

中国西部山地生态脆弱区 植被恢复研究

张旭东 费世民 周金星 等著



科学出版社

www.sciencep.com

中国西部山地生态脆弱区 植被恢复研究

张旭东 费世民 周金星 等著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书阐述了生态脆弱区的概念及其植被恢复的理论基础和研究进展,全面、系统地综合了中国西部生态脆弱区的生态环境特征和植被恢复研究的成果,对川西南典型生态脆弱区的重建进行了试验研究,提出了干热河谷“适度”适林的植被恢复理论和技术,为我国西南部生态脆弱区生态环境治理和建设提供了科学依据。

本书适于从事生态学、林学、植物学研究的科学工作者和相关专业的大专院校师生阅读,也可供国家各级林业管理和自然环境保护部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国西部山地生态脆弱区植被恢复研究/张旭东等著.
北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-009681-9

I. 中... II. 张... III. ①山地—植被—研究—西南
南地区②山地—植被—研究—西北地区 IV. Q948.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 134332 号

责任编辑:戴国良/封面设计:肖海福

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>

吉林农业大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2006 年 12 月第一版

开本: 787 × 1 092 1/16

2006 年 12 月第一次印刷

印张: 25

印数: 1 ~ 500

字数: 560 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

著作者名单(按姓氏笔画排序):

王 鹏	杨灌英	何亚平	张旭东
陈 宾	陈秀明	周金星	费世民
涂代伦	钱登峰	黄玲玲	蒋俊明
雷彻虹	蔡小虎	谭显春	魏渠和

前 言

目前全球环境问题日益突出,直接威胁到人类的生存环境和生活质量。已经恶化的生态环境影响到国家安全,世界各国都把生态安全作为国家安全战略的重要组成部分。植被恢复是扭转生态脆弱区生态环境恶化局面的重要途径,已被全社会所接受,其维护生态安全的作用不言而喻。

全球气候变化、生物多样性丧失、土地荒漠化、水土流失等已成为全球尤其是发展中国家所面临的极其紧迫而严重的问题。生态脆弱区具有范围的区域性、成因的自然性、类型的单一性、变迁的长期性、经济的滞后性等特性,使其植被恢复研究正受到越来越多的关注。20 世纪 60 年代的国际生物学计划(IBP)、70 年代的人与生物圈计划(MAB)、80 年代开始的地圈—生物圈计划(IGBP)以及 90 年代和 21 世纪初全球环境基金(GEF)、世界自然基金(WWF)、国际生物多样性保护联盟等,都把生态脆弱区作为重要的研究领域。

中国西部地区地处长江、黄河等主要大江大河的发源地,是我国重要的生态环境屏障和水源保护的特殊地带,也是全球关键生态区和生物多样性保护热点地区,其生态环境质量不仅对两大江河的中下游地区,而且对全国乃至全球的生态安全都具有极其重大的影响。但是数千年来无数次的战乱、灾害和人为破坏,以及建国以来大规模的垦殖与开发,西部地区的自然环境不断恶化,水土流失十分严重,干旱和荒漠化问题突出,人类生存环境越来越恶劣,自然灾害不断加剧。我国水土流失面积、沙化面积、草原“三化”面积(退化、沙化、盐碱化)、 $>25^{\circ}$ 坡耕地、石漠化面积绝大部分集中在西部地区。尤其是西部山地,冰川退缩、湖泊萎缩、河道断流、沙漠化加剧、生物多样性受领,导致水资源短缺,旱灾、洪水、雪害、滑坡、泥石流等自然灾害增加。西部地区脆弱的生态环境不仅阻碍西部经济进一步发展,而且已经成为未来民族生存环境的重大隐患。1999 年 6 月,江泽民总书记在视察西北五省区时指出,“改善生态环境是西部地区开发建设中,必须首先研究解决的重大课题。如果不从现在起努力使生态环境有一个明显的改善,在西部地区实现可持续发展战略就会落空”。1999 年中央决定实施西部大开发战略,将生态环境建设和保护列为重点。搞好生态环境建设是西部大开发的必要前提和首要任务,也是跨世纪战略的重要目标。2000 年以来,先后实施天然林资源保护工程、退耕还林工程等林业生态建设工程,计划到 2050 年,使西部地区的面貌发生根本性变化。保是,西部地区经济和社会发展相对滞碍,自然条件恶劣,生态环境极其脆弱,植被一旦破坏,自然恢复极其困难。保护植被、恢复植被是我国西部生态脆弱区生态建设的关键。

本书是在国家“十五”攻关课题及国家自然科学基金课题的研究成果基础上汇编而成的,综合论述了中国西部生态脆弱区特征及其植被恢复研究概况,前三章(第一章至第

三章)主要阐述生态脆弱区和国内外植被恢复相关理论及其研究进展,并对中国西部生态脆弱区进行较全面地分析;后六章(第四章到第九章)主要以川西南山地生态脆弱区为研究对象,进行植被恢复典型分析研究,提出了干热河谷“适度”造林的植被恢复理论以及“以天然更新为主,辅以人工措施促进天然更新”的山地森林更新恢复的思路。全书从宏观到微观、从一般到典型、从理论到实践对生态脆弱区植被恢复进行了系统深入的分析研究,力图使读者充分了解中国西部地区生态脆弱区植被恢复机理、机制,给科研工作者提供一个理论与实践参考,研究出一套完善的科学体系,为西部大开发与西部生态脆弱区生态环境的改善做出积极贡献。

多年来课题组成员团结一致、辛勤劳动,他们的研究成果,是编著本书的基础;在研究过程中始终得到国家林业局、中国林业科学研究院、四川省林业厅、四川省林业科学研究院等有关领导的指导、支持与关怀,得到地方各级政府、林业部门的大力支持与配合,得到中国林业科学研究院和国家林业局四川森林生态资源环境研究室的资助,在此深表示衷心感谢!此外,硕士生钱登峰、黄玲铃参与了本书部分章节的辅助性工作。由于时间仓促和编著者的水平所限,一定有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

践著者

2005年8月15日 于北京

张旭东 1962 年生于安徽省巢湖市。博士，研究员，研究生导师。1983 年毕业于安徽农业大学（原安徽农学院）林学系，1986 年获中国科学院应用生态研究所（原林业土壤研究所）生态学专业硕士学位。安徽农业大学副教授，中国科学院生态环境研究中心博士后，中国林业科学研究院林业研究所生理生态研究室副主任，安徽省生态学会副秘书长，中国生态学会和中国林学会会员。



主要从事森林生态和林业生态工程研究，在林业生态工程防治血吸虫病、流域生态学和脆弱生态区植被恢复等方面取得了比较系统的研究成果。曾参加和主持国家“七五”、“八五”、“九五”、“十五”和部省级重大项目 30 余项。其中，“中国森林生态网络体系建设研究”获国家科技进步奖二等奖；“兴林抑螺、综合治理、开发滩地”和“长江中下游低丘滩地综合治理与开发”分别获得林业部科技进步奖一等奖。发表论文 50 多篇，参与出版专著 6 部。



费世民 1965 年 9 月生于安徽省天长县。博士，研究员，研究生导师。获国务院政府特殊津贴，四川省学术技术带头人，四川省青年科技奖获得者。曾在安徽农业大学（安徽农学院）、南京林业大学、中国林业科学研究院攻读学士、硕士、博士学位。现任国家林业局四川森林生态与资源环境研究实验室主任，四川省林业科学研究院副院长、《四川林业科技》编委。

主要从事森林生态、植被恢复、林业生态工程与流域治理等研究工作。先后主持“七五”、“八五”、“九五”、“十五”国家攻关专题、部省级科研课题、“948”项目以及国际合作项目等 15 项。在丘陵区农林复合系统结构与功能研究、长江上游防护林体系建设与集约经营研究、脆弱生态区“适度”造林与植被恢复研究等方面取得一些创新性研究成果。曾获国家科技进步奖二等奖 1 项，部省级科技进步奖一等奖 1 项、二等奖 2 项。出版专著《长江中上游防护林体系建设与经营利用》等 4 部，发表论文 50 余篇。



周金星 1972年7月生于湖南省汉寿县。博士，副研究员，研究生导师。1996年6月毕业于西南大学（原西南农业大学）土化系，后留校工作，先后被聘为资源环境学院水土保持系助教、讲师。2001年6月毕业于北京林业大学水土保持学院，获水土保持与荒漠化防治专业博士学位；同年7月进入中国林业科学研究院林业研究所林业生态工程博士后流动站。2003年

10月博士后出站，调至中国林业科学研究院林业研究所工作，同年被聘为国家林业局四川森林生态与资源环境研究实验室客座研究员，西南大学资源环境学院客座教授、水土保持及生态修复研究方向硕士生导师。

主要从事山区流域综合治理、水土保持与林业生态工程、植被生态恢复等方向研究。曾获人事部博士后基金项目1项，国家自然科学基金青年基金1项，面上项目2项，重大基金项目专题1个，主持“十五”国家攻关课题1项及省部级课题3项，鉴定成果5个。获省部级科技进步奖二等奖2项、三等奖1项。出版学术专著、教材7部，在国内外学术刊物上发表论文50余篇，培养研究生5名。

目 录

前 言

第一章 中国生态脆弱区	(1)
第一节 生态脆弱区概念	(1)
第二节 中国生态脆弱区的类型及其划分	(10)
第三节 生态脆弱区的生态治理	(16)
第二章 中国西部生态脆弱区	(28)
第一节 西部区域范围及其背景	(28)
第二节 西部地区概况	(35)
第三节 西部脆弱生态环境问题	(39)
第四节 西部山地生态脆弱区	(47)
第五节 西部典型脆弱生态区概况	(57)
第六节 西部脆弱生态区生态环境问题的反思、机遇与治理	(72)
第三章 生态脆弱区植被恢复理论基础	(86)
第一节 国际生态恢复研究概述	(86)
第二节 植被恢复研究概况	(96)
第三节 退化生态系统植被恢复	(105)
第四节 退耕还林与植被恢复	(110)
第五节 天然林资源保护与植被恢复	(114)
第六节 西部典型生态脆弱区植被恢复研究进展	(127)
第七节 生态系统管理与植被恢复	(137)
第四章 川西南生态脆弱区及其植被恢复研究方法	(146)
第一节 四川西部生态脆弱区概况	(146)
第二节 川西南生态脆弱区自然概况	(150)
第三节 川西南生态脆弱区植被恢复研究进展	(177)
第四节 川西南生态脆弱区植被恢复主要研究方法	(186)
第五章 川西南生态脆弱区山地气候研究	(195)
第一节 攀枝花市山地气候分析	(195)
第二节 金沙江干热河谷区水资源时空格局	(199)
第六章 川西南山地生态脆弱区攀林植被特征研究	(213)
第一节 攀枝花市山地植物区系分析	(213)
第二节 攀植花市生物多样性与生物资源可持续性分析	(217)
第三节 攀枝花天然林生物生产力与水文生态效益的初步研究	(224)

第七章 川西南干热河谷土壤水分研究	(236)
第一节 干热河谷地区不同类型土壤水分季节变化特征	(236)
第二节 干热河谷阴坡和阳坡土壤水分的动态比较	(247)
第三节 干热河谷地区不同整地方式对土壤水分的影响	(253)
第八章 干热河谷适度造林技术研究	(276)
第一节 干旱区植物耐旱性和树木耗水研究概述	(276)
第二节 干热河谷造林树种选择及造林技术研究	(285)
第三节 干热河谷造林整地方式对土壤水分性能的影响	(303)
第四节 干热河谷“适度”造林的生态恢复技术	(310)
第五节 干热河谷不同植被类型对土壤水源涵养功能的影响	(320)
第九章 川西南山地森林壤被更新恢复研究	(337)
第一节 偏干性常绿阔叶林主要建群种种群种子库研究	(338)
第二节 云南松林更新研究	(363)
参考文献	(376)

第一章 中国生态脆弱区

第一节 生态脆弱区概念

脆弱(vulnerable, weakness, fragile)是一种不稳定(unstability)的状态或特性,在自然界,被认为是受害的(damaged)、退化的(degradation)、敏感的(sensitive)、易损的(vulnerable),甚至称之为受威胁的(threatened),尽管说法不一,但基本内涵是一致的。脆弱性作为脆弱程度的度量,在气候变化研究中定义为一个自然的或社会的系统容易遭受来自气候变化的持续危害的范围和程度;在自然灾害研究中是指对个体或群体受自然灾害影响程度及从事件影响中恢复程度的度量;在生态学研究,脆弱性是被研究的生态系统或区域(或环境)在干扰的压力下,其结构组威与功能发生变化,并向不利于自身的方向发展,而发展过程的每一个阶段,系统或区域都呈现出更易向下一个阶段过渡及对于干扰的反应更加脆弱的趋势。Downing 总结了许多有关脆弱性问题的研究成果,认为脆弱性应主要包括三个方面:首先,脆弱性是作为一个结果而不是一种原因来研究;其次,它是针对其他不敏感因子而言,其影响是负面的;最后,脆弱性是一个相对概念,而不是一个绝对的损害程度的度量单位。因此,对生态系统和区域而言,脆弱性表征了一定阶段的一种状态,即某生态系统和区域不可恢复到理想状态之间的阶段特性,反映了生境、群落和物种对环境变化的敏感程度,它涉及综合的内、外因子的相互作用。生态脆弱性是生态环境对内部和外部的干扰活动或过程的不良反应,其强度大小称为生态脆弱度,即对于干扰活动的反应速度和程度,它取决于干扰因素的性质、强度和生态环境的组威要素及内部结构的稳定性。脆弱生态环境对于干扰因素或干扰过程的耐受力 and 自身的可塑性或弹性降低,即敏感性强,易于产生环境退化或劣变。

1 关于生态脆弱的相关概念

1.1 生态系统脆弱性

生态系统脆弱性(ecosystem fragility)的概念起初被应用于自然保护与保护区的管理,但在性质上有区别:一是自然脆弱性,即由于自然的、系统内部演替所引起的脆弱性;二是由于外部的尤其是人类活动所引起的脆弱性。虽然在性质上有区别,但两者并不矛盾。赵平、彭少麟(1998)等认为,生态系统脆弱性具有以下特点:脆弱性是多方面的综合体现,但不具有量化的特征,而且只有在人为或自然干扰的情况下才显露出来,若把生态系统的脆弱性与相关的干扰相联系,可为环境效应提供有用的评估手段;与稳定性相但,脆弱性与种的丰富度和种类组成的变化有关,种类更换率高和种群波动或变迁频繁,是脆弱

生态系统的明显特征。

根据生态系统脆弱性的特征,一些国家赋予脆弱生态系统以特殊的法律定义,使自然的保护和管理获得法律上的保证,如瑞典自然资源行动纲领就明确规定,脆弱生态系统是“从生态学角度来看那些特别敏感并且给予特殊关注的区域,其特点是生产力不稳定,具有不利的繁殖条件,物种面临灭绝的威胁,具有特殊的生态价值和重要的基因库。”这个概念很多学者使用过,但因过于复杂,难以下一个恰当、简洁同时又有意义的定义。任海等(2001)认为,脆弱生态系统就是抵抗外界干扰能力低、自身稳定性差的生态系统,表现为:1)生态系统的正常功能被打乱,系统发生了不可逆变化,从而失去恢复的能力;2)生态系统发生了变化,以至于影响当前或近期人类的生存和自然资源的利用;3)当生态系统退化超过了在现有社会经济和技术水平下能长期维持目前人类利用和发展水平的状态。由此可以看出,脆弱生态系统与退化生态系统相似,主要的区别在于,脆弱生态系统还包括了那些容易退化而尚未退化或处于退化过程中的生态系统。据赵跃龙(1999)统计,我国脆弱生态系统面积达 194 万 km^2 ,超过国土总面积的 1/5,主要分布在北方半干旱—半湿润区(如黄土高原,土壤沙性重、风蚀沙化与水土流失严重、自然灾害频繁)、西北干旱区(如新疆等,干旱缺水、风沙严重、土壤盐碱化、山地植被稀少、草场严重退化)、华北平原区(如河北,冬容干旱、盐碱内涝严重、风沙和自然灾害频繁)、南方丘陵区(如湖南,水土流失较严重)、西南石灰岩山地(如贵州,土层薄、肥力低、保水性前差)、西南山地和青藏高原区(如西藏等,缺水、气候条件差)。

1.2 生态脆弱带(ecotone)

生态脆弱带的概念早已在生态学研究提出,在上世纪 60 年代国际生物计划(IBP)、70 年代“人与生物圈”(MAB)、80 年代的“地圈—生物圈”计划(IGBP)中,逐步明确地把脆弱带的问题提到了研究日程,1988 年在布达佩斯召开的国际科联环境科学委员会(SCOPE)第七届大会上,全律成员通过决议,呼吁国际生态学界开展对生态脆弱带的研究(Zhang Xudong, 2001)。生态脆弱带,也称为生态敏感带,是指在生态系统中处于两种或两种以上的物质体系、能量体系、结构体系、功能体系之间所形成的界面,以及围绕该界而向外延伸的空间地带,其主要特点是:(1)这里是多种要素之间的转换区,各要素相互作用强烈,常是非线性现象显示区,变异的产生区,生物多样性的出现区;(2)抗干扰能力弱。对改变界面状态的外力阻抗能力低,一旦遭到破坏,恢复原状的可能性小;(3)变化速度快,空间迁移能力强。总之,生态脆弱带或生态敏感带作为一个特殊的地理单元,以其生态脆弱性为生态特征,有两层含义:其一指生态系统中两种或两种以上的物质、能量、结构及功能体系划分开的界面,即介于两种或两种以上具有明显差异的生态环境之间的过渡带或交错带;其二指环境或景观的变化将引起土地生产力明显下降乃至丧失,进而导致经济严重衰退的地带。可见,生态脆弱带是指自然与人为活动相结合造成的环境退化、景观破坏、土地生产力下降、土地资源丧失的地带,对环境因素的改变敏感且具有退化趋势。显然这一概念和生态脆弱区既有区别又有联系,并不包括生态系统结构简单、但较稳定的高寒荒漠、高草甸生态系统,以及沙漠、戈壁等,而这些都属于生态脆弱区的范围。牛文元从宏观角度归结出生态环境脆弱带有以下几种类型:城乡交错带;干湿交替带;农牧交错带;水陆交界带;森林边缘带;沙漠边缘带;梯度联结带;板块接

触带。我国西部处于半湿润向半干旱过渡带、农业向牧业区过渡带、沙漠向旱地过渡带、山地丘陵向平原过渡带,具有以下特征:环漠条件复杂,生态类型多样;环境阈值小,生态平衡脆弱;环漠退化相当普遍。

1.3 生态敏感地带(ecozone)

对生态敏感地带的关注始于上世纪 60 年代,而有关生态敏感地带的研究则是从上世纪 80 年代开始的。最初研究的是与边缘地带(marginal zone)相关的一些问题。1988 年在布达佩斯举行的生态学会议上部分生态学家建议从生态学角度入手研究边缘地带问题,并提出了 Ecotone 的概念。近两年,多数学者以 Ecozone 代替了 Ecotone,使研究对象的界定更加清晰明了。所谓 Ecozone,主要有两层含义:其一是指将生态系统中两种或两种以上的物质、能量、结构及功能体系划分开的界面,形象地说,就是介于两种或两种以上具有明显差异的生态环境之间的过渡带或交错带;其二是环漠或景观的变化将引起土地生产力明显下降乃至丧失,进而导致经济严重衰退的地带。根据这一定义,那些原生生态环境很差,并长期处于稳定状态,而且一直未形成生产力,对人类生活环境和国民经济影响不大的地带,如近期内难以利用的沙质、砾质、石砾和高寒荒漠,就不属于生态敏感地带范围。根据国内有关专家有关生态敏感带的研究成果,西部生态敏感地带主要分布在我国西部的山地丘陵向平原过渡地带及西北黄土高原地带,北起陕北经由宁夏东南部、甘肃中部、青海东部,越过西秦岭到四川东部、重庆、贵州周边直至云南西部,近似于南北定向,大敏在 400mm 等降水线及其向外延伸的过渡地带,具体包括:陕西 35 个县市、甘肃 36 个县市、青海 13 个县市、宁夏 6 个县市、四川 37 个县市、重庆 20 个县市、云南 30 个县市、贵州 30 个县市,共计 207 个县(市、旗),总面积 644 043 km²(表 1-1)。

表 1-1 西部生态敏感县在各省区的分布状况

省(市、区)	生态敏感地带涉及的县 (个)	生态敏感地带涉及面积 (km ²)	各省区市面积 (km ²)	生态敏感地带所占比例 (%)
陕西	35	107 308	190 000	56.5
甘肃	36	111 662	390 000	28.6
宁夏	6	36 986	51 000	51.0
青海	13	30 594	720 000	46.4
四川	36	83 450	478 000	17.5
重庆	21	79 549	82 000	97.0
云南	30	112 108	380 000	29.0
贵州	30	82 426	170 000	48.5
总计	207	644 043	2 746 000	23.5

西部生态敏感地带处在不同生态系统之间的过渡地带,其特征主要源于构成生态敏感区域将有的生态脆弱性,以及由此面引起的其他生态特征。其特点是:(1)环漠条件复杂,生态类型多样。西部生态敏感地带因处在不同的生态单元过渡带,各种生态因子复杂多变,而且在地域上又不连续,多具有动态变化的特点,错综组合形成多种类型的生态系统。例如,宁夏地区面积仅有 5.10 万 km²,而其境内竟有草原、森林、荒漠、水域、农田和城市等各类生态系统,在水平方向上自南而北为温带半湿润森林草原、半干旱区草原、干

旱区荒漠草原和草原化荒漠,在垂直方向上有低山草甸草原、阔叶混交林、针阔叶混交林、阔叶矮林和高山草甸(汪一鸣,1994)。(2)环境阈值小,生态平衡脆弱。西部生态敏感地带处于几种生态类型的过渡地带,是我国西部环境脆弱带,是对气候反映最敏感,环境变化率高且幅度大,多灾易灾的地带。这个地带内主要生态要素组合不够协调,而且变动较大。自然生态系统功能偏低,决定了西部生态敏感地带的环境容量较小,生态系统稳定性差,大气、水、土壤的净化功能低,抵御自然灾害和人为破坏的能力弱,环境极易受到污染或破坏,多数地区一旦遭到污染或破坏,恢复到原有水平十分困难。(3)环境退化相当普遍。西部生态敏感地带的环境退化相当普遍,主要是土地退化。土地退化可以从两个方面判断:一是数量方面,即土地所产生的可利用生物量的多少。无论是农田,还是草场,其单位面积生物生产量往往代表着土地生产力的高低,如果生物生产量愈来愈少,就表示其生产力在退化;二是质量方面,主要指其产出产品的好坏,如果产品质量越来越差,表明土地生产力在退化。土地退化形式有:水土流失,风蚀沙化及草场退化等,集中表现为土地的加速侵蚀。例如,北方生态敏感地带农牧区内的广大黄土地区,侵蚀模数超过 18 000,在农牧区一些严重地段侵蚀模数可达 20 000。土壤侵蚀表现为水蚀和风蚀两种形式,水蚀的危害是土地生产力下降,而风蚀最变出的危害是土地资源丧失(巨天珍,索安宁,2002)。

1.4 生态系统退化

当生态系统的结构变化引起功能减弱或丧失时,生态系统是退化的。所谓“退化”,是指它的组成、结构、功能、动态及其对环境改善的效能都与自然生态系统不同,往往是针对初始生态系统或退化前的参照系统(陈伟烈,1995)。自然干扰和人为干扰是生态系统退化的两大触发因子。自然干扰主要包括一些天文因素变异而引起的全球环境变化(如冰期、间冰期的气候冷暖波动),以及地球自身的地质地貌过程(如火山爆发、地震、滑坡、泥石流等自然灾害)和区域气候交异(如大气环境、洋流及水分模式的改变等);人为因素主要包括人类社会中所发生的一系列的社会、经济、文化或过程(如工农业活动、城市化、商业、旅游、战争等)(赵桂久等,1993,1995;章家恩,徐琪等,1998)。人为干扰往往叠加在自然干扰之上,共同加速生态系统的退化,形成退化生态系统(degraded ecosystem)。生态系统的退化,是在一定的时空背景下,由于自然因素、人为因素,或二者的共同干扰,生态要素和系统整体发生的不利于生物和人类生存的量变和质变(章家恩,徐琪等,1998),系统的结构和功能发生与其原有的平衡状态或进化方向相反的位移(displacement),具体表现为系统的基本结构和固有功能的破坏或丧失,生物多样性下降,稳定性和抗逆能力减弱,生产力下降。这类系统也被称为“受害或受损生态系统(damaged ecosystem)”。

干扰是生态系统发生退化的主要压力,干扰对生态系统的影响表现在生态系统动态的各个方面。首先,某些干扰(如人口过度增长、人口流动等)对生态系统或环境不仅会形成静态压力,而且会产生动态压力。同时,干扰通过对个体的综合影响,进而引起种群的年龄结构、大小和遗传结构,以及群落的丰富度、优势度与结构的改变(彭少麟,1997);另一方面,干扰可直接破坏或毁灭环境和生态系统中的某些组分,造成系统资源短缺和某些生态学过程或生态链的断裂,最终导致整个生态系统的崩溃(张旭东,周金星,2005)。干扰的类型、强度和频度在很大程度上决定着生态系统退化的方向与程度。

自然干扰总是使生态系统返回到生态演替的早期状态。某些周期性的自然干扰在生态系统演替过程中起着正负反馈作用,使生态系统处于一种稳态平衡状态(彭少麟,1997)。但一些剧变或突变性的自然干扰(火山爆发、洪水等)往往会导致生态系统的彻底毁坏。人为干扰可直接或间接地加速、减缓和改变生态系统退化的方向与过程。在某些地区,人为干扰对生态退化起着主要作用,造成生态系统的逆向演替,以及不可逆变化和不可预料的生态后果,如土地荒漠化、生物多样性丧失和全球气候变化等。干扰的强度和频度是生态系统退化程度的决定性因素。过大的干扰强度和频度,会使生态系统退化成为不毛之地,而极度退化的生态系统的恢复是非常困难的,常常需要采取一些生态工程措施和生物措施来进行退化生态系统恢复的启动。

退化生态系统是指在自然或人为干扰下形成的偏离自然状态的系统。与自然系统相比,一般来说,退化的生态系统种类组成、群落或系统结构改变,生物多样性减少,生物生产力下降,土壤和微环境恶化,生物间相互关系改变(Chapman,1992;Daily,1995;陈灵芝等,1995)。陈灵芝等(1995)认为退化生态系统是与顶极生态系统(指在没有人干扰时主要受强化条件的制约而形成的生态系统)相对而言的。据联合国环境署的调查估计,目前全球40%以上的陆地植被生态系统处于退化状态,其服务功能受到影响,退化的植被生态系统占全球植被面积的17%(Daily,1995);全球退化的热带雨林面积有 $4.27 \times 10^8 \text{ hm}^2$,而且还在以 $0.154 \text{ hm}^2/\text{a}$ 的速度增加。张巧珍(1993)推算,除农田外,我国其他的生态系统退化面积约占国土面积的1/4;任海等(2000)系统总结有关部委和学者的数据发现,中国有20%的农田、33%的草地、25%的森林已发生退化。

1.5 土地退化

从生态学的观点看,土地退化就是植物生长条件的恶化,土地生产力的下降。从系统论的观点来看,土地退化是人为因素和自然因素共同作用、相互叠加的结果(杨朝飞,1997;Blaikie,1987)。实质上“土地退化”的基本内涵与变化过程是通过土壤退化反映的。它包括土壤的侵蚀、沙化、盐碱化、贫瘠化、酸化、沼泽化及污染等(也可概括为:土壤的物理退化、化学退化与生物退化)。近年来国际上常用“土壤退化”一词来代替土地退化(赵其国等,1991)。土壤退化的含义有以下几点:(1)由于生态环境的破坏与不合理的利用方式,土壤发生物理、化学、生物特性的退化,从而导致土壤肥力退化与生产力减退,人类活动是影响土壤退化的基本动力之一。(2)土壤退化过程实质上是一个动态平衡过程,其变化是通过时间与空间、数量与质量具体表现的。在一定的时间与空间条件下,土壤退化与恢复、重建过程是对立统一的。因此,土壤退化的含义是相对的,受一定时间与空间限制,并且处在动态平衡之中。(3)土壤肥力(土壤养分)退化与土壤养分恢复重建过程是土壤退化与土壤恢复重建过程的核心。这是因为,土壤肥力(土壤养分)是建立持久农业的根本物质基础,土壤退化过程的研究必须以土壤养分的退化与恢复重建为重点。(4)土壤退化(包括土壤养分退化)与土壤恢复重建过程是普遍存在的。只是这一过程在一定时间内与一定的土壤类型相关,表现程度不同而已(孙武等,2000;卢金发,1998)。目前,国内外对土地退化类型的划分尚无统一方案,但多数研究者主要根据土地退化的成因和后果划分。1974年联合国粮食及农业组织在《土地退化》一书中将土地退化稳分为侵蚀、盐碱、有机废料、传染性生物、工业无机废料、农药、放射性、重金属、肥料和洗

洗涤剂引起的十大类。1980 年 Allen 对于土地退化的分类问题又补充了旱涝障碍、土壤养分亏缺和耕地的非农业占用。根据成因将土壤退化划分为:水土流失引起的、耕作施肥不当引起的、污染引起的 3 大类(史德明等,1990)。刘良梧等人将土壤退化划分为土壤物质位移产生的和土壤性质恶化引起的 2 大类。刘慧则根据土地退化的成因和特点,将我国土地退化分为水土流失、土地沙化、土壤盐碱化、土地贫瘠化、土地污染和土地损毁等 6 大类。

据联合国环境署估计,全球有 100 多个国家 36 亿 km^2 的土地受到荒漠化或土地退化的影响,造成的直接经济损失达 423 亿美元,间接经济损失是直接经济损失的 2~3 倍,甚至 10 倍。全球拟用于强度退化土地治理的直接投资年均 152~380 亿美元,间接投入费比这个数字要高好几倍(UNEP,1992)。土地退化的最终结果除了造成贫困外,还可能对地区性和全球性的生态安全构成威胁。

土地退化的自然因素,在中国北方地区主要表现为地表为疏松的沙质沉积物;干旱季节与多风季节在时间上的同步性。在南方则表现为降雨多而集中;风化壳较厚,地表组成物质松散。人类对土地退化的影响是复杂的。从北方土地沙漠化形成看,过牧导致的土壤化占 30.1%,过度农垦占 26.9%,过度樵采占 33.7%,水资源利用不当占 9.6%,工矿交通建设破坏植被占 0.7%。据若干南方土地退化例子分析,因滥伐导致的土地退化占 37%,陡散开垦占 35%,不适当的植树造林占 18%,工矿交通建设占 10%(朱震达等,1996)。值得注意的是工矿建设导致的土地退化虽然所占比例较小,但其发展速度快,影响大,危害严重。晋陕蒙接壤地区是我国最大的能源基地,随若能源开发,水蚀、风蚀、污染等环境问题日益严重。据调查,该地区未退化的土地仅占总面积的 0.52%。退化土地中轻度退化土地占 3.28%,中度占 45.88%,重度占 50.38%。

人类活动导致的土地退化过程可以分为两类:一类系指土壤物质的迁移,特别是水和风的作用导致表土丧失、地表粗化和不利于人类经济活动的劣地发育等;另一类是通过土壤内部化学性质的变化和营养物质丧失所导致的土壤肥力下降或丧失。

风蚀:在中国北方干旱、半干旱及其毗邻的具干旱影响的半湿润地区,风蚀是一个严重的问题。在人类活动干预下,风蚀已导致 37.1 万 km^2 的土地成为沙漠化土地,约占农用地面积的 3.9%,其中 12.7 万 km^2 即 34.2% 的沙漠化土地分布在内蒙古及长城沿线半干旱草原农牧交错区。中国沙漠化土地以轻度和中度居多,分别占沙漠化土地面积的 47.2% 和 24.3%,严重和损严重沙漠化土地分别占 18.3% 和 10.2%。

水蚀:中国水蚀面积已从上世纪 50 年代的 153 万 km^2 发展至 90 年代的 179.6 万 km^2 ,主要分布在黄土高原、南方丘陵山区和北方土石山区。其中耕地水土流失面积 45.4 万 km^2 ,占总水蚀面积的 25.4%。因水蚀全国每年丧失表土 50 亿 t,其中耕地表土流失量约 33 亿 t,占流失总量的 66%。在中国 179.6 万 km^2 的水蚀土地中,轻度和中度水蚀居多,分别占 51.1% 和 27.8%。因水蚀导致的土地生物或经济产量明显下降或丧失的土地约 37.8 万 km^2 ,占水蚀面积的 21.1%,强度侵蚀以上的水蚀造成了明显的土地退化。

盐渍化:中国有 81.8 万 km^2 的盐渍化土地,其中现代形成的盐渍化土地面积为 36.9 万 km^2 ,原生盐渍化土地 44.9 万 km^2 ,还有易于发生盐渍化的土地 17.33 万 km^2 。盐渍化土地主要呈斑点状分布于中国北方内陆河流域以及沿海地带。次生盐渍化通常发生于农

业灌溉地区,特别是西北干旱区绿洲灌区和北方半湿润的平原灌区,总计6.3万 km²。

1.6 脆弱森林生态系统

脆弱森林生态系统(fragility forest ecosystem)是在一定的时空背景下,自然因素、人为因素或二者的共同作用引起森林各组成要素和系统发生不利于植物、动物、微生物和人类生存的量变和质变,导致森林生态系统的结构和功能发生与其原有的平衡状态或演替方向相反的位移,使系统的基本结构被破坏,固有功能降低或丧失,生物多样性下降,稳定性和抗逆性减弱,生产力降低。

目前我国仅西藏东南部、东北及天山山脉等地还保存有少数前原始森林,面积为8 726万 hm²,仅占国土面积的9%。1995年底,我国自然保护区中以保护森林生态系统为主的面积为1458.84万 hm²,仅占天然林面积的16.7%。大部分森林还处于粗放经营中,乱砍滥伐的现象还十分严重,现有森林尤其是天然林进一步遭到破坏。在1950~1978年的28年间,岷江上游森林覆盖率下降了10%~20%,80年代仍实行过量采伐,目前可采伐森林面积由47万 hm²减少至11万 hm²,脆弱森林生态系统质积达40%左右。1976~1988年,雅砻江流域所在的四川甘孜州森林资源的消耗量超出生长量的1倍。在1988~1993年,金沙江、雅砻江和岷江流域活立木蓄积每年减少94.43万 m³,年递减率0.53%。在金沙江及雅砻江流域,林分面积年减少率为0.32%。川西亚高山林区更为严重,50年代初,其森林覆盖率达30%以上,到90年代初期则下降到20%以下。

森林生态系统的结构前单,残次林多。我国目前疏林和灌木林的面积分别是1 802万 hm²和2 970万 hm²,两者共占森林总面积的35.7%。森林生态系统年龄结构不合理,现有森林中的中、幼龄林面积占森林总面积的71%,这说明我国大部分森林生态系统处于脆弱或成熟阶段,其稳定性很差,抗干扰能力低下,一旦受到外来因素的干扰则很容易遭到进一步的破坏甚至消失。青海沿长江流域原有森林破坏后,形成大面积的高山密灌、圆柏疏林和稀疏灌丛,灌木林面积为乔林面积的19倍,森林生态系统处于极度脆弱状态之中。西双版纳及海南的一部分原始热带雨林遭到破坏后,被热带疏林和热带灌丛所取代,还有一部分被人工林代替。森林生态系统破碎化程度高。由于人口多、活动强度大,我国现有的森林大都呈片状或孤岛状分布。而森林生态系统功能的维持一般部要达到其一定的最小面积,森林的破碎化则使森林生态系统的固积缩小,从而增加了它们的脆弱性。此外,我国还有大面积的人工林,在很大程度上对我国的生态环境尤其是一些脆弱地带起到缓解和改替作用。保是人工林尤其是人工纯林,由于种类组成单一、结构简单、易受干扰、自我调节能力差等缺陷,其功能在很多方面还不够完特。研究表明,人工林的土壤饱和持水量、土壤肥力部比天然林低,而土壤侵蚀量则大于天然林。

干扰同样会造成脆弱的森林生态系统。如森林病虫害的发生,1985年云南松纵嗜切梢小蠹在昆明地区突然暴发,到1991年止有1.33万 hm²的云南松林遭到破坏。广来地区的马尾松林,20世纪80年代东90年代初遭受松变圆蚱的袭击,出现大固积连片死亡。我国南方马尾松林很多是结构前单的纯林,松毛虫危害十分严重。全国受害面积达130~200万 hm²,浙江省每年发生固积4~7万 hm²,湖南省每年发生面积10.7~50.7万 hm²。

脆弱的森林生态系统不仅系统功能衰退,而且也是导致生态环境质量变差的根源,致使气候恶化、生物多样性丧失、资源枯竭、工农业生产条件恶化和各种自然灾害的频繁