

# 彭州市新黄村地震灾后土壤有机碳含量分布特征及影响因素<sup>①</sup>

宋旭<sup>1</sup>, 蔡艳<sup>1\*</sup>, 张世熔<sup>1</sup>, 李婷<sup>1</sup>, 袁大刚<sup>1</sup>, 杨杰<sup>1</sup>, 黄爱萍<sup>2</sup>

(1 四川农业大学资源环境学院, 四川雅安 625014; 2 中国银行成都开发西区支行, 成都 610036)

**摘要:** 以典型地震灾区彭州市新黄村为研究对象, 应用地统计学和 GIS 相结合的方法, 分析了该区土壤有机 C 含量分布特征及其影响因素。结果表明, 该区域内表层土壤有机 C 含量为 24.83 g/kg, 其空间分布呈带状, 自西部高值区 (>31 g/kg) 向东部低值区 (<13 g/kg) 递减; 不同土地利用方式典型土壤剖面有机 C 含量总体趋势是随深度的增加而减少, 水田、旱地土壤 0~20 cm 有机 C 含量最高, 荒地土壤 20~40 cm 有机 C 含量最高。影响因素分析表明, 不同土地利用方式中水田有机 C 含量极显著高于荒地, 旱地显著高于荒地, 水田和旱地差异不显著; 地震及震后人类活动能改变土壤有机 C 含量。

**关键词:** 土壤有机碳; 分布特征; 影响因素; 地震灾害

**中图分类号:** S153.6+21

土壤有机碳 (SOC) 库是全球 C 平衡的重要 C 库, 它既是 C 汇又是 C 源。研究表明土壤有机 C 库 C 贮量占全球整个陆地生态系统有机 C 库的 80% 以上, 约为植被 C 的 3 倍和大气 C 的 2 倍<sup>[1-2]</sup>。表土层是土壤与地表环境进行物质和能量交换最活跃的部分, 也是有机 C 累积和分解变化最明显的土层, 它易受气候变化和人为活动影响, 是土壤有机 C 库中极易变动的部分<sup>[3]</sup>, 而土壤有机 C 库的微小变化都会引起大气中 CO<sub>2</sub> 浓度的极大变化, 是全球生物地球化学循环中极其重要的生态因子, 因此目前关于土壤有机 C 库分布及其转化的研究已经成为全球气候变化、有机 C 循环研究的热点问题<sup>[4-5]</sup>。土壤有机 C 也是土壤肥力的重要组成部分, 它不仅能够提供植物需要的养分还能改善土壤肥力特征; 在生态环境上也能络合金属离子减少重金属污染、减轻农药等有机污染物的残毒。因此无论从研究地球各圈层的物质循环以保护生态环境, 还是保护珍贵的土壤资源以维护农业经济的可持续发展, 都需要对土壤有机 C 的储量和分布特征进行详细研究<sup>[6-7]</sup>。目前关于土壤有机 C 含量变化影响因素的研究多以土地利用方式和施肥管理为主。有关研究表明不同土地利用方式土壤有机 C 含量不同<sup>[8-13]</sup>, 合理施肥能提高土壤有机 C 含量<sup>[14-17]</sup>。但关于地震灾区土壤有机 C 含量的研究几乎没有, 仅有少数学者的研究提到地震和地震次生灾害如滑坡泥石流对土壤具有明显

的翻动。李亦纲等<sup>[18]</sup>通过对龙门山镇现场考察发现地震造成的谢家店子的特大崩滑体引起的松散物质以大型石块为主, 延伸长度接近 1 km, 前端宽度约 400~500 m, 厚度或高度达到 30 m; 映秀镇蔡家巷大型崩塌滑坡崩塌物覆盖了整个山谷, 厚度达 20~30 m。姚文波等<sup>[19]</sup>通过对甘肃省庆阳市、平凉市 5.12 汶川大地震地质灾害实地调查, 发现一些大型的滑坡体积可达 2 022 万 m<sup>3</sup>, 地震后使该地的负地貌进一步扩展, 正地貌减少, 未来几年内的土壤流失量将增加, 而土壤流失量与有机 C 含量负相关<sup>[20-21]</sup>。因而对地震灾区土壤有机 C 含量的研究就显得尤为重要。

四川汶川特大地震造成的山地崩塌、滑坡严重损失了生产用地, 震后临时安置点和人类活动又将压实、挖掘大量生产用地使其丧失生产能力, 所有这些都将对灾区土壤有机 C 含量和分布起着重要作用。本文以彭州市通济镇新黄村为地震灾区典型代表, 基于 ArcGIS9.2 软件平台, 并结合地统计学方法探讨该区域土壤有机 C 含量水平、区域分布特征及典型土壤剖面有机 C 含量分布特征及其影响因素, 为加快整个地震灾区灾后恢复生态系统、农业生产和合理利用土壤资源提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

<sup>①</sup>基金项目: 科技部科技支撑计划项目 (2008BAK51B01) 资助。

\* 通讯作者 (caiyya@126.com)

作者简介: 宋旭 (1986—), 男, 四川大竹人, 本科生, 主要从事植物生长调节剂研究。E-mail: songxu20063701@yahoo.com

新黄村地处 103°47'28.94" ~ 103°48'46.39 E, 31°9'57.43" ~ 31°11'24.71"N, 幅员面积为 2.735 km<sup>2</sup>, 大部分土地平整(地处湔江冲积平原), 位于彭州市通济镇湔江支流干溪沟流域, 地势东西两侧高, 中部低, 属于侵蚀构造地貌和河流地貌具有山、坡、坝复合地貌特征, 在地震灾区具有一定的代表性。最高海拔 1 250 m, 最低海拔 891 m。常年平均气温约 20℃, 年平均降雨 1 000 mm, 夏无酷暑, 冬无严寒, 主要风向为西北风。植物种类丰富, 森林资源丰富, 树种主要有桉树、柏树、云南杉等, “三木”药材、黄连、川芎在川内享有盛名。平坝土壤属湔江冲积土, 丘陵及山区属山地冷沙黄泥及山地灰棕壤。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 土壤样点的设计与采集

在研究区域内按临时安置点分布位置、土地利用类型、地形等特点随机布点, 采集了压实水田、压实旱地、压实荒地和自然水田、自然旱地、自然荒地的 6 种土样, 每一样点在直径 10 m 范围内选择 3~5 个土样混合, 采样深度为 0~20 cm, 每点采集土壤样品 1 kg 左右, 然后将各点样品混合均匀, 最后用四分法取 1 kg 混合土样用作分析, 并在临时安置点人口居住较多的地方增加采样点密度, 共布设样点 26 个。另按 0~20、20~40、40~60、60~80 cm 采集典型土壤剖面。所有采样点都用 GPS 进行定位。全部采样点分布见图 1。



图 1 样点分布图

Fig. 1 Sampling site map

### 1.2.2 土壤样品的分析测定

将土样放在塑料布上置于通风处阴干后, 剔除未分解的植物残体、虫体、石砾等杂物, 在木盘上用木棍研细全部过 100 目筛子后采用重铬酸钾容量法-外加热法<sup>[22]</sup>测定。

### 1.2.3 常规统计分析

采用 SPSS16.0 软件包中的单一样本 K-S 检验土壤有机 C 含量数据的分布形态; 单因素方差分析 (ANOVA) 检验有机 C 含量在不同土地利用方式的差异, 若有显著性差异, 进一步进行多重比较。

### 1.2.4 地统计学分析

在 ArcGIS 9.2 平台上进行地统计学分析, 对土壤有机 C 含量的半方差分别用球状、指数和高斯等模型进行拟合, 根据拟合误差大小选出最适模型, 然后用普通克立格法内插获得等值线图。

## 2 结果与分析

### 2.1 表层土壤有机碳分布特征

#### 2.1.1 常规统计分析

在 SPSS16.0 中采用单一样本 K-S 检验, 结果表明: 新黄村土壤有机 C 含量呈正态分布, 其含量为 24.83 g/kg (表 1)。该村 26 个土样按第二次土壤普查有机 C 含量分级标准<sup>[23]</sup>判断, 分属一级、二级和四级的土样分别为 21、1、4 个, 可见该区土壤有机 C 含量普遍偏高。从偏度看, 土壤有机 C 含量呈左偏态分布, 峰度值为正值。变异系数的大小表示土壤空间变异性的 大小, 一般认为变异系数  $CV \leq 15\%$  时为弱变异性,  $15\% < CV < 35\%$  时为中等变异性,  $CV \geq 35\%$  时为高变异<sup>[24]</sup>。从表 1 可知, 新黄村土壤有机 C 的变异系数为 31.57%, 这表明该研究区域的土壤有机 C 属中等变异。

#### 2.1.2 地统计学分析

常规统计分析只能说明土壤有机 C 的样点情况, 而对其空间分布特征却难以反映。本研究将研究区的数据分别用球状、指数和高斯等模型进行模拟。模拟结果表明, 有机 C 的空间变异以指数模型的拟合效果最好 (表 2)。其中变程为 1 625.44 m, 有机 C 长轴方向约为东北-西南向 (方位角为 55.6°), 块金值与基台值之比 1.36%。由此可见, 新黄村土壤有机 C 空间变异体现为强烈的空间相关性<sup>[25]</sup>, 受结构性因素的影响较随机因素多。

表 1 新黄村土壤有机 C 含量特征统计值

Table 1 Statistic characteristics of SOC content

项目	样本数	分布类型	最小值	最大值	均值	标准差	偏度	峰度	变异系数 (%)
有机 C (g/kg)	26	正态	7.34	37.15	24.83	7.84	-1.167	0.96	31.57

表 2 土壤有机 C 含量的地统计学参数

Table 2 Geostatistical parameters of SOC content

模型	变程 (m)	长轴方位角 (°)	块金值	基台值	块金值/基台值	预测误差	
						平均误差	标准化均方根误差
指数模型	1 625.44	55.6	0.519	37.631	0.0136	0.2028	1.035

根据以上获得的半方差理论模型, 在 ArcGIS9.2 平台上采用普通克立格法分别进行最优内插获得有机 C 含量的空间分布图 (图 2)。可以看出, 研究区土壤有机 C 量呈带状分布, 自西部高值区 (>31 g/kg) 向东部低值区 (<13 g/kg) 递减, 并以较高含量 (25~31 g/kg) 的分布范围最广, 占研究区域面积的 30.03%, 其次是最高含量 (>31 g/kg), 占 29.12%, 最低含量 (<13 g/kg) 占 17.26%, 中等含量 (19~25 g/kg) 占 14.72%, 较低含量 (13~19 g/kg) 占 8.86%。

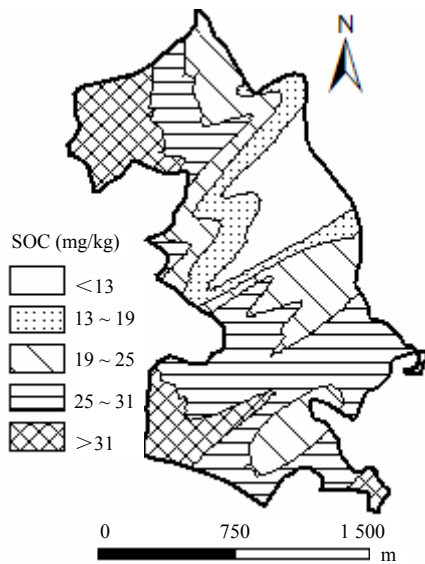


图 2 土壤有机 C 空间分布图

Fig. 2 SOC distribution map

## 2.2 剖面土壤有机碳分布特征

从图 3 可见, 新黄村不同土地利用方式下典型土壤剖面有机 C 的含量存在明显差异, 其含量随深度的变化趋势基本相同, 即随深度的增加有机 C 含量逐渐减少。0~20、20~40、40~60、60~80 cm 土层水田

有机 C 含量分别为 22.41、18.11、16.47、9.78 g/kg, 旱地分别为 7.34、7.25、6.13、3.69 g/kg, 荒地分别为 7.63、7.91、4.03、2.53 g/kg, 平均含量水田 (16.69 g/kg) >旱地 (6.11 g/kg) >荒地 (5.53 g/kg); 水田有机 C 含量在垂向上的变化幅度较大, 而荒地、旱地变化幅度较小。水田、旱地、荒地在垂直方向上最大值分别为最小值的 2.29、3.13 和 1.99 倍, 并且最大值出现在水田 (22.41 g/kg), 最小值出现在荒地 (2.53 g/kg)。

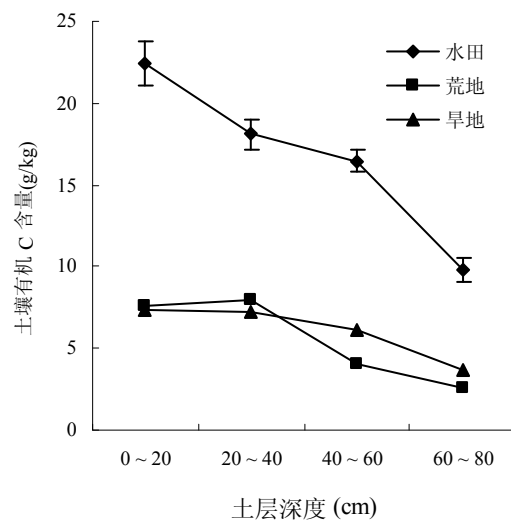


图 3 土壤剖面有机 C 含量

Fig. 3 SOC contents in soil profiles

## 2.3 影响土壤有机碳含量分布的因素

影响土壤有机 C 分布的因素很多, 本研究主要探讨地震后不同土地利用方式、地震和地震后人类活动等对新黄村土壤有机 C 含量的影响。

2.3.1 土地利用方式 土地利用方式和土壤有机 C 含量关系密切, 是有机 C 含量高低的最主要影响因素<sup>[26-27]</sup>。方差分析表明, 新黄村土壤有机 C 含量在 3 种不同土地利用类型中存在极显著差异,  $F=6.71^{**}$

( $p = 0.005 < 0.01$ ), 其均值高低为水田 > 旱地 > 荒地 (表 3)。进一步多重比较表明水田土壤有机 C 含量极显著高于荒地, 与旱地差异不显著, 旱地土壤有机 C 含量显著高于荒地。新黄村常年平均气温约 20°C, 年平均降雨 1000 mm, 夏无酷暑, 冬无严寒, 有利于微生物的活动, 因此土壤有机 C 分解速度较快。水田和旱地在农业生产过程中施入了适量的肥料促进了植物生长, 可能通过根系生物量的贡献而促进土壤有机 C 的积聚<sup>[10]</sup>, 且施入铵态氮肥还可以导致土壤酸化, 降低了土壤有机 C 的降解<sup>[28]</sup>。化肥、有机肥长期配合施用和长期施用有机肥可以增加表层土

壤有机 C 含量<sup>[17]</sup>, 水田和旱地可能是人为的秸秆还田和有机肥的施入, 不断对土壤中的有机 C 进行补充, 使土壤有机 C 积累很快。水田长期处于厌氧状态, 好氧微生物活动受到一定程度的抑制, 使有机 C 分解速度减慢; 旱地由于土壤扰动和人为干扰频繁尤其是耕作的物理效应, 破坏了土壤的团聚体结构, 使土壤透气性、温度、水分条件得到改善, 微生物呼吸作用增强, 加速了土壤有机 C 的分解<sup>[8]</sup>, 因此有机 C 含量比水田低; 荒地因无人施肥和植物稀疏造成的有机 C 累积较少, 因此有机 C 含量最低。

表 3 不同土地利用方式土壤有机 C 含量的均值与方差分析

Table 3 Means and variance analyses of SOC contents under different land use types

项目	水田	旱地	荒地	F 值
有机 C (g/kg)	26.49 A a	24.50 AB a	8.86 B b	6.71 **

注: 多重比较采用最小显著差数法, 小写字母不同代表  $p < 0.05$  水平差异显著, 大写字母不同代表  $p < 0.01$  水平差异显著, \*\*代表  $p < 0.01$  显著水平。

**2.3.2 地震** 2008 年 5 月 12 日, 四川汶川发生 8.0 级特大地震, 造成新黄村滑坡灾毁耕地 32 hm<sup>2</sup>, 荒地 11 hm<sup>2</sup>, 另有超过 7 hm<sup>2</sup> 旱地和 7 hm<sup>2</sup> 水田因地震灾害未种植; 房屋 3 976 间全部倒塌, 受灾人数达 2 183 人, 震后临时帐篷与板房占高产、稳产的农田 5 hm<sup>2</sup>。山地崩塌、滑坡将斜坡上大量的松散土体、碎屑堆积物、岩石带到坡下, 使坡上及坡下的表层土壤、剖面土壤都发生了变化; 震后未种植的旱地、水田因地表植被和管理措施发生了巨大变化, 土壤有机 C 的含量也会相应地发生改变。在典型土壤剖面中, 水田、旱地 0~20 cm 土层有机 C 含量最高, 而荒地 20~40 cm 土层最高。据调查, 地震导致研究区域山体大面积滑坡, 是造成这种现象的主要原因。

**2.3.3 地震后人类活动** 地震后临时帐篷地及其周围的活动导致土壤板结。生活用水、生活垃圾的排放等改变了土壤水、热、通气状况以酸碱性, 影响微生物的活动从而影响有机 C 的分解速度, 并且生活用水、生活垃圾本身含有一定量的有机 C 进而影响土壤有机 C 含量。由图 4 可以看出震后临时安置点导致压实的土壤有机 C 含量平均值都远大于自然土壤有机 C 含量, 具体表现为压实水田 (27.38 g/kg)、压实旱地 (30.21 g/kg)、压实荒地 (10.08 g/kg) 分别为自然水田 (9.67 g/kg)、自然旱地 (7.34 g/kg)、自然荒地 (7.63 g/kg) 的 2.83、4.12 和 1.32 倍, 说明地震后人类活动对有机 C 含量起着重要作用, 而且旱地土壤有机 C

含量最易受人类活动影响, 其次是水田。

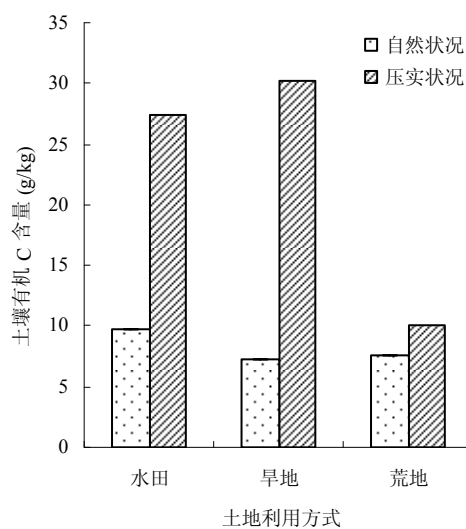


图 4 地震后土壤有机 C 含量

Fig. 4 SOC contents after earthquake

### 3 结论

(1) 新黄村表层土壤有机 C 含量普遍较高且呈现出带状分布, 以北东低值区 ( $< 13$  g/kg) 向南西高值区 ( $> 31$  g/kg) 依次递增, 南北方向也呈现出高-低-高的分布状况。表层土壤有机 C 含量为 37.15~7.34 g/kg, 平均值为 24.83 g/kg。不同土地利用方式下表层土壤

有机C含量存在着极显著和不显著差异,其中平均含量水田(26.49 g/kg) > 旱地(24.50 g/kg) > 荒地(8.86 g/kg); 相同土地利用方式下压实(临时安置点)土壤有机C含量均高于自然状态土壤有机C含量,压实水田、旱地、荒地有机C含量分别为自然状态的2.83、4.12和1.32倍,说明地震后人类活动对有机C含量和分布起着重要作用,且旱地土壤有机C含量最易受人类活动影响。

(2)不同土地利用方式典型土壤剖面有机C含量总体趋势是随深度的增加而减少,平均含量水田(16.69 g/kg) > 旱地(6.11 g/kg) > 荒地(5.53 g/kg); 水田、旱地0~20 cm土层有机C含量最高,荒地20~40 cm土层有机C含量最高。

#### 参考文献:

- [1] 干文芝,张世榕,李婷,黄双双,张青. 雀儿山东北坡土壤有机碳密度分布特征及影响因素分析. 山地学报, 2006, 26(9): 27-31
- [2] 陶贞,沈承德,高全洲,孙彦敏,易惟熙,李英年. 高寒草甸土壤有机碳储量及其垂直分布特征. 地理学报, 2006, 61(7): 720-728
- [3] 范宇,刘世全,张世榕,邓良基. 西藏地区土壤表层和全剖面背景有机碳库及其空间分布. 生态学报, 2006, 26(9): 2 834-2 846
- [4] 王绍强,周成虎,李克让,朱松丽,黄方红. 中国土壤有机碳库及空间分布特征分析. 地理学报, 2000, 55(5): 533-544
- [5] 田玉强,欧阳华,徐兴良,宋明华,周才平. 青藏高原土壤有机碳储量与密度分布. 土壤学报, 2008, 45(5): 933-942
- [6] 姜小三,潘剑君,李学林. 江苏表层土壤有机碳密度和储量估算和空间分布分析. 土壤通报, 2005, 36(4): 501-503
- [7] 黄昌勇. 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 2000: 44-46
- [8] 李正才,徐德应,傅懋毅,孙雪忠,奚金荣. 北亚热带土地利用变化对土壤有机碳垂直分布特征及储量的影响. 林业科学研究, 2007, 20(6): 744-749
- [9] 许泉,芮雯奕,何航,吴峰,罗鸿,卞新民,张卫建. 不同利用方式下中国农田土壤有机碳密度特征及区域差异. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2 505-2 510
- [10] 许信旺,潘根兴,侯鹏程. 不同土地利用对表层土壤有机碳密度的影响. 水土保持学报, 2005, 19(6): 193-196, 200
- [11] 段迎秋,魏忠义,韩春兰,孔令苏,王秋兵. 东北地区城市不同土地利用类型土壤有机碳含量特征. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(3): 324-326
- [12] 孙艳丽,马建华,李灿. 开封市城市土壤有机碳含量和密度的变化分析. 河南大学学报, 2008, 38(5): 491-496
- [13] 张心昱,陈利顶,傅伯杰,李琪,齐鑫,马岩. 不同农业土地利用方式和管理对土壤有机碳的影响—以北京市延庆盆地为例. 生态学报, 2006, 26(10): 3 198-3 204
- [14] 黄斌,王敬国,金红岩,徐善威. 长期施肥对我国北方潮土碳储量的影响. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 161-164
- [15] 徐玲,张杨珠,周卫军,周清,曾希柏,夏海鳌. 不同施肥结构下稻田产量及土壤有机质和氮素营养的变化. 农业现代化研究, 2006, 27(2): 153-156
- [16] 李新爱,童成立,蒋平,吴金水,汪立刚. 长期不同施肥对稻田土壤有机质和全氮的影响. 土壤, 2006, 38(3): 298-303
- [17] 曾骏,郭天文,包兴国,王卓,孙建好. 长期施肥对土壤有机碳和无机碳的影响. 中国土壤与肥料, 2008(20): 11-14
- [18] 李亦纲,贾群林,赵兰迎,叶维安,杨学文. 汶川8.0级地震彭州现场调查及灾害成因分析. 震灾防御技术, 2009, 4(1): 12-23
- [19] 姚文波,刘文兆,侯甬坚. 汶川大地震陇东黄土高原崩塌滑坡的调查分析. 生态学报, 2008, 28(12): 5 917-5 926
- [20] 杨才敏. 土壤有机质与水土流失的关系定量研究. 水土保持研究, 2008, 15(5): 177-179
- [21] 田超,王米道,王家嘉. 土壤有机质与水土流失相关性研究. 安徽农学通报, 2008, 14(19): 54-54, 115
- [22] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000: 33-34
- [23] 全国土壤普查办公室编著. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998: 877
- [24] 徐冰,赵淑银,郭克贞,佟长福. 半干旱草地土壤特性空间变异性与分形特征. 中国农村水利水电, 2008(11): 19-21, 25
- [25] Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 68: 1 501-1 511
- [26] 王小利,段建军,郭胜利. 黄土丘陵区小流域表层土壤的有机碳密度及其空间分布. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(10): 98-102, 109
- [27] 陈卓,史锬. 两种土地利用方式下土壤有机碳含量特征. 大连交通大学学报, 2008, 29(3): 58-60
- [28] 吴礼树. 土壤肥科学. 北京: 中国农业出版社, 2004: 26

## Distribution Characteristics and Influencing Factors of Soil Organic Carbon Content After Earthquake in New Huang Village of Pengzhou City

SONG Xu<sup>1</sup>, CAI Yan<sup>1</sup>, ZHANG Shi-rong<sup>1</sup>, LI Ting<sup>1</sup>, YUAN Da-gang<sup>1</sup>, YANG Jie<sup>1</sup>, HUANG Ai-ping<sup>2</sup>

(1 *College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014, China;*

2 *Chengdu Development West Zone SUB-Branch, Bank of China, Chengdu 610036, China)*

**Abstract:** In this paper, the distribution characteristics and its influencing factors of soil organic carbon (SOC) after earthquake in New Huang Village of Pengzhou City were studied by geostatistics and GIS methods. Results showed that SOC content of the surface layer in this region was 24.83 g/kg, and its spatial distribution was belt-shaped, SOC content descended from  $>31$  g/kg in the west area to  $<13$  g/kg in the east area. SOC contents of typical soil profiles under different land use patterns decreased generally with the increase of soil depth. Highest SOC contents appeared in 0 ~ 20 cm layer of paddy fields and dry lands and 20 ~ 40 cm of wastelands. SOC contents of paddy fields were significantly higher than those of the wastelands, and SOC contents of dry lands were higher than those of the wastelands, but no significant difference existed between SOC contents of dry lands and wastelands. Earthquake and the succedent human activities could change SOC content.

**Key words:** Soil organic carbon, Distribution characteristics, Influencing factor, Earthquake