

# 猫儿山自然保护区不同林分类型土壤有机碳储量及其剖面分配特征

朱柳霏<sup>1,2,3</sup>, 戴艳花<sup>1,2</sup>, 黎立港<sup>1,2</sup>, 吴滢<sup>1,2</sup>, 宋贤冲<sup>1,2,4</sup>, 王会利<sup>1,2,4</sup>, 覃祚玉<sup>1,2,4</sup>,  
谭一波<sup>1,2</sup>, 邓小军<sup>1,2,3,4\*</sup>

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院 国家林业局中南速生材繁育实验室 广西优良用材林资源培育重点实验室, 广西南宁 530002;  
2. 广西漓江源森林生态系统国家定位观测研究站 桂林兴安漓江源森林生态系统广西野外科学观测研究站, 广西桂林 541316;  
3. 广西国有博白林场, 广西玉林 537600; 4. 广西林用新型肥料研发中心, 广西南宁 530002)

**摘要:**【目的】揭示猫儿山自然保护区 3 种不同林分类型土壤有机碳储量差异及其剖面垂直分布特征, 为该区域林业碳汇发展提供科学理论依据。【方法】以猫儿山水青冈天然次生林、毛竹人工林、杉木人工林 3 种典型林分作为研究对象, 采用野外调查结合室内分析的方法, 测定并计算各林分土壤容重、有机碳含量、有机碳密度和有机碳储量, 并根据各林分结果数据来分析不同林分土壤有机碳储量差异及其剖面垂直分布特征和占比规律。【结果】不同林分类型土壤有机碳含量、有机碳密度及有机碳储量均表现为: 水青冈天然次生林 > 毛竹人工林 > 杉木人工林。不同土层土壤有机碳含量、有机碳密度及有机碳储量存在显著差异, 且均随土层加深有机碳含量等指标降低。水青冈林分土壤总有机碳储量最高, 为 332.99 t hm<sup>-2</sup>; 杉木林分土壤总有机碳储量最低, 为 225.27 t hm<sup>-2</sup>。有机碳储量占比也是随土层加深而逐渐变小, 土层越深, 占比越小。【结论】水青冈天然次生林土壤有机碳储量高于毛竹人工林、杉木人工林, 有较好的碳储量积累与固定效应。

**关键词:** 猫儿山; 林分类型; 土壤有机碳; 有机碳储量; 分配特征

**中图分类号:** S714.8; S759.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 0564-3945(2024)04-0968-06

DOI: 10.19336/j.cnki.trtb.2022092302

朱柳霏, 戴艳花, 黎立港, 吴滢, 宋贤冲, 王会利, 覃祚玉, 谭一波, 邓小军. 猫儿山自然保护区不同林分类型土壤有机碳储量及其剖面分配特征 [J]. 土壤通报, 2024, 55(4): 968-973

ZHU Liu-fei, DAI Yan-hua, LI Li-gang, WU Ying, SONG Xian-chong, WANG Hui-li, QIN Zuo-yu, TAN Yi-bo, DENG Xiao-jun. Soil Carbon Storage and Vertical Distribution Characteristics of Different Stand Types in Maoershan Nature Reserve[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2024, 55(4): 968-973

【研究意义】“碳达峰”是指在某一个时点, 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放量达到峰值后逐渐降低<sup>[1-3]</sup>; “碳中和”是指团体或个人在一段时间内产生的温室气体总排放量, 通过植树造林、节能减排等方式抵消自身的 CO<sub>2</sub> 排放, 实现 CO<sub>2</sub> 相对“零排放”<sup>[3-5]</sup>。2021 年我国开启“碳中和”行动, 全球低碳经济与生态绿色发展愈发受到重视, 而森林碳汇在碳中和发展中占很大优势, 因为森林植物可以通过光合作用把大气中的 CO<sub>2</sub> 转化为碳水化合物固定在植被与土壤当中<sup>[6-7]</sup>, 通过各种渠道增加森林植被覆盖率, 能有效减少 CO<sub>2</sub> 等温室气体在大气中的浓度。森林作为陆地生态系统的主体, 是系统中最大的碳库, 森林的

碳汇功能是应对气候变化问题的最有效方式之一<sup>[8]</sup>。

“碳汇功能”对当今林业发展具有重要生态作用和较大经济价值<sup>[6]</sup>。因此, 在一定区域内了解不同森林生态系统土壤有机碳储量的估算、分布特征及碳循环变化过程, 对制定科学合理的生态系统碳汇管理措施具有参考意义以及为碳达峰碳中和国家战略提供参考数据。【前人研究进展】李跃林等<sup>[9]</sup>和焦燕等<sup>[10]</sup>研究指出森林土壤有机碳库作为陆地生态系统最大的碳库, 占全球土壤有机碳库的 70% 以上, 土壤有机碳微小的变化都足以引起空气中 CO<sub>2</sub> 浓度的变动。史军等<sup>[11]</sup>认为加强造林后土壤碳积累机制及其空间分异和时间动态的研究具有重要科学实践意

收稿日期: 2022-09-23; 修订日期: 2024-03-19

基金项目: 广西自然科学基金项目 (2022GXNSFBA035630)、广西林业科技项目 (桂林科研 [2021]22 号)、广西优良用材林资源培育重点实验室项目 (2019-A-04-02)、广西重点研发项目 (桂科 AB1850011) 和中央财政林业科技推广示范项目 ([2023]TG10 号) 资助

作者简介: 朱柳霏 (1996-), 女, 广西博白, 助理工程师, 主要从事森林经营与土壤健康方面工作。E-mail: zlf210607@163.com

\*通讯作者: E-mail: dengxiaojun2008@sina.com

义。徐英明等<sup>[12]</sup>认为土壤有机碳在一定程度上反应土壤肥力和土壤健康状况,其分布空间和转化速率可影响土壤碳储量及碳库的动态平衡,对森林碳汇的作用不容忽视<sup>[13]</sup>。还有研究表明全球土壤碳主要是以有机质形式存在,土壤呼吸过程释放的 CO<sub>2</sub> 量约占陆地与大气间碳交换量的 2/3<sup>[14]</sup>,可通过增加土壤碳储量来调节大气中的 CO<sub>2</sub> 浓度。尹伟伦指出林业碳汇是一项“双赢”机制,它解决了发达国家的减排成本问题,且能够促进发展中国家的可持续发展,通过林业碳汇措施减少大气中 CO<sub>2</sub> 浓度已成为国际公认的缓解气候变暖的有效途径。【本研究切入点】林业碳方面的研究主要集中于不同植被(森林、草地)、不同树种、不同龄组及不同混交模式对林业植被碳储量的影响<sup>[15]</sup>,而在不同区域不同林分类型土壤方面的碳储量研究不多且不够深入,因此本研究以广西猫儿山自然保护区水青冈(*Fagus longipetiolata* Seem)天然次生林、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林、毛竹(*Phyllostachys edulis*)人工林为研究对象,调查 3 种典型林分类型土壤容重、有机碳含量、单位面积有机碳密度及有机碳储量,分析不同林分土壤有机碳储量及其剖面垂直分布特征。【拟解决的问题】探讨猫儿山自然保护区不同林分类型土壤有机碳储

量的差异及其在剖面上分布特征以及土壤有机碳变化趋势,阐释不同林分类型土壤有机碳储量及其碳汇能力,为评估各项生态保护林业措施固碳成效提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区域在猫儿山国家级自然保护区内,位于广西东北部(110°20'~110°35'E, 25°48'~25°58'N),地处桂林市兴安县、资源县、龙胜县三县交界处,也是三大江(漓江、资江和湘江)的主要发源地。属于中亚热带山地气候,海拔为 2141.5 m,年均降雨量 2509.1 mm,年均气温 12.8℃,相对湿度 92%。森林植被尤为丰富,覆盖率高达 96%。山顶往山底的植被分布有山顶矮林、水青冈天然次生林、毛竹人工林、杉木人工林等,成土母岩是花岗岩,土壤主要为山地红壤、黄红壤<sup>[16]</sup>。研究对象为杉木、毛竹人工林和水青冈天然次生林 3 种典型林分,杉木人工林和毛竹人工林都是 1980 年营造的近自然经营人工林,水青冈天然次生林为自然生长、未受人为干扰的林地,土壤类型为山地红壤,林分地貌及植被概况见表 1。

表 1 猫儿山样地概况

林分类型 Forest type	海拔(m) Elevation	坡度(°) Slope	坐标 Coordinate	优势树种 Edge species	次要树种 Minor species
杉木林	1130	5	110°29'13" E25°53'15" N	杉木	毛竹、青榨槭、光皮楮等
毛竹林	1144	2	110°29'17" E25°53'2" N	毛竹	青榨槭、交让木、杜鹃等
水青冈林	1385	35	110°27'56" E25°54'21" N	水青冈	摆竹、南方荚蒾、团叶杜鹃等

### 1.2 研究方法

**1.2.1 土壤采集** 按照国家林业行业标准 LY/1952—2011 在各类型林分内建立 100 m × 100 m 定位观测样地,在每个定位观测样地内以“品”字型挖掘 3 个标准土壤剖面;除净地表枯枝落叶和腐殖质层,在 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 土层分别采集土壤样品,每层取土样 3 个;每一土样用四分法混合取土壤 500 g,分别装入密封袋保存带回实验室,清理剔除草根石块残渣,经自然风干、过筛处理后用于土壤有机碳含量的测定。

**1.2.2 土壤容重、有机碳含量、有机碳密度、有机碳储量测定与估算** 土壤容重采用环刀法测定,土壤有机碳含量采用高温外热重铬酸钾氧化—容量法测定<sup>[17]</sup>。

土壤有机碳密度计算公式<sup>[18]</sup>:

$$SOCD_i(\text{kg m}^{-2}) = D_i \times \rho_i \times C_i \times (1 - G_i) \quad (1)$$

土壤有机碳储量估算公式<sup>[18]</sup>:

$$SOCR(\text{t hm}^{-2}) = \sum_{i=1}^n D_i \times \rho_i \times C_i \times (1 - G_i) \times 10 \quad (2)$$

(1) 和 (2) 式中, SOCD 代表土壤有机碳密度 (kg m<sup>-2</sup>); SOCR 代表土壤有机碳储量 (t hm<sup>-2</sup>); D<sub>i</sub> 代表所要计算有机碳储量的深度 (m); ρ<sub>i</sub> 代表第 i 层土壤容重 (g cm<sup>-3</sup>); C<sub>i</sub> 代表第 i 层土壤有机碳含量 (g kg<sup>-1</sup>); G<sub>i</sub> 代表第 i 层直径大于 2 mm 的石砾所占的体积分数 (%); 10 为单位换算系数。

**1.2.3 数据处理** 采用 Microsoft Excel 2007 软件对数据统计整理和制图处理,采用 SPSS 19.0 软件相应的程序进行方差分析 (One-way ANOVA)、Duncan 多重比较检验数据间差异。文中表格数据为平均值 ± 标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同林分土壤容重情况

由表 2 可知, 3 种林分间土壤容重存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 土壤容重大小排序为: 杉木林 > 毛竹林 > 水青冈林, 容重最大的是杉木林, 其不同土层

均值为  $1.25 \text{ g cm}^{-3}$ , 最小的是水青冈林, 为  $0.79 \text{ g cm}^{-3}$ 。相同林分不同土层间土壤容重差异显著 ( $P < 0.05$ ), 大小排序为:  $0 \sim 20 \text{ cm} < 20 \sim 40 \text{ cm} < 40 \sim 60 \text{ cm} < 60 \sim 80 \text{ cm}$ , 均是随土层加深而增大。

表 2 不同林分不同深度土层土壤容重  
Table 2 Soil bulk density of different forest types

林分类型 Forest type	土层容重 ( $\text{g cm}^{-3}$ ) Soil bulk density				均值 Mean
	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm	60 ~ 80 cm	
杉木林	$1.16 \pm 0.18 \text{ Ab}$	$1.23 \pm 0.06 \text{ Ab}$	$1.26 \pm 0.07 \text{ Aab}$	$1.37 \pm 0.08 \text{ Aa}$	$1.25 \pm 0.09 \text{ A}$
毛竹林	$0.85 \pm 0.10 \text{ Bb}$	$0.91 \pm 0.02 \text{ Bab}$	$0.93 \pm 0.06 \text{ Bab}$	$1.03 \pm 0.07 \text{ Ba}$	$0.93 \pm 0.06 \text{ B}$
水青冈林	$0.68 \pm 0.05 \text{ Ca}$	$0.72 \pm 0.03 \text{ Ca}$	$0.78 \pm 0.17 \text{ Ba}$	$0.97 \pm 0.24 \text{ Ba}$	$0.79 \pm 0.12 \text{ B}$

注: 同列不同大写字母表示林分间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 小写字母表示土层间差异显著 ( $P < 0.05$ ) (下同)。

### 2.2 不同林分土壤有机碳含量情况

由表 3 可知, 3 种林分间剖面平均土壤有机碳含量存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 其排序为: 水青冈林 > 毛竹林 > 杉木林, 最高的是水青冈林, 其有机碳平均含量为  $61.11 \text{ g kg}^{-1}$ , 杉木林分最低, 为  $34.21 \text{ g kg}^{-1}$ 。相同林分不同土层间土壤有机碳含量差异显著 ( $P <$

$0.05$ ), 大小排序为:  $0 \sim 20 \text{ cm} > 20 \sim 40 \text{ cm} > 40 \sim 60 \text{ cm} > 60 \sim 80 \text{ cm}$ , 最高的是  $0 \sim 20 \text{ cm}$  土壤, 尤其是水青冈林分表层土壤有机碳含量最高, 为  $86.65 \text{ g kg}^{-1}$ , 3 种林分土壤有机碳含量均随土层加深而呈现逐渐降低的趋势。

表 3 不同林分土壤有机碳含量  
Table 3 Soil organic carbon contents of different forest types ( $\text{g kg}^{-1}$ )

林分类型 Forest type	0 ~ 20 cm	20 ~ 40 cm	40 ~ 60 cm	60 ~ 80 cm	均值 Mean
杉木林	$59.90 \pm 9.22 \text{ Aa}$	$35.19 \pm 2.00 \text{ Bb}$	$27.99 \pm 3.63 \text{ Ab}$	$13.76 \pm 1.43 \text{ Ac}$	$34.21 \pm 4.07 \text{ B}$
毛竹林	$63.34 \pm 10.26 \text{ Aa}$	$40.52 \pm 8.75 \text{ ABab}$	$31.51 \pm 9.56 \text{ Ab}$	$28.08 \pm 16.98 \text{ Ab}$	$40.86 \pm 11.38 \text{ AB}$
水青冈林	$86.65 \pm 20.63 \text{ Aa}$	$66.85 \pm 24.31 \text{ Aab}$	$50.31 \pm 22.51 \text{ Aab}$	$40.66 \pm 22.42 \text{ Ab}$	$61.11 \pm 22.46 \text{ A}$

### 2.3 不同林分土壤有机碳密度情况

由图 1 可知, 3 种林分间各土层土壤有机碳密度无显著差异, 大小排序为: 水青冈林 > 毛竹林 > 杉木林, 水青冈林的有机碳密度最大, 为  $8.32 \text{ kg m}^{-2}$ , 但  $20 \sim 40 \text{ cm}$  土层的有机碳密度是杉木林高于毛竹林。3 种林分不同土层土壤有机碳密度存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 呈现随土壤厚度加深而降低趋势, 高低排序为:  $0 \sim 20 \text{ cm} > 20 \sim 40 \text{ cm} > 40 \sim 60 \text{ cm} > 60 \sim 80 \text{ cm}$ , 最低的是杉木林  $60 \sim 80 \text{ cm}$  土层, 有机碳密度为  $2.73 \text{ kg m}^{-2}$ 。

### 2.4 不同林分土壤有机碳储量及垂直分布

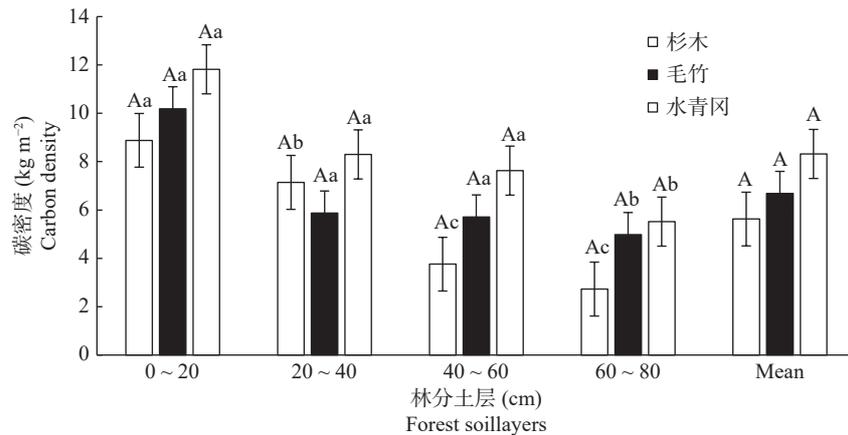
由表 4 可知, 3 种不同林分总土壤有机碳储量各不相同, 水青冈林与毛竹林无显著差异, 但两林分与杉木林存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 土壤有机碳储量高低排序为水青冈林 > 毛竹林 > 杉木林, 水青冈林分总土壤有机碳储量最高, 为  $332.99 \text{ t hm}^{-2}$ , 杉木

林分总土壤有机碳储量最低, 为  $225.27 \text{ t hm}^{-2}$ 。不同土层土壤有机碳储量也不相同, 仍然是  $0 \sim 20 \text{ cm} > 20 \sim 40 \text{ cm} > 40 \sim 60 \text{ cm} > 60 \sim 80 \text{ cm}$ , 碳储量占比也是随土层加深而逐渐变小, 土层深度越深, 占比越小。

## 3 讨论

### 3.1 不同林分土壤有机碳含量特征

土壤有机碳含量作为衡量土壤含碳丰富度的指标, 也是判断土壤肥力标准之一。其数值主要是由植被凋落物腐殖化、动植物残体分解化、微生物积累及根系分泌等多因素共同决定<sup>[19]</sup>。本研究中, 3 种林分土壤有机碳含量存在显著差异, 高低排序为: 水青冈林 > 毛竹林 > 杉木林, 水青冈林土壤有机碳含量最高, 分析认为这是由于海拔高度差异和凋落物不同引起的, 海拔差异造成气候、微生物活性、植被多样性的变化, 间接形成不同海拔林分土壤碳



注:图中不同大写字母表示不同林分土壤有机碳密度差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同小写字母表示不同土层碳密度差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 1 不同林分类型不同深度土层土壤有机碳密度

Fig.1 Soil organic carbon density of different forest types

表 4 不同林分不同土层土壤有机碳储量及占比分布

Table 4 Soil organic carbon stocks and distribution of different forest types

林分类型 Forest type	0~20 cm		20~40 cm		40~60 cm		60~80 cm		总有有机碳储量 Total organic carbon storage (t hm <sup>-2</sup> )
	有机碳储量 Organic carbon storage (t hm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	有机碳储量 Organic carbon storage (t hm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	有机碳储量 Organic carbon storage (t hm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	有机碳储量 Organic carbon storage (t hm <sup>-2</sup> )	比例 Proportion (%)	
杉木林	88.82 ± 2.35 Aa	39.42	71.46 ± 3.98 Ab	31.72	37.66 ± 3.37 Ac	16.71	27.33 ± 1.95 Ac	12.13	225.27 ± 2.91 B
毛竹林	101.81 ± 6.13 Aa	38.05	58.72 ± 6.53 Aa	21.94	57.18 ± 16.69 Aa	21.37	49.82 ± 19.12 Ab	18.62	267.53 ± 12.07 A
水青冈林	118.24 ± 9.62 Aa	35.51	83.09 ± 18.66 Aa	24.95	76.37 ± 17.11 Aa	22.93	55.29 ± 14.25 Ab	16.61	332.99 ± 14.91 A

的转化存在差异。因为相对于其他两种林分来说,水青冈林的海拔最高,高海拔有利于土壤有机组分的积累,宋贤冲<sup>[20]</sup>研究表明猫儿山低海拔地区的C/N转化率快,反之,高海拔的C/N转化率慢,更有利于碳和氮的积累。不同林分土壤有机碳含量存在差异也是因为不同植被对土壤碳化过程与矿化速率有所差异,因为植被的凋落物不同,导致腐殖层的有机质输入土壤的质和量不同<sup>[21]</sup>,从而使矿化底物存在明显差异,最终导致不同林分土壤有机碳含量出现显著差异。水青冈属于阔叶树种,其叶片养分丰富,枝叶凋落在土壤增加了枯枝落叶层的腐殖层的含量,直接增加有机碳含量,这与邓小军等<sup>[16]</sup>的研究结果一致。

不同土层土壤有机碳含量也不相同,高低排序为0~20 cm > 20~40 cm > 40~60 cm > 60~80 cm,土层间有机碳含量差异显著,且随土层加深而逐渐降低。这与植被凋落物生物量、微生物群落结构、养分含量等有关,有机碳的主要来源是枯枝落叶经过微生物的分解腐殖过程,同时,腐殖层直接与表层土壤接触,可及时给表土层提供丰富的有机质,从而与外界进行物质交换和能量流动,表土层有机

质积累作用占明显优势<sup>[22]</sup>。此外,表土层土壤孔隙度适宜,土质疏松,有利于水肥协调,微生物酶活性强,形成有机碳含量较高,在历经雨水冲刷、养分流动下渗透到深层土壤,从而导致有机碳含量随土层加深而逐渐降低<sup>[23]</sup>。

### 3.2 不同林分土壤有机碳密度变化趋势

本研究中,3种林分类型土壤碳密度与有机碳含量表现出相似的变化规律,均是水青冈林 > 毛竹林 > 杉木林,也呈现出随土层深度加深而逐渐降低的趋势。一方面可能与区域自然环境有关,不同植被下土壤碳密度和气候条件、海拔高度等因素存在一定的联系。海拔高度的变化,导致温湿度变化差异大,影响植被有机碳的贡献率,从而影响碳密度的空间布局。海拔越高,土壤碳密度越大,是由于海拔的上升,其气候条件由湿润转成湿冷,植被腐殖化愈明显,促进有机质积累,加快碳密度空间分布,王艳丽等<sup>[24]</sup>的研究也说明碳密度与海拔高度呈现显著正相关关系。一方面还与植被类型有关,水青冈属于阔叶树种,其凋落物和根系表面积较大更有利促进养分积累、微生物分解、有机碳转化<sup>[25]</sup>,从空间上提高碳密度的分布趋势。另一方面,还可

能是土壤自身的理化性质所决定, 不仅与土壤质地(石砾含量)、土壤结构性和稳定性有关, 还与土壤容重有关, 而土壤容重与土壤有机碳含量又有关联, 其关系表现为有机碳含量越高, 容重越小, 也反应了土壤碳密度随土层加深而降低。

### 3.3 不同林分土壤有机碳储量分布规律

土壤有机碳储量对森林生态系统吸收和固定 CO<sub>2</sub> 潜力有重要的指示作用<sup>[26]</sup>。森林土壤有机碳储量主要由动植物残体分解、凋落物与根系周转、土壤养分调控、树种组成与微生物群落等因素共同影响, 但归根结底还是取决于碳素的输入量和输出量的相对大小<sup>[27]</sup>。王华等<sup>[28]</sup>研究表明, 土壤有机碳储量与土层有机碳含量和地上生物量表现出线性正相关, 有机碳的输入量又主要由有机残体归还量及腐殖化系数的变化决定。本研究中, 不同林分土壤有机碳储量差异显著, 高低排序为水青冈林 > 毛竹林 > 杉木林, 与有机碳含量变化一致, 这是不同林分树种自身的生物学特性及土壤养分状况造成。阔叶树种水青冈输送到林地的凋落物量多, 加之水青冈根系具有发达的根瘤, 固 N 能力强, 在高 N 条件下, 比较优良的枯落物基质分解较快<sup>[16]</sup>, 输送到土壤中有有机质量高于毛竹和杉木林。水青冈林是天然次生林, 人为活动对土壤影响相对较少, 土壤肥力较好, 有机碳与 N 素相结合较快, 在土壤中能形成有机矿质复合体, 能借助物理机制保护腐殖质分解过程进入土壤中的有机质, 从而存储和固定更多的有机碳<sup>[29]</sup>。本研究区域猫儿山自然保护区林地土壤有机碳储量主要集中于 0~20 cm 土层, 这与众多研究结果一致。分析认为凋落物在土壤表层的腐殖化作用最强, 以及植物根系富集分布在土壤表层, 深层土壤中的有机质主要依靠表层土壤腐殖分解经淋溶作用往下渗透移动, 造成有机质含量由上而下减少, 且植物的根系支配着深层土壤有机碳的动态分布和空间循环<sup>[30]</sup>。黄林等<sup>[31]</sup>研究表明, 根长密度随土层厚度加深而减小, 根长密度大, 容重减少, 土壤性状发生改变, 促进有机碳增加, 杉木和毛竹属于浅根树种, 比不上水青冈根长密度强、根系发达、分泌作用强。

## 4 结论

本研究对广西猫儿山自然保护区不同林分土壤有机碳储量及其剖面垂直分布特征进行分析, 得出不同林分类型土壤有机碳含量、有机碳密度及有机

碳储量均不同, 不同土层有机碳储量占比也是随土层加深而逐渐变小, 即土层越深, 占比越小。高海拔的水青冈天然次生林土壤碳储量高于杉木人工林和毛竹人工林林, 其土壤固碳潜力也高于另外两种人工林林分。但由于猫儿山森林生态多样性丰富, 土壤碳动态变化的复杂性等可能会造成估算结果出现偏差, 需结合多类型林分样地, 强化连续性、长期性及小尺度的观察与监测, 全面了解猫儿山自然保护区不同森林类型土壤碳储量、碳汇功能及潜力, 为林业碳汇发展提供数据及技术支持。

### 参考文献:

- [1] Batjes N. H. Mitigation of atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations by increased carbon sequestration in the soil[J]. *Biol Fertil Soils*, 1998, 27: 230 - 235.
- [2] 李克让, 陈育峰, 刘世荣, 等. 减缓用适应全球气候变化的中国林业对策[J]. *地理学报*, 1996, 51(增刊): 109 - 119.
- [3] 贺梓晴, 余庆亩, 胡雪花, 等. 碳中和背景下南方大径材林培育问题与对策分析[J]. *广西林业科学*, 2024, 53(01): 116 - 123. DOI: 10.19692/j.issn.1006-1126.20240117
- [4] 潘家华, 廖茂林, 陈素梅. 碳中和: 中国能走多快?[J]. *改革*, 2021(07): 1 - 13.
- [5] 王文, 刘锦涛. 碳中和视角下中国与东盟绿色金融合作路径分析[J]. *学术论坛*, 2021, 44(06): 36 - 47.
- [6] 张亚茹, 申振涛, 吴小红, 等. 土壤自养固碳微生物研究进展与热点分析[J]. *广西林业科学*, 2024, 53(1): 124-134. DOI: 10.19692/j.issn.1006-1126.20240118.
- [7] 王文. 碳中和, 全球新博弈开始[J]. *国企管理*, 2021(18): 20 - 21.
- [8] 李研, 赵李捷, 陈松, 等. 社会资本对林农参与林业碳汇项目行为的影响机制研究[J]. *中国林业经济*, 2022(02): 87 - 91.
- [9] 李跃林, 胡成志, 张云, 等. 几种人工林土壤碳储量研究[J]. *福建林业科技*, 2004(04): 4 - 7.
- [10] 焦燕, 胡海清. 黑龙江省森林植被碳储量及其动态变化[J]. *应用生态学报*, 2005(12): 2248 - 2252.
- [11] 史军, 刘纪远, 高志强, 等. 造林对土壤碳储量影响的研究[J]. *生态学报*, 2005(04): 410 - 416.
- [12] 徐英明, 虞依娜, 李鑫, 等. 南亚热带不同造林模式碳汇林土壤碳积累与碳汇功能[J]. *生态学报*, 2019, 39(01): 355 - 362.
- [13] 吴仲民, 曾庆波, 李意德, 等. 尖峰岭热带森林土壤 C 储量和 CO<sub>2</sub> 排放量的初步研究[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(5): 416 - 423.
- [14] 李婷婷, 贾黎黎, 黎旭荣, 等. 广东阳江一茂名地区土壤碳储量及其时空变化规律[J]. *华南地质与矿产*, 2017, 33(01): 94 - 99.
- [15] 胡海清, 罗碧珍, 魏书精, 等. 大兴安岭 5 种典型林型森林生物碳储量[J]. *生态学报*, 2015, 35(17): 5745 - 5760.
- [16] 邓小军, 朱柳霏, 宋贤冲, 等. 猫儿山自然保护区不同林分类型土壤生态化学计量特征[J]. *土壤通报*, 2022, 53(02): 366 - 373.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

- [ 18 ] 朱晓武, 吴悦宏, 纪燕玲, 等. 不同树种配置模式对碳汇造林初期土壤碳变化的影响 [J]. 江苏林业科技, 2021, 48(01): 21 - 25 + 32.
- [ 19 ] 王永福, 翟明瑶, 周梅, 等. 通辽市杨树人工林土壤碳储量研究 [J]. 内蒙古林业科技, 2014, 40(02): 21 - 23 + 28.
- [ 20 ] 宋贤冲. 广西猫儿山土壤微生物群落时空变化特征研究 [D]. 中国林业科学研究院, 2019. DOI:10.27625/d.cnki.gzlk.2019.000013.
- [ 21 ] 罗达, 史作民, 王卫霞, 等. 南亚热带格木、马尾松幼龄人工纯林及其混交林生态系统碳氮储量 [J]. 生态学报, 2015, 35(18): 6051 - 6059.
- [ 22 ] 林贤松. 湿热山地土壤有机碳积累与化学风化过程的碳汇效应 [D]. 中山大学, 2014.
- [ 23 ] 李敏. 森林土壤碳储量研究综述 [J]. 林业调查规划, 2018, 43(04): 21 - 24 + 50.
- [ 24 ] 王艳丽, 字洪标, 程瑞希, 等. 青海省森林土壤有机碳氮储量及其垂直分布特征 [J]. 生态学报, 2019, 39(11): 4096 - 4105.
- [ 25 ] 王效科, 冯宗炜, 欧阳志云. 中国森林生态系统的植物碳储量和碳密度研究 [J]. 应用生态学报, 2001(01): 13 - 16.
- [ 26 ] 梁萌杰, 陈龙池, 汪思龙. 湖南省杉木人工林生态系统碳储量分配格局及固碳潜力 [J]. 生态学报, 2016, 35(04): 896 - 902.
- [ 27 ] 万晓华, 黄志群, 何宗明, 等. 阔叶和杉木人工林对土壤碳氮库的影响比较 [J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 345 - 350.
- [ 28 ] 王华, 黄宇, 汪思龙, 等. 中亚热带几种典型森林生态系统碳、氮储存功能研究 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 576 - 580.
- [ 29 ] 黄林, 周立江, 王峰, 等. 红壤丘陵区典型植被群落根系生物量及碳储量研究 [J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 61 - 66. DOI: 10.13870/j.cnki.stbxb.2009.06.054.
- [ 30 ] 刘世荣, 王晖, 栾军伟. 中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展 [J]. 生态学报, 2011, 31(19): 5437 - 5448.
- [ 31 ] 黄林, 王峰, 周立江, 等. 不同森林类型根系分布与土壤性质的关系 [J]. 生态学报, 2012, 32(19): 6110 - 6119.

## Soil Carbon Storage and Vertical Distribution Characteristics of Different Stand Types in Maershan Nature Reserve

ZHU Liu-fei<sup>1,2,3</sup>, DAI Yan-hua<sup>1,2</sup>, LI Li-gang<sup>1,2</sup>, WU Ying<sup>1,2</sup>, SONG Xian-chong<sup>1,2,4</sup>, WANG Hui-li<sup>1,2,4</sup>, QIN Zuo-yu<sup>1,2,4</sup>, TAN Yi-bo<sup>1,2</sup>, DENG Xiao-jun<sup>1,2,3,4\*</sup>

(1. Guangxi Forestry Research Institute, Key Laboratory of Central South Fast-growing Timber Cultivation of National Forestry and Grassland Administration, Guangxi Key Laboratory of Superior Timber Trees Resource Cultivation, Nanning 530002, China; 2. Guangxi Lijiang River Source Forest Ecosystem Research Station, Guilin Xingan Lijiangyuan Forest Ecosystem Observation and Research Station of Guangxi, Guilin 541316, China; 3. Guangxi State-owned Bobai Forest Farm, Yulin 537600, China; 4. Guangxi Research and Development Center for New Forestry Fertilizer, Nanning 530002, China)

**Abstract:** [Objective] The aim was to reveal the difference of soil organic carbon (SOC) storage, its vertical distribution characteristics and proportion rule of three different stand types in Maershan Nature Reserve, in order to provide scientific theoretical basis for the development of forest carbon (C) sink in this area. [Methods] Soil bulk density, SOC content, organic C density and organic C storage were measured and calculated by field investigation combined with laboratory analysis in three typical stands of natural secondary forest, bamboo plantation and Chinese fir plantation in Maershan. The difference of SOC storage in different stands and its vertical distribution and proportion were analyzed according to the result data of each stand. [Results] The SOC content, organic C density and organic C storage of different stand types were as follows: natural secondary forest > bamboo plantation > Chinese fir plantation. There were significant differences in SOC content, organic C density and storage in different soil layers, and the organic C content decreased with the deepening of soil layers. The soil total organic carbon (TOC) storage was the highest (332.99 t hm<sup>-2</sup>) in *Prunus sylvatica* stand, and the lowest (225.27 t hm<sup>-2</sup>) in Chinese fir stand. The proportion of organic C storage gradually decreases with the deepening of the soil layer, and the deeper the soil layer, the smaller the proportion. [Conclusion] The SOC and C storage of natural secondary forest of *Cyclobalanopsis sylvatica* were higher than that of bamboo plantation and Chinese fir plantation, and had better C storage accumulation and fixation effect. **Key words:** Maoer Mountain; Stand type; Soil organic carbon; Organic carbon storage; Distribution characteristics

[ 责任编辑: 高晓丹 ]