

生态学家 面临的挑战 ——问题与途径

Challenges Facing Ecologists:
Questions and Approaches

■ 陈吉泉 李 博 马志军 赵 斌 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内 容 简 介

《生态学家面临的挑战——问题与途径》是基于2004年“复旦大学高级生态学讲习班”的部分授课内容编辑而成。全书共分10章,着重介绍了生态学家面临的问题与挑战,解决生态学中复杂问题的技术与方法以及如何成为一名合格的生态学家。所以,读者将会发现,本书将有助于提高生态学工作者从提出科学问题到发表高水平论文一系列过程的能力。

本书可作为生态学、农林、环境和自然地理等专业教师的参考书、研究生的教材和相关研究领域研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生态学家面临的挑战——问题与途径/陈吉泉等

主编. —北京:高等教育出版社,2005.8

ISBN 7-04-017851-6

I. 生… II. 陈… III. 生态学-高等学校-教学参考资料 IV. Q14

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第085805号

策划编辑 李冰祥

责任编辑 李冰祥 陈正雄

封面设计 王凌波

责任绘图 尹 莉

责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landracom.com>

<http://www.landracom.com.cn>

开 本 787×1092 1/16

印 张 16

字 数 390 000

版 次 2005年8月第1版

印 次 2005年8月第1次印刷

定 价 35.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17851-00

前 言

复旦大学的生态学学科,有幸于2002年进入了国家重点学科行列,这对于我们来说既是一个机会,又是一种挑战。机会是指我们的学科点因此可能进一步得到国家和学校的重视,有更多的发展空间;而挑战则是指尽管我们拥有重点学科,但是与国际生态学界的研究水平相比,还存在巨大的差距。为此,学校采取了一系列的举措,其中包括将生态学科纳入“211工程”和“985”重点建设项目,加强学术队伍的建设,投资建设长期的野外研究站等。可喜的是,这些措施已收到了良好的成效。

2003年初,我们引进了美国Oklahoma大学的骆亦其教授,当时亦其是我国生态学领域的第一位长江学者特聘讲座教授。为了提升我们的研究队伍水准,受聘后亦其马上又将Toledo大学的陈吉泉教授介绍给我们,并于2003年夏天在复旦大学与我们会面。当时亦其和陈吉泉同其他几位旅居海外的生态学家一样有一个共同的心愿,即为我国培养一批高素质的青年生态学家,使其能尽快进入国际学术界。在沪期间,吉泉向我们“兜售”了他们的这一想法。陈家宽先生对此表示了极大的兴趣,“两陈”相遇,一拍即合。随后,我们向院里和学校建议引进“欧美生态学家创新团队”,通过举办“集训班”,增强新一代生态学家之间的感情和相互了解,授课以“如何做学问”为中心,从而促进复旦和全国生态学的研究。我们的建议迅速得到了校方的批复,吉泉和亦其在国外招兵买马,顺利地找到了另外四位志同道合的欧美生态学家,组成了创新团队。2004年初,我们所建议的引进以陈吉泉教授为首席教授的“欧美生态学家创新团队”方案得到了学校的正式批准。

引进“创新团队”后想做的第一件事就是开办“复旦大学高级生态学讲习班”。通过调研,我们发现,中国生态学专业的学生对科学研究中的哲学思想和方法论等的认识普遍较低。在这种情况下,我们将讲习班的对象确定为全国高校和科研院所的优秀研究生和年轻教师,其目的是通过研讨哲学和方法论,提高我国未来生态学家的理论与研究水平,让他们学会怎样成为一名优秀的生态学家,从而缩小我国的生态学研究和教育水平与国际上的差距,并希望从中涌现出有一定国际影响的生态学家,同时也间接地影响他们的学生,使中国尽早成为世界生态学研究领域的强国。经过几个月的筹备,为期四周的讲习班于2004年7月9日正式开学,从全国22所高校和科研院所挑选的45名研究生和青年教师参加了讲习班。该讲习班是复旦大学生态学科点人才培养模式的一种尝试,尽管学员们对该讲习班开设的课程给予了很高的评价,但这种尝试是否真正成功并实现我们的预期目标仍需要时间来做出判断。

为这次讲习班授课的教授有九位,分别是陈吉泉(University of Toledo)、程维信(UC Santa Cruz)、宫鹏(UC Berkeley)、林俊达(Florida Institute of Technology)、林光辉(Columbia University)、刘建国(Michigan State University)、骆亦其(Oklahoma University)、Ron Pulliam(University of Georgia)和Andrew R. Watkinson(University of East Anglia)。他们为该讲习班的授课做了良久的准备,还克服了南方夏天湿热天气带来的不适,将他们渊博的知识、严谨的态度、

一丝不苟的工作作风毫无保留地“暴露”给学员和复旦师生。我个人认为这种精神构成了课堂内容以外的另一课,将对我们年轻学者产生深远的影响。在此,我要向诸位教授表示由衷的感谢。

复旦大学为该讲习班的顺利举行给予了极大的支持。首先,周鲁卫和徐忠两位副校长,学科建设办公室叶绍梁教授,研究生院顾云深教授和培养办廖文武教授,人才引进办公室张劲博士,生命科学学院的叶敬仲先生、钟扬教授和生态学学科点的负责人陈家宽教授等均给予了关怀、支持,并亲临指导,鼓励学员;蒋年女士为讲习班做了很多后勤方面的工作;马志军副教授是这次讲习班的主要组织者,奉献了近三个月的宝贵时间;董慧琴副教授为学员的遴选,贡献了许多业余时间。其次,学校和研究生院给讲习班以全额财政资助,使得我们的讲习班能以全免费的形式出现,并有利于我们吸引更多的优秀青年学者。我相信这种支持是不可多得的,所以我要感谢复旦大学的大器和从上到下的无私奉献精神。

由于可以理解的原因,我们的讲习班规模每年都只能控制在40人左右,这样,还有许多实际上很优秀的申请者不能如愿以偿参加讲习班。在此情况下,我们采取了一个折中的方案,将该讲习班的主要讲授内容编成了《生态学家面临的挑战——问题与途径》一书,以使更多的生态学工作者分享该讲习班的部分成果,也以此来答谢学校的支持。在此,我再次感谢所有授课的教授和全部的参编者为此书的出版所做出的贡献;更要感谢国内外同行:安树青、陈忠、方精云、方炜、缪世利、胡水金、李清林、马思延、孙建新、王政权、武昕原、徐明、张金屯、张全发和钟章成等教授为我们审阅部分书稿,并提出了许多宝贵的意见,从而使此书的质量得以提高。

最后需要说明的是,我们在设计该讲习班的教学内容时,偏重于培养学员研究能力的成分,而避免了基本原理的部分。本书是基于授课内容编辑而成,所以有关基础生态学的内容未纳入本书。另外,我们也邀请同行、读者对讲习班和本书的内容安排提出宝贵意见,便于以后得到改进,使我们能更好地服务于我国的生态学事业。

李 博

2005年6月8日

复旦大学立人生物楼

目 录

1	中国生态学家面临的挑战	陈家宽 马 涛 李 博	(1)
2	21 世纪生态学发展的重要挑战与对策	Ron Pulliam 余 华	(9)
3	生态学家的综合技能概述	Andrew R. Watkinson 李 博 陈家宽	(16)
4	陆地生态系统的地下过程	程维信 姜丽芬	(40)
5	涡度协方差技术在生态学中的应用	赵 斌 陈世革	(68)
6	生态学中的稳定同位素技术	林光辉 黄建辉 陈世革	(103)
7	空间统计学及其在生态学中的应用	陈吉泉 程晓莉 彭容豪	(145)
8	多变量分析在群落生态学中的应用	林俊达 吴纪华	(171)
9	科技论文写作方法和发表程序	陈吉泉 卢宝荣 骆亦其 董 全	(198)
10	同行评议及对同行评议意见的应对	马志军 刘建国	(223)
	索引		(238)

1

中国生态学家面临的挑战

陈家宽 马 涛 李 博

1978 年是中国现代史上最伟大的转折点之一,中国从此走上了改革开放的光明之路。短短的 26 年,中国逐步融入到全球的经济一体化进程中,并以惊人的速度走向中华民族伟大复兴的辉煌时代。中国在国际舞台上的战略地位已被绝大多数国家所承认,同时也被要求对全球的和平与发展承担更多的义务与责任。中国政府向世界宣布,中国将是一个负责任的大国。我国的生态学家特别是青年生态学家应当充分明确这一点,不但应该关心中国的环境和生态学问题,也应关心全球的环境和生态学问题。我们认为,中国的重大环境和生态学问题无一不与全球的重大环境和生态学问题密切相关。复旦大学高级生态学讲习班最重要的宗旨就是试图在青年一代的生态学家中培养他们的全球视野,增强他们对生态学的热爱和对科学的献身精神,并同授课老师和其他同学一起对生态学研究中的科学方法论及逻辑思维进行探讨。

我们就全球视野下中国生态学家面临的重大生态学问题发表几点看法。

1.1 中国生态学家面临的挑战之一:全球变化与区域生态安全

在全球一体化进程中,其中经济一体化必然带来环境与生态问题的全球一体化,国家与国家、区域与区域之间的冲突常常表现在环境与生态问题上,因此全球变化是当代生态学研究热点之一(Canadell & Noble, 2001; 陈宝瑜和葛全胜, 2002)。当前,任何一个国家的经济结构和生产方式必定或多或少地改变地球系统某一组分从而影响全球的环境,特别是大气中二氧化碳

浓度升高、全球气候变暖和海洋的大面积污染都已经超越了传统的国界概念。过去任何国家排放二氧化碳或其他温室气体,都无法受到他国的制约,但这种区域性的经济行为却改变了全球的气候,让全人类来承受这些国家强加于他们身上的严重环境问题。《京都协议书》是一个很好的例子,不同社会制度的国家坐在一起理性地讨论全球气候的变化问题,并通过国际公约来协调各个国家的利益与责任,二氧化碳排放配额的分配机制已初现成效。中国作为发展中国家,在《京都协议书》的框架下享受优惠条款还有一段时间,但随着逐步成为发达国家,必定要承担更多的义务和责任。在外交谈判中,中国的生态学家已经面临着巨大的压力,他们必须向政府提供有说服力的科学证据和数据,维护中国的合法权益,并承担相应的责任,如方精云等关于中国森林植被碳库的研究(Fang *et al.*, 2001)。但就目前情况来看,这样的生态学家在我国极其稀缺。另外,我国的进出口贸易性质也发生了根本的变化,从资源输出为主转变为输入为主,因此,中国有可能通过贸易,加速利用其他国家的土地和水等资源,把生态成本、问题和后果留给其他国家。随着全球资源短缺趋势的不断加剧,不排除今后国际贸易中会附加更多条件,形成更多非贸易壁垒,以制约资源输入型国家对资源输出型国家可能造成的环境问题。中国与其他国家的贸易摩擦日益增多,除了反倾销问题以外,贸易中的生态摩擦、环境争端问题也日趋明显。而我国的生态学界尚未敏感地意识到贸易中的生态经济学问题,在今后的环境外交和贸易争端中有可能置国家于不利位置。很显然,在全球化的时代,中国的生态学家必须具有全球化的战略眼光,只有关心全球的环境与生态学问题,才有可能解决好中国的环境与生态学问题;同时必须清醒地认识到自己的历史使命,意识到自己可能在今后中国的环境外交中起到的重要作用(马涛,2005)。

1.2 中国生态学家面临的挑战之二:外来物种入侵及其管理

生物在地球上的自然分布格局是由生物与环境的相互作用以及重大的地质事件造成的,但是这一自然分布格局正在被逐步打破。早期动植物在非自然分布区的传播大多与移民有关,新移民往往习惯于将他们所在地的植物与动物带到移民地点。这种非自然的分布格局往往只涉及栽培植物、家养动物和花卉植物等,因此早期的外来物种对当地生态系统造成严重影响的实例不多。在全球范围内,尽管外来物种对土著生态系统的影响问题在很早以前就有学者关注,但这一方面的研究长期以来并受未到生态学界的重视,只是随着经济一体化和国际贸易的日益发展,大量的非目的物种被船舶和飞机等交通工具进行了远距离传播,特别是跨越大洋的传播并造成了严重的生态后果,科学家们才把外来物种入侵作为全球变化的重要组成部分(Lövel, 1997; Sakai *et al.*, 2001; Withgott, 2004)。更有甚者,我国不少地方借植被恢复、绿化城市和环境治理为名,目前出现有意无意的盲目引种,为未来的生态灾难留下了隐患。

我们认为,外来物种入侵更大程度上是环境与生态问题,与人们习惯上理解的全球变化有相当大的差别。关于外来物种入侵造成巨大危害的报道常常见诸报端,各国政府已经高度重视外来物种入侵带来的崭新的环境与生态问题。据我们研究,由于交通便利,人流频繁和贸易繁荣,许多外来有害生物通过各种载体进入到我国东南沿海地区,因此我国东南部是外来物种入侵的重灾区(李博和陈家宽,2002)。例如,上海崇明东滩国际重要湿地已经受到来自北美的互

花米草(*Spartina alterniflora*)的大规模入侵,严重地威胁到本土生物多样性的维持和生态系统健康(陈中义, 2004);加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*)以惊人的速度侵占了大面积的陆地生态系统(董梅等, 2005);凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)从江、浙两省越界涌入黄浦江流域,连年给黄浦江外滩景观带来视觉污染。上海市政府启动了多项应急机制来应对这些外来物种造成的生态灾害。目前,外来物种入侵问题在中国各大区有迅速蔓延的趋势,国家环保总局已经正式公布了一批外来入侵种的名单,但是我国的生态学家对这一态势还缺少足够的思想准备,更谈不上科学技术上的储备。近几年,中央有关部门已经设立了外来物种入侵机制与有效控制的重大项目,但这仅仅是个开端。2004年,美国生态学会年会上论文最多、讨论最为热烈的就是入侵生态学问题(Withgott, 2004)。有眼光的生态学家已经提示我们,入侵生态学不但有重大的实际需求,而且将使生态学产生跨越式进步,因为入侵生态学给我们生态学理论研究提供了合适的材料和一种崭新的学术思路(Sakai *et al.*, 2001)。

1.3 中国生态学家面临的挑战之三:重要生态区与生物多样性保护

由于人类对生物资源的滥用和对生境的破坏,导致了大量物种处于濒危状态或面临灭绝的威胁。保护生物学作为生态学的一个重要分支,它的早期主要着重于研究濒危物种的濒危机制以及保护途径。我国生态学家曾在大熊猫、扬子鳄、白鳍豚等物种的保护生物学方面做出了杰出的贡献。但是尽管国际社会、各国政府、民间团体和科学家们做出了巨大的努力,地球上物种濒危的状态不但没有根本的改变,相反物种的濒危速度还在加快,濒危物种的数目还在不断增多。世界自然基金会(WWF)在前几年对这一状况进行了反思,它告诫人类:我们在拯救濒危物种的过程中,可能赢得了一个一个的战役,却正在输掉整个战争。换句话说,我们就单个物种进行保护的策略值得反思,只有有效地保护物种的栖息地和它们赖以生存的生态系统,才能真正有效地保护物种。因此,世界自然基金会提出了“Global 200 Ecoregions”,将全球200多个重要生态区告知科学家与公众,并引导我们通过保护重要生态区来进行物种保护(Olson & Dinerstein, 1998)。

近10年来是我国批准建立国家级自然保护区最多的时期,所有保护区的总面积已经超过了国土面积的14%,达到了目前世界各国的平均水平。这一时期,本文第一作者担任了国家环保总局国家级自然保护区评审委员会副主任,亲眼目睹了中国政府抢救性保护我国重要生态区的艰辛历程,开展中国重要生态区的研究以及合理布局我国的自然保护区已经成为了当务之急。尽管政府十分重视生物多样性保护工作,但我国的相应研究工作还是极其贫乏的,能称得上自然保护区专家的生态学家少之又少。我国是世界上生物多样性最为丰富的国家之一,这一战略资源是我国数千年文明发展史的重要基石,要应对现在和将来可能发生的重大挑战,我们还必须依赖这一战略资源。如何有效地保护生物多样性并合理利用是摆在我们面前的又一重大命题。此外需要特别指出的是,由于近二三十年来,国内一味崇尚微观生物学,从而导致我国宏观生物学人才的严重短缺,特别是生物分类学和生物地理学的人才奇缺,这将严重影响我国重要生态区与生物多样性保护的研究。因此我们呼吁,国家有关部委特别是教育部和国家自然科学基金委员会,应该采取紧急措施,改变我国宏观生物学人才奇缺的严峻局面,同时在青年生

生态学家的培养过程中加强生物分类学、生物地理学、地球系统科学等方面的专业训练。

1.4 中国生态学家面临的挑战之四:流域生态学与科学管理

到目前为止,国内生态学家的研究重点之一是各种各样的单个生态系统。应当说我国的森林生态系统、草原生态系统等研究已在国际上占有一席之地,特别是中国植被区划和植被类型的研究成果最为显著,这是几代老科学家心血的积累,其标志性成果是吴征镒主编的《中国植被》和孙鸿烈主编的《中国生态系统》(上,下)。这些基础性工作,对全球生态学研究起了重要作用。但是还必须看到,我们在很大程度上忽视了流域水平的生态学问题,而我国目前许多重大的环境与生态学问题正是流域水平的问题,譬如黄河断流。近年来,黄河断流发生的频率不断增加,时间不断提前,断流的地点也越来越远离河口,黄河断流表面上虽然发生在河口和下游,但是问题却出在整个流域。分析下来,原因大致不外乎以下几点:上游的过度用水及流域用水的空间配置不合理;两岸农耕和放牧过度,植被受到严重破坏;中上游水利工程建设改变了全流域的水文特征,再加上全球气候的变化,特别是水循环和水资源的时空变化。因此,黄河断流的问题已无法从生态系统的层面上加以解决,生态学家必须和地学家、水利学家、系统科学家和决策专家结合起来,从全流域的视角出发,才可能对黄河断流的问题有一个科学的、全面的认识,并加以解决。

长江流域环境与生态的变化也是一个流域层面上的问题。虽然科学家们对长江流域的水生生物进行了许多研究,取得了一些成果,但是他们开始逐步意识到如果不从全流域来思考和解决问题,他们的任何努力都是徒劳的。长江上游和主要支流已经密布了大大小小数以百计的水利工程;中游曾经历过对湖泊群的大规模围垦,绝大多数湖泊都改变了通江湖泊的性质;中下游城市化过程与发达的农业生产向长江水域排放了大量超标甚至未经处理的废水,造成了严重污染;长江河口进行了大面积围垦,甚至在潮下位就对湿地加速围垦,这不但使河口湿地面积大大减少,而且改变了湿地生态系统的结构与功能。据我们研究,长江流域的人为干扰有十余种方式,无论发生在上游、中游、下游还是河口,都会强烈影响长江流域的环境与生态问题。譬如,河口是一个重要的生态敏感区,许多江海洄游性鱼类生活史的重要环节必须在这里完成,一旦河口水分盐度改变,将严重威胁洄游鱼类的生存,其后果将是整个长江江海洄游性鱼类面临危机。此外,江湖阻隔对江湖洄游性鱼类的生存也有致命影响,至于长江中上游的大坝建设可能造成的生态灾害更是众所周知(陈家宽和吴千红,1997)。如果生态学家和管理专家不从全流域角度去思考问题,决不可能解决越来越严重的长江流域的环境与生态问题。

流域生态学问题在10年前已被中国科学院水生生物研究所的专家在国内首先提出(蔡庆华等,1997),但由于我们还习惯于生态系统水平的研究,难以找到流域生态研究的切入点,因此国内流域生态学研究得不到较快的发展,而云南大学生态学家主持的跨境河流环境与生态的“973”研究课题(纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全)则是一个良好的开端(何大明等,1999)。

1.5 中国生态学家面临的挑战之五:湿地生态系统的保护与水资源安全

尽管湿地面积仅占全球陆地面积的6%,但其重要性决不亚于其他生态系统类型,如森林生态系统。当前,由于水资源短缺问题越来越受到全球的关注,有人预言21世纪全球将在水资源的争夺上展开激烈的竞争与冲突。淡水是人类生存的物质基础之一,我国由于人口众多,人均水资源量远低于全球的平均水平,近几年经济的发展已受到能源短缺的制约,水资源对我国经济高速发展的制约也已显露。在地球水循环的过程中,湿地不但是淡水资源的主要来源地,也是水资源的巨大净化器。

据研究,所有的生态系统中受到最严重威胁的就是湿地生态系统。众所周知的淮河流域的污染,滇池、巢湖和太湖等数以千计湖泊的高度富营养化,已经威胁到区域经济的发展和安全。国际上对湿地生态系统保护和水资源安全的重视要早于我国,发达国家生态学家们对湿地生态系统的研究已有相当的历史与丰富的经验。我国对湿地的关注应追溯到1994年召开的“岳阳会议”,这是当时的国家林业部联合其他部委和国际组织召开的我国第一次湿地国际研讨会。可见,中国生态学家对湿地生态系统保护与水资源安全关注的历史并不长。湿地生态系统是一个极其独特的生态系统,它的结构与功能与其形成的地质过程有关,也与周边生态系统与其相互作用有关,更受到全球水循环的强烈影响,因此,湿地生态系统是十分脆弱的生态系统,人类的任何一个轻度干扰都可能改变其命运。除了对水资源供应起重要作用外,湿地还有其他多种生态服务功能。湿地的生物多样性十分独特,水生生物是人类的重要蛋白质来源之一,许多全球迁移的鸟类也大多以湿地为中途停歇点,湿地的破坏将对全球生态系统产生巨大影响(Mitsch & Gosselink, 1993; 陈宜瑜, 2002)。作为世界上湿地类型最多的国家之一,我国拥有的国际重要湿地也为世界所瞩目,而其保护与合理利用的任务极为繁重。

中国的重要湿地主要指青藏高原的高原湖泊湿地、蒙新干旱区内陆湖泊湿地、长江中下游浅水湖泊群、东北三江平原湿地和东部沿海海滨湿地,这些湿地对我国的社会与经济发展有着重要作用,同时为我国湿地科学的发展提供了理想的研究对象。但是,绝大多数重要湿地还是研究的空白。令人担忧的是,我国学术界对湿地重要性的认识还远远不够,他们的眼光还盯在森林生态系统和草原生态系统中,因此在我国开展湿地生态系统的研究还受到来源于学术界的阻力,到目前为止,我国还没有一个专门进行湿地研究的学术机构。

1.6 中国生态学家面临的挑战之六:农业生态系统健康与食物安全

广义的农业生态系统包括农田生态系统、水产养殖生态系统、草原-畜牧生态系统等。由于这些生态系统是在人类强干扰下的高生产力生态系统,因此有大量的外源物质输入,包括肥料、农药和除草剂等(Conway, 1987)。据未公布数据,我国是世界上食物安全形势最为严峻的国

家之一,多数食物中都含有影响人类健康的残留物,即使大型超市里的食物也不例外,而农业生态系统本身也处在极不健康的状态下。以沿海的水产养殖生态系统为例,在清塘、投饵、催肥和防病过程中,有许多抗菌素、激素和其他化学物质进入生态系统,这不但对水产品的卫生质量造成影响,而且沉积在底泥中的有毒物质将会长期影响生态系统。随着中国人民的生活逐步进入到较高水平的小康阶段,人们不但需要物质与精神的满足,也会对自身的生存质量和安全更加关注。例如,上海市是中国改革开放的一面旗帜,其社会、经济、科技和文化的高速发展令世人震惊,但食品安全也成为了市政府和公众最为关注的问题之一。因此,上海市中长期科技发展纲要将生态上海、健康上海、精品上海、数字上海放在同等重要的位置上。这一战略布局既表明了市政府的战略远见,又向生态学家提出了新的挑战。

我国农业生产也在不断走向国际化,许多农副产品要进入到国际市场,必须确保产品的质量。近年来,媒体上屡屡报道我国农产品出口受阻,农民生产积极性受到严重的挫伤,其主要原因是农产品的质量和安全存在问题。据报道,欧洲等发达国家正在提高食品安全的标准,这对我国的农业现代化将提出更高的要求,而中国生态学家应当为中国农业现代化做出重要贡献。尽管目前不少农林院校在农业生态系统上进行了大量研究,但是仍缺少维持农业生态系统健康这一事关战略大局的长期工作。我们深信,农业生态系统健康和食品安全的研究不但会受到我国公众的积极支持,而且会受到以现代农业经济为主的地方政府的高度关注。

1.7 中国生态学家面临的挑战之七:植被恢复与生态灾害防治

中国是世界上森林覆盖率最低的国家之一,除了自然条件(主要是我国有大面积的高寒荒漠区、干旱区和半干旱区)以外,主要原因是历史上发生过多的大规模的森林砍伐。另外,草原和草甸类型的植被也不容乐观。由于过度放牧,青藏高原草甸草原已经出现了严重的退化,鼠害猖獗,杂草丛生。我国的主要河流长江、黄河和澜沧江都发源于青藏高原,因此青藏高原被称为“中华水塔”。由于高原草甸受到严重的破坏以及中上游森林植被的减少,这些流域水患不断。1998年的长江特大洪水更是给我国造成了巨大经济损失,也给千百万老百姓带来了灾难。据文献记载,1998年长江中上游的降雨量并不是历史上最高的年份,这样的降雨量本可以安全度汛,但由于植被的破坏以及中游湿地的围垦,加之该年全球气候稍暖,春天早到,使长江流域发生了本不应发生的生态灾害。

最近有报导指出,由二氧化碳含量的升高带来的全球气温上升使得青藏高原的冰川在快速缩小,这一变化将直接影响整个流域的水循环,可能引发洪灾,影响社会经济的稳定发展。生态学家发现,由于红树林的破坏,使一些国家海岸湿地对风潮暴的阻挡能力大大下降。目前,我国的红树林面积比解放前已大大减少,我国的海岸正在遭受海水的侵蚀(陈小勇和林鹏,1999)。东南亚海啸使我们意识到,科学技术的进步对人类社会的繁荣和发展起到了重要的作用,但是一旦有重大灾害发生的时候,就会暴露出人类实际上对付自然灾害的能力的有限。我们唯一可以采取的措施就是保护好地球上的自然植被。自然植被是地球留给我们人类最好的自然遗产,它能降低自然灾害的发生频率或者减轻自然灾害的危害。然而,由于人类的过度利用和破坏植被,我们几乎找不到一片原始森林,找不到一片“风吹草低见牛羊”的肥沃草原,我们面对的是一

个又一个退化的生态系统,因此恢复生态学应运而生。

生态系统的恢复最主要的是植被的恢复,建立自然保护区和生态功能区对轻度受损的生态系统比较有效,对中度和重度受损的生态系统的恢复必须进行人类的适度干预。中央政府已投巨资实施了天然林保护工程,编写草原和湿地保护的国家计划也正在紧锣密鼓的进行之中。可惜,由于植被恢复的理论与技术研究严重滞后,这些工程常常仓促上阵,其结果是事倍功半。恢复生态学研究是一项长期、艰苦的工作,它既需要理论支撑,又需要开发有效的工程技术手段相辅(Aber & Jordan, 1985),只有负责任的生态学家才会将毕生精力投入到这一项事业中去。另外,我国半干旱区草原由于放牧过度,已经出现了大面积的荒漠化土地,同时又加剧了沙尘暴的频繁发生。首都北京受到沙尘暴袭击的次数越来越多,强度越来越大,除了在周边地区植树造林以外,根本的出路是控制放牧强度,尽快恢复草原植被。

1.8 结语

应当说,中国生态学家面临的环境与生态学问题远不止以上谈到的这些,随着时间的推移,也许有更为突出的问题需要我们去解决。但是,上述七个方面是我国近期和中期面临的最紧迫的主要生态学问题。

中国生态学家面临的挑战不但有亟需我们解决的问题,也有源于我们自身的先天不足。我们应当承认,我国的生态学研究水平和对世界科学的贡献力要远低于其他学科,这已被中国科学院有关专家的研究数据所证明。例如,我国生态学家缺乏理论素养,很少有人从事理论生态学研究,生态学中的重要概念、原理和理论无一例外都是国外科学家提出来的,而且由我国生态学界所做出的、在国际上有重要影响的工作也不多。目前,我们尚缺少高质量的长期定位研究及定位站,具有国际影响的论文少之又少,在当前强调 SCI 论文数和影响因子的情况下,不少生态学家更是急功近利,只求数量而不问从事科学研究的本来目的,不断地改变研究方向去追踪所谓的热点问题(李文华, 2004)。我国的生物学教学也存在着严重的缺陷,植物学、动物学、微生物学和生态学等宏观生物学课程已大大削弱,不少教师和学生言必称分子和基因,不少青年学者连标本鉴定和土壤识别都十分困难,这种状况下决不可能产生优秀的生态学家。因此中国生态学家还必须面对来自自身的挑战。

在本文结束时,我们再一次强调,中国的生态学家必须有全球的视野,只有关心全球的环境与生态学问题,才有可能解决好中国的环境与生态学问题;必须清楚地意识到生态学不仅需要理论研究,而且生态学的生命力在于解决人类面临的重大环境与生态学问题,它有极强的实践性;必须完善我们的生态学家培养机制,使我们在一个坚实而宽广的基础上去参与国际生态学界的竞争,并完成历史赋予我们的伟大使命。

参考文献

蔡庆华, 吴刚, 刘建康. 1997. 流域生态学: 水生态系统多样性研究和保护的一个新途径. 科技

- 导报, (5): 24 ~ 26.
- 陈家宽, 李博, 吴千红. 1997. 长江流域的生物多样性及其与经济协调发展的对策. 生物多样性, 5(3): 217 ~ 219.
- 陈小勇, 林鹏. 1999. 我国红树林对全球气候变化的响应及其作用. 海洋湖沼通报, (2): 11 ~ 17.
- 陈宜瑜, 葛全胜. 2002. 全球变化研究进展与展望. 地学前缘, 9(1): 11 ~ 18.
- 陈宜瑜. 2002. 湿地功能与湿地科学研究的方向. 中国基础科学, (1): 17 ~ 19.
- 陈中义. 2004. 互花米草入侵国际重要湿地崇明东滩的生态后果. 上海: 复旦大学博士论文.
- 董梅, 陆建忠, 陈家宽, 李博. 2005. 加拿大一枝黄花: 一种迅速扩张的外来入侵植物. 植物分类学报(印刷中).
- 何大明, 杨明, 冯彦. 1999. 西南国际河流水资源的合理利用与国际合作研究. 地理学报, 54(增刊): 29 ~ 37.
- 李博, 陈家宽. 2002. 生物入侵生态学: 成就与挑战. 世界科技研究与发展, 24(2): 26 ~ 36.
- 李文华. 2004. 自豪自信自省——寄语中国生态学. 生态学报, 24(10): 2 340 ~ 2 342.
- 马涛. 2005. 中国对外贸易中的生态要素流分析. 上海: 复旦大学博士论文.
- Aber JD & Jordan WR. 1985. Restoration ecology: an environmental middle ground. *BioScience*, 35(7): 74 ~ 82.
- Canadell J & Noble I. 2001. Challenges of a changing earth: global change open science conference. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 664 ~ 666.
- Conway GR. 1987. The properties of agroecosystem. *Agricultural Systems*, 24: 95 ~ 117.
- Fang JY, Chen AP, Peng CH, Zhao SQ & Ci LJ. 2001. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. *Science*, 292: 2 320 ~ 2 322.
- Lövei GL. 1997. Global change through invasion. *Nature*, 388: 627 ~ 628.
- Mitsch WJ & Gosselink JG. 1993. *Wetlands* (3rd ed). New York: John Wiley and Sons Inc.
- Olson D & Dinerstein E. 1998. The global 200: a representation approach to conserving the earth's most biological valuable ecoregions. *Conservation Biology*, 12(2): 502 ~ 515.
- Sakai AK, Allendorf FW, Holt JS, Lodge DM, Molofsky J, With KA, Baughman S, Cabin RJ, Cohen JE, Ellstrand NC, McCauley DE, O'Neil P, Parker IM, Thompson JN & Weller SG. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 305 ~ 332.
- Withgott J. 2004. Are invasive species born bad? *Science*, 305: 1 100 ~ 1 101.

2

21 世纪生态学发展的重要挑战与对策

Ron Pulliam 余 华

2.1 前言

随着全球人口的持续膨胀及个人消费的不断提高,人类正以前所未有的速度消耗着地球上的有限自然资源。与此同时,人类活动如大面积破坏自然植被、大量排放温室气体等正影响着或已经改变了地球的环境。其影响波及到大气、海洋、陆地、生物多样性、生物地球化学循环等许多方面;其强度已大大超过了自然力的作用(史培军等,2002)。这种空前的变化威胁着地球上基本的生命支撑系统及其赖以生存的所有生命。作为环境与资源问题的主导学科之一,21 世纪的生态学面临着巨大的挑战。面对这些挑战,生态学应该如何发展?生态学能够发挥什么样的作用?生态学家的责任是什么?扼要地回答这些问题是本文的目的。

本文首先介绍生态学在解决这些挑战上已经取得的进展,并指出这些挑战的共同点和解决这些挑战仍存在的障碍。然后,通过阐述 20 世纪气象学由描述性转向预测性学科的成功轨迹,指出 21 世纪生态学如何实现类似的转型。我们的结论是:生态学未来的发展方向应该是提高对大尺度的生态学问题的预测性,发展目的是更好地描述、认识和预测人类活动对地球环境的影响及后果,提高人类对未来环境的应变能力和实现可持续发展(Tilman *et al.*, 2001; Clark *et al.*, 2001; Hedin *et al.*, 2002)。

2.2 四个环境问题的巨大挑战

我们这里所强调的环境问题的巨大挑战意指,如果我们积极探索就可望取得重大突破的科学领域。当前我们面临的最大挑战是如何实现人类的可持续发展,具体而言就是如何解决人类的生存与发展对自然资源的持续索取和保育现存的自然资源之间的矛盾。面对这对矛盾,生态学应发挥三个方面的作用:①描述自然资源的变化趋势及影响其可持续利用的因素;②认识自然生态系统和人类主导的生态系统的动态变化规律;③预测人类活动对地球生命支撑系统的可持续发展能力的影响。这里我们以土地利用变化的生态后果、传染病的生态和进化规律、入侵物种的入侵机制和进化规律以及人类活动对生物地球化学循环的影响及后果这四个环境问题为例,来评价目前生态学已经取得的进展以及面临的主要障碍。我们将主要从生态学的描述能力、认识能力和预测能力三方面进行分析。需要指出的是,在当前最为严峻的环境挑战问题上,不同的学者有着不同的看法,这里所强调的是作者的一些看法。另外,要在这些领域中取得重大突破将不是生态学家能单独实现的,生态学家需要组织和联合众多学科的科学家,共同攻关。

2.2.1 土地利用变化的生态后果

人类对土地的开发和利用以及所引起的土地覆盖变化(land cover change)是全球环境变化的重要组成部分,也是引起全球其他类型环境变化的主要原因(Turner *et al.*, 1994)。因此,预测土地利用的变化及其对生物多样性与生态系统功能的影响和生态后果,对指导土地规划和土地资源利用的管理决策有重大意义。目前生态学运用遥感等技术手段,已经能够较好地描述土地利用在不同尺度上的时空变化情况;也开始局部运用实验方法来研究各种土地利用措施对生物种群的影响。在预测方面,尚需深入研究土地利用变化的动态规律和调控机制,并运用数学模型和计算机进行模拟,将其上升为理论。现在,已有一些用数学模型来预测土地利用变化对物种种群动态影响的尝试,但远非完善,还不能用来指导实践。

2.2.2 传染病的生态和进化规律

由于全球变化的加剧,森林的大面积砍伐,杀虫剂、化肥、抗菌剂的广泛使用,城市的大规模扩张,贸易的全球一体化,全球旅游业的发展,社会经济发展的失衡等诸多原因,传染病不断威胁着人类的健康和生命,并成为全人类共同面临的巨大挑战。同时,传染病还影响着野生动植物、家畜和农作物的健康,导致生态系统结构的破坏和功能的失调、种群数量下降、物种的局部绝灭、家畜和农作物生产力下降等(Daszak *et al.*, 2000)。在有效地预防与控制传染病方面,21世纪生态学的作用主要在于描述、认识和预测传染病的生态和进化规律。当前生态学已经能够描述一些与人类的健康和经济活动有直接影响的传染病的传染源、传播媒介、传播途径和流行规律。然而,只有进一步地了解病原体在自然界的宿主、寄-宿两者的生命循环和相互之间及其同非生物因子的相互作用,才能有效地阻止病原体的传播和扩散,避免对动植物以及人类健

康造成威胁。现在,生态学已经开始了解一些已造成重大经济损失的病原体、宿主与环境之间的相互作用,并开始运用数学模型来预测传染病对物种种群动态的影响。虽然目前生态学在描述和认识与人类的健康及经济活动相关的传染病,以及预防和控制这些传染病的爆发方面已取得了一些成绩,但是还缺乏描述和认识自然生态系统中对人类经济活动没有直接影响的传染病以及对它们的生态后果的研究。

2.2.3 入侵种的生态后果

生物入侵(biological invasion)在全球造成了巨大的经济损失和生物多样性的丧失(Levine, 2000)。此外,它还与气候变化及人类活动驱动下的土地利用变化协同作用,对环境造成了更为广泛和深远的影响(Vitousek *et al.*, 1996)。目前,生态学还基本停留在描述入侵种的生态特征和进化规律阶段。为了在理论上阐明生物成功入侵的机制,生态学也开始研究入侵种在其原产地的限制因子和新环境中成功入侵的机制。然而,只有准确地预测生物入侵的发生和动态,才能有效地对外来物种进行监控和管理。进一步的预测需要对物种的生物学和生活史特征以及相关地区乃至洲际和全球的环境因子数据进行深入的了解。遗憾的是,目前这些资料尚比较缺乏。简言之,已有的生态学知识已能够描述入侵物种的分布区域,并开始运用实验的方法来揭示其影响因子,但还不能够预测生物入侵的发生和生态后果。值得指出的是,目前研究已经开始注重生物入侵的动态过程(例如, Morozov *et al.*, 2004; Petrovskii *et al.*, 2005);并给出了在不同的阿利效应(Allee effect)下,猎物和捕食者系统的生物入侵机制和不同被入侵系统的动态特征(Petrovskii *et al.*, 2005)。

2.2.4 人类活动对生物地球化学循环的影响及后果

生物地球化学循环是指各元素及其化合物在生物圈、水圈、大气圈、岩石土壤圈之内和之间的迁移和转化(韩兴国等,1999)。受人类活动的影响,碳、氮、磷等和其他一些与生命活动相关的元素以及痕量气体和污染物的循环时时刻刻都在发生变化。这些变化直接或间接地作用于生态系统的服务功能,从而影响着人类的健康和生态系统的可持续性。因此,描述、认识和预测人类活动对生物地球化学循环的影响及后果已是生态学迫在眉睫的使命。目前,生态学已经能够在区域乃至全球尺度上描述重要生源要素在各个库(包括整个或部分的大气、海洋、沉积物和活的有机体)的分布状况。在认识生物地球化学循环规律的变化上,我们已经开始用实验的方法来研究单个生态系统内(例如森林样地或湖泊)的变化规律,而研究这种变化对生态系统功能和生物多样性的影响的工作才刚刚开始。进一步在区域尺度上或更大尺度上研究这种变化的长期后果的工作则还未开始。

通过以上分析,我们可以看出目前生态学在解决这些巨大的环境问题所带来的挑战时,存在着以下几个共同的特点:①能够很好地描述局部的生物地球化学循环和生物多样性的变化趋势;②能够描述洲际的生物地球化学循环的变化趋势;③还不能很好地描述洲际的生物多样性的变化趋势(除了一些鸟类和有重要经济价值的物种);④我们才刚刚开始局部生态系统水平上用科学实验来揭示上述变化趋势的调控机制和影响因子;⑤还没有了解区域和洲际尺度上

生物地球化学循环的变化对生物多样性的影响以及二者之间的联系。

总之,目前生态学在以上这些重要科学领域的研究多为对全球变化的定性描述,缺乏定量化的研究,并且还不能预测全球变化的趋势;能够了解小尺度上的变化趋势,但还不了解大尺度上的变化趋势。要想认识和预测区域和洲际尺度上的变化趋势,生态学需要把局部观测和研究结果外推,也就是实现区域、洲际和全球尺度上的互相转换。最终目标是描述、认识和预测大尺度乃至全球范围的变化。实现这个目标的最大挑战是如何克服这些变化的时间和空间变异性。气象学在发展的过程中也经历了与生态学相似的障碍,如观测数据的不确定性,高度的时空变异性等。在 20 世纪,气象学已经克服了上述障碍,并成功地完成了从描述性学科向预测性学科的转型。以下我们将借鉴气象学在 20 世纪的发展历程,从中得出对生态学发展有益的启示。

2.3 20 世纪气象学的发展轨迹

气象学在 20 世纪从描述性学科向预测性学科转型的过程中,有三个因素起到了至关重要的作用。第一个因素是建立起大规模的、统一规范的气象观测网络。与生态学的发展轨迹类似,气象学在 20 世纪初进入萌芽阶段。当时,一些业余爱好者自发观测记录天气变化。当时的观测点是零散的,观测记录的技术方法也不一致。为了保证观测数据的可比性和连续性,在全球范围内逐步建立了统一规范的气象观测网络。第二个因素是高新技术的广泛运用以及相应快速发展的气象技术与手段。起初是常规的地面观测和高空观测,再到天气雷达和多普勒雷达观测,现已发展到运用卫星遥感技术在全球水平上的实时观测。同时,计算机技术的飞速发展使得数值天气预报与模拟成为可能并得到迅速发展(谭本旭等,2002)。第三个因素是新理论以及预测模型和统计学的发展和运用。随着大尺度上观测技术的进步,气象学的理论也得到了长足发展。从锋面气旋波学说到大气长波理论,再到中高纬度的准地转理论的建立,标志着气象理论的成熟(谭本旭等,2002)。高性能计算机的快速发展改进和完善了在大气动力学基础上的数值天气预测模型。另外,气象学还应用统计方法把不同来源、不同尺度和不同分辨率的资料和数据进行叠加、融合和同化(Clark, 2004, 2005)。总之,新理论以及预测模型和统计方法在气象学的发展和运用最大可能地利用了各种尺度上的所有观测资料,并实现了区域、洲际、全球尺度上观测资料的外推。

由于以上这三个因素,在经历了一个多世纪来在科学理论和科学内涵的创新及技术方法的发展之后,气象学成功地完成了从描述性学科向预测性学科的转型。在这个过程中,成熟的大气物理和大气动力学理论为气象学的转型奠定了坚实的基础。但是,目前的生态学还缺乏类似的理论体系,这种体系应该是我们的学科基础。另外,生态学不像大气科学那样有能量平衡、动量平衡、熵平衡等动力学方程,所以,如果我们照搬气象学的成功转型的途径来预测生态学的发展也是有局限性的。最近,生态复杂性(ecological complexity)的研究正试图在根本上建立生态学作为一门可预测性科学的理论基础(Li, 2004)。