



2011—2012

*Report on Advances in
Ecology*

中国科学技术协会 主编
中国生态学学会 编著

生态
学
科
发
展
报
告

中国科学技术出版社



生态学 学科发展报告

2011—2012



2011-2012

生态学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN ECOLOGY

中国科学技术协会 主编

中国生态学学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2011—2012 生态学学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国生态学学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2012.4
(中国科协学科发展研究系列报告)
ISBN 978-7-5046-6024-4

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①生态学-学科发展-
研究报告-中国-2011—2012 IV. ①Q14-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 042185 号

选题策划 许 英
责任编辑 符晓静
封面设计 中文天地
责任校对 赵丽英
责任印制 王 沛

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 339 千字
印 张 14.25
印 数 1—2500 册
版 次 2012 年 4 月第 1 版
印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷
印 刷 北京凯鑫彩色印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6024-4/Q·164
定 价 43.00 元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)
本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版

2011—2012
生态学学科发展报告
REPORT ON ADVANCES IN ECOLOGY

首席科学家

刘世荣

顾问组成员

冯宗炜 李文华 蒋有绪

专家组成员

(按姓氏笔画排序)

于君宝

万五星

王如松

王学雷

王根绪

王祥荣

王震

王德利

石磊

叶朝霞

达良俊

吕宪国

吕彬

刘晶茹

孙建新

杨玉海

杨建新

李卫红

李凤民

李秀珍

李锋

吴志峰

吴健生

余兴光

邹元春

沈泽昊

张玉生

张远东

陈亚宁

陈亚鹏

陈利顶

陈欣

陈彬

林文雄

林茂

林瑞余

欧阳志云

郑华

郑榕辉

郝兴明

胡聘

侯扶江

施晓清

祝廷成

祝茜

骆世明

唐森铭

黄湘

常禹

梁存柱

学术秘书

宋爱云

序

科学技术作为人类智慧的结晶,不仅推动经济社会发展,而且不断丰富和发展科学文化,形成了以科学精神为精髓的人类社会的共同信念、价值标准和行为规范。学科的构建、调整和发展,也与其内在的学科文化的形成、整合、体制化过程密切相关。优秀的学科文化是学科成熟的标志,影响着学科发展的趋势和学科前沿的演进,是学科核心竞争力的重要内容。中国科协自 2006 年以来,坚持持续推进学科建设,力求在总结学科发展成果、研究学科发展规律、预测学科发展趋势的基础上,探究学科发展的文化特征,以此强化推动新兴学科萌芽、促进优势学科发展的内在动力,推进学科交叉、融合与渗透,培育学科新的生长点,提升原始创新能力。

截至 2010 年,有 87 个全国学会参与了学科发展系列研究,编写出版了学科发展系列报告 131 卷,并且每年定期发布。各相关学科的研究成果、趋势分析及其中蕴涵的鲜明学术风格、学科文化,越来越显现出重要的社会影响力和学术价值,受到科技界、学术团体和政府部门的高度重视以及国外主要学术机构和团体的关注,并成为科技政策和规划制定学术研究课题立项、技术创新与应用以及跨学科研究的重要参考资料和国内外知名图书馆的馆藏资料。

2011 年,中国科协继续组织中国空间科学学会等 23 个全国学会分别对空间科学、地理学(人文-经济地理学)、昆虫学、生态学、环境科学技术、资源科学、仪器科学与技术、标准化科学技术、计算机科学与技术、测绘科学与技术、有色金属冶金工程技术、材料腐蚀、水产学、园艺学、作物学、中医学、生物医学工程、针灸学、公共卫生与预防医学、技术经济学、图书馆学、色彩学、国土经济学等学科进行学科发展研究,完成 23 卷学科发展系列报告以及 1 卷学科发展综合报告,共计近 800 万字。

参与本次研究发布的,既有历史长久的基础学科,也有新兴的交叉学科和紧密结合经济社会建设的应用技术学科。学科发展系列报告的内容既有学术理论探索创新的最新总结,也有产学研结合的突出成果;既有基础领域的研究进展,也有应用领域的开发进展,内容丰富,分析透彻,研究深入,成果显著。

参与本次学科发展研究和报告编写的诸多专家学者,在完成繁重的科研项目、教学任务的同时,投入大量精力,汇集资料,潜心研究,群策群力,精雕细琢,体现出高度的使命感、责任感和无私奉献的精神。在本次学科发展报告付梓之际,我衷心地感谢所有为学科发展研究和报告编写奉献智慧的专家学者及工作人员,正是你们辛勤的工作才有呈现给读者的丰硕研究成果。同时我也期待,随着时间的久远,这些研究成果愈来愈能够显露出时代的价值,成为我国科技发展和学科建设中的重要参考依据。

A stylized, handwritten signature in black ink, likely belonging to Shi Xing, positioned above the date.

2012年3月

前 言

伴随着人口不断增加和经济、社会的迅猛发展,人类对自然资源开发利用的规模和强度日益增长,导致全球和区域生态与环境发生了急剧深刻的变化,出现了全球变暖、海平面上升、大气和水体污染、生物入侵、生物多样性丧失、荒漠化加剧、生态系统退化、水资源短缺等一系列生态环境问题,这些已经成为 21 世纪人类生存和经济、社会可持续发展所面临的最大挑战。

在全球生态与环境问题越来越严峻的背景下,人类更加关注地球生命支持系统的健康与稳定以及人类与自然的和谐发展,这为生态学的发展创造了前所未有的机遇。生态学是研究包括人在内的生物与环境之间关系的一门系统科学,它指导人类更好地保护、恢复、创建和管理生态系统,成为人类与自然生态系统和谐共存的理论依据和行动指南。生态学作为自然科学与社会科学交叉的科学,从生物学、地学和环境科学的实体衍生出来研究生物、环境、社会和文化间的时、空、量、构、序耦合关系,成为一门独立于传统科学之外的多学科、交叉学科的科学整合工具,是推动人和自然可持续发展的基础科学。生态学目前已经成为当今学科活力最强、发展速度最快的学科之一,特别是我国的生态学的发展更是一枝独秀,并逐步引起全球生态学界的关注。

在中国科学技术协会的领导和资助下,中国生态学学会在 2011 年组织编写了本报告,内容集合了全国优秀的生态学工作者从不同分支学科领域对我国近年来生态学研究现状和未来发展动态的展望。针对科学前沿和社会需求,中国生态学工作者在科学发现与机理认识,多过程、多尺度、多学科综合研究,系统模拟与科学预测,服务社会需求及基础平台建设等方面开展了大量卓有成效的工作,并在森林、草地、湿地、海洋、荒漠、农业、城市、景观等分支学科均取得了丰硕成果。全球变化生态学领域重点研究了全球气候变化与生态系统的相互影响;生态系统生态学领域围绕生物多样性维持机制、碳氮元素等生物地球化学循环等开展了大量研究;恢复生态学与生态系统管理领域在退化生态系统诊断、退化生态系统恢复重建以及森林、草地、农田生态系统可持续管理方面进展突出;城市与产业生态学领域则在土地利用和景观格局演变的生态环境效应、物质和典型元素代谢机理及其生态环境影响、城市土地生态功能管理以及物质流分析、生命周期评价与生态效率分析等方面取得了进展;景观生态学领域重点关注景观格局演变的驱动机制、景观动态模拟与森林生态系统管理、源-汇景观格局分析与生态服务功能评价、多尺度景观格局分析

与土壤侵蚀评价等研究方向。然而,与国际发达国家的生态学研究相比,我国在全球变化生态学、生态系统服务功能评估、生物入侵与生物灾害控制、生态恢复、人类生态学研究等领域尚存在一定差距,任重而道远。

在全球变化和人类经济、社会可持续发展的背景下,生态学当今和未来研究的重点领域包括:全球变化生态学;生态系统服务科学;生物多样性保护;生物入侵机制与控制;退化生态系统恢复与人工生态设计;生态系统管理;生态文明建设。中国生态学科的发展,不但在科学发现与机理认识的基础科学方面取得创新性的成果,更要坚持理论联系实际,注重生态实践效果,在不断完善生态学基础理论体系和推动中国生态学发展自主创新的同时,为国家经济、社会发展,和谐社会建设和生态建设服务做出积极贡献。

本书是中国生态学学会第二次组织编写本学科报告。在此,我们代表学会对中国科学技术协会给予的悉心指导和大力支持表示衷心感谢,也感谢给予学科发展报告咨询意见和建议的院士和专家,以及各位参加本次学科报告编写的专家学者。

中国生态学学会

2012年1月

目 录

序	韩启德
前言	中国生态学学会

综合报告

生态学学科发展状况与趋势.....	(3)
一、引言	(3)
二、生态学近年的最新研究进展	(3)
三、国内与国际研究进展的比较.....	(17)
四、发展趋势与展望.....	(21)
参考文献	(27)

专题报告

森林生态系统研究	(35)
草地生态系统研究	(51)
农业生态系统研究	(66)
湿地生态系统研究	(85)
海洋生态系统研究	(96)
荒漠生态系统研究.....	(121)
城市生态系统研究.....	(142)
产业生态学研究.....	(164)
景观生态学研究.....	(179)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Report on Advances in Ecology	(203)
-------------------------------------	-------

Reports on Special Topics

Research on the Forest Ecosystem	(205)
Research on the Grassland Ecosystem	(206)

Research on the Agricultural Ecosystem (207)

Research on the Wetland Ecosystem (208)

Research on the Marine Ecosystem (208)

Research on the Desert Ecosystem (210)

Research on the Urban Ecosystem (211)

Research on the Industry Ecology (213)

Research on the Landscape Ecology (214)

综合报告

生态学学科发展状况与趋势

一、引言

生态学既是包括人在内的生物与环境之间关系的一门系统科学,也是人类认识环境、改造环境的一门世界观和方法论或自然哲学,还是人类塑造环境、模拟自然的一门工程美学,是科学与社会的桥梁,是天地生灵和人类福祉的纽带(生态学未来之展望,2005)。生态学在改善人民生活中起过重要的作用,已为了解自然和人类对自然的影响做出了巨大的贡献。

近年来,生态学家一直为促进可持续发展而不懈努力,在科学发现与机理认识、多过程多尺度多学综合研究、系统模拟与科学预测、服务社会需求及基础平台建设等方面开展了大量卓有成效的工作,并在森林、草地、农业、湿地、海洋、荒漠、城市、景观等分支学科均取得了丰硕成果。然而,与国外研究相比,我国在生态系统与全球变化研究、生态系统服务功能评估、生物入侵与生物灾害控制、生态恢复、人类生态学研究等领域尚存在一定差距,任重而道远。

面对变化中的世界对生物圈的压力与日俱增,生态学研究今后的研究重点将包括:全球变化生态学、生态系统服务科学、生物多样性保护、生物入侵机制与控制、退化生态系统恢复与人工生态设计、生态系统管理和生态文明建设等。

二、生态学近年的最新研究进展

(一)森林生态学

1. 森林生态系统与全球气候变化关系

Gordon Bonan(2008)指出全球的森林通过物理、化学和生物过程影响着气候。例如,热带森林通过蒸散降温作用降低了地表温度,而北方森林较低的反照率却对气候变暖起到了正向的驱动力,从而影响到由于赤道与极地之间巨大温差而形成的大气环流活动。

全球气候变化对森林生态系统的影响主要表现在改变了森林生态系统的分布、生产力、树种组成及森林土壤的分布和性质(王叶等,2006)。戴君虎(2005)等根据五台山高山带草本群落特征种的生长、分布和高山林线树种的年轮分析发现,亚高山草甸的某些特征种的分布表现出比较明显的上移趋势,并且高山林线树木沿海拔高度的分布也呈现上移趋势(戴君虎,2003)。

方精云和朴世龙等(2003)利用归一化植被指数(NDVI)作为植被活动指标,使用第三代 NOAA-AVHRR/NDVI 时间序列数据,研究了 1982—1999 年间中国的植被动态,发现 18 年来大部分地区植被呈不同程度增加趋势;孙鹏森等(Sun P S et al, 2008)研究

了川西岷江上游经过时相整合的 NDVI 变化趋势及其对河川径流的影响,发现月平均生长天数和植被覆盖度有上升趋势,气候变暖使植被的活动增强,尤其是高山植被,并提出气候变暖以及由其引起的植被活动的增强将导致该地区年径流量呈减少趋势。

2. 森林生物多样性

我国在海南岛热带林生物多样性形成机制研究方面的最新结果表明:森林生物多样性形成机制与古植物区系的形成与演变、地球变迁与古环境演化有密切关系,现代生境条件包括地形、地貌、坡向和海拔高度所引起的水、热、养分资源与环境梯度变化对森林群落多样性的景观结构与格局产生影响,从而形成异质性的森林群落空间格局与物种多样性变化;自然和人为干扰体系与森林植物生活史特性相互作用是热带森林多物种长期共存、森林生物多样性维持及森林动态稳定的重要机制(蒋有绪等,2002)。

中国科学院华南植物园李林等(Li et al, 2009)在鼎湖山 20hm² 大样地开展物种个体在亚热带森林空间分布规律和机制的研究。结果表明:①聚集分布特征是该地区物种主要的分布特征;②稀有种空间聚集分布的特征较常见种更为明显;③种子形状决定了树种空间分布的格局。

马克平带领的研究小组,对浙江古田山亚热带常绿阔叶林的研究,发现在亚热带常绿阔叶林内 83% 的物种都表现出密度制约现象,该研究首次在亚热带常绿阔叶林验证了密度制约机制的普遍性,并在群落尺度上证明密度制约效应能够调节物种种群动态。

中国科学院沈阳应用生态研究所郝占庆带领的研究小组以长白山 25hm² 温带阔叶红松林样地(CBS)为平台,研究发现:种间关系随着空间尺度增加逐渐减弱,大约在 10~15m 以外,种间关系消失,并且物种多度越大,种间关系越强,进而验证了“多度不对称假说”(abundance - asymmetry hypothesis)。研究表明温带森林与热带雨林在种间关系方面存在着很多显著差异。例如,大多数物种呈聚集分布,且种间相互分离,很少物种对呈正相关(吸引)。该研究结论可以应用到不同森林类型进行群落水平上的种间关系研究,从而将进一步促进森林生物多样性维持机制等方面的研究。

3. 森林碳循环

方精云等(2007)利用森林清查资料和卫星遥感数据,对 1981—2000 年间中国森林碳汇进行了估算,发现森林面积、森林总碳库、平均碳密度均有所增加。中科院华南植物园周国逸等通过对广东鼎湖山野外观测站的大于 400 年林龄的成熟林土壤的连续监测(1979—2003 年),发现亚热带成熟林能够持续积累有机碳,并于 2006 年在 *Science* 上报道了这一重大发现(Zhou Guoyi et al, 2006)。该研究表明:地表 20cm 土层土壤有机碳在 24 年间从 1.4% 增加到 2.35%,平均每年增长 0.035%,显然和人们通常认为的成熟林土壤有机碳基本稳定是大相径庭的。这一研究结果对传统生态学关于成熟林碳循环的一些观点是一个挑战,同时催生出非平衡碳循环理论(Zhou Guoyi et al, 2006)。北京大学朴世龙采用碳总量外推、生态系统模型和大气反演模型三种方法对 1980—1990 年中国碳平衡及其驱动机制进行了深入分析,研究发现我国东北地区由于过度砍伐和森林退化,导致该地区成为 CO₂ 净排放源,而中国南方地区占整个碳汇总量。同时还发现从 1980—1990 年,中国陆地生态系统能够抵消掉 28%~37% 的化石燃料燃烧的碳排放

(Piao Shilong, et al, 2009)。

4. 生态恢复与森林管理

甘敬、朱建刚等利用 BP 神经网络确立了森林健康快速评价指标,研究表明:林分层次结构、病虫害程度和土壤厚度可以作为森林健康快速评价(RAFH)的指标(甘敬等, 2007)。解伏菊、肖笃宁、李秀珍等利用 LANDSAT TM 影像,通过分类、提取森林景观类型及 NDVI 值,在较大尺度上探讨了火烧区火烧强度与森林景观格局、功能恢复的关系。结果表明:火烧区森林总体恢复情况较好,恢复状况与火烧强度具有明显的相关性。火烧强度越高,恢复状况越差。重度火烧区的针叶林景观所占比重低且生长状况较差;沼泽面积高于未火烧对照区(解伏菊等, 2005)。

陆元昌分析评述了近年国内外森林恢复与管理方面的研究动态,提出中国人工林的经营应该倡导多目标经营,通过近自然林经营的方法,增加高经济和生态效益的本地树种的比例,替代大面积的人工纯林,最终实现森林可持续经营的目标。目前,此项研究已作为森林恢复专题的热点新闻在 2009 年的 *Science* 上刊登,受到广泛关注(Richard Stone, 2009)。

(二) 草地生态系统生态学

1. 草地放牧生态学

草地放牧生态学研究近年主要在以下方面取得发展:草地动物采食与植被异质性的相互作用,以及放牧对生态过程及功能的调节,诸如探讨植物(植被)对动物采食的响应与适应,动物采食效率与植物多样性及空间分布的互作规律,动物采食对草地地下过程的调节作用,显示了较强的发展潜力与应用价值。

放牧耐受性是植物—草食动物—环境三者之间交互作用下植物性状所表现出来的可塑性变化。然而放牧耐受性并不仅仅是一种诱导性的植物反应(Fornoni, 2011)。因为在草食动物采食前,植物的资源分配模式和其他生态相关特征可以为遭遇采食破坏后植物的恢复能力提供理论的解释和支持,植物的这一适应性特征同时受到遗传因子和环境因子的共同影响作用。植物放牧耐受性所具有的生态和进化方面的意义逐渐成为了植物防御策略研究的热点。迄今已经建立了三个植物耐受性与资源相互关系模型:CCH(compensatory continuum hypothesis)预测,在高资源条件下,植物对于动物采食具有更大的补偿(超补偿)能力;GRH(growth rate hypothesis)认为,在相对胁迫、低资源生境条件下,植物放牧耐受性有更大的潜力;而 LRM(limiting resource model)最大的进步是考虑到草食动物采食是否可能影响关键限制性资源的利用性。最近,由于发现动物采食和不同资源(水分和营养)互作对植物耐受性的影响差异,LRM 模型得到改进。改进的耐受性模型揭示:第一,耐牧性密切联系于动物的采食强度(以往的研究没有考虑这一点);第二,耐牧性依赖于植物内部和外部因素的共同作用,它们之间可能形成协同效应(cooperative effect)或拮抗效应(antagonistic effect)。总体看来,低强度采食能刺激耐受性提高,无论处于何种资源水平,随采食强度提高,耐受程度下降,但这种限制既源于采食作用,也源于资源限制,而动物采食作用和不同资源(水分和营养)互作对耐受性影响差异较大。

草地植被变化存在着较大的时空变异性,动物采食行为及策略亦十分复杂,特别是动物可能依据环境采取适应性采食行为(Wang et al, 2010a)。实验研究证实了大型草食动物总是偏于采食多样化的食物,多样化食物有利于提高大型草食动物的采食量,改善其生产性能,提高其适合度(Wang et al, 2010b)。这与植物多样性对小型草食动物采食不同。此外,一些研究还揭示,在异质性的天然草地上,由于植物的不同空间分布格局而导致草食动物采取适应性采食行为。Wang 等(2010b, c)在多物种条件下开展了动物采食选择研究,发现由于多物种的存在(偏食与非偏食物种),特别是多物种之间形成的复杂空间邻居关系,可以导致草地植物群落对草食动物的采食产生联合防御(associational defense)作用。

2. 草地碳库

目前研究显示,草地总体上仍然是活跃的碳汇(方精云等, 2007),而且减排增汇潜力巨大。我国东部的草甸草原和青藏高原的高寒灌丛,在良好状态下都是碳汇(于贵瑞等, 2006)。由于草地面积广阔,植物具有发达的地下根系,较大根茎比,因此草地具有巨大的地下土壤碳库,草地土壤储量占陆地有机质库的 28%~37%(Chou et al, 2008)。但受草地本身及实验技术差异的影响,有关草原碳库(碳汇)估算的结果并不一致。Xie 等(2007)利用第二次全国土地普查和最近发表文章的 5 年数据研究了过去 20 世纪末 20 年间土壤 SOC 库及其变化,发现草地由于退化, SOC 流失 2.86 Pg。Piao 等(2009)利用草地资源清查资料、农业统计、气候等地面观测资料,以及卫星遥感数据估算 1982—1999 年间中国草地面积 $331 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 总碳库 1.15 PgC, 年均碳汇 $7.0 \pm 2.5 \text{ Tg C yr}^{-1}$ 。方精云、朴世龙研究组利用土地资源清查数据、遥感数据,借助遥感、GIS 等新技术综合研究中国陆地碳汇/源的时空格局及其机制(方精云, 2010)。

近年来的研究表明:① 氮素添加显著提高生态系统总初级生产力,但不影响生态系统呼吸,从而使生态系统净碳吸收增加;② 未来降水与氮沉降增加的趋势会使我国北方典型草原的固碳能力增强(Niu et al, 2010);③ 光合作用的过补偿作用可能是陆地生态系统应对气候变化的一种重要的负反馈机制(Wan et al, 2009; Niu et al, 2010)。其他相关研究还表明,氮沉降能够增加土壤中的有效氮,刺激植物生长,提高生产力和土壤中有有机碳的积累,影响草地生态系统碳源-碳汇状况。

3. 草地生态系统健康评价与草地恢复

目前,草地生态系统健康的研究进入理论与方法论构建阶段,并在评价实践中不断完善相关理论与方法论(侯扶江和徐磊, 2009)。韩国栋等(2011)认为,草地健康是指草地生态系统中土地、植被、水和空气及其生态过程的可维持程度。草地的健康状态应该包含几个主要方面:土壤/土地稳定性、水文学功能,以及生物群落的完整性。草地生态系统管理的目的就是保证草地始终处于健康状态。

由于草地生态系统的复杂性、时空变异性,以及评价方法的限制,草地健康评价的选取需要多种考虑,反复验证(单贵莲等, 2008)。首先,应该基于草地生态系统本身的基本属性,特别是草地生态过程与功能的关键变量,其次是备选指标的有效性、敏感性与操作性(韩国栋等, 2011)。王立新等(2008)建立了典型草原生态系统的 CVOR 综合指数,并