

## 低丘红壤有机碳库的密度及变异

李忠佩

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

**摘要** 在中国科学院红壤生态实验站, 采样分析了不同利用方式下土壤有机 C 库的密度及其变异。结果表明, 低丘红壤有机 C 的密度 0~20 cm 为  $(2.09 \pm 0.69) \text{ kg/m}^2$ , 0~100 cm 为  $(5.01 \pm 1.46) \text{ kg/m}^2$ ; 全 N 密度 0~20 cm 为  $(0.20 \pm 0.07) \text{ kg/m}^2$ , 0~100 cm 为  $(0.59 \pm 0.14) \text{ kg/m}^2$ 。从裸地到稀疏荒草地, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度可以提高  $1.0 \text{ kg/m}^2$  和  $1.7 \text{ kg/m}^2$ ; 而从稀疏荒草地到人工林地或园地, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度可以提高  $0.7 \text{ kg/m}^2$  和  $0.9 \text{ kg/m}^2$ ; 稀疏荒草地如果开垦利用为水田, 经长期培肥达到高度熟化, 则 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度可以提高  $2.3 \text{ kg/m}^2$  和  $4.4 \text{ kg/m}^2$ 。即使不同类型的人工林地和园地之间, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 的密度差异也可达到  $1.0 \text{ kg/m}^2$  和  $3.5 \text{ kg/m}^2$ 。不同地形部位之间 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度差异达到  $1.3 \text{ kg/m}^2$  和  $2.9 \text{ kg/m}^2$ , 全 N 密度差异达  $0.1 \text{ kg/m}^2$  和  $0.3 \text{ kg/m}^2$ ; 不同肥力水平之间 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度差异达到  $1.5 \sim 2.2 \text{ kg/m}^2$  和  $2.8 \sim 4.1 \text{ kg/m}^2$ , 全 N 密度差异达  $0.07 \sim 0.11 \text{ kg/m}^2$  和  $0.20 \sim 0.23 \text{ kg/m}^2$ ; 强烈侵蚀可以降低 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度  $1.4 \text{ kg/m}^2$  和  $2.2 \text{ kg/m}^2$ 。因此, 通过调整土地利用方式, 可以提高土壤有机 C 库密度, 增加固定大气  $\text{CO}_2$  潜力。

**关键词** 红壤; 有机碳库; 密度; 变异

**中图分类号** S153.6

气候变暖是目前广受社会关注的热点问题, 各级政府和有识之士都在倾注极大努力, 试图遏止气候变暖的趋势。一个直接而确定无疑的推论是“大气温室气体浓度增加引起了全球气候变暖”。因而, 如何通过有效途径减少温室气体排放或增加温室气体的固持, 成为大家共同追求的目标。

土壤有机 C 库约占全球陆地生态系统 C 库总量的  $2/3 \sim 3/4$ , 比植被和大气的 C 库总量还要多, 它通过呼吸排放与大气  $\text{CO}_2$  快速交换; 由于其巨大的库量, 它的微小变化可以导致大气  $\text{CO}_2$  浓度的显著变化。土壤有机 C 库量变化受诸多因素影响, 包括土地利用方式、施肥水平、耕轮作制度等<sup>[1~3]</sup>, 特别是土地利用方式的不同, 由于带来了物质进入量水平、水分状况、施肥管理等的明显差异, 会导致土壤有机 C 库的显著差别。采用合理的土地利用方式, 可以达到提高土壤有机 C 库量并固持大气  $\text{CO}_2$  的目的, 是解决目前众所关心的全球气候变暖的有效途径。

我国广大的亚热带丘岗地区, 土壤以酸、粘、板、瘠、旱为主要特征, 由于本身的理化特性和目前的 C 库状态, 该区土壤在未来一定时间仍将会是

大气  $\text{CO}_2$  的汇<sup>[4]</sup>。但目前对该区土壤作为大气  $\text{CO}_2$  汇的潜力及其人类活动的影响尚不十分明确。本文通过采样分析, 研究不同土地利用方式下红壤有机 C 库密度及其变异, 结果可为选择合理的土地利用方式提高该区土壤的固 C 潜力提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验区概况

采样区选在中国科学院红壤生态实验站, 地处东经  $116^\circ 5' 30''$ , 北纬  $28^\circ 5' 30''$ , 属亚热带季风气候区, 年均气温  $17.8^\circ\text{C}$ , 年均降雨量  $1785 \text{ mm}$ , 年均蒸发量  $1318 \text{ mm}$ , 无霜期 261 天。该站建于 1985 年, 一般地面坡度  $3^\circ \sim 5^\circ$ , 建站前地面的主要植被是次生性稀疏马尾松干旱草坡, 草本植被的地上生物量为  $1500 \sim 3000 \text{ kg/hm}^2$ 。建站后 5 年内, 经过合理规划利用, 开垦种植了不同的人工植被, 形成了人工林地、园地、旱地等多种利用方式。供试土样分别取自站区范围内的这些不同利用方式下土壤, 并以保持原来状态的稀疏荒草地及长期种植水稻的老水田作比较, 母质均为第四纪红色粘土, 粘粒含量  $350 \sim 400 \text{ g/kg}$ ,  $\text{pH} 4 \sim 5$ 。

## 1.2 样品采集

于2003年3月,选定具有一定面积(600 m<sup>2</sup>以上)的不同利用方式田块;对于人工林地和园地,采样前需清除地面凋落物、苔藓和草本植被;然后,按0~10、10~20、20~40、40~60、60~100 cm土层用土钻采集土样,每一利用方式田块随机采3个样点。并用环刀采样以测定表层土壤容重,深层土壤容重则参照有关文献结果<sup>[5,6]</sup>。样品经风干、挑去细根、磨细供分析用。

## 1.3 分析方法

土壤有机C用丘林法,全N用开氏法<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 低丘红壤有机C含量的剖面分布

中国科学院红壤生态实验站站区范围内,建站前地面植被主要是稀疏荒草,表层土壤有机C含量一般仅为3.5~8 g/kg,平均5 g/kg<sup>[8]</sup>;建站后,通过各种措施恢复地面植被,增加进入土壤的有机物质量,使土壤有机C含量提高到8~15 g/kg(0~10 cm);但由于建站的时间不到20年,有些利用方式的形成时间更短,这种影响主要表现在表层土壤的有机C含量变化上,而深层土壤的有机C含量变化仍较小。结果表明(图1),不同利用方式

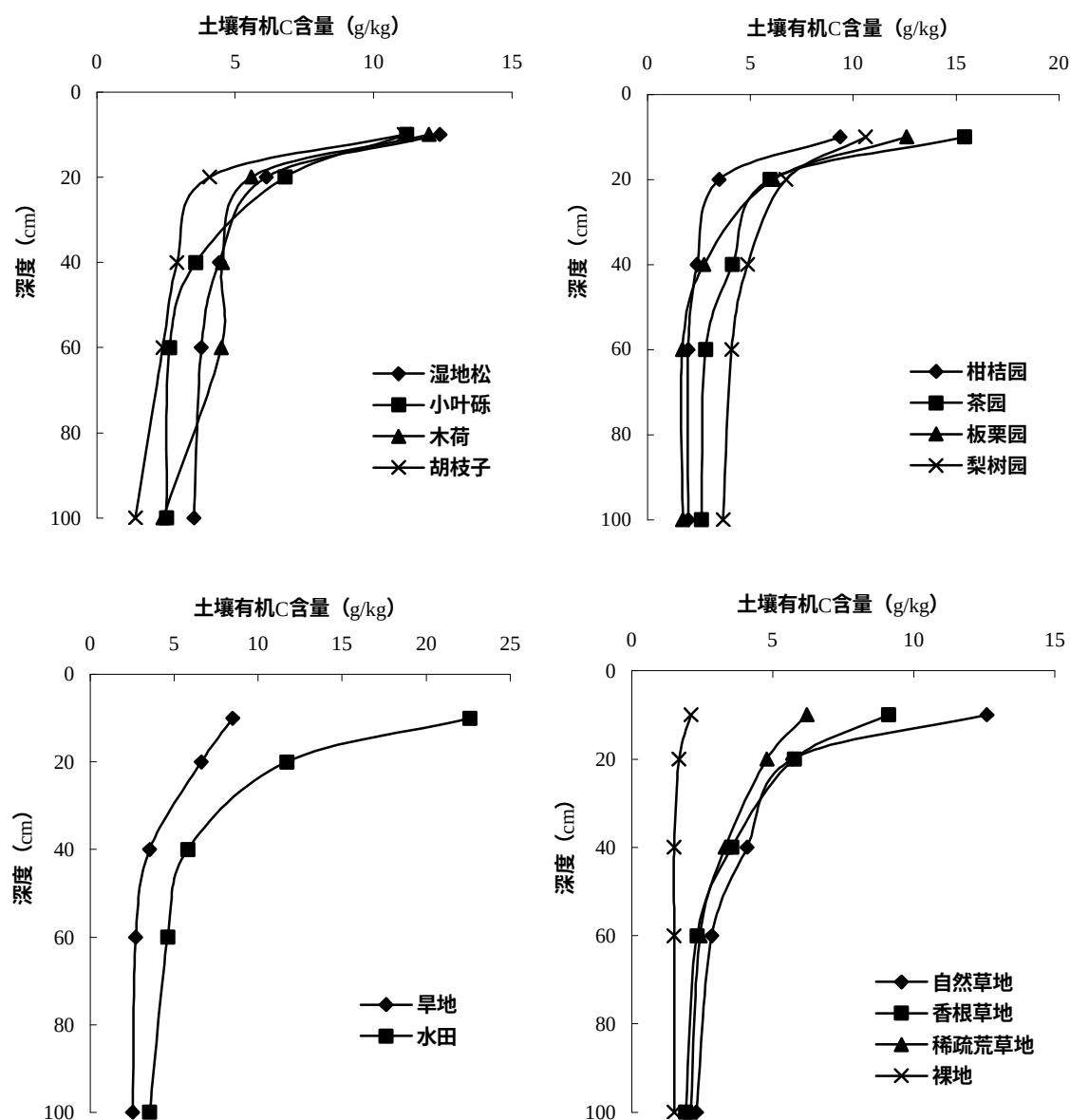


图1 低丘红壤区不同利用方式下土壤有机C含量的剖面分布

Fig. 1 Contents of organic C in soil profiles under different types of landuse in hilly red soil region

红壤有机 C 含量的变异系数,表层(0~10 cm)为 34%,亚表层(20~40 cm)为 21%,而深层(60~100 cm)仅为 15%;从建站前的利用方式(稀疏荒草地)到开垦种植各种果树和人工林,表层(0~10 cm)土壤有机 C 含量增加 3~9 g/kg 和 5~6 g/kg,而深层(60~100 cm)土壤仅增加 0~2 g/kg。

可见,不同的利用方式可以使红壤有机 C 含量随剖面深度而降低的趋势有显著差异,各拟合方程的常数为水田>园地>人工林地>稀疏荒草地>裸地(表 1),剖面各层次之间土壤有机 C 含量的变异系数,裸地为 15%,稀疏荒草地为 46%,人工林地为 65%,园地和水田为 86%。

## 2.2 不同利用方式下土壤有机 C 库的密度变化

结果表明(表 2),低丘红壤有机 C 库的密度 0~20cm 为 0.46~3.78 kg/m<sup>2</sup>,平均为 (2.09±0.69) kg/m<sup>2</sup>; 20~100 cm 为 2.42~8.50 kg/m<sup>2</sup>,平均为 (5.01±1.46) kg/m<sup>2</sup>; 0~20cm 密度占 0~100cm 土体的 19%~61%,平均占 (41.5±9.17)%。全 N 密度 0~20 cm 为 0.09~0.39 kg/m<sup>2</sup>,平均为 (0.20±0.07) kg/m<sup>2</sup>; 0~100 cm 为 0.38~1.00 kg/m<sup>2</sup>,平均为 (0.59±0.14) kg/m<sup>2</sup>; 0~20 cm 密度占 0~100 cm 土体的 24%~43%,平均占 (33.8±5.19)%。相比较而言,低丘红壤有机 C 库密度不仅低于全国其他地区主要类型土壤如暗棕壤、黑土、黑钙土、棕壤、黄棕壤等,也

低于所在的亚热带地区其他类型土壤如黄壤、赤红壤、砖红壤等,这主要是由于该地貌类型区的植被曾遭受严重破坏而导致强烈水土流失,恢复利用的时间并不长所致。其实,保持良好森林植被的红壤 0~20 cm 和 0~100 cm 的有机 C 密度可以达到 4.0 kg/m<sup>2</sup> 和 8.0 kg/m<sup>2</sup> 以上。

表 1 土壤有机 C 含量 (Y) 随深度 (X) 变化的回归方程和相关系数 (R<sup>2</sup>)

Table 1 Regression equations and correlation coefficients (R<sup>2</sup>) of soil organic C content(Y) with profile depth (X)

| 利用类型  | 回归方程                   | 相关系数 (R <sup>2</sup> ) |
|-------|------------------------|------------------------|
| 湿地松   | $Y = 36.53 X^{-0.542}$ | 0.913                  |
| 小叶砾   | $Y = 53.56 X^{-0.702}$ | 0.960                  |
| 木 荷   | $Y = 43.44 X^{-0.609}$ | 0.907                  |
| 胡枝子   | $Y = 63.32 X^{-0.829}$ | 0.954                  |
| 柑桔园   | $Y = 33.28 X^{-0.667}$ | 0.861                  |
| 茶 园   | $Y = 73.40 X^{-0.765}$ | 0.930                  |
| 板栗园   | $Y = 99.40 X^{-0.937}$ | 0.952                  |
| 梨树园   | $Y = 28.79 X^{-0.466}$ | 0.971                  |
| 旱 地   | $Y = 33.41 X^{-0.584}$ | 0.955                  |
| 水 田   | $Y = 140.1 X^{-0.824}$ | 0.982                  |
| 自然草地  | $Y = 58.90 X^{-0.725}$ | 0.969                  |
| 香根草地  | $Y = 46.37 X^{-0.705}$ | 0.990                  |
| 稀疏荒草地 | $Y = 20.29 X^{-0.500}$ | 0.985                  |
| 裸 地   | $Y = 2.716 X^{-0.141}$ | 0.801                  |

表 2 不同利用方式下土壤有机 C 库的密度变化 ( $\bar{X} \pm S_x$ )

Table 2 Changes in density of soil organic Carbon pool under different types of landuse

| 利用方式 | 类型   | 土壤有机 C (kg/m <sup>2</sup> ) |           | 全 N (kg/m <sup>2</sup> ) |           |
|------|------|-----------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
|      |      | 0~20cm                      | 0~100cm   | 0~20cm                   | 0~100cm   |
| 人工林地 | 湿地松  | 2.19±0.09                   | 5.81±0.19 | 0.23±0.04                | 0.70±0.10 |
|      | 小叶砾  | 2.31±0.37                   | 5.34±0.74 | 0.19±0.05                | 0.51±0.10 |
|      | 针阔混交 | 2.25±0.08                   | 5.04±0.83 | 0.20±0.06                | 0.56±0.06 |
|      | 木荷   | 2.21±0.18                   | 6.12±1.15 | 0.21±0.01                | 0.70±0.12 |
|      | 樟树   | 1.89±0.09                   | 3.11±0.41 | 0.16±0.04                | 0.49±0.05 |
| 园地   | 胡枝子  | 1.97±0.10                   | 3.84±0.31 | 0.21±0.03                | 0.55±0.03 |
|      | 柑桔园  | 1.61±0.11                   | 3.87±0.18 | 0.18±0.02                | 0.57±0.03 |
|      | 茶园   | 2.67±0.15                   | 5.97±0.75 | 0.25±0.03                | 0.65±0.05 |
|      | 板栗园  | 2.24±0.05                   | 4.57±0.50 | 0.23±0.01                | 0.53±0.02 |
|      | 梨树园  | 2.17±0.17                   | 6.58±0.49 | 0.23±0.01                | 0.67±0.08 |
| 草地   | 自然草地 | 2.58±0.04                   | 5.53±1.10 | 0.19±0.02                | 0.59±0.01 |
|      | 香根草  | 1.72±0.23                   | 4.42±0.60 | 0.16±0.01                | 0.52±0.05 |
| 耕地   | 旱地   | 1.89±0.29                   | 4.95±0.70 | 0.23±0.02                | 0.64±0.06 |
|      | 水田   | 3.78±0.22                   | 8.50±0.74 | 0.39±0.05                | 1.00±0.09 |
| 荒地   | 稀疏荒草 | 1.46±0.25                   | 4.14±0.61 | 0.11±0.03                | 0.45±0.07 |
|      | 裸地   | 0.46±0.04                   | 2.42±0.45 | 0.09±0.01                | 0.38±0.01 |

尽管低丘红壤有机 C 库的密度较低,但不同利用方式下仍有较大差异。从裸地到稀疏荒草地, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度可以提高 1.0 kg/m<sup>2</sup> 和 1.7 kg/m<sup>2</sup>; 而从稀疏荒草地到人工林地或园地, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度可以提高 0.7 kg/m<sup>2</sup> 和 0.9 kg/m<sup>2</sup>; 稀疏荒草地如果开垦利用为水田, 经长期培肥达到高度熟化, 则 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度可以提高 2.3 kg/m<sup>2</sup> 和 4.4 kg/m<sup>2</sup>。即使不同类型的人工林地和园地之间, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 的密度差异也可达到 1.0 kg/m<sup>2</sup> 和 3.5 kg/m<sup>2</sup>。之所以如此, 主要是与不同利用方式下土壤中有机物质的进入量差异有关, 稀疏荒草地的现存草本生物量为 1500~3000 kg/hm<sup>2</sup>, 每年的立枯物质量约占其中的 50%, 人工林地每年的凋落物量为 2500 kg/hm<sup>2</sup> 左右, 正常管理的园地每年有机物质的进入量应能高于这一水平, 而水田, 包括根茬、秸秆还田、农家肥等有机物质的进入量每年可达 7000~10000 kg/hm<sup>2</sup> [9, 10], 这表明, 不同利用方式下土壤中有机物质的年进入量差异最大可达 5 倍, 造成土壤有机质的形成和积累量显著不同。

晚近 20 年来, 亚热带地区新开荒地面积约为  $1.9 \times 10^5 \text{ hm}^2$  [11, 12], 据此计算, 可以新增固定大气 CO<sub>2</sub>  $6.27 \times 10^6 \text{ t}$  于 0~100 cm 土层中; 而 1987~1996 年的 10 年间, 全国新增水田面积 300 万 hm<sup>2</sup> [13], 如果其中 25% 能培育为高肥力水稻土, 仅此便可新增固定大气 CO<sub>2</sub>  $1.21 \times 10^8 \text{ t}$  于 0~100 cm 土层中。可见, 通过调整土地利用方式, 可以明显提高红壤有机 C 密度, 增加亚热带地区土壤固定大气 CO<sub>2</sub> 的潜力。

### 2.3 不同地形部位土壤有机 C 库密度差异

红壤丘岗地区, 虽然地形起伏较小, 地面坡度只有 3°~5°, 但由于降雨强度大, 地面植被稀疏, 侵蚀对土粒的运移及再分配作用较强; 同时, 尽管地面平缓, 坡长不到 100 m, 但坡顶的植被以稀疏马尾松荒草为主, 生物量较低, 而坡底则湿生性植被生长茂盛, 生物量高。因此, 不同地形部位之间土壤有机 C 密度的差异明显 (表 3), 坡底与坡顶相比, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 密度分别高 1.3 kg/m<sup>2</sup> 和 2.9 kg/m<sup>2</sup>, 全 N 密度高 0.1 kg/m<sup>2</sup> 和 0.3 kg/m<sup>2</sup>。

表 3 不同地形部位土壤有机 C 库密度差异 ( $\bar{x} \pm Sx$ )

Table 3 Changes in density of soil organic Carbon pool at different sites of a slope

| 地形部位 | 土壤有机 C (kg/m <sup>2</sup> ) |             | 全 N (kg/m <sup>2</sup> ) |             |
|------|-----------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|      | 0~20 cm                     | 0~100 cm    | 0~20 cm                  | 0~100 cm    |
| 坡 顶  | 1.17 ± 0.34                 | 3.61 ± 0.46 | 0.12 ± 0.02              | 0.46 ± 0.03 |
| 坡 中  | 1.57 ± 0.32                 | 3.81 ± 0.46 | 0.14 ± 0.03              | 0.43 ± 0.03 |
| 坡 底  | 2.51 ± 0.36                 | 6.49 ± 0.81 | 0.23 ± 0.05              | 0.78 ± 0.04 |

从农业生产的角度, 侵蚀造成土壤肥力下降而影响生产力; 但从区域土壤有机 C 库的平衡上来考虑, 侵蚀的影响尚需分析。本项研究结果显示, 侵蚀造成坡顶土壤有机 C 损失, 但流失的物质在坡底沉积, 而且坡底植被生长较好, 土壤有机质的积累量增加较多, 因此, 总的来看, 一个较大区域内土壤有机 C 的平均密度并没有降低, 如果考虑不同地形部位在整个区域内所占的比例, 则该区域总的土壤有机 C 储量还有可能增加。但由于侵蚀的作用涉及的方面复杂, 包括在不同地形部位间物质的流失与沉积平衡以及物质搬运沉积后有机 C 转化速率的差异, 要正确评价侵蚀对区域范围内有机 C 库总

量的影响还需更深入的研究。

### 2.4 侵蚀对土壤有机 C 库密度的影响

如果仅从一个局部范围上来考虑, 侵蚀对土壤有机 C 库密度的影响还是非常明显的。表 4 结果表明, 从轻度到强度侵蚀, 0~20 cm 和 0~100 cm 土壤有机 C 库密度降低了 1.4 kg/m<sup>2</sup> 和 2.2 kg/m<sup>2</sup>, 全 N 密度降低了 0.10 kg/m<sup>2</sup> 和 0.16 kg/m<sup>2</sup>。由于侵蚀还带走大量的养分, 对生产力的影响是非常明显的, 同时侵蚀物质可能进入水体而影响水质, 因此, 无论从农业还是环境的角度, 都需强调控制水土流失的重要性。

表 4 不同侵蚀程度土壤有机 C 库密度的差异

Table 4 Changes in density of soil organic Carbon pool under erosion different in intensity

| 侵蚀程度 |              | 土壤有机 C (kg/m <sup>2</sup> ) |         | 全 N (kg/m <sup>2</sup> ) |         |
|------|--------------|-----------------------------|---------|--------------------------|---------|
|      |              | 0~20cm                      | 0~100cm | 0~20cm                   | 0~100cm |
| 轻 度  | 植被生长良好, 覆盖度高 | 1.93                        | 4.47    | 0.17                     | 0.53    |
| 强 度  | 植被稀疏, 强烈侵蚀   | 0.51                        | 2.30    | 0.07                     | 0.37    |
| 剧 烈  | 裸露网纹层        | 0.41                        | 2.04    | 0.08                     | 0.38    |

## 2.5 不同肥力水平土壤有机 C 库密度差异

肥力水平的不同是由于长期的耕作管理、施肥措施、生产力的差异造成的。从红壤区的实际情况来看, 一般高产水田的有机物质年输入量是低产水田的 3 倍, 高产水田土壤有机 C 库处于盈余状态而至不断积累, 而低产水田土壤有机 C 库处于亏缺状态使得有机 C 含量长期保持较低水平<sup>[14]</sup>。结果表明(表 5), 高肥力旱地土壤的有机 C 密度比低肥力旱地土壤高 2.2 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 20 cm) 和 4.1 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 100 cm), 全 N 密度高 0.07 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 20 cm) 和 0.23

kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 100 cm); 而高肥力水田土壤的有机 C 密度比低肥力水田土壤高 1.5 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 20 cm) 和 2.8 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 100 cm), 全 N 密度高 0.11 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 20 cm) 和 0.20 kg/m<sup>2</sup> (0 ~ 100 cm)。目前, 我国南方的旱地红壤普遍肥力较低, 而高肥力水田土壤的面积也仅占水田总面积的 30 % 左右<sup>[15]</sup>, 鉴于我国南方水田和旱地土壤的巨大面积和肥力现状, 通过培肥土壤达到增加固持大气 CO<sub>2</sub> 的潜力应当是非常有效的途径。

表 5 不同肥力水平耕地土壤有机 C 密度差异

Table 5 Changes in density of soil organic Carbon pool in arable lands different in fertility level

| 耕地类型 |                                          | 土壤有机 C (kg/m <sup>2</sup> ) |         | 全 N (kg/m <sup>2</sup> ) |         |
|------|------------------------------------------|-----------------------------|---------|--------------------------|---------|
|      |                                          | 0~20cm                      | 0~100cm | 0~20cm                   | 0~100cm |
| 旱 地  | 低肥力, 花生产量 < 750 kg/hm <sup>2</sup>       | 1.32                        | 3.60    | 0.16                     | 0.54    |
|      | 中肥力, 花生产量 750 ~ 1875 kg/hm <sup>2</sup>  | 2.16                        | 4.95    | 0.21                     | 0.63    |
|      | 高肥力, 花生产量 > 3000 kg/hm <sup>2</sup>      | 3.47                        | 7.71    | 0.23                     | 0.77    |
| 水 田  | 低肥力, 水稻单产 < 3000 kg/hm <sup>2</sup>      | 2.40                        | 6.40    | 0.23                     | 0.70    |
|      | 中肥力, 水稻单产 3000 ~ 4500 kg/hm <sup>2</sup> | 3.36                        | 8.41    | 0.29                     | 0.79    |
|      | 高肥力, 水稻单产 > 6000 kg/hm <sup>2</sup>      | 3.87                        | 9.19    | 0.34                     | 0.90    |

## 3 结 语

不同的土地利用方式, 通过人类活动改变植被类型和施肥管理水平, 造成有机物质进入量和土壤有机质形成量的显著差异, 影响土壤有机 C 库的密度。我国南方 218 万 km<sup>2</sup> 的热带亚热带地区, 分布有大面积的低丘岗地, 由于长期不合理利用, 贫瘠化的现象非常普遍和明显, 但由于其分布的地形部位地表起伏和缓、自然及水源条件好, 恢复利用的可能性大。只要通过合理布局, 调整种植结构, 该类型土地应有可能得到有效利用和改良, 在增加固持大气 CO<sub>2</sub> 潜力上发挥重要作用。

## 参考文献

- Rodriguez-Murillo JC. Organic Carbon content under different types of land use and soil in peninsular Spain. *Biol. Fertil. Soils*, 2001, 33: 53 ~ 61
- Mann LK. Changes in soil Carbon storage after cultivation. *Soil Science*, 1986, 142(5): 279 ~ 288
- Campbell CA. Effect of crop rotations and fertilizations on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black chernozem. *Can. J. Soil Sci.*, 1991, 71:377 ~ 387
- 李忠佩, 林心雄, 车玉萍. 中国东部主要农田土壤有机碳库的平衡与趋势分析. *土壤学报*, 2002, 39(3): 351 ~ 360
- 许绣云, 姚贤良. 红壤生态站土壤物理性质研究. 见: 石华主编. *红壤生态系统研究(第 1 集)*. 北京: 科学出版社, 1992, 93 ~ 101
- 杜恩昊, 陈本华, 杨苑璋. 红壤站附近土壤的容重资料

- 及其数理统计分析. 见: 何园球, 杨艳生主编. 红壤生态系统研究(第6集). 北京: 中国农业科技出版社, 2001, 142 ~ 145
- 7 文启孝主编. 土壤有机质研究法. 北京: 农业出版社, 1984, 318
- 8 吴锡军, 曹淑卿, 刘崇群. 红壤生态站土壤养分状况及养分图(1/6000)概述. 见: 石华主编. 红壤生态系统研究(第1集). 北京: 科学出版社, 1992, 73 ~ 76
- 9 李忠佩, 林心雄, 车玉萍. 亚热带人工林地的生物归还动态及土壤养分含量变化. 见: 王明珠, 张桃林, 何园球主编. 红壤生态系统研究(第3集). 北京: 中国农业科技出版社, 1995, 199 ~ 209
- 10 李忠佩. 红壤区耕地有机物质的利用现状与开发策略. 土壤与环境, 1999, 8(2): 148 ~ 152
- 11 中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所, 农业部全国土壤肥料总站编. 中国耕地资源及其开发利用. 北京: 测绘出版社, 1992
- 12 杜青林, 何康主编. 农业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2001
- 13 何康, 刘中一, 刘江主编. 中国农业统计年鉴(1988 ~ 1997). 北京: 农业出版社, 1988 ~ 1997
- 14 李忠佩. 红壤有机碳库的消长与转化规律. 见: 赵其国主编. 中国东部红壤地区土壤退化的时空变化和机理及调控措施. 北京: 科学出版社, 2002, 152 ~ 176
- 15 江西省土地管理局, 江西省土壤普查办公室编. 江西土壤. 北京: 中国农业科技出版社, 1991

## DENSITY OF SOIL ORGANIC CARBON POOL AND ITS VARIATION IN HILLY RED SOIL REGION

LI Zhong-pei

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

**Abstract** Density of soil organic C pool and its variation in the soils under different types of landuse were investigated through field sampling and chemical analysis at the Ecological Experimental Station of Red Soil, Chinese Academy of Sciences. Results showed that in hilly red soil organic C density was  $(2.09 \pm 0.69) \text{ kg/m}^2$  and  $(5.01 \pm 1.46) \text{ kg/m}^2$ , and total N density  $(0.20 \pm 0.07) \text{ kg/m}^2$  and  $(0.59 \pm 0.14) \text{ kg/m}^2$ , in the soil layer of 0~20cm and 0~100cm in depth, respectively, which varied with the landuse. Soil organic C density in the soil layer of 0~20cm and 0~100cm in depth increased by  $1.0 \text{ kg/m}^2$  and  $1.7 \text{ kg/m}^2$  in sparse grassland compared to that in bare land, by  $0.7 \text{ kg/m}^2$  and  $0.9 \text{ kg/m}^2$  in artificial forest or orchard compared to that in sparse grassland, and by  $2.3 \text{ kg/m}^2$  and  $4.4 \text{ kg/m}^2$  in paddy field of high fertility compared to that in sparse grassland. Differences also existed in organic C density being  $1.0 \text{ kg/m}^2$  and  $3.5 \text{ kg/m}^2$  between different types of artificial forests and orchards. The difference between profiles in organic C density being  $1.3 \text{ kg/m}^2$  and  $2.9 \text{ kg/m}^2$  and in total N density being  $0.1 \text{ kg/m}^2$  and  $0.3 \text{ kg/m}^2$ , and between soils different in fertility in organic C density being  $1.5 \sim 2.2 \text{ kg/m}^2$  and  $2.8 \sim 4.1 \text{ kg/m}^2$  and in total N density being  $0.07 \sim 0.11 \text{ kg/m}^2$  and  $0.20 \sim 0.23 \text{ kg/m}^2$ . Intensive erosion could decrease soil organic C density by  $1.4 \text{ kg/m}^2$  in the soil layer of 0~20cm and by  $2.2 \text{ kg/m}^2$  in the soil layer of 0~100cm in depth. Therefore, rationalization of land use could increase the density of soil organic C pool and enhance the potential of sequestering atmospheric  $\text{CO}_2$  in soil.

**Key words** Hilly red soil, Organic Carbon pool, Density, Variation