

黄绵土土壤活性有机碳的侵蚀和沉积效应

贾松伟^{1,2,3}, 贺秀斌¹, 韦方强¹

(1. 中国科学院 山地灾害与地表过程重点实验室, 四川 成都 610041;

2. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 活性有机碳作为土壤有机碳中活性最强的部分, 它比土壤有机碳更敏感于环境的变化。通过野外径流小区观测和室内分析, 研究了侵蚀对土壤活性有机碳的影响。结果表明, 土壤和泥沙中活性有机碳含量分别在 0.15~0.34 g/kg 和 0.28~2.92 g/kg 之间; 坡度 $\leq 20^\circ$ 时, 活性有机碳的流失量随着坡度的增加而增加; 其富集比介于 3.25~8.47, 且随着侵蚀强度和坡度的增大均减小。泥沙中活性有机碳含量随着侵蚀强度的增加呈对数递减趋势, 而活性有机碳流失程度则相反。

关键词: 土壤侵蚀; 活性有机碳; 沉积效应; 碳循环

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)02-0010-04

中图分类号: S157.1

Erosion and Deposition Effects of Soil Labile Organic Carbon in Loessal Soil

JIA Song-wei^{1,2,3}, HE Xiu-bin¹, WEI Fang-qiang¹

(1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichan 610041, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu, Sichuan 610041, China; 3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Labile organic carbon (LOC) is the most active part of soil organic carbon, and it is more sensitive to environment change. This paper studied the effect of soil erosion on LOC with field runoff plot observation and laboratory analysis. Results show that the LOC content in soil ranged between 0.15 g/kg and 0.34 g/kg, and was between 0.28 g/kg and 2.92 g/kg in sediment. For a slope gradient less than 20° , the amount of LOC loss increased with increased slope gradient. The enrichment ratio of LOC ranged between 3.25 and 8.47, and was negatively related to erosion rate and slope gradient. The LOC content in sediment decreased progressively as a logarithm function with increased soil erosion rate, and the LOC loss degree linearly increased with increased soil erosion rate.

Keywords: soil erosion; labile organic carbon (LOC); deposition effects; carbon cycle

土壤活性有机碳 (Labile organic carbon, 简称 LOC) 是指受植物、微生物影响强烈, 有一定的溶解性, 在土壤中移动比较快、不稳定、易氧化、分解的那部分碳素^[1]。土壤活性有机碳并不是一种单纯的化合物, 它是土壤有机碳中具有相似特性即较高有效性的一部分有机碳^[2]。土壤活性有机碳比土壤有机碳更敏感于环境的变化^[3]。

土壤侵蚀与泥沙沉积对陆地生态系统和大气之间的碳交换有很大的影响, 对平衡全球大气中 CO_2 浓度具有重大作用^[4]。根据 IPCC (国际碳循环计划) 的最新估计, 土壤有机碳损失对全球大气 CO_2 浓度升高的贡献率为 30%~50%^[5], 其中大约 50% 的损失有机碳是由土壤侵蚀造成的^[6]。活性有机碳作为

土壤有机碳中活性最强的部分, 研究土壤侵蚀对其的影响, 对于固定土壤有机碳、防止土壤有机碳损失具有重要意义。

本文通过野外小区观测和室内分析, 研究了不同坡度条件下土壤侵蚀对泥沙中活性有机碳含量及富集比的影响, 从而进一步了解土壤活性有机碳的侵蚀和沉积效应。

1 试验设计与方法

1.1 试验设计

试验布设在中国科学院安塞水土保持综合试验站山地试验场内。地理位置为 $109^\circ 19' \text{E}$, $36^\circ 51' \text{N}$, 属典型梁峁状丘陵沟壑区。土壤类型为黄绵土。气

候属暖温带半干旱气候, 多年平均降水量为 497.0 mm, 主要集中在 7—9 月, 占 60%~80%。

供试验的小区共有 5 个, 投影面积为 20 m × 5 m, 坡度分别为 10°, 15°, 20°, 25°, 30°。所供试小区边坡采用钢筋混凝土预制板, 埋入地表下 35 cm, 地表外露 10 cm。小区下方与径流桶相连收集径流、泥沙。共进行了 2002 年和 2003 年两年的试验观测。2002 年小区种植马铃薯, 2003 年小区撂荒。

1.2 采样与分析方法

于汛期来临前(5 月份), 每个小区按“S”形采集表层土壤(0—10 cm), 制成混合样, 作为基础土样。每次产流结束后, 测量径流桶中泥水样体积。混匀泥水, 收集 1 L 泥水样烘干测定泥沙浓度。同时收集 2~5 L 泥水样, 过滤, 泥沙样阴干后保存。所有土样和泥沙样进行研磨, 过 0.25 mm 筛孔, 用于有机碳和活性有机碳的测定。

土壤和泥沙中有机碳含量采用 $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 外加热氧化法测定^[7]; 活性有机碳含量采用 $KMnO_4$

氧化法测定^[8]; 径流中有机碳含量采用碳自动分析仪(紫外—过硫酸氧化)进行测定。降雨量和最大 30 min 雨强 I_{30} 根据自计雨量计算出, 每次降雨的降雨量和 I_{30} 见表 1。

2 结果与分析

2.1 土壤和泥沙中活性有机碳的含量

表 2 列出了所有测试样品活性有机碳含量的统计值, 发现土壤中活性有机碳含量介于 0.15~0.34 g/kg, 变异系数为 0.005; 而泥沙中活性有机碳含量介于 0.28~2.92 g/kg, 平均为 1.11 g/kg, 是土壤的 5 倍, 变异系数达到了 0.47。从而看出, 土壤和泥沙中活性有机碳含量变化相差很大。其主要原因为, 对土壤来说, 每个小区的土壤类型和处理方式都一样, 在侵蚀区域含量相对低些, 沉积区域则会高些, 但差别不会很大; 对于泥沙, 由于每次降雨的降雨量和 I_{30} 存在很大的差别(表 1), 侵蚀强度不同, 造成泥沙中活性有机碳的含量有很大差异。

表 1 每次降雨的降雨量及 I_{30} 值

日期	2002 年					2003 年		
	0621	0628	0705	0730	0811	0806	0808	0824
降雨量 P/mm	24.20	19.20	35.90	12.20	22.40	15.40	26.70	40.80
$I_{30}/(mm \cdot min^{-1})$	0.12	0.45	0.21	0.82	0.37	0.42	0.23	0.12
$PI_{30}/(mm^2 \cdot min^{-1})$	2.90	8.64	7.54	10.00	8.29	6.47	6.14	4.90

表 2 土壤和泥沙中活性有机碳的含量

样品类型	样品数	最小值/($g \cdot kg^{-1}$)	最大值/($g \cdot kg^{-1}$)	平均含量/($g \cdot kg^{-1}$)	标准差	变异系数
土壤	10	0.15	0.34	0.22	0.07	0.005
泥沙	39	0.28	2.92	1.11	0.68	0.470

2.2 坡度对土壤活性有机碳流失的影响

坡度对土壤活性有机碳流失的影响主要是通过土壤流失的影响实现的。表 3 是不同坡度小区土壤活性有机碳的平均流失量。

表 3 土壤活性有机碳平均流失量

年份	小区	活性有机碳流失量/g	占总有机碳流失量百分比/%
2002 年	10°	3.68	14.98
	15°	5.49	11.45
	20°	24.15	13.50
	25°	2.61	12.08
	30°	16.33	14.21
2003 年	10°	0.24	9.60
	15°	0.27	11.71
	20°	0.33	14.20
	25°	0.21	13.13
	30°	3.31	11.66

从表 3 可见, 随着坡度的增加, 活性有机碳流失量有增加的趋势, 25° 时出现急剧下降, 这主要是在 20°~25° 存在临界坡度, 导致 25° 时的土壤流失量明显减少所致。靳长兴也发现在流量一定条件下临界坡度为 24°~29°^[9]。若从所占总有机碳平均流失量的比例 9.6%~15% 来看, 差别不很明显。

为了进一步分析坡度对活性有机碳流失的影响, 选了 3 场具有典型意义的降雨(图 1)。从图 1 中可以看出, 对于每次降雨, 坡度对土壤活性有机碳流失的影响很大。坡度 $\leq 20^\circ$ 时, 活性有机碳的流失量随着坡度的增加而增加。当坡度达到 25° 时, 活性有机碳流失量急剧减少, 30° 时有所增加。同时对比 3 次降雨的降雨量和 I_{30} (表 1), 可以看出, 降雨量和 I_{30} 对活性有机碳流失的影响也很大; 随着它们的增大, 活性有机碳的流失越严重。

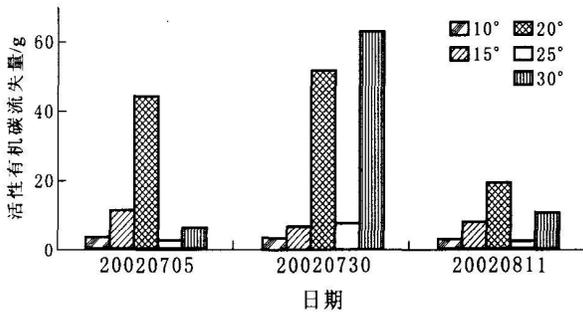


图 1 降雨对活性有机碳流失的影响

2.3 活性有机碳在泥沙中的富集

土壤冲刷过程中,由于径流的筛选作用,径流中的泥沙颗粒细于土壤颗粒,所以泥沙养分含量一般高于土壤的养分含量,呈现出明显的富集现象,富集程度的大小一般以泥沙和土壤养分含量的比值即富集比(E_R)表示。张兴昌等研究了坡度对泥沙中有机质富集比的影响^[10],表明坡度愈小,富集比愈大。从表 4 中可以看出,泥沙中活性有机碳呈现出明显的富集现象,其富集比在 3.25~8.47 之间,其随着侵蚀强度和坡度的增大均有减小的趋势。这主要是因为相同降雨情况下,坡度越大,坡面对径流的阻力减少,侵蚀强度变大,泥沙中粉粒和沙粒所占比例增大,而黏粒含量减小^[11],细颗粒有机碳含量要高于粗颗粒^[12],导致泥沙中活性有机碳含量相对减小。

表 4 不同坡度对活性有机碳富集比 E_R 的影响

年份	径流小区	侵蚀强度/ ($t \cdot km^{-2}$)	活性有机碳含量/($g \cdot kg^{-1}$)		E_R
			土壤	泥沙	
2002 年	10°	175.1	0.15	1.27	8.47
	15°	600.1	0.17	1.00	5.86
	20°	2165.0	0.34	1.16	3.41
	25°	256.7	0.34	1.19	3.50
	30°	1846.0	0.22	0.83	3.77
2003 年	10°	9.4	0.21	1.20	5.71
	15°	6.9	0.17	1.23	7.24
	20°	7.0	0.26	1.38	5.31
	25°	5.8	0.17	1.16	6.82
	30°	127.9	0.16	0.52	3.25

注:泥沙中活性有机碳含量为多次降雨的平均值。

2.4 侵蚀产沙与活性有机碳流失的关系

土壤活性有机碳作为土壤有机碳中最重要的一部分,研究它与侵蚀产沙的关系,对于了解活性有机碳的流失规律具有重要意义。对两年泥沙中活性有机碳含量与侵蚀强度作回归分析,发现泥沙中活性有机碳含量随着侵蚀强度的增加呈对数递减趋势(图

2)。而土壤活性有机碳流失程度与侵蚀强度呈明显的线性关系,相关系数达到了 0.96 以上(图 3);侵蚀强度越大,土壤活性有机碳的流失程度越大。

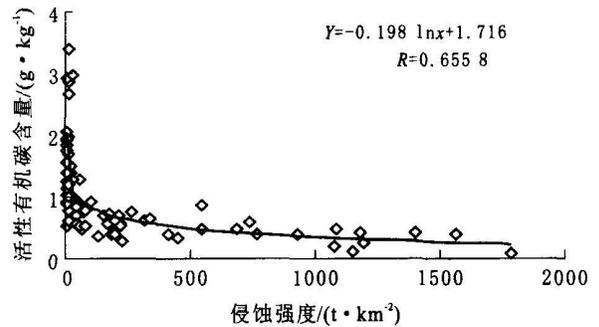


图 2 侵蚀强度与泥沙中活性有机碳含量的关系

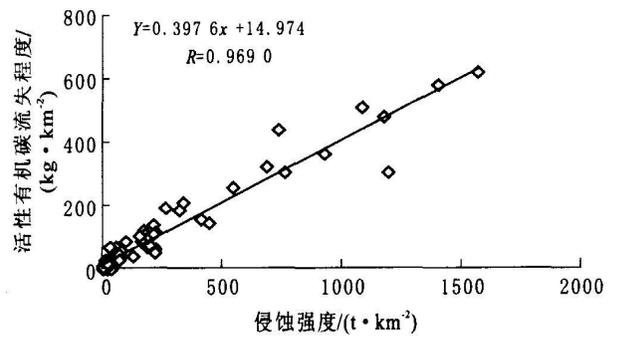


图 3 侵蚀强度与活性有机碳流失程度的关系

3 结论与讨论

土壤侵蚀作为当今世界最为严重的生态环境问题之一,它每年所产生的泥沙量为 $7.50 \times 10^{10} \text{ Mg}^{[13]}$,通过河道进入海洋的泥沙为 $1.50 \times 10^{10} \sim 2.00 \times 10^{10} \text{ Mg}^{[14]}$ 。假设泥沙输移比为 10%,有机碳的含量为 2%~3%,那么全球每年将有 4.0~6.0 Pg 的 C 进入水体^[15]。活性有机碳是有机碳中活性最强的部分,它比土壤有机碳更敏感于环境的变化。在泥沙沉积区域,一大部分活性有机碳被保留了起来。Anderson 等研究认为如果沉积区域的有机碳活性更强^[16],更易矿化,则沉积区域的有机碳比自然土壤或耕地的有机碳更易矿化。也有学者认为泥沙沉积将会造成有机碳的长期储存^[17]。这部分有机碳的去向究竟如何,在碳循环研究中是一个不可或缺的一环。通过野外径流小区观测和室内分析,得出以下结论。

(1) 土壤中活性有机碳含量在 0.15~0.34 g/kg 之间,变化范围很小;泥沙中活性有机碳含量则介于 0.28~2.92 g/kg,变异系数达到了 0.47。

(2) 坡度对土壤活性有机碳流失的影响很大,坡度 $\leq 20^\circ$ 时,活性有机碳的流失量随着坡度的增加而

增加; 当坡度达到 25° 时, 活性有机碳流失量急剧减少, 30° 时有所增加。

(3) 泥沙中活性有机碳呈现出明显的富集现象, 其富集比在 3.25~ 8.47 之间, 它随着侵蚀强度和坡度的增大均有减小的趋势。泥沙中活性有机碳含量随着侵蚀强度的增加呈对数递减趋势。土壤活性有机碳流失程度随着侵蚀强度的增加而增大。

[参 考 文 献]

- [1] 杨丽霞, 潘剑君. 土壤活性有机碳测定方法研究进展 [J]. 土壤通报, 2004, 35(4): 502—506.
- [2] 徐明岗, 于荣, 王伯仁. 土壤活性有机质的研究进展 [J]. 土壤肥料, 2000, 6: 3—7.
- [3] 高俊琴, 欧阳华, 白军红. 若尔盖高寒湿地土壤活性有机碳垂直分布特征 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 76—79.
- [4] Liu S, Bliss N, Sundquist E, et al. Modeling carbon dynamics in vegetation and soil under the impact of soil erosion and deposition [J]. Global Biogeochem. Cycles, 2003, 17(2): 1074.
- [5] IPCC report, Climate Change [R]. Working Group 1, Cambridge Univ. Press, U.K. 1995.
- [6] E De Jong, Kachanoski R G. The importance of erosion in the carbon balance of prairie soils [J]. Can. J. Soil Sci., 1988, 68: 111—119.
- [7] Nelson D W, Sommers L E. A rapid and accurate method for estimating organic carbon in soil [J]. Proceedings of the Indiana Academy of Science, 1975, 84: 456—462.
- [8] Graeme J. Blair, Rod D. B. Lefroy and Leanne Lisle. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems [J]. Aust. J. Agric. Res., 1995, 46: 1459—1466.
- [9] 靳长兴. 论坡面侵蚀的临界坡度 [J]. 地理学报, 1995, 50(3): 234—239.
- [10] 张兴昌, 邵明安. 侵蚀泥沙、有机质和全氮富集规律研究 [J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 541—544.
- [11] Monke E J, Marelli H J, Meyer L D. Runoff, erosion and nutrient movement from interrill areas [J]. Trans. of the ASAE, 1977, 20(3): 58—61.
- [12] Christensen B T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates [J]. Adv. in Soil Sci., 1992, 20: 1—90.
- [13] D Pimentel, C Harvey, P Resosudarmo, et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits [J]. Science, 1995, 267: 1117—1123.
- [14] Walling D E, Webb B W. Erosion and sediment yield: a global overview [M]. In: Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives. Proc. Exeter Symp., IAHS Publish. 1996, 236: 3—19.
- [15] Lal R. Soil erosion and the global carbon budget [J]. Environment International, 2003, 29: 437—450.
- [16] Anderson D W, E de Jong, G E Verity, et al. The effects of cultivation on the organic matter of soils of the Canadian prairies [J]. Trans. XIII Cong. Int. Soc. Soil Sci. (Hamburg), 1986, 7: 1344—1345.
- [17] Gregorich E G, Greer K J, Anderson D W, et al. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects [J]. Soil Tillage Research, 1998, 47: 291—302.