

文章编号: 1000-5013(2008)01-0106-05

# 细柄阿丁枫天然林与杉木人工林土壤 水稳性团聚体有机碳比较

毛艳玲<sup>1</sup>, 杨玉盛<sup>1</sup>, 邢世和<sup>2</sup>, 邹双全<sup>3</sup>, 崔纪超<sup>2</sup>

(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; 3. 福建农林大学 科研处, 福建 福州 350002)

**摘要:** 研究福建省建瓯市万木林自然保护区内, 细柄阿丁枫(*Altingia gracilipes*)天然林及杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林不同土层土壤团聚体有机碳质量比与有机碳贮量的关系, 探讨土地利用变化对土壤水稳性团聚体有机碳的影响. 结果表明, 细柄阿丁枫天然林和杉木人工林都是以大团聚体( $> 0.25\text{ mm}$ )为主, 占了干土质量的 85% 以上. 天然林转换为人工林后, 土壤团聚体的数量变化差异不明显, 但各个粒径团聚体有机碳质量比明显下降, 下降幅度为 22.62%~51.78%, 表层土壤有机碳损失更为严重. 2 种林分的大于 2.0 mm 的团聚体有机碳贮量最高, 0.25~0.5 mm 的团聚体有机碳贮量最低, 在大团聚体中呈现出随粒径增加, 有机碳贮量增加的趋势. 天然林转换为人工林后, 土壤有机碳贮量明显下降, 下降是由各粒径团聚体碳质量比减小引起的.

**关键词:** 水稳性团聚体; 土壤有机碳; 细柄阿丁枫; 杉木; 万木林自然保护区

**中图分类号:** S 152.4; S 718.55

**文献标识码:** A

土壤团聚体是土壤有机碳稳定和保护的载体, 团聚体的粒径大小不同, 储存有机碳组分和能力也不同. 国外对土壤团聚体有机碳的影响研究, 大多集中在热带与温带地区, 主要针对不同耕作管理措施及森林转换为草地的情况. 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、植被恢复以及侵蚀地对土壤有机碳的影响上<sup>[1-11]</sup>, 而有关天然林转换为人工林对土壤团聚体有机碳分布的影响还很少报道. 福建省建瓯市万木林自然保护区地处武夷山脉东南, 鹫峰山脉西北, 属中亚热带季风型气候. 土壤均为花岗岩发育的红壤. 细柄阿丁枫天然林和杉木人工林位于万木林自然区内, 天然林树龄约为 120 a 以上. 20 世纪 60 年代, 部分天然林被砍伐后营造杉木人工纯林, 人工林与现存的天然林毗邻, 本底条件(母岩、土层)相似, 从而为不同天然林和人工林的生态学比较提供良好的条件. 本文选择了细柄阿丁枫(*Altingia gracilipes*)天然林为研究对象, 以杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林为对照, 研究天然林转变为人工林后的土壤水稳性团聚体有机碳的差异.

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集与处理

细柄阿丁枫天然林为东北坡向, 坡度 26°. 乔木层主要有细柄阿丁枫、米槠(*Castanopsis carlesii*)、木荷、木荚红豆(*Ormosia xylocarpa*)等, 以细柄阿丁枫占优势. 灌木层以沿海紫金牛(*Ardisia punctata*)、草珊瑚(*Sarcandra glabra*)、狗骨柴(*Tricalysia dubia*)为主. 草本层以狗脊为主<sup>[12]</sup>. 杉木人工林为

收稿日期: 2007-12-12

作者简介: 毛艳玲(1970-), 女, 现为福建农林大学资源与环境学院(福建 福州 350002)副教授; 通讯作者: 杨玉盛(1964-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事亚热带常绿阔叶林 C、N 等元素循环研究. E-mail: geoyys@fjnu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30571488), 福建省自然科学基金计划资助项目(D0710003), 福建省省属高等学校科研基金资助项目(2006F5018)

西北坡向, 坡度 27°。林冠单层, 灌木层以杜茎山、狗骨柴和草珊瑚为主. 草本层以五节芒(*Miscanthus floridulus*)、狗脊和乌毛蕨(*Blechnum orientale*) 为主<sup>[12]</sup>. 采集时间为 2007 年 7 月, 细柄阿丁枫天然林、杉木人工林的土壤样品按 0~ 10、10~ 20 cm 采取, 用铝质盒装好, 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, 室温下风干.

1.2 分析方法

土壤团聚体的分离是依据 Elliott<sup>[13]</sup> 的方法, 并略作修改. 称取风干土 100 g, 把土样放在最大孔径筛上, 在水中浸泡 5 min, 用振荡式机械筛分仪筛(上下振幅 3 cm, 30 次·min<sup>-1</sup>) 5 min, 分离出> 2.0 mm, 0.5~ 2.0 mm, 0.25~ 0.5 mm, < 0.25 mm 的土壤团聚体, 于 50℃下烘干并称重. 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质量比<sup>[14]</sup>. 所有测定结果采用 Excel, SPSS13.0 软件进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 土壤团聚体的分布

细柄阿丁枫天然林和杉木人工林的水稳性团聚体分布, 如表 1 所示. 表中, *h* 为土层深度, *d* 为团聚体粒径, *w*(团聚体) 为团聚体质量分数, *w*(SOC) 为团聚体有机碳质量比, *M*(SOC) 为团聚体有机碳储量. 从表 1 可知, 水稳性团聚体分布是以大团聚体为主(> 0.25 mm), 占了干土质量的 85% 以上. 天然

表 1 两种林分土壤各粒径团聚体的测试结果

Tab. 1 Characteristic summary of soil aggregates in the two forests

林分	<i>h</i> /cm	<i>d</i> /mm	<i>w</i> (团聚体)/%	<i>w</i> (SOC)/%	<i>M</i> /t·hm <sup>-2</sup>
阿 丁 枫	0~ 10	> 2.0	40.07±2.03	4.712±0.642	21.06±4.03
		0.5~ 2.0	26.87±4.52	4.345±0.641	13.14±2.80
		0.25~ 0.5	12.47±0.81	3.930±0.625	5.55±0.44
		< 0.25	20.57±3.41	4.430±0.785	10.36±0.84
	10~ 20	> 2.0	36.08±4.43	2.341±0.193	10.19±1.15
		0.5~ 2.0	29.38±3.20	2.318±0.288	8.18±0.50
		0.25~ 0.5	9.30±1.46	1.977±0.255	2.16±0.53
		< 0.25	25.23±3.47	2.497±0.149	7.66±0.54
杉 木	0~ 10	> 2.0	52.71±4.52	2.272±0.462	12.00±2.76
		0.5~ 2.0	26.25±1.54	2.111±0.357	5.59±1.96
		0.25~ 0.5	5.86±2.30	1.958±0.112	1.14±0.47
		< 0.25	15.17±0.88	2.426±0.091	3.67±0.20
	10~ 20	> 2.0	41.31±1.32	1.408±0.107	6.93±0.61
		0.5~ 2.0	26.88±1.31	1.475±0.078	4.72±0.34
		0.25~ 0.5	8.30±0.58	1.530±0.228	1.51±0.20
		< 0.25	23.49±0.57	1.656±0.403	4.63±1.12

林大于 2.0 mm 的团聚体质量分数小于人工林, 其余粒径团聚体质量分数大于杉木, 但差异不一定显著. 在表层(0~ 10 cm), 大于 2.0 mm 和 0.25~ 0.5 mm 团聚体质量分数在天然林与人工林之间差异显著; 而次表层(10~ 20 cm) 同一粒径大小团聚体质量分数在天然林与人工林之间无显著差异. 同一土地利用中不同粒径大小的土壤团聚体质量比, 除了阿丁枫 10~ 20 cm 土层中 0.25~ 0.5 mm 与小于 0.25 mm 团聚体无明显差异外, 天然林与人工林也都差异显著. 无论是天然林, 还是人工林, 在大团聚体(> 0.25 mm) 中都表现出随着粒径的增大, 团聚体质量比有增加的趋势, 其中, 大于 2.0 mm 的团聚体质量比最高, 0.5~ 0.25 mm 的团聚体质量比最低. 这说明在万木林保护区, 天然林转变为人工林, 土壤团聚体的数量变化差异不明显. 但天然林仍表现出土壤结构稳定的特性, 无论是干筛还是湿筛, 对天然林团聚体分布的未有显著影响(数据未显示), 而人工林的大团聚体水稳性的差异显著.

2.2 不同土地利用对团聚体有机碳质量比的影响

在不同土层 2 种林地的团聚体有机碳质量比表现出相似规律, 如表 1 所示. 细柄阿丁枫天然林和杉木人工林不同粒径之间, 团聚体质量分数无显著差异; 而 2 种林分同一粒径大小团聚体有机碳质量比差

异显著. 天然林转换为人工林后, 人工林各粒径团聚体有机碳质量比下降幅度达 22. 62%~ 51. 78%, 其中 0~ 10 cm 下降幅度为 45. 24%~ 51. 78%. 同种林分各粒径团聚体有机碳质量比在不同土层差异显著, 阿丁枫 0~ 10 cm 土层团聚体有机碳是 10~ 20 cm 的 1. 77~ 2. 01 倍, 杉木表层是次表层的 1. 28~ 1. 61 倍. 这表明天然林转换为人工林后, 各个粒径团聚体有机碳质量比明显下降( $P < 0. 05$ ), 尤其是表层土壤有机碳损失更为严重. 这是由于天然林转变为人工林时, 各种人为干扰措施使得下层土壤暴露, 增加微生物与凋落物的接触<sup>[15]</sup>, 并受到雨滴作用直接影响, 提高了团聚体对破坏的敏感性. 同时, 也改变土壤温度、水分、通气等条件, 这些条件变化都加速了土壤有机质分解. 但在同一利用类型之间团聚体有机碳含量差异不明显, 这可能与土壤粘土矿物类型有关.

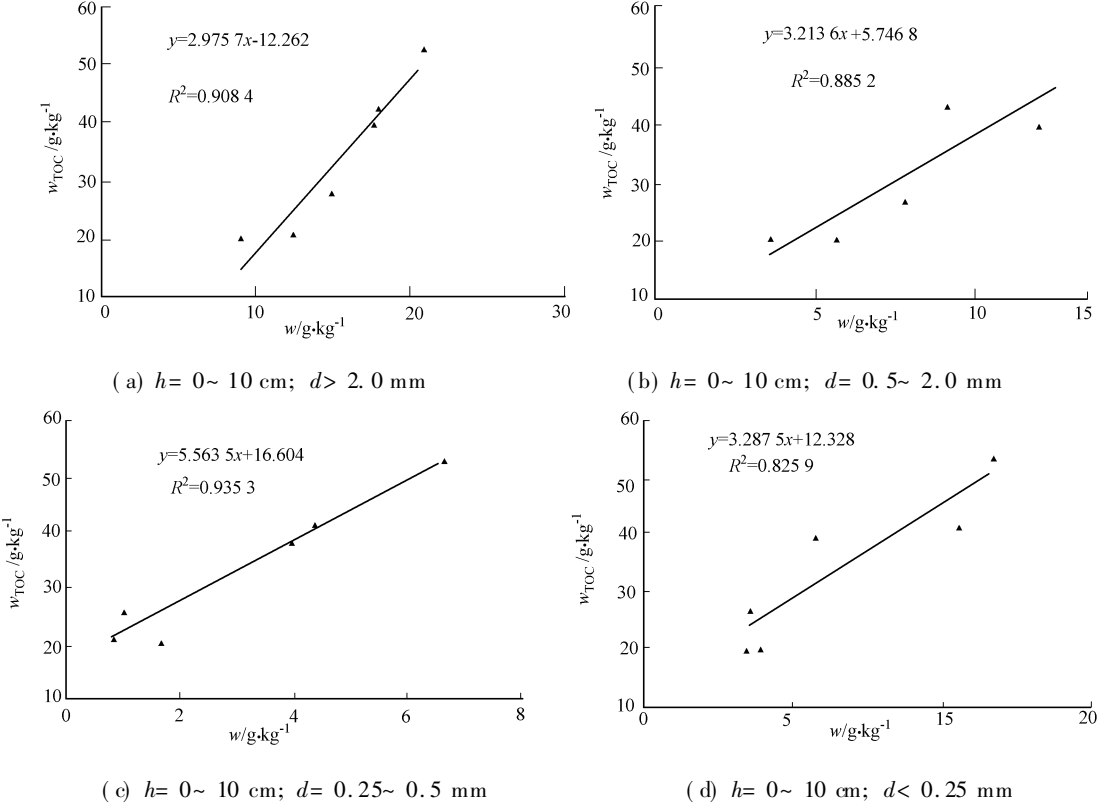
2. 3 不同土地利用土壤团聚体有机碳贮量

土壤团聚体有机碳贮量是指在单位土壤中团聚体有机碳的质量, 它是土壤团聚体保持有机碳的容量指标<sup>[16]</sup>. 不同土地利用土壤团聚体有机碳贮量, 如表 1 所示. 从表 1 可以看出, 不同土层土壤团聚体有机碳贮量在 2 种林分中表现出相似规律, 大于 2. 0 mm 团聚体有机碳贮量最高, 0. 25~ 0. 5 mm 团聚体的有机碳贮量最低, 在大团聚体中呈现出随粒径增加, 有机碳贮量增加的趋势. Beare<sup>[17]</sup> 认为无论是耕作还是非耕作土壤, 粒径越小的水稳性团聚体的有机碳质量比越少, 2 种林分大团聚体之间有机碳贮量差异显著( $P < 0. 05$ ). 在不同土层, 天然林和人工林在不同粒径团聚体之间差异显著, 除了 10~ 20 cm 土层的 0. 25~ 0. 5 mm 团聚体外. 阿丁枫大团聚体有机碳贮量在不同土层之间差异显著( $P < 0. 05$ ), 而杉木有机碳贮量只有在大的大团聚体中( $> 2. 0$  mm) 表现出显著差异性( $P < 0. 05$ ).

以上结果表明, 天然林转变为人工林, 土壤团聚体有机碳贮量在表层和次表层的下降幅度分别为 36. 14%~ 76. 81% 和 28. 89%~ 41. 33%. 这是由于各种人为干扰措施主要集中在表层所造成的, 也说明表层土壤有机碳对土地利用变化更为敏感. 人工林由于受到砍伐、整地、除草等的影响, 使得表层与次表层的差异由天然林的差异显著变为不显著, 但大的团聚体有机碳变化仍然明显, 也表明土壤大团聚体对土地利用变化更为敏感, 微团聚体的稳定性高于大团聚体. 这与 Elliott<sup>[13]</sup> 结论是一致的.

2. 4 土壤总有机碳与土壤团聚体有机碳的关系

土壤总有机碳质量比( $w_{TOC}$ ) 与不同粒径团聚体在单位土壤中有有机碳质量比( $w$ ) 的相关关系, 如图 1 所示. 从图 1 可知, 在 0~ 10 cm 表层, 土壤大团聚体有机碳与总有机碳呈极显著正相关( $P < 0. 01$ ), 而



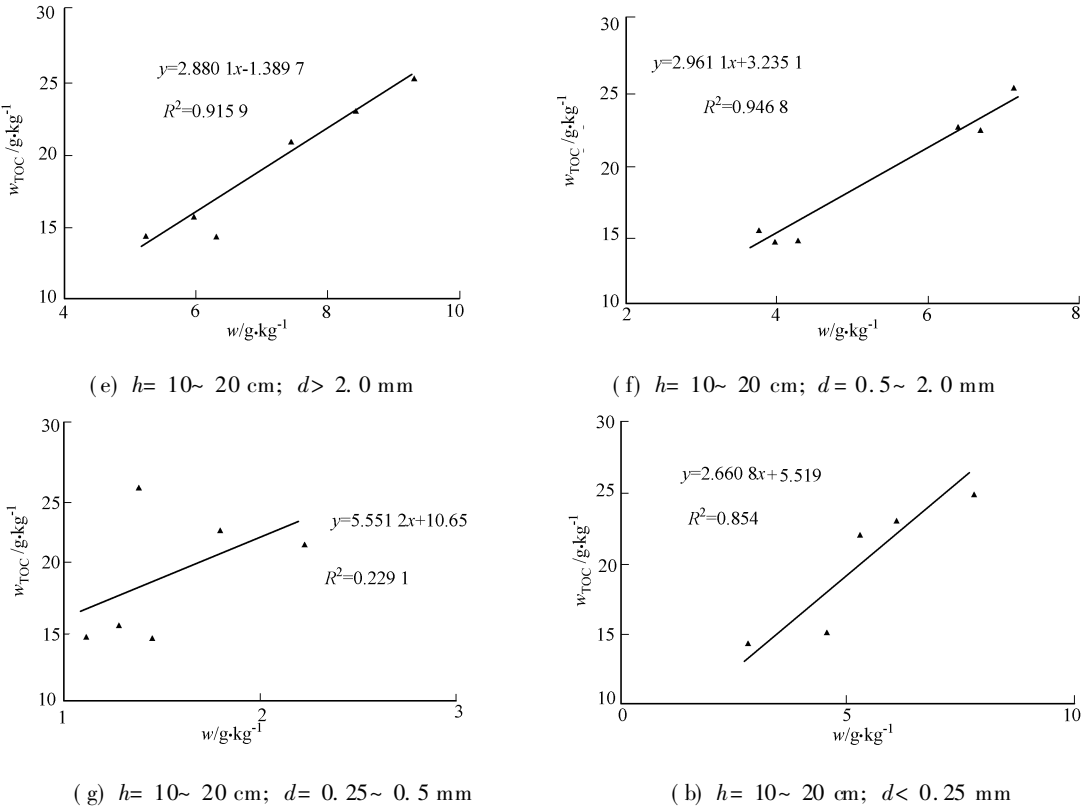


图 1 土壤总有机碳与团聚体中有机碳的关系

Fig.1 Relationships between the total SOC and SOC in aggregates with different sizes

微团聚体有机碳与总有机碳呈显著正相关( $P < 0.05$ ). 说明, 林地土壤总有机碳累积受到各粒径团聚体有机碳增加的影响, 但大团聚体的贡献更大; 对于 10~ 20 cm 土层, 各粒径团聚体( 0.25~ 0.5 mm 除外) 有机碳与总有机碳呈极显著正相关( $P < 0.01$ ). 天然林转变为人工林之后, 土壤有机碳大幅度下降, 原因是由各团聚体中碳质量比减小引起.

3 结束语

本文选择了细柄阿丁枫(*Altingia gracilipes*)天然林, 以杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林为对照, 通过对福建省建瓯市万木林自然保护区内的林木细柄阿丁枫天然林和杉木人工林的研究, 比较了天然林转变为人工林后的土壤水稳性团聚体有机碳的差异. 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.

参考文献:

[ 1 ] 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 ] 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.

[ 3 ] 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.

[ 4 ] 李恋卿, 潘根兴, 龚伟, 等. 太湖地区几种水稻土的有机碳储存及其分布特性[ J ]. 科学通报, 2000, 16( 6 ): 421-426, 432.

[ 5 ] 杨长明, 欧阳竹, 董玉红. 不同施肥模式对潮土有机碳组分及团聚体稳定性的影响[ J ]. 生态学杂志, 2005, 24( 8 ): 887-892.

[ 6 ] 宇万太, 沈善敏, 张璐, 等. 黑土开垦后水稳性团聚体与土壤养分的关系. 应用生态学报[ J ], 2004, 15( 12 ): 2287-2291.

- [ 7 ] 彭新华, 张 斌, 赵其国. 红壤侵蚀裸地植被恢复及土壤有机碳对团聚体稳定性的影响[ J ]. 生态学报, 2003, 23 ( 10 ) : 2176-2183.
- [ 8 ] 王春燕, 黄 丽, 谭文峰, 等. 几种侵蚀红壤中有机质和团聚体的关系[ J ]. 水土保持学报, 2007, 21( 3 ) : 52-56.
- [ 9 ] 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的变化[ J ]. 水土保持学报, 2006, 20 ( 3 ) : 121-125.
- [ 10 ] 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.
- [ 11 ] 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 ) : 973-980.
- [ 12 ] 郭剑芬, 陈光水, 钱 伟, 等. 万木林自然保护区 2 种天然林及杉木人工林凋落量及养分归还[ J ]. 生态学报, 2006, 26( 12 ) : 4091-4098.
- [ 13 ] 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.
- [ 14 ] 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: 13-15.
- [ 15 ] SIX J, PAUSTIAN K, ELLIOTT E T, et al. 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.
- [ 16 ] EYNARD A, SCHUMACHER T E, LINDSTROM M J, 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.
- [ 17 ] BEARE M H, HU S, COLEMAN D C, et al. Influences of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils[ J ]. Appl Soil Ecol, 1997, 5: 211-219.

## A Comparison of Soil Organic Carbon of Water-Stable Aggregates between *Altingia gracilipes* Natural Forest and *Cunninghamia lanceolata* Plantation

MAO Yan-ling<sup>1</sup>, YANG Yu-sheng<sup>1</sup>, XING Shi-he<sup>2</sup>,  
ZOU Shuang-quan<sup>3</sup>, CUI Ji-chao<sup>2</sup>

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

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

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

**Abstract:** In order to assess the impacts of land use change on soil organic carbon (SOC), the contents of SOC of water-stable aggregates of surface soil samples (0~ 10 cm, 10~ 20 cm) at a natural forest of *Altingia gracilipes* and a plantation of Chinese fir ( *Cunninghamia lanceolata* ) were investigated in Wanmulin Nature Reserve of Jianou city, Fujian Province, China. Results showed that the proportion of macroaggregates ( > 0.25 mm ) was account for 85% of the dry soil weight. There was no significant differences between the aggregate proportions of the two forest, but the contents of SOC in different size groups decreased significantly as natural forest conversion to plantation, and the loss of C content in aggregates was account for 22.62% to 51.78%. The storages of SOC in different sized aggregates in two forests increased with increasing macroaggregate size. The total content of SOC was affected by the carbon of different sizes of aggregates. It is concluded that the conversion of natural forest into plantation leads to a loss of the content of SOC and soil aggregates and a decrease of the aggregates stability.

**Keywords:** water-stable aggregates; soil organic carbon; *Altingia gracilipes*; *Cunninghamia lanceolata*; Wanmulin Nature Reserve

( 责任编辑: 黄仲一 )