

文章编号:1001-4810(2013)03-0292-07

# 岩溶山地土壤有机碳的分布特征及 表层土壤有机碳的影响因素分析 ——以重庆市北碚区为例

严宁珍,程永毅,杨剑虹,屈 明

(西南大学资源环境学院,重庆 400715)

**摘 要:**通过野外采样调查分析,运用地统计学方法,分析了北碚区土壤有机碳(SOC)的分布特征和表层土壤有机碳的影响因素。结果表明:空间上,从表土层到底土层 SOC 含量依次降低,且差异显著,降幅依次为 35.02 %和 47.12 %;时间上,与 1984 年第二次土壤普查相比,从表土层到底土层土壤有机碳的含量呈增加趋势,增加幅度分别为:4.36 %,31.92 %和 14.74 %。对表层土壤有机碳的影响因素进行了分析,发现 SOC 含量随着土壤中全氮、碱解氮、黏粒含量的增加而增加;含有碎屑岩的碳酸盐岩比纯碳酸盐岩形成的土壤有机碳含量高;随着海拔的升高 SOC 含量增大,表现为:山顶(21.94 g/kg) > 平坝(19.53 g/kg) > 槽谷(15.60 g/kg) > 山腰(13.40 g/kg);不同土地利用方式下的 SOC 含量高低顺序为:林地(26.16 g/kg) > 草坡(21.95 g/kg) > 菜地(16.75 g/kg) > 果园(15.31 g/kg) > 耕地(12.85 g/kg)。传统的耕作方式容易造成 SOC 损失,建议在岩溶山地通过退耕还林还草、坡改梯、增施有机肥增加土壤有机碳;推广应用免耕、少耕、秸秆还田等耕作措施,增加农田土壤固碳能力。

**关键词:**土壤;有机碳;影响因素;岩溶山地

**中图分类号:**S158.3 **文献标识码:**A

## 0 引 言

土壤是连接大气圈、水圈、生物圈和岩石圈的纽带。土壤碳是陆地碳库的重要组成部分,是构成土壤肥力的重要基础。土壤碳包括土壤有机碳和无机碳,土壤无机碳很少变动,对碳循环的影响不大,土壤有机碳(soil organic carbon, SOC)是陆地生态系统碳平衡的主要因子<sup>[1]</sup>。它的转化和积累变化一方面直接影响着全球碳循环动态<sup>[2]</sup>,另一方面影响了土壤肥力和植物生长,从而间接影响了陆地生物碳库<sup>[3-4]</sup>,因而,土壤有机碳常被选作土壤质量评价的重要指标,用来综合反映土地生产力、环境健康功能<sup>[5]</sup>。土壤有机碳的大量损失可造成土壤退化以及降低农田利用的可持续性<sup>[6]</sup>。

土壤碳储量的估算及影响因素分析是研究陆地

生态系统碳循环的基础。我国已开展了大量土壤碳库研究,对全国和省级土壤有机碳库估算进行了探索<sup>[6-7]</sup>,而对于局地的县域土壤特别是岩溶山地有机碳的影响因素研究较少。我国幅员辽阔,局地自然条件差异较大,土壤类型多样,对不同地域不同土壤尤其是贫瘠的岩溶土壤有机碳的研究尤为必要。本文以重庆北碚区岩溶土壤为例,通过实地野外取样和室内分析,运用 SPSS 软件,分析影响北碚表层土壤有机碳的因素,为北碚岩溶土壤的改良与利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

北碚区位于东经 106°18'14"~106°56'53",北纬

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助(XDJK2009C065)、重庆市科委项目(编号 6759)

第一作者简介:严宁珍(1971-),女,副教授,从事土地资源利用的研究。E-mail: yanningzhen@163.com。

收稿日期:2013-04-18

29°39′00″~30°03′53″,面积 753 km<sup>2</sup>,处于市区东北。区内属亚热带季风湿润气候,湿度大,云雾多,日照少。年平均气温 18.3℃,年平均降雨量为 1 200 mm 左右。地貌上属于渝中平行岭谷低山丘陵区,呈平行状分布,形成“一山三岭两槽”式的地貌景观。区内地层除泥盆系、第三系外都有分布,碳酸盐岩层主要为三叠系的嘉陵江组、飞仙关组和二叠系的茅口组,出露面积 49.5 km<sup>2</sup>,分布在观音峡背斜的翼部与核部,发育的土壤为石灰土和黄壤。采样点位置见图 1。

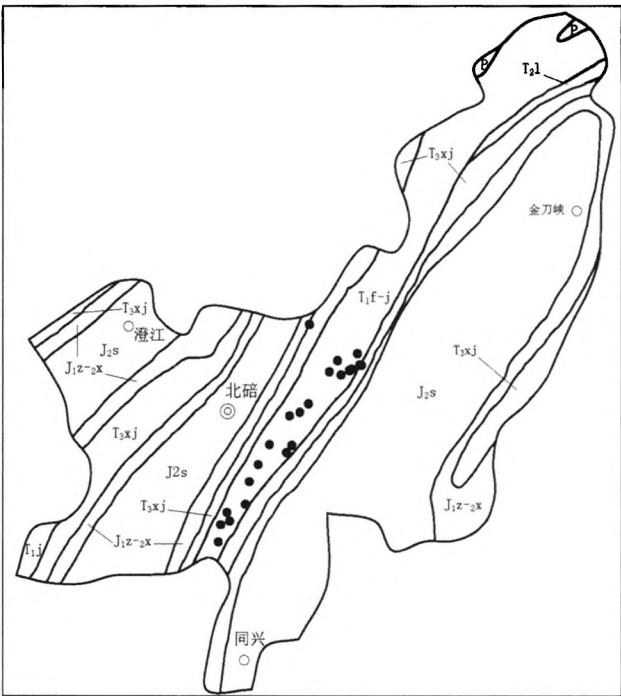


图 1 采样点分布位置图  
Fig. 1 The distribution of sampling sites

**1.2 样品采集和数据处理**

为了避免作物生长期施肥的影响,样品采集于 2010 年秋季进行;为确保数据具有可分析和对比性,样点的选择以 1984 年第二次土壤普查为参照,尽量靠近原样点采集土样。采样时记录采样点的经纬度、地形地貌、土地利用历史、植被类型、母质类型等信息。按照土壤发生层次(表土层、心土层、底土层)依次取样,在每个样地选择生境相似的 3 个样点按照不同层次取样,然后将每层位取得的 3 个样品充分混合作为该层的供试样品。由于石灰岩发育土层浅薄,取样深度到基岩为止,深度不一。各层样品采集数量如表 1 所示。样品取回经风干后过 0.25 mm 筛,土壤有机碳用重铬酸钾容量法(外热法),全氮用开氏法,碱解氮用化学分析法,黏粒用比重计法,pH 用电位法测定。

数据分析处理采用 EXCEL 和 SPSS18.0 软件。文中表、图里的值均是多次重复实验的平均值。

2 结果与分析

**2.1 土壤有机碳的分布特征**

**2.1.1 SOC 含量及剖面变化特征**

重庆市耕层 SOC 含量平均为 4.06~20.3 g/kg,北碚岩溶山地表层 SOC 含量(表 1)为 18.19 g/kg( $n=22$ ),处于偏上水平。这是由于该区石灰岩成土时间长,气候适宜,地表植被覆盖度大,有机质积累较多所致。

表 1 SOC 含量及剖面变化特征  
Table 1 The content of SOC and its change characteristics in the soil profile

| 发生层           | 样品数 | 最大值/<br>g/kg | 最小值/<br>g/kg | 均值±标准差/<br>g/kg | 偏度   | 峰度    | 变异系数<br>/% |
|---------------|-----|--------------|--------------|-----------------|------|-------|------------|
| 表土层(0—20 cm)  | 22  | 29.06        | 7.95         | 18.19±1.33a     | 0.11 | −0.95 | 33.60      |
| 心土层(20—40 cm) | 22  | 19.41        | 5.63         | 11.82±0.76b     | 0.31 | −0.07 | 29.55      |
| 底土层(>40 cm)   | 15  | 10.44        | 3.65         | 6.25±0.52c      | 0.66 | −0.22 | 30.28      |

注:同列不同字母表示 SOC 含量差异极显著( $p<0.01$ )

从表 1 可以看出,土壤剖面 SOC 含量,自地表向下依次降低,均为表土层最高<sup>[8-9]</sup>,心土层次之,底土层最低,且差异显著,降幅依次为:35.02%和 47.12%。方差分析表明,剖面上 3 个层次 SOC 含量差异极显著。主要原因是肥料的投放等主要发生在表土层,对底土层的影响较小。

**2.1.2 SOC 含量的时间变化特征**

与 1984 年第二次土壤普查<sup>[10]</sup>相比(图 2),20 多

年来北碚岩溶山地土壤剖面 SOC 含量普遍增加。表土层到底土层增幅分别为:4.36%,31.92%和 14.74%。其中心土层增幅最大,表土层最小。自上世纪 80 年代初农地实行联产承包责任制以来,农户的生产积极性迅速提高,精耕细作,节约和集约利用土地意识增加,特别是近十年来,由于国家政策的扶持,农民开始大力种植绿色蔬菜和水果,有机肥料与化学肥料配合施用,作物产量和耕地肥力逐渐提高。

而精耕细作也加速了有机质的分解,所以表土层增加幅度较小。上世纪 90 年代中期政府意识到开荒垦田,摧毁植被,水土流失加剧,灾害频发的严重后果,在政府补贴前提下号召农民退耕还林还草,恢复植被,坡地改梯田等,使大量的坡耕地转化为林地和果园,北碚岩溶山地林地郁郁葱葱,随处可见。林木是深根系,由上而下生长,能够促进土壤微生物的活动和数量的增加,改善土壤团粒结构,增强土壤肥力,因而心土层和底土层 SOC 含量增加幅度较大。

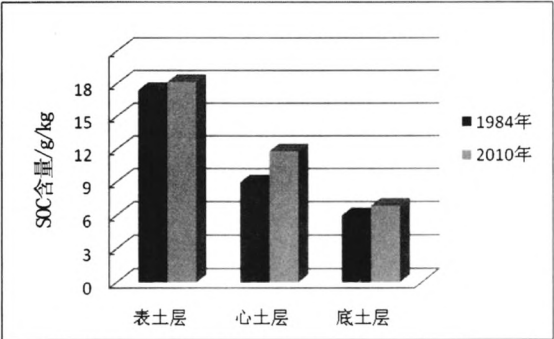


图 2 不同时期 SOC 含量

Fig. 2 The content of SOC in different period

2.2 表层土壤 SOC 含量的影响因素

由于岩溶土壤土层普遍发育较薄,部分剖面缺乏底土层,导致数据缺失;另外心土层和底土层 SOC 含量的影响因素与表层土壤 SOC 含量的影响因素相似(部分土地利用的影响因素例外),因此本文只研究表

层土壤 SOC 含量的影响因素。影响表层土壤 SOC 分布的因素较多,这里主要探讨土壤性质、海拔、地形、土地利用对土壤 SOC 的影响。

2.2.1 土壤性质对表层 SOC 的影响

土壤理化特性在局部范围内影响土壤有机碳的含量。

2.2.1.1 全 N、碱解 N、黏粒对表层 SOC 的影响

从表 2 可知:北碚区土壤全 N、碱解 N、黏粒含量为中等变异程度,与 SOC 呈强正相关,相关系数大于 0.71。土壤表层中大约 80 %~97 % 的氮存在于有机质之中<sup>[11]</sup>,因此土壤全氮量主要决定于有机质含量,有机质与全氮的之间存在高度的相关性。大量研究证明,土壤全氮与有机质含量间存在很好的线性正相关<sup>[12]</sup>。北碚表层土壤有机碳(Y)与全氮(X)也呈线性相关(图 3a),其相关方程为  $Y=6.651X+2.715$ ,相关指数  $R^2=0.692$ ,通过了 99 % 水平的显著性检验,为极显著的正相关。

与全氮一样,碱解氮(Y)与有机质(X)也表现为正相关(图 3b):  $Y=0.110X+3.260$  ( $R^2=0.593$ ),相关系数也通过 99 % 水平的显著性检验,即土壤碱解氮同样决定于有机质含量,这实际上是碱解氮与全氮关系的延伸<sup>[12]</sup>。换言之,增加土壤的有机质含量,就能增加其全氮量,进而增加碱解氮含量和提高土壤供氮水平,且在有机质和全氮含量较低的土壤中,这种关系表现得更为明显。

表 2 全 N、碱解 N 和黏粒样本特征描述

Table 2 The sample characteristics of TN , alkaline hydrolysis nitrogen and clay particle

| 类型         | 样品数 | 最大值  | 最小值  | 平均值±标准误差      | 变异系数/% | 与 SOC 相关系数 |
|------------|-----|------|------|---------------|--------|------------|
| 全 N/g/kg   | 22  | 4.15 | 1.22 | 2.33±0.17**   | 33.65  | 0.83       |
| 碱解 N/mg/kg | 22  | 241  | 46.6 | 135.31±9.31** | 32.27  | 0.77       |
| 黏粒/%       | 22  | 58.3 | 10.5 | 37.70±2.52**  | 31.38  | 0.71       |

注:\*\* 指回归方程达到极显著水平( $p<0.01$ )。

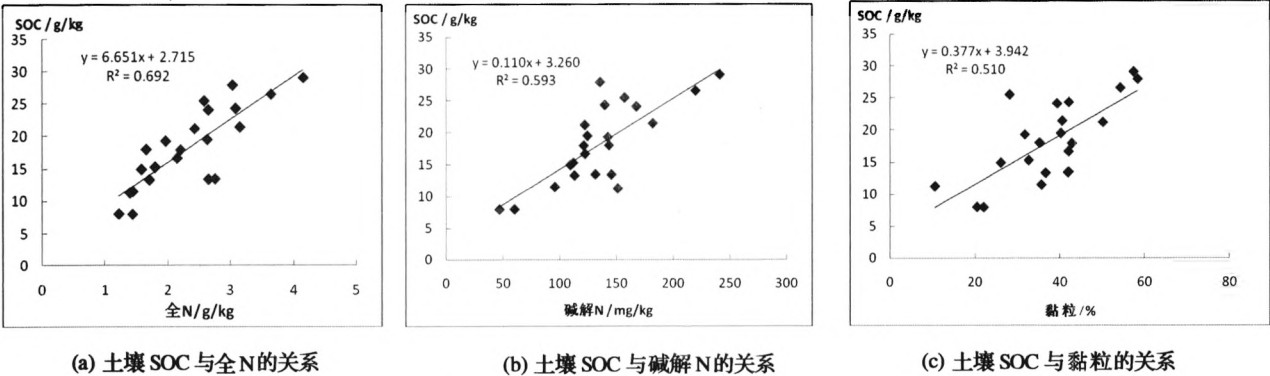


图 3 土壤有机碳与土壤性质的关系

Fig. 3 The relationship between SOC and soil properties

黏粒对土壤有机碳的保护作用已得到实验验证<sup>[13]</sup>。通常土壤有机质的 58 %~98 %集中在土壤黏粒中<sup>[14]</sup>。统计结果表明,北碚土壤粘黏与有机质呈极显著的正相关(图 3c),回归方程为  $Y = 0.377X + 3.942(R^2 = 0.510)$ ,揭示北碚土壤有机碳含量随着土壤中黏粒含量的增加而增高。

2.2.1.2 pH 对表层 SOC 的影响

土壤微生物活性要求酸度需保持在一定的范围内,pH 值过高(>8.0)或过低(<6.0)对大部分微生物都不大适宜,会抑制其活动,从而使有机碳分解的速率下降<sup>[15]</sup>。北碚土壤表层有机碳统计结果表明(表 3):pH=6.0~8.0 时的 SOC 含量最高,<6.0 次之,>8.0 最低,降幅依次为 10.04 %和 39.27 %,其中 SOC 最高和最低相差 9.14 g/kg,幅度达 45.68 %。pH>8.0 和 pH 为 6.0~8.0 的土壤有机碳含量在  $p<0.05$  水平上差异显著,与 pH<6.0 的 SOC 含量差异不显著。这是由于 pH<6.0 的土壤位于低海拔的槽谷平地区且全部为耕地,种植玉米、胡豆,耕作活动频繁,土壤团聚体结构经常遭受破坏,使土壤有机碳失去保护而直接暴露,以致含量偏低。而 pH>8.0 的土壤位于低海拔槽谷谷坡和高海拔的坡地,多为耕地和果园,该地类由于耕作频繁且坡度较大,缺乏过渡层的岩溶土壤侵蚀强烈,水土流失严重,致使土壤中营养物质大量流失,造成土壤有机质急剧降低<sup>[16-17]</sup>。

pH 在 6.0~8.0 之间的土壤分布区土地利用方式主要为草坡、林地、菜地等,植物的枯枝落叶较多,有机碳的输入量大,加之后期的施肥管理,人为地增加了有机碳的含量,因此其 SOC 含量较高。

2.2.1.3 成土母质对表层 SOC 的影响

成土母质是土壤形成的物质基础,通过矿物组成、

表 3 不同 pH 对 SOC 含量的影响

Table 3 Impact of different pH on SOC content

| pH      | 样品数 | SOC 含量/g/kg |       |              |
|---------|-----|-------------|-------|--------------|
|         |     | 最大值         | 最小值   | 平均值±标准误差     |
| <6.0    | 6   | 24.30       | 11.25 | 17.90±1.98AB |
| 6.0~8.0 | 13  | 29.06       | 11.48 | 20.01±1.70A  |
| >8.0    | 3   | 16.65       | 7.95  | 10.87±2.89B  |

注:每列中有相同大写字母表示不同酸碱度上 SOC 含量差异不显著( $p<0.05$ )。

性质、风化方式等影响土壤的性质。岩溶区土壤物质主要来源于碳酸盐岩酸不溶物(主要由硅酸盐质物质组成)及碳酸盐岩层间的泥页岩薄层<sup>[18-19]</sup>。越纯的碳酸盐岩中,酸不溶物含量越低,岩石风化残留下来的土壤物质也越少<sup>[20]</sup>。北碚岩溶土壤的成土母质是三叠系嘉陵江组、飞仙关组和二叠系茅口组碳酸盐岩。通过野外实地采样分析(表 4),有机质含量从高到低顺序:茅口组母质土壤>飞仙关组母质土壤>嘉陵江组母质土壤,这是由于茅口组碳酸盐岩的成土时间长、且灰岩和页岩中含有有机质,发育的土壤为黑色—棕色石灰土,且上覆植被主要为林木和灌草,因此,土壤中有机碳含量最大,分别较嘉陵江组和飞仙关组土壤高出 48.18 %和 13.16 %。来自于茅口组的土壤其 SOC 与嘉陵江组的 SOC 在  $p<0.05$  水平上差异显著,而与飞仙关组的差异不显著。这是因为飞仙关组的岩层为碳酸盐夹碎屑岩,酸不溶物含量高,发育土壤为黄棕色石灰土,在长期人为耕作影响下导致下有机质含量偏高;而嘉陵江组碳酸盐岩较纯,形成的土壤为黄色石灰土和少量黄壤,有机质含量较低。

表 4 不同成土母质对 SOC 含量的影响

Table 4 Impact of different parent materials on SOC content

| 成土母质                   | 岩 性                         | 土 类    | 样品数 | SOC 平均值±标准误差/g/kg |
|------------------------|-----------------------------|--------|-----|-------------------|
| 嘉陵江组(T <sub>1j</sub> ) | 浅灰色中厚层状灰岩、白云岩、白云质灰岩为主夹盐溶角砾岩 | 黄色石灰土  | 14  | 15.90±1.50A       |
| 飞仙关组(T <sub>1f</sub> ) | 灰紫、紫红砂泥质灰岩夹粉砂岩、泥页岩、生物碎屑灰岩   | 黄棕色石灰土 | 4   | 20.82±3.49AB      |
| 茅口组(P <sub>2m</sub> )  | 深灰色厚层状生物碎屑灰岩、含有机质的灰岩和页岩     | 黑色石灰土  | 4   | 23.56±2.08B       |

注:每列中有相同大写字母表示不同母质 SOC 含量差异不显著( $p<0.05$ )。

2.2.2 高程对表层 SOC 的影响

随着海拔的逐渐升高,气温、土温相应降低,昼夜

温差加大,土壤的腐殖化过程强烈,微生物的分解能力减弱,有利于土壤有机质的积累,使得有机碳含量

增高。根据研究区具体地形状况,结合等高线采样位置,将高程划分为<500 m,500~650 m 和>650 m 3 个等级进行研究(表 5)。方差分析表明,北碚表层有机碳含量随着高程的增加而增加。高程在 500~650 m 比<500 m 的 SOC 含量高 55.04 %,两者有显著差异;而>650 m 比 500~650 m 的 SOC 含量仅高 3.12 %,二者无显著差异。这是由于海拔在 500 m 以上的土壤分布区经过十多年的退耕还林还草后其植被以林地和灌草为主;<500 m 和>650 m 高程的土壤有机碳含量也有显著差异。回归分析表明(图 4),海拔与表层土壤 SOC 呈线性正相关( $Y = 0.031X - 1.462, R^2 = 0.426$ ),且其相关性达到极显著水平( $p < 0.01$ )。

表 5 不同高程对 SOC 含量的影响  
Table 5 Impact of different elevation on SOC content

| 海拔/m    | 样品数 | SOC 含量/g/kg |       |             |
|---------|-----|-------------|-------|-------------|
|         |     | 最大值         | 最小值   | 平均值±标准误差    |
| <500    | 6   | 17.98       | 7.95  | 12.79±1.78A |
| 500~650 | 6   | 29.06       | 13.40 | 19.83±2.50B |
| >650    | 10  | 27.90       | 11.48 | 20.45±1.82B |

注:每列中有相同大写字母表示不同高程 SOC 含量差异不显著 ( $p < 0.05$ )。

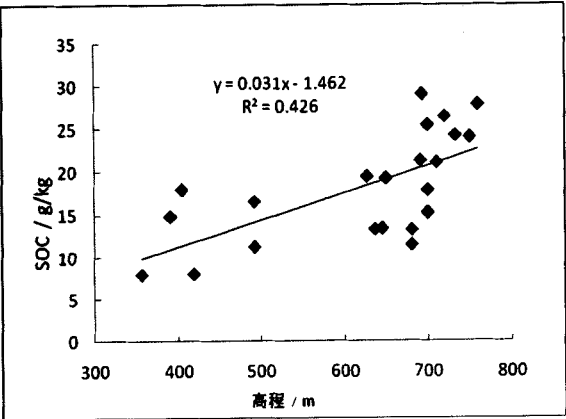


图 4 高程与表层土壤有机碳关系  
Fig. 4 The relationship between elevation and SOC

2.2.3 地貌对表层 SOC 的影响

岩溶山地不同地貌由于坡度、植物种类及繁茂程度不同,它们在地表所积累的有机碳数量和质量也不相同,引起土壤有机碳含量也有差异。从表 6 可以看出:北碚岩溶山地不同地貌部位有机碳含量高低顺序依次为:山顶>平坝>槽谷>山腰。山腰和山顶地貌部位 SOC 含量相差幅度达 63.73 %,而槽谷和平

坝差异则没有那么明显,幅度只为 20.12 %。山顶由于地势平坦、气温低、植被茂盛有利于有机碳的累积,而坡度较大的山腰处由于强烈的水土流失<sup>[17]</sup>,导致土壤有机碳大量流失;槽谷和平坝区由于都接受来自周围坡地流失的土壤有机质,以及得到耕作施肥的补给,因而有机质含量都比较大。

表 6 不同地貌对 SOC 含量的影响  
Table 6 Impact of different landform on SOC content

| 地貌 | 样本量 | SOC 含量/g/kg |       |              |
|----|-----|-------------|-------|--------------|
|    |     | 最大值         | 最小值   | 平均值±标准误差     |
| 山腰 | 5   | 19.49       | 7.95  | 13.40±2.33A  |
| 槽谷 | 4   | 17.98       | 11.25 | 15.60±1.58AB |
| 平坝 | 6   | 27.9        | 11.48 | 19.53±2.56AB |
| 山顶 | 7   | 29.06       | 13.4  | 21.94±2.36B  |

注:每列中有相同大写字母表示不同地貌 SOC 含量差异不显著 ( $p < 0.05$ )。

2.2.4 土地利用对表层 SOC 的影响

土地利用变化不仅改变土地覆被状况,还会引起利用管理方式的改变,从而对土壤有机碳特别是表层有机碳产生显著影响。因此,合理的土地利用可以改善土壤结构,提高土壤有机碳含量;不合理的土地利用会增加土壤侵蚀,导致土壤有机碳含量减少<sup>[21]</sup>,岩溶区由于土壤的脆弱性,其变化更为明显<sup>[22]</sup>。本研究表明不同的土地利用方式下,表层土壤有机碳含量由大到小为(表 7):林地>草坡>菜地>果园>耕地,降幅分别为 16.09 %,23.69 %,8.60 %和 17.83 %。耕地土壤由于人为耕作扰动使土壤有机质暴露,加速了其分解;同时耕作增加了土壤微生物的活性,提高了有机质的降解速度,因而降低了土壤有机碳的含量。果园虽为多年生林木,但由于耕作强度较大,表层枯枝落叶少,有机质的分解速度增强,其土壤有机碳含量仅略高于耕地。菜地耕作精细,土壤扰动频繁,有机质的分解速度提高,使得有机碳含量降低。耕地、果园和菜地都有后期人类活动的参与,三者 SOC 差异不显著 ( $p < 0.05$ )。草坡与林地天然植被,二者差异也不显著 ( $p < 0.05$ ),但耕地和林地则表现为极显著差异 ( $p < 0.01$ )。林地 10 年左右的人工林和多年生的自然林,地表枯枝落叶多,郁闭度高,不仅有机物的输入量大,而且还涵养土壤水分,以致土壤有机质分解速率减慢,有机碳含量提高。这也说明退耕还林还草有利于增加土壤有

机碳的含量。

表 7 土地利用方式对 SOC 含量的影响  
Table 7 Impact of different land use  
patterns on SOC content

| 土地利用 | 样本量 | SOC 含量/g/kg |       |                |
|------|-----|-------------|-------|----------------|
|      |     | 最大值         | 最小值   | 平均值±标准误差       |
| 耕地   | 6   | 19.49       | 7.95  | 12.85±1.86aA   |
| 果园   | 3   | 19.26       | 13.28 | 15.31±1.97aAB  |
| 菜地   | 4   | 24.30       | 11.25 | 16.75±2.88abAB |
| 草坡   | 6   | 29.06       | 16.65 | 21.95±1.90abBC |
| 林地   | 3   | 27.90       | 24.07 | 26.16±1.12bC   |

注:每列中有相同大写字母表示不同利用方式 SOC 含量差异不显著( $p<0.05$ );每列中有相同小写字母表示不同土地利用差异极不显著( $p<0.01$ )。

另外,人为耕作管理也是影响土壤有机质含量的主要因素之一。从两个不同时期土壤有机质的变化来看,人为因素的影响越来越大。自 20 世纪 80 年代推行家庭联产承包责任制后,农民的积极性得到了极大的提高,有机肥的施用量逐年增长,秸秆还田土地数量增加。进入 21 世纪以后国家又提出了一系列的退耕还林政策,经过十几年的推进,退耕还林还草工作取得了很大成果。退耕还林不仅增加了林地面积,而且还明显地提高了土地肥力,导致北碚岩溶区土壤有机碳含量与第二次土壤普查时相比普遍呈现出上升趋势。

3 结 论

- (1)由于石灰岩成土时间长,地表植被覆盖度大,研究区表层 SOC 在重庆处于偏上水平。
- (2)空间上,土壤有机碳从表土层到底土层含量依次降低,且存在显著性差异;时间上,与 1984 年第二次土壤普查相比,有机碳的含量有所增加,其中心土层增加幅度最大,底土次之,表土最小。
- (3)SOC 含量随着土壤中全氮、碱解氮、黏粒含量的增加而增加;含有碎屑岩的碳酸盐岩比纯碳酸盐岩形成的土壤有机碳含量高;随着海拔的升高 SOC 含量增加;不同地貌部位的 SOC 含量高低顺序依次为:山顶>平坝>槽谷>山腰;不同土地利用的 SOC 含量高低顺序依次为:林地>草坡>菜地>果园>耕地。
- (4)传统的耕作方式容易造成 SOC 损失,在土壤

表层表现尤为明显。建议在岩溶山地通过退耕还林还草、坡改梯、多施有机肥来增加土壤有机碳,探索和推广应用免耕、少耕种植等方式,增加农田土壤固碳能力。

致 谢:对在野外调查过程中北碚区林业局的大力协助和西南大学资源环境学院学生黄兴成、王珂、万宇轩等同学的参与,室内分析测试过程中陈洪、程勇毅等的辛勤工作,资源环境学院杨剑虹、屈明老师对论文的指导和帮助,编辑对论文进行的精心细致修改表示衷心的感谢!

参考文献

[1] Eswaran H, Reich F, Kimble J M. Global soil carbon stocks In: Lal R, Kimble J M, Stewart B A (eds) [J]. Global Climate Change and Pedogenic Carbonates USA: Lewis Publishes, 1999:15-26.

[2] 陈庆强,沈承德,易惟熙,等. 土壤碳循环研究进展[J]. 地球科学进展,1998,13( 6):555-563.

[3] 沈宏,曹志洪,王志明. 不同农田生态系统土壤碳库管理指数的研究[J]. 自然资源学报,1999, 14(3):206-211.

[4] 刘允芬. 农业生态系统碳循环研究[J]. 自然资源学报,1995,10(1):1-8.

[5] 张华,张甘霖,漆智平,等. 热带地区农场尺度土壤质量现状的系统评价[J]. 土壤学报,2003, 40(2):186-193.

[6] Dalal R C, Chan K Y. Soil organic matter in rain fed cropping systems of the Australian cereal belt[J]. Australian Journal of Soil Research,2001,39:435-464.

[7] 潘根兴. 中国土壤有机碳、无机碳库量研究[J]. 科技通报,1999, 15(5): 330-332.

[8] 王绍强,周成虎,李克让. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 533-544.

[9] Degryze S, Six J, Paustian K, et al. Soil organic carbon pool changes following landuse conversions[J]. Global Change Biology,2004,10(7):1120-1132.

[10] 重庆市北碚区土壤普查办公室. 北碚土壤[M]. 1984:87-90.

[11] 中国科学院南京土壤研究所编. 中国土壤[M]. 北京:科学出版社, 1978.

[12] 刘世权,高丽丽,蒲玉林,等. 西藏土壤有机质和氮素状况及其影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2001, 18(6):54-57.

[14] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社. 2000.

[15] 周 莉,李保国,周广胜. 土壤有机碳的主导影响因子及其研究进展[J]. 地球科学进展,2005,20(1):99-105.

[16] 曹建华,袁道先,潘根兴. 岩溶生态系统中的土壤[J]. 地球科学进展,2003,1(1): 37-44.

[17] 蒋勇军,袁道先,章程,等. 典型岩溶农业区土地利用变化对土壤性质的影响[J]. 地理学报,2005,60(5):751-760.

[18] 孙承兴,王世杰,刘秀明,等. 碳酸盐岩风化壳岩—土界面地球

化学特征及其形成过程——以贵州花溪灰岩风化壳剖面为例  
[J]. 矿物学报, 2002, 22(2): 126—132.

[19] 冯志刚, 王世杰, 孙承兴, 等. 岩溶地区土状堆积物物质来源判  
别的实用指标——粒度分布特征[J]. 中国岩溶, 2002, 21(2):  
73—78.

[20] 王世杰, 季宏兵, 欧阳自远, 等. 碳酸盐岩风化成土作用的初步  
研究[J]. 中国科学, 1999, 29(5): 441—449.

[21] Williams P W. Karst terrains: environmental changes and hu-  
man impact[J]. Catena Supplement, 1993, 25(suppl.): 268.

[22] Jobbagy E G, Jackson R B. 2000. The vertical distribution soil  
organic carbon and its relation to climate and vegetation[J].  
Ecol. Appl, 10(2): 423—436.

Distribution and impact factor of soil organic carbon on topsoil in  
karst mountain: A case study of Beibei District of Chongqing

YAN Ning-zhen, CHENG Yong-yi, YANG Jian-hong, QU Ming  
(College of Resources and Enviroment, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Beibei district lies in the northeast of Chongqing and covers an area of 753 km<sup>2</sup> with subtropical hu-  
mid monsoon climate, parallel low hill landform and calcareous soil and yellow soil. Besides Devonian and  
Tertiary strata, all strata would be found in this district. Carbonate rock layers are mainly composed of the  
Jialingjiang group and the Feixianguan group of Triassic and the Maokou group of Permian in the area. In or-  
der to provide theoretical basis for soil improvement and land use, the distribution and impact factor of soil  
organic carbon (SOC) on topsoil are analyzed by means of geo-statistics on the basis of field investigation and  
lab analysis in the paper. The results show that, spatially, the content of SOC decreases remarkably from  
the surface layer to the bottom layer with the decreasing range being 35.02 % and 47.12 % respectively;  
temporarily, compared with the second soil survey conducted in 1984, the SOC content of surface, central  
and bottom layer all has an increasing tendency as well, with increasing range being 4.36 %, 31.92 % and  
14.74 % respectively. The results of influence factor analysis show that the SOC content increases with the  
increase of the total nitrogen, alkaline hydrolysis nitrogen and clay particle in the soil. The SOC content in  
the soil that formed by carbonate rocks with clastic rocks is higher than that formed by pure carbonate rocks.  
The SOC increases with altitude as follows, mountain top (21.94 g/kg) > flat dam (19.53 g/kg) > trough  
valley (15.60 g/kg) > mountainside (13.40 g/kg). With respect to land use, the SOC content displays as  
woodland (26.16 g/kg) > grassy slope (21.95 g/kg) > vegetable plot (16.75 g/kg) > orchard (15.31 g/  
kg) > cultivated land (12.85 g/kg). Traditional tillage method is easy to lead loss of SOC. It is suggest that  
to increase SOC by return farmland to forests or grassland, terracing and applying more organic fertilizer in  
karst mountain; to strengthen carbon sequestration capacity of the farmland by no-tillage, straw returning  
and so on.

**Key words:** soil; organic carbon; impact factors; karst mountains

(编辑 韦复才)