

文章编号:1001-4810(2007)04-0297-07

# 喀斯特山区碳酸盐岩土壤抗蚀影响因素研究 ——以贵州毕节石桥小流域为例

贺祥<sup>1,2</sup>, 熊康宁<sup>1</sup>, 陈洪云<sup>1</sup>, 胡顺光<sup>1</sup>

(1. 贵州师范大学中国南方喀斯特研究院 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州凯里学院 贵州 凯里 556000)

**摘要:**对石桥小流域碳酸盐岩土壤进行理化性质分析,结果表明:灌丛地、水保幼林荒地、坡耕地土壤砂粒含量依次减少,物理性粘粒含量依次增多,说明坡耕地土壤粘质化最严重;灌丛地水稳性团粒含量最多,粒级较大,土壤水稳性最好;灌丛地有机质含量较多,结构破坏率较低,坡耕地土壤分散率、侵蚀率、受蚀指数分别是灌丛地、水保幼林荒地的1.11、1.14、1.04、1.13、1.87、1.82倍,耕地土壤团聚度、团聚状况分别是灌丛地、水保幼林荒地的0.83、0.84、0.69、0.64倍,说明坡耕地分散率最大,土壤团聚状况最差,土壤抗分散能力弱;小流域内土壤的容重、毛管孔隙度较我国其它地区低,约分别为 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 和39.86%,而非毛管孔隙度则较我国其它地区的高,均值为25.88%。区内碳酸盐岩土壤孔隙的这种组合特征很容易导致上层土壤粘粒向下淋失淀积,堵塞下层土壤孔隙,造成土壤上下层间饱和和渗透率的显著差异,对于土壤抵抗流水侵蚀很不利。

**关键词:**喀斯特山区;碳酸盐岩;土壤抗蚀性;石桥小流域

**中图分类号:**S157 **文献标识码:**A

## 0 前言

贵州喀斯特发育之典型、碳酸盐岩分布之广泛、地貌类型之复杂多样,在全世界是罕见的<sup>[1]</sup>。同时,贵州喀斯特环境也是一个脆弱的生态环境,具有生态系统的变异敏感度高、环境容量低、灾变承受阈值弹性小等特征<sup>[2]</sup>。目前,贵州极为脆弱的生态环境响应主要集中表现为严重的石漠化。土壤侵蚀和石漠化具有成因上的因果关系,土壤侵蚀是石漠化最直接的影响因素,石漠化是土壤侵蚀的顶级表现形式,已到了无土可流的发展阶段<sup>[3]</sup>。目前主要针对喀斯特山区水土流失、土壤退化等生态环境问题的成因及治理进行了研究<sup>[4-6]</sup>,但对土壤侵蚀特征的研究非常少,而对碳酸盐岩土壤抗蚀性影响因子的研究就更少。本文以贵州毕节小石桥为例,通过土壤水稳性团粒含量、土壤

微团聚体、侵蚀率、受蚀指数、有机质含量、孔隙度、容重、饱和渗透率等测试成果,初步探讨了喀斯特山区碳酸盐岩土壤的抗蚀性因素的特征,为喀斯特地区的水土保持、水土资源利用以及生态恢复提供一定的科学依据。

## 1 样地与研究方法

### 1.1 样地概况

毕节市石桥小流域(图1),位于东经 $105^{\circ}19'30''\sim 105^{\circ}22'20''$ ,北纬 $27^{\circ}18'30''\sim 27^{\circ}16'30''$ ,面积 $8.19\text{km}^2$ ,属长江水系乌江流域上游段六冲河的三级支流区。地貌为中中山丘陵谷地,地势起伏大,最高海拔 $1742.3\text{m}$ ,最低海拔 $1400\text{m}$ ,相对高差为 $342.3\text{m}$ 。属亚热带湿润季风气候,年均气温 $14.03^{\circ}\text{C}$ ,年均降雨

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划重大课题(编号:2006BAC01A09-07)、水利部科技创新项目(编号:Scx2004-07)

第一作者简介:贺祥(1978-),男,硕士研究生。研究方向:人类活动与喀斯特环境。联系电话:13885509987, E-mail:hexiang1997403@163.com

通讯作者:熊康宁教授,研究方向:喀斯特与洞穴、喀斯特环境。联系电话:13608547678, E-mail:xiangk@163.com

收稿日期:2007-04-04

量863mm;降雨量主要分布在7—9月,占全年总降雨的52.4%。出露地层主要为三叠系永镇宁组石灰岩。受成土母质影响,坡耕地一般为黄色石灰土属的岩泥土、大土泥土;土壤厚度山腰以上约20cm,山腰以下约为50cm;灌草丛地为黑灰色石灰土,土壤厚度一般小于20cm。植被属于亚热带常绿阔叶林,多为次生林,且主要分布在山坡上部。流域内裸岩率高,平均达30%左右;土层结构除位于流域底部山麓耕地较完整外,其余坡耕地因土壤侵蚀而缺失A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>、B和C层(过渡层)。在流域内按不同土地利用类型和不同的坡度,主要选择了坡耕地、灌草丛地、水土保持林荒草地等9个典型样地(图1、表1)进行研究。

1.2 研究方法

在流域内按不同土地利用类型、不同坡度,选择设置9块标准样地(10m×10m),并于2006年7月上旬在样方内采用梅花型采集表层土壤(0~20cm)5个混合样品带回实验室,测定土壤理化性质。土壤机械组成采用简易比重计法;土壤含水量采用烘干法;容重采用环刀法;持水性能、饱和渗透率,用环刀取原状土后在室内测定,在此基础上计算土壤孔隙度;利用干筛分析法和湿筛分析法测定各级土壤团聚体含量和土壤结构破坏率;利用静水沉降法测定微团聚体组成;土壤有机质含量采用高温外加热重铬酸钾氧化容量法。数据采用SPSS软件进行分析处理。

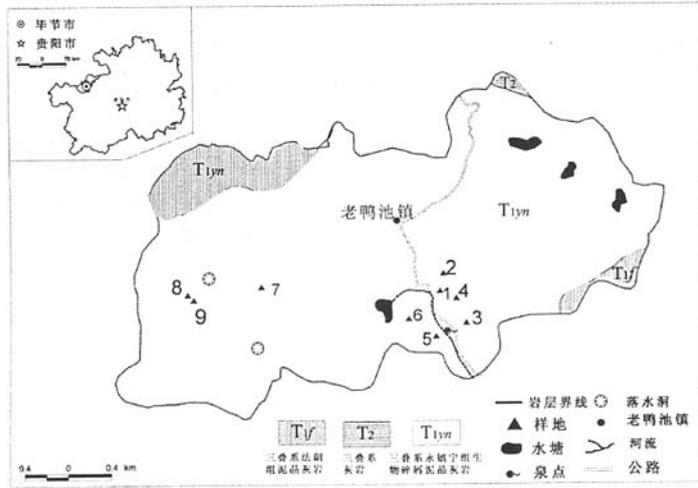


图1 毕节石桥小流域样地分布示意图

Fig.1 Map of sampling location in the Shiqiao catchment, Bijie

表1 毕节石桥小流域样地基本情况调查表

Tab.1 Conditions of sampling location in the Shiqiao catchment, Bijie

样地号	土地利用类型	位置(坡位)	坡度/°	土壤平均厚度/cm	土壤类型	地貌	植被覆盖度/%	基岩裸露率/%	土层结构
1	坡耕地	中部	23	62	大土泥土	山地	3	0	A2—C
2	水土保持林荒草地	中上部	27	20	岩泥土	山地	15	30	A2—C
3	坡耕地	坡脚	15	70	大土泥土	山地	50	5	A2—B—C
4	水土保持林荒草地	坡腰	25	15	岩泥土	山地	20	5	A—C
5	坡耕地	中部	0	50	黄壤土	山丘	20	0	A2—C
6	坡耕地	中上部	16	18	岩泥土	山丘	10	35	A2—C
7	灌草丛地	中部	21	15	黑色石灰土	山地	90	40	A—C
8	坡耕地	中部	29	20	岩泥土	山地	8	35	A2—C
9	灌草丛地	山顶	16	10	黑色石灰土	山地	80	50	A—C

有关数据计算公式为:

$$\text{结构体破率} = \frac{\geq 0.25\text{mm 团粒(干筛-湿筛)}}{\geq 0.25\text{mm 团粒(干筛)}} \times 100\%^{[9]}$$

100%<sup>[9]</sup>

$$\text{团聚状况} = \text{大于 } 0.05\text{mm 微团聚体} - \text{小于 } 0.05\text{mm 机械组成}^{[10]}$$

万方数据

$$\begin{aligned} \text{团聚度} &= \frac{\text{团聚状况}}{>0.05\text{mm 微团聚体}} \times 100\%^{[10]} \\ \text{分散率} &= \frac{\leq 0.05\text{mm 微团聚体}}{\leq 0.05\text{mm 机械组成}} \times 100\%^{[10]} \\ \text{分散系数} &= \frac{\leq 0.001\text{mm 微团聚体}}{\leq 0.001\text{mm 机械组成}} \times 100\%^{[10]} \\ \text{侵蚀率} &= \frac{\text{分散率} \times \text{持水当量}^{[7]}}{\leq 0.001\text{mm 胶体含量}} \\ \text{受蚀性指数} &= \frac{\text{分散率}}{(\text{WSA} > 0.5) \times \text{持水当量}}^{[11]} \end{aligned}$$

式中WSA>0.5指大于0.5mm水稳性团粒重量百分数;持水当量指土壤在一个大气压力作用下的持水量,对非砂性土壤,可近似看作田间持水量<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤的机械组成、水稳性团聚体组成对碳酸盐岩土壤抗蚀性的影响

抗蚀性是指土壤抵抗水对土粒的分散和悬浮的能力,其强弱主要取决于土粒间的胶结力及土粒和水的亲和力,与土壤内在的化学性质及物理因素关系密切<sup>[13]</sup>。对小流域土壤进行机械组成分析结果表明(表

2);>0.05mm砂粒含量均值变化趋势是灌丛地(31.45%)>水保幼林荒草地(29.10%)>坡耕地(26.36%);各土地利用类型的小于0.01mm物理性粘粒含量均较多,<0.01mm物理性粘粒含量均值变化趋势是灌丛地(54.05%)>水保幼林荒草地(53.40%)>坡耕地(52.64%),其中小于0.001mm粘粒含量均值变化趋势是坡耕地(29.84%)>水保幼林荒草地(27.05%)>灌丛地(22.95%)。室内试验结果表明坡耕地的土壤侵蚀较严重,>0.05mm的粘粒性较差的砂粒,在流水侵蚀作用下流失量大,而小于0.001mm粘粒则多向下淋移淀积。对不同土地利用类型土壤的机械组成分析可知,灌丛地、水保幼林荒草地、坡耕地土壤砂粒(>0.05mm)含量依次减少,<0.01mm物理性粘粒含量依次增多,说明坡耕地土壤粘质化最严重;而灌丛地与之相比,砂粒(>0.05mm)含量较多,物理性粘粒(<0.01mm)含量较少,土壤抗水搬运能力较强;坡耕地小于0.001mm粘粒含量越多,土壤粘质化越严重,因粘粒堵塞孔隙,土壤渗透率降低,地表径流量增大,导致土壤抗蚀性变小,易造成严重的土壤侵蚀。

表2 毕节石桥小流域土壤机械颗粒组成

Tab. 2 Composition of soils' mechanical grain in the Shiqiao etchment, Bijie

样地数	土地利用类型	粒组含量/%							
		>0.25mm	0.01~0.25mm	0.01~0.05mm	0.005~0.01mm	0.001~0.005mm	<0.001mm	<0.01mm	>0.05mm
2	灌丛地	3.65	27.8	14.5	12	19.1	22.95	54.05	31.45
5	坡耕地	6.7	19.66	21	11	11.8	29.84	52.64	26.36
2	水保幼林荒草地	5.39	23.71	17.5	11.55	14.8	27.05	53.4	29.1

一般认为土壤水稳性团聚体含量越少,平均粒级越小,则稳定性越差<sup>[12]</sup>。土壤抵抗雨滴直接冲击、径流分散及悬浮能力取决于土壤团粒水稳性<sup>[14]</sup>。进行土壤团聚体分析(表3)发现:各土地利用类型干筛土壤以大粒径为主,>0.25mm团粒含量约占90%,但湿筛后土壤颗粒迅速分散、崩解,其中大于1mm的干稳性土壤粒级减少量最大,平均减少了51.47%。>0.25mm水稳性团粒含量均值的变化序次是坡耕地(69.58%)<水保幼林荒草地(78.54%)<灌丛地(84.65%);>1mm水稳性团粒含量均值的变化序次是坡耕地(40.67%)<水保幼林荒草地(58.34%)<灌丛地(70.2%);>0.25mm土壤水稳性团粒结构破坏率均值的变化顺序是坡耕地(24.19%)>水保幼林荒草地(14.99%)>灌丛地(7.43%)。上述结果

表明灌丛地水性稳性团粒含量较多,粒级较大,土壤水稳定性较好;坡耕地水稳性团粒含量较少,粒级较小,土壤水稳定性较差。

土壤中有机质是土壤的重要组成部分,不仅能提供作物需要的养分,增强土壤的保肥性能,而且还是土壤水稳性结构的胶结剂,能增加土壤疏松度和通透性,促进团粒结构的形成,从而增强了土壤的抗蚀能力。对照样地有机质含量(表3),坡耕地有机质平均含量较少(均值36.46g/kg),团粒极易被雨滴击碎流失,结构破坏率较高(均值24.19%),土壤抗蚀性较弱,而灌丛地有机质含量较多(均值111.25g/kg),团粒不易被雨滴击碎流失,结构破坏率较低(7.43%),土壤抗蚀性较强。

表3 毕节石桥小流域表层土壤水稳性团聚体及其结构体破坏率

Tab. 3 The hydro-stable aggregate (>0.25mm) and the structural destroy rate of the topsoil in the Shiqiao catchment, Bijie

土地利用类型	粗组含量/%							>0.25mm 干稳性团 聚体/%	>0.25mm 水稳性团 聚体/%	>0.25mm 结构体破 坏率/%	有机质 /g/kg
	>5mm	5~2mm	2~1mm	1~0.5mm	0.5~ 0.25mm	0.25~ 0.1mm	<0.1mm				
坡耕地	29.75/16.6	25.37/13.2	12.51/12.8	10.65/8.4	9.71/13.0	3.92	2.07	87.99	67.92	22.81	23.2
水保幼林荒草地	51.21/37.04	16.78/23.2	9.27/3.6	8.06/4.0	9.27/6.0	2.21	1.21	94.59	76.05	19.6	50.2
坡耕地	30.19/7.0	20.53/25.2	18.98/10.4	15.09/12.4	10.50/13.2	2.03	0.88	95.29	70.23	26.3	18.3
水保幼林荒草地	36.80/2.84	18.16/27.0	11.79/23.0	11.20/7.0	12.45/18.0	3.18	1.32	90.4	81.02	10.38	54.7
坡耕地	48.62/33.42	16.18/6.8	10.93/15.0	9.26/10.6	8.60/6.4	1.92	0.33	93.58	74.14	20.77	25.4
坡耕地	46.05/2.72	17.96/11.6	9.49/14.6	9.81/13.0	9.24/28.0	1.34	0.76	92.55	71.26	23	47.6
灌草丛地	46.41/39.2	16.65/14	12.98/12.6	5.85/9.2	8.32/7.6	2.11	0.99	90.21	84.71	6.1	106.5
坡耕地	25.77/13.0	23.05/8.0	9.86/13.0	17.96/15.6	12.86/12.0	2.76	2.68	89.49	64.36	28.08	67.8
灌草丛地	70.20/63	10.81/6.4	4.15/5.20	2.51/3.6	5.13/4.6	1.86	1.09	92.79	84.66	8.76	116

\* 表中分数的分子为干筛分析结果,分母为湿筛分析结果。

2.2 土壤颗粒分散特性对碳酸盐岩土壤抗蚀性的影响

土壤颗粒是构成土壤结构的主要组分,抵抗水分分散的微团聚体含量与土的机械组成,是反映土壤抗蚀能力大小主要指标之一<sup>[9]</sup>。从表4可知,耕地土壤小于0.01mm粒级的微团聚体含量较低(均值30.85%),而灌草丛地、水保幼林荒草地的微团聚体含量

则较多,其均值分别是44.9%、38.75%;坡度>20°(样地1、8号)耕地土壤的小于0.01mm粒级含量较坡度<20°(样地3、5、6号)的少;中、细粉粒(0.01~0.001mm)含量变化依次是灌草丛地(均值34.55%)>水保幼林荒草地(均值25.30%)>坡耕地(均值13.42%)。结合表5分析可知,耕地土壤分散率(均值)、

表4 碳酸盐岩土壤机械组成及微团聚体颗粒组成

Tab. 4 Mechanical composition and micro-aggregate particle of the calcareous soil

样地号	土地利用类型	土壤颗粒结构	粒组含量/%							
			>0.25mm	0.05~ 0.25mm	0.01~ 0.05mm	0.005~ 0.01mm	0.001~ 0.005mm	<0.001mm	<0.01mm	>0.05mm
1	坡耕地	机械组成	7.62	22.68	18	10	11	30.7	51.7	30.3
		微团聚体	13.4	23.6	32.7	5.8	6.7	17.8	30.3	37
2	水保幼林荒草地	机械组成	3	24.8	16	12	17.6	26.6	56.2	27.8
		微团聚体	10.6	36.1	14	8.3	17.9	13.1	39.3	46.7
3	坡耕地	机械组成	8.78	15.02	20	12	15	29.2	56.2	23.8
		微团聚体	11.6	27.1	30.5	6.6	6.6	17.6	30.8	38.7
4	水保幼林荒草地	机械组成	7.78	22.62	19	11.1	12	27.5	50.6	30.4
		微团聚体	19.4	25.8	16.6	8.1	16.3	13.8	38.2	45.2
5	坡耕地	机械组成	7.88	14.32	21	13	12	31.8	56.8	22.2
		微团聚体	16.7	19.3	32.8	9.2	6.8	15.2	31.2	36
6	坡耕地	机械组成	6.12	21.58	20	14	10	28.3	52.3	27.7
		微团聚体	16.8	20.2	31.9	9.9	2.7	18.5	31.1	37
7	灌草丛地	机械组成	3.78	25.52	15	14	19	22.7	55.7	29.3
		微团聚体	23.5	26.3	6	22.1	12	10.1	44.2	49.8
8	坡耕地	机械组成	3.12	24.68	26	6	11	29.2	46.2	27.8
		微团聚体	7.6	33.4	28.9	5.5	7.3	17.3	30.1	41
9	灌草丛地	机械组成	3.52	30.08	14	10	19.2	23.2	52.4	33.6
		微团聚体	22.9	26.3	5.2	24.4	10.6	10.6	45.6	49.2

侵蚀率(均值)及受蚀指数(均值)分别是灌草丛地、水保幼林荒草地的1.11、1.14,1.04、1.13,1.87、1.82倍;耕地土壤团聚度、团聚状况(均值)则分别是灌草丛地、水保幼林荒草地的0.83、0.84,0.69、0.64倍。研究表明:土壤机械组成中小于0.01mm物理性粘粒含量越多,土壤粘结力越强,土壤分散率、侵蚀率、受蚀指数则越小;坡耕地微团聚体(0.01~0.25mm

粒径)含量较多,均值为56.08%,而水保幼林荒草地和灌草丛地(均值)分别为46.25%和31.9%,所以坡耕地土壤颗粒较松散、粘结性较差,土粒之间团聚度、团聚状况最差,水稳固性最低;分散率的大小与中、细粉粒含量相关,粉粒含量低,分散性能增强;由于坡耕地中、细粉粒含量最少,所以其分散率最大,土壤团聚度、团聚状况最差,土壤抗分散能力最弱。

表5 碳酸盐岩土壤微团聚体分散特征

Tab. 5 Dispersing features of the micro-aggregate in the calcareous soil

样地	土地利用类型	团聚度/%	团聚状况/g/kg	分散率/%	侵蚀率/%	受蚀指数
1	坡耕地	18.11	6.7	90.39	74.43	7.13
2	水保幼林荒草地	40.47	18.9	73.82	66.42	3.05
3	坡耕地	38.5	14.9	80.45	78.78	6.73
4	水保幼林荒草地	32.74	14.8	78.74	76	4.51
5	坡耕地	38.33	13.8	82.26	73.3	4.5
6	坡耕地	25.14	9.3	87.14	66.54	11.25
7	灌草丛地	41.16	20.5	71	60.95	4.38
8	坡耕地	32.2	13.2	81.72	78.7	5.86
9	灌草丛地	31.71	15.6	76.51	70.25	3.41

2.3 土壤孔隙度、容重、饱和渗透率对碳酸盐岩土壤抗蚀性的影响

对小流域不同土地利用类型进行土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、上和下层土壤饱和渗透率、>0.25mm土壤水稳性团粒含量等分析(表6)表明:小流域土壤容重值较低,最大值仅1.04g/cm<sup>3</sup>,说明碳酸盐岩土壤较为疏松,土壤总孔隙度较大。灌草丛地、坡耕地、水保幼林荒草地的总孔隙度均值分别是70.53%、65.05%、62.60%;灌草丛地和坡耕地的毛管孔隙度相差较大,灌草丛地最大值49.89%,坡耕地最小值34.79%,说明坡耕地土壤水

分传导性能较差,不利于保持水分,不利用植被的生长。本研究区碳酸盐岩土壤非毛管孔隙度较大,灌草丛地最大为39.01%,坡耕地最小为16.82%,非毛管孔隙度有利于地表降雨的下渗。土壤饱和渗透率分析表明,土壤饱和渗透率表层大于下层,表层与下层土壤渗透率比值最大达22.45;坡耕地上、下层土壤饱和渗透率比值(均值)为灌草丛地的3.12倍,是水保幼林荒草地的1.45倍;土壤毛管持水量灌草丛地最大值为59.50%,坡耕地最大值39.80%;灌草丛地田间持水量最大值28.65%,坡耕地最大值仅为29.15%。

表6 毕节石桥小流域样地土壤理化性质

Tab. 6 Physic-chemical features of the sampling soil in the Shiqiao catchment, Bijie

样地号	土地利用类型	土壤毛管持水率/%	土壤田间持水率/%	土壤总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	土壤容重/g/cm <sup>3</sup>	饱和渗透率/mm/min		土壤上、下层饱和渗透率比值
								土层(0~10cm)	土层(10~20cm)	
1	坡耕地	40.12	24.87	64.59	37.65	26.95	0.94	21.1	0.94	22.45
2	水保幼林荒草地	39.21	35.63	64.32	37.07	27.25	0.95	16.5	1.85	8.92
3	坡耕地	38.66	21.74	65.89	34.79	31.1	0.9	12.11	0.9	13.46
4	水保幼林荒草地	39.93	29.15	60.87	41.4	19.46	1.04	18.4	—	—
5	坡耕地	37.1	27.8	63.47	35.91	27.57	0.97	11.36	0.86	13.21
6	坡耕地	49.8	18.48	64.14	47.32	16.82	0.95	9.15	0.92	9.95
7	灌草丛地	46.57	21.63	72.7	33.69	39.01	0.72	16.6	3.67	4.52
8	坡耕地	47.47	28.12	67.38	41.04	26.34	0.86	10.29	1.1	9.35
9	灌草丛地	59.5	28.65	68.36	49.89	18.47	0.84	19.3	4.83	4

注:土壤比重取平均值2.65g/cm<sup>3</sup>

容重是单位体积烘干土的质量,能表征土壤的总孔隙度。容重小,表明土壤比较疏松,总孔隙度较大;反之,土壤容重大,表明土体紧实,结构性和通透性较差。毛管孔隙度反映了土壤通气状况,毛管孔隙度是土壤中水分流通和蒸发的通道,是根系吸收土壤水分的主要路径,是影响植被生长、土壤的保水性能的重要因素。非毛管孔隙是地表水下渗的主要通道。研究发现,本研究区碳酸盐岩土壤容重值均值为 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 左右,而我国其它地区均值一般为 $1.33\text{g}/\text{cm}^3$ ;土壤毛管孔隙度(均值 $39.86\%$ )较我国其它地区小,而非毛管孔隙度(均值 $25.88\%$ )较我国其它地区大。土壤孔隙优劣状况取决于毛管与非毛管孔隙度的有机组合。显然本区碳酸盐岩土壤孔隙的这种组合降低了其抗蚀性;土壤毛管孔隙度过小,使土壤的水分传导能力差,不利于植被吸收水分,遏制了碳酸盐岩土壤上植被的生长;而较大的非毛管孔隙度,使地表径流向渗透速度大,使较小粒径的粘粒( $<0.001\text{mm}$ )被大量、快速带到下层土壤中,导致下层土壤孔隙堵塞,造成饱和渗透率分层差异显著,尤其是坡耕地类,其土壤上、下层饱和渗透率比值约为灌草草地和水保幼林荒草地的 $2\sim 3$ 倍。再是,本区属湿润季风气候,降雨量大而集中,淋溶作用强烈,上层土体中的粘粒( $<0.001\text{mm}$ )容易发生垂直下移积累,从而造成本区碳酸盐岩土体的上松与下紧态势。由于本区土壤厚度较小,下层土壤相对紧密,透水性较低,且距地面近,这样必然导致地表径流量加大,导致碳酸盐岩土壤更容易遭受侵蚀。

### 3 小 结

(1)碳酸盐岩土壤机械组成 $>0.05\text{mm}$ 砂粒、 $<0.01\text{mm}$ 物理性粘粒含量越多,土壤侵蚀程度越轻,土壤抗蚀性越强; $<0.001\text{mm}$ 粘粒含量越多,土壤粘质化严重,易在降雨下渗过程中淋失和在下层土壤中淀积堵塞孔隙,降低土壤饱和渗透率和土壤抗蚀性。水稳性团粒含量较多,土壤粒级越大,土壤水稳性越好;反之,土壤水稳性越差。土壤有机质含量少,团粒极易被雨滴击碎流失,结构破坏率则越高,土壤抗蚀性越弱;反之,土壤抗蚀性则越强。

(2)碳酸盐岩土壤微团聚体 $<0.01\text{mm}$ 物理性粘

粒含量越多,土壤粘结力越强,侵蚀率、受蚀性指数则越小;微团聚体粒径越大,土壤颗粒粘结性越差,团聚度、团聚状况则越低,在水中稳固性越低;分散率的大小与粉粒含量有关,中、细粉粒含量低,分散率则越大,土壤抗分散能力则越弱。

(3)研究区碳酸盐岩土壤容重值较低,土壤结构疏松;毛管孔隙度较我国其它地区小,而非毛管孔隙度则较大;毛管孔隙度过小,不利于植被吸收水分,而较大的非毛管孔隙度,将使雨水下渗速度变大,粘粒易被带到下层土壤中并堵塞下层土壤孔隙,导致土壤上、下层饱和渗透率分层差异显著。由于研究区下层土壤饱和渗透率较低,且距地面近,因此必然使地表径流量加大,土壤更易遭受侵蚀。

### 参考文献

- [1] 高贵龙,邓自民,熊康宁,等编著.喀斯特的希望与呼唤 贵州喀斯特生态环境建设与可持续发展[M].贵州科技出版社,2003:2-15.
- [2] 杨明德.论喀斯特环境的脆弱性.喀斯特研究——杨明德论文集[M].贵州民族出版社2003:226-230.
- [3] 王世杰,李阳兵,李瑞玲,等.喀斯特石漠化的形成背景、演化与治[J].第四纪研究,2003,23(6):657-666.
- [4] 苏维词.贵州喀斯特山区的土壤侵蚀性退化及其防治[J].中国岩溶,2001,20(3):217-222.
- [5] 白占国,万国江.贵州碳酸盐岩区域的侵蚀速率及环境效应研究[J].水土保持学报,1998,4(1):1-7.
- [6] 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,1996,6(2):114-119.
- [7] 林昌虎,朱安国.贵州喀斯特山区土壤侵蚀与环境变异的研究[J].水土保持学报,2002,6(1):9-13.
- [8] 梅再美,熊康宁.喀斯特地区水土流失动态特征及生态效益评价——以贵州清镇退耕还林(草)示范区为例[J].中国岩溶,2003,22(2):136-144.
- [9] 杨玉盛.不同治理模式对严重退化红壤抗蚀性影响研究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1996,2(2):32-38.
- [10] 田积莹,黄义瑞.子午岭连家砭地区土壤物理性质与土壤抗蚀性能指标的初步研究[J].土壤学报,1964,12(3):280-296.
- [11] 刘进金.土壤受蚀性之定性定量,中华林学季刊[J].1984,17(1):93-105.
- [12] 劳家桢.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1998.12.:5-30.
- [13] 王礼先主编.水土保持学[M].中国林业出版社,1995:130-140.
- [14] 杨玉盛.紫色土不同利用方式下可蚀性研究[J].水土保持学报,1992,6(3):52-58.

**Study on the factor effecting erosion-resistance of  
calcareous soil in karst mountainous area**  
— A case in the Shiqiao catchment of Bijie city, Guizhou province

HE Xiang, XIONG Kang-ning, CHEN Hong-yun, HU Shun-guang

*(Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)*

**Abstract:** It is showed by analysis to physic-chemical property of the calcareous soil in Shiqiao catchment that the sandy content in the soil decreases but the physical clayey content increases successively under the following land with different vegetation form, shrub and grass land, water and soil conservative forest and grass land, slope farmland. Those prove that the development of clayey grain in the soil on slope farmland is most serious. The hydro-stable aggregate content on shrub land is most, the size fraction of soil is largest and the soil water-stable is best. The organic content on shrub land is more and the size fraction of soil are larger, the soil hydro-stability is best. The organic content is more and soil structure is lower on shrub land. The soil dispersing rate on slope farmland, erosion ratio and eroded index is 1.11, 1.14, 1.04, 1.13, 1.87 and 1.82 times that on shrub land and water and soil conservative forest and grass land. The agglomeration degree and agglomeration status of cultivated land is 0.83, 0.84, 0.69, 0.64 times that on shrub land and water and soil conservative forest and grass land, which shows that the dispersing rate on the slope farmland is maximum, the agglomeration degree on the slope farmland is the poorest and the soil anti-dispersion on the slope farmland is the weakest. The mean value of density and the capillary porosity of catchment,  $1.0 \text{ g/cm}^3$  and 39.86%, are lower than that in the other region. The non-capillary porosity, averaged 25.88%, is larger than that in the other region in our country. This kind of combined characteristics of the calcareous soil pore in the catchment is easier leading to the clay at upper soil horizon to be leached downward and to block the pore at lower soil horizon, which causes saturated permeability different significantly between the upper and the lower soil layer, which is very unfavorable for the soil to resist running-water erosion.

**Key words:** karst; carbonate rock; erosion-resistance of soil; Shiqiao catchment