

广西 4 种丛生竹基本特性的研究

包永洁^{1,2}, 黄成建^{1,2*}, 王军锋³, 肖瑞崇^{1,2}, 黄大勇²

(1. 国家林业局竹子研究开发中心, 杭州 310012; 2. 浙江省竹子高效加工重点实验室, 杭州 310012;

3. 广西壮族自治区林业科学研究院, 南宁 530002)

摘要: 以广西壮族自治区 4 种丛生竹: 撑篙竹、花吊丝竹、粉单竹和马蹄竹为研究对象, 探索其横切面维管束分布特征以及主要物理力学特性。结果表明, 粉单竹维管束分布较为紧密, 维管束密度最大, 撑篙竹、花吊丝竹维管束分布较为分散, 马蹄竹维管束密度最小; 粉单竹的基本密度、气干密度和全干密度, 以及力学特性在 4 种丛生竹中最大, 其次是花吊丝竹, 撑篙竹与马蹄竹物理力学特性相近。研究发现, 粉单竹材性最好, 可进行工业化加工利用, 花吊丝竹、撑篙竹及马蹄竹可分离出竹青部分再进行高效加工利用。

关键词: 撑篙竹; 花吊丝竹; 粉单竹; 马蹄竹; 维管束分布

中图分类号: S781

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)04-0620-04

Characteristics of four sympodial bamboos in Guangdong Province

BAO Yongjie^{1,2}, HUANG Chengjian^{1,2}, WANG Junfeng³, XIAO Ruichong^{1,2}, HUANG Dayong²

(1. China National Bamboo Research Center, Hangzhou 310012;

2. Key Laboratory of High Efficient Processing of Bamboo of Zhejiang Province, Hangzhou 310012;

3. Guangxi Zhuang Autonomous Region Forestry Research Institute, Nanning 530002)

Abstract: Four sympodial bamboos, *Bambusa pervariabilis*, *Sinocalamus minor*, *Lingnania chungii* and *Bambusa lapidea*, in Guangxi Zhuang Autonomous Region were chosen to study the distribution characteristics of transection and the essential physical and mechanical properties. Results showed that the vascular bundle distribution of *L. chungii* was the tightest and that of *B. lapidea* was incompact. *L. chungii* had the highest vascular bundle density, basic density, air-dry density, dry density and the best mechanical properties, followed by *S. minor*. The physical and mechanical properties of *B. pervariabilis* were similar to those of *B. lapidea*. According to the results, *L. chungii* that has the best properties could be directly used for the industrial utilization, while the rest of sympodial bamboos should wipe off the inner part of culm wall before the industrial utilization.

Key words: *B. pervariabilis*; *S. minor*; *L. chungii*; *B. lapidea*; vascular bundle distribution

随着自然林保护工程的推进以及国外出口限制, 现在可用的商业木材资源越来越少。竹材的加工利用可以为解决这个问题提供一种解决途径, 我国的竹材工业化以毛竹材为主要加工利用原材料, 2013 年毛竹采伐量达 11.4 万余根, 占竹材产品总量的 60.73%, 而以丛生竹为主的小径竹只占 0.51%^[1]。而丛生竹材面积占我国竹林面积的 20%以上^[2], 主要分布在我国南方如广东、广西、云南地带, 产量高, 可采伐周期相对较短, 可劈篾性好, 传统上常用来制作家庭用的各种筐、篮等手工艺品。

目前, 针对丛生竹的研究多集中于丛生竹的生物特性^[3-8]。为了提高丛生竹材的利用率, 丰富竹材工业化利用体系, 需对丛生竹进行深加工, 开发出丛生竹工业化生产新技术, 以及丛生竹新产品, 因此对丛生竹基础特性的探索研究是十分必要的, 但目前对丛生竹的主要物理力学特性的研究相对较少^[2,9-13]。本研究测试了西南地区 4 种常见丛生竹材: 撑篙竹、粉单竹、花吊丝竹和马蹄竹的横切面维管束分布、密度、顺纹抗压强度、抗弯强度和抗弯弹性模量以及顺纹抗拉强度。对 4 种丛生竹材材性进

收稿日期: 2015-10-08

基金项目: 浙江省科技计划项目 (2015F50054) 和浙江省竹子高效加工重点实验室 (2014F10047) 共同资助。

作者简介: 包永洁, 博士, 助理研究员。E-mail: baoyongjie1@126.com

* 通信作者: 黄成建, 研究实习员。E-mail: hcj5236@yeah.net

行比较分析, 为 4 种丛生竹材的深加工利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试材及取样方法 4 种丛生竹: 撑篙竹、花吊丝竹、粉单竹和马蹄竹, 采集于广西南宁市。

竹材采集和试样制备均参考国家标准 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》进行, 在样竹中, 选取胸径 50mm 以上, 成熟正常、无缺陷、无病害的竹株齐地伐倒。离地 1.5m 处, 每 1.5m 截取一段竹段, 截取 3 段, 取中间 1 段作为试材备用。截去竹节后将竹筒段 10 等分或 8 等分割分成竹条, 按照上述标准制成标准试件。

表 1 4 种丛生竹试材采集
Table 1 Collection of four kinds of sympodial bamboo

序号 No.	竹种 Bamboo species	竹高/m Height	节间长/cm Internode length	秆壁厚/mm Thickress of clum wall	秆径/cm Culm diameter	竹龄 Age	采集地点 Sampling location
1	撑篙竹 <i>Bambusa pervariabilis</i> McClure	12	40	8.7	6.0	4 年生	广西南宁市
2	花吊丝竹 <i>Sinocalamus minor</i> McClure	10	32	7.0	5.2		
3	粉单竹 <i>Lingnania chungii</i> McClure	11	112	6.8	6.0		
4	马蹄竹 <i>Bambusa lapidea</i> McClure	11	27	8.8	9.0		

1.1.2 设备 体式显微镜 (SZX16 日本); 圆锯机 (FESTOOL KS120EB 德国); 砂光机 (FESTOOL MFT/3-VL 德国); 万能力学试验机 (Instron 5969 上海); 调温调湿箱 (GDJS-100B 江苏); 恒温水浴锅 (HH-4 江苏); 游标卡尺 (精度: 0.01 mm); 电子天平 (精度: 0.0001 g); 烘箱 (BGZ-146 上海)。

1.2 方法

试样制备完成后按照国家标准 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质试验方法》^[14]与 GB/T 1933-2009《木材密度测定方法》^[15]中规定的试验方法对 4 种丛生竹进行基本物理力学特性的测试。

全干密度试样烘至全干后测试质量、体积, 基本密度试样在常温清水中浸泡至尺寸稳定测试质量、体积等, 气干密度试样与抗弯强度和弹性模量试样、顺纹抗拉强度试样以及顺纹抗压强度试样放入调温调湿箱在温度 (20±2) °C, 相对湿度(65±5)% 的环境下完成含水率调节后进行测试。

维管束分布测试试验的气干试样放入常温清水中进行浸泡 48 h, 取出后利用滑走式切片器在竹块测试表面切出光滑平整的表面, 在体式显微镜下进行观察、取样, 试样沿径向方向均分为 5 份, 利用 ImagePro 图像分析软件分析试样维管束分布情况。

2 结果与分析

2.1 维管束分布

维管束在结构上由厚壁细胞纤维、木质化的导管、筛管及薄壁细胞组成, 在竹材中通过传递载荷作用的薄壁细胞连接起来的, 是竹材主要的受力单元, 与竹材力学性能有密切关系^[12]。因此竹材纤维

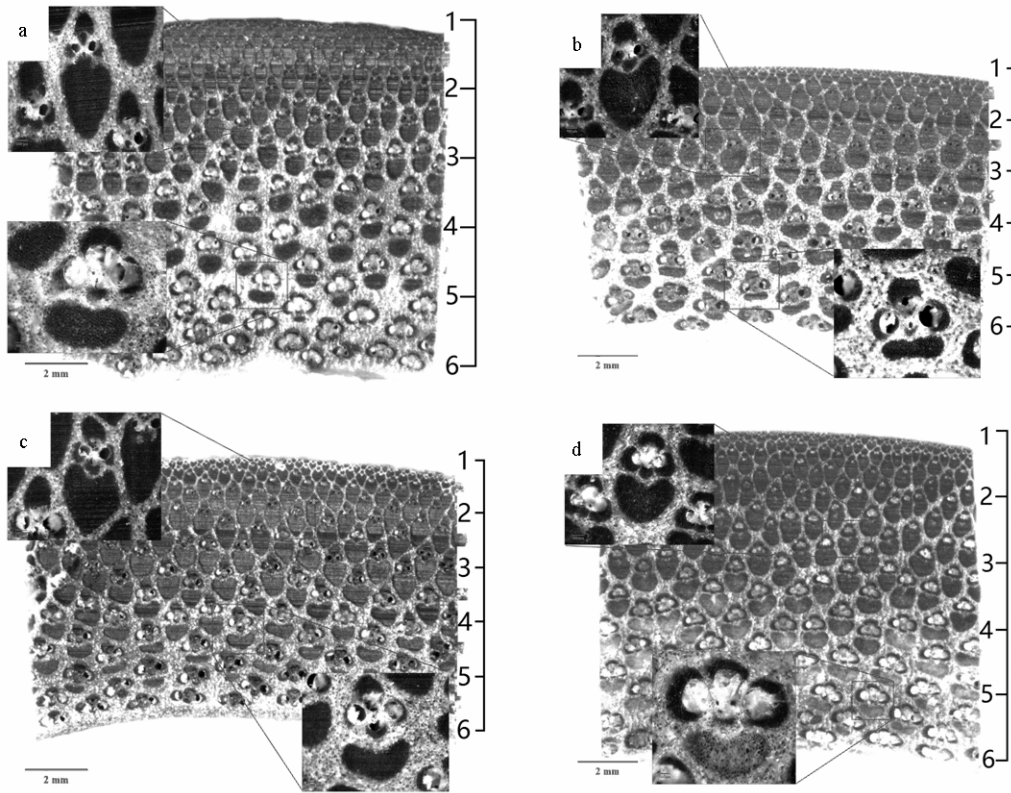
束的分析、分类对其加工利用利用途径、领域都有很大的影响。

图 1 显示出 4 种不同的丛生竹横断面维管束分布情况。4 种丛生竹维管束厚壁细胞在横断面上的分布均是靠近竹青面非常密集, 紧凑, 同时靠竹青面的维管束均是半分化型^[4], 截面较小, 导管孔径也很小, 靠竹黄侧基本组织薄壁细胞较多, 维管束厚壁细胞分散间距较大, 维管束呈开放型^[4], 截面较大。由图 1 和表 2 可以看出, 沿着竹青到竹黄的垂周方向上, 维管束分布由紧密逐渐变成分散, 维管束之间的间距逐渐增大。

图 1-c 中粉单竹的维管束在横断面上的分布最为紧密、集中, 维管束厚壁细胞在竹壁厚度上占有率较大, 维管束密度为 264 个·cm⁻², 图 1-a 撑篙竹和图 1-b 花吊丝竹的维管束分布较为分散, 而图 1-d 所示的马蹄竹维管束分布虽分散但是较为均匀。撑篙竹维管束密度为 229 个·cm⁻², 较马蹄竹的 202 个·cm⁻² 大, 此结果与魏学智^[5]等学者对马蹄竹和撑篙竹组织占比的研究结果相一致。

2.2 密度

图 2 中显示为 4 种丛生竹基本密度、气干密度和全干密度的密度曲线。数据分析得到, 4 种丛生竹基本密度、气干密度和全干密度均分布在 0.6 g·cm⁻³ 以上, 撑篙竹与马蹄竹的基本密度、气干密度和全干密度极为相似, 而粉单竹的 3 种密度在 4 种丛生竹中均为最大, 根据崔敏^[6]、李光荣等^[7]学者研究结果可以知道, 6 年生毛竹基本密度为 0.728 g·cm⁻³, 气干密度为 0.840 g·cm⁻³, 分别低于粉单竹的基本密度值: 0.737 g·cm⁻³ 和气干密度值: 0.878 g·cm⁻³。



a. 撑篙竹; b. 花吊丝竹; c. 粉单竹; d. 马蹄竹
 a. *Bamusa pervariabilis*; b. *Sinocalamus minor*; c. *Lingnania chungii*; d. *Bamusa lapidea*

图 1 4种丛生竹维管束分布图

Figure 1 Distribution images of vascular bundle for four kinds of sympodial bamboo

表 2 4种丛生竹维管束分布

Table 2 Vascular bundles distribution of four kinds of sympodial bamboo

竹种 Bamboo species	维管束密度/个·cm ⁻² Diversity of vascular bundle	维管束分布间距/μm Spacing distruition of vas cular bundle			
		刻度 2 处 The second location scale	刻度 3 处 The third location scale	刻度 4 处 he fourth location scale	刻度 5 处 he fifth location scale
撑篙竹 <i>Bamboo pervariabilis</i>	229	8.16	13.28	18.01	20.96
花吊丝竹 <i>Sinocalamus minor</i>	231	6.41	10.01	16.25	17.52
粉单竹 <i>Lingnania chungii</i>	264	5.39	8.59	12.97	16.81
马蹄竹 <i>Bamboo lepidea</i>	202	6.54	9.39	12.86	16.96

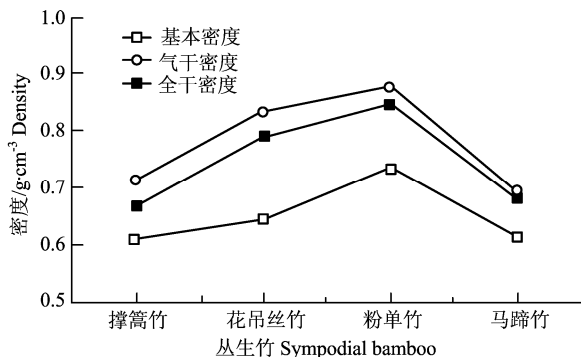


图 2 4种丛生竹密度曲线

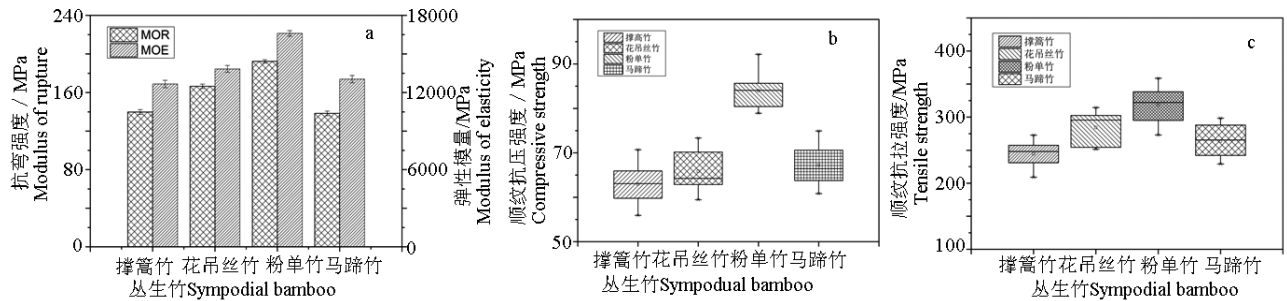
Figure 2 Curves of four kinds of sympodial bamboo

2.3 基本力学特性

图 3 显示的是含水率为 12% 的抗弯强度和顺纹抗压强度与含水率范围为 12.4%~13.7% 内的弹性模量和顺纹抗拉强度。从图 3-a 中可以看出, 抗弯强度值与弹性模量值均是粉单竹最大, 分别为 192.27 MPa 和 16597.23 MPa, 此结果与林红强^[18]对多种竹编用竹的研究结论相符合。根据李光荣等^[17]对毛竹材的研究结果, 成熟毛竹材的抗弯强度和弹性模量为 161.40 MPa 和 10.84 GPa, 要低于粉单竹的抗弯强度和弹性模量, 同时也低于花吊丝竹的抗弯强度和弹性模量值为 166.49 MPa 和 13.36 GPa。图 3

中显示撑篙竹和马蹄竹的抗弯强度较接近, 均弱于粉单竹和花吊丝竹。图 3-b、图 3-c 中粉单竹的顺纹抗压强度和顺纹抗拉强度均较其他 3 种丛生竹大, 分别为 83.95 和 318.11 MPa, 撑篙竹的顺纹抗压强度和顺纹强度分别为 62.94 和 244.24 MPa, 在 4 种丛生竹中最小。从上文中对维管束分布以及密度的

研究结果可以看出, 粉单竹的维管束分布集中、紧密, 同时基本密度、气干密度以及全干密度均在 4 种丛生竹中最高, 也高于毛竹材, 因此粉单竹的力学强度较其他 3 种丛生竹材高, 相比之下, 撑篙竹的维管束分布分散, 竹材密度值在 4 种丛生竹中较低, 因此其力学强度较低。



a. 抗弯强度和弹性模量; b. 顺纹抗压强度; c. 顺纹抗拉强度
a. MOR and MOE; b. Compressive strength; c. Tensile strength

图 3 4 种丛生竹的力学性能

Figure 3 Mechanical properties of four kinds of sympodial bamboo

3 结论

丛生竹基本特性的研究有利于其加工方式以及应用领域的探索, 也为实际生产提供了一定的理论依据。4 种不同的丛生竹, 其物理力学特性有明显的区别。在横断面上, 4 种丛生竹维管束分布均是由竹青紧密向竹黄分散分布, 粉单竹维管束厚壁细胞分布最为紧凑, 维管束密度最大。粉单竹的基本密度、气干密度和全干密度在 4 种丛生竹中均是最大, 花吊丝竹其次, 撑篙竹与马蹄竹较为接近。

丛生竹力学性能是丛生竹材加工利用的重要依据之一, 对丛生竹材的加工方法和应用领域具有最为直接的影响。粉单竹的力学性能在 4 种丛生竹中最好, 同时也优于毛竹材的力学特性, 是丛生竹中可加工的较好材料, 可以用作竹材工业化加工, 而花吊丝竹、撑篙竹和马蹄竹可分离出竹青部分用于加工利用。

参考文献:

- [1] 国务院发展研究中心. 2013 年全国历年木材、竹材及木材加工、林产化学主要产品产量[EB/OL]. 2014-12-19, <http://www.drcnet.com.cn/eDRCnet.common.web/DocSummary.aspx?version=data&docId=3784599&leafId=17518&chnId=4541>.
- [2] 杨喜, 刘杏娥, 杨淑敏, 等. 5 种丛生竹物理力学性质的比较[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(10): 91-97.
- [3] 韩国刚, 陈立新, 程志华, 等. 慈竹密度和微纤丝角变异规律研究[J]. 木材加工机械, 2012(4): 22-24.
- [4] 肖德兴, 姚庆国. 厚皮毛竹茎秆的解剖结构[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2002, 15(4): 24-27.
- [5] 魏学智, 贺新强, 胡玉熹, 等. 广西产四种竹材的比较解剖研究[J]. 竹子研究汇刊, 1998, 17(1): 18-23.
- [6] 袁金玲, 傅懋毅, 庄金坤, 等. 几个丛生竹开花授粉特性及麻竹苗期初步选择[J]. 竹子研究汇刊, 2005, 25(3): 9-13.
- [7] 吴志庄, 高贵宾, 熊德礼, 等. 9 个主要丛生竹种光响应曲线的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2013, 32(2): 16-20.
- [8] 齐锦秋, 胡瑶, 谢九龙, 等. 3 年生慈竹竹秆不同部位的解剖特征[J]. 西北农林科技大学(自然科学版), 2014, 42(2): 187-192.
- [9] 苏文会, 范少辉, 彭颖, 等. 车筒竹、箬竹和越南巨竹竹材的主要物理性质研究[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 205-209.
- [10] 司徒春南, 王健, 谢双喜, 等. 黔北地区主要竹种竹材物理力学性质关系研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(2): 35-38.
- [11] 王健, 司徒春南, 杜文军, 等. 黔北地区主要竹种干缩性能的差异研究[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(8): 169-172.
- [12] 王正, 郭文静. 丛生竹物理力学性能及其对制造竹建筑材料的影响[J]. 世界竹藤通讯, 2003, 1(1): 25-28.
- [13] 洗杏娟, 洗定国. 竹材的微观结构及其力学性能的关系[J]. 竹子研究汇刊, 1999, 9(3): 10-23.
- [14] GB/T 15780-1995, 竹材物理力学性质试验方法[S].
- [15] GB/T 1933-2009, 木材密度测定方法[S].
- [16] 崔敏, 殷亚方, 姜笑梅, 等. 不同竹龄毛竹材物理力学性质的差异分析[J]. 福建林学院学报, 2010, 30(4): 338-343.
- [17] 李光荣, 辜忠春, 李军章. 毛竹竹材物理力学性能研究[J]. 湖北林业科技, 2014, 43(5): 44-49.
- [18] 林红强. 竹编工艺用竹的材性测定[J]. 华东森林经理, 2005, 19(2): 30-32.