

雅安紫色土小流域土壤有机碳及碳组分分布特征

刘珊珊, 宫渊波, 向香勇, 陈 曼, 杨 梅

(四川农业大学 长江上游林业生态工程四川省重点实验室, 四川 雅安 625014)

摘 要:以四川省雅安市和平小流域紫色土为研究对象,研究不同侵蚀强度紫色土小流域土壤有机碳分布特征。结果表明:自小流域上部向下部土壤侵蚀强度逐渐降低,土壤有机碳含量逐渐升高,且下部与上部和中部分布差异性极显著($P<0.05$);小流域内同一坡面不同坡位土壤总有机碳及碳组分含量均呈现坡脚>坡顶>坡中这一分布特征。小流域内阴坡和阳坡在土壤总有机碳及碳组分含量上有显著差异,具体表现为阳坡<阴坡。小流域内不同土层深度土壤总有机碳及碳组分含量均随土层的加深而降低。研究土壤碳的空间分布规律对该区退耕还林还草工程具有重要的指导意义。

关键词:有机碳;碳组分;紫色土

中图分类号:S153.6+2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)03-0063-04

Soil Organic Carbon and Distribution Characteristics of Carbon Fraction in Purple Soil in a Small Watershed of Ya'an Region

LIU Shan-shan, GONG Yuan-bo, XIANG Xiang-yong, CHEN Man, YANG Mei

(Sichuan Agricultural University, Forestry Ecological Engineering

in the Upper Reaches of Yangtze River Key Laboratory of Sichuan Province, Ya'an, Sichuan 625014, China)

Abstract: Heping watershed with purple soil in Ya'an region was taken as study area. Distribution characteristic of soil organic carbon was studied under different erosion intensities. The results indicated that soil erosion intensity reduced and soil organic carbon content increased gradually from up to down of the watershed. Difference among up, mid and down of the watershed was significant ($P<0.05$). Total soil organic carbon (SOC) and the carbon fraction content in the foot of slope was the highest on the same slope, that was followed by the top and mid of slope. SOC and carbon fraction content in shady slope were higher significantly than that in sunny slope. Soil total organic carbon and the carbon fraction content reduced gradually with the increase of soil depth. Investigation on spatial distribution of soil organic carbon has the the key guidance in terms of Project of Returning Farmland to Forests or Pastures.

Key words: soil organic carbon; carbon fraction; purple soil

土壤有机碳(SOC)储量是进入土壤的植物残体以及土壤微生物作用下分解损失的平衡结果。其储量大小受气候、植被、土壤属性及农业经营实践等多种物理因素、生物因素、人为因素的控制,并存在各种因子之间的相互作用。SOC的含量和组成对调节土壤养分流有很大影响,对土壤管理措施响应敏感,与土壤内在的生产力高度相关;其动态和循环又影响温室效应和环境质量^[1]。土壤活性碳是指受植物、微生物强烈影响,具有一定的溶解性,在土壤中移

动快、稳定性差、易氧化、矿化,并具有较高植物和土壤微生物活性的那部分有机碳^[2]。土壤活性有机碳较非活性有机碳敏感得多,又直接参与土壤生物化学转化过程^[3],同时也是土壤微生物活动的能源和土壤养分的驱动力^[4],土壤碳库的变化主要发生在活性碳库内^[5],因此,对于土壤活性有机碳的研究是土壤碳库动态及调控机理研究的重要方面^[6]。

紫色土是我国南方和四川盆地主要的农业土壤资源,其风化成土作用快、矿质养分丰富、自然肥力高

收稿日期:2011-11-10

修回日期:2011-12-06

资助项目:国家科技支撑计划重大项目(2006BAC01A11);四川农业大学校级创新性实验项目

作者简介:刘珊珊(1989—),女,山东菏泽人,硕士研究生,研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail:lss8908@163.com

通信作者:宫渊波(1957—),男,辽宁昌图人,教授,主要从事水土保持和生态恢复的教学和科研工作。E-mail:gyb@sicau.edu.cn

等,由于其多分布在山地丘陵,下渗及抗蚀性差、人类活动强度大等原因,是目前我国仅次于北方黄土的严重水土流失类型^[7]。有关紫色土土壤碳库的研究大多集中在不同土地利用方式方面,而对紫色土小流域土壤有机碳库的分布特征及侵蚀对紫色土碳库的影响方面研究较少。本文以华西雨屏区和平小流域为研究对象,探讨紫色土小流域土壤有机碳分布特征,对科学地利用和保护有限的紫色土资源,提高土地生产力,减缓温室气体排放提供科学依据。

1 研究区概况

和平小流域位于四川省雅安市雨城区西南部。幅员面积 10.22 km²,海拔为 591~796 m,属深丘低山地貌,亚热带湿润季风气候区。冬无严寒,夏无酷暑,多年年均气温 16.1℃,最高年为 16.9℃(1987 年),最低年为 15.4℃(1976 年)。全年以 1 月最冷,月平均气温 6.1℃;7 月最热,月平均气温 25.3℃。雨热同季,雨量充沛,年降水量达 1 732 mm;自然植被结构属季雨式的山地常绿阔叶林,但由于长期人类活动影响,已无原生植被,现有植被主要为果园和农耕地,土壤为紫色土。

受地理环境和自然条件的影响,小流域内水土流失非常严重,侵蚀面积为 3.4 km²,多年平均土壤侵蚀量达 1.63 万 t,每年平均土壤侵蚀模数为 4 794 t/km²,属强度流失区。严重的水土流失使小流域生态环境平衡失调^[7]。

2 研究方法

2.1 样地布设和土壤样品采集

2010 年 10 月,将小流域分为上中下三个地段,每个地段按阴坡、阳坡分坡顶、坡中和坡脚布设样地;在每个样地内采用 S 型采样法,进行分层采样,采样深度为 0—10 cm,10—20 cm,20—30 cm;每层土壤样品混合均匀后带回实验室风干、去杂,一部分过 0.2 mm 筛供土壤总有机碳分析,一部分过 2 mm 筛供土壤颗粒和轻组有机碳分析。

2.2 土壤总有机碳、颗粒有机碳、轻组有机碳测定

土壤总有机碳采用重铬酸钾氧化—外加热法;土壤颗粒和轻组有机碳分别采用湿筛法和密度分离法;轻组有机碳采用物理分组中(1.8 g/ml ZnBr₂)提取、重铬酸钾氧化外加热法测定(LY/T 1237—1999)。

2.3 数据分析

用 Excel 统计软件和 SPSS 软件进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 小流域不同地段土壤总有机碳及碳组分分布特征

由表 1 可知土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳均表现为小流域下部>小流域中部>小流域上部,含量分别为 13.35~16.75 g/kg,5.50~7.56 g/kg 和 1.88~3.75 g/kg。小流域不同地段总有机碳下部与上、中部差异性极显著($P<0.05$),上部与中部差异性不显著($P>0.05$)。颗粒及轻组有机碳均表现为上、中下部两两间差异性极显著($P<0.05$)。小流域内土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳变异系数介于 15%~39%,均属于中等变异。

表 1 小流域不同地段土壤总有机碳及碳组分分布

小流域 地段	总有 机碳	变异 系数	颗粒碳	变异 系数	轻组碳	变异 系数
上部	13.35b	21	5.50a	34	1.88a	39
中部	13.88b	18	6.50b	28	2.79b	26
下部	16.75a	15	7.56c	24	3.75c	18

注:数字后不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。总有机碳、颗粒碳、轻组碳的单位为 g/kg,变异系数的单位为%。下表同。

3.2 小流域同一坡面不同坡位土壤总有机碳及碳组分分布特征

地貌单元影响土壤发育、迁移、沉积、风化、分解等物理化学过程,从而造成土壤理化性质和土壤养分含量的空间分异^[8]。在紫色土小流域区,SOC 含量与不同地貌条件下土壤发育、水土流失等密切相关。由表 2 可知,小流域内同一坡面不同坡位土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳均表现为坡脚>坡顶>坡中,含量分别介于 14.02~15.45 g/kg,5.30~7.62 g/kg 和 2.22~3.36 g/kg。小流域不同坡位总有机碳坡脚与坡顶和坡中差异性极显著($P<0.05$),坡顶与坡中差异性不显著($P>0.05$)。颗粒及轻组有机碳均表现为坡顶、坡中及坡脚两两间差异性极显著($P<0.05$)。小流域内土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳变异系数介于 18%~41%。

表 2 小流域不同坡位土壤总有机碳及碳组分分布

坡位	总有 机碳	变异 系数	颗粒碳	变异 系数	轻组碳	变异 系数
坡顶	14.52b	18	6.63a	26	2.84a	35
坡中	14.02b	21	5.30b	27	2.22b	41
坡脚	15.45a	21	7.62c	27	3.36c	27

3.3 小流域不同坡向土壤总有机碳及碳组分分布特征

由表 3 可知对于小流域不同坡向而言,土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳均为阳坡<阴坡。阳坡土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳含量分别为 12.92 g/kg,5.72 g/kg 和 2.47 g/kg;阴坡土壤总有机碳、颗

粒及轻组有机碳含量分别为 16.40 g/kg,7.31 g/kg 和 3.14 g/kg。小流域不同坡向总有机碳、颗粒及轻组有机碳阳坡与阴坡均为差异性极显著($P<0.05$)。小流域内土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳变异系数介于 13%~40%。

表 3 小流域不同坡向土壤总有机碳及碳组分分布

坡向	总有机碳	变异系数	颗粒碳	变异系数	轻组碳	变异系数
阳坡	12.92a	20	5.72a	32	2.47a	40
阴坡	16.40b	13	7.31b	25	3.14b	32

3.4 小流域不同土层深度土壤总有机碳及碳组分分布特征

由表 4 可知土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳均表现为 0—10 cm>10—20 cm>20—30 cm,含量分别介于 12.96~16.34 g/kg,5.05~8.05 g/kg,2.34~3.28 g/kg。小流域不同土层深度土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳均表现为两两间差异性极显著($P<0.05$)。小流域内土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳变异系数介于 16%~42%。

表 4 小流域不同土层深度土壤总有机碳及碳组分分布

土层深度/cm	总有机碳	变异系数	颗粒碳	变异系数	轻组碳	变异系数
0—10	16.34a	16	8.05a	22	3.28a	29
10—20	14.68b	17	6.45b	24	2.79b	36
20—30	12.96c	21	5.05c	23	2.34c	42

3.5 小流域土壤总有机碳及碳组分相关性分析

由表 5 可知总有机碳、颗粒有机碳与轻组有机碳之间相关性达到极显著水平。可见,土壤中颗粒有机碳及轻组有机碳可作为反映土壤有机碳的有效监测因子。

表 5 不同土层深度土壤总有机碳及碳组分分布的相关性

指标	总有机碳	颗粒有机碳	轻组有机碳
总有机碳	1	0.822**	0.786**
颗粒有机碳	0.822**	1	0.880**
轻组有机碳	0.786**	0.880**	1

注: **表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

4 结论与讨论

4.1 讨论

(1) 由于该区雨量丰富、降雨集中、暴雨频繁、地表植被覆盖差,使紫色土水土流失现象非常严重。该小流域内自上部向下部土壤侵蚀强度逐渐减弱,上部和中部高强度土壤侵蚀使大部分有机碳积累在了小流域下部。下部土壤所含有机碳及其活性碳组分也较上、中部多。此外流域下部土层较上、中部深,土壤肥力较好,农业耕作活动频繁,加速了 SOC 的矿化周

转,加上长期施用肥料有利于增加土壤有机碳含量,导致下部有机碳含量高于上、中部,这一研究结果与孙文义^[9]对关于黄土丘陵沟壑区土壤表层有机碳分布特征研究结果一致。小流域下部较上部和中部植被覆盖度较大,尤其是灌木树种,灌木树种根系发达,以及本身会产生大量的凋落物,易形成所谓的“肥岛效应”^[7],表现为更多的有机质积累、较高的碳、氮含量和较高的微生物生物量以及呼吸强度等^[10]。

(2) 土壤中有有机碳很大一部分来源于凋落物分解,凋落物主要集中分布于土壤表层,经微生物分解后成为土壤中有有机质。由于水土流失等原因,表层土壤有机碳会重新分配。其原因是坡顶部由于开垦导致地势平坦,水土流失较弱,土壤发育相对成熟,有机碳含量相对较高^[10]。但坡中部坡度较大,水土流失强烈,有机碳积累十分缓慢,因此在整个小流域内坡中部有机碳含量最低。坡脚部虽有一定程度的水土流失影响,但由于地势低洼又承接来自坡中侵蚀的泥沙和径流,从而促进了坡脚部位有机碳的积累。因此在整个小流域内,有机碳含量呈现坡脚>坡顶>坡中的分布特征。土壤中有有机碳主要集中分布于土壤表层,所以随着土层深度的增加,土壤中有有机碳含量逐渐减小。颗粒及轻组有机碳均属于总有机碳中活性碳一部分,活性碳主要集中于表层,该研究结果与向成华等^[6]对川西地区土壤活性有机碳研究结果一致。

(3) 不同坡向条件下光、热、水资源分配不同,地形条件支配着水、热资源的分配,影响着土壤的发育程度^[12]。水、热资源的分配直接影响土壤中有有机质的矿化和腐殖化过程,从而支配着不同坡向条件下土壤有机碳的分布^[12]。由表 3 可知对于小流域不同坡向而言,土壤总有机碳、颗粒及轻组有机碳均为阳坡<阴坡。这是由于阳坡光、热资源优于阴坡,而雨水资源劣于阴坡,其土壤中有有机碳的矿化作用因此也强于阴坡,有机碳含量较低^[13]。在植被覆盖方面,阳坡植被覆盖度小于阴坡植被覆盖度,阴坡较大植被覆盖度也增加了土壤有机碳来源^[14]。这些因素促进了阴坡有机碳的积累。因此,在小流域内有机碳含量表现为阳坡<阴坡。

(4) 土壤活性有机碳包括土壤中颗粒及轻组有机碳和其它一些在土壤中易于氧化分解的游离态有机质部分,是最活跃、周转最快、对物理或化学等干扰因素和土地利用变化最敏感的部分含量^[14]。颗粒有机碳和轻组有机碳含量变化都依附于总有机碳含量变化,两者变化趋势和总有机碳变化趋势相同,说明颗粒有机碳及轻组有机碳和总有机碳三者在一定程度上具有同源性。

4.2 结论

(1) 紫色土小流域水土流失严重,伴随着水土流失的发生,土壤总有机碳及碳组分含量呈现小流域上部<小流域中部<小流域下部这一分布特征。说明在该小流域内下部作为上、中部水土流失的一个“汇”其总有机碳及碳组分含量均最高。

(2) 由于紫色土区农业耕作活动频繁,坡顶部分因农业耕作活动导致小地形改变减缓了土壤侵蚀强度,使小流域内同一坡面不同坡位土壤总有机碳及碳组分含量均呈现坡脚>坡顶>坡中这一分布特征。小流域内不同坡向由于水热等资源分配不同,阴坡和阳坡在土壤总有机碳及碳组分含量上有显著差异,具体表现为阳坡<阴坡。小流域内不同土层深度土壤总有机碳及碳组分含量均随土层的加深而降低。因此在紫色土区开展退耕还林还草工程,增加坡面植被是减少水土流失,增加土壤碳贮量的有效措施。

参考文献:

- [1] 李春艳,邓玉林,孔祥东. 沱江流域不同土地利用方式紫色土有机碳储量特征[J]. 水土保持学报,2007,21(2): 93-95.
- [2] 郭胜利,车升国,梁伟,等. 黄土高原沟壑区王东沟小流域土壤有机碳空间分布[J]. 生态学报,2010,30(1):52-59.
- [3] Wander M M, Traina S J, Stinner B R. Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools[J]. Soil Science Society of America Journal,1992,58(4):1130-1139.
- [4] Coleman D C, Reid C P P, Cole C. Biological strategies of nutrient cycling in soil systems[J]. Advances in Ecological Research,1983,13:1-55.
- [5] Janzen H H, Campbell C A, Brandt S A, et al. Light-Fraction organic matter in soils from long-term crop-rotations[J]. Soil Science Society America Journal,1992,56(6):1799-1806.
- [6] 向成华,栾军伟,骆宗诗. 川西沿海梯度典型植被类型土壤活性有机碳分布[J]. 生态学报,2010,30(4):1025-1034.
- [7] Garner W, Steinberger Y. A proposed mechanism for the formation of 'fertile islands' in the desert ecosystem[J]. Journal of Arid Environments, 1989,16(3):257-262.
- [8] 许文强,罗格平,陈曦. 干旱区绿洲—荒漠过渡带灌丛土壤属性研究[J]. 应用生态学报,2006,17(4):583-586.
- [9] 孙文义,郭胜利,宋小燕. 地形和土地利用对黄土丘陵沟壑区表层土壤有机碳空间分布影响[J]. 自然资源学报,2010,25(3):443-453.
- [10] 刘兆云,章明奎. 侵蚀—沉积连续地形中土壤碳库的空间分异[J]. 水土保持通报,2009,29(3):61-64.
- [11] De Jong E, Kachanoski R G. The importance of erosion in the carbon balance of prairie soils[J]. Can. J. Soil Sci.,1988,68(1):111-119.
- [12] 魏孝荣,邵明安,高建伦. 黄土高原沟壑区小流域土壤有机碳与环境因素的关系[J]. 环境科学,2008,29(10):2879-2884.
- [13] 唐家良,周麟,罗贵生,等. 岷江上游干旱河谷区阳坡土壤性质空间分异特征[J]. 山地学报,2009,27(5):531-537.
- [14] Khanna P K, Ludwig B, Baubus J, et al. Assessment and significance of labile organic C pools in forest soils [C]//Lal R, Kimble J M, Follett R F, et al. Assessment methods for soil carbon. Boca Raton: Florida Lewis Publishers,2001:167-182.
- [15] 冯瑞芳,杨万勤,张健,等. 模拟大气 CO₂ 浓度和温度升高对亚高山冷杉(*Abies faxoniana*) 林土壤酶活性的影响[J]. 生态学报,2007,27(10):4016-4026.
- [16] 孙辉,吴秀臣,秦纪洪,等. 川西亚高山森林土壤过氧化氢酶活性对升高温度和 CO₂ 浓度的响应[J]. 土壤通报,2007,38(5):891-895.
- [17] 吴秀臣,孙辉,杨万勤,等. 川西亚高山红桦幼苗土壤蔗糖酶活性对温度和大气二氧化碳浓度升高的响应[J]. 应用生态学报,2007,18(6):1225-1230.
- [18] 霍小鹏,李贤伟,张健,等. 川西亚高山暗针叶林土壤渗透性能研究[J]. 水土保持研究,2009,16(6):192-195.
- [19] 霍小鹏,李贤伟,张健,等. 川西亚高山人工针叶林枯落物持水与土壤渗透性能[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(5):540-546.
- [20] 张远东,刘世荣,罗传文,等. 川西亚高山林区不同土地利用与土地覆盖的地被物及土壤持水特征[J]. 生态学报,2009,29(2):627-635.
- [21] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化性质[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.
- [22] 杨万勤,张健,胡庭兴,等. 森林土壤生态学[M]. 成都:四川科学技术出版社,2006.

(上接第62页)