

# 不同土地利用方式下土壤团聚体的分布及其有机碳含量的变化

何淑勤<sup>1</sup>, 郑子成<sup>2</sup>

(1. 四川农业大学 林学院, 四川 雅安 625014; 2. 四川农业大学 资源环境学院, 四川 雅安 625014)

**摘要:** 通过野外调查与室内分析相结合的方法,对耕地、园地、林地和撂荒地土壤团聚体及其有机碳的分布特点进行了研究。结果表明,不同土地利用方式下土壤团聚体的分布均以 > 2.00 mm 团聚体为主,其它依次为 0.5 ~ 1, 1 ~ 2, < 0.25 和 0.25 ~ 0.5 mm 粒径的团聚体。林地和撂荒地土壤有机碳含量随粒径的减小呈递增的变化趋势;耕地在 0.25 ~ 0.5 mm 和 < 0.25 mm 团聚体中有机碳含量较高,园地则以 0.25 ~ 0.5 mm 粒径团聚体中有机碳含量最高。4 种土地利用方式下,以 > 5 mm 团聚体中土壤有机碳含量差异最大,随着团聚体粒径的增加,它们之间的差异逐渐减小;各土地利用方式下表层土壤中,分布在 < 0.25 mm 和 0.25 ~ 0.5 mm 团聚体粒径中有机碳占有有机碳总量比例低于 2 ~ 5, > 5 和 0.5 ~ 1 mm 的团聚体。

**关键词:** 土地利用; 土壤团聚体; 有机碳

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0007-04

中图分类号: S152.4

## Organic Carbon Change and Distribution of Soil Aggregates Under Different Land Uses

HE Shu-qin<sup>1</sup>, ZHENG Zi-cheng<sup>2</sup>

(1. Forestry College, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China;

2. College of Resources and Environment, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

**Abstract:** Organic carbon change and distribution of soil aggregates were analyzed under different land uses such as arable, garden plots, woodland, and abandonment land by field investigation and indoor analysis. Results indicated that by the percentage, the size groups of soil aggregates were in the order of > 5, 2 ~ 5, 0.5 ~ 1, 1 ~ 2, < 0.25, and 0.25 ~ 0.5 mm and by the organic carbon content, the size groups were in the order of > 5, 2 ~ 5, 1 ~ 2, and 0.5 ~ 1 mm in the > 0.5 mm size groups. In the < 0.5 mm size groups, the organic carbon change was relatively complicated. The organic carbon content in arable land, woodland, and abandonment land was the highest in < 0.25 mm fraction of soil aggregates. The organic carbon content in the garden plot was the highest in 0.25 ~ 0.5 mm fraction of soil aggregates. The difference was the largest in > 5 mm fractions of soil aggregates among the four land uses and the difference decreased with the increasing aggregate size. Under different land uses, the proportion of the organic carbon and total organic carbon for the < 0.25 and 0.25 ~ 0.5 mm soil aggregates was lower than that for 2 ~ 5, > 5, and 0.5 ~ 1 mm soil aggregates.

**Keywords:** land use; soil aggregate; organic carbon

土壤有机碳是土壤肥力的核心,在维持土壤养分的含量及其有效性,促进土壤结构和土壤孔隙系统的形成并且维持其稳定性,调节土壤化学及生物学性质等方面具有重要作用。土壤团聚体是土壤结构最基本的单元,是土壤肥力的物质基础,对土壤的许多物理化学性质有重大影响。土壤肥力的高低,不仅取决于大、小粒径团聚体自身,而且与它们的组成比例也密切相关。近十年来,关于土壤有机碳的物理分离方面的研究备受关注,分离的各组分与化学、物理和

生物化学保护的不同机制密切相关<sup>[1-2]</sup>。凡能影响土壤团聚体的因素都可影响土壤碳,土壤碳的数量和质量与团聚体密切相关<sup>[3]</sup>。Elliott 等<sup>[4]</sup>研究表明与大团聚体相联系的有机碳比微团聚体中的有机碳更易矿化;Puget 等<sup>[5]</sup>认为大团聚体的形成是微团聚体通过有机碳的胶结形成的,耕作方式和土地利用方式影响微团聚体与大团聚体之间的转化和再分布;Jastraw 等<sup>[6]</sup>利用<sup>13</sup>C 示踪法进一步证实微团聚体中有机碳比大团聚体中的有机碳形成时间早,大团聚体比

收稿日期:2009-07-02

修回日期:2009-08-24

资助项目:国家自然科学基金(40901138);四川省教育厅重点项目(07ZA059);四川省科技厅应用基础项目(2008JY0022);中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放研究基金资助项目

作者简介:何淑勤(1978—),女(汉族),陕西省商南县人,讲师,主要从事土壤生态与水土保持方面的研究。E-mail:angelhsq@163.com。

微团聚体含更多的有机碳。由于土壤团聚体具有不同的孔隙特征,可保护其内部存在的有机碳<sup>[7]</sup>,导致不同粒径团聚体的有机碳在数量上和稳定性方面均存在一定的差异<sup>[8-9]</sup>。

目前,多数研究仍集中于不同条件下团聚体稳定机制与转化方面的研究<sup>[10-12]</sup>,对于不同利用方式下土壤团聚体中有机碳的研究,尤其是川西低山丘陵退耕还林还茶区还鲜见报道。本文以雅安市名山县中峰乡为研究区域,通过分析不同土地利用方式下土壤团聚体组成和有机碳含量的变化,来阐明土地利用方式对该地区土壤团聚体中有机碳的影响,以期揭示土地利用方式对土壤有机碳固定的影响,为最优化配置研

究区土地利用类型,调整不同土地利用方式所占比例,提高土地生产力和固碳能力提供科学依据。

## 1 研究区概况

研究区位于四川盆地西缘,隶属于雅安市名山县中峰乡。该区域属亚热带季风性气候区,年均温为 15.4℃,平均无霜期 294 d,年降雨量 1 500 mm 左右,6—9 月降雨量占全年的 72.6%。区内为低山丘陵地貌,出露地层为中生代以后的沉积岩,土壤类型为第四纪老冲积物发育而成的黄壤,主要土地利用方式为园地、林地、耕地和撂荒地,研究区地理环境及植被状况见表 1。

表 1 研究区地理环境及植被特征

土地利用方式	立地因子		林分		植被类型
	海拔/m	坡度/(°)	林冠郁闭度/%	草本层覆盖度/%	
耕地	725	15	—	—	玉米
林地	738	30	0.40	80	桉树、桉木、四季竹等
园地	742	30	0.60	45	茶树为主、零星杉木
撂荒地	740	28	—	50	棕叶狗尾草、蕨、芒

## 2 材料与方法

### 2.1 供试土壤

供试土壤于 2008 年 9 月取自名山县中峰乡。根据研究区内土地利用方式、地形等因素进行样方的选择。在每一土地利用方式下,布设 3 个典型样方,在每一样方内设置 4 个取样点,每个取样点用铁锹采取 0—20 cm 表层土壤,用自制采样盒收集,尽量避免挤压,以保持原状土壤结构,其基本理化性质见表 2。

### 2.2 测定方法

土壤团聚体分析采用干筛法测定<sup>[13]</sup>。将采集回来的原状土样在室内沿自然结构轻轻掰成直径约 1 cm 的小土块,除去植物残体、小石块以及蚯蚓等大型动物后,按沙维诺夫法分级,用干筛法分离出 >5, 5~2, 2~1, 1~0.5, 0.5~0.25, <0.25 mm 共 6 级团聚体。

土壤有机碳用外加热重铬酸钾容量法测定;pH 值以 1:2.5 土水比用 pH S-3C+ 酸度计测定;容量与田间持水量采用环刀法测定<sup>[14]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤团聚体的分布

图 1 可以看出,不同团聚体各粒级的组成比例存在较大差异。4 种不同土地利用方式,土壤团聚体均以 >5 mm 和 5~2 mm 团聚体为主,两者含量之和均

大于 79%。总体而言,不同土地利用方式下土壤团聚体的变化,随着团聚体粒径的减小,其含量均呈递减的变化趋势。不同土地利用方式下 >5 mm 的土壤团聚体所占比例顺序为:撂荒地>耕地>园地>林地;2~5 mm 团聚体所占比例顺序分别为:林地>耕地>园地>撂荒地;1~2 mm 团聚体所占比例顺序分别为:林地>撂荒地>耕地>园地;0.5~1 mm 团聚体所占比例顺序分别为:林地>撂荒地>园地>耕地;0.25~0.5 mm 团聚体所占比例顺序分别为:林地>园地>耕地>撂荒地;<0.25 mm 团聚体所占比例顺序分别为:园地>耕地>林地>撂荒地。这与前人研究结果不尽一致<sup>[15-17]</sup>。退耕还茶后,0.25~0.5 mm 和 <0.25 mm 团聚体的含量表现出一定幅度的增加,均高于其它土地利用方式。可见,土壤团聚体中各粒径组成在不同土地利用方式下表现各异。

表 2 试验样地土壤基本理化性质

土地利用方式	pH	田间持水量/%	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度/%	有机碳/(g·kg <sup>-1</sup> )
耕地	5.99	48.16	1.08	59.10	25.42
林地	4.47	34.08	0.93	64.95	21.42
园地	4.13	37.40	1.07	59.58	24.22
撂荒地	3.94	37.19	1.14	56.93	20.48

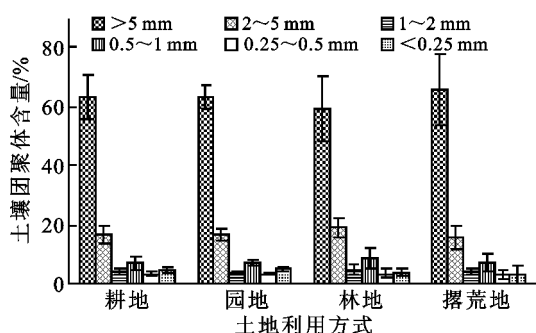


图 1 不同土地利用方式下土壤团聚体分布特征

### 3.2 土壤团聚体中有机碳含量

土壤各粒径团聚体中的有机碳含量是土壤有机质平衡和矿化速率的微观表征,在土壤肥力和土壤碳汇中具有双重意义。由表 3 可知,不同土地利用方式下各粒径团聚体中有机碳的含量各异,总体上随着粒径的减小呈逐渐递增的变化规律。林地和撂荒地有机碳含量随着团聚体粒径的减小呈增加的变化趋势,其中 <0.25 mm 团聚体中有机碳含量最高,这与 Arrouays 等研究结果一致<sup>[15]</sup>。耕地和园地,各粒径土壤团聚体中有机碳含量变化复杂,其中园地 0.25 ~ 0.5 mm 粒径团聚体有机碳含量最高。因为小团聚体固持碳的作用是有有机无机胶体紧密结合的结果,不易为微生物分解释放。林地、撂荒地以 >5 mm 粒径团聚体中的有机碳含量最低,而园地和耕地以 2~5

mm 粒径团聚体中有机碳含量最低。耕地、园地、林地、撂荒地土壤 <0.25 mm 团聚体有机碳含量分别是 >5 mm 相应团聚体有机碳含量的 1.16, 1.32, 2.80, 2.07 倍。不同土地利用方式下,各粒径土壤团聚体中有机碳含量林地最低,且与其它土地利用方式间差异极显著。由于研究区林地主要为幼林桉树人工林,树冠较小,林下凋落物较少;而撂荒地虽以稀疏植被为主,但每年几乎全部的死亡凋落进入土壤,以往研究表明,草被植物残体中的根茎以及深层的残体虽都利于有机碳积累<sup>[17]</sup>,但草被极为稀疏,这与 Jennifer 研究结果也较为一致<sup>[18]</sup>;研究区园地主要是茶园,茶树虽为灌木型,林下凋落物较少,但由于研究区茶叶已成为当地主导产业,定期的施肥及精心的管护,易于有机物质的积累;耕地主要集中于坡面中下部,除定期施肥外,还不断接纳坡面流失的土壤,故表现出较高的土壤有机碳含量。研究区 4 种土地利用方式下,以 >5.00 mm 团聚体中土壤有机碳含量差异最大,随着团聚体粒径的增加,它们之间的差异逐渐减小。这说明研究区土壤在不同利用过程中,首先会影响到大粒径微团聚体中有机碳的积累与分布,大粒径微团聚体中的有机碳对土地利用方式变化的响应较为敏感。可见,研究区实施退耕还茶,有助于团聚体中有机碳的积累。

表 3 不同土地利用方式下土壤团聚体中有机碳含量

土地利用方式	>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm
耕地	19.63aA	19.59aA	20.20aA	22.48aA	21.02bcAB	22.80bB
园地	19.27aA	17.20bB	18.42aA	23.16aA	27.05aA	25.49aAB
林地	8.13cC	10.76cB	11.94bB	14.61bB	17.68cB	22.77bB
撂荒地	12.91bB	19.11abA	20.69aA	21.38aA	24.13abAB	26.69aA

注:同一行不同小写字母表示在  $P < 0.05$  水平上差异显著,大写字母表示在  $P < 0.01$  水平上差异显著。

### 3.3 土壤团聚体中有机碳的分布

土壤团聚体中有机碳分量是土壤团聚体保持有机碳的容量指标,以土壤团聚体分量值除以有机碳总量,可以得出各粒径团聚体有机碳的分配比例,它反映了某一粒径团聚体中有机碳的相对数量<sup>[17]</sup>。由表 3 可知,各土地利用方式下表层土壤有机碳有 0.86% ~ 1.13% 分布在 <0.25 mm 团聚体中,0.64% ~ 0.94% 分布在 0.25 ~ 0.5 mm 团聚体中,1.30% ~ 1.71% 分布在 0.5 ~ 1 mm 团聚体中。由于供试土壤中粗有机碎屑的残留,>1 mm 团聚体中的有机碳在有机碳总量中也占较高比例,其中 2~5 mm, >5 mm 团聚体中有机碳分别占有机碳总量的 2.06% ~ 3.30% 和 4.82% ~ 12.43%。尽管 <0.25 mm 和

0.25 ~ 0.5 mm 团聚体中有机碳含量高,但由于这两种粒径团聚体分别仅占土壤总质量的 4.08% ~ 5.31% 和 3.18% ~ 3.59%,使得此两粒径团聚体中分布的有机碳在这 2 个粒径中所占比例较低(表 4)。

表 4 土壤有机碳在土壤团聚体各粒径中的分布 %

团聚体粒径/mm	耕地	园地	林地	撂荒地
>5	12.43	12.19	4.82	8.51
2~5	3.30	2.87	2.06	3.02
1~2	0.86	0.72	0.58	0.91
0.5~1	1.61	1.71	1.30	1.60
0.25~0.5	0.71	0.94	0.64	0.77
<0.25	1.13	1.35	0.93	0.86

## 4 结论

(1) 4 种不同土地利用方式下土壤团聚体以  $> 2$  mm 大团聚体为主。不同土地利用方式下土壤团聚体的变化,随着团聚体粒径的减小,其含量基本呈递减的变化趋势。

(2) 不同土地利用方式下,除园地外,有机碳含量均以  $< 0.25$  mm 团聚体中最高, $> 5$  mm 团聚体有机碳含量较低,且  $< 0.5$  mm 粒径团聚体中有机碳含量比  $> 0.5$  mm 粒径团聚体高。在  $> 0.5$  mm 粒径团聚体中,有机碳含量随团聚体粒径增大而增加。4 种土地利用方式下,以  $> 5$  mm 团聚体中土壤有机碳含量差异最大,随着团聚体粒径的增加,它们之间的差异逐渐减小。

(3) 不同土地利用方式下,表层土壤团聚体中的有机碳占有机碳总量较高比例的粒径是  $2 \sim 5$  mm, $> 5$  mm 和  $0.5 \sim 1$  mm。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Six J, Conant R T, Paul E A, et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils[J]. *Plant and Soil*, 2002, 241:155-176.
- [2] Lutzow M V, Kogel K I, Ekschmitt K, et al. Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions review [J]. *Eur. J. Soil Sci*, 2006, 57:426-445.
- [3] Christensen B T. Carbon in primary and secondary organ mineral complexes[M]// Cater M R, Stewart A B. *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils* Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc. 1996.
- [4] Elliott E T, Cambardella C A. Physical separation of soil organic matter[J]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 1991, 34:407-419.
- [5] Puget P, Chenu C, Balesdent J. Dynamic of organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregate [J]. *European Journal of Soil Science*, 2000, 51:595-605.
- [6] Jastrow J D, Boutton T W, Miller R M. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by  $^{13}\text{C}$  natural abundance [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1996, 60: 801-807.
- [7] Beare M, Cabrea H M L, Hendrix P F, et al. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional tillage and no-tillage soils[J]. *J. Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1994, 58:787-795.
- [8] Gregorich E G, Ellert B H, Monreal C M. Turnover of soil matter and storage of  $\text{CO}_2$  residue carbon estimated from natural  $^{13}\text{C}$  abundance [J]. *Can. Soil Sci.*, 1995, 75:161-167.
- [9] Barrios E. Light fraction soil organic matter and available nitrogen following trees and maize [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1997, 61:826-831.
- [10] 王清奎, 汪思龙. 土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J]. *土壤通报*, 2005, 36(3):415-421.
- [11] 杨建国, 安韶山, 郑粉莉. 宁南山区植被自然恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质关系[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(1):72-75, 98.
- [12] 赵世伟, 苏静, 吴金水, 等. 子午岭植被恢复过程中土壤团聚体有机碳含量变化[J]. *水土保持学报*, 2006, 20(3):114-117.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社, 1978.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [15] 谭文峰, 朱志锋, 刘凡, 等. 江汉平原不同土地利用方式下土壤团聚体中有机碳的分布与积累特点[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(6):973-979.
- [16] 袁颖红, 李辉信, 黄欠如, 等. 不同施肥处理对红壤性水稻土微团聚体有机碳汇的影响[J]. *生态学报*, 2004, 24(12):2961-2966.
- [17] 肖复明, 范少辉, 汪思龙, 等. 毛竹林地土壤团聚体稳定性及其对碳贮量影响研究[J]. *水土保持学报*, 2008, 22(2):131-134, 181.