

## 福建东山地区沿海沙地不同林地土壤碳氮储量

蔡昕航<sup>1</sup>, 荣俊冬<sup>1</sup>, 陈礼光<sup>1</sup>, 何天友<sup>2</sup>, 陈凌艳<sup>2</sup>, 施成坤<sup>3</sup>, 郑郁善<sup>1\*</sup>

(1. 福建农林大学林学院, 福建福州 350002; 2. 福建

农林大学园林学院, 福建福州 350002; 3. 福建省东山赤山国有防护林场, 福建福州 350002)

**摘要** [目的]研究沿海沙地不同林地土壤碳氮储量。[方法]以福建东山沿海地区林地为研究对象, 对各林地不同土层采用剖面法调查和测量各土层全碳、全氮含量, 并进行分布格局研究。[结果]同一树种全氮、全碳储量随土层深度增加逐渐减少, 不同林地土壤碳储量均集中在 0~30 cm 厚土层中; 4 种林地土壤碳氮储量从大到小依次为木麻黄、桉树、湿地松、竹子。[结论]木麻黄相比其他 3 个树种在沿海沙地具有更好的碳氮储存能力。

**关键词** 林地; 土壤; 碳氮储量

中图分类号 S714 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)12-180-03

**Soil Carbon and Nitrogen Storage of Different Forest Lands in Dongshan Area of Fujian Province**CAI Xin-hang, RONG Jun-dong, CHEN Li-guang, ZHENG Yu-shan<sup>\*</sup> et al (College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract** [Objective] To research the soil carbon and nitrogen storage in different forest lands. [Method] With forest land in Dongshan Area of Fujian Province as the research object, cross-section method was used to investigate the different soil layers in different sample fields. Total carbon and total nitrogen were detected in each soil layer. And distribution pattern was researched. [Result] Total carbon and total nitrogen contents of the same tree species gradually reduced with the increase of soil depth. Soil carbon contents in different forest lands were concentrated in 0-30 cm soil layer. Soil carbon and nitrogen storages in four forest lands were in the order of *Casuarina equisetifolia* Forst. > *Eucalyptus robusta* Smith > *Pinus elliottii* > *Bambusoideae*. [Conclusion] Compared with other three tree species, *C. equisetifolia* Forst had better carbon and nitrogen storage capacity in coastal sandy land.

**Key words** Forest land; Soil; Carbon and nitrogen storage

近年来, 大气中 CO<sub>2</sub> 等温室气体含量不断上升, 给人类生存带来了严重的威胁, 温室气体减排成为每个国家发展必须要面对的问题之一。国内外很多学者已对生态系统碳氮储量进行了大量的研究。土壤是陆地生态系统最大的碳储存地<sup>[1-2]</sup>, 土壤碳储量约是大气碳储量的 2 倍, 是植被碳储量的 3 倍<sup>[3]</sup>。20 世纪 70 年代末以前, 我国森林植被起着 CO<sub>2</sub> 源的作用; 在近 20 多年的研究中, 森林碳库明显增加, 森林植被开始成为大气 CO<sub>2</sub> 的汇, 碳库从 70 年代末期到 1998 年, 增加了 0.37 PgC<sup>[4-5]</sup>。森林土壤通过呼吸释放的 CO<sub>2</sub> 量约占森林生态系统呼吸总量的 69%<sup>[6]</sup>。我国森林土壤总氮库为 2.233 0 PgN, 其中表层土壤氮库为 1.359 1 PgN, 约占总氮储量的 60.86%, 由此可见在土壤表层积累了大量的氮, 而土壤氮储量占整个森林生态系统氮储量的 90%~95%<sup>[7-8]</sup>。森林土壤中氮含量是整个森林氮素生态循环系统的关键, 在人工林生态系统的氮储量分配格局中, 氮储量一般集中在土壤层<sup>[9]</sup>。

目前, 国内对福建沿海沙地地区碳氮储量的研究较少, 笔者以福建省漳州市东山赤山防护林场的桉树 (*Eucalyptus robusta* Smith)、木麻黄 (*Casuarina equisetifolia* Forst.)、湿地松 (*Pinus elliottii*)、竹子 (*Bambusoideae*) 林地为研究对象, 分析不同林地土壤的碳氮储量, 为沿海防护林生态系统研究、沿海地区气候变化研究提供相应的数据。

**1 研究地概况及研究方法**

**1.1 研究地概况** 东山县位于福建省南部沿海、台湾海峡西岸, 地理坐标为 117°17'~117°35'E, 23°33'~23°47'N, 是全国第六、全省第二大海岛县, 总面积 248.34 km<sup>2</sup>。具有明显的南亚热带海洋性季风气候特征, 年平均气温为 20.8℃, 年极端最低气温一般出现在 12 月和 1 月, 平均极端最低气温为 4.6℃; 极端最高气温一般出现在 7、8 月份, 平均极端最高气温为 35.0℃。据多年气象资料表明, 东山县每年平均出现 5.2 次台风, 受梅雨锋系和台风影响, 6、8 月份是东山县暴雨出现较多时期。土壤为沙土, 肥力较低, 林下植被稀少, 竹林地与木麻黄林地内有少数草本植物, 桉树林与湿地松林地基本无其他植物。

**1.2 研究方法**

**1.2.1 土壤采集。**土壤碳氮储量主要集中在 0~50 cm<sup>[10]</sup>, 由于沿海地区环境恶劣, 土壤环境特殊, 50 cm 以下基本为白沙, 故该研究只分析 0~50 cm 厚土壤的碳氮储量。在赤山防护林场所管理地区, 选取相邻的竹子、湿地松、桉树、木麻黄人工林, 分别随机设置 3 个 10 m × 10 m 的样地。在各林分的每个样地内, 按不同方位随机设置 3 个土壤采样点, 沿土壤剖面按 0~10、10~30、30~50 cm 分层采集土壤样品, 把样地内同一层次土壤样品按质量比例混合, 带回实验室风干后, 用于测定土壤全氮、全碳含量。在采集土壤剖面样品时用 100 cm<sup>3</sup> 环刀取样, 测定土壤容重及含水率。

**1.2.2 全碳、全氮测定。**将风干后的土壤样品粉碎过筛, 利用元素分析仪测定全碳、全氮, 土层碳或氮储量  $S$  的计算公式为:

$$S(t/hm^2) = BD \times M \times 10 \times T$$

式中,  $BD$  为容重 (g/cm<sup>3</sup>),  $M$  为碳或氮含量 (g/kg),  $T$  为土层厚度 (cm)。

**基金项目** 福建省农业科技重大专项 (2013NZ0001); 福建省农业科技重大项目 (2010N5002); 中央财政林业科技推广项目 [(2013)7 号]。

**作者简介** 蔡昕航 (1991-), 女, 福建通化人, 硕士研究生, 研究方向: 沿海防护林。\* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事园林植物与观赏园艺、森林培育研究。

**收稿日期** 2016-03-03

## 2 结果与分析

**2.1 土壤全碳含量** 由表 1 可知,同一林地不同土壤深度的全碳含量差异显著,全碳含量随土层加深逐渐降低;在 0~10 cm 厚土层中,4 种林地土壤的全碳含量从大到小依次为桉树、木麻黄、竹子、湿地松,竹林林地与湿地松林地的全碳含量差异不显著,桉树林地全碳含量最高(8.76 g/kg),湿地松最低(2.29 g/kg);10~30 cm 厚土层中,4 种林地土壤的全

碳含量从大到小依次为木麻黄、竹子、湿地松、桉树,木麻黄最高(3.91 g/kg),桉树最低(1.25 g/kg)<sup>[11]</sup>;在 30~50 cm 厚土层中 4 种林地土壤全碳含量差异显著,4 种林地土壤的全碳含量从大到小依次为木麻黄、竹子、桉树、湿地松,木麻黄最高(2.58 g/kg),湿地松最低(0.78 g/kg),桉树林地与湿地松林地全碳含量差异不显著。研究表明,土壤碳转化最活跃土层在 0~30 cm,该土层对碳转化储存能力最强。

表 1 土壤全碳含量

Table 1 Total carbon content in soil

g/kg

土层深度 Soil depth//cm	竹子 <i>Bambusoideae</i>	湿地松 <i>Pinus elliotti</i>	桉树 <i>Eucalyptus robusta</i> Smit	木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.
0~10	2.36 ± 0.033Cb	2.29 ± 0.015Cb	8.76 ± 0.118Aa	7.05 ± 0.087Ba
10~30	2.59 ± 0.005Ba	2.46 ± 0.069Ca	1.25 ± 0.003Db	3.91 ± 0.015Ab
30~50	0.95 ± 0.065Bc	0.78 ± 0.017Cc	0.83 ± 0.008Cc	2.58 ± 0.017Ac

注:不同大写字母表示同一土层不同林地问差异显著( $P < 0.05$ ),不同小写字母表示同一林地不同土层间差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

Note: Different capital letters indicated significant differences in the same soil layer between different forest lands ( $P < 0.05$ ); different lowercases indicated significant differences in the same forest land between different soil layers ( $P < 0.05$ ), the same as follows.

**2.2 土壤全氮含量** 由表 2 可知,同一林地不同土层土壤全氮含量不同,不同林地同一土层深度土壤全氮不同,同一林地全氮随土层深度增加逐渐减少,可能由于微生物活动及根系生长在 0~10 cm 厚土层最为活跃,并且随土层深度增加逐渐减弱。木麻黄林地不同土层全氮含量差异显著,湿地松 0~10 cm 与 10~30 cm 厚土层全氮含量差异不显著,竹子与桉树林地在 10~30 cm 厚土层全氮含量差异显著,在其他土层差异不显著。在 0~10 cm 厚土层中,4 种林地土壤的全氮含量从大到小依次为木麻黄、桉树、竹子、湿地松,木麻黄最高(0.86 g/kg),湿地松最低(0.37 g/kg),除湿地松外,其他林地 0~10 cm 厚土层土壤全氮含量远高于其他土层。研究表明,0~10 cm 厚土层中,4 种林地土壤对氮的固定能力从大到小依次为木麻黄、桉树、竹子、湿地松;10~30 cm 厚土层中,其固氮能力从大到小依次为木麻黄、湿地松、竹子、桉

树,木麻黄最高(0.55 g/kg),桉树最低(0.30 g/kg),湿地松的全氮含量大于竹子,可能因为竹子根系较浅,微生物活动与植物生长主要集中在 0~10 cm 厚土层中,竹林地 10~30 cm 厚土层全氮含量不如湿地松;30~50 cm 厚土层中,其固氮能力从大到小依次为木麻黄、竹子、桉树、湿地松,木麻黄最高(0.51 g/kg),湿地松最低(0.29 g/kg)。竹子根系较浅,微生物活动与植物生长主要集中在 0~10 cm 厚土层中,使得 0~10 cm 厚土层全氮含量与其他土层相比具有显著差异,10~30 cm 与 30~50 cm 厚土层中全氮含量差异不显著;桉树林地 0~10 cm 厚土层全氮含量较高,与其他土层相比差异显著,10~30 cm 与 30~50 cm 厚土层中全氮含量差异不显著,造成这种现象的原因可能是由于桉树生长需要大量的氮<sup>[11]</sup>,土壤中的氮被桉树所吸收,使桉树林地 10~30、30~50 cm 厚土层全氮含量急剧减少,桉树林地中全氮含量小于其他树种林地。

表 2 土壤全氮含量

Table 2 Total nitrogen content in soil

g/kg

土层深度 Soil depth//cm	竹子 <i>Bambusoideae</i>	湿地松 <i>Pinus elliottii</i>	桉树 <i>Eucalyptus robusta</i> Smith	木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.
0~10	0.46 ± 0.013Ca	0.37 ± 0.007Da	0.63 ± 0.004Ba	0.86 ± 0.014Aa
10~30	0.36 ± 0.005Cb	0.37 ± 0.005Ba	0.34 ± 0.018Cb	0.55 ± 0.004Ab
30~50	0.34 ± 0.007Bb	0.29 ± 0.010Cb	0.30 ± 0.005Cb	0.51 ± 0.004Ac

**2.3 土壤碳储量** 由图 1 可知,不同林地同一土层土壤碳储量不同,同一林地不同土层碳储量差异显著( $P < 0.05$ ),4 种林地土壤碳储量从大到小依次为木麻黄、桉树、湿地松、竹子,木麻黄的固碳能力最好。

4 种林地中,木麻黄林地 30~50 cm 厚土层碳氮储量相对较高,这说明木麻黄林地土壤在沿海沙地具有更高的碳氮储存能力,对沙地有更好的改良作用,其他 3 个树种在沿海沙地中的碳氮储量虽不如木麻黄,但对沙地也有一定的改良作用。

**2.4 土壤氮储量** 由图 2 可知,不同林地土壤氮储量不同,4 种林地土壤氮储量从大到小依次为木麻黄、桉树、湿地松、竹子;对不同林地同一土层氮储量进行分析,0~10 cm 厚土

层竹子、湿地松土壤氮储量差异不显著,其他林地土壤氮储量差异显著;4 种林地 10~30 cm 及 30~50 cm 厚土层氮储量差异显著,4 种林地各土层氮储量总和除竹子、湿地松无显著差异外,其他差异显著。这表明竹子与湿地松的固氮能力相似,木麻黄林的固氮能力最好。

**2.5 土壤碳氮储量分布格局** 由表 3 可知,从各林地土壤碳分配格局来看,各林地土壤碳储量主要分布在 0~30 cm 厚土层,不同林地之间 0~30 cm 厚土层碳分配格局也有所差异。从各林地土壤氮分配格局来看,0~10 cm 厚土层的氮储量较高,说明 0~10 cm 厚土层是氮固定能力较好的土层,其他土层氮储量相似。

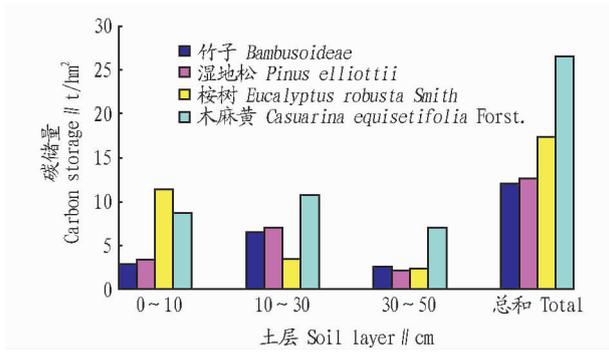


图1 土壤碳储量

Fig.1 Soil carbon storage

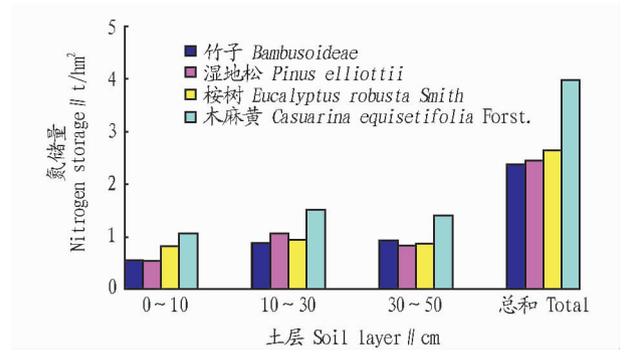


图2 土壤氮储量

Fig.2 Soil nitrogen storage

表3 不同林地各土层碳氮储量百分比

Table 3 Percentages of carbon and nitrogen storages in different soil layers of different forest lands

土层深度 Soil depth cm	竹子 <i>Bambusoideae</i>		湿地松 <i>Pinus elliottii</i>		桉树 <i>Eucalyptus robusta</i> Smith		木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.	
	氮//%	碳//%	氮//%	碳//%	氮//%	碳//%	氮//%	碳//%
0~10	23.62 ± 0.457	24.22 ± 0.239	22.31 ± 0.056	26.89 ± 0.185	34.15 ± 0.426	65.89 ± 0.361	26.72 ± 0.410	32.85 ± 0.188
10~30	37.54 ± 0.871	54.14 ± 0.871	43.55 ± 0.483	55.43 ± 0.800	35.84 ± 1.264	20.10 ± 0.115	37.97 ± 0.279	40.52 ± 0.178
30~50	38.83 ± 0.360	21.64 ± 1.076	34.15 ± 0.537	17.68 ± 0.618	33.01 ± 0.953	14.01 ± 0.249	35.31 ± 0.158	26.52 ± 0.009

### 3 结论

该研究表明,同一树种全氮、全碳含量随土层深度增加逐渐减少;4种林地碳氮储量分配格局相似,大部分存在0~30 cm土层中;4种林地土壤碳氮储量从大到小依次为木麻黄、桉树、湿地松、竹子,这些差异主要是由于树种自身的特性不同而造成的,不同树种对土壤改良作用不同,对碳氮储存能力不同,碳氮储量高的树种对土壤肥力有更好的保持作用。4种林地土壤中,木麻黄林地0~50 cm厚土层碳氮储量相对较高,这说明木麻黄在沿海沙地具有更高的土壤碳氮储存能力,对沙地有更好的改良作用,其他3个树种土壤碳氮储存能力相对较弱,但对沙地也有一定的改良作用。4种树种的应用对于沿海防护林的建造,丰富沿海沙地物种都有重要的意义。

### 参考文献

[1] 张春华,王宗明,任春颖,等.松嫩平原玉米带土壤碳氮储量的空间特征[J].应用生态学报,2010(3):631-639.

- [2] 艾泽民,陈云明,曹扬.黄土丘陵区不同林龄刺槐人工林碳、氮储量及分配格局[J].应用生态学报,2014(2):333-341.
- [3] 董云中,王永亮,张建杰,等.晋西北黄土高原丘陵区不同土地利用方式下土壤碳氮储量[J].应用生态学报,2014(4):955-960.
- [4] 方精云,陈安平,赵淑清,等.中国森林生物量的估算:对 Fang 等 Science 一文(Science,2001,291:2320~2322)的若干说明[J].植物生态学报,2002(2):243-249.
- [5] 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(2):345-350.
- [6] JANSSENS I A, LANKREIJER H, MATTEUCCI G, et al. Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests[J]. Global change biology, 2001, 7(3):269-278.
- [7] 张春娜,延晓冬,杨剑虹.中国森林土壤碳氮储量估算[J].西南农业大学学报(自然科学版),2004(5):572-575.
- [8] 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(2):345-350.
- [9] 黄宇,冯宗炜,汪思龙,等.杉木、火力楠纯林及其混交林生态系统C、N贮量[J].生态学报,2005(12):3146-3154.
- [10] 王卫霞.南亚热带不同树种人工林生态系统碳氮特征研究[D].北京:中国林业科学研究院,2013.
- [11] 黄国勤,赵其国.广西桉树种植的历史、现状、生态问题及应对策略[J].生态学报,2014(18):5142-5152.

(上接第163页)

- [2] 刘宜生.大白菜干烧心病的症状、病因及其防治[J].北京农业科学,1983(1):30-32.
- [3] 刘宜生,黄巧华,郭振华,等.关于水肥因子对大白菜干烧心病影响的研究[J].园艺学报,1985,12(1):35-40.
- [4] 刘宜生,雷文.大白菜干烧心病田间症状的典型调查及其发病原因的分析:关于大白菜干烧心病典型症状的调查之四[J].蔬菜,1986(6):40.
- [5] 杨立军,郝翠荣,范玉红,等.蔬菜缺钙症状与防治措施[J].山东蔬菜,2001(3):31-32.
- [6] 安志信,鞠佩华,苏幼梅.大白菜干烧心病的发生和心叶补钙效果的研究[J].中国蔬菜,1985(2):13-16.
- [7] 闻凤英,孙德岭.茶乙酸对大白菜钙素吸收运转及防治干烧心病的研究[J].园艺学报,1991,18(2):148-152.

- [8] 杨晓云,张淑霞,张清霞,等.氮肥对大白菜生理障碍小黑点病发生影响的初步研究[J].华北农学报,2006,21(S1):151-153.
- [9] 张凤兰,徐家炳.大白菜干烧心病(缺钙)抗性室内鉴定方法的研究[J].华北农学报,1994,9(3):127-128.
- [10] 余阳俊,耿欣,赵岫云,等.大白菜品种苗期抗干烧心病鉴定[J].北京农业科学,2001(2):14-15.
- [11] 黄宝,杨树凤.果树缺钙的症状与防治[J].河北农业科技,2010(4):79.
- [12] 孙秀峰,陈振德,李德全.利用大白菜抗感干烧心病F<sub>2</sub>群体构建 AFLP 遗传连锁图[J].分子植物育种,2006(1):65-70.
- [13] 王淑芬,张仪,沈征言.大白菜干烧心病的形态结构及生理生化变化[J].园艺学报,1996,23(1):37-44.