

森林生物多样性保护研究

李景文 李俊清 著



中国林业出版社

本著作由北京市教育委员会共建项目建设计划资助

图书在版编目 (CIP) 数据

森林生物多样性保护研究/李景文, 李俊清著. - 北京: 中国林业出版社, 2007
ISBN 978-7-5038-4731-8

I. 森… II. ①李… ②李… III. 森林-生物多样性-保护-研究 IV. S718

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 002273 号

出版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: forestbook@163.com 电话 010-66162880

网址: www.cfph.com.cn

发行: 中国林业出版社

印刷: 北京林业大学印刷厂

版次: 2006 年 12 月第 1 版

印次: 2006 年 12 月第 1 次

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 20

字数: 480 千字

印数: 1 ~ 1000 册

定价: 48.00 元

序

人类文明正经历着从工业文明阶段向生态文明阶段的转变，生物多样性的保护已成为世界范围内关注的热点问题。森林是陆地生态系统的主体，是生物物种与环境经过长期相互作用的产物，在全球和区域生态环境维护与改善、经济可持续发展中发挥着不可替代的作用。与其他陆地生态系统相比，森林生态系统有着最复杂的结构、最重要的生态功能和最丰富的生物多样性。

中国林业的发展经历了一个曲折的发展历程，森林的性质、地位和作用一直与特定的社会发展阶段相联系。历史上，森林作为经济资源而被过度利用，甚至被破坏。进入 21 世纪，改善生态环境、维护生态安全已成为新世纪经济和社会发展对林业的主导要求，林业已成为生态建设的主体，而保护珍贵的森林生态系统及其生物多样性资源已成为以工程方式推进林业建设的重要内容。

我国幅员广阔，跨越了寒温带至热带不同的气候带，地域差异明显，孕育了丰富的森林生物多样性资源。生态学家在森林生物多样性保护的理论与实践上已经开展了大量卓有成效的研究工作，积累了很多数据和阶段研究成果。但与国际生物多样性保护学科的新发展以及生态环境建设的新需求相比，仍有一些领域的研究需要加强。如生物多样性动态规律与形成机制、退化生态系统的恢复理论与技术、森林濒危动植物保护与种群恢复技术、自然保护区的建设相关理论与管理方法以及城市生物多样性保护研究等。《森林生物多样性保护研究》一书针对上述问题进行了有益地探索，该书是作者在多年从事森林生物多样性保护科研与教学中的第一手资料基础上完成的，学术思路新颖、主题明确、内容系统而丰富，是一本对森林生物多样性保护研究与实践方面具有较高参考价值的专著。

该书的作者一直从事森林生物多样性保护与森林植被恢复的研究工作，具有扎实的森林生态学理论基础、宽阔的研究思路和严谨的科学态度，承担了多项国家自然科学基金项目、科技攻关项目以及北京市科技项目。研究区域包括东北、华北、西北等，特别是在北京森林生物多样性的保护研究方面，从 1998 年以来开展了大量的研究工作，完成了北京市生物多样性资源调查及其保护方案、北京自然保护区发展规划等项目，积累了丰富而宝贵的研究资料 and 很多有价值的研究成果。

该书是作者多年研究成果的结晶和总结，结册出版，并期与广大同行共同努力，在森林生物多样性保护这一领域开展更深层次的研究，并把研究成果与我国森林植被恢复和生物多样性的保护相结合，为我国的森林生物多样性保护与生态环境建设事业做出更大的贡献。

中国工程院院士

前 言

森林生物多样性是指森林生态系统中各种生命形式的组成、林内各种活有机体和生境的丰富性和变异性,包括遗传多样性、物种多样性和生态多样性。森林是陆地生态系统的主体,是自然功能完善的资源库,对改善人类生存环境、维护生态平衡,起着关键的作用;森林生物多样性的保护,关系到森林生态系统的稳定、平衡和健康,是经济和社会可持续发展的基础。

我国位于欧亚大陆东部,北抵寒温带大陆,南达热带海洋,地域差异明显。因而孕育了丰富多彩、独具特色的生物种群和生态系统类型。我国的森林类型十分复杂,地跨不同的气候带。森林植物及其组成的植被是森林生物多样性的最重要的部分,是生物多样性的基础。当前生物多样性受到的威胁和破坏主要是由于干扰而导致的植被破坏和生态系统退化,从而导致生活在植被中的生物物种的消失和濒危。因此,生物多样性的保护关键是生物赖以生存的生态系统的保护和恢复,森林生物多样性的保护与森林植被的恢复对于我国生态环境建设与林业的发展有着重要的实践意义。

我国生物多样性保护事业在近年来蓬勃发展,野生动植物保护与自然保护区建设是林业的六大工程之一,目前,我国已建立各类各级自然保护区 2400 多个,其中森林生态系统及其物种类型保护区占保护区总数的 80% 以上,因此,森林生物多样性保护的研究在我国生物多样性保护中占有优势地位。我们出版本书主要是针对目前森林生物多样性保护与自然保护区建设的需求以及存在的一些问题,结合多年的科研工作的积累,总结我们对于森林生物多样性保护研究成果,提出我们的观点,并期望通过本书的出版与从事生物多样性保护研究与管理的同仁进行沟通 and 相互学习,对我国森林生物多样性保护事业有所贡献。

本书的目标是结合我们对于生物多样性的认识与理解,突出森林生物多样性的研究特色,建立森林生物多样性的研究的理论体系,在此基础上,明确森林生物多样性的研究内容与研究方法。按照上述想法,本书在内容上首先综述了森林生物多样性保护研究的现状,结合多年的科学研究结果,论述了作者对于生物多样性内涵的一些认识。在生物多样性保护中,对于特定区域生物多样性的评价以及保护对象的确定是非常重要的,目前对于生物多样性评价的模型很多,但多数是针对物种丰富度与均匀度等参数展开的,本书提出了从分类多样性的角度如何对特定区域的生物多样性进行评价的内容与方法,同时也给出了对于特定区域生物多样性进行总体评价的内容与方法以及如何确定保护对象。在生物多样性的保护中,物种的保护是一个和非常重要的内容,目前物种的保护已经从单纯的数量保护转向质量的保护,而质量的保护中一个重要的内容就是遗传资源的保护,在书中我们专门论述了遗传多样性的内涵、遗传多样性的时空格局以及遗传多样性的分析方法,研究遗传多样性在生物多样性保护的作用。我国的森林资源过度利用非常严重,森林资源的破坏以及物种生境的破碎化导致很多珍惜物种处于濒危状态,目前,生物多样性保护中,在强调物种保护的同时,更应注重物种生存所依赖的生物群落以及生态系统的保护。而物种与生物群落的保护在现实条件下,建立自然保护区是一种最有效的途径。我国的自然保护区事业发展迅速,但由于建设时

间短,管理经验缺乏,自然保护区建设与管理中存在的问题也比较突出,相关理论问题也需要进一步的研究。我们结合多年从事保护研究的经验,分析与总结了目前有关自然保护区建设的相关理论,结合保护管理的问题,从保护分类分级管理、人员的培训、社区共管以及资源的利用等方面进行了深入的探讨。我国森林植被的退化问题是比较严重的,从保护森林生物多样性的角度,我们对如何进行森林植被恢复与重建等,提出了自己的想法以及恢复研究的模式。

城市不是生物多样性保护的盲点,城市生物多样性保护也是生态城市建设重要的内容,同时城市也是森林生物多样性保护的重要迁地保护方式。本书结合在北京开展城市生物多样性调查与分析研究结果,对城市生物多样性的调查内容与方法也进行探讨。

本书能够得以成稿和出版,得到了北京市教育委员会共建项目建设计划资助。书中的研究成果主要包括北京市教育委员会科研项目的内容和国家“九五”重点科技攻关项目“低山丘陵区森林生态系统恢复与重建研究”、国家自然科学基金重点项目“海南热带雨林生物多样形成机制性研究”;北京市科学委员会重大项目“北京生物多样性保护规划方案研究”以及国家自然科学基金项目“额济纳绿洲胡杨繁殖适应对策研究”等项目部分研究成果。刘艳红副教授、高润宏副教授参加了本书内容所涉及项目研究工作;同时,研究生袁秀、孙立、张华荣、梁尧钦等也为本书的材料收集和成稿做了一些有益工作。在此对他们的支持和贡献表示衷心的感谢。

由于我们学识和能力的制约,对于森林生物多样性保护研究的工作和认识还不完善,书稿中可能还存在一些错误和不足,希望能得到广大学者和读者的谅解,更期盼能得到慷慨的赐教和指正。

李景文 李俊清

2006年9月于北京林业大学

目 录

序	尹伟伦
前言	
1 森林生物多样性研究概述	(1)
1.1 生物多样性研究现状	(1)
1.2 我国森林生物多样性现状与保护	(1)
1.3 森林生物多样性保护的地位与作用	(3)
1.4 森林生物多样性研究的热点问题	(3)
2 生物多样性的概念与内涵	(14)
2.1 生物多样性的概念	(14)
2.2 生物多样性概念的内涵	(16)
2.3 生物多样性的价值	(30)
2.4 生物多样性概念的发展	(33)
3 生物多样性的测度	(34)
3.1 生物多样性测度研究现状	(34)
3.2 生物多样性层次性的测度	(37)
4 区域植物多样性分析与评价	(47)
4.1 区域生物多样性的调查方法	(47)
4.2 植物区系特点分析	(49)
4.3 植被类型的多样性	(55)
4.4 群落物种多样性分析	(63)
4.5 区域植物资源多样性评价	(68)
4.6 物种濒危情况评价	(70)
4.7 保护对象与保护区域的确定	(74)
5 植物遗传多样性	(78)
5.1 遗传多样性研究概况	(78)
5.2 遗传多样性的起源与特征	(80)
5.3 遗传多样性的测度	(87)
5.4 植物的起源和遗传多样性	(93)
5.5 遗传多样性与物种的地理格局	(100)
5.6 遗传多样性与物种亲缘关系及进化特征	(106)
6 物种保护与自然保护区	(115)
6.1 有关物种保护的基础	(115)
6.2 物种遗传多样性迁地保护	(121)
6.3 物种的就地保护方式——自然保护区	(124)
6.4 自然保护区建设与规划的相关理论	(127)

6.5	自然保护区规划与设计	(134)
7	自然保护区管理研究	(142)
7.1	中国自然保护区发展现状	(142)
7.2	保护区与周边社区的关系	(148)
7.3	保护区的分类和分级管理	(153)
7.4	自然保护区管理有效性评估	(155)
7.5	自然保护区人员教育与培训	(164)
7.6	保护区管理范例——广东车八岭国家级自然保护区	(172)
7.7	日本保护区管理简介	(177)
8	自然保护区资源利用研究	(183)
8.1	中国自然保护区资源利用现状	(183)
8.2	自然保护区的资源概念、分类与特征	(186)
8.3	自然保护区资源利用的可行性论证	(190)
8.4	自然保护区资源利用范围和方式	(199)
8.5	自然保护区资源利用的原则与管理	(202)
8.6	关于保护区资源利用的建议	(206)
9	风景名胜区生物多样性保护	(207)
9.1	我国风景名胜区生物多样性保护现状	(207)
9.2	风景名胜区生物多样性研究	(210)
9.3	自然保护小区的建设	(221)
10	植被恢复与生物多样性保护	(232)
10.1	森林植被恢复研究	(232)
10.2	开拓效应带促进次生植被的恢复	(239)
10.3	人工林物种多样性保护的经营模式	(252)
10.4	西北干旱半干旱地区的植被恢复	(255)
11	城市生物多样性研究	(264)
11.1	城市生物多样性研究概况	(264)
11.2	北京市概况与城市生物多样性研究方法	(269)
11.3	城市绿地植物多样性组成研究	(284)
11.4	北京市建成区植物多样性空间格局分析	(278)
11.5	北京城市绿地景观格局分析	(283)
11.6	北京绿化存在的问题与对策	(289)
附表 I	中国种子植物特有属在东南沿海的分布	(292)
附表 II	海南岛的中国种子植物特有属	(295)
附表 III	台湾岛的中国种子植物特有属	(296)
参考文献		(297)

1

森林生物多样性研究概述

1.1 生物多样性研究现状

自 20 世纪 80 年代末以来,生物多样性问题成为人们关注的热点,人们把生物多样性作为现代生物学研究的一个重点,并且与人口、资源和环境联系在一起,目的是唤起全世界对生物多样性的重视,保护人类赖以生存和发展的生物资源。

在以往的生态学研究过程中,生物多样性(biodiversity)指的是群落的特征或属性,用它来描述一个生物群落的结构特征和物种的丰富程度(王义弘等,1990)。从这个意义上说,生物多样性一词用在生态学研究领域,已有很长的历史了。最近几十年来,随着 Lovejoy (1980) 和 Norse 等(1980)论文的发表,生物多样性研究有了长足地进展,人们不再把生物多样性的概念限定在物种(Lovejoy, 1980)和物种丰富度(Norse & McManus, 1980)的范畴内,而将其扩展到包括遗传(种内)、物种(种数)和生态(生物类群)多样性(Norse, 1986)的范畴。尤其是自 20 世纪 80 年代末以来,研究内容涉及到生物多样性的编目(东秀珠等, 2001)、生物多样性的价值及其评估(欧阳志云, 1997; 薛达元等, 1997)、生物多样性形成机制和物种濒危机制与保护等(Lande R, 1988; Ricklef R E, 1987; Eriks-son, 1993; 张大勇等, 1997; Westemeier R L, 1999; 张晓爱等, 2001)。

由于人口迅速增加,尤其是最近 40 多年,我国人口就增加了一倍,人均资源拥有量持续下降,加之对资源的需求日益增长和长期不合理地开发利用,已使自然生态系统受到严重破坏。大面积的森林消失,留下的多呈岛屿状,零星分布在大面积的退化生境中。草场退化、沙漠扩展、水体污染、湿地消失,生物多样性优势大大削弱。我国目前受威胁的生物物种估计占区系成分的 15% ~ 20%, 高于世界 10% ~ 15% 的水平。我们无法估计最近 40 年来究竟有多少物种已在我国消失,但是生物多样性的严重损失已经对我国的生态环境、社会经济发展产生了严重影响。为了当代和子孙后代的生存和发展,我们必须采取果断措施,切实加强生物多样性保护工作。

1.2 我国森林生物多样性现状与保护

1.2.1 我国森林生物多样性现状

森林生物多样性是指森林生态系统中各种生命形式的组成(乔勇进, 2000), 是在森林内各种活有机体和生境的丰富性和变异性, 包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性(余树全, 1997)。

我国位于欧亚大陆东部,北抵寒温带大陆,南至热带海洋,地域差异明显。生物区系跨越两大界,即动物地理学上的古北界和东洋界,植物地理学上的泛北界和古亚热带界,因而

孕育了丰富多彩并且独具特色的生物种群和生态系统。中国的生物多样性居全球第八位,北半球第一位(李育材,1996)。

我国的森林类型十分复杂,地跨不同的气候带,由北向南的地带性森林类型有寒温带落叶针叶林、常绿针叶林、温带针阔叶混交林、暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿阔叶混交林、热带雨林和季雨林等类型。森林主要分布在东部和西南部,在西北部高海拔山地上也有少量分布,各种森林类型的分布与地貌也有紧密关系,我国平原地区由于人为开垦及城镇建设已很少有天然森林分布。全国森林面积 17 490.92 万 hm^2 ,森林覆盖率为 18.21%,我国森林面积占世界的 4.5%,人工林面积居世界首位(中国森林资源报告,2005)。

我国森林生物多样性有如下特征:森林生态系统类型多样,仅陆地生态系统就有 27 个大类,460 个类型;植物种类繁多,有高等植物 32 800 余种,占世界植物总种数的 12%,居世界第三位,仅种子植物就有 24 500 余种,其中 10 个特有科、321 个特有属、1 000 个特有种;动物种类约 10.45 万种,占世界动物总数的 10%,兽类有 560 种,其中 1 个特有科、8 个特有属和 63 个特有种;药用植物 4 773 种、淀粉原料植物 300 种、纤维原料植物 500 种、油脂植物 800 种、香料植物 350 种、已开发利用的真菌 800 多种、动物药材 740 种、有经济价值的野生动物 200 种。然而,中国森林生态系统中动植物种类中已有 15%~20% 受到威胁,高于世界 10%~15% 的水平。近 50 年来,约有 200 种植物灭绝,高等植物中濒危和受威胁的高达 4 000~5 000 种,约占总种数的 10%~20%。近百年来,有 10 余种动物绝迹,大熊猫、金丝猴、东北虎等 20 余种珍稀物种亦面临灭绝的危险(中国林业保护行动规划,2001)。

1.2.2 保护现状

为保护珍贵的生物多样性资源,加强生态环境建设,我国在生物多样性保护方面开展了大量卓有成效的工作:

(1) 政策法规和文件。自 1978 年以来,我国一些法律法规的颁布和实施,在中国生物多样性保护工作中发挥了十分重要的作用。相关的法律法规有:《中华人民共和国自然保护区条例》、《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国森林法》等。

(2) 保护设施建设。至 2005 年,在全国建立了 2 194 个自然保护区,保护区面积占国土面积的 15%;其他相关的保护设施建设有 512 个风景名胜区,755 个森林公园,171 个动物园或公园,110 个植物园或树木园以及若干珍稀濒危植物人工繁育基地(2002 年统计数据)。

(3) 科学研究方面。我国组织了多次大型的生物多样性本底调查,出版了大批的志书和名录,公布了国家重点保护的动物、植物名录。开展的重大科研项目有“中国关键地区生物多样性保育的研究”、“生物多样性保护及持续利用的生物学基础”“中国生物多样性保护生态学的基础研究”、“人文因素对澜沧江流域生物多样性影响机制的研究”等。

(4) 宣传教育、人员培训以及开展国际合作。国家环保总局、国家林业局以及地方相关部门在生物多样性宣传教育和人员培训方面做了大量的工作。我国加入的有关公约包括:《濒危野生动植物种国际贸易公约》(CITES)(1973 年)、《生物多样性公约》(1992 年)、《保护野生动物中迁徙物种公约》、《保护世界文化和自然遗产公约》、《关于特别是作为水禽

栖息地的国际重要湿地公约》。

1.3 森林生物多样性保护的地位与作用

森林是陆地生态系统的主体，是自然功能完善的资源库、基因库和蓄水库，具有调节气候、涵养水源、保持水土、防风固沙、改良土壤、减少污染、美化环境、保持生物多样性等多种功能，对改善人类生存环境、维护生态平衡起着关键性作用。森林生物多样性的保护关系到森林生态系统的平衡，是经济社会可持续发展的基础。据统计，世界森林面积占土地面积的 22%，却集中了 70% 以上的物种，尤其是热带森林，面积仅占全球面积的 7%，却集中了 50% 以上的物种拥有世界 80% 以上的昆虫，90% 以上的灵长类动物（国家林业局，2000）。只有拥有了丰富的生物物种资源，森林的整体生态效能才能更高。1992 年，联合国环境与发展大会发表了《关于森林问题的原则声明》，进一步明确了森林和林业对于人类生存发展的重要作用。欧安会（CSCE）于 1993 年 9 月在加拿大召开北方及温带森林持续发展学术讨论会，将林业和森林持续发展与社会进步、国家安全联系在一起。由于人类现代农业导致的富营养化、工业化和城市化，伴随着大面积森林的砍伐、生境的破坏、动植物资源的过度利用和外来种的入侵，即使物种极为丰富的热带雨林的生物多样性也在急剧下降。Brook 等（2003）根据马来西亚同类地区的生物多样性估计，新加坡有记录和无记录的生物多样性丧失的比率可能高达 73%，所灭绝的生物类群大多数是以森林为生境的；并指出目前东南亚 46% 的森林遭到破坏。森林生物多样性的保护在生物多样性保护中占有重要的地位。

1.4 森林生物多样性研究的热点问题

1.4.1 生物多样性方面

1.4.1.1 物种多样性调查与编目

生物资源的保护和可持续利用、环境变化、入侵物种、生态恢复、生物多样性评估和监测都需要以野外研究为基础。我国从 20 世纪 20 年代开始先后编辑出版了《中国植被》、《中国植物志》、《中国孢子植物志》、《中国植物红皮书》（第一册）。据统计，全国共保存植物标本 1 600 万份、动物标本 500 万份、微生物菌种及标本 25 万份（中国生物多样性国情报告，2000）。同时，有关部门建立了生物多样性的信息系统或数据库，在宣传和普及植物科学知识、提高公众对生物多样性的认识等方面也发挥了巨大作用。

虽然我国的植物调查与编目已经取得了较大成绩，但还存在不足。例如，在野外分类研究工作上十分薄弱，非常缺乏有实际经验的生物学家、分类学家和野外生物工作者；部分重要的保护区、残存森林、热带雨林、林冠层、新建人工林、乡村都没有生物编目；现存的数据很多已经过时而且分类不准确；目前博物馆已经很少采集标本，许多标本也没有得到很好地保存。

对于这些不足，我国已经开始探索相应的方法和技术来逐渐解决。在生物多样性的快速鉴定上，利用远程鉴定以及分子鉴定、生命条形码（bar code of life）等，这是全新的、国际性的、大尺度的森林生物多样性调查途径；王锦秀等认为民间植物分类系统可以用于局部

地区的物种多样性快速评估；全球林冠研究计划（global canopy programme）（Michael, 2005）是针对热带雨林上层林冠中的物种调查，我国即将启动野生物种种质资源库（昆明植物所李德铎）项目，如并先后资助了一批生物多样性方面的研究项目，如“长江流域的生物多样性（洪德元）”、“中国关键地区的生物多样性研究（马克平）”、“被子植物重要类群的分子系统学和演化（葛颂）”等。在技术上也有了很大的改进：利用遥感数据对森林生态系统生物多样性进行评估（郭中伟，2001），遥感直接进行生物多样性制图在加拿大已经得到了应用（徐文婷，2005）；光谱模型技术目前正处于探索阶段，对于植被复杂、生物多样性高的地域，具有较大的应用潜力。

1.4.1.2 生物多样性形成机制研究

1996 年国际组织 IUBS、UNESCO、SCOPE、ICSU 等共同决定开展大规模生物多样性合作项目（DIVERSITAS），明确把“生物多样性起源、维持和变化”列为 5 个核心组分之一。有关生物多样性形成机制的假说，Jeffries（1997）认为生物多样性的形成主要受 3 类生态因子的制约：①主因子，即地理和自然因子，这是一些大尺度的全球或区域的物理影响因子。②区域或较小尺度的生态学模板，又可分为 4 种，即生产力、无量纲格局、生境异质性与镶嵌性、生境架构。③相互作用的内部因子，又可分为 4 种，即演替、种间作用、干扰和散布与拓居。

干扰和空间异质性常被认为是植物群落中调节物种多样性的主要因子。小尺度和中等频率的干扰可以增加温带和热带森林的物种多样性。热带森林在灾难性干扰后，其树种多样性随时间的增加而增加。自然或人为干扰（如伐木）对物种多样性的影响是通过改变生境的异质性、改变种间的竞争平衡，从而形成特殊的生境来实现的。在自然干扰中，树倒、火烧、洪水等因子对生物多样性的影响作用引起了许多生态学家的兴趣。无论是温带森林还是热带森林，林隙及其动态在其生物多样性的形成与维持方面都具有重要作用。Hubbell（1999）在对 1200 多个林隙长达 13 年的研究基础上，提出了由树木死亡所形成的林隙干扰对热带森林物种多样性的维持起主导作用的假说（Hubbell 等，1999）。然而，Smith（1996）等却有不同观点，他们基于分子水平的研究，认为群落交错区对热带雨林生物多样性的形成具有重要意义。

景观的斑块大小及其分布对生物多样性的分布有重要影响。Brososke 等（1999）的研究表明：在不同尺度，许多植物种的分布都与景观结构特征紧密相关；并且，在不同的空间分辨率下，景观特征与植物多样性指数的关系不同，道路在景观尺度上对植物多样性有重要影响。北美寒温带针叶林地区的植物多样性格局也取决于生态学过程及其空间配置。森林景观的破碎化会减少生物多样性，Wahlberg（1996）应用模型成功地模拟预测了景观的破碎化对物种致危的影响。遗传上相互隔离的种群是生物多样性的一类重要组成成分，种群多样性随生境的消失而减少。另外，林冠高度与树种多样性关系密切。

关于气候因子与生物多样性的关系，Whittaker（1992）认为，生物多样性似乎是从极地和高山向热带低地增加；在温带地区，由海洋性气候的内陆向大陆性气候增加。种群多度变化取决于物种对环境波动的敏感性及其由种间相互作用所引起的环境波动的幅度。因此，气温、水分因子等因素的时空变化对生物多样性的影响很大。热带森林的树种多样性随降水的增加而增加、随降水变率的增加而降低，并且降水的空间变化对植物物种的分布影响很大（Kadmon 等，1999）。但是，Bongers 等（1999）在研究了西非热带森林 12 个树种的多度与

水分因子的关系后,认为年平均降水量并不是决定西非森林树种分布的最重要因子;而年最小降水量对区域物种多样性的影响却很大。

土壤类型及其理化性质对生物多样性影响很大,成土母质也影响生物多样性。在自然条件下,在热带降水充沛的地区,树种多样性随土壤肥力的增加而增加。但是,人工施肥的影响却不尽相同。施用氮肥对草地植物多样性的短期影响很大,将会降低物种多样性;地被层的增加也将显著降低物种多样性。同样,Collins 等(1998)的实验也表明,施用氮肥将降低北美洲草原的物种多样性。Hutchinson 等(1999)定量研究了美国东部次生橡树林林下维管束植物的种类组成和丰富度与土壤等环境因子的关系。分析结果表明:林下物种组成与土壤水分(估测)、N 矿化率、硝化率和土壤 pH 值等强烈相关。Sollins(1998)实验证实了土壤组成(P、Al、K、Ca、Mg 等)与土壤持水力对热带雨林物种组成的影响。在热带雨林中,树木属的丰富度与生境的不宜和环境胁迫有关(Duivenvoorden, 1996)。

火对生物多样性影响很大。Collins 等(1998)在天然草场进行的实验表明,火烧会降低生物多样性。Richards 等(1999)还探讨了怎样优化火烧来维持群落的多样性。

分子水平的研究遗传多样性是其他多样性的基础,并对物种和群落多样性起着决定作用(臧润国等, 1999)。因此,从遗传多样性及繁育系统和基因流的角度来探索物种形成及不同种群在群落中的地位,是近年来生物多样性形成机制的一个重要研究方向(Huston, 1994; Peter, 1994; Frankel 等, 1995; 臧润国等, 1999)。Smith 等(1997)在分子水平上研究了热带雨林常见种种群的基因流及形态变异,目的在于揭示热带雨林生物多样性的形成机制。

人类活动对生物多样性的影响很大。许多人类活动极大地改变了物种多样性,这种变化反过来又影响生态系统的结构和功能(Chapin III 等, 1997)。放牧或刈割可以在火烧和施用氮肥的情况下维持北美洲草原的物种多样性(Collins 等, 1998)。伐木对生物多样性的影响或许比较复杂。择伐虽然会严重破坏热带雨林的结构,但却可以维持雨林高的树种多样性(Cannon 等, 1998)。但是,在 Appalachians 地区的落叶阔叶林,伐木可以导致林下稀有草本数量的减少、林下地被层种群也因不适应改变了的微气候而进一步减少等等(Meier 等 1995)。

许多生态学家对局地多样性与区域多样性的关系,特别是区域和历史过程在局地多样性形成中的作用深感兴趣,并由此引出了许多争论(McPeck, 1996; Caley 等, 1997; Caley, 1997; Francis 等, 1998; 蒋有绪, 1998; Huston, 1999)。在利用化石、花粉等材料研究群落起源方面, Davis 等(1998)对铁杉硬木林起源的研究具有代表意义。Jablonski (2006)通过对记载物种起源、灭绝和迁移模式的双瓣类化石首次全面分析。表明生物体的多样性起源于热带,然后向两极迁移。苏缨涛(2001)等探讨了海南与台湾生物多样性形成的机制;王伯荪等(2005)对海南岛热带林生物多样性形成机制进行了研究;吴之坤等(2006)、孙航等对青藏高原特殊生境中植物多样性的起源和进化机制进行了研究。

1.4.1.3 生物多样性的价值评估和生物多样性信息学

为了有效地利用森林资源,政府、企业和社区必须了解常常被隐藏的风险、机会和取舍方案。国际科学联合会环境委员会于 1991 年组织开展了生物多样性定量研究的讨论,促进了生物多样性经济价值评估方法的发展,为了解生物多样性的生态功能和经济价值,评价森林生态系统服务功能的价值已成为当前生态学与生态经济学研究的前沿课题。Costanza 等

(1997) 将全球生态系统根据土地覆盖区分为远洋、海湾、森林、草原、湿地、湖泊、河流、农田等 15 类生物群落, 以生态服务供求曲线的一条垂直直线的假定条件, 逐项估计了各项的服务价值, 研究表明全球生物多样性每年为人类创造约 33 万亿美元的价值, 在世界上最先开展了对全球生物圈生态系统服务价值的估算; Pimentel 等 (1997) 根据相关研究结果及部分生态系统服务功能的单价评估了全球和美国生物多样性的经济价值, 包括废物处理、土壤形成、氮固定、化学物质生物分解、作物繁殖、牲畜繁殖、生物技术、害虫生物控制等。总价值 2.93×10^{12} 美元 (全球)。虽然该结果与 Costanza 等的评估结果存在较大差异, 然而两个研究都清楚地强调自然生物区系和生物多样性对人类的巨大价值 (Pimentel, 1998)。1978 年, 日本林野厅利用数量化理论多变量解析方法对全国 7 种类型的森林生态效益进行了经济价值的评估, 其价值为 910 亿美元, 相当于 1972 年日本全国的经济预算; 许多学者从不同的角度对生态系统的服务功能及其价值进行了研究。千年生态系统评估 (Millennium Ecosystem Assessment) 是一次以面向决策者为目的的全球生态系统服务功能评价研究, 目的是掌握关于生态系统变化和人类福利关系的最新科学知识, 更加全面地探讨了生态系统服务功能概念、与人类福利之间关系、变化的驱动因子、评价的尺度问题、评价技术与方法、评价过程中的分析方法以及评价结果与最终的政策制定, 并在全世界范围内广泛开展了案例研究。

我国自 20 世纪 80 年代开始森林生态系统服务功能评价工作。1983 年, 中国林学会开展了森林综合效益的研究; 侯元兆等人首次全面地对中国森林资源涵养水源、防风固沙、净化空气价值进行了评估; 赵茸等 (1994) 讨论了城郊林地的环境价值与游憩功能; 聂华 (1994) 对于森林生态功能价值的研究; 薛达元等 (1999) 采用费用支出法、旅行费用法及条件价值法对长白山森林旅游价值进行了评估; 中国生物多样性国情研究报告编写组将中国生物多样性的经济价值分为直接使用价值、间接使用价值、潜在使用价值等 3 类开展了评估研究; 欧阳志云等从有机物质的生产、维持大气 CO_2 和 O_2 的平衡、营养物质的循环和储存、水土保持、涵养水源、生态系统对环境污染的净化作用等 6 个方面, 采用生态经济学方法, 初步对中国陆地生态系统服务的价值进行了估算。陈仲新等按照自然状况分类, 把中国植被类型划分为 10 类陆地生态系统和两类海洋生态系统, 并参照 Costanza 等的研究方法, 对我国生态系统的功能与效益也进行了价值评估; 张新时根据 Costanza 等的研究, 按照面积比例对我国生态系统的服务功能经济价值进行了评估; 蒋延玲、周广胜等 (1999) 根据全国第 3 次森林资源清查资料及 Costanza 等的方法估算了我国 38 种主要森林类型生态系统服务的总价值, 结果表明森林生态系统的最大价值反映在生态效益上, 其价值是经济价值的 3 192 倍。赵同谦评价我国森林生态系统的林副产品提供等 10 项服务功能的总价值为 14 060 105 亿元; 其他研究案例还有毕晓丽、葛剑平基于 IGBP 土地覆盖对中国陆地生态系统服务功能评价为 40 690 亿元等。张颖 (2001) 对中国森林生物多样性的价值和实物变化进行了评价, 得出了 1998 年我国森林生物多样性的价值达 703 081.27 亿元人民币。周晓峰 (1999) 讨论了黑龙江省森林效益的计量、评价与补偿问题; 李忠魁 (2001) 等研究了北京市森林的价值; 张小军 (2000) 对祁连山林区森林生态效益的评估; 韩维栋等 (2000) 对于红树林生态系统的经济价值进行了分析; 张三焕等 (2001) 对长白山森林资源资产生态环境价值的评估; 周国逸等 (2000) 研究了生态公益林补偿理论与实践; 余新晓通过评估我国森林生态系统水源涵养、固碳制氧、生物多样性、净化空气、森林游憩、保护土壤、林副产品、养

分循环服务功能的总生态经济价值为 $30\ 601.20 \times 10^8$ 元/年 (余新晓, 2005)。价值评估虽不能精确地反映我国生态系统功能的真实状况, 但这样的评估有助于人们对生态价值的了解, 为生态环境保护政策地制定提供参考。

建立生物多样性信息系统一直是生物多样性研究的一个重要组成部分, 但面临如下几个方面的问题: ①如何从浩若烟海的信息资源中快速有效地发掘出生物多样性研究信息? ②已找到的信息可能来源不同, 它们之间是否存在可比性? ③生物多样性信息系统应如何整合其他系统 (如分子生物学数据库和非生物数据库) 中的有用信息? 2000 年 9 月 29 日出版的《科学》杂志在以 “Bioinformatics for Biodiversity” 为题的专栏中发表了一组重要文章与报道, 包括: 全球生物多样性图谱 (Wilson, 2000)、生物多样性数字化 (Sugden & Pennisi, 2000)、分类学的复苏 (Pennisi, 2000)、静悄悄的革命: 生物多样性信息学与 Internet (Bisby, 2000)、生物多样性数据库间的互操作性 (Edwards 等, 2000) 和化石数据库上网 (Kaiser, 2000) 等。该专栏全面而系统地评述了全球范围内生物多样性信息学的进展, 并展望了该方向的发展前景。“北美植物志” 和 “中国植物志” 项目均采用联邦数据库来管理标本和相关的形态学及地理分布等方面的信息。

1.4.1.4 生物多样性与生态系统的功能

对生物多样性与生态系统功能关系的研究可以追溯到 1859 年, 达尔文 (1872) 指出更高植物物种丰富度的群落会有更高的初级生产力。20 世纪 70 年代以前, 生态学家一直认为, 更高的物种多样性和营养关系复杂性会增加种群与系统的稳定性 (MacArthur, 1955; Elton, 1958)。然而 20 世纪 70 年代 May (1973) 的理论研究表明, 简单生态系统比复杂系统更可能趋于稳定。此后, 针对物种多样性与生态系统功能的若干关键方面 (例如生产力、分解速率、稳定性、对入侵敏感性等) 的观察、实验、理论研究已经广泛展开, 并且得出了一些有意义的结果。但目前还没有哪个结论得到普遍的认可, 在许多问题上还存在激烈的争论 (Kaiser, 2000; Loreau, 2001)。多数生态学家认为: 植物物种数量的增加将增加生态系统的净第一性生产力 (Naeem 等, 1994; Tilman 等, 1996)。Tilman 也认为竞争模型预测与实验均证实了高植物多样性必将导致高第一性生产力 (Tilman, 1999), 并且生态系统的功能组成与功能多样性还是影响植物生产力、N 含量和光线穿透性的主要因子 (Tilman 等, 1997)。很多学者提出了许多关于物种多样性对生态系统功能作用机制的假说。这些假说是从不同侧面、不同尺度上提出的, 理论和实验研究都表明, 生物多样性趋于与生态系统功能呈正相关性, 但是多样性并非是这种关系的直接驱动力。生态系统功能潜在地依赖于物种之间相互作用的强度, 物种的功能反应特性以及生态系统的类型和尺度等。在生物多样性和生态系统功能的研究中, 重要的不只是结论, 还应包括其中所隐含的机制。围绕着生物多样性和生态系统功能, 许多生态学家展开不同层面的理论和实验研究。20 世纪 90 年代, 在《自然》和《科学》上发表的论文表达了不同的研究结果和见解, 形成了对多样性—稳定性关系持不同观点的对立派别。2001 年《科学》上发表了一篇题为《生物多样性和生态系统功能: 当今的知识和未来的挑战》文章, 认为功能位移和物种丰富度是否构成生态系统功能发生变化的决定因素, 对森林生态系统主要研究在温室效应上。2002 年 “Trends in Ecology & Evolution” 杂志一篇题为 “2002 年是多样性与生态系统功能讨论的一年” 的文章, 认为多样性与生态系统功能在试验和自然上不同。

生物多样性与生态系统功能一直处于争论的原因可能是: 首先, 地球表面存在无数种类

的生态系统,其生态系统功能过程受物种多样性变化的影响不可能完全一致。某个生态系统的特殊性往往被当作生态系统的普遍规律来处理。其次,衡量生态系统功能的特征是多样的,而这些特征(如生产力、养分循环、土壤中养分和水分的保持等)对物种多样性变化的响应也不可能完全一致,而且还会受其他环境因子的影响,另外,物种多样性本身也受这些因子变化的影响。

1.4.1.5 植被恢复、群落稳定性与生物多样性

植被恢复(vegetation restoration)是指运用生态学原理,通过保护现有植被、封山育林或营造人工林、灌、草植被,修复或重建被破坏的森林和其他自然生态系统,恢复其生物多样性及其生态系统功能。对于稳定性的内涵,不同学者也有不同的理解。现阶段植被恢复研究的主要内容:①植被退化的基本特征及其生态后果,具体研究退化植被种类组成变化,群落时空结构变化,生物生产力下降,生物间关系的改变。②植被恢复目标及其生态学原理,主要包括生境组合胁迫原理、生态适应性原理、种群密度制约和分布格局原理、群落内种间关系协同进化依赖原理、生态位原理、群落演替原理、生物入侵理论、生物多样性原理、斑块-廊道-本底景观结构模式原理等(包维楷等,1998;程冬兵,2006)。③干扰体系对退化植被或生态系统的影响,主要干扰方式有森林采伐、开垦、过度放牧、开采矿产资源、采摘、不合理的种植和养殖、在人为有意或无意帮助下外来种的侵入和偶见种取代群落建群种与优势种的生态现象以及病虫害的大发生等。④植被恢复途径。20世纪70年代日本学者宫胁昭(Miyawaki)根据植被科学中的演替理论,采用当地乡土树种的种子进行营养钵育苗,配以适当的土壤改造,在较短时间内建立起适应于当地气候的顶极群落类型。这一方法得到了世界公认,称之为“宫胁法”(程冬兵,2006)。中国科学院华南热带植物研究所在广东小良、鹤山以及沿海侵蚀地上开展的研究以及中国科学院植物研究所在江西亚热带红壤丘陵地上进行的退化植被恢复与重建的研究。在矿山废弃地及城市垃圾场上都已开展了植被重建的研究。四川省在进行岷江上游典型退化生态系统恢复与重建试验示范过程中取得了重要进展。

多样性-稳定性关系。早在20世纪50年代,先后由植物学家MacArthur和动物学家Elton分别提出了多样性与稳定性理论(马姜明,2004)。MacArthur于1955年在做群落学研究时发现一些群落的物种保持恒定,而在另一些群落中则表现出很大的波动。并把自然群落的稳定性归结于两个方面的因素,一是物种的多少,二是物种间相互作用的大小。对于一个物种较少的群落,物种间的相互作用对于该群落的稳定性可以起到一定的弥补作用,但这种作用是有限的(黄建辉,1994)。Elton于1958年根据对物种入侵的研究,也提出了与MacArthur相类似的假说,认为较为简单的植物或动物群落,容易受种群波动的影响,从而,抵御外来种入侵的能力就较弱。20世纪70年代以前,生态学家们一直认为,更高的物种多样性和营养关系复杂性会增加种群与系统的稳定性(张全国,2002)。然而,20世纪70年代,以May为代表的生态学家,应用多种群作为变量建立微分方程,其方程的解是不稳定的数学模型来研究群落复杂性与稳定性的关系,得出了与多样性-稳定性理论完全相反的结论。即系统复杂性的增加将不可避免地减弱系统的稳定性。但无论May的数学逻辑和理论推导多么严密,他最大的缺陷是过多地依赖于数学方法,由于他所使用的系统都是与实际相差甚远的人工模拟,且所使用的控制论稳定性分析手段和技术的限制,又没有考虑到真实生态系统的自我调节机制(王国宏,2002)。Tilman和Dowing(1994)通过对美国明尼苏达州草地

植物群落的研究观察证明：物种的多样性越高，群落对干扰（干旱）的抵抗力和干扰后的恢复力越强，反之，若群落失去一个种，就会对群落的抵抗力产生强烈的影响。Tilman (2000) 指出较高的多样性可以增加植物群落的生产力，生态系统营养的保持力和生态系统的稳定性。王国宏 (2002) 从生物多样性和稳定性的概念出发，指出忽略多样性与稳定性的生物组织层次可能是造成观点争论的根源之一。他结合对群落和种群层次多样性与稳定性相关机制的初步讨论，认为在特定的前提下，多样性导致稳定性。

1.4.2 物种保护的研究

1.4.2.1 物种种群生存力分析

20 世纪 80 年代以前，种群生存力主要研究种群在短期内的存活问题；90 年代以后，生态学家开始研究植物物种长期生存以及影响物种长期生存的外界干扰、遗传漂变等生物学问题。种群生存力分析 (Population viability analysis, 缩写为 PVA) 在保护生物学中的应用包括 5 个方面：①预测濒危物种未来的种群大小。②估计一定时间内物种的绝灭概率。③评估一套保护措施，确定哪个能使种群的存活时间最长。④探索不同假说对小种群动态的影响。⑤指导濒危物种野外数据的搜集工作。种群生存力分析是用分析和模拟的手段来估计物种在一定时间内灭绝的概率论方法，主要目标是计算物种以某个概率存活一定时间的最小可存活种群 (Minimum Viable Population, 缩写为 MVP) 的大小。在模型的构建和分析过程中，主要考虑种群统计学随机性、环境随机性、遗传随机性和自然灾害对种群动态和持续生存的影响作用 (邬建国, 1992; 蒋志刚等, 1997)。PVA 模型需要确定数目庞大的参数，这些参数的缺乏或者不准确，都将直接影响计算结果的准确性，而收集这些种群参数又需要巨大的人力物力和很长的时间，因此物种种群生存力分析应用不是很广。

1.4.2.2 物种保护的方法

目前，濒危物种保护成了国际社会关注的热点，世界各国相继制定了一系列物种保护的法律法规，在濒危物种分布比较集中的地区和生态系统的关键地区以及“生物多样性分布的热点地区”建立了自然保护区等。生态学家、保护生物学家和遗传学家分别从不同角度探讨了物种濒危机制和保护策略，并且从理论和实践上研究了物种的保护方法。但确定哪些地区和物种应优先保护，是物种多样性保护的首要任务。IUCN 自 20 世纪 60 年代开始发布濒危物种红皮书，根据物种受威胁程度和估计的灭绝风险，将物种划分为不同的濒危等级。1980 年，IUCN 在《世界保护大纲》中提出了确定优先保护顺序的方案。1991 年，Mace 等首次提出了根据在一定时间内物种的灭绝概率来确定物种濒危等级的思想，并且建议将物种分为极危种、濒危种和易危种 3 类。1994 年 IUCN 修订了 Mace 物种濒危等级作为新的 IUCN 濒危物种等级系统，并定义了 8 个濒危等级。2001 年，由 IUCN 正式出版的《IUCN 红色名录类型和标准》对 1994 年的等级系统标准进行了修改和补充。何友均等 (2004) 运用系统分析方法和原理，在资料收集和实地调查的基础上，借助专家咨询系统构建了三江源自然保护区森林-草甸交错带植物受威胁等级、优先保护定量分级评价指标体系以及相应的定量评价标准。何平等 (2003) 以江西省 50 种珍稀濒危植物为定量研究对象，采用以濒危系数、遗传价值系数、物种价值系数和生物学特征系数 4 个指标构成的珍稀濒危植物等级综合评价价值的方法对上述植物优先保护顺序进行了定量研究。任毅等 (1999) 根据野外考察资料，采用以濒危系数，遗传多样性损失系数和物种价值系数求取急切保护值的

方法对神农架自然保护区 14 种重点保护植物的优先保护顺序进行了定量研究; Perring (UNEP, 1993)、许再富等人 (Groombridge, 1992; Vitousek, 1986; Bhrlich, 1988) 将物种濒危状况评价的指标进行分级、量化和给分然后计算各指标的濒危系数。

20 世纪 90 年代以来, 人们开始运用“3S”技术、网络技术、计算机技术和数学模型联合研究种群时空动态、潜在数量和预测适宜生境, 比如用于评价高速公路和大坝修建对珍稀濒危物种种群动态和迁移的影响以及农作物亲缘种保护; David (2003) 年用 GIS 对葡萄牙的植物进行规划和管理, 研究了里斯本大学植物园不同地点和不同植物组的保护。

1.4.3 外来种与生态安全

生物入侵指由非本地或本地受抑制物种取代本地或原有的物种, 改变原有生态系统的结构、功能和效益, 减少物种多样性, 给本地生态系统带来生态和经济上的损失, 但目前的生物入侵研究多指外来引进物种, 外来种 (Alien species) 是指由于人类有意或无意的活动被带到了其自然演化区域以外的物种。外来种入侵是自然生态系统面临最重要全球性问题之一, 它不仅是威胁生物多样性的主要原因之一, 而且威胁着全球的生态环境和经济发展。外来入侵种可带来巨大的直接和间接的经济危害。在美国, 每年因为外来种带来的损失高达 1 370 亿美元。高山、大海、沙漠曾是阻止物种扩散的天然屏障。但随着贸易、旅游和其他人类活动的加剧, 全球化进程使越来越多的物种正在跨越屏障做环球旅行。入侵性外来种不断增加, 对当地生态平衡产生的负面影响, 引起了生态学家和社会各界的广泛关注。我国地域广阔, 气候多样, 生物多样性丰富, 但易遭受入侵物种的侵害; 原产世界各地引种到我国来的植物 837 种, 属于 267 科 (丁建清, 王韧, 2000)。外来种每年给我国的经济带来的损失保守估计也高达数千亿元 (丁建清, 解焱, 1996)。但外来种中只有少数会造成危害 (Mack 等, 2000; Mitchell & Power, 2003), 只有对该区域生态系统产生不良影响的外来种才被称之为入侵种, 成危害的植物外来种主要是入侵性植物外来种 (invasive alien plants), 入侵性植物外来种中有相当一部分能够克隆繁殖 [自然环境条件下, 具有无性繁殖 (asexual reproduction) 习性或克隆性 (clonality) 的植物], 克隆植物具有独特的适应能力, 空间扩展能力较强, 往往可以排斥当地植物种而在群落中占据优势地位, 从而降低了植物物种多样性, 它们的危害严重性与其克隆生长习性直接相关。中国 126 个主要入侵性植物中克隆植物接近半数 (44%), 而且在 32 种属于恶性入侵植物中克隆植物的比例高达 66%。

入侵生物学目前主要的研究目标与成果可归纳为: ①制定各种政策防止进入。②发展先进的预测模型与手段。③有效地管理使其早期根除或维持在最低水平。④弄清入侵机理。⑤研究入侵对生态系统的效应。

利用生物控制来根除或管理入侵生物虽有近 100 年历史, 近期在某些地区, 如在南非对某些入侵种的控制已取得较好的效果, 可是, 也有日益增加的对生物控制、引进天敌的手段的质疑与争论。主要基于引进天敌对非控制种的危害及扩散到其他地区的危害。在物种上, 物种转基因也面临一些未知的问题, 使用现代生物技术培育出来的部分转基因植物如果控制不当进入大自然或其他国家也有可能成为入侵植物 (Stephan, 2005)。