

黄土丘陵区土壤侵蚀对土壤有机碳流失的影响研究

贾松伟¹, 贺秀斌², 陈云明¹, 郑粉莉¹

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;

2. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610061)

摘要: 土壤侵蚀是造成土壤中有有机碳迁移、流失的主要原因, 也是陆地碳循环的重要动力过程之一。通过野外径流小区观测和室内分析的研究结果表明: 土壤有机碳流失主要随着泥沙流失, 最高可以达到 95% 以上; 土壤侵蚀造成了有机碳在泥沙中的富集, 且富集比大于 1。植被覆盖度对小区有机碳的流失有很大的影响, 随着植被覆盖度增大, 土壤有机碳的流失减小。侵蚀强度与泥沙中有有机碳含量呈递减的对数关系; 而与土壤有机碳流失程度呈明显的线性关系。

关键词: 土壤有机碳; 土壤侵蚀; 碳循环; 泥沙

中图分类号: S 157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)04-0088-03

Effect of Soil Erosion on Soil Organic Carbon Loss on the Loess Hilly Areas

JIA Song-wei¹, HE Xiu-bin², CHEN Yun-ming¹, ZHENG Fen-li¹

(1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS&MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

Abstract: Soil erosion does not only lead to the loss of surface soil, soil degradation, water contaminated, and the soil erosion process also goes with transference of soil organic carbon SOC. The effect of soil erosion on SOC in the different vegetation coverage and sloping gradient within the runoff plots were studied. The result shows that the main way of SOC loss is the loss accompanied with the sediment, accounting for 95% above of SOC; the loss amount of SOC decrease with the increasing of vegetation coverage. The soil erosion results in the enrichment of SOC in sediment, and the enrichment ratio is greater. The organic carbon content in sediment and SOC loss degree are related to erosion intensity.

Key words: soil organic carbon; soil erosion; carbon cycle; sediment

土壤有机碳是地球表层系统中最大且最具有活动性的生态系统碳库之一^[1]。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 CO₂ 浓度具有重大作用^[2]。若按泥沙输移比 10% 计算, 泥沙中有有机碳的含量为 2% ~ 3%, 全球每年将有 $4.0 \times 10^{12} \sim 6.0 \times 10^{12}$ kg C 进入水体; 假设碳在进入水体的过程中有 20% 的碳释放, 将会导致 $0.8 \times 10^{12} \sim 1.2 \times 10^{12}$ kg 的碳进入大气^[3]。

国内有关研究主要集中在土壤侵蚀对土壤退化、生产力下降^[4]以及水质影响^[5]等方面, 而关于土壤侵蚀对碳循环影响的研究报道较少。黄土高原特别是黄土丘陵区土壤侵蚀严重, 是黄河泥沙的主要来源区。研究黄土丘陵区的土壤有机碳流失规律, 对于防止该区土壤有机碳的大量流失具有重要作用。本文通过野外小区试验, 研究不同坡度及植被覆盖度下, 土壤侵蚀对土壤有机碳的影响, 从而为土壤侵蚀对碳

动力机制的影响提供依据。

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°19' E, 36°51' N, 属典型梁卯状丘陵沟壑区。土壤类型为黄绵土, 且在 50 ~ 100 m 范围内质地均一。气候属暖温带半干旱气候, 多年平均降水量为 497.0 mm, 平均气温 8.8 °C。

供试验的小区共有 6 个, 设计投影面积 20 m × 5 m, 坡度分别 10°、15°、20°、25°、30°; 其中 25° 小区有两个。所有供试小区边墙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。2002 年, 全部小区种植马铃薯; 2003 年, 小区全部撂荒。

1.2 采样与分析方法

① 收稿日期: 2004-07-10

基金项目: 国家自然科学基金西部重大研究计划项目(90302001); 国家自然科学基金项目(49901012)和(40301028); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-06-01-03)

作者简介: 贾松伟(1979-), 男, 硕士, 主要从事土壤侵蚀与土壤碳流失方面研究。

2003 年共产流 3 次, 于每次产流前, 采集土壤表层(0~10 cm), 作为基础土样。产流结束后, 测量径流桶中泥水样体积。混匀泥水, 采集 1 L 泥水样烘干测定泥沙浓度。采集 2~5 L 泥水样, 过滤, 收集 100 ml 水样, 加入 6 mol/L 的 H_2SO_4 溶液, 调 pH 到 2~3, 放入 2~4 冰柜中保存; 泥样阴干后保存, 用作室内分析。土壤和泥沙的有机碳含量采用 $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ 外加热氧化法测定^[6], 径流中有机碳含量采用碳自动分析仪测定。

2 结果分析

2.1 植被覆盖度对土壤有机碳流失的影响

多数研究表明, 植被覆盖可有效的减少土壤侵蚀, 并归结为植被茎叶对降雨的截留作用, 植被根系对土壤的固结作用和植被对径流传递的阻碍作用^[7,8]。对 25 的两个径流小区进行分析(见表 1), 表明植被覆盖度对小区的径流量和含沙量具有明显的影响作用; 在降雨量和降雨强度一致的情况下, 植被的覆盖度越高, 其减蚀作用越明显; 覆盖度增加 10%, 其径流量大约减少 13%~15%, 含沙量减少 14%~15%。而在植被覆盖度大致相同的情况下, 降雨量越大, 其径流量也越大, 含沙量变小。

表 1 不同植被覆盖度下侵蚀对土壤有机碳的影响

降雨特征	植被覆盖度/%	径流量 $/(m^3 \cdot km^{-2})$	含沙量 $/(kg \cdot m^{-3})$	泥沙中有机 碳流失量/g	径流中有机 碳流失量/g
降雨量 26.7 mm $I_{30}=0.23$	10	6898.9	215	413.1	7.47
	80	424.1	3.4	1.3	0.46
降雨量 40.8 mm $I_{30}=0.12$	15	10065.7	117	451.9	8.46
	76	692.7	2.2	1.7	0.84

土壤有机碳的含量对土壤结构和肥力有着重大的影响, 它的流失导致土地生产力下降。由表 1 可以看出, 随着植被覆盖度的增加, 有机碳的总流失量降低, 与径流量和含沙量呈正相关关系。从泥沙和径流中有机碳流失量来看, 有机碳的流失主要是以泥沙为载体被带走的, 在植被覆盖度小的情况下, 泥沙带走的有机碳占总有机碳流失量的 95%, 而在植被覆盖度高的情况下, 也达到了 65% 以上。

2.2 坡度对土壤及有机碳流失的影响

表 2 不同坡度对土壤有机碳流失的影响

坡度/ $^\circ$	植被覆盖度/%	径流量 $/(m^3 \cdot km^{-2} \cdot a^{-1})$	有机碳流失量 $/(kg \cdot km^{-2} \cdot a^{-1})$		平均有机碳含量 $/(g \cdot kg^{-1})$		富集比
			土壤	泥沙	土壤	泥沙	
10 $^\circ$	41	2036	114	2.64	10.3	3.90	
15 $^\circ$	68	989	76.5	2.54	10.47	4.12	
20 $^\circ$	70	1583	83.7	3.29	10.01	3.04	
25 $^\circ$	78	1301	78.8	2.86	8.91	3.12	
30 $^\circ$	47	4495	549	2.74	4.32	1.58	

坡度是影响坡面流侵蚀的重要地形因素之一, 同样的降雨条件下, 坡度不同, 形成的坡面流有很大不同, 土壤流失程度也有较大差别。对不同坡度退耕地全年的径流量和有机碳流失进行分析(表 2), 结果表明, 全年径流量和有机碳流失量并无明显的规律, 这可能是各个小区的植被覆盖度不同造成的。在植被覆盖度大概一致的情况下, 如 10 和 30 $^\circ$ 、15 和 20 $^\circ$, 径流量和有机碳流失量都随着坡度的增大而增加。唐克丽等^[9]通过对河流泥沙中养分与坡耕地养分的对比分析, 表

明泥沙中有机质、全氮等土壤养分具有明显的富集现象。从表 2 中可以看出, 泥沙中有机碳含量明显比土壤有机碳含量高, 其富集比最小为 1.58, 最大达到 4.12。这主要是由于降雨产流后, 径流主要在土壤表面产生, 首先搬运的是土壤表层细颗粒, 使侵蚀泥沙通常趋于黏粒富集和所吸附化学元素富集^[10]。

2.3 侵蚀强度与泥沙中有机碳含量及有机碳流失程度的关系

土壤有机碳含量是评价土地生产力的一个重要指标。土壤侵蚀每年都造成大量的土壤养分流失, 最终导致土地生产力严重下降。研究结果表明: 土壤养分流失主要是以泥沙为载体流失的, 占总流失量的 90% 以上^[11,12]。对泥沙中有机碳含量和侵蚀强度作回归分析发现: 泥沙中有机碳含量与侵蚀强度呈递减的对数关系(图 1), 表明泥沙有机碳含量随着侵蚀强度的增加呈对数递减趋势。这可能是因为侵蚀强度大时, 径流选择搬运细颗粒的同时, 较粗的颗粒沉积甚至覆盖在侵蚀小区表面, 使被选择搬运的侵蚀泥沙变粗^[13], 而养分含量与颗粒大小成反比, 这些共同作用导致泥沙中的有机碳含量随侵蚀强度的增大而减少。

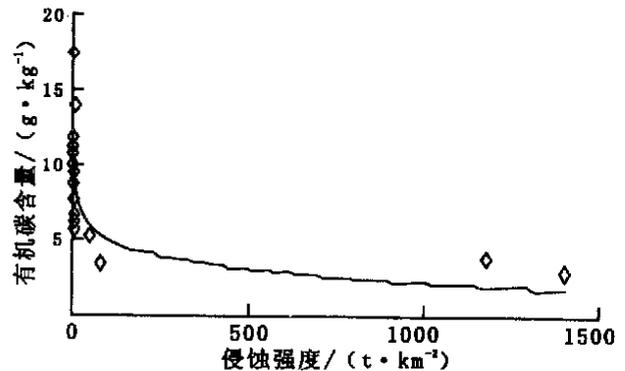


图 1 侵蚀泥沙中有机碳含量与侵蚀强度的关系

坡面土壤侵蚀导致的养分流失主要是随着泥沙而流失。从有机碳流失程度与侵蚀强度的关系(图 2)来看, 土壤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 0.98 以上。可见, 侵蚀强度越大, 土壤有机碳的流失程度越大。

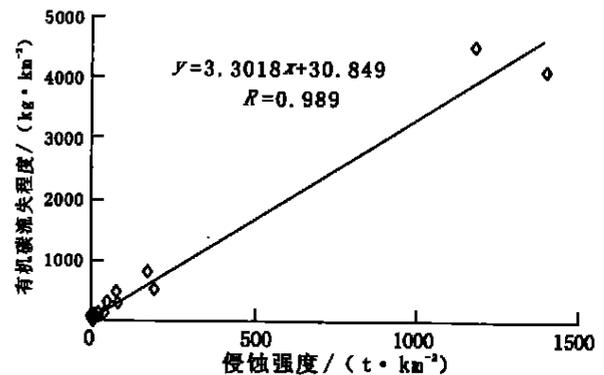


图 2 有机碳流失程度与侵蚀强度的关系

3 结论

土壤有机碳是陆地碳库的重要组成部分。土壤有机碳的流失不仅造成了土地生产力的降低, 而且在一定程度上也加剧了全球变暖的趋势。本文通过野外径流小区试验, 得出以下结论:

(1) 降雨量和降雨强度一致的情况下, 植被覆盖度对小区的径流和含沙量具有明显的影响; 覆盖度增加 10%, 其径流量大约减少 13% ~ 15%, 含沙量减少 14% ~ 15%。

(2) 坡度是影响坡地土壤侵蚀的重要地形因素之一。但小区退耕后, 植被覆盖度有很大的差别, 造成全年径流量和有机碳流失量和坡度之间的规律并不明显。

参考文献:

- [1] 潘根兴, 李恋卿, 张旭辉. 土壤有机碳库与全球变化研究的若干前沿问题——兼开展中国水稻土有机碳固定研究的建议[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(3): 100-109.
- [2] 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): 1074-1078.
- [3] Lal, R. Soil erosion and the global carbon budget[J]. Environment International, 2003, 29: 437-450.
- [4] U NEP. World Atlas of Desertification[M]. Nairobi, Kenya: Edward Arnold Seven Oaks, U NEP, 1992.
- [5] Lal R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality[J]. Crit Rev Plant Sci., 1998, 17: 319-464.
- [6] 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, 1978.
- [7] Dillaha T A. Vegetative filter strips for agricultural non-point-source pollution control[J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1989, 32: 513-519.
- [8] Chaubey I. Effectiveness of VFS in controlling losses of surface-applied poultry litters constituents[J]. Trans. Of the ASAE, 1985, 38(6): 1687-1692.
- [9] 唐克丽, 张仲子, 孔晓玲, 等. 黄土高原水土流失与土壤退化研究初报[J]. 环境科学 1984, 5(6): 52-57.
- [10] 张兴昌, 刘国彬, 付会芳. 不同植被覆盖度对流域氮素径流流失的影响[J]. 环境科学, 2000, 21(6): 16-19.
- [11] 刘秉正, 李光录, 吴发启, 等. 黄土高原南部土壤养分流失规律[J]. 水土保持学报, 1995, 9(2): 77-86.
- [12] 李光录, 赵晓光, 吴发启, 等. 水土流失对土壤养分的影响研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(增): 28-33.
- [13] Palis R G, Okwach G, Rose C W, et al. Soil erosion processes and nutrient loss: 1. The interpretation of enrichment ratio and nitrogen loss in runoff sediment[J]. Aust. J. Soil Res., 1990, 28: 623-639.

(上接第 76 页)

沙量、不同降雨强度下陡坡地的浅沟侵蚀—搬运过程及其坡上方汇水对坡下部侵蚀产沙量的影响。

(1) 上方汇水汇沙对坡下方侵蚀—沉积—搬运过程产生重要影响, 其影响程度受上方汇水径流量及其含沙量, 降雨强度和下垫面条件的制约。由于本试验研究的是在疏松试验条件下, 经过研究发现, 坡面浅沟侵蚀过程以侵蚀—搬运占主导地位。

(2) 在降雨过程中, 上方汇水汇沙是坡上下各部位之间能量传递的媒介, 不仅对坡下方的入渗、产流过程产生影响, 而且也能影响坡面的径流挟沙能力。衡量上方汇水汇沙对坡下方侵蚀产沙量影响的指标为上方汇水汇沙引起坡下方净

参考文献:

- [1] 唐克丽, 郑世清, 席道勤, 等. 杏子河流域坡耕地的水土流失及其防治[J]. 水土保持通报, 1983, 3(5): 43-48.
- [2] Zheng Fenli, Huang Chi-hua. Gully erosion[A]. In: Lal Rattan edited. Encyclopedia of soil science[M]. New York: Marcel Dekker, Inc, Basel, 2002. 630-634.
- [3] 郑粉莉, 高学田. 上方来水来沙对浅沟侵蚀带侵蚀过程[A]. 黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟[M]. 西安: 陕西人民出版社, 2000.
- [4] 张科利, 唐克丽. 浅沟发育与陡坡开垦历史的研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 59-62.
- [5] 张科利, 唐克丽, 王斌科. 黄土高原坡面浅沟侵蚀特征值的研究[J]. 水土保持学报, 1991, 5(2): 8-13.
- [6] Woodward D E. Method to predict cropland ephemeral gully erosion. Special Issue: Soil Erosion Modeling at the Catchments scale[J]. Catena, 1999, 37(3-4): 393-399.
- [7] 陈文亮. 组合侧喷式野外人工模拟降雨装置[J]. 水土保持通报, 1984, 4(5): 36-41.

(3) 土壤有机碳流失主要以泥沙为载体被带走; 随径流被带走的只是很少的一部分。土壤侵蚀造成了有机碳在泥沙中的富集, 且富集比大于 1。

(4) 泥沙中有机碳含量与侵蚀强度呈递减的对数关系; 而土壤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 0.989。

侵蚀产沙量。在上方汇水量相同时, 上方汇水引起坡下方的净浅沟侵蚀产沙量 S 随上方汇水含沙量的减少而增加。 S 值随降雨强度的增加而增加, 且与上方汇水径流量呈正相关。

(3) 上方汇水增加坡下方侵蚀产沙的原因主要是上方汇水汇沙使坡下方径流量和流速增大, 从而导致坡面侵蚀能力加剧。大的径流量具有较强的挟沙能力, 上方汇水的增加, 必然使下方产生较多的泥沙。在浅沟沟槽内, 水流速度增大, 有利于浅沟沟壁被侵蚀, 随水流被搬运。

(4) 通过分析不同含沙水流对坡面侵蚀产沙的影响可知, 采取层层拦蓄的措施对减少坡面土壤侵蚀有十分重要的作用。