

文章编号: 1008-2786-(2007)6-706-08

土地利用变化对亚热带山地红壤团聚体有机碳的影响

毛艳玲^{1,2}, 杨玉盛, 邹双全³, 陈光水¹, 王国强²

(1. 福建师范大学地理科学学院, 福建 福州 350007; 2. 福建农林大学资源与环境学院, 福建 福州 350002;
3. 福建农林大学科研处, 福建 福州 350002)

摘要: 研究土地利用变化对土壤团聚体有机碳的影响。对福建省建瓯市山地红壤的农业利用(坡耕地、茶园、桔园)、林业利用(杉木、木荷、封育)不同土层(0~10 cm、10~20 cm)土壤团聚体有机碳含量与有机碳贮量进行研究。结果表明:不同土地利用方式土壤团聚体呈现粒径越小,有机碳含量越高的规律,其中木荷有机碳含量最高,茶园最小。林地随着粒径增加,土壤团聚体碳贮量呈增加的趋势,>2 mm团聚体有机碳贮量最高。土壤总有机碳增加主要受到大团聚体有机碳增加的影响。亚热带山地红壤内林地开垦为农业用地导致土壤及其团聚体中有机碳大幅度下降。

关键词: 土地利用变化; 亚热带; 红壤; 土壤团聚体; 土壤有机碳
中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A

土地利用变化是影响陆地生态系统碳循环的主要人为因素,每年因土地利用变化所释放的CO₂约占全球CO₂释放量的1/4,而土壤有机碳库是陆地生态系统最大的碳库,土壤有机碳的含量约为植被碳含量的3倍、大气碳含量的2倍^[1],因此土壤有机碳库的微小变化,对全球的碳平衡都将产生重大影响。但目前有关土壤有机碳的动态过程与影响机制的认识还不太清楚。土壤团聚体是土壤有机碳稳定和保护的载体,是土壤基本结构单元,是土壤有机碳储存的场所,团聚体的粒径大小不同,储存有机碳组分和能力也不同。因而有关不同土地利用对有机碳在土壤团聚体中的分布及其变化的影响研究备受关注。

目前,国外研究大多集中在热带与温带地区,主要针对不同耕作管理措施以及森林转换为草地时对土壤团聚体有机碳的影响,国内对土壤团聚体有机碳的研究主要集中于不同施肥处理、植被恢复对土壤有机碳的影响上,筛分团聚体的方法大多采用湿

筛法^[2-11],有关干筛团聚体组分的有机碳分布目前还很少看到报道^[12],而采用湿筛筛分团聚体,其前处理方法不同就可能产生不一样的结果。当前有关不同土地利用方式对土壤团聚体有机碳分布影响的报道也甚少。因而本文采用干筛法研究不同土地利用方式对亚热带红壤团聚体有机碳分布的影响,试图阐明土地利用变化对于土壤团聚体有机碳分布的影响程度和有机碳固定的可能机制,为土壤有机碳对全球碳循环的影响提供基础数据。

1 研究区概况

试验地设在福建省建瓯市东门牛坑垅闽北水土保持科教园,地处武夷山脉东南,鹫峰山脉西北,属中亚热带季风气候。闽北水土保持科教园(27°01'N, 118°07'E),为低山丘陵地貌,年均气温18.7℃,年均降水量1663.7 mm,年均蒸发量1327.3~1605.4 mm。土壤为白垩纪钙质、泥质砂砾岩发育

收稿日期(Received date): 2007-05-10; 改回日期(Accepted): 2007-10-08.

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(30571488),福建省自然科学基金计划资助项目(基金项目编号: D0710003) 资助省属高校项目(2006F5018)。[National Natural Science Foundation of China No 30571488, Natural Science Foundation of Fujian Province of China (No D0710003), and the projects supporting provincial colleges No 2006F5018].

作者简介(Biography): 毛艳玲(1970-),女,副教授,主要从事土地利用变化与土壤碳循环研究。E-mail: fmm@126.com [Mao Yanling(1970

的山地红壤。本研究中选择了木荷 (*Schin a superba*) 人工林地、杉木 (*Cunningham ia lanceolata*) 人工林地、封山育林地、柑桔 (*C itrus aurantium*) 园、茶园和坡耕地为研究对象, 其林地的前身均为次生林地, 在 1986- 10 将其皆伐后营造了木荷人工林、杉木人工林、茶园和柑桔园。其中木荷和杉木林为 1987-

02 分别用木荷和杉木统一规格苗造林, 挖穴造林, 穴长、宽、深为 40 cm × 40 cm × 40 cm, 株行距均为 2 m × 2 m, 两种人工林地的管理措施相同。封山育林地是在次生林皆伐后采取封禁措施, 让其天然更新。坡耕地是在 2000- 04 将部分柑桔园改造而成的。

不同试验地土壤基本性质见表 1。

表 1 试验地土壤基本理化性质

Table 1 Soil physical and chemical characteristics of lands in the study place

土地利用方式	层次 (cm)	pH	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	容重 (g/cm)	粘粒 (g/kg)
坡耕地	0~ 10	4. 73	13. 81	1. 33	0. 29	9. 56	1. 46	461. 43
	10~ 20	4. 29	11. 77	1. 03	0. 17	9. 09	1. 23	422. 34
茶园	0~ 10	4. 44	13. 39	1. 20	0. 26	8. 54	1. 10	505. 30
	10~ 20	4. 51	8. 95	0. 85	0. 25	8. 23	1. 22	433. 20
桔园	0~ 10	4. 64	25. 55	1. 87	0. 37	10. 94	1. 20	365. 99
	10~ 20	4. 42	29. 92	2. 14	0. 37	10. 56	1. 11	394. 41
杉木	0~ 10	4. 28	35. 30	2. 31	0. 36	8. 69	1. 00	491. 75
	10~ 20	4. 37	22. 20	1. 59	0. 34	9. 07	1. 19	517. 80
封育	0~ 10	4. 30	42. 85	2. 49	0. 32	19. 67	1. 46	497. 70
	10~ 20	4. 33	20. 79	1. 64	0. 31	22. 13	1. 23	509. 59
木荷	0~ 10	4. 31	42. 53	2. 52	0. 40	12. 56	1. 03	322. 58
	10~ 20	4. 42	23. 81	1. 61	0. 37	12. 59	1. 19	327. 69

2 材料与方法

2.1 样品采集与处理

2006- 07 采集木荷人工林地、杉木人工林地、封山育林地、桔园、茶园、耕地六种不同土地利用方式土壤样品, 按 0~ 10 cm、10~ 20 cm 采取, 用铝质饭盒装好, 以保持原状土壤结构。在室内沿自然结构掰成 1 cm 的小土块, 在室温下风干, 取少量土壤用于测定土壤基本性质。

2.2 分析测试

2.2.1 土壤团聚体分离方法

土壤团聚体的分离是依据李辉信^[12] 等和 Sainji^[13] 的方法, 并略作修改: 田间采回的原状土样(用铝质饭盒装好、保证不受挤压), 每个土样 1 kg 在室温下风干, 当土壤含水量到土壤塑限(含水量 22% ~ 23% 左右)时, 用手轻轻地把大土块沿着自然结构轻轻扳成直径约 1 cm 的小土块, 然后在室温条件下继续风干。把土样放在筛上, 将筛组按筛孔大小套好, 用手摇动筛子 10 min, 分离出 > 2 mm、2 ~ 0. 5 mm、0. 5 ~ 0. 25 mm、< 0. 25 mm 土壤团聚体。

剔除各粒径团聚体中的根系, 备用。

2.2.2 分析方法

土壤及其团聚体有机碳含量测定: 将全土和不同粒径土壤团聚体研磨, 过 100 目筛, 用重铬酸钾外加热法测定有机碳含量^[14]。

土壤容重测定: 环刀法; 全氮: 半微量凯氏定氮法; 全磷、全钾: 氢氧化钠碱熔-火焰光度法; pH: 电位法, 采用美国 Orien Star 系列仪测定; 粒径分析: 吸管法, 采用德国 SED MAT 4- 12 全自动土壤粒径分析仪测定^[14- 15]。

2.3 统计分析

所有测定结果采用 Excel SPSS13.0 软件进行统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用对土壤团聚体分布的影响

土地利用方式对土壤团聚体含量有一定影响。从表 2 可以看出, 不同土层同一粒径不同土地利用的团聚体含量表现出相同规律。不同土地利用 > 2 mm 团聚体含量顺序为: 封育 > 杉木 > 木荷 > 桔园

> 茶园 > 坡耕地, 从耕地、园地到林地呈增加趋势, 林地的团聚体含量显著高于农业用地; 0.5~2 mm 团聚体中, 耕地、桔园、茶园之间有显著差异, 林地(封育、杉木、木荷人工林)之间没有差异; 0.25~0.5 mm 团聚体中, 耕地与其他用地之间有明显差异, 茶园与桔园之间无差异, 林地之间无差异; < 0.25 mm 团聚体中, 农业用地与林地之间有明显差异, 林地之间差异不显著。林地开垦农用后, > 2 mm 土壤大团聚体的数量明显下降, 团聚体的稳定性也随之下降; 而其他较小粒径的团聚体分布均表现出农业用地高于林地现象。这说明大团聚体含量与农机具使用和人为活动频繁程度成反比^[16]。

同一土地利用中不同粒径土壤团聚体含量也有所差异。耕地、桔园、茶园不同粒径团聚体含量差异不显著, 但在 10~20 cm 土层不同粒径团聚体含量差异比 0~10 cm 的略大, 这可能是农业用地在 0~10 cm 耕作比 10~20 cm 更频繁, 导致不同粒径团聚体含量差异较小。林地不同粒径团聚体含量在不同土层的趋势相似, 都表现出大团聚体含量与微团聚体含量差异显著的特征, 而 0.25~0.5 mm 粒径团聚体含量与 < 0.25 mm 团聚体无差异。以上结果表明随着人为干扰活动的加强, 团聚体含量的差异逐渐减小, 因而人为因素是影响团聚体稳定性的主要因素^[17], 特别对大团聚体的形成与分布影响显著。

表 2 不同土地利用不同土层各粒径团聚体百分含量

Table 2 Distribution of soil aggregates in different soil horizons of the red soils under different land use

土层 (cm)	土壤粒径 (mm)	耕地	茶园	桔园	杉木	封育	木荷
0~10	> 2	20.37 ± 3.78a ²⁾ A ¹⁾	24.77 ± 4.19aAB	29.37 ± 3.36aB	58.62 ± 4.33bC	58.94 ± 3.48aC	56.33 ± 4.82bC
	0.5~2	24.71 ± 1.33abA	33.85 ± 1.56bD	29.53 ± 0.88aE	22.63 ± 2.39cAB	19.59 ± 1.34bC	21.85 ± 2.05dBC
	0.25~0.5	26.19 ± 1.21bC	20.69 ± 2.11aA	18.29 ± 1.38bA	9.01 ± 1.29aB	8.55 ± 0.80dB	10.65 ± 1.14aB
	< 0.25	28.73 ± 2.18bD	20.69 ± 1.91aA	22.81 ± 1.13cA	9.74 ± 0.68aB	12.92 ± 1.69dC	11.17 ± 1.74aBC
10~20	> 2	19.42 ± 3.2bA	24.43 ± 2.53aA	24.54 ± 3.59aA	65.71 ± 2.75bB	66.56 ± 3.64bB	63.78 ± 4.11bB
	0.5~2	28.34 ± 0.92aA	34.37 ± 0.62bD	31.54 ± 1.55bBC	17.33 ± 1.20cB	15.78 ± 2.03dB	18.19 ± 2.09cB
	0.25~0.5	27.77 ± 2.07aD	22.63 ± 1.32aAB	24.81 ± 1.58aA	8.26 ± 0.46aC	6.89 ± 0.49aC	8.52 ± 0.81aC
	< 0.25	24.47 ± 2.76aC	18.57 ± 0.68cA	19.1 ± 1.52cA	8.7 ± 1.09aB	10.77 ± 1.37aB	9.51 ± 1.34aB

1) 表中同一行中, 大写字母若不同, 表明在同土层同粒级不同利用团聚体含量差异显著 ($P < 0.05$, 邓肯法) The different capital letters following the values in the same row show significant difference according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$);

2) 表中同一列中, 小写字母若不同, 表明在同种利用各粒级团聚体含量差异显著 ($P < 0.05$, 邓肯法)。The different lowercase letters following the values in the same column show significant difference according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

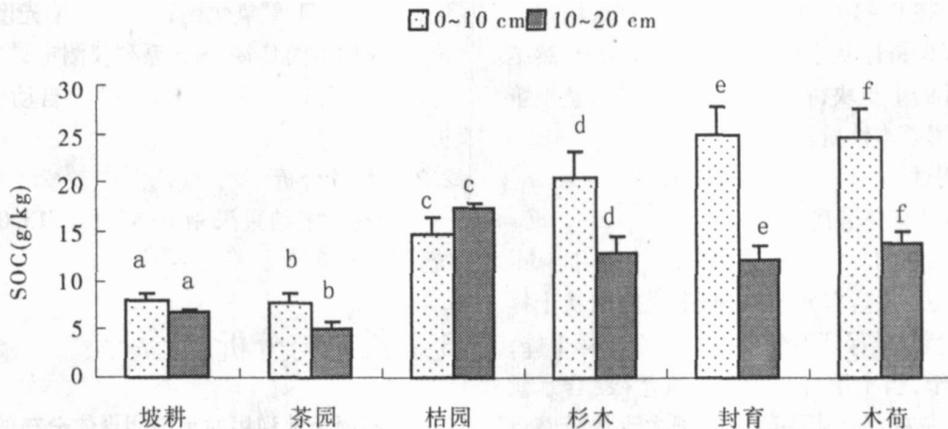


图 1 不同土地利用对土壤有机碳的影响

Fig 1 Effect of different land use on SOC content

图中同一土层, 小写字母若不同, 表明不同土地利用土壤有机碳含量差异显著 ($P < 0.05$, 邓肯法) The different lowercase letters following the values in the same horizon show significant difference according to Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

3.2 不同土地利用对土壤有机碳的影响

图 1 表明, 土壤有机碳随着土层深度和利用方式的变化而变化。在不同土地利用方式中, 0~10 cm 土层土壤有机碳含量均高于 10~20 cm, 除桔园之外。A. Eynard^[18] 研究结果也认为有机碳随着土层加深而下降。在 0~10 cm 土层, 不同土地利用的土壤有机碳含量的顺序为: 封育 > 木荷 > 杉木 > 桔园 > 坡耕地 > 茶园, 农业用地的有机碳含量显著小于林地 ($P < 0.05$), 林地之间无显著差异, 耕地与茶园之间无差异。10~20 cm 土层, 不同土地利用的土壤有机碳含量的顺序为: 桔园 > 木荷 > 杉木 > 封育 > 坡耕地 > 茶园, 各土地利用之间的差异显著性规律与 0~10 cm 相同。在不同土层中, 耕地与桔园在不同土层深度没有显著差异, 其他土地利用不同土层之间有显著差异。以上结果表明, 林地开垦为农业用地后, 土壤有机碳发生损失, 下降幅度最高达 70%, 其中茶园有机碳最低, 仅为封育林的 31%。

土壤有机碳含量是气候、植被覆盖、管理等因素影响下土壤有机碳输入与输出之间平衡的结果^[19]。凋落物层是影响表层土壤碳的主要因子, 林地的凋落物多, 枯枝落叶层现存量高, 从而使林地的土壤有机碳含量增大。茶园和坡耕地由于人为采摘茶叶和收割红薯藤叶, 地上部分移出土壤系统, 减少了有机碳输入; 同时由于人为的耕作, 如翻耕, 施肥等农业管理措施的影响破坏了土壤剖面层次。这些因素综合作用的结果, 不但有可能减少土壤有机碳的归还量, 而且还有可能加速土壤有机碳的分解, 最终使茶园和坡耕地土壤有机碳含量降低。这与许多研究认为, 森林转化为农地会有大量土壤有机碳损失的研究结果是一致的。王小利等^[20] 认为土地利用变化对广西亚热带红壤有机碳含量有影响, 林地开垦为旱地与果园不同程度降低了土壤有机碳的累积。吴建国等^[21] 对六盘山地区的研究表明, 农田土壤有机碳含量随土层加深而变化幅度较小, 天然次生林和人工林随土层加深而递减的幅度较大。而下层土壤有机碳的来源主要靠表层土壤中有机碳的向下迁移, 使得土壤剖面中有机碳的含量从上到下逐渐减少。桔园下层土壤有机碳比上层高可能与桔园采用深施的施肥方式有关。

3.3 不同土地利用对团聚体有机碳含量的影响

图 2 表明, 不同土地利用中, 基本呈现粒径越小, 有机碳含量越高的规律, 这与 De Jonge^[22] 和李辉信^[12] 发现有机碳随着团聚体粒径的增大而下降的结果一致, 但 Puget^[23, 24] 指出有机碳会随着干筛

团聚体大小的下降而下降。在同一土地利用中, 林地主要表现为大团聚体有机碳 ($> 0.25 \text{ mm}$) 与微团聚体 ($< 0.25 \text{ mm}$) 存在显著性差异 ($P < 0.05$); 耕地、茶园、桔园土壤中不同粒径土壤有机碳含量没有明显不同, 这与 Beare^[25] 的研究认为耕作土壤不同团聚体组分含量无显著差异的观点相似。

在同一粒径中, 不同土地利用土壤有机碳存在显著差异 ($P < 0.05$)。0~10 cm 表层土壤中, 耕地和茶园无显著差异, 桔园与其他土地利用之间有显著差异, 三种林地之间没有明显不同, 林地与农业土壤存在显著差异。在 10~20 cm 土壤中, 耕地与茶园在 $> 2 \text{ mm}$ 粒径中存在显著差异, 其他土地利用之间有机碳差异与表层相同。以上研究结果表明受人为活动影响最大的耕作土壤在表层没有明显差别, 而受人为干扰较少的林地大团聚体有机碳与微团聚体有机碳之间存在显著性差异。这可能是由于人为耕作活动掩盖了农业土壤中不同粒径团聚体差异。同时通过对不同粒径土壤团聚体有机碳与不同粒径大小团聚体质量比例进行回归分析, 发现这两者之间没有显著线性关系, 这与 A. Eynard^[18] 的研究结果一致。

3.4 不同土地利用土壤团聚体有机碳贮量

土壤团聚体有机碳贮量是指在单位土壤中团聚体有机碳含量, 它是土壤团聚体保持有机碳的容量指标。土壤团聚体有机碳贮量根据以下公式^[18] 进行计算

$$SOC_{\text{团}} = SOC_{\text{团}} * W_{\text{团}} * P * H \quad (1)$$

式中 $SOC_{\text{团}}$ 为土壤团聚体有机碳贮量 (t/kg), $SOC_{\text{团}}$ 为土壤团聚体有机碳含量 (g/kg), $W_{\text{团}}$ 为团聚体质量比例, P 为土壤容重 (g cm^{-3}), H 为土层厚度 (m)。

$$W_{\text{团}} = M_{\text{团}} / M_{\text{土}} \quad (2)$$

式中 $M_{\text{团}}$ 为团聚体质量, $M_{\text{土}}$ 表示土壤质量。

从图 3 可以看出, 不同土层土壤团聚体有机碳贮量在不同土地利用中表现出相同规律。坡耕地中, $< 0.25 \text{ mm}$ 的微团聚体的有机碳贮量最高; 茶园与桔园中 0.5~2 mm 的团聚体有机碳贮量最高; 林地中 $> 2 \text{ mm}$ 团聚体有机碳贮量最高, 尽管 $> 2 \text{ mm}$ 团聚体有机碳含量不高, 但由于这种粒径团聚体所占的比例高, 使得该粒径团聚体碳贮量高; 耕地与茶园 $> 2 \text{ mm}$ 有机碳贮量最低, 林地中 0.5~2 mm 团聚体有机碳贮量最低。

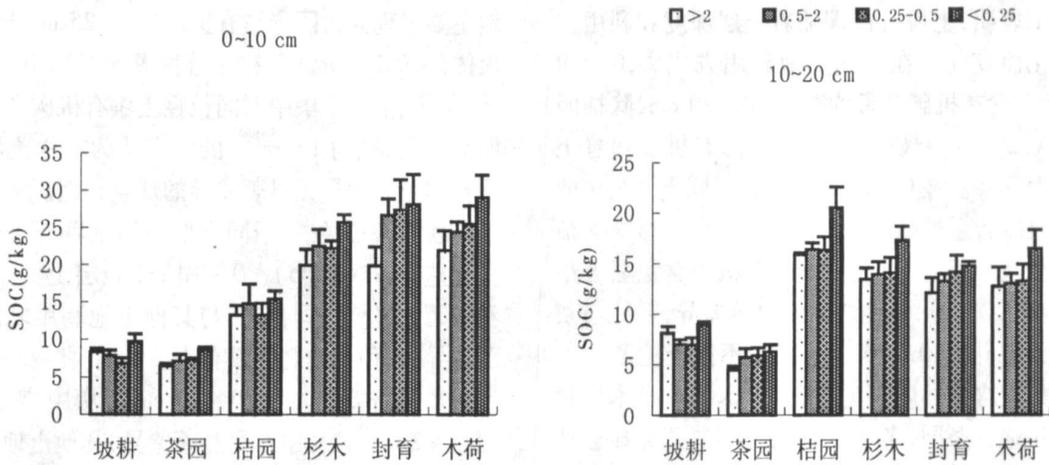


图 2 不同土地利用对土壤团聚体有机碳含量的影响

Fig. 2 Effect of different land use on SOC content of aggregate

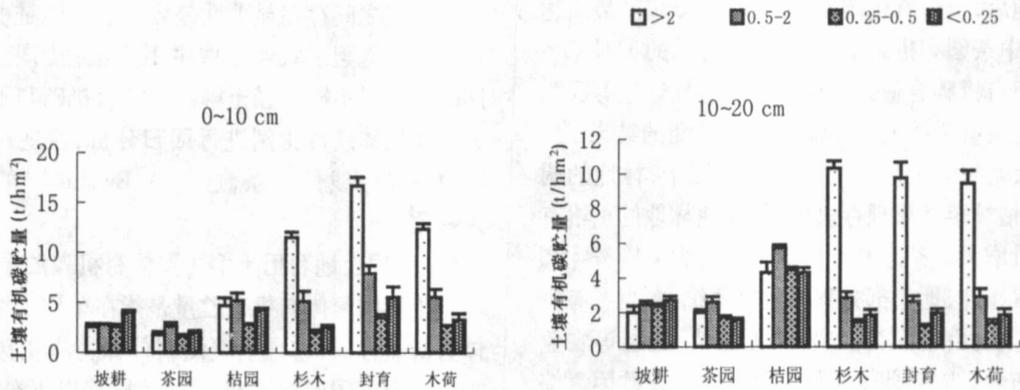


图 3 不同粒径土壤团聚体有机碳贮量

Fig. 3 The organic C of the aggregate size fraction stored in the bulk soil

这表明随着人工干扰频度的提高,土壤团聚体受到破坏,大团聚体数量不断减少,而微团聚体受到的影响相对较小。因而土壤团聚体有机碳贮量由林地的随着粒径增大,碳贮量增加的规律,逐渐演变为粒径增大,碳贮量反而下降的趋势。这也说明微团聚体的稳定性高于大团聚体,土壤大团聚体对土地利用变化更为敏感。桔园 10~20 cm 土壤团聚体碳贮量高于 0~10 cm,与其他土地利用规律相反,应该是与桔园挖大穴进行施肥的特性有关,也验证了施肥可显著提高土壤团聚体有机碳含量的说法,与李辉信、孙天聪^[12,26]等的研究结果相一致。

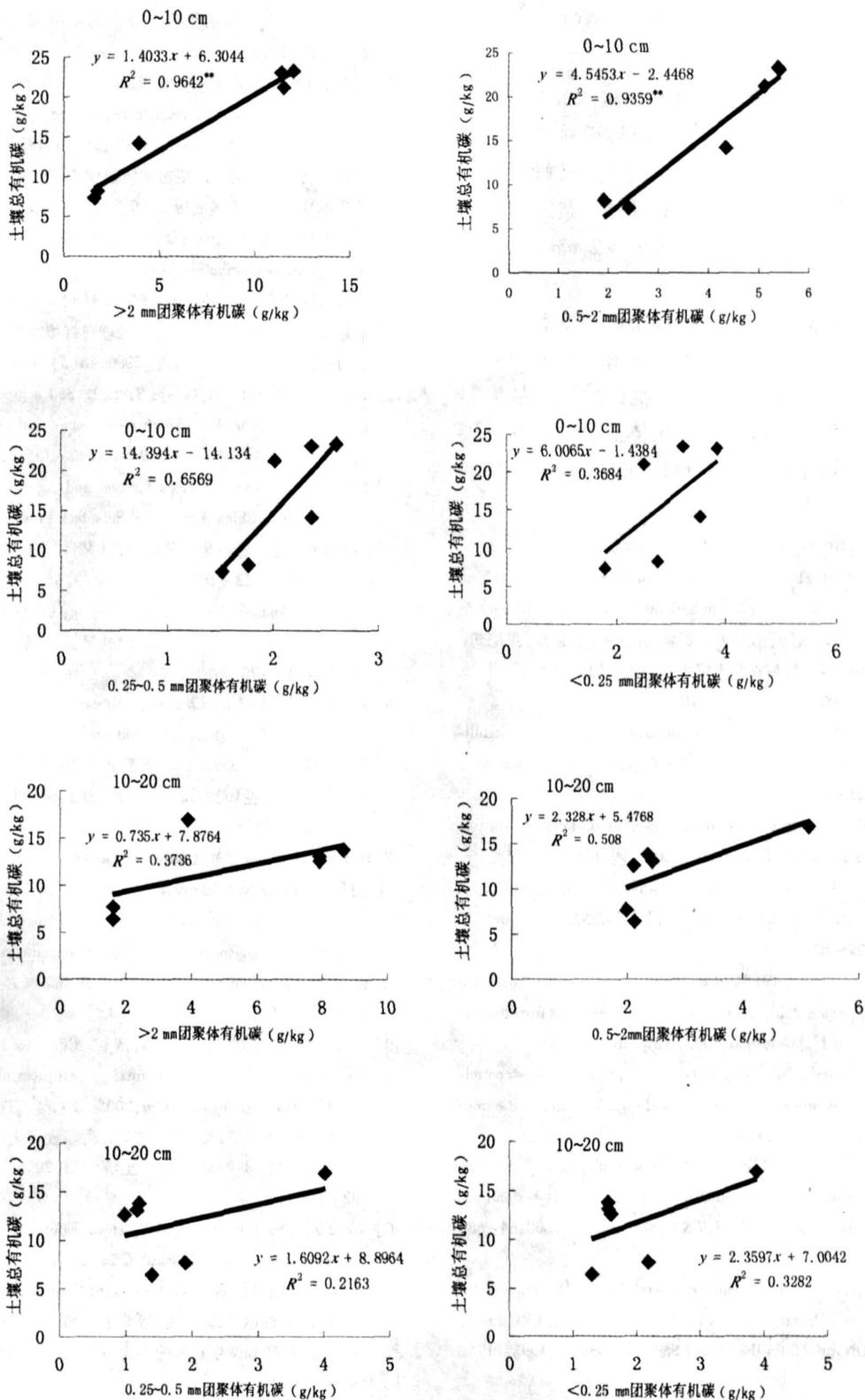
3.5 土壤总有机碳与土壤团聚体有机碳的关系

图 4 反映的是土壤总有机碳与不同粒径团聚体在单位土壤中有机碳的相关关系。在 0~10 cm 表层, >2 mm 和 0.5~2.0 mm 粒径土壤团聚体有机碳与总有机碳呈极显著正相关, R^2 分别高达

0.964 2 与 0.935 9, 说明土壤总有机碳累积受到 >2 mm 和 0.5~2.0 mm 团聚体中有机碳的影响; 10~20 cm 土层, >2 mm (桔园除外) 与总有机碳呈极显著正相关, R^2 高达 0.98。0.5~2.0 mm 粒径土壤团聚体有机碳与总有机碳的相关系数比其他两个粒径高。以上结果表明,在表层, >2 mm 和 0.5~2.0 mm 粒径团聚体中有机碳增加对土壤总有机碳累积的影响较为突出;而在 10~20 cm 土层 >2 mm 团聚体对土壤总有机碳的贡献最为突出,其次是 0.5~2.0 mm 粒径团聚体。

4 结论

1. 不同土地利用的土壤有机碳随着土层加深而下降,林地土壤有机碳高于农业利用土壤。封育林土壤有机碳含量比茶园高 70%,亚热带山地红壤



注: **表示在 $P < 0.01$ 水平显著。

图 4 土壤总有机碳与团聚体中有机碳的关系

Fig 4 Relationships between the total SOC and SOC in aggregates with different sizes

内林地开垦为农业用地导致土壤有机碳大量损失。

2. 不同土地利用方式土壤呈现粒径越小, 有机碳含量越高的规律。林地土壤大团聚体中有机碳与微团聚体中有机碳存在显著性差异, 而耕作土壤之间没有显著差异。林地表现出随着粒径增加, 土壤团聚体碳贮量增加的趋势; 林地、耕地、茶园和桔园中有机碳贮量最高团聚体分别为 $> 2 \text{ mm}$ 、 $< 0.25 \text{ mm}$ 及 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 团聚体。

3. 表层土壤总有机碳与 $> 2 \text{ mm}$ 和 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 粒径土壤团聚体有机碳呈极显著正相关; $10 \sim 20 \text{ cm}$ 土层 $> 2 \text{ mm}$ 团聚体对土壤总有机碳的贡献最为突出, 其次是 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 粒径团聚体。土壤总有机碳增加主要受到大团聚体有机碳增加的影响。

参考文献 (References)

- [1] Pan G X, Li L Q, Zhang X H. Soil organic carbon storage of China and the sequestration dynamics in agricultural lands [J]. *Advance in Earth Science*, 2003, 18(4): 609~ 618 [潘根兴, 李恋卿, 张旭辉. 中国土壤有机碳库量与农业土壤碳固定动态的若干问题 [J]. 地球科学进展, 2003 18(4): 609~ 618]
- [2] Le Bissonnais Y. Aggregate stability and assessment of soil erodibility and erodibility: I Theory and methodology [J]. *Euro. J. Soil Sci.*, 1996, 47: 425~ 437
- [3] Zhang B, Hom R M mechanisms of aggregates stabilization in Ultisols from subtropical China [J]. *Geoderma*, 2001, 99: 123 ~ 145
- [4] Elliott E T. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1986, 50: 627~ 633
- [5] Natalia Hoyos, Nicholas B. Comerford. Land use and landscape effects on aggregate stability and total carbon of Andisols from the Colombian Andes [J]. *Geoderma*, 2005, 129: 268~ 278
- [6] Zech, W., Senesi N., Guggenberger G., et al. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics [J]. *Geoderma*, 1997, 79: 117~ 161
- [7] Six, J., Paustian, K., Elliott E. T., Conbrink, C. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2000, 64: 681~ 689
- [8] Lal R. Soil processes and greenhouse effect [A]. In: Methods for Assessment of Soil Degradation (eds by R. Lal et al) [C]. CRC Press Boca RATON, printed in the United States of America, 1998: 119~ 212
- [9] Vekrkamp E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1994, 58: 175~ 180
- [10] Zhang X H, Li L Q, Pan G X. Effect of different crop rotation systems on the aggregates and their SOC accumulation in Paddy soils in North Hui region [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, 20(2): 16~ 19 [张旭辉, 李恋卿, 潘根兴. 不同轮作制度对淮北白浆土团聚体及其有机碳的积累与分布的影响 [J]. 生态学杂志, 2001, 20(2): 16~ 19]
- [11] Li L Q, Pan G X, Zhang X H. Change of soil particle size fractions and SOC contents after vegetation recovery in a degraded soil [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2000, 31(5): 193~ 195 [李恋卿, 潘根兴, 张旭辉. 退化红壤植被恢复中表层土壤团聚体及其有机碳的变化 [J]. 土壤通报, 2000, 31(5): 193~ 195]
- [12] Li H Y, Yuan Y H, Huang Q R, et al. Effects of fertilization on soil organic carbon distribution in various aggregates of red paddy soil [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43(3): 422~ 428 [李辉信, 袁颖红, 黄欠如, 等. 不同施肥处理对红壤水稻土团聚体有机碳分布的影响 [J]. 土壤学报, 2006, 43(3): 422~ 428]
- [13] Sainju U M, Terrill T H, Gelaye S et al. Soil aggregation and carbon and nitrogen pools under rhizoma peanut and perennial weeds [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2003, 67: 146~ 155
- [14] Lu R K. Analytical Methods for Soil and Agricultural Chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Science Press, 1999: 13~ 169 [鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 13~ 169]
- [15] Forest Soil Analysis Methods [M]. Beijing: China Standard Press, 2000: 68~ 73 [森林土壤分析方法 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 68~ 73]
- [16] Zhang M K, He Z L, Chen G C. Formation of water-stable aggregates in red soils as affected by land use [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 1997, 34(4): 359~ 366 [章明奎, 何振立, 陈国潮. 利用方式对红壤水稳定性团聚体形成的影响 [J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 359~ 366]
- [17] Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water-stable aggregates [J]. *Journal of Soil Science*, 1982, 33: 141~ 163
- [18] A. Eynard, T. E. Schumacher, M. J. Lindstrom, et al. Effects of agricultural management systems on soil organic carbon in aggregates of Ustolls and Usterts [J]. *Soil & Tillage Research*, 2005, 81: 253~ 263
- [19] Zhan Z Y, Li X G, Zhang D G, et al. Effects of land use on organic carbon concentration and structural properties in alpine grassland soil [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(5): 777~ 782 [展争艳, 李小刚, 张德罡, 等. 利用方式对高寒牧区土壤有机碳含量及土壤结构性质的影响 [J]. 土壤学报, 2005, 42(5): 777~ 782]
- [20] Wang X L, Su Y R, Huang D Y, et al. Effects of land use on soil organic C and microbial biomass C in hilly red soil region in subtropical China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(4): 750~ 75 [王小利, 苏以荣, 黄道友, 等. 土地利用对亚热带红壤低山区土壤有机碳和微生物碳的影响 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(4): 750~ 75]
- [21] Wu J G, Zhang X Q, Xu D Y. Impact of land use change on soil carbon storage [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(4): 593~ 599 [吴建国, 张小全, 徐德应. 土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 593~ 599]
- [22] De Jonge L. W., Jacobsen, O. H., Moldrup P. Soil water repellency: effects of water content, temperature, and particle size

- [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1999, 63: 437~442
- [23] Puget P., Chenu C., Balesdent J. Total and young organic matter distributions in aggregates of sily cultivated soils[J]. *Eur. J. Soil Sci.*, 1995, 46: 449~459
- [24] Puget P., Chenu C., Balesdent J. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates[J]. *Eur. J. Soil Sci.* 2000, 51: 595~605
- [25] Beare M. H., Hendrix P. F., Coleman D. C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional-tillage and no-tillage soils[J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1994, 58: 777~786
- [26] Sun T. G., Li S. Q., Shao M. A. Effects of long-term fertilization on distribution of organic matters and nitrogen in Cinnamomum soil aggregates[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(9): 1841~1848
[孙天聪, 李世清, 邵明安. 长期施肥对褐土有机碳和氮素在团聚体中分布的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(9): 1841~1848]

Effects of Land Use on Soil Organic Carbon in Aggregates of Hilly Red Soil in Subtropical China

MAO Yanling^{1, 2}, YANG Yusheng¹, ZOU Shuangquan³, CHEN Guangshui¹, WANG Guoqiang²

(1. College of Geography Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350007, China;

2. College of Resource and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;

3. Scientific Research Section, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract In order to assess the impacts of land use change on soil organic carbon (SOC), the contents of SOC of surface soil samples (0~10 cm, 10~20 cm) were investigated in Jianou city, Fujian province, China. Results show that the contents of SOC in different size groups increased with decreasing sizes of dry-sieved aggregates, which in Schima superba woodland organic carbon was the highest and in Tea plantation was the lowest. The storages of SOC in different sized aggregates in the woodlands increased with increasing of aggregate sizes. The total content of SOC was mainly affected by the carbon of macroaggregate. The conversion of woodland into agricultural land reduced the content of SOC of soil and soil aggregates.

Key words land use change, subtropics, red soil, soil aggregates, soil organic carbon