

岩溶区不同土地利用方式土壤抗蚀性分析

付 允¹, 贾亚男^{1,2}, 蓝家程¹

(1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 三峡库区生态环境与生物资源重点实验室, 重庆 400715)

摘 要:采用土壤微团聚体类、水稳性团聚体类及有机质含量作为指标,通过主成分分析方法,对重庆市中梁山不同土地利用方式表层土壤抗蚀性进行了研究。结果表明:>0.25 mm 水稳性团聚体含量及破坏率、>0.5 mm 水稳性团聚体含量及破坏率、平均重量直径和有机质含量是评价土壤抗蚀性的最佳 4 指标;土壤抗蚀性强弱顺序为:灌丛地>草地>竹林地>坡耕地,退耕还林、还草有利于提高土壤抗蚀性;运用微团聚体类指标和水稳性团聚体类及有机质指标分别进行土壤抗蚀性评价时,得到相反的结论;土壤水稳性团聚体类指标评价结果与主成分分析结果一致,这与研究区特殊的成土过程和脆弱的生态环境有关;耕作侵蚀使坡耕地土壤主要性质产生坡面分异,进而产生土壤抗蚀性的坡面分异。坡耕地不同部位土壤抗蚀性强弱为:上部>下部>底部>顶部,这与土壤水稳性团聚体含量坡面分异一致,证明水稳性团聚体类指标可以较好地反映土壤抗蚀性特性。

关键词:岩溶区;耕作侵蚀;土壤抗蚀性;主成分分析

中图分类号:S157.1; F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0005-05

Analysis of Soil Anti-erodibility of Slope Farmland in Karst Mountain Area Based on Tillage Erosion

FU Yun¹, JIA Ya-nan^{1,2}, LAN Jia-cheng¹

(1. School of Geographical Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Key Laboratory of Eco-environments and Bio-resources in Three Gorges Region, Chongqing 400715, China)

Abstract: Research on the surface soil anti-erodibility of different land use types by means of principal component analysis in Zhongliang Mountain of Chongqing was carried out based on the data of micro-aggregates, water stable aggregate and organic matter content as indicators. The results showed that: >0.25 mm, >0.5 mm water stable aggregate and their destruction rate, average diameter and organic matter content are the four best indicators to evaluate the soil anti-erodibility; soil anti-erodibility under different land use types are shrub land>grassland>bamboo>slope farmland, which convinces that farmland set-aside can improve the soil anti-erodibility. It can achieve opposite conclusion when use micro-aggregates categories as indicator and water stable aggregates and organic matter categories as indicator respectively, but the latter are consistent with the result of principal component analysis, which relate with a special process of soil formation and the fragile ecological environment in this area. Tillage erosion can conduct to soil property redistribution on the surface of slope, and then affect the soil anti-erodibility. The soil anti-erodibility in different parts of slope farmland is in the order of the upper>the lower>the bottom>the top, which is consistent with the distribution of water stable aggregate content, it is showed that water stable aggregate category indicators better reflect the properties of soil anti-erodibility.

Key words: karst area; tillage erosion; soil anti-erodibility; principal component analysis

岩溶生态系统成土速率慢,水土流失严重,属于生态脆弱区。土壤和植被是岩溶环境中最为敏感的自然

要素,土壤侵蚀是石漠化最直接的影响因素^[1]。在土壤侵蚀的过程中,土壤性质对土壤侵蚀的发生与强度

收稿日期:2011-04-12

修回日期:2011-05-19

资助项目:中央高校基本科研业务费(XDJK2009C103);西南大学教师教育创新平台建设项目(100030-212010)

作者简介:付允(1987—),女,河南商丘人,硕士,主要从事资源环境与 GIS 应用方面的研究。E-mail:lovelyyudian@163.com

通信作者:贾亚男(1976—),女,山西省石楼县人,副教授,博士,硕导,主要从事岩溶环境变化研究。E-mail:jiayanan@swu.edu.cn

有着重要的影响,土壤抗蚀性是指土壤抵抗水的分散和悬浮的能力^[2],是评价土壤是否易受侵蚀营力破坏的标准^[3]。土壤抗蚀性与土壤性质密切相关,不同土地利用方式对土壤质量性状的影响明显不同,存在空间差异性^[4],从而使土壤对侵蚀的易损性和敏感性不同。

耕作侵蚀是一种重要的土壤侵蚀类型,但在以往的研究中常常被忽略。耕作侵蚀使坡耕地土壤沿坡面发生位移,造成土壤主要性质在耕地内发生再分布,产生坡耕地不同部位土壤性质分异。岩溶区土壤匮乏,宜农土地资源稀缺,坡耕地的开垦会诱发土壤侵蚀,进而导致石漠化^[5]。关于岩溶区土壤性质与植被对土壤抗蚀性的影响已经有不少研究^[3,6-8],但结合耕作侵蚀来研究还较少见。因此本文以重庆市中梁山为例,选取常用的土壤抗蚀性指标,对比不同土地利用方式下土壤抗蚀性的强弱,将耕作侵蚀引起的坡耕地不同部位土壤抗蚀性进行比较,探讨研究区较为合理的土壤抗蚀性指标,为岩溶区开展水土保持工作提供基础数据。

1 研究区概况

重庆市中梁山属于中亚热带季风性湿润气候,海拔 400~700 m,年均气温 18℃,多年平均降水量 1 000 mm 左右。研究区地貌特征受地质构造和岩性的强烈控制,两翼由黄色砂岩构成半边山地形,轴部由紫色页岩构成波状起伏的丘陵地形,二者之间由灰岩组成,经岩溶作用后形成岩溶槽谷,组成“一山两槽三岭”的构造地貌格局。土壤发育的地质背景是三叠纪嘉陵江组的岩溶角粒状白云质灰岩,以化学结构为主,属于黄色石灰土,土层厚 0.15~1.0 m。受地形和海拔的限制,山顶和上部一般是林地、灌丛和草地,耕地大都分布在山腰、山脚和谷底。其中山腰地块坡长只有 2~4 m,坡度最大;山脚地块坡长达到 5 m,坡度减小;谷底地块平坦,土壤堆积,基本上没有坡度,地块最长,大概为 5~10 m。坡耕地农业种植制度为小麦—玉米—甘薯,一年两熟到三熟。

2 材料与方法

2.1 土壤样品的采集与分析

供试土样取自于研究区内两个坡耕地不同部位土样,另取 3 种主要的自然利用的土地利用方式,即竹林地、灌丛地和草地作对比。土壤取样按自然剖面对象取表层土壤,其中竹林地、灌丛地和草地各取两个剖面土样,坡耕地在两个不同坡度、坡长样地,取不同部位的表层土壤。

采集的土样经风干、研磨,过 2 mm 筛备用。土壤样品测定方法:土壤机械组成采用比重计法,土壤有机质采用重铬酸钾外加热氧化法,土壤微团聚体采用吸管法,土壤各级干筛团聚体和湿筛团聚体含量采用干筛法、湿筛法^[9]。

2.2 土壤抗蚀性评价指标

在已有研究的基础上,本文选择比较常用的土壤抗蚀性指标^[7-8,10]进行主成分分析,共取三大类 11 个指标,分别是:

水稳性团聚体类

(1) >0.25 mm 水稳性团聚体含量(X_1);

(2) >0.5 mm 水稳性团聚体含量(X_2);

(3) >0.25 mm 水稳性团聚体破坏率(X_3)=(干筛>0.25 mm—湿筛>0.25 mm)/干筛>0.25 mm;

(4) >0.5 mm 水稳性团聚体破坏率(X_4)=(干筛>0.5 mm—湿筛>0.5 mm)/干筛>0.5 mm;

(5) 平均重量直径(X_5)= $\sum_{j=1}^n \bar{r}_j w_j / \sum_{i=1}^n w_i$

式中: \bar{r}_i ——某一粒级团聚体平均值; w_i ——某粒级团聚体重量(mm)。

团聚体类

(6) 分散系数(X_6)=微团聚体<0.001 mm 分析值/机械组成<0.001 mm 分析值;

(7) 结构系数(X_7)=(土壤机械组成<0.001 mm 分析值—微团聚体<0.001 mm 分析值)/土壤机械组成<0.001 mm 分析值;

(8) 团聚体分散率(X_8)=微团聚体<0.05 mm 分析值/机械组成<0.05 mm 分析值;

(9) 团聚状况(X_9)=微团聚体>0.05 mm 分析值—机械组成>0.05 mm 分析值;

(10) 团聚度(X_{10})=团聚状况/微团聚体>0.05 mm 分析值;

有机胶体类

(11) 有机质含量(X_{11})。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用方式土壤抗蚀性主成分分析

衡量土壤抗蚀性的指标很多,不同研究区域所选用的指标也有一定的差异。单一指标无法定量获得一定侵蚀力下的土壤侵蚀量,但能够反映土壤对侵蚀营力的相对敏感程度;由于指标间存在一定的相关性,用多指标来评价能更全面反映土壤实际抗蚀能力,但可能也会掩盖一些指标的作用。研究区不同土地利用方式的土壤抗蚀性指标详见表 1。

表 1 不同利用方式表层土壤抗蚀性指标

样地	$X_1/\%$	$X_2/\%$	$X_3/\%$	$X_4/\%$	X_5/mm	$X_6/\%$	$X_7/\%$	$X_8/\%$	$X_9/\%$	$X_{10}/\%$	$X_{11}/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$
1	80.05	60.63	17.48	35.83	1.89	23.10	76.90	78.94	17.72	52.75	15.99
2	95.80	93.10	3.07	0.05	4.80	9.03	90.97	36.58	56.69	84.22	68.58
3	90.6	85.63	7.54	11.60	4.96	22.30	77.70	68.74	29.74	85.93	29.86
4	47.06	29.59	51.53	68.63	0.78	7.10	92.90	47.69	51.01	95.34	15.89
5	69.85	54.82	28.34	42.35	1.51	16.83	83.17	60.56	37.36	87.65	18.27
6	63.21	40.30	34.81	57.38	1.23	11.66	88.34	48.41	48.50	88.99	17.81
7	56.20	32.95	41.91	64.89	0.94	8.15	91.85	43.99	53.59	92.54	21.36

注:样地 1,2,3,4,5,6,7 分别为竹林、灌丛、草地、坡耕地顶部、坡耕地上部、坡耕地下部、坡耕地底部,数据来源于贾红杰^[11]。

表 1 的指标较多,信息量大,比较全面,但却显得较为复杂,指标间有一定的相关性,有信息重叠。为此本文采用 SPSS 软件通过主成分分析,将原来较多

且复杂的指标简化为能够反映土壤抗蚀性的主导指标,并对不同利用方式土壤抗蚀能力进行综合评价,分析结果详见表 2。

表 2 主成分载荷矩阵、特征根及方差贡献率

主成分	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	特征根	累计变异/ $\%$
F_1	0.94	0.90	-0.94	-0.89	0.80	0.79	-0.79	0.57	-0.64	-0.63	0.42	6.54	59.49
F_2	0.33	0.44	-0.31	-0.46	0.53	-0.60	0.60	-0.81	0.76	0.50	0.89	3.87	94.65

从表 2 可以看出,前两个主成分累计方差贡献率达到 94.65%,且特征根都大于 1,符合主成分分析要求,表明这两个主成分可以综合所有指标的大部分信息,能够反映土壤抗蚀性的强弱。其中,第一主成分方差贡献率最大为 59.49%,且该成分中的 X_1, X_3, X_4, X_2, X_5 因子载荷大,反映水稳性团聚体类可显著影响土壤抗蚀性,土壤水稳性团聚体越稳定,水稳性团聚体破坏率越小,土壤抗蚀性越强;第二主成分方差贡献率为 35.16%,成分中 X_{11}, X_8, X_9 因子载荷大,表明微团聚体类及有机质对土壤抗蚀性影响较显著,有机质含量越高,团聚状况越好,土壤结构越好,土壤不容易分散,土壤抗蚀性越强。因此,根据原指标对主成分的贡献大小以及研究精度的要求,可以确定不同的最佳指标评价体系:最佳指标—— X_1 ;最佳 2 指标—— X_1, X_2 (由于 X_3, X_4 为负数,分别与 X_1, X_2 相反,且与其定义相一致,在此舍去,使指标体系更为简洁);最佳 3 指标—— X_1, X_2, X_5 ;最佳 4 指标—— X_1, X_2, X_5, X_{11} ;最佳 5 指标—— $X_1, X_2, X_5, X_{11}, X_8$ 。

3.2 土地利用方式对土壤抗蚀效应的影响

不同土地利用方式有不同的植被覆盖程度,受人为活动的影响程度也不一样,土壤理化性质产生一定的差异,进而影响到土壤的抗蚀性强弱。

3.2.1 基于主成分分析的抗蚀效应 根据经标准化处理的各个变量与特征向量的线性组合得到各主成分分值,再根据每一主成分占总主成分的比例计算得到不同样地的综合主成分分值,计算方法如下:

$$F_1 = 0.143X_1 + 0.137X_2 - 0.144X_3 - 0.135X_4 + 0.123X_5 + 0.120X_6 - 0.120X_7 + 0.088X_8 - 0.098X_9 - 0.096X_{10} + 0.046X_{11}$$
$$F_2 = 0.086X_1 + 0.113X_2 - 0.081X_3 - 0.118X_4 + 0.137X_5 - 0.154X_6 + 0.154X_7 - 0.209X_8 + 0.197X_9 + 0.128X_{10} + 0.229X_{11}$$

$$F_{\text{综}} = \frac{\lambda_1}{(\lambda_1 + \lambda_2)} F_1 + \frac{\lambda_2}{(\lambda_1 + \lambda_2)} F_2$$

式中: F_1 ——第一主成分分值; F_2 ——第二主成分分值; λ_1, λ_2 ——第 1,2 个特征根; $F_{\text{综}}$ ——综合主成分分值。不同土地利用方式主成分分值的计算结果见表 3。

表 3 不同利用方式表层土壤抗蚀性综合指数

主成分	竹林	灌丛	草地	坡耕地顶部	坡耕地上部	坡耕地下部	坡耕地底部	坡耕地
F_1	0.956	0.707	1.245	-1.263	0.004	-0.619	-1.029	-0.550
F_2	-1.410	1.946	-0.050	-0.086	-0.438	-0.087	0.125	-0.130
$F_{\text{综}}$	0.077	1.168	0.764	-0.826	-0.160	-0.422	-0.600	-0.394

从表 3 可以看出,不同土地利用方式土壤表层抗蚀性综合指数从大到小排序为:灌丛地、草地、竹林地、坡耕地,坡耕地为负值,其余都为正值,差异明显。说明灌丛地土壤抗蚀性最强,草地和竹林地次之,坡耕地最弱。土壤有机质是土壤水稳性团聚体的有机胶结剂,一般而言,用有机质含量和土壤水稳性团聚体含量作指标来评价土壤的抗蚀性时,二者之间的变

化基本是一致的^[12]。相关分析表明,土壤有机质含量与 $>0.25 \text{ mm}$ 水稳性团聚体含量和 $>0.5 \text{ mm}$ 水稳性团聚体含量相关性均达到极显著水平($N=16$),相关系数分别为 0.651,0.730。灌丛地和草地的植物种类丰富,覆盖度大,且利用时间都在 20 a 以上,凋落物量多,分解速度较快,能很好地促进土壤有机质的增加,能够促进水稳性团聚体的形成,改善土壤

结构,使土壤不易受到水力破坏。竹林地土壤有机质含量(15.99 g/kg)比坡耕地平均值(18.33 g/kg)小,但竹林地、坡耕地表层 >0.25 mm 水稳性团聚体含量和 >0.5 mm 水稳性团聚体含量分别为 80.04%、60.62%和 59.08%、39.42%,表现为竹林地远大于坡耕地,因此竹林地土壤抗蚀性比坡耕地强。此外,4 种利用方式中,坡耕地土壤抗蚀性最弱还与坡耕地受到人类活动强烈干扰有关,由于坡耕地经常耕作,坡度大,土壤耕作侵蚀大,表层土壤容易流失。说明退耕还林、还草能够提高土壤抗蚀性,减少水土流失。

3.2.2 土壤微团聚体类指标分析 土壤的分散系数和分散率越大,土壤的抗蚀性越弱^[12]。不同利用方式表层土壤的分散系数大小排序为:竹林地(23.10%)、草地(22.30%)、坡耕地(平均值为 10.94%)、灌丛地(9.03%),坡耕地的平均值比竹林地、草地和灌丛地三者的平均值(18.15%)还低。同样,土壤分散率在 4 种土地利用方式中的变化与土壤分散系数相似,表现为:竹林地(78.94%)>草地(68.74%)>坡耕地(平均值为 50.16%)>灌丛地(36.58%),竹林地、草地和灌丛地三者的平均值(61.42%)大于坡耕地(50.16%)(表 1)。说明从土壤分散系数和分散率来看,除了灌丛地外,竹林地和草地的土壤抗蚀性反而弱于坡耕地,非农耕地开垦为农耕地后土壤抗蚀性明显提高。

土壤结构系数能够反映土壤形成微团聚体的能力和微团聚体的稳定性,该值越大,土壤结构的水稳性越好,抗蚀能力越强^[11]。团聚状况表示土壤颗粒的团聚程度,该值与团聚度一样,其值越大,土壤抗蚀性越强^[6]。由表 1 分析表明,不同利用方式土壤结构系数、团聚状况和团聚度均表现为:灌丛地>坡耕地>草地>竹林地,即非农耕地小于坡耕地,非农耕地土壤抗蚀性弱于坡耕地。同上述分散系数和分散率分析结果一致,这与赵洋毅^[6]等人的研究结果并不一致,说明在本研究区评价土壤抗蚀性时,运用土壤微团聚体类指标评价还存在一些问题,其原因有待进一步深入研究。

3.2.3 土壤水稳性团聚体及有机胶体类分析 水稳性团聚体是由有机质胶结而成的团粒结构,可以改善土壤结构,而且被水浸湿后不易解体。相关分析表明,土壤有机质含量与土壤水稳性团聚体含量呈极显著正相关,有机质含量越高,土壤水稳性团聚体含量越大,土壤抗蚀性越强。本研究表明不同利用方式表层土壤有机质含量灌丛地(68.68 g/kg)>草地(29.86 g/kg)>坡耕地(18.33 g/kg)>竹林地(15.99 g/kg); >0.25 mm 水稳性团聚体含量灌丛地(95.80%)>草地

(90.60%)>竹林地(80.04%)>坡耕地(59.08%); >0.5 mm 水稳性团聚体含量灌丛地(93.09%)>草地(85.63%)>竹林地(60.62%)>坡耕地(39.42%)。由土壤团聚体破坏率的公式得知其与水稳性团聚体含量呈直线负相关,其值越小,破坏率越高,土壤抗蚀性越弱。因此,土壤团聚体破坏率在不同利用方式中的变化规律恰好与水稳性团聚体含量相反。此外,相关分析表明,平均重量直径与 >0.25 mm 和 >0.5 mm 水稳性团聚体含量的相关系数分别为 0.838、0.934,均达到极显著水平($P<0.001$, $N=16$),不同利用方式平均重量直径为草地(4.96)>灌丛地(4.80)>竹林地(1.89)>坡耕地(1.12)。综上分析表明土壤抗蚀性强弱大小顺序为:灌丛地>草地>竹林地>坡耕地,岩溶区非农耕地开垦为坡耕地后土壤抗蚀性大大减弱,这与大部分学者的研究结果^[6-7]较为一致。

3.2.4 土壤抗蚀性指标探讨 采用主成分分析和水稳性团聚体、有机质类指标进行土壤抗蚀性评价时,非农耕地的土壤抗蚀性都强于坡耕地,但采用微团聚体类指标进行评价时却得到相反的结论。从目前的研究成果来看,耕地的土壤抗蚀性弱早已被证实。安和平^[8]发现贵州北盘江中游地区坡耕地土壤抗蚀性比次生林地差。胡宁^[7]指出重庆南川岩溶石漠山地传统旱耕地土壤抗蚀性弱于各退耕模式。因此,从现有的研究来看,采用微团聚体类指标评价本研究区是不合适的。贾红杰^[11]用¹³⁷Cs 研究方法测算了本研究区坡耕地土壤侵蚀模数发现坡耕地土壤侵蚀速率达到 2 984 t/(km²·a),属于极强度侵蚀,并且研究区耕作侵蚀占主导地位,耕作侵蚀占到了土壤总侵蚀的 76.1%,同时坡耕地的开垦加大了水力侵蚀,坡耕地的水力侵蚀速率平均为 719.5 t/(km²·a),达到强度和极强度侵蚀,这也证明了坡耕地土壤抗蚀性弱于非农耕地。

重庆中梁山岩溶区石灰土形成是由石灰岩盐以化学溶蚀为主的风化过程,主要的 Ca、Mg 氧化物溶蚀后易随水流走,占到很少成分的 SiO₂、Al₂O₃、FeO 等酸不溶物参与成土过程,因此石灰土黏粒含量极高, <0.05 mm 的物理性黏粒基本都超过 90%,平均达到 95%,且岩溶区成土速率特别缓慢,土壤侵蚀强度长期大于成土速率,岩溶区形成 1 m 厚的土层需要 28~788 ka^[13]。同时,岩溶区大部分都为坡耕地,土壤开垦度高,加速了表层土壤的侵蚀,心土层被“抬升”初露,出现粘化现象。由于极高的黏粒含量及特殊的成土过程和人为大量开垦,不论是侵蚀区还是堆积区都不会出现明显的土壤砂化。所以,在使用微团聚体类指标评价土壤抗蚀性尤其是坡耕地土壤抗蚀性时效果是不明显的,甚至会得出相反的结论。

相关分析表明,土壤微团聚体类指标与土壤有机质和水稳性团聚体均有一定的相关性,但并不显著。从理论上来讲,土壤微团聚体是构成土壤团聚体的颗粒单位,很大程度上决定了土壤的质量特征。因此,考虑到这方面的因素,本文在进行主成分分析时还是把微团聚体类作为指标进行评价,其结果是可行的。

3.3 坡耕地不同部位土壤抗蚀效应分析

土壤水稳性团聚体及有机质类指标能够较好地评价坡耕地土壤抗蚀性,为此采用其对坡耕地土壤抗蚀性进行评价,并与主成分分析作比较。

表 4 坡耕地不同部位表层土壤团聚体及有机质含量^[12]

不同部位	>0.25 mm/%	>0.5 mm/%	>2 mm/%	>5 mm/%	有机质/(g·kg ⁻¹)
坡耕地顶部	47.06	29.59	9.92	2.72	15.89
坡耕地上部	69.85	54.82	20.87	8.98	18.27
坡耕地下部	63.21	40.30	14.24	8.53	17.81
坡耕地底部	56.20	32.95	10.65	5.38	21.36

3.3.2 坡耕地不同部位土壤抗蚀性 根据表 4 的结果分析土壤抗蚀性可知,坡耕地上部土壤团聚体含量最高,有机质含量也较高,土壤抗蚀性最强,其次为坡耕地下部和底部,坡耕地顶部土壤抗蚀性最弱。结合表 1 和表 4 分析,坡耕地不同部位主成分分值大小顺序为上 部 (- 0.160)、下 部 (- 0.442)、底 部 (- 0.600)、顶 部 (- 0.826),这与表 3 中的土壤团聚体分异规律一致。

4 结 论

(1)运用主成分分析对不同利用方式土壤抗蚀性进行分析表明,>0.25 mm 水稳性团聚体含量及破坏率、>0.5 mm 水稳性团聚体含量及破坏率、平均重量直径和有机质含量是评价土壤抗蚀性的最佳 4 指标。

(2)主成分分析结果表明,土壤抗蚀性强弱顺序为:灌丛地>草地>竹林地>坡耕地。研究区水土流失严重,生态脆弱,退耕还林、还草有利于提高土壤抗蚀性,有利于水土保持。

(3)运用微团聚体类指标和水稳性团聚体类及有机质指标分别进行土壤抗蚀性评价时,得到相反的结论,土壤水稳性团聚体类指标评价结果与主成分分析结果一致。根据已有的研究成果及对研究区坡耕地土壤侵蚀强度分析证明了微团聚体类指标在本研究区评价土壤抗蚀性的效果不明显,故选用水稳性团聚体类及有机质含量作为指标进行评价效果最好。

(4)坡耕地不同部位土壤抗蚀性强弱为:上部>下部>底部>顶部,这与土壤水稳性团聚体含量坡面分异一致,证明了水稳性团聚体类指标可以较好地反映土壤抗蚀性特性。

3.3.1 耕作侵蚀引起的坡耕地土壤分异 耕作侵蚀是土壤在耕作工具的直接作用下发生分散、剥离、搬运、沉积的过程^[14]。在坡耕地耕作侵蚀过程中,坡面土壤从上向下运动,造成土壤物质再分布,土壤性质在不同部位产生分异。岩溶区坡耕地耕作侵蚀居主导地位,是导致土壤退化、生产力下降不可忽视的主要原因。坡耕地不同部位表层土壤团聚体及有机质含量出现明显分异。由表 4 可知,坡耕地土壤团聚体含量不论是哪一粒径均为上部>下部>底部>顶部,而土壤有机质含量则底部最大,上部和下部差不多,顶部最小。

参考文献:

[1] 李阳兵,王世杰,容丽. 关于中国西南石漠化的若干问题[J]. 长江流域与资源环境,2003,12(6):593-598.

[2] 王佑民,郭培才,高维森,等. 黄土高原土壤抗蚀性研究[J]. 水土保持学报,1994,8(2):11-16.

[3] 王春晓,谢世友,王灿. 重庆南川岩溶山区土壤抗蚀性变化及预测模型研究[J]. 农业现代化研究,2009,30(6):756-760.

[4] 李阳兵,高明,魏朝富,等. 土地利用对岩溶山地土壤质量性状的影响[J]. 山地学报,2003,21(1):41-49.

[5] 贾红杰,傅瓦利. 岩溶区坡地耕作侵蚀过程中的土壤再分布研究[J]. 土壤,2008,40(6):986-991.

[6] 赵洋毅,周运超,段旭,等. 黔中喀斯特地区不同植被土壤抗蚀性研究[J]. 农业现代化研究,2007,28(5):633-636.

[7] 胡宁,傅瓦利,马志敏,等. 岩溶石漠化山地不同退耕模式土壤抗蚀性及其与结构体分形关系研究[J]. 中国岩溶,2008,27(2):115-120.

[8] 安和平. 北盘江中游地区土壤抗蚀性及预测模型研究[J]. 水土保持学报,2000,14(4):38-42.

[9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1978.

[10] 高维森. 土壤抗蚀性指标及其实用性初步研究[J]. 水土保持学报,1991,5(2):60-65.

[11] 贾红杰. 重庆市中梁山岩溶区耕作侵蚀研究[D]. 重庆:西南大学,2008.

[12] 董慧霞,李贤伟,张健,等. 不同草本层三倍体毛白杨林地土壤抗蚀性研究[J]. 水土保持学报,2005,19(3):70-78.

[13] 王世杰,季红兵,欧阳自远,等. 碳酸盐岩风化土作用的初步研究[J]. 中国科学:D 辑,1999,29(5):441-449.

[14] 王占礼,邵明安,李勇. 黄土地区耕作侵蚀过程中的土壤再分布规律[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(2):168-172.