

文章编号: 1000-5692(2005)04-464-05

退化生态系统恢复与重建的研究进展

白降丽¹, 彭道黎¹, 庾晓红²

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2 四川农业大学 林学院园艺学院, 四川 雅安 625014)

摘要: 如何保护好现有的健康生态系统, 并恢复和重建退化的生态系统, 已成为生态系统研究的热点问题之一。在介绍退化生态系统及其恢复与重建等概念的基础上, 讨论了退化生态系统恢复与重建的目标、基本原则、方法以及程序, 并进一步阐述了退化森林生态系统、退化草地生态系统、退化湿地生态系统、废矿地、退化海岛生态系统、退化水生生态系统等恢复与重建的研究进展。指出了退化生态系统恢复与重建的研究趋势, 主要包括生态系统退化的预测预报机制的研究, 退化生态系统恢复过程和机理的研究, 退化生态系统恢复与重建的关键技术体系研究, 退化生态系统恢复与重建的评价标准、评价方法、评价技术和评价指标体系研究以及退化生态系统恢复与区域经济可持续发展关系研究。参 47

关键词: 恢复生态学; 退化生态系统; 恢复与重建; 研究进展

中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A

人类在改造利用自然的过程中, 伴随着对自然环境产生的负面影响。长期的工业污染, 大规模的森林砍伐以及将大范围的自然生境逐渐转变成农业和工业景观, 形成了以生物多样性低、功能下降为特征的各式各样的退化生态系统(degraded ecosystem)。这些变化都严重威胁到人类社会的可持续发展。因此, 如何保护现有的自然生态系统, 综合整治与恢复已退化的生态系统, 以及重建可持续的人工生态系统, 已成为摆在人类面前亟待解决的重要课题。

1 几个相关概念

1.1 退化生态系统

陈灵芝等^[1]认为退化生态系统是指生态系统在自然或人为干扰下形成的偏离自然状态的系统。章家恩等^[2]认为退化生态系统是一类病态的生态系统, 是指生态系统在一定的时空背景下, 在自然因素和人为因素, 或者在二者的共同干扰下, 生态要素和生态系统整体发生的不利于生物和人类生存的量变和质变, 其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), 具体表现为生态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, 系统生产力下降。这类系统也被称之为“受害或受损生态系统(damaged ecosystem)”。

不同的学者对退化生态系统类型的划分是不同的。余作岳等^[3]将退化生态系统分为裸地、森林采伐迹地、弃耕地、沙漠化地、采矿废弃地和垃圾堆放场等类型。章家恩等^[2]认为退化生态系统应分为

收稿日期: 2004-09-09; 修回日期: 2005-03-28

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2001BA510B)

作者简介: 白降丽, 博士研究生, 从事森林生态学研究。E-mail: bjhwtx@sina.com

退化陆地生态系统、退化水生生态系统和退化大气生态系统。刘国华等^[4]认为生态系统退化的主要类型有森林生态系统的退化、水土流失和土地沙漠化等。

退化生态系统的形成可能是自然的,也可能是人为的。其直接的原因是人类活动,部分来自自然灾害,有时是两者叠加发生作用。退化的过程由干扰的强度、持续的时间和规模决定^[5~7]。

1.2 恢复与重建

国外学者对生态恢复的解释主要有 3 种观点。一是强调受损的生态系统要恢复到理想的状态,美国自然资源委员会的观点具有代表性,他们认为使一个生态系统恢复到较接近其受干扰前的状态即为生态恢复。二是强调其应用生态学过程,如 Bradshaw 认为生态恢复是有关理论的一种“酸性试验(acid test 或译为严密验证)”,它研究生态系统自身的性质、受损机理及修复过程^[9]。三是生态整合性恢复。国际恢复生态学会(Society for Ecological Restoration)提出,生态恢复是帮助研究生态整合性的恢复和管理过程的科学,生态整合性包括生物多样性以及生态过程、结构、区域及其历史情况,可持续的社会实践等广泛的范围^[10,11]。

国内学者也有不同的观点。章家恩等^[2]认为所谓生态恢复与重建是指根据生态学原理,通过一定的生物、生态以及工程的技术与方法,人为地改变和切断生态系统退化的主导因子或过程,调整、配置和优化系统内部及其与外界的物质、能量和信息的流动过程及其时空秩序,使生态系统的结构、功能和生态学潜力尽快地成功地恢复到一定的或原有的乃至更高的水平。许木启等^[12]则认为恢复被损害生态系统到接近于干扰前的自然状况的管理与操作过程,即重建该系统干扰前的结构与功能及有关的物理、化学和生物学特征。

1.3 干扰

对于干扰,不同的学者有不同的定义。傅伯杰等^[13]提出干扰是自然界中无时无处不在的一种现象,占在不同时空尺度上偶然发生的不可预知的事件,直接影响着生态系统的结构和功能演替。周道玮等^[14,15]认为干扰是群落外部不连续存在,间断发生因子的突然作用或连续存在因子的超“正常”范围波动;这种作用或波动能引起有机体或种群或群落发生全部或部分明显变化,使生态系统的结构和功能发生位移。常见的干扰类型包括火干扰、放牧、土壤物理干扰、土壤化学干扰、践踏、外来种入侵、洪水泛滥、森林采伐、矿山开发、道路建设和旅游等。干扰主要具有以下一些性质:多重性、生态影响的相对性、明显的尺度性、对生态演替过程的再调节、自然生态系统中不协调的现象和时空尺度的广泛性^[13]。

2 退化生态系统恢复与重建的目标、基本原则、方法及程序

2.1 退化生态系统恢复与重建的目标

退化生态系统恢复与重建的基本目标或要求主要包括:①实现生态系统的地表基底稳定性,因为地表基底(地质地貌)是生态系统发育与存在的载体,基底不稳定(如滑坡),就不可能保证生态系统的持续演替与发展;②恢复植被和土壤,保证一定的植被覆盖率和土壤肥力;③增加种类组成和生物多样性;④实现生物群落的恢复,提高生态系统的生产力和自我维持能力;⑤减少或控制环境污染;⑥增加视觉和美学享受^[2,3]。

2.2 退化生态系统恢复与重建的基本原则

退化生态系统的恢复与重建要求在遵循自然规律的基础上,通过人类的作用,根据技术上适当,经济上可行,社会能够接受的原则,使受害或退化生态系统重新获得健康并有益于人类生存与生活的生态系统重构或再生过程。生态恢复与重建的原则一般包括自然法则、社会经济技术原则和美学原则等 3 个方面,一共 28 条基本定律、原理和原则^[5]。

2.3 退化生态系统恢复与重建的方法

不同类型不同程度的退化生态系统,其恢复方法亦不同。从生态系统的组成成分角度看,主要包括生物和非生物系统的恢复。生物系统的恢复技术包括植被、消费者和分解者的重建技术和生态规划技术的应用。非生物系统的恢复技术包括水体恢复技术、土壤恢复技术和空气恢复技术^[2,19]。在生态

恢复实践中,同一项目可能会应用上述多种技术^[3]。

2.4 退化生态系统恢复与重建的程序

退化生态系统的恢复与重建一般分为以下几个步骤:①首先要明确被恢复对象,并确定系统边界;②退化生态系统的诊断分析,包括生态系统的物质与能量流动与转化分析,退化主导因子、退化过程、退化类型、退化阶段与强度的诊断与辨识;③生态退化的综合评判,确定恢复目标;④退化生态系统恢复与重建的自然、经济、社会、技术可行性分析;⑤恢复与重建的生态规划与风险评价,建立优化模型,提出决策与具体的实施方案;⑥进行实地恢复与重建的优化模式试验与模拟研究,通过长期定位观测试验,获取在理论和实践中具可操作性的恢复重建模式;⑦对一些成功的恢复与重建模式进行示范与推广,同时要加强后续的动态监测与评价^[2,3,17]。

3 中国几类退化生态系统恢复与重建的研究进展

3.1 退化森林生态系统的恢复与重建

有关退化森林生态系统的研究,在我国起步较早。从1959年开始,中国科学院华南植物研究所组织多学科多专业的科研人员在广东沿海侵蚀地上开展了热带、亚热带退化生态系统恢复与重建的长期定位研究,取得了巨大的成绩^[3]。同时,何正盛^[18]对在恢复与重建退化森林生态系统过程中应遵循的8条基本生态学和生态经济学原理进行了论述,并举例说明了它们在实际中的应用。

此外,不同的学者对次生林地退化喀斯特地区、亚高山地稀疏天然林地、黄土高原丘陵沟壑区以及风灾火迹地等地植被恢复与重建也进行了相应的研究^[19~23]。

3.2 退化湿地生态系统的恢复与重建

退化湿地恢复技术包括湿地生态恢复技术、生物恢复技术、生态系统结构和功能恢复技术。湿地生态恢复技术包括:基地改造、湿地水土流失控制、淤积等基地恢复技术;筑坝,修建引水渠,污水处理,控制水体富营养化等水状况恢复技术;土壤污染控制、土壤肥力提高等湿地土壤恢复技术。湿地生物恢复技术包括:物种筛选、物种引入保护、种群调控、群落优化配置与组建等技术。湿地生态系统结构与功能恢复技术主要包括生态系统总体改良技术和生态系统构建与集成技术等^[26~28]。

3.3 退化草地生态系统的恢复与重建

草地遭受雪灾、火灾、沙尘暴、荒漠化和鼠害等自然灾害以及过度放牧等人为因素,极易造成草原生态系统的退化。对退化草地生态系统的恢复与重建,根据不同的区域、退化程度及原因的不同,应采取不同的措施。一般地,退化草地的恢复措施是:建立人工草地,减轻天然草地压力;利用多年生人工草地进行幼畜放牧育肥(实行季节畜牧业,在青草期利用牧草,冬季前出售家畜);建立半人工草地,恢复天然草地植被;严重退化的草地实施“围封转移”^[29~31]。

3.4 废矿地的恢复与重建

目前许多国家的矿区都开展了一些废弃地的恢复研究与实践,但由于废弃地的环境条件恶劣,其植被恢复还面临着许多问题。从生态角度看,废弃矿地需经过改良后才能恢复植被^[5]。

废矿地生态恢复与重建的关键是在正确评价废弃地类型、特征的基础上进行植被的恢复与重建,进而使生态系统实现自行恢复并达到良性循环^[32,33]。夏汉平等^[34]总结了在过去20a全球发展起来的各种生态恢复技术措施,包括基质的改良和优良物种的选择等,并总结出一套人工恢复的一般步骤。李永康等^[35]在总结国内外研究概况的基础上,提出了今后需要加强的几个问题。

3.5 退化海岛生态系统的恢复与重建

海岛是地球进化史中不同阶段的产物,可反映重要的地理学过程、生态系统过程、生物进化过程以及人与自然相互作用过程。海岛在干扰下极易退化且不易恢复。这些干扰包括毁林、引种不当和自然灾害3类。海岛生态恢复的限制性因子是缺乏淡水、土壤和生物资源以及严重的风害或暴雨。不同大小的海岛和海岛不同部分的恢复策略不同。海岛恢复的长期利益包括重建海岛的生物群落,再现海岛生态系统的营养循环,恢复海岛的进化过程。海岛恢复的过程比较复杂,最关键的是要选择好生的关键物种^[36,37]。

3.6 退化水生生态系统的恢复与重建

水生生态系统的恢复是指重建水生生态系统干扰前的功能及相应的物理、化学和生物特征, 即在退化的水生生态系统恢复过程中常常要求重建干扰前的物理条件, 调整水和土壤中的化学条件, 再植水体中的植物、动物和微生物群落^[5]。任海等^[38]对内陆水体生态系统的退化原因以及恢复方法进行了研究。许木启等^[12]重点分析和讨论了我国内陆水体环境质量现状及其主要影响因素。在此基础上, 根据我国的具体国情和内陆水体的环境特点, 提出了开展受损害水域生态系统恢复与重建工作的基本指导思想和原则、研究内容与方法、技术策略与途径等措施和建议。

此外, 许多学者在红树林的生态恢复^[39,40]、退耕地及退化荒山的恢复^[41,43]、退化山地生态系统恢复^[44,45]和干热河谷及干旱河谷退化生态系统的恢复^[46,47]等方面也进行了研究。

4 展望

随着社会经济的发展, 遭到破坏的生态系统越来越多, 退化的程度日益严重。目前, 许多国家对退化生态系统的恢复与重建已经开展了大量的研究, 获得了许多研究成果, 但还没有形成系统的理论体系和技术体系。因此, 退化生态系统的恢复与重建的研究仍需要进一步深入, 如生态系统退化过程、驱动机制、动态监测、预警及预测研究, 退化生态系统恢复与重建的过程及其机理研究, 退化生态系统恢复与重建的关键技术体系研究, 典型退化生态系统恢复与重建的优化模式及调控技术研究, 退化生态系统恢复与重建的评价标准、评价方法、评价技术和评价指标体系研究, 退化生态系统恢复与区域可持续发展关系研究等等。同时, 还应该在加强学术交流, 在借鉴国外经验的同时, 把我国的研究成果向国外介绍, 促进我国退化生态系统的恢复与重建工作更好地发展。

参考文献:

- [1] 陈灵芝, 陈伟烈. 中国退化生态系统研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
- [2] 章家恩, 徐琪. 恢复生态学的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 109-113.
- [3] 余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1996.
- [4] 刘国华, 傅伯杰, 陈利顶, 等. 中国生态退化的主要类型、特征和分布[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 13-19.
- [5] 任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 彭少麟. 恢复生态学与热带雨林的恢复[J]. 世界科技研究与发展, 1997, 19(3): 58-61.
- [7] Brown S, Lugo A E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development[J]. *Restor Ecol*, 1994, 2(2): 97-111.
- [8] Cairns J J. Restoration Ecology[J]. *Environ Biol*, 1995 (3): 223-235.
- [9] Bradshaw A D. Restoration: an acid test for ecology[A]. Jodon W R, Gilpin N, Abele J, et al. *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research* [C]. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [10] Jackson L L, Lopoukine D, Hilyard D. Ecological restoration: a definition and comments[J]. *Restor Ecol*, 1995, 3(2): 71-75.
- [11] 彭少麟, 陆宏芳. 恢复生态学焦点问题[J]. 生态学报, 2003, 23(7): 249-257.
- [12] 许木启, 黄正瑶. 受损水域生态系统恢复与重建研究[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 547-558.
- [13] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 581-586.
- [14] 周道玮, 钟秀丽. 干扰生态理论的基本概念和扰动生态学理论框架[J]. 东北师范大学学报: 自然科学版, 1996, 28(1): 90-96.
- [15] 马世骏. 现代生态学透视[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [16] Parham W. *Improving Degraded Lands: Promising Experience From South China* [M]. Honolulu: Bishop Museum Press, 1993.
- [17] Kauffman R. Ecological approaches to riparian restoration in northeast Oregon[J]. *Restor Manag Notes*, 1995, 13: 12-15.
- [18] 何正盛. 退化森林生态系统恢复与重建的基本理论及其应用[J]. 重庆教育学院学报, 2003, 16(3): 59-62.
- [19] 李翠环, 余树全, 周国模. 亚热带常绿阔叶林植被恢复研究进展[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(3): 325-329.
- [20] 喻理飞, 朱守谦. 退化喀斯特森林恢复评价和修复技术[J]. 贵州科学, 2002, 20(1): 7-13.
- [21] 万福绪, 张金池. 黔中喀斯特山区的生态环境特点及植被恢复技术[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, 27(1): 45-49.
- [22] 王国梁, 刘国彬, 侯喜禄. 黄土高原丘陵沟壑区植被恢复重建后的物种多样性研究[J]. 山地学报, 2002, 20(2): 182-187.
- [23] 石胜友, 杨冬季, 王周平, 等. 缙云山风灾迹地人工混交林生态恢复过程中物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2002, 10(3):

- [24] 林元泰. 武夷山栲树林恢复生态学研究[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20(3): 252-256.
- [25] 陈世品. 福建青冈林恢复过程中植物物种多样性的变化[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(3): 258-262.
- [26] 张永泽. 自然湿地生态恢复研究综述[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 309-314.
- [27] 王克林. 洞庭湖湿地景观结构与生态工程模式[J]. 生态学杂志, 1998, 17(6): 28-32.
- [28] 杨亚妮. 湿地生态系统研究及防治退化对策[J]. 自然杂志, 2000, 24(2): 94-96.
- [29] 周禾. 中国草地自然灾害及其防治对策[J]. 中国草地, 1999, (2): 1-3.
- [30] 张骑. 甘孜州退化草地生态系统综合治理对策研究[J]. 四川草原, 2003, (1): 32-34.
- [31] 马玉寿. 江河源区高寒草甸退化草地恢复与重建技术研究[J]. 草业科学, 2002, 19(9): 1-5.
- [32] 李玉臣. 舒洪岚. 矿区废弃地的生态恢复研究[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 339-343.
- [33] 朱利东. 林丽. 付修根. 矿区生态重建[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(3): 310-314.
- [34] 夏汉平. 蔡锡安. 采矿地的生态恢复技术[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1471-1477.
- [35] 李永庚. 蒋高明. 矿山废弃地生态重建研究进展[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 95-100.
- [36] 任海. 李萍. 周厚诚. 海岛退化生态系统的恢复[J]. 生态科学, 2001, 21(1): 60-64.
- [37] 周厚诚. 任海. 彭少麟. 广东南澳岛的植被恢复[J]. 植物生态学报, 2001, 25(2): 128-136.
- [38] 任海. 张倩娟. 彭少麟. 内陆水体退化生态系统的恢复[J]. 热带地理, 2003, 23(1): 22-29.
- [39] 范航涛. 何斌源. 北仑河口的红树林及其生态恢复原则[J]. 广西科学, 2001, 8(3): 210-214.
- [40] 郑德璋. 李玫. 郑松发. 等. 中国红树林恢复和发展研究进展[J]. 广东林业科技, 2003, 19(1): 10-15.
- [41] 郭晓敏. 牛德奎. 刘苑秋. 等. 江西省不同类型退化荒山生态系统植被恢复与重建措施[J]. 生态学报, 2002, 22(6): 878-884.
- [42] 侯扶江. 肖金玉. 黄土高原退耕地的生态恢复[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 923-929.
- [43] 刘建军. 崔安宏. 王得祥. 等. 延安市张梁试区退耕地植被自然恢复与多样性变化[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(3): 8-11.
- [44] 包维楷. 陈庆恒. 退化山地生态系统恢复和重建问题的探讨[J]. 山地学报, 1999, 17(1): 22-27.
- [45] 包维楷. 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 57-62.
- [46] 钟祥浩. 干热河谷区生态系统退化及恢复与重建途径[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(3): 376-383.
- [47] 刘兴良. 慕长龙. 向成华. 等. 四川西部干旱河谷自然特征及植被恢复与重建途径[J]. 四川林业科技, 2001, 22(2): 10-18.

Research progress of the restoration and reconstruction of degraded ecosystems

BAI Jiang-li¹, PENG Dao-li¹, YU Xiao-hong²

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. College of Forestry and Horticulture, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China)

Abstract: With social and economic development, the ecosystems are degrading more and more seriously. How to protect the existing healthy ecosystems, restore and reconstruct the degraded ecosystems has become one of the most important fields of research. On the basis of introduction on the related concepts such as degraded ecosystem, restoration and reconstruction, and interference, the aims, basic principles, methods and procedures of restoring and reconstructing degraded ecosystems were discussed. The progress of researches into the restoration and reconstruction of several degraded ecosystems in China, including degraded forest ecosystem, degraded grassland ecosystem, degraded wetland ecosystem, deserted mines, degraded island ecosystem and degraded aquatic ecosystem were expatiated. Also some research fields need to be reinforced in the future, namely, forecast of ecosystem degradation, process and mechanism of restoring degraded ecosystems, key technology for restoring and reconstructing degraded ecosystems, standards, methods, technology and index system of evaluating the restoration and reconstruction of degraded ecosystems, the relation between restoring degraded ecosystems and regional sustainable economic development, were put forward. [Ch, 47 ref.]

Key words: restoration ecology; degraded ecosystem; restoration and reconstruction; progress of research