

# 普通生态学

主编：李 博



内蒙古大学出版社

# 普通生态学



普通生态学

# 普通生态学

主编：李 博  
编者：李 博 弓耀明  
高玉宝 李忠厚

## 内容提要

本书介绍了现代生态学的基本原理。全书共分十五章,从个体、种群、群落和生态系统等不同水平上,对近代生态学进行了广泛地探讨,并对自然资源管理进行了专门介绍。

本书是通过作者多年的教学、科研实践经验,比较了许多国内外生态学教材及文献而编著的,内容丰富,文字简练,除作为高等学校教材外,还可供农、林、牧、渔、环境保护、资源管理,卫生保健等方面技术人员与管理人员参考。

普通生态学

主编 李 博

内蒙古大学出版社出版发行

内蒙古大学新技术公司印刷

开本 787×1092/16 印张 19.375 字数 435 千

1993 年 6 月第二版第二次印刷

印数 2001—5000 册

ISBN7-81015-105-3/Q·8

定价:12.00 元

## 前 言

从 1981 年起,内蒙古大学生物系开始讲授“普通生态学”,是生态学专业之外的全系各专业的一门专业基础课。当时,国内其他院校多未开设此课,没有统一的大纲,更缺少适当的中文教材。我接受主讲此课的任务后,参考 E. P. Odum 的《生态学基础》(Fundamentals of Ecology, 1971) 匆匆编写了部分讲义,并以复旦大学周纪纶教授所编“种群生物学”和北京大学陈昌笃教授所编“生态系统”(均系 1980 年在内蒙古大学生物系生态专业讲学时所编)做为参考教材。此后,经过充实和修改,于 1983 年春天编出“普通生态学纲要”讲义,勾出了本书的轮廓。

1983 年 12 月,中国生态学会在北京举办普通生态学研讨班,汇集国内有关专家分章讲授了普通生态学,并讨论了本课程的范围与基本框架。之后,越来越多的学校开设“普通生态学”课程。与此同时,E. P. Odum 的《生态学基础》,P. Duvingneaud 的《生态学概论》(La Synthèse Ecologique, 1974) 等翻译教材问世,孙儒泳教授所编《动物生态学原理》的出版,使普通生态学教材短缺问题有所缓和。

1986 年起,内蒙古大学生物系的“普通生态学”一课由我和我的几位同事合开,并分头把我过去写的讲义补充、修改。其中综论部分未做大的变动,种群部分与群落部分由高玉宝同志补充整理,后由弓耀明同志做了再次补充和修改,生态系统部分由弓耀明同志修改整理;最后由我统稿、定稿。应用生态学部分是重新编写的。除署名作者外,分讲此课的杨持、朴顺姬等同志曾对书稿做了局部修改和补充。

由于生态学内容极为广泛,与多门学科互相渗透,而且其各个分支发展迅速,积累的资料甚为丰富。考虑到环境与人口问题已出版许多专著,虽然已有讲稿,但在本书中还是把它删掉了。在这本基础课教材中,只能对生态学的一些基本问题做概括叙述,不免有挂一漏万之嫌。加之编者知识与水平有限,不妥之处希读者批评、指正。

李 博                      1989 年 10 月

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	1
第一节 生态学的定义.....	1
第二节 生态学发展简史.....	2
第三节 生态学的分支.....	7
第四节 生态学参考书.....	9
一、普通生态学教科书.....	9
二、其它生态学教科书.....	11
三、研究方法参考书.....	13
第五节 生态学杂志简介.....	14
一、查阅杂志的工具书.....	14
二、杂志.....	16
<b>第二章 生物的环境</b> .....	20
第一节 能量环境—太阳辐射.....	20
第二节 物质环境.....	22
一、岩石圈.....	22
二、大气圈.....	23
三、水圈.....	25
第三节 生物圈.....	27
第四节 生态因子的类型与限制因子.....	28
一、生态因子的类型.....	28
二、限制因子.....	29
<b>第三章 生物对环境的适应</b> .....	31
第一节 生物种的概念.....	31
第二节 耐性限度与生态幅.....	32
一、耐性限度.....	32
二、生态幅.....	35
第三节 生物的周期性.....	36
一、光周期现象.....	36
二、温周期现象.....	40

三、物候学 .....	42
第四节 起限制作用的重要的非生物因子 .....	44
一、太阳辐射 .....	44
二、温度 .....	45
三、水分 .....	49
四、气候图解 .....	51
<b>第四章 种群</b> .....	<b>53</b>
第一节 种群及其一般特征 .....	53
一、种群的概念 .....	53
二、种群的一般特征 .....	53
第二节 种群的数量及其动态 .....	58
一、生命表和存活曲线 .....	59
二、种群的内禀增长率 .....	62
三、种群的增长 .....	66
四、种群数量的变动与相对稳定性 .....	71
第三节 种群的群体行为与空间格局 .....	74
一、隔离与领域性 isolation 和 territoriality .....	74
二、群聚与分散 aggregation 和 dispersal .....	74
三、种群的空间格局 Pattern 或 dispersion .....	75
四、格局规模 .....	77
第四节 生态对策 .....	78
<b>第五章 种内关系与种间关系</b> .....	<b>82</b>
第一节 种群内部的密度关系 .....	82
一、密度与产量 .....	82
二、密度与死亡率 .....	84
第二节 种间关系 .....	85
一、竞争 competition .....	86
二、它感作用 Allelopathy .....	93
三、捕食作用 predation .....	94
四、寄生与共生 parasitism and symbiosis .....	95
五、协同进化 coevolution .....	97
<b>第六章 生物群落</b> .....	<b>99</b>
第一节 生物群落的概念 .....	99
一、生物群落的定义 .....	99

二、生物群落的基本特征	100
三、对群落的认识	101
第二节 生物群落的种类组成	102
一、区系成份	102
二、生态成份	103
三、群落成员型	103
第三节 群落中种类组成的数量特征	104
一、登记种类组成的方法	104
二、种类组成的数量特征	106
三、种的多样性 species diversity	111
四、种间关联	115
五、群落的综合特征	117
第四节 生物群落的结构	119
一、植物的生活型	119
二、生物群落的成层现象	121
三、层片 Synusia	122
四、群落的水平结构	123
五、群落的外貌与季相	124
第五节 群落交错区	124
<b>第七章 生物群落的动态</b>	<b>126</b>
第一节 生物群落的季节动态	126
第二节 生物群落的年变化	127
第三节 生物群落的演替	129
一、演替的概念	129
二、控制演替的几种主要因素	129
三、演替的基本类型	131
四、演替的实例	132
五、演替顶极	132
<b>第八章 生物群落的分类与排序</b>	<b>135</b>
第一节 生物群落的分类	135
一、中国植物群落分类原则、系统和单位	136
二、法瑞学派群落分类	137
三、英美学派群落分类	138
四、群落分类中的数量方法	140
第二节 生物群落的排序	164
一、间接梯度分析	165



二、直接梯度分析·····	167
<b>第九章 生态系统的一般特征</b> ·····	170
第一节 生态系统的概念·····	170
第二节 生态系统的组成成分·····	170
第三节 生态系统的类型·····	172
第四节 食物链与营养级位·····	174
<b>第十章 生态系统中的能流</b> ·····	177
第一节 热力学定律·····	177
第二节 第一性生产初级生产·····	178
一、概述·····	178
二、第一性生产力的水平·····	179
三、第一性生产力的分布格局·····	182
第三节 第二性生产次级生产·····	184
第四节 生态金字塔·····	188
第五节 生态效率·····	190
第六节 生态系统能量学·····	192
<b>第十一章 生态系统中的物质循环</b> ·····	195
第一节 物质循环的一般特点·····	195
第二节 养分循环概述·····	196
一、营养物质的输入与输出·····	196
二、物质循环的一般过程·····	198
第三节 水循环·····	202
一、全球性水循环·····	202
二、生态系统中的水循环·····	203
三、人类活动与水循环·····	204
第四节 几种重要元素的循环·····	204
一、碳循环·····	204
二、氮循环·····	205
三、磷循环·····	207
四、硫循环·····	208
第五节 有毒有害物质的循环·····	210
<b>第十二章 生态系统的发展与平衡</b> ·····	215
第一节 生态系统的发展·····	215
一、一般概念·····	215

二、演替的趋势	216
第二节 生态系统的进化	223
第三节 生态系统的平衡	224
一、与生态平衡有关的几个概念	224
二、生态平衡	225
三、关于生态平衡的几点说明	226
<b>第十三章 系统生态学</b>	229
第一节 关于系统理论	229
一、系统的概念	229
二、系统的类型	229
三、反馈 feedback	231
四、模型	231
五、系统的稳定状态 steady state	233
第二节 系统生态学	233
一、建立系统模型的一般步骤	234
二、建立系统模型的方法	235
三、系统分析举例	237
<b>第十四章 地球上主要的生态系统类型</b>	241
第一节 陆地生态系统的分布模型	241
一、影响陆地生态系统分布的因素	241
二、陆地生态系统的水平分布格局	242
三、陆地生态系统的垂直分布格局	245
第二节 森林生态系统	245
一、热带雨林	246
二、常绿阔叶林	248
三、落叶阔叶林	249
四、北方针叶林	251
第三节 草地生态系统	252
第四节 荒漠生态系统	256
第五节 海洋生态系统	257
一、海洋环境概述	257
二、海洋生物物的分布	258
三、海洋生态系统的生产力	260
第六节 淡水生态系统	262
<b>第十五章 自然资源生态学</b>	265

第一节 自然资源的概念.....	265
一、自然资源的定义.....	265
二、自然资源的分类.....	265
三、人类对自然资源的需要量.....	266
第二节 能源.....	266
一、能源的重要性.....	266
二、能源与农业.....	268
三、能源的供应与消费.....	269
四、能源利用的生态对策.....	272
第三节 可更新资源的利用.....	273
一、农田与粮食生产.....	273
二、森林资源.....	278
三、草场的利用.....	279
第四节 自然资源保护.....	282
一、背景.....	282
二、自然资源保护的主要目标.....	283
三、自然保护区.....	283
第五节 遥感与地理信息系统在自然资源管理中的应用.....	286
一、遥感应用.....	286
二、地理信息系统.....	293
 参考文献.....	 297

# 第一章 绪 论

## 第一节 生态学的定义

生态学(ecology)一词源于希腊文 oikos,其意为“住所”或“栖息地”;字尾 logos 意为“论述”或“学科”。从字意上讲,生态学是关于居住环境的科学。即研究生物的聚居地或生境。此外,生态学与经济学(economics)为同一词源,在词义上具共同点,所以有人把生态学叫做自然经济学。如美国 R. E. Richlefs 写过一本《自然经济》(The Economy of Nature, 1976),副标题是基础生态学教本。苏联的 К. А. Тимирязев 也曾把 ecology 译为俄文的 Хозяйство(经济学)。在我国,李顺卿先生(1935)曾建议把 ecology 译为环象学。日本东京帝国大学三好学教授(1895)把 ecology 译为生态学,后经武汉大学张挺教授介绍到我国,使用至今。

生态学(ecology, ökologie)做为一个学科名词,是德国博物学家 E·Haeckel 于 1866 年在其所著《普通生物形态学》(Generelle Morphologie der Organismen)一书中首先提出的,当时他对生态学的理解是研究生物在其生活过程中与环境的关系,尤指动物有机体与其他动、植物之间互惠或敌对关系。1885 年, H·Reiter 在他的《外貌总论》(Die Consolidation der Phisio-nomic)一书中也用“生态学”一词,他的定义与 E·Haeckel 相似。把生态学理解为研究有机体与环境间相互关系的科学。这一定义是十分广泛的,引起了不少学者的争议。此后,由于研究对象的不同,不同学者对生态学给出了不同的定义。

植物生态学的奠基人 E. Warming(1909)认为当时生态学尚处于幼稚阶段,并提出植物生态学的任务是研究“影响植物生活的外在因子及其对植物结构、生命延续时间、分布和其他生物关系之影响;地球上所出现植物群落的分类和鉴别,结合方式及决定因子,植物群落间的斗争以及它们互相代替的可能性”。这里既包括个体,也包括群落。

苏联 Б. А. Келлер 院士(1933)给生态学的定义是:“生态学是研究生活中的植物在与其结合的特定外界环境条件紧密相互作用中的形态、结构与化学特点”。显然,这里强调的是植物个体生态学。

美国 J. E. Weaver 和 F. E. Clements(1929)强调生态学是一门野外科学。法国 J. Braun-Blanquet(1932)则把生态学称做植物社会学,认为是一门研究植物群落的科学。

一些动物生态学家对生态学给出另外的定义。如 V. E. Shelford(1907)认为生态学是研究有机体的生活要求和家务习性的科学。苏联 Наумов(1955)的生态学定义是:“研究动物的生活方式与生存条件的联系,以及动物生存条件对繁殖、生活、数量及分布的意义”。加拿大 C. J. Krebs(1972)的生态学定义是:“生态学是研究决定生物分布和数量相互作用的科学”。上述定义反映了动物生态学家对这门学科的理解。

廿世纪五十年代之后,进入生态系统的时期,生态学中已打破动植物的界线,并超出生物学的领域,研究范围越来越广泛。在一些新的生态学著作中,对生态学采用了新的定义。E. P.

Odum (1959, 1972) 在他的著名的教科书《生态学基础》及他为美国现代生物学丛书所写的《Ecology》(1961) 一书中, 把生态学定义为“自然界的构造和功能的科学”, 并指出人类是自然界的一部分, 自然界包括生物界。可见, 他把生态学理解为研究生物系统(包括其环境)或生态系统(包括人类)构造和功能的科学。P. DuVigneaud (1974) 把生态学称为综合性的现代科学, 并定义为: “生态学是研究生物与其环境的相互关系的科学; 由于生物与其环境密切地联系在一起, 因此生态学又可以说是一门研究具复杂功能的生物系统或生态系统的科学; 此外, 生态学还包括各种生物之间相互关系的研究”。我国生态学家马世骏先生认为“生态学是研究包括人类在内的生物系统与环境系统之间物质循环和能量转化规律的科学”。

综上所述, 生态学的定义颇多, 正如 E. P. Odum (1972) 所说的, 最好的定义可能是最简明的和最不专业化的, 因此我们认为采用 E. Haeckel 和 H. Reiter 的定义还是适宜的, 即“生态学是研究生物及环境间相互关系的科学”。这里, 生物包括动物、植物、微生物及人类本身, 即不同和生物系统, 而环境则指一系列无机因素和部分社会因素即生物生活其中的环境系统。

## 第二节 生态学发展简史

生态学的形成和发展有一个漫长的历史过程, 而且是多元起源的。概括地讲, 大致可分出 4 个时期: 生态学的萌芽时期; 生态学的建立时期; 生态学的巩固时期; 现代生态学时期。

(一) 生态学的萌芽时期(公元 17 世纪以前): 在人类文明的早期, 人们多依附于自然, 为了生存, 就必须不断地观察与认识赖以饱腹的动、植物的习性以及周围世界的自然现象。当人类制造了工具并广泛经营农、牧业时, 就更要注意某些动植物种和它们环境之间的关系, 并在此基础上对它们加以驯化。因此, 从远古时代起, 人们实际上已在从事生态学工作。在一些中外古籍中, 已有不少生态学知识的记载。早在公元前 1200 年, 我国《尔雅》一书中就有草、木两章, 记载了 176 种木本植物和 50 多种草本植物的形态与生态环境。公元前 200 年《管子》“地员篇”专门论及水土和植物, 记叙了植物沿水分梯度的带状分布以及土地的合理利用。公元前 100 年前后, 我国农历已确立了 24 节气, 它反映了作物、昆虫等物候现象与气候之间的关系。这一时期还出现了记述鸟类生态的《禽经》, 记述了不少动物行为。在欧洲, Aristotle (384—322, B·C·) 按栖息地类型把动物分为陆栖、水栖等大类, 还按食性分为肉食、草食、杂食及特殊食性 4 类。Aristotle 的学生, 古希腊著名学者 Theophrastus (370—285, B·C·) 在其著作中曾根据植物与环境的关系来区分不同树木类型, 并注意到动物色泽变化是对环境的适应。但上述古籍中没有生态学这一名词, 那时也不可能使生态学发展成为独立的科学。

(二) 生态学的建立时期(公元 18 世纪至 19 世纪末): 公元 17 世纪之后, 随着人类社会经济的发展, 近代生态学才开始成长。如著名化学家 R·Boyle 在 1670 年发表的低气压对动物效应的试验, 标志着动物生理生态学的开端; 1735 年法国昆虫学家 Reaumur 发现, 就一物种而言, 日平均气温总和对任一物候期都是一个常数, 被认为是研究积温与昆虫发育生理的先驱; 1855 年, Al. de Candolle 将积温引入植物生态学, 为现代积温理论打下了基础; 德国植物学家 C·L·Willdenow 于 1792 年在《草学基础》一书中详细讨论了气候、水分与高山深谷对植物分布的影响, 他的学生 A·Humboldt 发扬了老师的思想, 于 1807 年用法文出版《植物地理学知识》一书, 提出“植物群落”、“外貌”等概念, 并指出“等温线”对植物分布的意义; 1798

年马尔萨斯《人口论》的发表,促进了达尔文“生存斗争”及“物种形成”理论的形成,并促进了“人口统计学”及“种群生态学”的发展。

进入19世纪之后,生态学得到很多发展并日趋成熟。在生理生态方面,如植物发育起点温度的确定(Gasparin, 1844);植物最低因子定律的提出(Liebig, 1840)。在种群生态学方面,发表了著名的Logistic方程( $P \cdot F \cdot Verhulst$ , 1838)。1859年达尔文的《物种起源》问世,促进了生物与环境关系的研究,使不少生物学家开展了环境诱导生态变异的实验生态学工作。丹麦植物学家E. Warming于1895年发表了他的划时代著作《以植物生态地理学为基础的植物分布学》,1909年轻作者本人改写,用英文出版,改名《植物生态学》(oecology of plants)。与此同时,波恩大学教授A. F. W. Schimper于1898年出版《以生理为基础的植物地理学》。这两本书全面总结了19世纪末叶之前生态学的研究成就,被公认为生态学的经典著作,标志着生态学做为生物学的分支科学的诞生。

(三)生态学的巩固时期(20世纪初至20世纪50年代):20世纪上半叶是生态学巩固与继续发展的时代。这一时期动、植物生态学并行发展,出版了不少生态学著作与教科书。

20世纪初期,在前述著作影响下,生态学工作蓬勃展开。在动物生态学方面,已在生理生态学、动物行为学、和动物群落学等方面开展了不少工作,如Bachmetjew(1907)在光和温度对昆虫发育与地理分布影响的研究;Jennings(1906)发表《无脊椎动物的行为》;Shelford(1913)的《温带美洲的动物群落》等。在植物生态学方面,继Warming-Schimper之后,在生理生态与群落生态方面出现了大量著作。如G. Klebs关于冷处理对植物发育影响的研究,于1903年发表《随人意的植物发育的改变》;美国H. C. Cowels(1910)出版《生态学》,内容偏重于形态解剖学;F. E. Clements(1907)著《生态学及生理学》;G. P. Burns关于植物耐阴性的研究;A. Я. Гордягин(1900—1901)的《西西伯利亚植被研究资料》;B. H. Сукачев(1908)的《Брянск森林群系及它们的相互关系》;美国F. E. Clements的《植被的结构与发展》(1904);《生态学研究方法》(1905);英国A. G. Tansley的《英国的植被类型》(1911)等。

20世纪第二个10年到30年代,生态学得到巩固与进一步的发展,出版了不少专著;出现了一些研究中心;成立了英国生态学会(1913年创建),美国生态学会(1916年创建);创办了一些生态学期刊,如《Journal of ecology》(1913);《Ecology》(1920),《Ecological Monographs》(1931),及《Journal of Animal Ecology》(1932)。

在动物生态学方面,这一时期开始了种群研究,并将统计学引入生态学,如A. J. Lotka(1925)提出了有关种群增长的数学模型。还出现一些动物生态学教本与专著,如R. N. Chapman, 1931:《动物生态学,附昆虫专门参考文献》,书中提出环境阻力的概念;C. Elton, 1927:《动物生态学》,提出食物链、动物数量金字塔、生态位等概念;V. E. Shelford, 1929:《实验室及野外生态学》;我国费鸿年(1937)《动物生态学纲要》等。

植物生态学方面,由于各地自然条件、植物区系及植被性质不同,加上开发利用程度的差异,使生态学研究在认识上与方法上各地有所不同,以致在不同研究中心影响下,形成了几个著名的生态学派。主要有:

1. 北欧学派(Uppsala学派):由瑞典Uppsala大学的R. Sernander所创建,继承人为G. E. Du Rietz。以注重群落分析为特点。

2. 法瑞学派:有两个中心,一在瑞士Zurich大学,一在法国Montpellier大学,所以又称为

苏利士-蒙伯利埃学派,他们联合创建了“国际高山和地中海地植物研究站和 Rübél 地植物研究所”。他们用特征种和区别种划分群落类型,建立了严密的植被等级分类系统。代表人物为 J. Braun-Blanquet。1935 年后,北欧学派与本派合流,被称为西欧学派或大陆学派。

西欧学派在这一时期的代表性著作有:Du Rietz(1921):《近代社会学方法论基础》;Braun-Blanquet(1928):《植物社会学》;E. Rübél(1922):《地植物学研究方法》。

3. 英美学派:代表人物是美国的 F. E. Clements 与英国的 A. G. Tansley,以研究植物群落的演替和创建顶极学说而著名。该学派有影响的著作有:F. E. Clements(1916):《植物的演替》,F. E. Clements 与 J. E. Weaver(1929):《植物生态学》,A. G. Tansley(1923):《实用植物生态学》等。

4. 苏联学派:以 В. Н. Сукачев 为代表,他们注重建群种与优势种,建立了一个植被等级分类系统,并重视植被生态与植被地理工作。代表著作有 В. Н. Сукачев:《植物群落学》(1908);《生物地理群落学与植物群落学》(1945);以及 В. В. Алехин, Л. Г. Раменский, Б. А. Келлер, А. П. Шенников 等人的一些论文与著作。

到本世纪 50-60 年代,是传统生态学向现代生态学过渡时期,并出现了一些新的中心。如德国柏林自由大学(洪堡德大学)的 H. Ellenberg 对生态幅度与生理幅度以及生态种组的研究;Würzburg 大学 O. L. Lange 植物生理生态研究,英国北威尔士大学 J. L. Harper 对植物种群的研究;法国 Toulouse 植被制图中心(以 H. Gaussen 为代表);美国康乃尔大学植被分析研究(R. H. Whittaker 为代表)等。

(四)现代生态学时期(20 世纪 60 年代开始):20 世纪前半期,生态学虽得到不少发展,但它和生物学的其他分支学科一样,只限于研究生物学的人员与之接触。但从 20 世纪 60 年代以来,由于工业的高度发展和人口的大量增长,带来了许多全球性的问题,如人口问题,环境问题,资源问题等,涉及到人类的生死存亡。人类居住环境的污染,自然资源的破坏与枯竭,以及现代工业及核能利用等都迅速改变着人类本身的生存环境,造成对人类未来生活的威胁。上述问题的控制和解决,都要以生态学原理为基础,因而引起社会上对生态学的兴趣与关心。现在不少国家都提倡全民的生态意识,报刊上讨论生态学的事例与日俱增,研究领域也日益扩大,不再限于生物学,而且渗透到地学、经济学以及农、林、牧、渔、医药卫生、环境保护、建筑等各个部门,从而使生态学成为举世瞩目的科学。

另一方面,由于近代数学、物理、化学和工程技术科学向生态学的渗透,使生态学从定性走向定量,从部门走向综合与交叉。尤其是电子计算机、自记仪器、系统分析技术的广泛应用,为生态学系统研究创造了条件。而生态系统研究使生态学进入一个新时期,标志着现代生态学的诞生。

现代生态学的另一标志是冲出了学术园地,进入了社会实践及经济建设领域。由于人们对人口、资源和环境的关注,使环境与自然保护列入联合国与各国政府的工作日程。

总之,现代生态学的发展有如下趋势:

1. 往更加宏观的方向发展:在研究对象上,从单种生活环境的研究到群落研究,生态系统研究,各生态系统之间相互作用研究,直到生物圈以及全球生态学的研究。因此,现代生态学具有更加宏观的特点,它重视全球性生态功能的研究。人们越来越认识到,自然界没有绝对隔离的生态系统,能量和物质的流动是超越国界的。为了认识这类问题的全貌,已制定了

一些全球性研究项目，如 IBP、MAB 与 UNEP 等计划。

2. 系统理论在生态学中的广泛应用：生态学向宏观范畴发展的结果，生态系统整体成为重要的研究对象。由于生态系统结构与功能的复杂性，一般研究方法（如直观描述、调查分析、数理统计、单项实验等）已不能满足需要，人们发现系统理论是研究生态系统的有力工具，于是产生了系统生态学。最初，因生态系统中各变量之间的关系往往是非线性的，给分析求解带来很大困难，影响了系统生态学的发展。近 20 年来，电子计算机的迅速发展与应用，解决了上述困难，从而促进了系统生态学的发展。

系统理论在生态学中的应用有两种途径，一是建立系统的模拟模型，用计算机来模拟生态系统的行为和各种管理措施，从中选择最优方案。另一种是应用最优化原理来控制和管理生态系统，如线性规划和非线性规划，以及最优控制理论。

3. 与社会科学尤其是经济学的结合：生态学在解决一些当代重大社会问题（如资源、环境等问题）中具有重要作用，因此受到社会的普遍重视。不少国家在注意经济发展的同时，忽视了生态学的一些基本规律，结果引起资源破坏、环境恶化等结果。因此，需要以生态学观点去分析大型经济建设活动对生态环境的影响，从而产生了生态经济学。许多国家的决策者，对任何大型建设项目，如缺少生态环境论证则不予审批。研究人类活动下生态过程的变化已成为现代生态学的重要内容。

4. 应用生态学迅速发展，使生态学不再仅是一门解释自然的科学，而成为改造自然的武器。80 年代以来，相继出现了生态工程（ecological engineering）、生态技术（ecological technique）、生态建设（ecological construction）、生态管理（ecological management）等概念，并已部分实施。生态工程在我国的实施，实现了能量与物质的多级利用和优化方案，使工农业生产经济效益与生态效益大幅度提高，并使环境得到进一步改善。

5. 传统生态学的定量化与进一步的发展：如植被研究中的聚类分析、排序等技术的应用，种的分布格局和种的多样性研究，植物种群的研究以及信息生态学的兴起（即揭示群落中以及种内、种间信息传递的方式与途径，进一步了解生物群体自组织与自调整的机制）等。

与生态学的发展相适应，生态学的研究机构、人才培养和学术刊物也与日俱增。如美国，以生态学为主要研究内容的专门研究机构达 30 多个，多数大学内都设有生态学方向或生态学研究组织，开展长期的生态研究项目或承担政府的定期研究任务。据 1983 年初统计数字，美国全国获得学位的专业人员中，从事生态学教学及科研工作的约有 6,000 人。西欧情况也与美国相似，各主要大学均设生态学方向，生态学已成为生物学、地理学、农学、林学，甚至经济学等专业的主要课程之一。英国的陆地生态研究所（Institute of terrestrial ecology），法国的植物社会学和生态学研究中心（C·E·P·E）等都是世界闻名的生态学研究中心。

特别值得提出的是国际性生态组织的建立。联合国教科文组织设有生态司，此外几个重要的国际生态学组织有：

1. 国际生物学规划（IBP）：为联合国教科文组织（UNESCO）于 1964 年所组织的一项全球范围的生态学研究计划，目的是通过世界科学家的努力和协作，去认识维持地球表面生态平衡的生物系统与环境系统的过程。IBP 下设七个组：（1）陆地群落生物生产力组；（2）生物生产过程组；（3）陆地群落自然保护组；（4）海洋群落生物生产力组；（5）淡水群落生物生产力组；（6）人类适应组；（7）生物资源的利用与管理组。共有 60 多个国家参加这个计划，许多国



家为完成这一计划设立了一系列生态定位研究站，如美国 US/IBP 在 7 个主要生物群落 (Biome) 中建立了生态定位研究站，包括阿拉斯加冻原站、华盛顿州针叶林站、田纳西州阔叶林站、科罗拉多州草原站、新墨西哥州荒漠站等。设立这些站的目的是：(1) 阐明生产力的生物学基础；(2) 从全球角度研究有机物质生产；(3) 获得检验和发展生态理论的资料，发展对人类有益的理论：包括能流、养分循环、营养结构、空间格局、种间关系、种的分化等；(4) 研究生态系统的过程，这些过程使上述功能得以实现。各个定位站(网)的研究内容包括野外观察，过程速率量测，综合，与系统分析。参加工作的有 600 多人，几乎占当时美国生态学工作者的五分之一，每年活动经费达 6000 多万美元。仅 Colorado Pawnee site 一个站，活动十年，共花掉 1,310 万美元。其他国家如苏联、日本、英国、法国、德国、澳大利亚等，也都建立了相应的定位研究站。在 IBP 计划下，召开了一系列国际会议，出版了大量专著。这一计划在 1974 年结束。

2. 人与生物圈(MAB)：MAB 是从国际生物学规划发展起来的，1968 年国际生物圈会议上提出设想，1970 年联合国教科文组织第 16 次会议上通过设立的，1971 年 11 月正式工作，是一个国际性的、政府间的多学科的综合研究计划，是 IBP 计划的继续。它的主要任务是：研究在人类活动影响下，地球上不同区域各类生态系统的结构、功能及其发展趋势，预报生物圈及其资源的变化和这些变化对人类本身的影响。其目的是通过自然科学和社会科学这两方面，研究人类今天的行动对未来世界的影响，从而改善全球性的人与环境的关系，确保在人口不断增长的情况下，合理管理与利用环境及其资源，保证人类社会经济的持续发展和今后人类的生存。

人与生物圈的主要研究项目有下列 14 个：

- (1) 不断增加的人类活动对热带、亚热带森林生态系统的影响。
- (2) 不同的土地利用与管理方法对温带和地中海森林景观的生态影响。
- (3) 人类活动和土地利用方式对放牧地(热带稀树草原和温带半干旱至干旱地区牧场)的影响。
- (4) 人类活动对干旱和半干旱地区生态系统的影响，特别是灌溉的效果。
- (5) 人类活动对湖泊、沼泽、河流、三角洲、海湾、沿海地带的价值和资源的影响。
- (6) 人类活动对山地和冻土带生态系统的影响。
- (7) 岛屿生态系统的生态学与合理利用。
- (8) 对自然区域和自然区域内遗传物质的保护。
- (9) 对陆地和水生生态系统的虫害管理以及肥力利用的生态学评价。
- (10) 大型工程对人及其环境的影响。
- (11) 以能源利用为重点的城市生态系统问题。
- (12) 环境变化和人类人口的适应，人口统计与遗传结构之间的相互作用。
- (13) 环境质量的认识。
- (14) 环境污染及其对生物圈的影响。

目前，有 100 多个国家的政府参加 MAB，参加国均设有 MAB 国家委员会。

3. 国际地圈—生物圈计划：(International Geosphere—Biosphere Programme, 简称 IGBP)：是国际科学联合会理事会于 1986 年提出的，副标题为全球变化研究。其中心目的是了解和调