

# 贵州省喀斯特山区不同石漠化等级土壤粒级特征研究

彭琴<sup>1</sup>, 林昌虎<sup>1,2</sup>, 何腾兵<sup>1</sup>

(1. 贵州大学 生命科学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州科学院, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:** 对贵州喀斯特山区不同石漠化等级土壤粒级进行了研究。结果表明, 在贵州省喀斯特山区不同石漠化等级土壤垂直断面(A—B—C) < 0.001 mm 黏粒增加; 0.01~0.05 mm, 0.05~0.25 mm 细砂粒和 0.25~1 mm 粗砂粒减少。随着石漠化程度增强土壤表层(0~20 mm)黏粒含量减少, 砂粒增加。在贵州省西部地区, < 0.005 mm 的土粒随着石漠化程度的加剧含量减少。不同石漠化等级中 < 0.005 mm 土粒与有机质成极显著正相关关系, 相关系数为 0.95; 0.05~1 mm 土粒与有机质成显著负相关关系, 相关系数为 0.63。

**关键词:** 石漠化; 土壤粒级; 有机质

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2007)02-0029-04 中图分类号: S155.51, P642.25

## Soil Grain Features Under Rocky Desertification in the Guizhou Karst Mountain Area

PENG Qin<sup>1</sup>, LIN Chang-hu<sup>1,2</sup>, HE Teng-bing<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang,

Guizhou 550025, China; 2. Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China)

**Abstract:** Soil mechanical composition in the karst area of rocky desertification, Guizhou Province was studied. Results show that with rocky desertification intensified, the content of clay decreased, and the content of sand increased. In the soil profile (A—B—C), clay (smaller than 0.001 mm) gradually increased with depth, whereas sand (in the ranges of 0.01~0.05 mm, 0.05~0.25 mm and 0.25~1 mm) gradually decreased. Within the surface layer (0~20 mm), the amount of sand decreased, and the amount of clay increased. The content of clay decreased in west part of the area as well. The correlation between the content of clay and organic matter was significantly positive with the correlation coefficient being 0.95. On the contrary, the correlation between sand and organic matter was significantly negative with the correlation coefficient being 0.63.

**Keywords:** rocky desertification; soil grain size; organic matter

近年来, 由于喀斯特山区地质和自然环境本身的特殊性和不合理的人类活动影响, 贵州省喀斯特山区土壤侵蚀日趋严重, 许多陡坡地段的地表土层流失殆尽, 出现了连片的裸露石山和半裸露石山景象。由于喀斯特山区碳酸盐岩类的特殊性, 贵州省山区地面坡度大, 成土速度极低, 导致全区土层瘠薄, 土壤砂化严重<sup>[1-4]</sup>。在喀斯特石漠化山区对土壤粒级的研究及其与有机质的变化关系, 可以对石漠化等级划分, 以及石漠化演变过程中土地生产力下降的生产指标研究起到参考作用。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区域概况

贵州省地处东经 103°37'—109°23', 北纬 24°40'—29°12.5', 是我国南方喀斯特发育完善的典型区

域之一, 是喀斯特地学的天然百科全书。全省喀斯特地貌面积占总面积的 73%, 陡坡耕地多, 薄土层耕地比重大, 水土流失严重, 石漠化速率快。全省地区海拔高差大, 造成气候复杂多样, 年平均降雨量 1 100~1 400 mm, 最多值接近 1 600 mm, 最少值约为 850 mm, 年降水量的地区分布趋势是南部多于北部, 东部多于西部, 对全省绝大部分地区而言, 多数年份的雨量是充沛的。从降水的季节分布看, 一年中的大多数雨量集中在夏季, 最冷月(1月)平均气温 3℃~6℃, 最热月(7月)平均气温 22℃~26℃。

### 1.2 研究方法

1.2.1 方案设计 研究地点选取贵州省喀斯特典型石漠化地区, 分别为贵州省西部(六枝、威宁、水城), 东北部(思南), 西南部(贞丰、兴义), 中部(花溪), 其中选取南部(荔波)原始森林土壤作为对照样品区见

收稿日期: 2007-01-09

资助项目: 贵州省省长基金(黔省专合字(2005)47号和 353号)

作者简介: 彭琴(1981—), 女(汉族), 贵州遵义人, 硕士研究生, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail: pengqin1981@163.com。

通讯作者: 林昌虎(1961—), 男(汉族), 副研究员, 从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail: linchanghu@tom.com。

表 1。每个区域都选用多点混合采样,并按四分法混匀对角取样,同时尽可能地保证所采样品为相同母质条件(碳酸盐岩)、相同植被、以及相似地形条件、相同石漠化等级、不同区域土壤表层样品;还有相同母质条件、相同植被、相似地形条件、相同区域、不同石漠化等级土壤表层样品;再采取无石漠化或者未经人为破坏土壤作为对照。采集混合样深度控制在 0—20 mm 之间,每一点采取的土样厚度、深浅、宽窄大体一致;在采取茂密乔灌草作为对照时,以乔木为中心,距乔木主茎 1 m 左右采集土壤,从而保证了一种完整的乔灌草条件,以及相对一致性;混合样品共计 21 个。在土壤剖面发育完善并有一个稳定的土壤发育条件,即有利于该土壤主要特征发育的环境下采取 1~2 个剖面样品,土壤样品按照土壤剖面发生层次从下至上采集,共 15 个剖面,土壤样品 33 个。合计采样 54 个样品。

1.2.2 测定方法 样品风干处理后进行样品分析。土壤颗粒分析用(卡庆斯基制)简易比重计法;土壤有机质用重铬酸钾外加热法;pH 用 pH S-3 酸度计测定(水土比为 2.5:1)<sup>[9]</sup>。统计分析在 Excel 中完成。

表 2 碳酸盐类岩石喀斯特山区石漠化强度分级标准

石漠化等级	基岩裸露率/%	植被覆盖率/%	土被/%	坡度/(°)	土层厚度/cm	植被情况
无石漠化	< 5	> 90	> 60	< 15	> 50	乔灌草
无明显石漠化	< 40	> 60	> 60	< 15	> 20	乔灌草丛
潜在石漠化	> 40	< 60	< 60	> 15	> 20	灌草丛
轻度石漠化	> 60	< 40	< 30	> 18	> 15	荒草
中度石漠化	> 70	< 30	< 20	> 22	< 10	稀疏草地
强度石漠化	> 80	< 20	< 10	> 25	< 5	无

## 2 结果分析

### 2.1 不同石漠化等级土壤粒级特征

2.1.1 不同石漠化等级土壤粒级在垂直断面上的变异特征 从不同石漠化等级土壤剖面上颗粒组成的百分含量(表 3)可以看出,在不同石漠化等级各粒级间变化趋势各不相同,如:< 0.001 mm 黏粒,无石漠化等级从上至下先增加后减少以外,其余不同石漠化等级均逐渐增加;0.001~0.005 mm 粗黏粒,无石漠化、无明显石漠化和轻度石漠化从上至下有减少趋势,潜在石漠化和强度石漠化逐渐增加,中度石漠化先增加后减少;0.005~0.01 mm 细粉粒,无石漠化和轻度石漠化从上至下先增加后减少以外,其余各石漠化等级均减少;0.01~0.05 mm 粗粉粒无石漠化从上至下是先减少后增加,其它各石漠化等级均减少;0.05~0.25 mm 细砂粒和 0.25~1 mm 粗砂粒在无

表 1 土壤采样点分布

采样点	样本数	采样点	样本数
六枝(荒坝、刺冲)	7	荔波(原始森林)	8
威宁(高视槽)	11	花溪	3
思南(孙家坝)	3	贞丰(石林)	2
安顺(花江板贵)	4	兴义(峰丛、则戎、	11
水城(金狮子水电站	5	红春、乌沙)	
旁、玉舍杨梅交界处)			

1.2.3 贵州省喀斯特山区不同石漠化等级划分依据 在目前实际工作中往往将石漠化等级的划分依赖于喀斯特石漠化区域景观特征,如:岩石裸露率、植被覆盖率、土壤覆盖率、坡度等进行划分。然而在野外实际研究工作中发现:应用 GIS 调查显示的中度以上石漠化区域内,由于土层厚度、人为、地形地貌、水文气候等因素,小范围特征与整体特征截然不同。如在荔波茂兰基岩裸露率达 70% 以上,植被覆盖率超过 90%,土壤颜色多呈暗黑或暗棕色,并无石漠化景象。因此,根据贵州喀斯特区域的特点,初步制定了贵州喀斯特山区石漠化等级的划分标准(表 2)。

石漠化等级上从上至下是增加趋势,其余各石漠化等级均为减少趋势。

土壤粒级组成是构成土壤结构体的基本单元,并与侵蚀强度密切相关。由于该研究采样考虑在相同母质(碳酸盐岩),故各粒级组成的差异能较好地表征不同石漠化等级土壤结构。根据以上分析可以看出随着石漠化的加剧,尤其是轻度石漠化演变到中度石漠化时,土壤黏粒急剧下降,可以表征出水土流失的增强。从整个断面上看,无石漠化土壤保水、保肥和通透性较好,是土壤结构理想状况,随着石漠化加剧土壤结构逐渐恶化。

在各石漠化等级中< 0.005 mm 土粒和 0.05~1 mm 土粒增加和减少幅度如图 1—2 所示:无石漠化→无明显石漠化→潜在石漠化→轻度石漠化→中度石漠化→强度石漠化。< 0.005 mm 的土粒含量从 49.8% 减少到 28.8%,0.05~1 mm 土粒从 20.4% 增

加到 42.7%; 从 A—B—C < 0.005 mm 土粒含量的增加和砂粒 0.05 ~ 1 mm 土粒含量的减少幅度是: 强度石漠化 > 中度石漠化 > 轻度石漠化 > 潜在石漠化 > 无明显石漠化砂粒。已有研究表明, 黏粒虽有较好的可塑性、粘结性和黏着性, 但在降雨强度大, 历时长的情况下, 黏粒悬浮在水中随水流失, 所以这段粒级的土壤侵蚀在贵州省多雨地区还是较大<sup>[2]</sup>。

2.1.2 相同地域不同石漠化等级土壤粒级变异规律

贵州省西部地区是我国喀斯特石漠化现象最为严重的地域, 其石漠化等级也相对完整。所以本文选择了贵州省西部地区为研究对象, 对其相同地域不同石漠化等级状况进行了分析。贵州省西部地区不同石漠化等级表层(0—20 cm)土壤各粒级含量状况详见表 4。

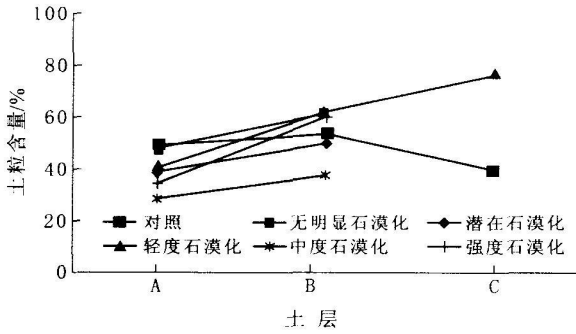


图 1 不同石漠化等级土壤垂直断面上不同深度 < 0.005 mm 土粒含量变化图

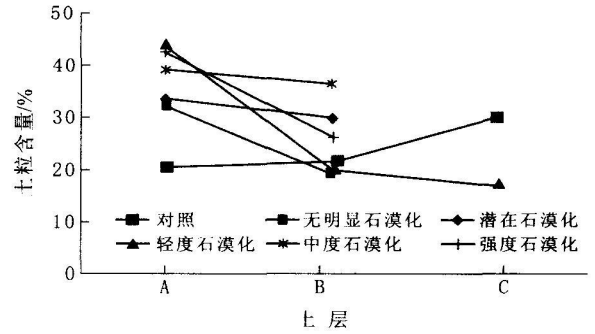


图 2 不同石漠化等级土壤垂直断面上不同深度 0.05 ~ 1 mm 土粒含量变化图

表 3 不同石漠化等级土壤剖面上颗粒组成的百分含量

石漠化等级	样本数	土层	%					
			< 0.001 mm 黏粒	0.001 ~ 0.005 mm 粗黏粒	0.005 ~ 0.01 mm 细粉粒	0.01 ~ 0.05 mm 粗粉粒	0.05 ~ 0.25 mm 细砂粒	0.25 ~ 1 mm 粗砂粒
无石漠化 (对照)	2	A	29.63	20.13	11.75	18.08	18.25	2.18
		B	35.40	17.60	11.00	14.60	19.00	2.40
		C	25.00	15.00	12.50	17.50	20.15	9.85
无明显石漠化	5	A	29.13	18.90	11.36	8.80	27.58	4.24
		B	44.49	16.84	9.80	9.80	15.44	3.64
潜在石漠化	2	A	22.48	16.40	5.60	22.00	32.50	1.02
		B	32.92	17.00	4.00	16.40	28.20	1.48
轻度石漠化	1	A	24.30	16.00	8.00	8.00	39.90	3.80
		B	52.30	10.00	12.00	6.00	17.50	2.20
中度石漠化	3	A	16.80	12.00	10.00	22.00	34.60	4.60
		B	20.80	17.00	10.00	16.00	27.15	9.05
强度石漠化	2	A	16.55	17.99	5.30	17.42	35.22	7.52
		B	40.92	19.00	4.40	9.60	22.10	3.98

注: A: 0—10 cm, B: 10—20 cm, C: 20 cm 以下。

表 4 相同地域不同石漠化等级表层(0—20 cm)土壤各粒级含量

石漠化等级	样本数	< 0.001 mm 黏粒	0.001 ~ 0.005 mm 粗黏粒	0.005 ~ 0.01 mm 细粉粒	0.01 ~ 0.05 mm 粗粉粒	0.05 ~ 0.25 mm 细砂粒	0.25 ~ 1 mm 粗砂粒
无明显石漠化	3	34.93	17.33	14.00	12.00	18.73	3.00
轻度石漠化	4	33.65	13.00	9.00	14.50	25.23	4.62
中度石漠化	6	31.71	13.44	10.84	13.93	25.70	4.37
强度石漠化	2	30.30	14.00	10.00	6.00	28.20	11.5

从表 4 中可以看出,  $< 0.001$  mm 土壤黏粒平均值无明显石漠化  $>$  轻度石漠化  $>$  中度石漠化  $>$  强度石漠化, 变化幅度最大的只有 1.94%;  $0.001 \sim 0.005$  mm 粗黏粒平均值与  $< 0.001$  mm 变化趋势一样, 变化幅度从无明显石漠化  $\rightarrow$  轻度石漠化  $\rightarrow$  中度石漠化  $\rightarrow$  强度石漠化逐渐减少。  $0.05 \sim 0.25$  mm 细砂粒平均值无明显石漠化  $<$  轻度石漠化  $<$  中度石漠化  $<$  强度石漠化, 变化幅度最大的是从无明显石漠化到轻度石漠化。  $< 0.005$  mm 土粒与  $0.05 \sim 1$  mm 土粒从严重石漠化  $\rightarrow$  无明显石漠化变化趋势如图 3 所示。以上分析说明在相同地域随着石漠化加剧, 土壤  $< 0.005$  mm 土粒含量减少,  $0.05 \sim 1$  mm 土粒增加, 但变化幅度不大。这说明随着石漠化的加强土壤侵蚀程度、水土流失加剧。

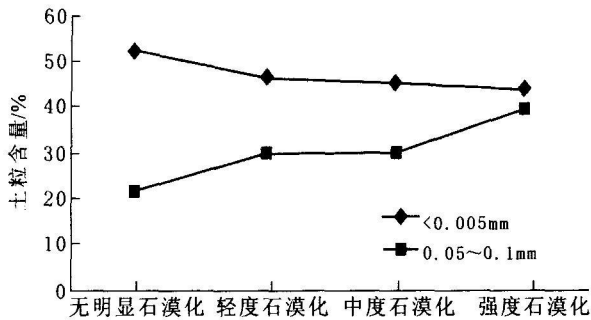


图 3 相同地域不同石漠化等级土壤黏粒和砂粒变化图

## 2.2 不同石漠化等级土壤粒级与有机质相关性

在贵州省喀斯特不同石漠化等级中  $< 0.005$  mm 土粒与有机质线性回归方程见图 4。二者之间关系可以用线性回归方程表达:

$$y = 5.2972x - 136.51, R^2 = 0.897, R = 0.95$$

式中:  $x$  ——  $< 0.005$  mm 土粒百分含量 (%);  
 $Y$  —— 有机质含量 (g/kg);  $R$  —— 相关系数。  $0.05 \sim 1$  mm 土粒与有机质的  $R^2 = 0.3987, R = 0.63$ , 成显著负相关关系。

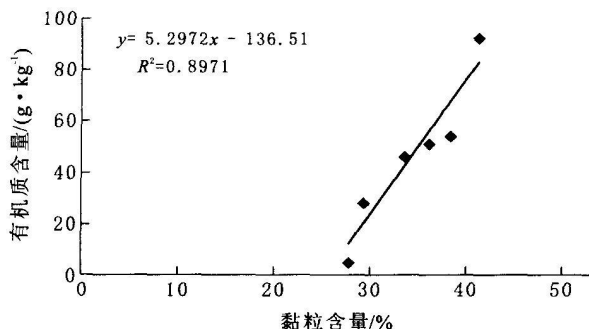


图 4 黏粒含量的变化对有机质的影响

根据方程可知, 在不同石漠化等级中  $< 0.005$  mm 土粒与有机质成正极显著相关关系。并有研究表明: 石漠化程度加剧土壤黏粒含量减少, 砂粒增加。所以从强度石漠化  $\rightarrow$  中度石漠化  $\rightarrow$  轻度石漠化  $\rightarrow$  潜在石漠化  $\rightarrow$  无明显石漠化  $\rightarrow$  无石漠化土壤有机质含量也相对逐渐减少。

土壤有机质以各种形态存在于土壤中, 如与矿质土粒机械相混, 溶解于土壤溶液中 (如单糖、某些氨基酸和低分子化合物等), 或者以生命体形式存在于土壤中, 但是大部分则是和土壤中的无机成分结合在一起成为有机-无机复合体。以上分析说明, 在石漠化形成过程中, 不但土壤结构性能降低而且土壤有机质含量也逐渐减少。导致这变化的主要因素有以下几方面: (1)  $< 0.005$  mm 土粒粒径较小易于被腐殖质包被; (2)  $< 0.005$  mm 土粒比表面积大, 土粒本身暴露出更多的正电荷位容易与带负电荷的腐殖质结合; (3)  $< 0.005$  mm 土粒通透性差, 有机质一旦与之相结合而不易被分解; (4) 石漠化形成是从一个植被生长良好的自然生态体系 (如林地和草地) 演变成农业生态体系过程, 在这一过程中对土壤有机质周转产生很大的影响, 其一是改变了进入土壤的新鲜有机质数量和质量, 二是改变了土壤有机质的分解速度。所以在喀斯特石漠化地区土壤有机质含量与  $< 0.005$  mm 土粒含量成极显著正相关关系, 与  $0.05 \sim 1$  mm 土粒成负显著相关关系。

## 3 结论

(1) 在贵州省喀斯特山区不同石漠化等级中各粒级变化不同。从总体上看, 土壤垂直断面从上至下,  $< 0.001$  mm 黏粒增加;  $0.01 \sim 0.05$  mm,  $0.05 \sim 0.25$  mm 细砂粒和  $0.25 \sim 1$  mm 粗砂粒减少, 增加和减少相持平; 无石漠化土壤 (对照样品) 在深度上各粒级含量变化不大。随石漠化程度增强土壤表层 ( $0 \sim 20$  cm)  $< 0.005$  mm 土粒含量从 49.8% 减少到 28.8%,  $0.05 \sim 1$  mm 土粒从 20.4% 增加到 42.7%。

(2) 在贵州省喀斯特西部地区不同石漠化等级土壤  $< 0.001$  mm 黏粒平均值含量强度石漠化  $<$  中度石漠化  $<$  轻度石漠化  $<$  无明显石漠化。

(3) 不同石漠化等级中  $< 0.005$  mm 的土粒与有机质成极显著正相关关系, 相关系数为 0.95;  $0.05 \sim 1$  mm 的土粒与有机质成显著负相关关系, 相关系数为 0.63。

(下转第 45 页)

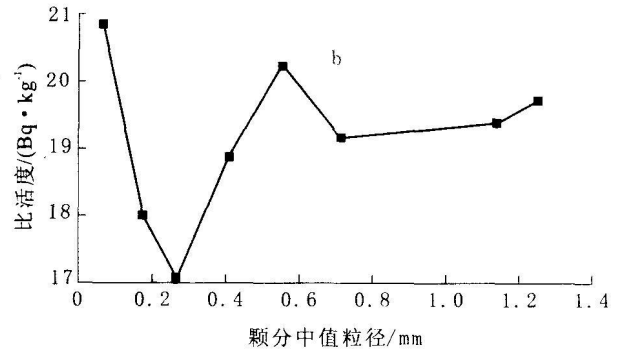
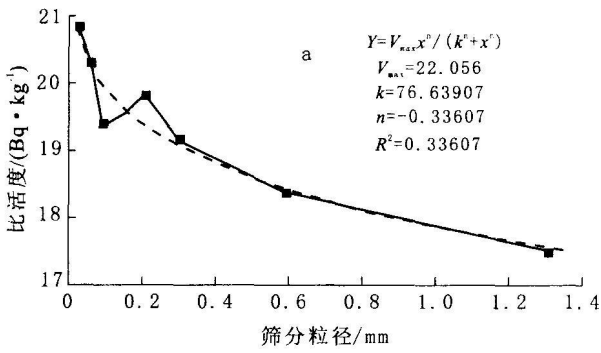


图 1 <sup>137</sup>Cs 比活度与筛分中值粒径(a)和筛分中值粒径(b)的关系

### 2.3 <sup>137</sup>Cs 比活度与有机质含量的关系

8 个样品的有机质含量变动于 52.59 ~ 231.23 g/kg 间, 粒度中等的样品有机质含量高, 粗、细粒度的样品, 有机质含量均低, No.8 细样品的含量最低(表 2)。这可能反映了中等粒度团聚体的有机质含量高于大颗粒团聚体, 和细样品的团聚体含量低的缘故。<sup>137</sup>Cs 比活度和样品的有机质含量无明显相关。

### 3 结语

紫色土地表层土壤的<sup>137</sup>Cs 比活度和样品的筛分相关较好, 而与筛分中值粒径(*d*<sub>50</sub>)无明显的相关性。<sup>137</sup>Cs 主要被吸附于土壤颗粒的表面, 土壤团聚体表面的矿物、岩石碎屑颗粒的<sup>137</sup>Cs 吸附浓度高于团聚体内部的碎屑颗粒。筛分粒度中等的样品有机质含量高, 粗和细粒度的样品有机质含量均低,<sup>137</sup>Cs 比活度和有机质含量无明显相关。

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 张信宝, 贺秀斌, 王安邦, 等. 侵蚀泥沙研究的<sup>137</sup>Cs 核示

踪技术[ A ] . 第六届全国泥沙基本理论学术讨论会论文集[ M ] , 2005. 1583—1584.

[ 2 ] 赵焯, 岳建华, 徐翠华, 等. <sup>137</sup>Cs 示踪技术在滦河源区栗钙土风蚀速率估算中的应用[ J ] . 环境科学学报, 2005, 25(4): 562—566.

[ 3 ] He Q, Walling D E. Interpreting particle size effects in the adsorption of <sup>137</sup>Cs and unsupported <sup>210</sup>Pb by mineral soils and sediments[ J ] . J Environ Radioactivity, 1996, 30(2): 117—137.

[ 4 ] 唐方华. 两种黏土材料对<sup>137</sup>Cs 吸附特性研究[ J ] . 核技术, 1997, 20(3): 179—183.

[ 5 ] 李卫军. 北京西北城区 2002 年春季大气可吸入颗粒物的粒度分布特征[ J ] . 电子显微学报, 2004, 23(5): 589—593.

[ 6 ] 严平. 土壤颗粒组成影响<sup>137</sup>Cs 含量的初步实验结果[ J ] . 中国沙漠, 2002, 22(2): 150—153.

[ 7 ] 国家标准 GB 11743—89. 土壤中放射性核素的γ 能谱分析方法[ S ] .

[ 8 ] 白立新. HPGeγ 谱仪体源的效率与源高度和密度的关系[ J ] . 四川大学学报, 2004, 41(1): 126.

(上接第 32 页)

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 林昌虎, 朱安国. 贵州喀斯特山区土壤侵蚀与防治[ J ] . 水土保持研究, 1999, 6(2): 109—114.

[ 2 ] 林昌虎. 砂页岩山地土壤粒级侵蚀规律的研究[ J ] . 水土保持学报, 1993, 7(1): 1—10.

[ 3 ] 张东青, 何腾兵, 林昌虎, 等. 贵州乌江流域喀斯特土壤物理性质的研究[ J ] . 贵州科学, 2004, 24(2): 39—43.

[ 4 ] 何腾兵. 贵州山区土壤物理性质对土壤侵蚀影响的研究[ J ] . 土壤侵蚀与水土保持学报, 1995, 1(1): 85—95.

[ 5 ] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[ M ] . 上海: 上海科学技术出版社, 1977. 500—507, 518—522.

[ 6 ] 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. 56—57.

[ 7 ] 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.

[ 8 ] 王世杰, 李阳兵. 生态建设中的喀斯特石漠化分级问题[ J ] . 中国岩溶, 2005, 24(3): 192—195.

[ 9 ] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 不同石漠化程度岩溶峰丛洼地生态系统景观格局的比较[ J ] . 地理研究, 2005, 24(3): 371—372.

[ 10 ] 梅再美, 王代懿, 熊康宁, 等. 不同强度等级石漠化土地植被恢复技术初步研究——以贵州花江试验示范区查尔岩试验小区为例[ J ] . 中国岩溶, 2004, 23(3): 253—258.