

# 湖南桃江毛竹林各器官碳含量分布特征

曹福明<sup>1,2,3</sup>, 闫文德<sup>1,2</sup>, 刘益君<sup>1,2</sup>, 张力<sup>1,2</sup>, 向凌宇<sup>1,2</sup>

(1.中南林业科技大学 生命科学与技术学院 湖南 长沙 410004; 2.南方林业生态应用技术国家工程实验室 湖南 长沙 410004;  
3.吉首大学 研究生处 湖南 吉首 416000)

**摘 要:** 毛竹(*Phyllostachy pubescens*) 是我国南方重要的森林资源,它不仅在我国竹产业发展中占有重要的地位,而且在固碳增汇中起着更为重要的作用.本研究以湖南桃江县不同年龄毛竹人工林为研究对象,探讨不同年龄毛竹林各器官碳含量分布特征.研究表明:毛竹林不同年龄竹林各器官碳素平均含量在 389.334~534.051 g·kg<sup>-1</sup>之间,且器官不同,碳含量不同.1 年生、3 年生、5 年生毛竹林地上部分各器官碳含量分别为:竹竿>竹叶>竹枝、竹枝>竹竿>竹叶、竹叶>竹竿>竹枝;地下部分各器官碳含量分别为:竹鞭>侧根>竹蔸>须根、竹鞭>竹蔸>须根>侧根、须根>竹蔸>竹鞭>侧根.但各龄级器官碳含量差异不显著( $P>0.05$ ),并随着毛竹年龄的增长,其器官碳含量无明显变化规律.

**关键词:** 毛竹林; 碳含量; 碳储量; 桃江县

中图分类号: Q14 文献标志码: A 文章编号: 1672-9102(2017)02-0101-04

## Carbon content distribution of *phyllostachys pubescens* forest in Taojiang County

Cao Fuming<sup>1,2,3</sup>, Yan Wende<sup>1,2</sup>, Liu Yijun<sup>1,2</sup>, Zhang Li<sup>1,2</sup>, Xiang Lingyu<sup>1,2</sup>

(1. School of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China;  
2. National Engineering Laboratory for Applied Technology of Forestry&Ecology in South China, Changsha 410004, China;  
3. Graduate School of Jishou University, Jishou 416000, China)

**Abstract:** Bamboo (*Phyllostachy pubescens*) is an important forest resource in Southern China. As a result, bamboo plantations play a significant role not only in bamboo industry and economic trade, but also in carbon sink. The distribution of carbon content in various organs of bamboo forest in different ages is studied in different age bamboo forest in Taojiang County, Hunan Province. The results showed that the average carbon content of bamboo organs in different ages is between 389.334~534.051 g·kg<sup>-1</sup>, and content of carbon in different organs are different. The carbon content of each organ of aboveground parts of 1-year-old, 3-year-old, 5-year-old bamboo are: bamboo culms>bamboo leaves>bamboo branches, bamboo branches>bamboo culms>bamboo leaves, bamboo leaves>bamboo culms>bamboo branches, and the carbon contents of each organ of underground parts are: bamboo whips>lateral roots>bamboo stumps>fibrous roots, bamboo whips>bamboo stumps>fibrous roots>lateral roots, fibrous roots>bamboo stumps>bamboo whips>lateral roots, respectively. There is no significant difference in the carbon contents of organs among those different aged bamboo forests ( $P<0.05$ ), and there is no obviously change with the growth of bamboo age.

**Keywords:** *phyllostachy pubescens*; carbon content, carbon storage; Taojiang County

收稿日期: 2016-11-17

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项资助项目(201404316); 湖南省自然科学创新研究群体基金资助项目(湘基金委字[2013]7号); 国家林业局软科学研究资助项目(2013-R09); 湖南省教育厅一般项目(15C1431)

通信作者: 闫文德(1969-), 男, 甘肃武威人, 博士, 教授, 主要从事环境生态学研究. E-mail: csfuywd@hotmail.com

碳是生命物质的重要元素之一,也是地球生物圈有机质的重要组成部分.近两个多世纪以来,因受人类各种活动的影响,全球碳循环发生明显改变,大气 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等温室气体浓度在持续大幅度上升,尤其是 CO<sub>2</sub> 浓度急剧增加.

有研究表明,每公顷竹林每年可吸收 CO<sub>2</sub> 119.7 t(减排 1 t 碳相当于减排 3.67 t CO<sub>2</sub>),全国竹林每年可新增固碳 15 796.1 万 t,吸收 CO<sub>2</sub> 57 971.4 万 t,是一个固碳能力超强的储碳库<sup>[1]</sup>.因此,毛竹作为我国南方重要的森林资源,也是一个不容忽视的碳汇库.为了精确估算区域或国家尺度上的碳储量,必须对不同年龄毛竹林碳储量进行研究.但目前有关不同年龄毛竹林碳储量的研究工作较为薄弱,因此本研究选取了毛竹主产区之一的湖南桃江县作为研究区,对该县不同年龄毛竹林有机碳含量进行了研究,旨在为毛竹林生态系统在调节碳平衡,减缓大气 CO<sub>2</sub> 浓度上升中的作用作出相对客观的评价,期待能够为我国区域尺度的森林生态系统碳汇功能研究,以及我国森林生态系统碳储量和碳循环研究提供基础数据.

## 1 试验地概况

实验样地位于湖南省益阳市桃江县(东经 111°36′~112°19′,北纬 28°13′~28°41′),属亚热带季风性湿润气候,年平均气温 16.6℃,7月平均气温 28℃,最高气温 38.6℃,1月平均气温 4.4℃,极端最低气温 -13℃.年平均降雨量 1 400~2 000 mm,年平均降雨日数 166 d,无霜期 262 d,年日照时数 1 579.6 h,年平均相对湿度 82%.森林覆盖率为 54%,海拔 29.7~917.5 m 之间,平均海拔 200 m;样地土壤为山地黄壤.研究对象为 1 年生、3 年生及 5 年生毛竹林,各年龄毛竹林林分特征见表 1.

表 1 试验林林分特征

年龄/a	密度/(株/ha)	平均胸径	平均树高/m	林下主要植物
1	1 250(17.33)	11.06(0.87)	10.14(0.32)	野鸭椿( <i>Euscaphis japonica</i> (Thunb.) Dippel);南五味子( <i>K. longipedunculata</i> Finet et Gagnep);鳞毛蕨( <i>Dryopteridaceae</i> )
3	1 300(102.60)	9.13(1.06)	9.01(2.50)	椴木( <i>Aralia chinensis</i> L.);清风藤( <i>Sabia japonica</i> Maxim);腹水草( <i>Veronicastrum stenostachyum</i> (Hemsl.) Yamazaki)
5	2 400(450.78)	9.80(0.85)	10.90(0.91)	青灰叶下珠( <i>Phyllanthus glaucus</i> Wall);鸡血藤( <i>Kadsura interior</i> );狗脊蕨( <i>Woodwardia japonica</i> (L.f.) Sm)

注:括号内数据为标准差.

## 2 研究方法

### 2.1 实验设计

桃花江林场以经营毛竹为主,标准地则设置在林场的毛竹人工纯林内,其海拔高度为 200~300 m,坡向为南坡,坡度在 15°以下,土层厚度约 1 m,土壤为红壤,pH 值 4.4~4.5.新造竹林在定植 3 年内,每年的 5 月和 7 月除草松土,成林的竹林每年于夏季钩梢,冬季挖山.由于毛竹林是一种异龄林,年龄是林分结构的重要特征,依据管护人员记载的栽植时间,并结合对毛竹年龄的判别方法,即:毛不同年龄的毛竹竹竿颜色不同,可基于竿色、次生一级着生的枝条以及粉来确定竹龄.1 年生的毛竹,竹竿呈现青绿色,新竿上有密集的银白色茸毛着生,竹笋上生有尚未完全腐败的笋箨,笋环附近附着一圈明显的白色粉末,触摸时有粘手感,位于竹竿的竹节基部上有一圈铁锈色细毛;3 年生竹竿为黄绿色,竹竿以及竹竿基部上的茸毛完全脱落,笋环附近的白色粉末变为灰褐色,且数量减少;5 年生竹竿变为黄色,另有一层非常薄的油渍状白色粉末出现在竹竿上,该粉末触摸时没有粘手感,笋环附近的白色粉末完全脱落或变黑,并有少量黑色斑点附着.分别在 1 年生或 3 年生或 5 年生的毛竹株数占据了 50%~60% 以上的竹林中,设置 20 m×33.3 m 标准地各 6 块,共 18 块,分别作为 1 年生或 3 年生或 5 年生的毛竹林,并在各标准地内只调查记录 1 年生或 3 年生或 5 年生的毛竹株数、胸径、树高等因子,而其他年龄毛竹不在调查范围内,故不计入其内,经计算后,在各标准地内选出平均木 1 株,则 1 年生、3 年生和 5 年生标准木各 6 株,共 18 株.

## 2.2 样品采集

根据标准地的调查资料,分别计算出1、3、5年生毛竹林的密度、平均胸径、平均树高.在标准地内选择不同年龄和不同胸径的标准毛竹各6株,共18株.收集毛竹各器官(竹叶、竹竿、竹枝、须根、竹笋、竹鞭、侧根)样品鲜重1.0 kg,竹叶、竹竿、竹枝、须根采用直接收获法,地下部分用挖掘法,按0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm土层挖出竹笋、竹鞭和鞭根,挖至无根为止.用水细心漂洗,再用筛子在水中筛后捞出所有根,风干表面水后,称取鲜重.所有样品带回实验室置于在80℃下烘干至恒重后过0.25 mm筛,按不同器官用铝盒装好置于真空干燥器中.

## 2.3 测定方法

植物有机碳用重铬酸钾氧化外加热法<sup>[2]</sup>测定.

## 2.4 数据处理及分析方法

数据采用Excel 2003和SPSS 13.0软件处理.

# 3 结果与分析

## 3.1 毛竹林地上部分碳含量

由表2可以看出,1年生毛竹地上部分(竹竿、竹叶、竹枝)3个器官中,以竹竿碳含量最高,3年生和5年生毛竹分别以竹枝和竹叶最高.不同年龄毛竹林竹竿、竹叶碳含量呈现先降再升的趋势,而竹枝则呈先升后降得趋势.地上部分器官碳含量,按高低依次排序,1年生毛竹为竹竿>竹叶>竹枝;3年生毛竹为竹枝>竹竿>竹叶;5年生毛竹为竹叶>竹竿>竹枝.

## 3.2 毛竹林地下部分碳含量

如表3所示,1年生毛竹地下部分(须根、侧根、竹鞭、竹笋)4个器官中,以竹鞭碳含量最高,3年生和5年生毛竹分别以竹鞭和须根最高.不同年龄毛竹林须根、竹笋碳含量呈现上升的趋势,竹鞭则呈现下降的趋势,而侧根则呈现下降后上升的趋势.地下部分器官碳含量,按高低依次排序,1年生毛竹为竹鞭>侧根>竹笋>须根;3年生毛竹为竹鞭>竹笋>须根>侧根;5年生毛竹为须根>竹笋>竹鞭>侧根.

表2 毛竹地上部分各器官碳含量

年龄/年	竹竿	竹枝	竹叶
1	534.051 (66.682)	465.306 (48.954)	527.420 (32.175)
3	470.872 (48.106)	519.166 (103.595)	467.818 (149.998)
5	512.377 (31.309)	499.089 (60.920)	526.526 (50.431)

注:括号内数据为标准差.

表3 毛竹地下部分各器官碳含量

年龄/年	须根	侧根	竹鞭	竹笋
1	389.334 (94.307)	481.289 (19.020)	529.174 (26.035)	405.688 (122.776)
3	450.664 (67.776)	398.100 (56.529)	499.814 (73.071)	452.406 (53.976)
5	506.219 (42.664)	405.131 (44.774)	465.713 (57.057)	467.167 (44.106)

注:括号内数据为标准差.

不同年龄毛竹各器官碳含量虽然存在一定的差异,但方差分析结果表明,毛竹各龄级器官碳含量差异不显著( $P>0.05$ ),表明碳含量随林龄的变化无显著差异,即随着毛竹年龄的增长,其器官碳含量无明显的变化规律<sup>[3]</sup>,这与方晰等<sup>[4]</sup>研究的杉木多年生枝叶碳含量高于嫩枝、叶和阮宏华等<sup>[5]</sup>研究的栓皮栎枝碳含量老枝高于幼枝的结果不同.而王兵等<sup>[6]</sup>和肖复明等<sup>[7]</sup>认为,随着毛竹年龄的增长,其器官碳含量无明显变化规律.上述研究结果与本研究结果基本一致,表明毛竹各器官碳含量均有差异,但不显著,且随年龄的变化并无明显的变化规律.表明毛竹碳含量变化规律与一般林木有较大不同,这可能与毛竹特殊的生长规律有关<sup>[8]</sup>.

将表2、表3与表4比较,可以看出,湖南桃江1~5年生毛竹不同器官碳含量为389.33~534.05 g·kg<sup>-1</sup>,与毛竹<sup>[8]</sup>468.3~521.0 g·kg<sup>-1</sup>,慈竹<sup>[9]</sup>460.0~510.5 g·kg<sup>-1</sup>,孝顺竹<sup>[10]</sup>489.3~522.2 g·kg<sup>-1</sup>,苦竹<sup>[11]</sup>361.9~495.5 g·kg<sup>-1</sup>和吊丝单竹<sup>[12]</sup>468.4~509.2 g·kg<sup>-1</sup>相近.上述表明,毛竹不同器官碳含量还是存在一定差异.

表4 不同竹种间各器官碳含量的比较

竹种	产地	叶	枝	竿	莖	根
毛竹	浙江临安	468.3(23.2)	496.1(13.5)	510.4(16.8)	501.1(27.0)	521.0(17.0)
慈竹	四川沐川	460.0(23.3)	492.9(16.8)	510.5(37.3)	503.8(28.7)	506.5(30.5)
孝顺竹	四川纳溪	496.7(23.5)	489.3(7.20)	522.2(19.6)	504.1(33.0)	517.7(24.8)
苦竹	四川洪雅	361.9(14.7)	450.6(9.50)	495.0(23.6)	466.9(18.6)	378.5(25.3)
吊丝单竹	浙江平阳	468.4(31.0)	480.7(21.6)	509.2(19.3)	493.2(31.3)	482.3(33.5)

注:本表引自王刚等<sup>[12]</sup>.括号内数据为标准差.

## 4 结论

研究区不同林龄毛竹林各器官碳素平均含量在 389.334~534.051 g·kg<sup>-1</sup>之间,各龄级器官碳含量间及各器官碳含量随林龄的变化均未表现出显著差异,即随着毛竹年龄的增长,其器官碳含量无明显的变化规律.此外,各龄级毛竹林地下部分各器官碳含量均高于地上部分,表明毛竹林各器官存在异速生长的现象.

本研究仅仅阐述了研究区不同林龄毛竹林各器官的碳素平均含量及分布特征,这对推算毛竹林的碳汇功能提供了一定的基础,但毛竹林一般是人工林,且大多为纯林.因此,对毛竹纯林而言,单位面积的竹林在单位时间内能储存多少碳,碳汇的多少与立地条件、竹林年龄及经营措施关系紧密.因此,有必要对竹林生长过程中不同林龄的碳汇储量进行进一步的计量.若要探讨毛竹林在应对气候变化中的地位和作用,必须对竹林生态系统的碳通量进行深入研究,才能量化毛竹林的碳汇功能,进一步准确地定义毛竹林在应对气候变化中的作用和功能.

### 参考文献:

- [1] 王海霞,程平,彭九生.竹类植物在森林碳汇中的发展优势探讨[J].绿色科技,2012(5):45-46.
- [2] 中国土壤学会.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.
- [3] 王兵,王燕,郭浩,等.江西大岗山毛竹林碳储量及其分配特征[J].北京林业大学学报,2009,31(6):39-42.
- [4] 方晰,田大伦,项文化.速生杉木人工林碳素含量、储量和分布[J].林业科学,2002,38(3):14-19.
- [5] 阮宏华,姜志林,高苏铭.苏南丘陵区主要森林类型碳循环研究—含量与分布规律[J].生态学杂志,1997,16(6):17-21.
- [6] 王兵,王燕,郭浩,等.江西大岗山毛竹林碳储量及其分配特征[J].北京林业大学学报,2009,31(6):39-42.
- [7] 肖复明,范少辉,汪思龙,等.毛竹、杉木人工林生态系统碳储量及其分配特征[J].生态学报,2007,27(7):2794-2801.
- [8] 周国模,姜培坤.毛竹林的碳密度和碳贮量及其空间分布[J].林业科学,2004,40(6):20-24.
- [9] 王勇军,黄从德,王宪帅,等.慈竹林生态系统碳储量及其空间分配特征[J].福建林业科技,2009,36(2):6-9.
- [10] 沈迪玉,黄从德,张密,等.四川省纳溪区孝顺竹林生态系统碳储量及其空间分配格局[J].四川林业科技,2010,31(2):39-42.
- [11] 李江,黄从德,张国庆.川西退耕还林地苦竹林碳密度、碳贮量及其空间分布[J].浙江林业科技,2006,26(4):1-5.
- [12] 王刚,周本智,李晓靖,等.吊丝单竹林生态系统碳储量及其垂直空间分配特征[J].热带亚热带植物学报,2012,20(1):72-77.