

西南岩溶山地石漠化及生态恢复研究展望^{*}

李阳兵^{**} 王世杰 容 丽

(中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

摘 要 本文总结了 20 世纪 90 年代以来西南岩溶山地脆弱生态理论研究和生态重建实践方面的进展, 从科学研究动态和生态环境退化以及恢复研究的现实需要两方面论述了西南岩溶山地石漠化与生态恢复研究的若干核心: 植被过程研究、生态水文过程研究、景观过程研究、西南岩溶山地区域环境评估、预测与生态恢复研究。

关键词 石漠化, 恢复, 岩溶山地

中图分类号 X171.4 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2004)06-0084-05

Prospect of the study on rock desertification and its restoration in southwest Karst mountains. LI Yangbing, WANG Shijie, RONG Li (National Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute Geochemistry of Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6):84~88.

In this paper, the study on rock desertification and its restoration in southwest Karst mountain area was briefly reviewed. With reference to the trends in related scientific fields and pressing demand in restoring existing degraded lands, several key aspects, including vegetation processes, eco-hydrological processes, landscape processes and assessment of regional environmental state, prediction of rock desertification trends and exploration of restoration measures for the Karst mountain areas in southwest China were stated in order to discover mechanisms leading to rock desertification and to restore desertification lands.

Key words rock desertification, restoration, Karst mountain.

1 引 言

青藏高原隆升在其东北翼诱发的沙漠化和黄土区水土流失问题已引起广泛的关注, 取得了大量的研究成果, 形成了一些有效的治理方案。而在其东南翼西南喀斯特区所诱发的地质生态灾害——石漠化问题并未受到足够的重视。就其目前的扩展速度和规模, 对于人类生存环境的危害程度并不亚于前两者, 治理任务将更为艰巨。本文总结了喀斯特石漠化及其生态恢复与治理的研究与实践, 依据恢复生态学及其密切相关的生态水文学和景观生态学的研究趋势, 以及石漠化综合整治的现实问题, 讨论喀斯特石漠化的生态恢复问题。以期引起学术界更多研究者的关注和参与。

2 西南岩溶山地石漠化的现状

喀斯特石漠化(Karst Rock Desertification)是指在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下, 受人类不合理社会经济活动的干扰破坏, 造成土壤严重侵蚀, 基岩大面积出露, 土地生产力严重下降, 地表出现类似荒

漠景观的土地退化过程^[2]。喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型之一, 它以脆弱的生态地质环境为基础, 以强烈的人类活动为驱动力, 以土地生产力退化为本质, 以出现类似荒漠景观为标志。

西南岩溶山地的石漠化程度已经相当严重。贵州中度以上石漠化面积占到全省 7.66%, 标志着石漠化程度已经相当高^[33]; 广西石漠化加重的趋势仍未得到改变, 石漠化仍以每年 3%~6% 的速度在发展^[27]; 云南喀斯特主要分布在滇东区、滇西北区、澜沧江怒江中段, 石漠化面积已达 $2.149 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[31]; 湖南石漠化面积达 $1.74 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[11], 湘西北地区近 20 年石漠化面积增加了近 300 km^2 , 川渝地区石漠化面积达 $3.55 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[11]。从整个西南岩溶山地来讲, 石漠化土地主要分布在长江上游的金沙江、乌江流域和珠江上游的红水河段, 南北盘江、左江、右江流域以及国际河流红河、澜沧江、怒江流域。以贵州为例, 强度石漠化集中分布于水城-安

^{*} 国家自然科学基金资助项目(49833002)。

^{**} 通讯作者

收稿日期:2003-06-05 改回日期:2003-07-15

顺-惠水-平塘一线及其以南地区,中度石漠化和轻度石漠化亦连片分布于这一线附近及其西南地区,在毕节地区和黔中分布也较广,在黔东北和黔北则为零星分布。喀斯特石漠化是我国四大地质-生态灾难中最难整治、最难摆脱贫困的地区^[20],使土地资源耗竭,直接依赖土地产出的经济系统崩溃,喀斯特环境丧失人类生存的基本条件,陷入生境恶化→贫困的恶性循环,当地人们成为一类新的灾民——“生态灾民”。石漠化发生区已成为我国农村贫困程度最深、社会经济发展严重滞后的地区。因此,喀斯特石漠化已经成为制约中国西南地区可持续发展的最严重的生态地质环境问题。

3 西南岩溶山地石漠化及其生态恢复研究动态

3.1 土壤侵蚀研究

认识到岩溶区土壤侵蚀有其特殊性^[4,15,23]:一是绝对侵蚀量小;二是地表径流中的混浊度低;三是允许侵蚀量低。如花江峡谷的土壤流失量远小于大多数非喀斯特地区^[29],有人认为这是喀斯特地区无土可流,有人认为是喀斯特区水土流失发展到极其严重地步的必然现象。被侵蚀的土粒经短距离位移,在低洼部位堆积^[1],土粒以微距离和短距离的垂向迁移为主,这可能是岩溶区土壤丢失的重要方式;差异风化造成岩溶地区地表土壤物质强烈分配不均,是岩溶区基岩大面积裸露的重要原因^[8]。贵州土壤侵蚀以碎屑岩和玄武岩侵蚀最为强烈,水土流失主要来自于抗蚀能力差的砂页岩、玄武岩地区的坡耕地^[7]。流域的土壤侵蚀强度受其内部岩性结构的影响,碎屑岩的比重越大,土壤侵蚀模数也越大。贵州土壤侵蚀与喀斯特石漠化两者的极强度、强度区域分布明显错位,土壤侵蚀极强烈和强烈区主要分布于六盘水、毕节地区、正安和乌江下游的沿河、德江等地,石漠化极强度、强度区主要集中于六盘水、安顺市、黔西南州和黔南州的偏南地区。

3.2 喀斯特环境脆弱性研究

西南喀斯特山区是一种相对独特的地域环境单元。从生态系统角度看,喀斯特是一种具有特殊的物质、能量、结构和功能的生态系统^[25],也就是说,在一个二元结构(地面喀斯特地域景观与地下喀斯特地域景观两个景观单元、两个生态系统)组成的复杂喀斯特三维空间界面中进行物质与能量的交换和平衡^[18]。具有环境容量低、生物量小、喀斯特环境对植物有严格的选择性、生态环境系统变异敏感度

高、空间转移能力强、承灾能力弱、稳定性差等一系列脆弱性特征^[12,19],即岩溶生态系统存在先天的水资源脆弱性、土壤资源脆弱性、植被资源脆弱性。从地理环境看,岩溶山地环境脆弱性可以归结为的基底性脆弱、界面性脆弱和波动性脆弱三大特征^[9]。从社会环境角度看,西南岩溶山地地形崎岖,交通不便,地区封闭,形成一个半封闭或全封闭的社会环境,具山地文化特性和典型的贫困文化特性。劣质土地(耕地),劣质劳动再加上劣质资本品的投入导致产出水平(收入水平)极其低下^[3]。

3.3 石漠化成因、过程研究

现普遍认识到,强烈的岩溶化过程为石漠化产生的主要自然原因,人类对生态的破坏和土地的不合理利用为石漠化过程激发的主要人为因素^[39]。对石漠化的特点和成因还缺乏典型的案例研究,对石漠化发生机制的研究受限于石漠化的整体研究水平,仍停留在对石漠化的宏观调查与状态描述上。少数研究者进行过自然背景指标、人口特征类指标、人地关系类指标与石漠化的相关分析,如贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的相关分析^[10],但不足以说明石漠化的成因和过程。石漠化过程包括地学过程、生物学过程和人为过程,通过不合理的人为干扰破坏植被,生态系统质和量逆转,更加突出岩溶地质背景对生态过程的限制作用,以加速土壤侵蚀为主的地质学过程。问题是为什么会造大规模的植被破坏?诱导生态系统内因发生作用的外部原因其症结何在?有研究者认为,形成这样一些连锁因果关系的症结问题无不源于落后的生产方式基础上发育成的低质而又稳态状的社会经济结构。对沙漠化的研究表明说明沙漠化的发生并非与人口的数量成正比关系,而是与各地人口的质量、思想意识、生产方式和区域政策有密切联系^[34]。如同沙漠化的发生本质一样^[21],对我国沙漠化驱动力或成因的认识也不能一概而论,现代沙漠化的成因应具有一定的地域性^[28]。在石漠化的成因与过程研究中可以借鉴上述结论,加强岩溶生态系统的对比研究和石漠化发生地域的差异对比研究。

3.4 恢复技术研究

岩溶山地退化生态环境的综合整治技术在20世纪80年代以来得到广泛开展,包括表层岩溶水调蓄与开发技术^[14]、土壤改良与生物培肥技术^[16]、造林技术^[17,32]、栽培技术^[13]。但一些关键性的科技问题尚未解决,如岩溶石漠化地区先锋植物品种的

选育培植、退耕还林(草)的复合经营技术、坡面水综合利用技术以及岩溶山区退化生态系统恢复与重建等方面的关键技术问题。

3.5 整治模式研究

已有一些局部成功的试验示范模式,如节水农业型、林业先导型、异地移土型、上保中治下开发型、单元流域(小流域)治理型、坡面生态工程模式、环境移民型。但相对西南岩溶山区复杂多样的生态环境类型和生态与经济建设任务的艰巨性而言,试验示范的广度和深度及推广力度均不够,缺乏成熟的推广模式。总之,试验示范方面还有许多关键性的科技问题以及政府行为(如未纳入当地政府的近期和远景规划)未得到解决。进一步说,综合治理模式目标应随治理时期不同而有所发展,目前须加强石漠化综合治理模式转型研究,由水土保持提高到水土资源的合理利用,形成“寓经济发展于水土流失控制和生态环境整治之中”的合理趋势^[24],把生态环境建设与农村经济发展紧密结合起来,解决好示范与区域发展的关系。

4 西南岩溶山地石漠化生态恢复研究展望

4.1 石漠化土地生态恢复研究的现实需要

生态恢复是现代生态学的热点问题,它可被定义为研究不同方式的内源和外源作用格局下特定生态系统(如自然生态系统、人类生态系统)受损或退化的机理,探究生态系统选择性恢复或再建的规律、及其方法和技术的学科^[22]。将受损害生态系统恢复到接近于它受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^[36],其最本质的目的是恢复系统的必要功能并达到系统自维持状态。与退化生态系统恢复密切相关的研究主要包括自然生态系统的退化与干扰机制的关系;生态系统退化过程的动态监测、模拟、预警及预测;退化生态系统恢复与重建的关键技术;生态系统结构与功能的优化配置;物种和生物多样性的恢复与维持技术;退化生态系统恢复与所在景观中其它生态系统的关系。近期,有关生态系统退化的研究除继承前期的研究内容外,重点逐渐转移到区域退化生态系统的形成机理、评价指标及恢复重建的研究上。目前,已在生态系统退化的原因、程度、机理、诊断以及退化生态系统恢复重建的机理、模式和技术方面做了大量的研究。一般说来,对于一个缺损的生态系统、生物种类

及其生长介质的丧失或改变是影响生态恢复的主要障碍,这正是荒漠化防治中生态工程所要解决的关键问题。通常选择合适的植物种类改造介质,使之变得更适合植物的生长,利用物理或化学的方法直接改良介质,使之能够直接进行为达到最终目标所选择的生态恢复。选择适宜的植物种类是生态恢复的关键技术之一。

尽管目前在典型石漠化地区的治理方面取得了一些效果。除了极端条件(如有毒),自发演替是恢复的可靠方法^[37]。但也出现了一些新的问题,如有的石山封山后几年可恢复植被,而有的石漠化地区经过数十年的封育仍无法形成森林;有的石山地区引种某种经济作物第一年丰收后第二年即退化、或蔓延开来抑制其它作物生长、不仅影响林业,也影响牧业。说明并非喀斯特石漠化地区一经封山便可恢复森林,辅以一定的水资源工程是必需的。岩溶山地植被恢复面临的最大挑战是水土短缺,土层浅薄、地力衰退、水土流失、人畜饮水困难等,无不制约着生态系统的发展。确定植被恢复前景和人工植被是否稳定是个十分复杂的问题,需要相对漫长的过程。因此,应在相对较大的尺度如景观尺度、流域尺度、区域尺度研究植被格局和生态水文过程的关系。根据区域特点和生态需水量确定总的生态恢复计划,根据流域特点制定流域内的植被建设和管理计划,根据景观特点设计植被的斑块格局,充分考虑岩溶微环境差异与异质性生境的利用。

4.2 生态恢复研究的若干核心研究内容

4.2.1 植被过程研究

对退化喀斯特森林自然恢复过程和评价进行过一些研究^[6,30],存在的问题是①采用空间换时间的方法,缺乏定位研究;②植被退化恢复与石漠化的相关性研究不足;③对石漠化地区植物的抗逆机制如水分利用效率、水分利用方式和光合作用途径缺乏研究。岩溶山地植物长期处于干旱、石生、多钙、贫瘠的条件下,它们必定有一整套适应这些条件的生理生化和遗传机制,这些机制前人做的很少亦不够深入。主要包括:①什么状况下什么立地在一定生态条件下能自发演替,作为生态恢复的潜在的有用工具;②自发恢复和控制恢复的比较;③更多极端环境下的演替过程;④各种干扰方式对植被过程的影响研究和不同植被格局的生态效果研究。

4.2.2 生态水文过程研究

生态水文学包括两个方面:(1)研究各类生态系统动态演变所产生的水文

效应;(2)研究水文循环过程的改变对生态系统过程和格局的驱动,即生态过程和格局的水文学机制。因此,生态水文过程的机理是干旱区环境保护和恢复重建中必须面对的基础科学问题,对其深入研究不仅可以为天然系统的可持续维持,而且可以为退化生态的恢复重建提供科学依据。应用生态水文学的理论和方法,揭示生态格局和过程的水文学机制及相应生态过程的水文效应,对西南岩溶山地和西部地区的水资源管理和生态环境建设,不仅是必要的,也是及时的。岩溶山地的土地退化和石漠化等生态环境问题都与水文过程密切相关,同时,西南岩溶山地兼具干旱区生态系统和山地生态系统的特征,具有独特的二元水文地质结构,其生态水文学研究应主要集中在:①不同岩石类型、不同岩溶地貌单元等山区环境要素的生态过程与水文过程的相互耦合作用效应;②通过研究不同自然地带和物质组成条件下大气、土壤、植被连续系统中的水分迁移规律,确定各种特定的水分平衡对于未来植被恢复前景的制约作用及其机理,在生态环境区划的基础上考虑不同地区植被恢复的前景问题;③生态用水对生态系统稳定性的影响、生态用水满足程度及其波动性对生态系统的影响。

4.2.3 景观过程研究 景观生态学是一门研究空间格局对生态过程相互作用的新兴交叉学科,它主要研究景观的结构、功能和变化^[26]。其中,景观结构是指具体生态系统或存在元素的空间关系,即指与生态系统的大小、形状、数量、类型及空间配置相关的能量、物质和物种的分布;功能-景观单元之间的相互作用,即生态系统组分间的能量、物质和物种流;动态-斑块镶嵌结构与功能随时间的变化。景观生态学着重强调背景和相互联系,其一些基本原理已应用于流域尺度的土地管理^[38]。生态学的新进展再一次强调了空间格局与许多生态过程的相互作用^[35],尤其是景观格局与系统耦合过程的相互联系。从景观以上尺度考虑生态恢复与重建问题已逐渐引起了生态恢复学家的关注^[5],但在这方面开展的有效工作却不多,景观生态学的迅速发展与不断深入,为景观以上尺度的生态恢复提供了可能,研究景观层次上的生态恢复模式及恢复技术、选择恢复的关键位置、构筑生态安全格局已经成为关注的焦点。对岩溶山地景观生态空间格局-过程-功能-管理的研究几乎是空白,而在生态演替和干扰的共同控制下,岩溶山地景观生态过程极为活跃,景观格局的

变化也十分复杂,很难直观地把握景观要素空间分布的总体趋势和规律,因此,必须加强景观健康、景观结构、功能、景观内容、破碎化、时间变化与石漠化过程的关系和景观尺度的石漠化驱动力研究。景观格局分析不仅强调面积,而且还考虑所研究石漠化土地的空间分布特征(格局)、景观组成特点与石漠化过程的关系和对石漠化的影响。在石漠化程度判定和石漠化指标的研究中景观格局是一个不可忽视的问题。

4.2.4 区域环境评估、预测与生态恢复研究 应做好岩溶山区生态经济区划、生态功能区划和生态重建区划,并根据区划结果确定岩溶山区生态重建的优先顺序和行动计划。建立和完善岩溶山区生态重建与经济可持续发展的指标体系,充分发挥指标体系对岩溶山区生态建设与经济发展的现状描述功能、结果评价功能和预警监控功能。加强岩溶山区生态预报,包括人类经济活动影响预报、生态景观变化预报和经济社会后果预报,建立岩溶山区生态安全监控预警系统。

参考文献

- [1] 万国江,白占国.1998.论碳酸盐岩侵蚀与环境变化——以黔中地区为例[J].第四纪研究,18(3):279.
- [2] 王世杰.2002.喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J].中国岩溶,21(2):101~105.
- [3] 王海南,孙海青,冉涛.2001.区域贫困与扶贫可行性分析——中国西南山区农业发展思考[J].农业经济问题,4:29~33.
- [4] 白占国,万国江.1998.贵州碳酸盐区域的侵蚀速率及环境效应研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,4(1):1~7,46.
- [5] 关文斌,谢春华,马克明,等.2003.景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径[J].生态学报,23(1):64~73.
- [6] 朱守谦,陈正仁,魏鲁明.2003.退化喀斯特森林自然恢复的过程和格局[A].朱守谦.喀斯特森林生态研究(Ⅲ)[C].贵阳:贵州科技出版社,172~179.
- [7] 安裕伦,蔡广鹏,熊书益.1999.贵州高原水土流失及其影响因素研究[J].水土保持通报,19(3):47~52.
- [8] 孙承兴,王世杰,周德全,等.2002.碳酸盐岩差异风化成土特征及其对石漠化形成的影响[J].矿物学报,4:308~314.
- [9] 李阳兵,谢德体,魏朝富,等.2002.西南岩溶山地生态脆弱性研究[J].中国岩溶,21(1):25~29.
- [10] 李瑞玲,王世杰.2003.贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的空间相关分析[J].地理学报,58(2):314~320.
- [11] 苏维词.2002.中国西南岩溶山区石漠化的现状成因及治理的优化模式[J].水土保持学报,16(2):29~32,79.
- [12] 苏维词.2000.贵州喀斯特山区生态环境脆弱性及其生态整治[J].中国环境科学,20(6):547~551.
- [13] 陈成斌,陈家裘,梁世春,等.2000.广西喀斯特山区木豆种植适应性实验[J].亚热带植物科学,29(4):24~28.
- [14] 陈洪元,胡兴华,杨勇,等.2001.岩溶单元流域结构与水资源开发利用模式研究[J].中国岩溶,20(1):21~26,39.
- [15] 陈晓平.1997.喀斯特山区环境土壤侵蚀特性的分析研究[J].

- 土壤侵蚀与水土保持学报, 3(4):31~36.
- [16] 张之淦, 黄保建, 黄海彭. 2002. 碳循环与岩溶土壤改良[J]. 中国岩溶, 21(1):7~13.
- [17] 张美良. 1992. 南方岩溶石山区森林植被及绿化造林树种综述[J]. 广西林业科技, 21(2):74~78.
- [18] 杨明德. 1998. 论喀斯特地貌地域结构及其环境效应[A]. 贵州喀斯特环境研究[C]. 贵阳: 贵州人民出版社.
- [19] 杨明德. 1990. 论喀斯特环境的脆弱性[J]. 云南地理环境研究, 2(1):21~29.
- [20] 杨汉奎. 1995. 喀斯特荒漠化是一种地质生态灾难[J]. 海洋地质与第四纪地质, 15(3):137~147.
- [21] 胡春元, 桂呈森, 闫琳, 等. 2002. 沙漠化本质原因分析及防治策略探讨[J]. 水土保持研究, 9(3):130~132.
- [22] 胡 聃, 奚增均. 2002. 生态恢复工程系统集成原理的一些理论分析[J]. 生态学报, 22(6):866~877.
- [23] 柴宗新. 1989. 试论广西岩溶区的土壤侵蚀[J]. 山地研究, 7(4):255~259.
- [24] 徐 勇, Roy C. Sidle, 景 可. 2002. 黄土丘陵区生态环境建设与农村经济发展问题探讨[J]. 地理科学进展, 21(2):130~138.
- [25] 袁道先. 1993. 中国岩溶学[M]. 北京: 地质出版社.
- [26] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 2001. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 7.
- [27] 覃宇杨, 杨 清. 2000. 聚焦石漠化[N]. 广西日报, 7, 10.
- [28] 董玉祥. 2001. 我国半干旱地区现代沙漠化驱动因素的定量辨识[J]. 中国沙漠, 21(4):412~417.
- [29] 彭 建, 杨明德. 2001. 贵州花江喀斯特峡谷水土流失状态分析[J]. 山地学报, 19(6):511~515.
- [30] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 2000. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究[J]. 林业科学, 36(6):12~19.
- [31] 赖兴会. 2002. 云南的石漠化土地及其治理策略[J]. 林业调查规划, 27(4):49~51.
- [32] 蔡道雄, 卢立华. 2002. 浅谈石漠化治理的对策及造林技术措施[J]. 世界林业研究, 15(2):76~80.
- [33] 熊康宁, 黎 平, 周忠发, 等. 2002. 喀斯特石漠化的遥感-GIS典型研究——以贵州省为例[M]. 北京: 地质出版社.
- [34] 薛 炯, 王 涛. 2000. 从系统论的角度看沙漠化与可持续发展问题[J]. 中国沙漠, 20(4):404~408.
- [35] Ahern J. 1999. Integration of landscape ecology and landscape design: An evolutionary process[A]. In: Wiens IA, eds. Issues in Landscape Ecology[C]. Snowmass Village: International Association for Landscape Ecology, 119~123.
- [36] Cairns J Jr. 1991. The status of the theoretical and applied science of restoration ecology[J]. *The Environmental Professional*, 13:186~194.
- [37] Karel, Petr Pysek. 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe[J]. *Ecol. Eng.*, 17:55~62.
- [38] Hawkins V, Selman P. 2002. Landscape scale planning: exploring alternative land use scenarios[J]. *Landscape and Urban Planning*, 60:211~224.
- [39] Yuan Daoxian. 1997. Rock desertification in the subtropical Karst of south China[J]. *Z. Geomorph. N. F.*, 108:81~90.

作者简介 李阳兵, 男, 1968年生, 重庆潼南人, 博士后, 主要研究方向为土壤及环境地球化学。E-mail: li-yapin@sohu.com

责任编辑 魏丽萍
