

桃江毛竹林生物量分布特征

曹福明^{1,2}, 闫文德^{1,2*}, 刘益君^{1,2}, 张 力^{1,2}, 向凌宇^{1,2}

(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)

摘 要: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分生物量分布特征。结果表明,1年生、3年生和5年生不同年龄毛竹林分生物量分别为20.254、25.036 t·hm⁻²和55.685 t·hm⁻²;毛竹林各组分生物量的大小顺序均表现为竿>枝>叶>竹蔸>竹鞭>侧根>须根,除竹鞭外,其他各组分生物量均表现出随年龄增长而增长的趋势;毛竹林地上部分生物量分别为17.787、22.159 t·hm⁻²与46.544 t·hm⁻²,占林分总生物量的百分比分别为87.82%、88.51%与83.58%,属丰产林类型;地下部分生物量分别为2.467、2.877 t·hm⁻²与9.141 t·hm⁻²,占林分总生物量百分比的12.18%、11.49%与16.42%。林下植被层生物量分别为6.522、4.325 t·hm⁻²与0.347 t·hm⁻²,死地被物层分别为1.371、1.588 t·hm⁻²与1.731 t·hm⁻²。

关键词:毛竹林;生物量;桃江县

中图分类号:S718.43 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)03-0014-04

Biomass Distribution Characteristics of *Phyllostachys pubescens* Plantations in
Taojiang County

CAO Fu-ming^{1,2}, YAN Wen-de^{1,2*}, LIU Yi-jun^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}, XIANG Ling-yu^{1,2}

(1. School of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China;
2. National Engineering Lab. of Southern Forest Ecology Applied Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

Abstract: In the present study, the biomass production and carbon storage of bamboo plantations with three ages (1-, 3-, and 5-year-old) were investigated in Taojiang County, Hunan Province, China. The results showed that the values of the biomass for three age plantations were 20.254, 25.036 and 55.685 t·hm⁻² in the overstory (bamboo) layer. The biomass of different organs was in the order of pole>branch>leaf>culm stump>rhizome>lateral root>fibrous roots. Except for rhizome, the biomass of other organs increased with age. The values of the biomass of aboveground part for three age plantations were 17.787, 22.159, and 46.544 t·hm⁻², respectively, accounting for 87.82%, 88.51%, and 83.58% of the total. For underground layer, they were 2.467, 2.877, and 9.141 t·hm⁻², accounting for 12.18%, 11.49%, and 16.42% of the total, 6.522, 4.325, and 0.347 t·hm⁻² for vegetation layer, and 1.371, 1.588, 1.731 t·hm⁻² for litter layer.

Key words: bamboo; biomass; Taojiang County

毛竹(*Phyllostachys pubescens*)是我国南方重要的森林资源^[1],属于特殊的地域性植物,其胸径与株高的生长均在第1年完成,此后随着林龄的增长,

除生物量外,其胸径和株高均不再发生变化。竹林生态系统作为森林生态系统的主要组成部分,也是重要的碳汇和碳源^[2],由于人类的各种开发活动,在

收稿日期:2017-01-16 修回日期:2017-03-02

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

作者简介:曹福明,男,博士,研究方向:森林生态学。E-mail:5038619@qq.com

* 通信作者:闫文德,男,教授,博士生导师,研究方向:环境生态学。E-mail:csfuywd@hotmail.com

全球的森林面积急剧下降的大背景下,竹林的面积却以 3%的速度在逐年增长^[3],这意味着未来竹林碳储量在整个森林碳储量中所占比例可能增大^[4]。毛竹是固碳能力较强的林种之一,且不存在皆伐后水土流失严重及连栽后地力退化等问题。因此,竹在减缓气候变暖及维持生态系统平衡方面有重要作用^[5]。目前有关不同年龄毛竹林生物量的研究工作上较为薄弱,选取毛竹主产区之一的湖南桃江县不同年龄毛竹林生物量分布特征进行研究,以期能够为我国区域尺度的森林生态系统碳汇功能研究,及我国森林生态系统碳储量和碳循环研究提供基础数据。

表 1 试验地林分特征
Table 1 Characteristics of the investigated stands

年龄/a	密度/(株·hm ⁻²)	平均胸径/cm	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>);南五味子(<i>Kadsura longipedunculata</i>);鳞毛蕨(<i>Dryopteris simasakii</i>)
3	1 300±102.60	9.13±1.06	9.01±2.50	槲木(<i>Aralia chinensis</i>);清风藤(<i>Sabia japonica</i>);腹水草(<i>Veronicastrum stenostachyum</i>)
5	2 400±450.78	9.80±0.85	10.90±0.91	青灰叶下珠(<i>Phyllanthus glaucus</i>);鸡血藤(<i>Spatholobus suberectus</i>);狗脊蕨(<i>Woodwardia japonica</i>)

2 材料与方法

2.1 试验设计

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<15°,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 a 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,分别在 1 年生、3 年生或 5 年生的毛竹株数占据了 50%~60%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、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、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 生物量测定

毛竹生物量采用直接收获法,根据标准地的调查资料,分别计算出 1 年生、3 年生与 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。以根茎交界处为界限,其上为地上部分,其下为地下部。地上部分生物量测定以 1 m 为区分段,用分层切割

1 试验地概况

样地位于湖南省益阳市桃江县(111°36′—112°19′E,28°13′—28°41′N),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(表 1)。

法对竹枝、竹竿、竹叶各部分的每个区分段,称取鲜重,并分别取样 1.0 kg,带回实验室,在 80℃下烘干至恒重;地下部分用挖掘法,按 0~20(含 20)cm、20~40(含 40)cm 与 40~60(含 60)cm 土层挖出竹筴、竹鞭和鞭根,挖至无根为止。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,各组分取样 1.0 kg,在 80℃下烘干至恒重。将标准竹地上部分和地下部分生物量相加,即为标准竹单株各组分生物量。

数据采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件处理,数据统计采用单因子方差分析。

3 结果与分析

3.1 竹林层生物量

3.1.1 不同年龄毛竹林生物量 毛竹林生物量随着年龄的增长而增大(表 1)。不同年龄毛竹林生物量分别为 20.254、25.036 t·hm⁻²和 55.685 t·hm⁻²,1 年生与 3 年生毛竹林生物量间差异不显著,两者与 5 年生毛竹林生物量间差异显著。

3.1.2 毛竹林各组分生物量 不同年龄毛竹林地上部分(竹竿、竹枝、竹叶)各组分生物量中,竹竿生物量最大,分别为 13.343、17.197 t·hm⁻²与 35.287 t·hm⁻²;其次为竹枝,分别为 2.963、3.440 t·hm⁻²与 7.342 t·hm⁻²;竹叶最低,分别为 1.481、1.522 t·hm⁻²与 3.915 t·hm⁻²。地下部分(须根、侧根、竹鞭、竹筴)各组分生物量中,竹筴生

物量最大,分别为 1.043、1.247 t·hm⁻²与 3.214 t·hm⁻²;其次为竹鞭,分别为 0.986、0.601 t·hm⁻²与 3.198 t·hm⁻²;再次为侧根,分别为 0.317、0.594 t·hm⁻²与 1.649 t·hm⁻²;须根最低,分别为 0.121、0.435 t·hm⁻²与 1.080 t·hm⁻²。除竹鞭外,各组分均表现为随林龄增长而增大(表 1)。

3.1.3 毛竹林地上、地下生物量 1 年生毛竹林地上部分生物量为 17.787 t·hm⁻²,占林分总生物量的 87.82%,地下部分生物量为 2.467 t·hm⁻²,占 12.18%;3 年生毛竹林地上部分生物量为 22.159 t·hm⁻²,占总量 88.51%,地下部分生物量 2.877 t·hm⁻²,占 11.49%;5 年生地上生物量 46.544 t·hm⁻²,占总量的 83.58%,地下部分生物量 9.141 t·hm⁻²,占 16.42%。因此,桃江县的毛竹林属于丰

产林类型。不同年龄毛竹林地上部分生物量分别为地下部分生物量 7.21 倍、7.70 倍和 5.09 倍。

3.2 林下植被层与死地被物层生物量

不同年龄毛竹林林下植被层和死地被物层总生物量在 2.078~7.893 t·hm⁻²之间(表 2),并随林龄的增长而呈现出增加的趋势。其中,竹林层生物量占林分总生物量的 70%以上,且其所占比重随着林龄的增加而不断上升;不同年龄毛竹林林下植被层生物量仅 5 年生竹林以灌木为主,1 年生和 3 年生竹林均以草本植物为主。且灌木层和草层生物量占总生物量的比例随着林龄的增长而逐渐减小;死地被物层生物量仅占总生物量的 3%~5%,与植被层不同,其生物量占总生物量的比例随着林龄的增长呈现出波动下降趋势。

表 1 不同年龄毛竹林生物量

Table 1 The stand biomass for bamboo plantation

组分	1 年生竹林		3 年生竹林		5 年生竹林	
	生物量	所占比例	生物量	所占比例	生物量	所占比例
	/ (t·hm ⁻²)	/ %	/ (t·hm ⁻²)	/ %	/ (t·hm ⁻²)	/ %
竿	13.343±4.096	65.87	17.197±5.788	68.69	35.287±4.762	63.37
叶	1.481±0.436	7.31	1.522±0.825	6.08	3.915±3.285	7.03
枝	2.963±1.055	14.63	3.440±0.856	13.74	7.342±3.622	13.19
须根	0.121±0.073	0.60	0.435±0.083	1.74	1.080±0.572	1.94
侧根	0.317±0.243	1.57	0.594±0.168	2.37	1.649±0.600	2.96
竹鞭	0.986±0.374	4.87	0.601±0.259	2.40	3.198±1.191	5.74
竹蔸	1.043±0.366	5.15	1.247±0.321	4.98	3.214±0.961	5.77
总计	20.254±6.463A	100.00	25.036±6.163A	100.00	55.685±9.608)B	100.00

注:同行不同大写字母表示差异显著(P<0.05)。

表 2 林下植被层与死地被物层生物量

Table 2 Biomass in bamboo vegetation layer under canopy and litter layer

(t·hm⁻²)

层次		1 年生	3 年生	5 年生
灌木层		2.831±0.342(10.058)	2.037±0.084(6.595)	0.278±0.020(0.481)
草本层		3.691±0.176(13.113)	2.288±0.143(7.407)	0.069±0.006(0.119)
死地被物层	未分解	0.662±0.058	0.751±0.033	0.822±0.080
	半分解	0.398±0.038	0.488±0.019	0.527±0.060
	已分解	0.311±0.044	0.350±0.014	0.382±0.019
	小计	1.371±0.183 (4.871)	1.588±0.204 (5.141)	1.731±0.224 (2.997)
合计		7.893	5.853	2.078

注:数据为平均值±标准差,括号内数据为百分数。

4 结论与讨论

毛竹丰产林地上部分占 70.87%,而中产林地上部分占 48.43%^[6],反映出不同年龄毛竹林地下部分的支撑能力强,及地上和地下两部分异速生长状况正常^[7]。毛竹是典型的中亚热带和北亚热带竹种,多纯林或与杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等混交,分布范围很大,受气候条件影响,其生物量相差很大^[8]。目前针对不同年龄林分生物量的研究多集中在木本植物^[9-10]。与其他研究不同^[3,11-12],本研究在测定毛竹生物量时,在不影响立竹生长的生态环境的前提下,为了保证测定准确,在设置标准地

内,仅调查、记录和计算占 50%~60%的同一年龄(1 年生、3 年生或 5 年生)立竹的株数,并选出标准木测定生物量,而对其他年龄的立竹不列入调查测定范围内。

本研究 1 年生、3 年生与 5 年生毛竹林生态系统总生物量比前人的研究结果偏低,5 年生毛竹林生物量相比,仅占浙江、奉化、吉安、富阳毛竹林的 25.8%~39.4%,江苏宜兴的 20.6%,贵州赤水的 21.0%,福建武夷山的 50.3%^[13]。除四川长宁外,其余地区毛竹林生物量均高于本研究区 5 年生毛竹林。影响这些生物量差异的原因有很多方面,但主要应与地理位置有关。与亚热带地区其他竹林的生

物量进行比较,本研究区 5 年生毛竹林的生物量低于福建华安绿竹种群的 $156.09\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,但高于福建南靖麻竹种群的 $32.9\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[14]。

从毛竹林分地下部分生物量与地上部分生物量比值来看,各研究结果差异较大,天目山、福建永春、江西大岗山、蜀南竹海风景区、四川长宁、福建武夷山、浙江临安与湖南会同的该比值分别为 0.331 ^[15]、 0.384 ^[14]、 0.387 ^[16]、 0.480 ^[3]、 0.525 ^[12]、 0.560 ^[17]、 0.606 ^[5]与 0.649 ^[18],而本研究仅为 0.196 ,明显低于上述各研究区。毛竹为散生竹,林分内不同龄级的立竹共有地下的鞭根系统庞大,因此,无法准确区分立竹对应的地下鞭根量。当前对于立竹鞭根的处理一般采用典型样方挖掘法或生物量模型估算,本研究与其他研究结果的差异可能与测定方法不同有关。

参考文献：

[1] 江泽慧. 世界竹藤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002.

[2] 李正才, 傅懋毅, 徐德应. 竹林生态系统与大气二氧化碳减量[J]. 竹子研究汇刊, 2003, 22(4): 1-6.

[3] 刘应芳, 黄从德, 陈其兵. 蜀南竹海风景毛竹林生态系统碳储量及其空间分配特征[J]. 四川农业大学学报, 2010, 28(2): 136-140.

LIU Y F, HUANG C D, CHEN Q B. Carbon storage and allocation of *Phyllostachys edulis* ecosystem in scenic spot within the Southern Sichuan Bamboo Sea[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2010, 28(2): 136-140. (in Chinese)

[4] 陈先刚, 张一平, 张小全, 等. 过去 50 年中国竹林碳储量变化[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5218-5227.

CHEN X G, ZHANG Y P, ZHANG X Q, *et al.* Carbon stock changes in bamboo stands in China over the last 50 years[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5218-5227. (in Chinese)

[5] 周国模, 姜培坤. 毛竹林的碳密度和碳储量及其空间分布[J]. 林业科学, 2004, 40(6): 20-24.

ZHOU G M, JIANG P K. Density, storage and spatial distribution of carbon in *Phyllostachy pubescens* forest[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(6): 20-24. (in Chinese)

[6] 江泽慧. 抓住机遇开创未来加速推进我国竹产业发展[J]. 竹子研究汇刊. 2002, 21(1): 1-8.

[7] 湛小勇, 彭元英, 康文星. 亚热带常绿阔叶林黄杞木荷群落生物量和生产力的研究[M]//刘焕章. 森林生态系统定位研究. 北京: 中国林业出版社, 1993: 68-72.

[8] 李振基, 林鹏, 丘喜昭, 等. 闽南毛竹林的生物量和生产力[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1993, 32(6): 762-767.

LI Z J, LIN P, QIU X Z, *et al.* Studies on the biomass and productivity of *Phyllostachys pubescens* community in south Fujian[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 1993, 32(6): 762-767. (in Chinese)

[9] 王飞, 叶冬梅, 刘怀鹏, 等. 兴安落叶松林不同生长阶段林下植被生物量分配[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(6): 30-33.

WANG F, YE D M, LIU H P, *et al.* Understory vegetation bio-

mass allocation features of *Larix gmelinii* in different growth stages[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(6): 30-33. (in Chinese)

[10] 宋爱云, 董林水, 周金星, 等. 晋西黄土丘陵边缘区油松人工林密度调控与生物量特征[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(4): 7-11.

SONG A Y, DONG L S, ZHOU J X, *et al.* Suitable density management and biomass characters of *Pinus tabulaeformis* plantations in the ecotone between bedrock region and loess hill area of west Shanxi Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(4): 7-11. (in Chinese)

[11] 漆良华, 刘广路, 范少辉, 等. 不同抚育措施对闽西毛竹林碳密度、碳储量与碳格局的影响[J]. 生态学杂志, 2009(8): 1482-1488.

[12] 张蕊, 申贵仓, 张旭东, 等. 四川长宁毛竹林碳储量与碳汇能力估测[J]. 生态学报, 2014, 34(13): 3592-3601.

ZHANG R, SHEN G C, ZHANG X D, *et al.* Carbon stock and sequestration of a *Phyllostachys edulis* forest in Changning, Sichuan Province. [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(13): 3592-3601. (in Chinese)

[13] 林振清. 竹阔混交林毛竹生产力与经济效益的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(4): 42-45

[14] 彭在清, 林益明, 刘建斌, 等. 福建永春毛竹种群生物量和能量研究[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2002, 41(5): 579-583.

PENG Z Q, LIN Y M, LIU J B, *et al.* Biomass structure and energy distribution of *Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens* population[J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2002, 41(5): 579-583. (in Chinese)

[15] 郝云庆, 江洪, 向成华, 等. 天目山毛竹种群生物量结构[J]. 四川林业科技, 2010(4): 29-33.

HAO Y Q, JIANG H, XIANG C H, *et al.* Biomass structure of *Phyllostachys heterocycle* cv. *Pubescens* population in the Tianmu Mountain [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2010(4): 29-33. (in Chinese)

[16] 王兵, 杨清培, 郭起荣, 等. 大岗山毛竹林与常绿阔叶林碳储量及分配格局[J]. 广西植物, 2011(3): 342-348.

WANG B, YANG Q P, GUO Q R, *et al.* Carbon storage and allocation of *Phyllostachys edulis* forest and evergreen broad-leaved forest in Dagangshan Mountain, Jiangxi[J]. Guihaia, 2011(3): 342-348. (in Chinese)

[17] 何东进, 洪伟, 吴承祯, 等. 武夷山毛竹天然林生物量与能量分配规律及其与人工林的比较研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(2): 291-296.

HE D J, HONG W, WU C Z, *et al.* Study on biomass and energy distribution of natural *Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens* in Wuyi Mountains and its comparison with high-yield forest[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003, 23(2): 291-296. (in Chinese)

[18] 肖复明, 范少辉, 汪思龙, 等. 毛竹(*Phyllostachy pubescens*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林生态系统碳贮量及其分配特征[J]. 生态学报, 2007, 27(7): 2794-2801.

XIAO F M, FAN S H, WANG S L, *et al.* Carbon storage and spatial distribution in *Phyllostachy pubescens* and *Cunninghamia lanceolate* plantation ecosystem [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(7): 2794-2801. (in Chinese)