

喀斯特石漠化的研究现状与存在的问题

李阳兵¹, 王世杰², 谭秋², 龙健¹

(1. 贵州师范大学地理与生物科学学院, 贵州 贵阳 550001;

2. 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, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 喀斯特石漠化是土地荒漠化的主要类型之一。喀斯特生态系统的脆弱性决定了喀斯特生态系统的易损性和退化喀斯特生态系统的难恢复性, 但它与发生石漠化并没必然的联系, 喀斯特石漠化是岩溶生态系统退化的结果, 而不是喀斯特生态系统脆弱性的必然表现。故所指的喀斯特石漠化、特指人为加速的石漠化, 属于人为荒漠化的一种类型, 但强调喀斯特石漠化的人为成因性, 并不是否定自然背景对喀斯特生态系统的制约作用。石漠化土地的分类既要能反映出石漠化发生的严重程度, 也要能体现石漠化土地的成因和岩性地貌等地质背景对生态学过程的影响, 因此, 作者提出以“土地利用类型+植被+岩性+地貌+石漠化程度”对人为加速石漠化过程中石漠化土地进行类型划分, 以正确评价石漠化土地的生态环境价值。

关键词: 喀斯特石漠化; 成因; 分类; 生态价值

中图分类号: P156.1

文献标识码: A

²亚热带湿润气候带的石灰岩等碳酸盐岩类分布区, 造壤能力低, 并在长期的岩溶作用下产生了地表及地下双层空间结构, 大气降水常通过地表岩溶裂隙、漏斗、落水洞、洼地等, 快速、直接渗入地下岩溶空间, 导致地表保蓄水的能力很差。土被分布具较大的局限性和离散性, 在石缝、溶沟、溶槽中心, 有不同厚薄的土层存在, 在凸起地形多裸岩分布, 形成亚热带湿热环境下喀斯特地区特有的土地类型。在这种背景下, 由于人为干扰造成植被持续退化乃至丧失, 导致水土资源流失, 土地生产力下降, 基岩大面积裸露于地表而呈现类似荒漠景观的土地退化过程^[1], 称喀斯特石漠化, 是土地荒漠化的主要类型之一^[2]。

目前, 国内学术界对石漠化的研究成果主要体现在喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理^[3], 石

漠化驱动因子分析^[4], 岩性与石漠化土地的空间相关性^[5], 石漠化危险度评价^[6], 石漠化的防治与恢复重建技术^[7]等。尽管对石漠化的治理已提上国家层面, 却面临着生态建设超前、基础研究落后的现实, 部分治理模式因为严重的地域局限性或经济不合理性, 无法大面积推广。因此, 能否正确认识喀斯特石漠化的科学内涵、石漠化土地的退化特征和恢复过程, 将影响到对石漠化的理解、研究、调查、统计、规划、投资、防治和监督等一系列问题。为此, 本文针对当前石漠化理论的研究现状, 对一些问题展开讨论, 以期把石漠化理论的研究推向深入。

1 喀斯特石漠化与喀斯特生态系统脆弱性的关系

喀斯特生态系统中地质、地貌、气候、水文、土壤等的组合结构形成多样性的岩溶生态系统^[8], 其本底稳定性与脆弱性各异。喀斯特生境的严酷、喀斯特生态系统的脆弱性是喀斯特地区的自然地质-生态本底, 决定了喀斯特生态系统的易损性和退

³收稿日期: 2006-01-09; 修回日期: 2006-02-27

基金项目: 黔教科办(2004)07; 贵州省基金(黔科合J字(2005)2077号); 国家自然科学基金(40361004)

第一作者简介: 李阳兵(1968—), 男, 博士后, 教授, 研究方向为土地资源与生态环境治理。E-mail: li-yapin@sohu.com

化喀斯特生态系统的难恢复性。但未受干扰的喀斯特生态系统仍然是稳定的、健康的生态系统，喀斯特生态系统的脆弱性只是说明喀斯特生态系统是一旦遭到破坏就很难恢复的环境，但它与发生石漠化并没必然的联系，在无干扰或干扰较轻时，喀斯特生态系统中生物因素与非生物因素之间能在一定水平保持相对平衡，地质过程与生态过程协调演替形成各种小生境，如明亮、阴暗、干燥、湿润、积水、肥沃、瘦瘠以及它们的多样性生境的组合。未遭受破坏的喀斯特森林具有极好的保持水土功能，森林滞留水与喀斯特水所组成的水文地质二元结构^[9]，极大地改善了地下水及地表水的循环交替条件，显示出喀斯特森林的水文效应，从而有效地防止了植被破坏喀斯特后特区旱涝交加的频繁灾害。喀斯特石漠化是喀斯特生态系统退化的结果，而不是喀斯特生态系统脆弱性的必然体现。

2 关于喀斯特石漠化的成因

对喀斯特石漠化土地成因的研究，当前的研究强调自然背景的较多^[10-12]，更多的是把石漠化当成了一种自然过程，强调脆弱的生态地质背景与土地石漠化二者间有某些必然的联系。尽管石漠化的形成有其深刻的自然背景，但事实上，西南喀斯特地区石漠化是在脆弱的生态地质背景基础上叠加了人类活动而出现的，是人为因素作用于自然的结果，其主导因素无疑是人类活动，国外喀斯特环境的变

化过程也体现了这一点^[13]。石漠化土地发生扩展的本质原因是未能在沉重的人口压力和脆弱生态环境之间找到一种恰当的土地利用方式，其实质就是过伐、过垦、过牧，岩溶生态系统退化还是恢复的决定因素是砍伐压力和土地利用方式。如果否认这一点，则当前在喀斯特石漠化地区进行的大规模生态恢复重建就显得缺乏理论依据。因此，我们所指的石漠化，特指人为加速的石漠化^[14]，属于人为荒漠化的一种类型^[15]。石漠化问题的出现与否取决于区域土地的人地矛盾是否突出、不合理的人类活动对环境影响强度的大小、作用时间的长短。在同样的人地矛盾压力下，喀斯特生态系统本身的性质及其对外来影响的缓冲能力、调节能力、恢复能力以及生态环境所处的质量状况决定了石漠化的发生发展。

3 喀斯特石漠化过程

喀斯特山地不同土地利用类型的演替（图1），是以人为因素为主，人为因素与自然因素共同作用的过程和结果。在不同土地利用类型的更替过程中，除成熟天然林外，其余的土地利用类型都可能发生不同程度的石漠化，我们在贵州省盘县石漠化野外调查中也证明了这一点。图2是盘县红果镇、保基乡和珠东乡不同等级石漠化中的土地利用类型分布，其差异体现了三个乡镇的人地矛盾导致的土地利用强度的差异。因此，我们可以把喀斯特石漠化过程

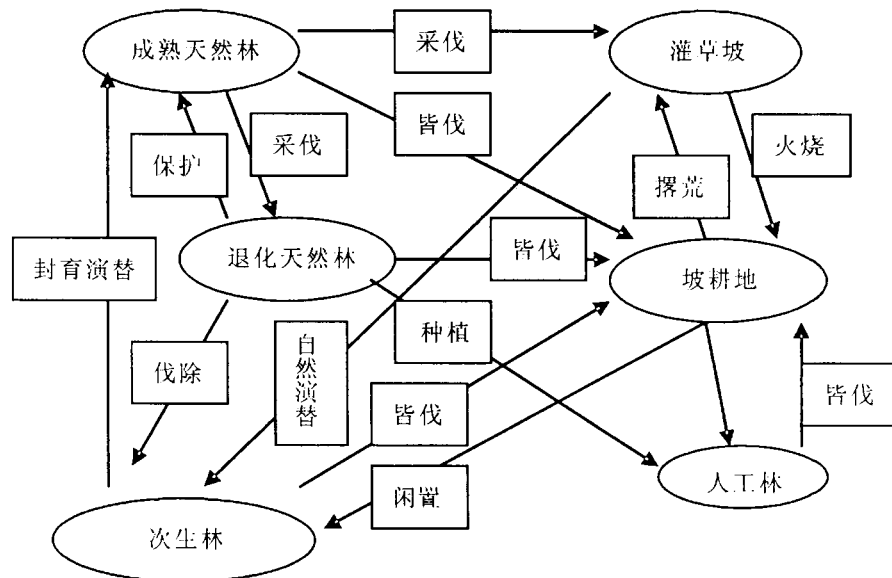


图1 喀斯特山地不同土地利用类型演替

Fig. 1. The succession of land-use types in karst mountains.

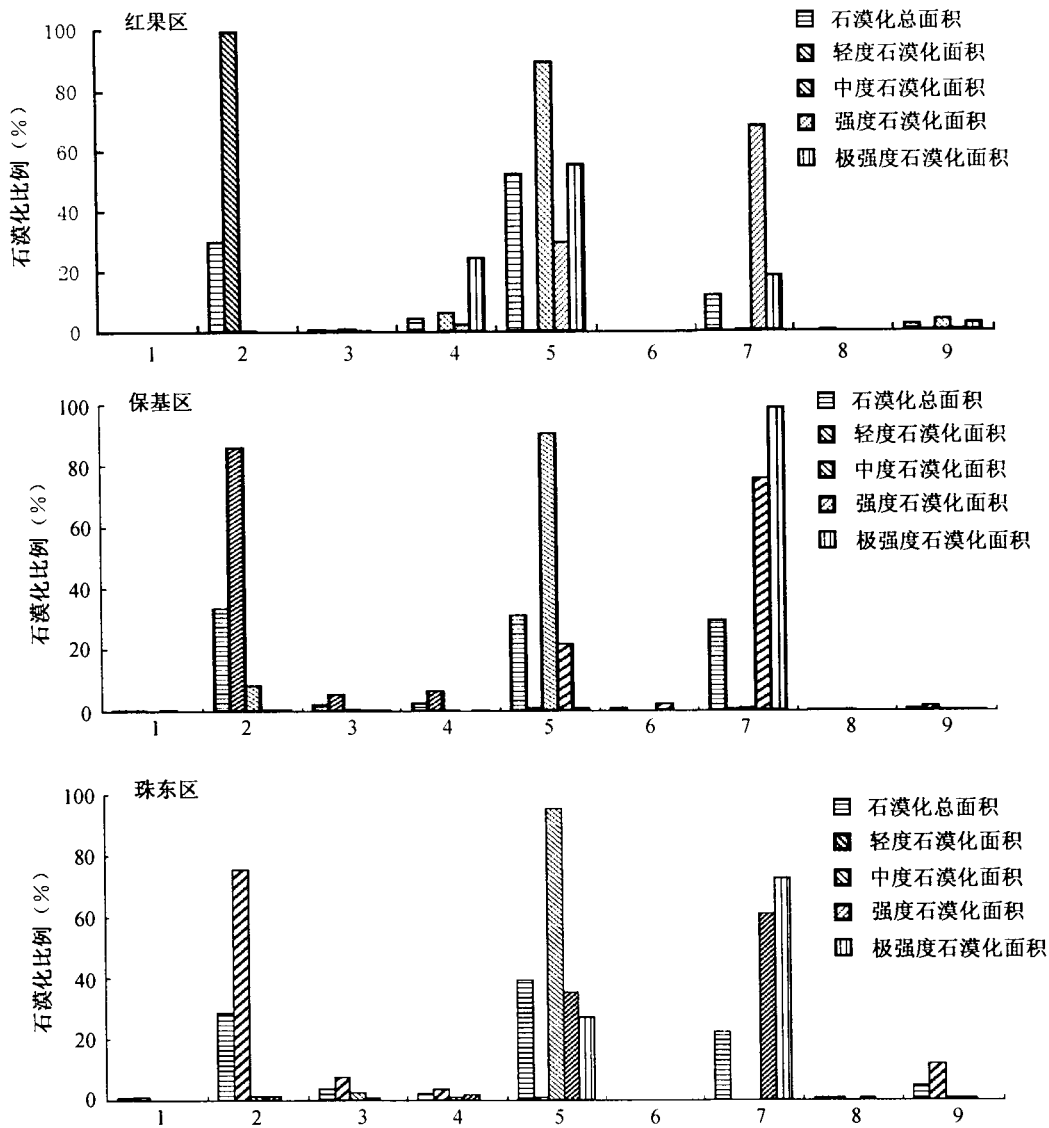


图2 不同等级石漠化中的土地利用类型分布

Fig. 2. The distribution of land-use types for different grades of karst rocky desertification.

1. 有林地; 2. 灌丛; 3. 疏林地; 4. 高覆盖度草地; 5. 中覆盖度草地; 6. 低覆盖度草地; 7. 难利用地; 8. 平缓旱地; 9. 坡耕地

分为①社会经济反馈、②动力反馈、③生物原反馈结构等多层次反馈结构。社会经济反馈发生在社会经济系统内部，这种反馈过程是贫困地区最主要最普遍的一种形式，导致人地关系进一步恶化。要改变这种过程，必须使区域社会经济得到真正发展，使喀斯特山区居民增收提高素质，促使人地关系朝良性方向发展。动力反馈主要由于人为不合理活动使得水土资源流失作用进一步加强，加速土地石漠化进程。生物原反馈主要发生在自然系统内部，实质上是植物对退化喀斯特生境胁迫的响应。目前对

石漠化过程中的动力反馈和生物反馈研究较多^[16-17]，而市场经济条件下，农民是农业土地利用的主体，直接参与农村土地资源的具体配置，但目前具体明晰的从农户行为角度解释土地利用变化与石漠化的结果仍未得出^[18]。

土地石漠化过程在区域范围为渐变过程，但在一定范围和一定阶段内，石漠化过程表现出突变特征。前文已反复论述，岩溶石漠化主要是人为加速石漠化，对于脆弱的岩溶生态系统，毁林开荒、林地砍伐等在景观尺度上造成的石漠化是一个短暂的

过程,几乎是一步到位的。因此,我们认为对石漠化进行阶段划分和强度分级是不恰当的。而当景观生态系统一旦以裸岩为基质,由于小生境条件的改变,景观生态系统的恢复是相当缓慢的。被扰动的生物自然体恢复的时间取决于干扰的强度,当一个生态系统被强度干扰接近裸地时,即使在没有人继续破坏的情况下,恢复到原状的生物过程和物理过程也非常缓慢^[19]。建议当前的研究重点应逐步从石漠化的成因机理研究转向石漠化恢复机理研究。采用“以空间代替时间”的方法,已对茂兰自然保护区退化喀斯特森林作了一些研究^[20, 21]。

4 地质背景对石漠化土地生态恢复的影响

石漠化过程是喀斯特生态环境从森林逐步退化为裸岩地的逆向演化过程,在自然的内动力机制作用下,这种退化非常缓慢,但在脆弱的环境本底上若叠加了人类破坏,这种退化就会急剧加快。强调喀斯特石漠化的人为成因性,并不是否定自然背景对喀斯特生态系统的制约作用。相反,分析石漠化土地的区域地质背景,对宏观上制定石漠化土地的生态建设格局无疑是有参考意义的。如就岩石生态和成土特点对植被恢复而言,喀斯特地貌岩组内,泥质白云岩组优于泥灰岩组、泥灰岩组优于纯灰岩组、纯灰岩组优于纯白云岩组^[22],但也有不同的看法认为不纯碳酸盐岩及白云岩分布区石漠化可恢复性优于石灰岩分布区^[23];山盆期地貌保存良好的地区,有利于森林的生长与恢复;而乌江期地貌更加发育的地区,则不利于森林的生长^[24]。因此,有必要探讨不同岩溶地貌单元、不同碳酸盐岩类型区的岩溶生态系统基本生态过程的共性和差异,探索地质环境与生态环境的内在联系和耦合关系,分析地质因素对生态环境的控制和影响程度,为岩溶受损生态环境单元的恢复重建提供依据。

5 喀斯特石漠化的度量初步研究

目前关于石漠化强度与等级的划分存在6种方案^[25-30]。但现有石漠化分类评价指标体系存在以下几方面问题:(1)尽管已认识到石漠化以强烈的人类活动为驱动力,但石漠化分类评价中并没有考虑到土地利用这一主要影响因子;(2)评价标准选取不一,评价指标的数值范围缺乏严格的科学依据,很

多的评价标准是作者的经验数据或是通过简单的野外调查而得,而不是建立在经过科学研究所获得的“基准”的基础上,因而缺乏有说服力的科学论据;(3)现有的评价指标体系缺乏空间尺度的界定和层次性,亦即评价指标大多是单一尺度的,因而不能针对不同区域、不同范围的石漠化土地给予分类与评价;(4)监测评价指标的选取大多注重地表形态特征,而忽视了石漠化的本质过程——土地退化的基本特征,即土地系统的结构和功能退化的描述,诸如生物生产力、生物多样性、土地系统生物地球化学循环变化等方面。石漠化本质是土地生产力的下降和丧失,仅以岩石裸露率作为石漠化的标志是不全面的^[31];(5)忽略了不同类型石漠化土地空间分布的生态学意义及其对区域石漠化整体程度的影响。

单纯的石漠化程度调查分类不利于石漠化的深层次防治工作,也是目前西南地区某些地方石漠化防治工作效果较差的主要原因之一。建议以“土地利用类型+植被+岩性+地貌+石漠化程度”对人为加速石漠化过程中石漠化土地进行类型划分。以土地利用类型和植被属性不同,其石漠化成因、机理和表现形式均不同为依据,按土地类型用对石漠化进行分类,反映不同的土地利用方式对石漠化土地的影响,从而揭示人为活动对石漠化的作用,因此,在石漠化土地现状调查时有必要考虑石漠化土地的成因类型。岩性地貌的不同,其土壤分布、水文过程、群落结构及其功能等生态学过程必然不同^[32],因此,在石漠化分类评价指标体系中对岩性地貌应给以区分。最后以石漠化发生的轻重程度为指标,将其划分为4级,即:轻度、中度、强度和极强度石漠化。当前的区域石漠化整体程度评价方法需要引进表征景观格局的因子,通过景观格局分析来解决各类型石漠化土地空间分布对区域石漠化整体程度的影响,表达各类型石漠化土地空间分布的生态学意义并与实际的区域石漠化整体程度相符。

6 喀斯特石漠化土地的生态环境价值

石漠化这种由不合理的人为活动引起的土地退化,对生态系统产生一些负的、不可逆的影响,从区域尺度看其危害包括以下几个方面:(1)可耕地面积减少;(2)水源涵养能力下降,地下径流变化幅度增大,表层带岩溶泉枯竭;(3)地表裸岩的增加和森林植被的减少,导致调节缓冲地表径流的能力

降低;(4)土壤肥力下降^[33];(5)小气候环境恶化,年降雨量减少;(6),植被结构简单化,生物多样性下降;(7)毁坏生态自然景观;(8)引起土地利用/土地覆被变化,进一步导致岩溶水水质变化^[34]。岩溶山区的土地退化和石漠化实际上就是岩溶生态系统服务功能的下降和丧失,即其作为养分库、水库和基因库等功能的下降和消失。

从理论上讲,当石漠化发展末期阶段时,土壤的物理化学特性也应十分恶劣,但研究结果并非如此,主要是因为喀斯特具有独特而极其复杂的小生境^[35]。即使在强度石漠化阶段,在一些封闭的或开放性不强的石缝、石坑、小石沟、石槽等负地形中仍有少量土体留存,并维持了较好的土壤结构和较高的养分水平,这也是喀斯特土壤的特殊性之一。在石漠化后期,植物只能利用水分、养分相对优越的土面生境^[36],这些质量不一的土壤斑块构成的生境缀块网络类型,代表着石漠化景观恢复的潜力和物质基础,这也说明,如何在生态系统尺度评价石漠化土地的生态价值还需要进一步的深入研究。

7 结论

当前对喀斯特石漠化的重视已提上国家层面,但研究者应客观、理性地看待“喀斯特石漠化”这一概念,加强对喀斯特生态系统基本过程的研究,才能合理地评价石漠化土地的生态环境价值。喀斯特生态系统的脆弱性与石漠化的发生并没必然的联系,石漠化土地发生扩展的本质原因是未能在沉重的人口压力和脆弱生态环境之间找到一种恰当的土地利用方式,石漠化土地是一种不健康的土地利用系统,所以对石漠化成因的研究,应主要侧重在人地关系及其相互作用等方面。石漠化土地的分类既要能反映出石漠化发生的严重程度,也要能体现石漠化土地的成因和岩性地貌等地质背景对生态学过程的影响,作者提出以“土地利用类型+植被+岩性+地貌+石漠化程度”对人为加速石漠化过程中石漠化土地进行类型划分,就是对此的探讨。

参 考 文 献

- [1] Yuan Daoxian. Rock desertification in the subtropical karst of south china[J]. Z. Geomorph. N. F., 1997, 108: 81 - 90
- [2] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2): 101 - 105
- [3] 王世杰, 李阳兵, 李瑞玲. 喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理模式[J]. 第四纪研究, 2003, 23(6): 657 - 666
- [4] 胡宝清, 廖赤眉, 严志强, 等. 基于 RS 和 GIS 的喀斯特石漠化驱动机制分析——以广西都安瑶族自治县为例[J]. 山地学报, 2004, 22(5): 583 - 590
- [5] WANG Shi-jie, LI Rui-lin, SUN Cheng-xing. How Types of carbonate assemblages constrain the distribution of karst rocky desertification in Guizhou Province, P.R. China: phenomena and mechanism[J]. Land Degradation & Development, 2004, 15: 123 - 131
- [6] 黄秋昊, 蔡运龙. 基于 RBFN 模型的贵州省石漠化危险度评价[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 771 - 778
- [7] 苏维词. 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, 2002, 16(2): 29 - 32, 79
- [8] 李阳兵, 王世杰, 李瑞玲, 等. 不同地质背景下岩溶生态系统的自然特征差异——以茂兰和花江为例[J]. 地球与环境, 2004, 32(1): 9 - 14
- [9] 周政贤. 茂兰喀斯特森林考察报告[A]. 茂兰喀斯特森林科学考察集[C]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1987: 1 - 20
- [10] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 贵州喀斯特石漠化类型及程度评价[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1 057 - 1 063
- [11] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 喀斯特石漠化的形成过程及阶段划分[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2005, 29(3): 103 - 106
- [12] 张殿发, 王世杰, 周德全, 等. 贵州喀斯特地区石漠化的内动力机制[J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 1 - 5
- [13] 李玉辉. 意大利东北部喀斯特环境变化过程的分析[J]. 生态学杂志, 2003, 22(1): 79 - 83
- [14] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 关于喀斯特石漠和石漠化概念的讨论[J]. 中国沙漠, 2004, 24(6): 689 - 695
- [15] 田亚平, 彭补拙, 谢庭生. 一种荒漠化土地分类的新尝试[J]. 第四纪研究, 2001, 21(3): 279
- [16] 蒋勇军, 袁道先, 章程, 等. 典型岩溶农业区土地利用变化对土壤性质的影响——以云南小江流域为例[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 751 - 760
- [17] 容丽, 王世杰, 刘宁, 等. 喀斯特山区先锋植物叶片解剖特征及其生态适应性评价——以贵州花江峡谷区为例[J]. 山地

学报, 2005, 23(1): 35 - 42

- [18] 支玲, 李怒云, 王娟, 等. 西部退耕还林经济补偿机制研究[J]. 林业科学, 2004, 40(2): 2 - 8
- [19] Dobson A P, Bradshaw A D, et al. Hopes for the future: Restoration Ecology and Conservation Biology[J]. Science, 1997, 277(25): 509 - 515
- [20] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究[J]. 林业科学, 2000, 36(6): 12 - 19
- [21] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中. 退化喀斯特森林自然恢复过程中群落动态研究[J]. 林业科学, 2002, 38(1): 1 - 7
- [22] 张喜. 贵州喀斯特山地坡耕地立地影响因素及分区[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, 27(6): 98 - 102
- [23] 王明章. 岩溶石漠化治理问题研究[J]. 贵州地质, 2004, 21(1): 48 - 53
- [24] 姚智, 张朴, 刘爱民. 喀斯特地貌与原始森林关系的讨论——以贵州荔波、茂兰、望漠、麻山为例[J]. 贵州地质, 2002, 19(2): 99 - 102
- [25] 兰安军, 张百平, 熊康宁, 等. 黔西南脆弱喀斯特生态环境空间格局分析[J]. 地理研究, 2003, 22(6): 733 - 741
- [26] 吕涛. 3S技术在贵州喀斯特山区土地石漠化现状调查中的应用[J]. 中国水土保持, 2002, 6: 26 - 27
- [27] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 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, 2002
- [28] 王宇, 张贵. 滇东岩溶石山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 933 - 938
- [29] 王瑞江, 姚长洪, 蒋忠诚, 等. 贵州六盘水石漠化的特点、成因与防治[J]. 中国岩溶, 2001, 20(3): 211 - 216
- [30] 童立强. 西南岩溶石山地区石漠化信息自动提取技术研究[J]. 国土资源遥感, 2003, 4: 36 - 38
- [31] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 石漠化的概念及其内涵[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2004, 28(6): 87 - 90
- [32] 陈履安, 万国江. 喀斯特景观发育的地质基础——以贵州地区为例[A]. 万国江. 碳酸盐岩与环境[M]. 北京: 地震出版社, 2000: 7 - 15
- [33] 龙健, 江新荣, 邓启琼, 等. 贵州喀斯特地区土壤石漠化的本质特征研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 419 - 427
- [34] 贾亚男, 袁道先. 土地利用变化对岩溶水水质的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 831 - 838
- [35] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 石漠化过程中土壤理化性质变化的初步研究[J]. 2003, 22(3): 204 - 207
- [36] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 贵州喀斯特区石漠化过程中植被特征的变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, 27(3): 26 - 30

RESEARCH DEVELOPMENT AND PROBLEMS OF KARST ROCKY DESERTIFICATION

LI Yang-bing¹, WANG Shi-jie², TAN Qiu¹, LONG Jian

(1. School of Geography and Biology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract

Karst rocky desertification is a major kind of land desertification. The vulnerability of karst ecosystem determines the sensitivity to damage and the difficulty to restore the karst ecosystem, but there is no intrinsic relation between karst ecosystem vulnerability and the occurrence of karst rocky desertification. Karst rocky desertification is the effect of degradation of the karst ecosystem other than the absolute behaves of vulnerable karst ecosystem. Therefore, the karst rocky desertification should be artificially accelerating rocky desertification, and a kind of man-made desertification, but it is not neglectful of the control of natural conditions over karst ecosystem. The classification of rocky desertification land should indicate the seriousness, the origin of rocky desertification and the influence of geological conditions such as rock type and topography on karst ecological processes. Hence, the authors suggest that land-use patterns, vegetation, rock, soil, topography and rock-desertification degree should be taken as indicators to divide rock desertification land resulting from artificially accelerating rock desertification so as to evaluate the eco-environment value of rocky desertification land correctly.

Key words: karst rocky desertification; origin; classification; ecological value