



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Ecology Research Methods

生态学研究方法

孙振钧 周东兴 主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生态学研究方法

王宗敏 傅承玉 王 强

科学出版社
SCIENCE PUBLISHERS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生态学研究方法

孙振钧 周东兴 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

生态学研究方法已经成为目前生态学领域探讨的热点之一。本书介绍了生态学研究中的各种方法和技术,概括了从取样技术、种群及群落结构、生物多样性、生态系统及景观的研究方法,到微生物生态学研究 and 生态环境影响评价等内容。

本书知识性、系统性和实用性很强,可作为从事生态学、环境科学研究和大专院校生态学、环境科学、资源环境等专业师生的教材与参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生态学研究方法/孙振钧,周东兴编著. —北京:科学出版社,2010.7
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-03-028341-2

I. ①生… II. ①孙…②周… III. ①生态学-研究方法-高等学校-教材
IV. ①Q14-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 138679 号

责任编辑:甄文全 吴美丽 李晶晶 / 责任校对:张怡君
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

铭浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 7 月第一次印刷 印张:17 3/4

印数:1—3 500 字数:420 000

定价:32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

国内生态学研究方法方面的书籍一直匮乏。20 世纪 80 年代,科学出版社出版了 Southwood 著的《生态学研究方法》(罗河清等译,1984)和 Wratten、Fry 编写的《生态学野外及实验室手册》(吴千红等译,1986),国内学者关于生态学研究方法的论述最早见于 1994 年郑师章、吴千红等撰写的《普通生态学——原理、方法和应用》一书的方法篇,由复旦大学出版社出版。国内高校讲授生态学时涉及生态学研究方法部分或编写课程讲义时大多引用或参考上述几本书。近年来,人们对生态环境问题的日益重视和新的技术方法的层出不穷,促进了生态学研究方法的飞速发展。尤其是景观生态研究技术、生态模型和“3S”技术的发展,极大地促进了宏观生态学的发展。2007 年化学工业出版社和中山大学出版社分别出版了章家恩等编写的《生态学常用实验研究方法与技术》和张文军编著的《生态学研究方法》,收录了一些国内外的生态学研究的新方法和技术。

中国农业大学和东北农业大学自 2002 年以来一直为本科生或研究生开设生态学研究方法课程,采用的是校内自编教材,内容大多摘引自上述著译者的内容。最近几年,生态学研究方法已经从生态专业延伸到资源环境、环境科学、环境工程甚至传统的农学和生物学科及经济管理等专业的教学中,需要一本完整系统反映生态学研究方法的教科书,使之能够作为相关专业学生教材和科研人员参考书。本书就是基于这一目的,总结多年的教学和科研经验,结合目前新近出版的相关教材编著而成。

本书系统介绍了种群、群落、生态系统、生物多样性、景观及生态环境评价的各种研究方法。书中介绍的研究方法以定量为主,具有稳定性和长时效性,适合作为教材或工具书,涵盖的多数研究方法是从事生态学研究必须掌握的。

本书由中国农业大学孙振钧和东北农业大学周东兴合编,并得到了所在单位同事和同学们的帮助。同时作者在编写过程中,收录了大量相关的著作和论文中的内容和图表,在此向有关文献的作者表示诚挚的谢意!

本书可作为高等农业院校生态学、环境科学、资源环境等专业的主要教科书,同时也可作为其他非农业院校、研究机构的参考书。由于编者知识有限、编写时间仓促,尽管在编著过程中努力追求完善,但书中难免出现不当和疏漏之处,欢迎广大读者提出批评和改进意见。

编 者

2009 年 12 月

目 录

前言

第一章 生态学研究概述	1
第一节 生态学研究的基本思想	3
一、层次观	3
二、整体论	4
三、系统学说	4
四、协同进化	4
第二节 现代生态学研究的特点与热点	4
一、现代生态学研究的特点与内容	4
二、现代生态学研究的热点问题	5
第三节 生态学研究的基本方法	12
一、原地观测	12
二、受控实验	13
三、生态学研究的综合方法	13
思考题	15
第二章 生态取样技术	16
第一节 样地制图	16
一、陆地生境制图	17
二、水塘与河流制图	19
第二节 简单随机取样	21
一、取样误差	21
二、样本平均数的置信区间	22
三、理论取样数的确定	22
四、样本抽取方法	24
第三节 分层取样	26
一、分层取样的样本平均数与样本方差	27
二、分层取样理论取样数的确定	27
第四节 标记重捕技术	30
一、标记技术	30
二、Lincoln 指数法	33
三、Jolly-Seber 随机法	34
第五节 种群相对数量的估计	37
一、估计方法	37
二、影响相对数量估计的因素	40

第六节 去除取样法	41
一、回归分析法	41
二、三点法	42
三、极大似然法	42
第七节 群落数量特征的调查方法	44
一、样方法与种-面积曲线	44
二、样条法	46
三、点样法	47
四、无样地法	47
第八节 样本容量的确定	48
一、连续变量	48
二、离散变量	51
三、生态学特有变量	52
四、通用方法与经验方法	53
思考题	53
第三章 种群结构与过程研究	55
第一节 种群的基本特征	55
一、种群的空间分布	55
二、种群的数量特征	58
三、种群的遗传特征	61
四、邻接效应	62
第二节 生命表技术	62
一、特定时间生命表	62
二、特定年龄生命表	67
三、生命表组建方法	67
第三节 数学生态模型	67
一、生态学模型的概念	68
二、建立生态模型的一般步骤	69
三、生态模型的一般成分	70
四、生态模型的类型	71
五、建立模型的一般方法	72
第四节 种群与种间关系模型	73
一、单种群模型	73
二、双种群模型	77
三、 k 种群作用模型($k \geq 3$)	81
四、矩阵模型	84
五、随机模型	88
六、生态位的测度方法	93
第五节 种群数量估计	96

一、种群的数量动态	96
二、种群的空间动态	99
三、种群数量调节	100
四、种群数量估计	101
思考题	102
第四章 群落结构与生物多样性研究	103
第一节 群落结构分析	103
一、生物群落的概念	103
二、地球上群落的主要类型	104
三、群落结构分析	108
四、生物群落的基本特征	113
五、生物群落的种类组成及其数量特征	114
第二节 群落动态分析	120
一、生物群落季节动态	120
二、生物群落的年变化	120
三、经验模型	122
四、群落的演替	124
五、群落的演替模型	130
第三节 群落分类与排序	132
一、群落分类	132
二、群落的排序	136
第四节 生物多样性研究	138
一、多样性的定义	139
二、物种多样性的研究方法	140
三、物种多样性在空间上的变化规律	143
四、决定多样性梯度的因素	143
思考题	144
第五章 生态系统的系统分析方法	145
第一节 生态系统的基本知识	145
一、生态系统的概念	145
二、生态系统的组成	146
三、生态系统的基本特征	147
四、生态系统的完整性	149
五、生态循环	150
六、生态系统稳定性	151
第二节 生态系统模型	152
一、模型的组成	152
二、建模过程	154
三、模型验证	159

四、灵敏度分析	160
第三节 生态系统的能量流动	161
一、能量流动遵循的规律	161
二、生态系统中能量的主要来源	161
三、能量流动遵循的基本热力学定律	162
四、生态系统中的辅助能	164
五、生态系统的能量分析	166
六、农业生态系统能流关系的方向调整	173
第四节 生态系统的物质循环	175
一、生态系统物流的一般特点	176
二、物质循环的基本类型	178
三、水循环	180
四、碳循环	184
五、氮循环	188
六、磷循环	192
七、钾循环	194
八、硫循环	196
九、农业生态系统中的养分循环	198
第五节 生态系统分析	203
一、分室模型:方法和实例	203
二、湖泊富营养化模型	206
第六节 生态系统生产力的测定	212
一、初级生产中的能流分析	212
二、次级生产中的能量流动	221
思考题	226
第六章 景观研究方法	227
第一节 景观要素分析	227
一、斑块	227
二、廊道	229
三、基质	230
四、景观异质性	230
五、景观空间格局	230
六、网络	231
第二节 景观生态分类与评价方法	232
一、景观生态分类	232
二、生态系统健康评价	234
三、生态系统综合评价	235
第三节 景观研究方法	236
一、3S 技术	236

二、景观模型	238
第四节 地统计学方法在景观研究的应用	239
思考题	245
第七章 微生物生态学研究方法	246
第一节 微生物生态学研究的传统方法	246
一、样本的采集、富集培养和微生物纯培养与分离	246
二、最大或然值法	246
三、活菌计数法	247
第二节 微生物生态学研究的分子生物学方法	247
一、核酸探针杂交技术	247
二、PCR 特异性扩增技术	248
三、rRNA 基因同源性分析方法	249
四、变性梯度凝胶电泳技术	251
第三节 微生物生态模型	252
一、实验模型	252
二、数学模型	255
三、竞争方程式	257
四、共生方程式	257
五、捕食方程式	258
六、生物群落的数学模型	259
七、组建数学模型的常用方法	260
思考题	260
第八章 生态环境影响评价方法	261
第一节 生态环境影响调查与监测	261
一、生态环境现状调查	261
二、生态环境现状调查项目	262
第二节 生态环境现状估计与评价	262
一、物种评价	263
二、群落评价	263
三、栖息地评价	263
四、生态系统完整性评价	263
五、生态环境保护目标及其界定	264
第三节 生态环境影响预测与评价	264
思考题	267
参考文献	268

第一章 生态学研究概述

生态学是研究生物与环境关系的一门科学。自从生物在地球上出现就与环境有着紧密的联系。人们在长期的生产和生活实践中,早已注意到这种关系,并自觉或不自觉地运用这种规律来指导自己的行动。尽管朴素的生态学思想早在公元前 2000 年就已见诸于古希腊和中国的著作及民歌谣中,但是直到 20 世纪中叶,随着生产的需要和生物学、地理学的发展,生态学(ecology)才作为一门研究生物与环境相互关系的科学登上历史的舞台。生态学是一门多源和多分支的学科。生态学发展的初期在学科上分化为植物群落学、动物生态学,并结合生产部门的特点形成了一系列分支学科。这些学科有的冠以生态学的名称,有的甚至没有用生态学的名称,然而它们却实实在在地进行着生态学的工作,并成为农学、林学、畜牧和渔业的应用基础。

生态学的发展进一步加深了生物与生物间以及生物与环境间认识的深度,并将其提高到整体性和系统性的高度。20 世纪三四十年代,在生态学界和地理学界几乎是不约而同地提出了一系列的学说和术语来表达这种相互作用的整体。其中,Tansley(1935)提出的生态系统(ecosystem)概念得到了广泛接受。这一概念的应用和发展不仅把生态学推向系统研究的新高度,同时也为认识 and 解决当代的环境问题进行了理论准备。而 Linderman(1942)对于营养动力学的贡献为生态学的研究提供了定量化的途径与手段,使生态学脱离了其起源的多种学科而建立起自己的理论和方法体系。Linderman 于 1941 年提出了食物链、营养级、金字塔营养结构的概念,揭示了生态系统中生物量、能量与物质流动在不同营养级之间的定量关系。

20 世纪 50 年代以来,Odum(1953,1992)进一步发展了生态系统的概念并极大地丰富了生态学的内容,使其发展成为一门新的学科分支,即系统生态学。虽然生态学在 20 世纪中叶以前,在理论和实践中都进行了大量工作,但直到 20 世纪中叶,生态学仍是生物科学中的一门不受人们关注的学科,甚至对这一学科的存在有着一些争议。

20 世纪 60 年代以后,世界上人口、资源与环境等全球性问题日益激化,这些当今社会所面临的重大问题,无法用传统的线性思维方式来解决,而生态学的系统研究理论及其所固有的非线性思维方法正是这一危机的“解毒剂”。生态学在投身解决社会问题的过程中,逐渐摆脱了其产生时的狭隘的学科局限和传统的研究范围,生态学已不再像一度被人们所指责的那样,是一门“不食人间烟火的”、“只会说‘No’”、“批判的学科”。它不仅在理论和方法方面,而且在研究对象的范畴、规模和尺度方面都有了新的发展,生态学已经引人注目地成熟起来。它已经从一门描述性的学科发展成为一门崭新的、结构完整的、定量化的学科,并向预测性科学扩展。运用生态学的基础理论、定量的测定方法、建模技术以及系统分析等方法来解决自然界和社会面临的迫切问题,以崭新的面貌出现在现代科学的舞台上,展现出蓬勃的生机。在解决当前社会问题时,生态学的作用不单纯是作为一个学科参与其过程的探索,并寻求解决方案,其作用还在于它为科学和社会之间架起了一座

桥梁。在此过程中生态学也得到了长足的发展,超越了作为其起源的生物学范畴而成为研究生物、环境、资源及人类相互作用的基础和应用基础科学。尽管目前对生态学范围的界定和学科体系方面还存在着一些争议,但这是一个发展中科学必然具有的特点,丝毫不会否定生态学过去和现在所起的其他学科难以比拟的作用和人们对这一学科未来发展的信心。

在科学自身发展和社会需求的背景下,当前生态学呈现出一系列新的特点,突出表现在:生态学研究内容的重新定位和研究对象的不断拓宽;学科之间相互融汇与新分支学科的不断产生;从研究结构发展到研究功能和过程;从局部孤立的研究向整体网络化研究发展;研究方法的现代化、定量化和信息化。

当今的生态学已经发展成一个研究内容广泛、分支学科众多、综合性很强的学科;从研究方法而言,也同样在不断地更新。

(1) 从描述性科学走向实验科学。生态学长期以来被认为是描述性的,只有个体生态学能对有机体与非生物因子关系的研究进行室内外的定量实验,而群体生态学难以用实验方法进行研究。科学技术发展,使生态学工作者能开辟新的领域,对群体生态学也进行科学实验。例如,受控生态系统;微宇宙、人工模拟实验室等;利用电子仪器和生物遥控技术;在不破坏天然动植物种群的情况下,对它们取样和测量;使用放射性核素追踪生态系统中营养物质的转移途径,并判断其时间和范围。

(2) 生态学的研究重点从个体水平转移到种群和群落,进而发展到以生态系统研究为中心。早期的生态学在达尔文生存竞争学说的影响下,主要发展的是自然历史或博物学;而 20 世纪初到五六十年代,动物生态学是以种群数量为中心,而植物生态学则着重发展了群落的结构、演替和经典的植被分析等。而近代生态学,在迫切要求解决实践问题的影响下,多学科的综合研究迅速发展,在整体观和系统观等思想的指导下,宏观的生态系统结构、功能和调控的研究有了突出的发展。

(3) 生态学原理与人类社会实践的许多领域紧密结合。过去的生态学,人类更多地站在第三者的位置上,研究生物与环境的相互关系;近代生态学,人类将自己放到了生态系统中进行研究。生态学原理为许多应用领域工作者所接受,出现了农业生态学、污染生态学、环境生态学、生态工程与生态农业、资源生态学、人口生态学、经济生态学、城市生态学和景观生态学等。生态学还渗透到城市规划、区域规划,甚至许多水利工程、露天开矿、工业设施建设均提出要与生态学和社会科学联合,以及利用现代信息技术、近代理论物理方法论的观点进行分析和评价。

(4) 数学模型在生态学中得到广泛的应用。由于生态系统的结构和功能比较复杂,传统的数学方法已不能满足需要,系统分析与生态学相结合的系统生态学应运而生。随着系统分析与生态学的结合以及计算机技术的广泛应用,群落生态学由描述群落结构发展到定量分类、排序并进而探讨群落结构形成的机制。生态系统研究由过程描述发展到过程计算机模拟。系统分析在生态学中的应用,主要有两个途径:一类是建立系统的模拟模型,用计算机来模拟生态系统的行为,进行参数的灵敏度分析,再模拟各种管理措施,供决策者选择。另一类是应用最优原理来控制和管理生态系统,它又可分静态和动态,静态的有线性规划和非线性规划,动态的则有最优控制理论。当然,随着研究对象的变化,必

须有更多更新方法的引进,生态科学才能不断地向前发展。

生态学研究方法的发展,虽然在人类认识生物、利用生物的初期即已开始积累素材,但上升到理性的规律总结是在 19 世纪以后。例如,1803 年 Malthus 用指数方程表述人口的增长规律;1838 年 Verhulst 提出描述种群动态的逻辑斯谛方程等。20 世纪以后,由于引用其他学科的新方法,化学家、数学家等与生态学家合作,促进了生态学研究方法的发展。

20 世纪初出现的示踪原子和其他标记技术,使人们有可能对动物的活动作持续而全面的观察,并有可能追踪元素在植物体内的运输和分布。40 年代发展起来的群落能量研究使人们更清楚地认识到生物群落与其环境组成的生态系统是一个依靠物质和能量流动维持其自身功能的整体。这些都是理化方法和生物方法结合的产物。

从 20 世纪 50 年代起,系统概念和计算数学渗入生态学研究领域。此后,越来越多的学者用数学模型来描述生态现象,预测未来趋势。计算结果与实测数据相互印证,有助于检验理论的有效性。在 60 年代后,大量应用电子计算机进行模拟试验。计算机模拟在性质和规模上都摆脱了原地实验的局限性,很容易利用改变有关参数的方法来分析系统中的因果关系,计算结果可以再拿到现场检验。这不仅大大加快了研究的进度,并且开拓了更为广阔的研究领域。当然,计算机模拟仍存在许多生物学解释困难与复杂化的问题,这必将在发展应用中不断得到解决。

第一节 生态学研究的基本思想

生态学自诞生以来,大体上经历了 3 个发展阶段,即生态学的资料积累和生态描述阶段(19 世纪 60 年代至 20 世纪 60 年代)、实验生态学发展阶段(20 世纪 60~80 年代)和现代生态学阶段(20 世纪 80 年代至今)。前期的生态学研究较多地突出自然属性,侧重于微观或中尺度,以动植物和生态系统的结构和功能为主的研究。20 世纪 80 年代以后,随着全球人口、资源、环境问题的不断出现,现代生态学突破了原有经典或传统生态学的自然科学界限,在研究层次、时空尺度、内容和技术方法上均有较大的转变,出现了一些具有时代特色的研究趋向,它们已逐渐成为现代生态学研究热点与前沿。

指导生态学研究的理论观点,主要遵循以下几种基本思想。

一、层次观

生命物质有从大分子到细胞、器官、机体、种群、群落等不同的结构层次。生态学研究机体以上的宏观层次。虽然每一生命层次都有各自的结构和功能特征,但高级层次的结构和功能是由构成它的低级层次发展而来的。因此,研究高级层次的宏观现象需了解低级层次的结构功能及运动规律,从低级层次的结构功能动态中可以得到对高级层次宏观现象及其规律的深入理解。对低层次的运动来讲,其生物学意义也只有以较高的层次为背景,才能看得更清楚。宏观层次的研究方向主要有景观生态和全球生态,主要解决全球性的环境变化问题;微观层次上的发展方向主要有分子生态学、生态毒理学、化学生态学等,主要解决生态进化的机制和生态、污染过程的机制问题。在生态学研究中,分析不同

层次构成的谱系称为层次分析方法。

二、整体论

每一高级层次都具有其下级层次所不具有的某些整体特征。这些特征不是低级层次单元特性的简单叠加,而是由低层次单元以特定方式组建在一起时产生的新特征。所以,由若干低层次单元所组成的高层次单元实际上就是高一级的新的整体。例如,个体有出生、死亡、寿命、性别、年龄等特征,在种群层次有出生率、死亡率、平均寿命、性比、平均年龄等似乎与个体水平相似的特性。实际上,这些特性在不同层次上有本质的区别,后一类是在整体上的特性,有数量动态的含义。此外,种群水平更有个体水平所不存在的整体特性,如数量动态、分布型、扩散与聚集等。所有的这些特性,都只有在种群作为整体的水平上才能认识,在个体水平则无从研究。

总之,整体论要求始终把不同层次的研究对象作为一个生态整体来对待,注意其整体的生态特征。

三、系统学说

系统是指具有特定功能的、相互间具有有机联系的许多要素(element)所构成的一个整体。

一般所说的生态系统是指生物群落与环境组成的动态平衡体系。在生态学中,系统观点与层次观和整体论是不可分的。生物的不同层次,既是一个生态整体,也同样是一个系统,均可用系统观进行研究。系统分析的方法既区分出系统的各要素(或称组分,常是较低的层次单元),研究它们的相互关系和动态变化,同时又综合各组分的行为,探讨系统的整体表现。系统研究还必须探讨各组分间作用与反馈的调控,以指导实际系统的科学管理。

四、协同进化

各种生命层次及各层次的整体特性和系统功能都是生物与环境长期协同进化的产物。

协同进化是普遍存在的现象。例如,捕食者-被食者之间的对抗性特性与行为的协同发展;寄生-共生转化的协同适应;生物-环境,植物、高等动物被动与主动对环境的改造。

协同进化的观点应是生态学研究由设计方案到解释结果全过程的指导原则。如今有更多的人提议,把协同进化的因素加入到种群动态模型之中。

第二节 现代生态学研究的特点与热点

一、现代生态学研究的特点与内容

长期以来,由于生态学的“无所不包”及其与实际问题的脱节,生态学研究无固定的边界,它犹如“一个特许的游荡者,在自然科学乃至社会科学的许多正统的专门领域进行偷猎”,因而显得十分空泛、实用性较差,生态学研究也因此曾一度陷入了困境和低谷。但近

些年来随着全球问题的出现,生态学以其高度的综合性又扮演起了重要角色,现代生态学逐渐走出了黑暗,发展成为面向未来的生态学(beyond gloom and doom-ecology for the future),生态学家也因此担负起时代的使命与重任,成为“面向实际问题的生态学家/生物学家”(ecologists/biologists as problem solver)。与传统生态学相比,现代生态学具有以下几个特点:①在研究规模和尺度上,逐渐由个体—群落—生态系统向区域—国家—全球规模转变;②在研究对象上,由传统的以自然生态系统为主逐渐向自然-社会-经济复合生态系统转变;③在研究目的上,现代生态学从“象牙塔”走向社会,直接为社会服务,因而其技术含量加大,可操作性和实用性加强;④在研究方法和手段上,由传统的收集、观测、描述、统计到现代的全球生态网络和“3S”技术的广泛应用;⑤在研究层面及维度上,现代生态学由孤立的单层研究到大范围多层面的合作,全球性和协作性研究加强,这是由现代生态学日益拓展的时空尺度所要求的。

现代生态学研究具有明显的时代特色,它除保持原有的研究领域外,还涌现了一批新的研究方向和热点问题,包括全球变化、可持续发展、生物多样性、湿地生态学、景观生态学、脆弱与退化生态学、恢复与重建及保护生态学、生态系统健康、生态工程与生态设计、生态经济与人文生态学等新兴研究领域。这些研究领域是以全球变化为起点和主题,以恢复重建为内容和手段,以可持续发展为目标相互交织在一起而构成的一个“生态学三角形研究框架”,其他研究热点大多是围绕这三个轴心而展开的(图 1-1)。

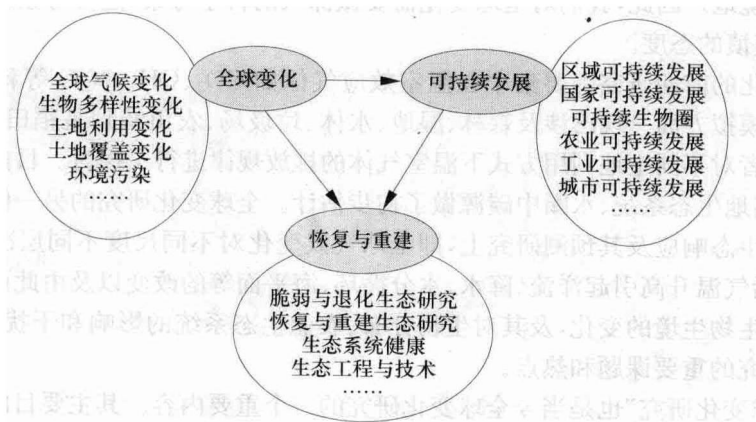


图 1-1 现代生态研究的热点问题

二、现代生态研究的热点问题

1. 全球变化

全球变化(global change)研究开始于 20 世纪 80 年代,它有广义和狭义之分。狭义的全局变化仅指全球气候变化,包括温室效应气体的增加以及由此引发的全球变暖、大气成分的变化、大气环流和洋流的改变、海平面上升、冰川融化以及臭氧层破坏等过程;广义的全局变化不仅包括全球气候变化,也包括全球人口增长、土地利用与覆盖的变化、元素的生物地球化学循环的改变、环境污染、生物多样性丧失,以及国际政治与经济形势与格

局的变化等。

全球变化研究主要集中在以下几个方面:①全球变化的科学性问题;②全球变化的幅度及其生态效应的预测研究;③温室效应气体释放机制的研究;④不同生态系统碳库(source)与汇(sink)的估测;⑤全球变化的高新技术产业开发与利用研究;⑥全球变化陆地样带(transect)的研究。

关于全球变化是否存在及其科学性目前仍存在着异议和不同的观点。虽然国际上成立了众多的全球变化组织,并签订了一系列的公约,且有大量的科学家、政治家参与和进行科研和宣传活动,使全球变化几乎成了家喻户晓的名词。但是,最近 4000 多名持不同意见的学者,包括 70 位诺贝尔奖获得者签署了反对书,如“赫得尔呼吁书”和“莱比锡宣言”(Leipzig Declaration),极力要求废除 1992 年在巴西里约联合国大会上签署的《气候变化框架条约》,他们联名否认温室气体对全球气温变化影响的科学性,敦促反对采用缺乏科学性而且经济上有害的控制能源消费的政策措施,使得全球变化研究陷入了尴尬的境地。

全球变化的本质在于它既作为一个科学的概念又作为一个意识形态的形式,或多或少地带有政治色彩,“科学化的政治”和“政治的科学化”在全球变化中表现十分突出。尽管目前对全球变化存在不同的态度和看法,但对全球变化进行研究仍是十分必要的,因为只有这样,我们才能明辨是非,才能防患于未然,在全球变化真正到来时才不至于陷入被动和无为的境地。因此,我们对全球变化需要做深入的科学考察,这种考察应采取一种公正、批判和谨慎的态度。

全球变化的前期研究主要集中在温室效应气体如 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等释放的试验观测和计算机模拟方面。现已涉及森林、湿地、水体、垃圾场、农田特别是稻田等生态系统;也有不少学者对不同土地利用方式下温室气体的排放规律进行了探讨。目前对全球森林生态系统、陆地生态系统、水圈中碳源做了初步估计。全球变化研究的另一侧面表现在对全球变化的生态响应及其预测研究上,即全球气候变化对不同尺度不同层次的生态系统的影响,包括气温升高引起洋流、降水、水分循环、海平面等的改变以及由此而引起的景观生态格局和生物生境的变化,及其对生物分布、农业生态系统的影响和干扰等,这些都是全球变化研究的重要课题和热点。

“反全球变化研究”也是当今全球变化的一个重要内容。其主要目的是通过对温室效应气体的各种反馈过程等的研究,来证实全球变化的非科学性和不确定性。同时,近年来,对全球变化的控制和管理研究工作正在不断开展。国际上已建立了全球变化的监测网络,并成立了相应的协调机构,制订了管理计划和公约,如降低森林采伐的速度、增加森林面积(人工造林)、增加现有森林的碳储存量、增加木材的利用(包括提高木材的利用率)、以薪柴替代化石燃料等。同时,一些为控制或延缓全球变化的新技术产业也在不断兴起。在一些国家,已在进行低碳或无碳燃料、核聚变技术、可再生能源技术的利用与开发,无氟冰箱的研制、无公害物质的开发,以及温室气体的固定转换技术,如利用细菌、藻类固定 CO_2 技术及森林再生技术等。

2. 可持续发展

“可持续发展”(sustainable development)一词自 1987 年世界环境与发展委员会在

Our Common Future 提出以来,已被广泛地应用于各行各业。目前对可持续发展概念的解释和理解可以说是五花八门。其最初是出现在布伦特兰报告(Brundland Report)中,即“可持续发展是既满足当代人需要,又不对后代满足其需要的能力构成危害的发展”。布氏定义包含了可持续发展的公平性原则(fairness)、持续性原则(sustainable)、共同性原则(common)。它是一种正确的发展观,是人类“环境哲学”的重大进步。在此定义的基础上,许多学者对其进行了补充或修订。北京大学杨开忠教授认为,可持续发展是既满足当代人需要,又不对后代满足其需要的能力构成危害的发展,既符合局部人口利益,又符合全球人口利益的发展。该定义同时强调了可持续发展的时间和空间维度。章家恩认为:可持续发展是人口、资源、环境、社会、经济、政治在时间和空间的永续性和公平性,是人地关系和谐发展的一种动态的过程和状态的总和。而持续发展具有地域性、阶段性和不同的水平,也就是说,不同的地区由于存在不同的自然环境背景和社会经济发展水平,因此其可持续发展必然会有不同的起点、阶段、途径和特色与之相适应。有的学者将可持续发展划分为强持续发展、弱持续发展两种类型。另外,对“持续发展”和“可持续发展”两个名词也有人加以了讨论,认为“可持续发展”要比“持续发展”准确。

可持续发展研究主要集中在以下几个方面:①可持续发展的内涵、发展观等探讨;②可持续发展定量化的研究;③可持续发展模式与规划研究。目前该领域的研究多停留在概念或内涵的定性探讨上,可操作性差。因此,对可持续发展的定量化即如何来度量、鉴定和评价区域可持续发展的水平与能力显得十分必要。近年来,国内外的一些学者致力于建立可持续发展的指标体系研究,并取得了一些进展。一致认为判断和测度可持续发展能力包括5个方面的内容:资源的承载能力、区域的生产能力、环境的缓冲能力、进程的的稳定能力和管理的调节能力。并可用社会的稳定度、安全度、保障度、舒适度、公益度、抗逆度、满意度、文明度、控制度、自立度十大指标来衡量和比较不同地区的可持续发展的能力和水平。可持续发展指标体系一般包括生态环境指标、资源指标、经济发展指标和社会发展指标以及非货币指标几大类。另外,如何制订和规划区域可持续发展模式途径,是可持续发展从概念到行动的一个关键和难点。目前尚缺乏一个完整和准确的理论和技术体系作为支撑和指导。有的学者提出应建立不同类型的可持续发展综合试验区,这是可持续发展从理论到实践的一个突破点。这方面有待于进一步探索。

3. 生物多样性

生物多样性(biodiversity)是人类社会得以存在和持续发展的物质基础和必要保证。生物多样性及其保护已日益成为全球人民共同关注的热点问题。生物多样性研究主要包括以下几个核心领域:①生物多样性的起源、维持与丧失;②生物多样性的生态系统功能;③生物多样性的编目、分类及其相互关系;④生物多样性评价与监测;⑤生物多样性保护、恢复与持续利用。

前期的生物多样性研究主要集中在生物多样性测定方面,研究内容涉及基因多样性、物种多样性和生态系统多样性3个层次;研究尺度从全球到区域的各类生态系统,其中,陆地生态系统特别是森林生态系统的生物多样性的研究和报道较多,土壤和沉积物的生物多样性以及水生生态系统的生物多样性、微生物多样性研究较为薄弱。目前,对全球生物物种总数、濒危和灭绝物种已有了粗略的估计,但仍缺乏全球生物的详查、编目、分类和