生物量比例、能流、矿物质循环和生态系统的体制等传统理论都有重新评价的必要。且不管此论正确与否，事实是协同进化理论已经对生产管理的指导思想施加着影响，成为国外绿色革命的理论基础之一。

四、向多学科性的方向发展

学科之间的相互渗透是现代自然科学发展的一个共同特点。生态学原来就是以多种学科为基础的，如植物、动物、微生物、土壤、气候等，现代生态学更加多学科化了，分支学科大量涌现，且大有方兴未艾之势。

按照研究的目的和需要，我们可以从以下5个不同的角度，将生态学分为如下几个分支：

1. 按照不同的生物组织水平来分

个体生态学 (autecology)：它是研究一个生物种的单个个体与其外界环境因子之间的相互关系的科学。重点是研究各环境因子对昆虫的影响，确定某个生物对其环境因子的稳定性和趋向性，以及探讨环境因子对生物形态、生理和行为的作用。

种群生态学 (Population ecology)：它是研究在一定时间、一定空间条件下，同一物种生物个体集合的整体与其外界环境之间相互关系的科学。重点是研究种群的数量变动、自我调节以及种间的相互关系。

群落生态学 (Community ecology)：它是研究在一定区域内许多不同种的个体所集合的整体与其外界环境之间相互关系的科学。重点是研究群落的组成、演替以及群落的多样性和稳定性。在有的教科书中，有时把种群生态学和群落生态学统称为群体生态学 (Synecology)。

生态系统生态学 (Ecosystem ecology)：它是研究生物群落与其环境之间的物质循环、能量流动和信息传递的相互作用关系。重点是研究生态系统的结构和功能。

2. 按照研究对象来分

植物生态学 (Plant ecology)：又可分为种子植物生态学、藻类生态学等。

动物生态学 (animal ecology)：又可分为昆虫生态学、寄生虫生态学、鸟类生态学、鱼类生态学、哺乳动物生态学等。

微生物生态学 (microbial ecology)。

种子生态学 (Seed ecology)。

授粉生态学 (Pollination ecology)。

3. 按生态环境来分

可分为淡水生态学、海洋生态学、草原生态学、农田生态学、森林生态学、沙漠生态学、都市 (或城市) 生态学、太空生态学等。

4. 按与其它学科相结合的情况来分

(1) 系统生态学 (System ecology)：是由系统工程学与生态学相结合而形成的一门新兴的边缘学科。它是运用系统科学的概念和方法来探讨复杂的生态学问题。在系统生态学中，包括3个重要环节：

系统分析 (System analysis)：通俗地说，就是在形式上将复杂的结构分成若干个成分或分室，例如在功能上将成分按其营养阶层分成生产者、消费者和分解者。每个阶层又可按生物的不同发育阶段分成亚成分 (或分室)，甚至亚亚分室等。这样做法是为了便于分析每个“分室”间的联系和衔接 (以输入和输出相连接) 及其与环境的相互关系。在了解“分室”之间相互关系的基础上，可以将这些“分室”耦联成一个系统，进行研究系统与系统之间的关系，



最后用数学模型加以刻划。

系统模拟 (System simulation): 指的是利用这种数学模型来研究生态对象的过程, 特别是在电子计算机上进行这样的研究。这样的研究不仅可以借助于计算机运算的优越性, 而且还可以设计一些在野外复杂情况下所不能进行的试验, 因为这些设计会产生不可逆的效果。

系统设计 (System design): 指的是按具体的要求与规定, 组建我们所期望的新的生态综合体的模型。例如在森保战线上的“害虫科学管理”, 实际上也就是系统设计的一个具体实例。

(2) **数学生态学 (mathematical ecology)**: 是由数学和生态学相结合而形成的, 它是现代生态学中十分活跃的一个领域。大量的文献资料表明, 数学的各分支学科纷纷向生态学渗透, 并且已经应用或开始应用到生态学研究各个领域中去。这主要表现在: 应用控制论来研究个体行为的机理、种群数量的调节以及群落结构和生态系统结构与功能的最优化问题等; 应用随机过程的理论来模拟种群的生死过程、竞争过程以及动物迁移活动的轨迹等; 应用信息论来分析群落的多样性与稳定性; 应用集合论来研究生态地理以及生态系统和生物群落的特征分类; 应用最优化理论来研究有害生物的控制、预测和管理等问题; 应用灾变论来探讨有害生物猖獗发生的原因以及防治决策; 应用范畴论来研究种的地理生态学及生境、小生境等问题。此外, 模糊数学、拓扑学、排队论、决策论、对策论等也都渗进了生态学中去。由上可以看出, 先进数学的抽象概念及推导方法, 将会对未来的预测生态学起着极大的推动作用, 随着电子计算机技术的发展与应用, 可以帮助我们进一步认识自然界的复杂现象。

(3) **经济生态学 (economical ecology)**: 是由经济学与生态学相结合而形成的社会科学与自然科学之间的交叉的边缘学科。根据近代科学研究认为, 社会经济学与生态学之间, 在理论方面有许多共性和相互引用(通用)的原理。例如这两者所考虑的不仅是个体, 而都更着重于群体; 这两者都有平衡作用的问题, 社会经济学中所关心的是经济平衡, 生态学中所感兴趣的是生态平衡等等。这两者的结合, 不仅对生态效益、经济效益的定量分析有着重要的指导意义, 而且对于有计划地协调经济发展, 资源的利用以及环境保护之间的关系将起着巨大的作用。

(4) **化学生态学 (Chemical ecology)**: 是由化学与生态学相结合而形成的。它是研究有机体与环境之间相互作用的机理, 探索种内(同性相斥、异性相诱)和种间(植物与动物、植物与植物、动物与动物)关系的物质基础。并且在有害生物的防治中, 例如植物的抗性、忌避剂、天敌的诱集等方面的研究, 都已经开始了实际的应用。

(5) **物理生态学 (Physical ecology)**: 是由物理学和生态学相结合而形成的。它包括辐射生态学和能量生态学。辐射生态学早已在 50 年代就普遍引起生态学家的关注, 这与美国、前苏联等国所进行的核试验有关。能量生态学主要是利用热力学定律去研究生态系统中的功能动态。

(6) **进化生态学 (evolutionary ecology)**: 它是研究生物种的生态位的分离与重叠, 以及新种形成的过程。

(7) **地理生态学 (geographic ecology)**: 它研究生物的分布规律, 以及较大地理景观的生物群落。地理生态学正由定性描述走向精确的定量阶段, 结合资源等调查, 进而向经济地理生态学方向发展。采用经验模型和数学模型来表述区域性的经济地理生态学特性, 它已成

为自然资源利用、开发和进行经济建设规划的理论依据。

(8) 生理生态学 (Physiological ecology), 也称环境生理学 (environmental physiology): 它研究在环境因子的作用下, 生物体在生理上如何作出反应和调节。

(9) 古生态学 (Paleo ecology): 它是研究地质史上的古代的生态学问题。

5. 按应用方面来分

可分为野生动物资源管理学、动物饲养、植物病虫害的防治、流行病学、污染生物学、环境卫生学、放射生态学、太空旅行生态学, 常统称为应用生态学。

归纳起来, 生态学的多学科性及其分支学科的关系, 可用图 0-2 表示。

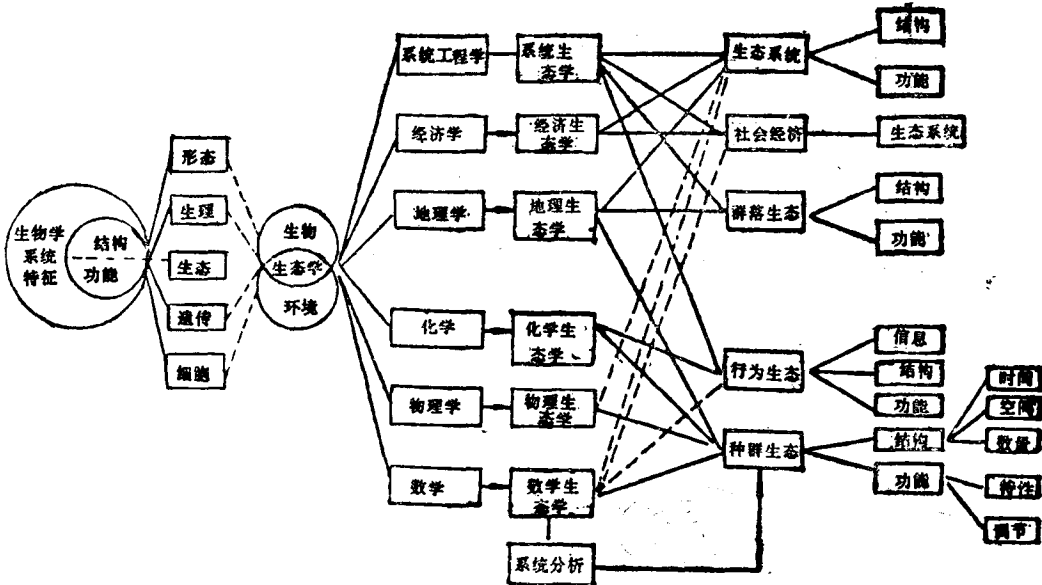


图 0-2 生态学的多学科性及其分支学科的关系

(仿马世骏, 1982)

回忆现代生态学发展的趋势, 值得昆虫学者自豪的是, 昆虫生态学对现代生态学的创建与发展作出了很大的贡献。比如种群动态的理论, 种间关系, 生物有机体与环境的协同进化, 以及当代最新的发展——系统生态学的理论及方法, 都是在昆虫生态学的研究中首先取得成果, 然后再应用于生态的其它分支学科中去。

马世骏 (1979) 在总结我国昆虫生态学 30 年 (1949~1979) 的发展时, 曾归纳为以下 3 个特点:

(1) 以重要经济昆虫为研究对象, 密切结合农、林、牧业生产, 水利工程设施, 卫生保健和环境保护工作。因而对飞蝗、粘虫、稻飞虱、棉虫 (棉铃虫、棉蚜)、松毛虫、白蚁、蝇、蚊及紫胶虫等方面, 都曾集中一定力量, 进行了比较全面的生态学研究。

(2) 不断向深度和广度发展, 在 50 年代, 以一般描述性的发生规律为主, 其后逐渐开展了以生理生态特性为基础的实验生态学工作。进入 60 年代后, 进而借助电子计算机进行多因素分析, 并运用生物化学及生物物理学手段, 探索行为生态机理和种群动态的理论研究。70 年代更进一步向纵深发展, 开始了生态系统的物质循环的研究。

(3) 新学科和新理论的相互渗透, 加强了生态学的多学科基础。70 年代以来, 随着新系