

实心瓜多竹竹材纤维和导管分子的变异规律

徐金梅¹, 赵荣军¹, 吕建雄¹, 费本华²

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 国际竹藤网络中心, 北京 100102)

摘要: 为了探明实心瓜多竹 *Guadua amplexifolia* 纤维和导管分子的变异规律, 将竹秆沿纵向分为基部、中部和梢部, 将竹壁沿径向取试样 1 个·mm⁻¹, 进行纤维和导管分子长度和宽度的比较研究。结果表明, 纤维长度分布范围为 1 738 ~ 2 764 μm, 宽度范围为 13 ~ 20 μm, 长宽比为 91 ~ 211。导管分子长度分布范围为 383 ~ 526 μm, 宽度范围为 99 ~ 288 μm, 长宽比为 1.3 ~ 4.4。纵向上, 基部纤维长度和长宽比小于中部, 中部小于梢部; 纤维宽度与长度和长宽比变化规律相反。径向上, 纤维长度和长宽比从竹壁内壁到竹壁厚度 2/3 处缓慢增加, 之后有减小的趋势; 纤维宽度在基部和中部处无明显的变化趋势, 但在梢部, 竹壁中部的纤维宽度明显大于靠近竹壁外壁和内壁处。纵向上, 导管分子长度无明显的变化规律; 基部宽度大于中部和梢部, 中部和梢部之间无明显差异; 长宽比变化规律与宽度相反。在径向上, 长度无明显的变化规律; 宽度从竹壁内壁到外壁有明显的降低趋势; 长宽比从竹壁内壁到竹壁中部处无明显变化趋势, 但自竹壁中部到外壁处有明显的增加趋势。图 6 表 2 参 14

关键词: 木材学; 竹材性质; 纤维; 导管分子; 变异规律

中图分类号: S781.1 文献标志码: A 文章编号: 100-5692(2010)04-0545-05

Variation in fiber and vessel elements of *Guadua amplexifolia* bamboo

XU Jin-mei¹, ZHAO Rong-jun¹, LÜ Jian-xiong¹, FEI Ben-hua²

(1. Research Institute of Wood Industry, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. International Center for Bamboo and Ratten, Beijing 100102, China)

Abstract: To determine variation in fiber and vessel elements with respect to positions along the longitudinal direction (bottom, middle, and top of the culm) and the radial direction (from the inner part to the outer part of the culm wall) of *Guadua amplexifolia*, the length and width of fiber and vessel elements were measured. Results showed that fiber and vessel elements were varying in length from 1 738 to 2 764 μm and from 383 to 526 μm, in width from 13 to 20 μm and from 99 to 288 μm, and in ratios of length to width from 91 to 211 and from 1.3 to 4.4. For the culm, fiber length and ratio of length to width were in the order: bottom < middle < top, but fiber width was reversed (bottom > middle > top). In the radial direction, fiber length and ratio of length to width increased first and then decreased gradually. Fiber width in the bottom and middle of the culm did not vary, whereas in the top of the culm it was higher for the inner and outer parts. In the longitudinal direction, there was no variation in vessel element length; for vessel element width, the bottom, compared to the middle and top, was higher even if there was no variation between the middle and top, but for the length to width ratio, the reverse was true. In the radial direction, there was no variation for vessel element length, the width of the vessel elements decreased, and there was no variation for the length to width ratio of vessel elements from the inner to the middle part; however, there was an increase from the middle to the outer part of the culm wall. [Ch, 6 fig. 2 tab. 14 ref.]

Key words: woody science; bamboo properties; fiber; vessel element; variation

收稿日期: 2009-08-25; 修回日期: 2009-09-24

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD19B04)

作者简介: 徐金梅, 博士研究生, 从事竹材性质研究。E-mail: xujinmei008@126.com。通信作者: 赵荣军, 副研究员, 从事木竹材性质研究。E-mail: rongjun@caf.ac.cn

实心瓜多竹 *Guadua amplexifolia* 隶属于瓜多竹属 *Guadua*, 丛生, 是南美洲主要栽培竹种之一, 广泛分布于哥伦比亚、厄瓜多尔、巴西、阿根廷等国, 竹材基部实心, 高 25 m, 径 15 cm 左右, 是较好的建筑用原料, 耐短期 0 ℃低温, 适应中国热带、南亚热带或中亚热带与南亚热带过渡区的气候条件^[1]。中国于 2002 年从厄瓜多尔引进了此竹种, 在福建、广东、广西等地栽植, 生长情况良好。实心瓜多竹维管束类型自竹壁内壁到外壁由开放型逐渐转变为半开放型; 竹秆高度方向上未见变化^[2]。竹纤维是竹材的主要厚壁细胞, 存在于维管束鞘中^[3], 细长, 两端渐尖, 有时在端部出现分叉, 腔径较小, 胞壁较厚, 壁上有少而小的单纹孔和节状加厚^[4]。影响纤维变异的因素有竹种、竹秆部位、竹龄^[5]和立地条件、造林方式^[6-7]及海拔高度^[8]等。导管是由一连串轴向细胞末端与末端相连的导管分子构成的管状组织, 是竹子生长所需养料和水分传输的主要通道, 在竹材加工处理中也是液体渗透的通道。导管占竹材组织比例的 5% ~ 8%, 横切面上靠近竹皮处的导管很小, 竹壁中间和靠近内壁较大^[9]。实心瓜多竹为引种竹, 目前国内还未见其解剖构造方面的研究报道。笔者以实心瓜多竹为研究对象, 分析了竹秆不同高度和竹壁径向方向的纤维和导管形态, 旨在揭示实心瓜多竹纤维和导管形态的变异规律, 为该引种竹的加工利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实心瓜多竹竹材于 2006 年 10 月采集于福建华安竹种园。该竹种为引种竹, 采样时仅有 1 年生和 2 年生竹, 因此选择胸径一致, 竹秆通直, 无虫害 2 年生竹作为样竹, 自距地面 50 cm 高处锯倒。为便于运输, 将竹秆锯为约 2 m 一段, 但保证完整的节间, 运回实验室气干后, 按基部、中部、梢部原理取样^[9]。本研究选取 3 株样竹为研究对象, 在竹株第 3 节(基部)、第 10 节(中部)、第 16 节(梢部)的节间中部取 2 个尺寸为 20 mm(纵向) × 10 mm(弦向) × t (竹壁厚)的竹块, 之后用锋利刀片将 1 块竹块从竹壁内壁到外壁依次切取厚约 1 mm 的竹片, 劈成火柴棒大小后装入 10 mL 的试管中, 贴上标签, 采用冰醋酸-双氧水离析法进行纤维离析。各个竹块所取试样的个数因其竹壁厚度而异。

1.2 方法

将离析后的纤维制成临时玻片, 用计算机显微图像电脑分析系统(Olympus, VM-60N, Japan)测量纤维和导管分子的长度和宽度。测定方法按造纸纤维长度的测定标准(GB/T 10336-2002)进行。纤维长度随机测定 80 根纤维后取平均值, 纤维宽度随机测定 50 根纤维后取平均值, 导管分子的长度和宽度随机测定 15 个后取平均值。

2 结果与分析

2.1 纤维形态参数及变异规律

表 1 列出了 2 年生实心瓜多竹竹材基部、中部和梢部节间中部处的纤维长度、宽度和长宽比值。由表中可知, 实心瓜多竹纤维长度分布范围为 1 738 ~ 2 764 μm, 宽度为 13 ~ 20 μm, 长宽比为 91 ~ 211。马灵飞等^[10-11]对 10 属 41 种 2 ~ 3 年生丛生竹竹材纤维形态测定结果为, 纤维长度为 1 880 ~ 3 040 μm, 纤维宽度为 12 ~ 21 μm, 长宽比为 101 ~ 210。张静文等^[12]对刚竹属 34 种 2 ~ 3 年生散生竹竹材的纤维形态测定结果为, 纤维长度为 1 545 ~ 2 119 μm, 宽度为 12 ~ 18 μm, 长宽比为 96 ~ 150。可见, 与中国乡土丛生竹相比, 实心瓜多竹的纤维长度、宽度和长宽比均在丛生竹的范围之内; 与散生竹相比, 纤维长度和长宽比均大于中国的散生竹。

图 1 ~ 3 为实心瓜多竹纤维长度、宽度和长宽比的径向和纵向变化趋势。从图 1 可见, 纵向上, 竹秆基部的纤维长度小于中部, 中部小于梢部。径向上, 靠近竹壁内壁处纤维长度最小, 之后逐渐增大, 在靠近外壁处时略有减小, 与李正理等^[13]对毛竹 *Phyllostachy pubescens* 和魏学智等^[14]对广西产 4 种竹材的研究结果基本一致。从图 2 可见, 纵向上, 竹秆基部的纤维宽度大于中部, 中部略大于梢部。径向上, 除靠近竹壁外壁处纤维宽度有一定的减小, 基部和中部处无明显的变化趋势; 梢部处在竹壁中部的纤维宽度明显大于靠近外壁处和靠近内壁处。从图 3 可见, 纵向上, 竹秆基部的纤维长宽

表 1 不同部位纤维长度、宽度和长宽比

Table 1 Length, width and length to width of fiber in different parts of culm

距竹壁内壁 距离/mm	基 部			中 部			梢 部		
	长度/ μm	宽度/ μm	长宽比	长度/ μm	宽度/ μm	长宽比	长度/ μm	宽度/ μm	长宽比
1	1 738.5	19.0	91.5	1 794.0	16.0	112.3	2 084.1	13.1	159.6
2	1 800.0	18.2	98.7	1 817.4	16.0	113.5	2 328.6	15.7	148.2
3	1 667.2	17.4	95.6	1 831.3	15.6	117.3	2 410.2	16.1	149.6
4	1 878.3	19.5	96.6	1 972.1	16.6	118.5	2 734.2	14.7	186.0
5	1 914.8	20.0	95.9	2 241.7	17.1	130.8	2 764.9	13.1	211.9
6	1 941.9	18.1	107.2	2 212.0	16.4	135.0			
7	2 105.1	18.0	117.2	2 058.6	15.8	130.1			
8	2 157.0	19.2	112.3						
9	2 250.8	17.4	129.5						
10	1 627.0	15.0	108.4						
平均值	1 908.0	18.2	105.3	1 989.6	16.2	122.5	2 464.4	14.5	171.1

比小于中部，中部小于梢部。径向上，从竹壁内壁到竹壁厚度 $2/3$ 处缓慢增加，之后有减小的趋势；在梢部，靠近竹壁内壁处无明显变化，但从竹壁中部到外壁处大幅增加。

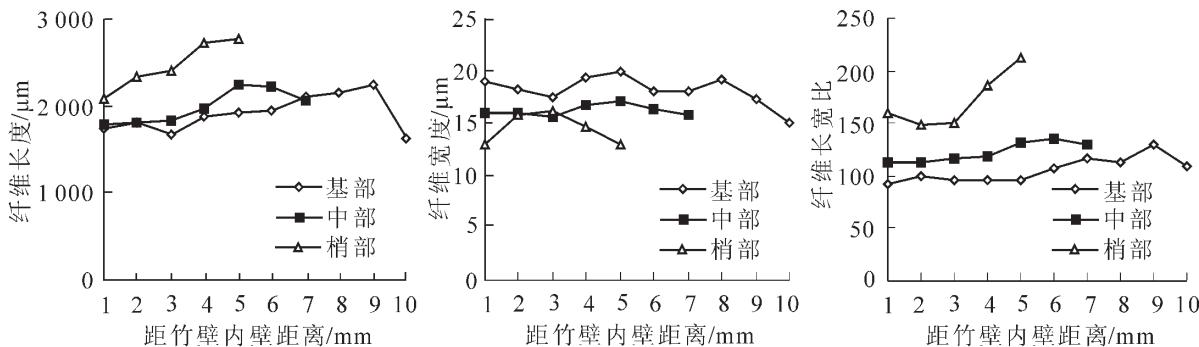


图 1 不同高度处纤维长度的径向变化

Figure 1 Radial variation of fiber length at different heights

图 2 不同高度处纤维宽度的径向变化

Figure 2 Variation of fiber width at different heights

图 3 纤维长宽比在不同高度处的径向变化

Figure 3 Radial variation of the ratio of length to width of fiber at different heights

2.2 导管分子形态参数及其变异规律

表 2 列出了 2 年生竹秆基部、中部和梢部节间处的导管分子长度、宽度和长宽比值。由表 2 可知，实心瓜多竹导管分子长度分布为 $383 \sim 526 \mu\text{m}$ ，宽度为 $99 \sim 288 \mu\text{m}$ ，长宽比为 $1.3 \sim 4.4$ 。王朝辉^[9]对 1 ~ 4 年生毛竹导管分子形态测定结果为，长度为 $500 \sim 1 000 \mu\text{m}$ ，宽度为 $100 \sim 200 \mu\text{m}$ ，长宽比为 $3 \sim 8$ ；早园竹 *Phyllostachys platyglossa* 导管分子长度为 $400 \sim 600 \mu\text{m}$ ，宽度为 $110 \sim 150 \mu\text{m}$ 。可见，实心瓜多竹导管分子长度、宽度和长宽比均小于我国散生毛竹，与丛生早园竹相差不大。

图 4 ~ 6 分别示出了导管分子长度、宽度和长宽比的径向和纵向变化趋势。从图 4 可见，无论在纵向还是径向上，导管分子长度无明显的变化规律。王朝辉^[9]对毛竹导管分子的研究认为由基部向上导管分子长度增加，在中上部达最大，而后下降；毛竹导管分子长度由竹壁内壁到外壁逐渐增大。从图 5 可见，纵向上，竹秆基部的导管分子宽度明显大于中部和梢部，而中部和梢部之间无明显差异。径向上，从竹壁内壁到外壁均有明显的降低趋势。从图 6 可见，纵向上，竹秆基部的导管分子长宽比

表2 不同部位导管分子长度、宽度和长宽比

Table 2 Length, width and length to width of vessel in different parts of culm

距竹壁内壁 距离/mm	基部			中部			梢部		
	长度/ μm	宽度/ μm	长宽比	长度/ μm	宽度/ μm	长宽比	长度/ μm	宽度/ μm	长宽比
1	461.6	238.7	1.9	462.1	229.4	2.0	512.5	217.5	2.4
2	383.0	288.9	1.3	457.6	245.0	1.9	480.9	226.9	2.1
3	457.6	275.0	1.7	475.2	218.7	2.2	469.7	202.5	2.3
4	485.2	274.3	1.8	466.7	190.6	2.5	469.0	191.5	2.5
5	492.2	246.4	2.0	470.1	183.2	2.6	475.5	135.8	3.5
6	458.3	246.7	1.9	443.0	133.5	3.3			
7	421.2	230.6	1.8	425.2	102.5	4.2			
8	431.4	201.7	2.1						
9	526.6	154.7	3.4						
10	435.1	99.8	4.4						
平均值	455.2	225.7	2.2	457.1	186.1	2.6	481.5	194.8	2.6

明显小于中部和梢部，而中部和梢部之间无明显差异。径向上，从竹壁内壁到竹壁中部处无明显变化趋势，但自竹壁中部到外壁处增加的趋势很明显。总体上看，导管分子宽度与长宽比的变化规律相反。

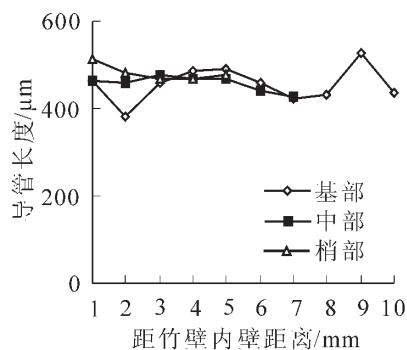


图4 不同高度处导管分子长度的径向变化

Figure 4 Radial variation of vessel length at different heights

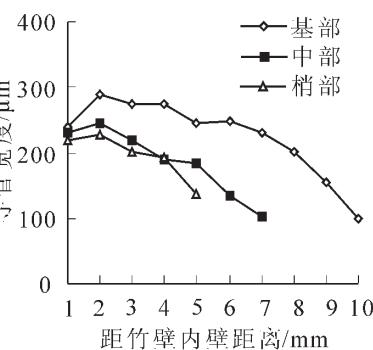


图5 不同高度处导管分子宽度的径向变化

Figure 5 Radial variation of vessel width at different heights

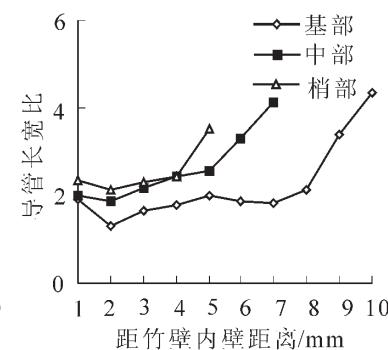


图6 不同高度处导管分子长宽比的径向变异

Figure 6 Radial variation of ratio of length to width of vessel at different heights

3 结论

实心瓜多竹纤维长度分布范围为1 738~2 764 μm ，宽度范围为13~20 μm ，长宽比为91~211。导管分子长度分布范围为383~526 μm ，宽度范围为99~288 μm ，长宽比为1.3~4.4。

在纵向上，纤维长度和长宽比在竹秆基部的小于中部，中部小于梢部，纤维宽度与长度和长宽比变化规律相反。径向上，纤维长度和长宽比从竹壁内壁到竹壁厚度2/3处缓慢增加，之后有减小的趋势；纤维宽度在基部和中部处无明显的径向变化趋势，而在梢部，竹壁中部的纤维宽度明显大于靠近外壁处和靠近竹壁内壁处。

在纵向上，导管分子长度无明显的变化规律；宽度在基部大于中部和梢部，中部和梢部之间无明显差异；长宽比变化规律与宽度相反。径向上，长度无明显的变化规律；宽度从竹壁内壁到外壁均有明显的降低趋势；长宽比从竹壁内壁到竹壁中部处无明显变化趋势，但自竹壁中部到外壁处增加的趋势较明显。

致谢：福建华安竹种园邹跃国工程师在本研究野外采样中给予了大力支持和帮助。

参考文献：

- [1] 邹跃国. *Guadua amplexifolia* 适生性和幼林结构调控技术[J]. 竹子研究汇刊, 2007, 5 (3): 18 – 21.
ZOU Yueguo. A study on the change pattern of young stands structure of *Guadua amplexifolia* [J]. *J Bamboo Res*, 2007, 5 (3): 18 – 21.
- [2] 徐金梅. 实心瓜多竹材性及其变异规律的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008: 37 – 38.
XU Jinmei. *Study on Bamboo Properties and Variation of Guadua amplexifolia* [D]. Beijing: The Chinese Academy of Forestry, 2008: 37 – 38.
- [3] 周芳纯. 竹材的构造[J]. 竹类研究, 1998 (1): 178 – 194.
ZHOU Fangchun. Structure of bamboo culms [J]. *Bamboo Res*, 1998 (1): 178 – 194.
- [4] 徐有明, 郝培应, 刘清平. 竹材性质及其资源利用的研究进展[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31 (5): 70 – 77.
XU Youming, HAO Peiying, LIU Qingping. Advances of bamboo properties and their resources exploitation and utilization[J]. *J Northeast For Univ*, 2003, 31 (5): 70 – 77.
- [5] 马灵飞, 马乃训. 毛竹材材性变异的研究[J]. 林业科学, 1999, 33 (4): 356 – 364.
MA Lingfei, MA Naixun. Study on variation in bamboo wood properties of *Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens* [J]. *Sci Silv Sin*, 1999, 33 (4): 356 – 364.
- [6] 林金国, 许胜, 董建文, 等. 麻竹材纤维形态变异规律的研究[J]. 经济林研究, 1999, 17 (3): 29 – 31.
LIN Jinguo, XU Sheng, DONG Jianwen, et al. Variation of fiber morphology of *Dendrocalamus latiflorus* munro bamboo [J]. *Econ For Res*, 1999, 17 (3): 29 – 31.
- [7] 黄宗安, 林敏, 涂美娇. 石竹材纤维形态变异规律的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2003, 22 (2): 55 – 58.
HUANG Zhongan, LIN Min, TU Meijiao. Study on the law of variation in fiber morphology of *Phylostachys nuda* culm-wood [J]. *J Bamboo Res*, 2003, 22 (2): 55 – 58.
- [8] 林金国, 林应钦, 赖根明, 等. 方竹材纤维形态变异规律的研究[J]. 江西农业大学学报, 2004, 26 (1): 56 – 58.
LIN Jinguo, LIN Yingqin, LAI Genming, et al. A study on the law of variation in fiber morphology of *Chimonobambusa quadrangulavis* culm-wood [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2004, 26 (1): 56 – 58.
- [9] 王朝晖. 竹材材性变异规律与加工利用研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2001.
WANG Zhaohui. *The Study on Variability in Bamboo Timber Properties and Relationship with Its Processing* [D]. Beijing: The Chinese Academy of Forestry, 2001: 76 – 86.
- [10] 马灵飞, 韩红, 马乃训, 等. 丛生竹材纤维形态及主要理化性能[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11 (3): 274 – 280.
MA Lingfei, HAN Hong, MA Naixun, et al. Fiber morphology of some clustered bamboo wood and main properties of physics and chemistry [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1994, 11 (3): 274 – 280.
- [11] 马灵飞, 朱丽青. 浙江省 6 种丛生竹纤维形态及其组织比量的研究[J]. 浙江林学院学报, 1990, 7 (1): 63 – 68.
MA Lingfei, ZHU Liqing. Fibre forms and tissue percentage of six species of sympodial bamboos in Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 1990, 7 (1): 63 – 68.
- [12] 张静文, 王华忠, 马乃训, 等. 刚竹属部分竹材纤维形态与主要理化性状[J]. 林业科学研究, 1995, 8 (1): 54 – 61.
ZHANG Jingwen, WANG Huazhong, MA Naixun, et al. Fibre morphology and main physical and chemical properties of some bamboo wood of *Phyllostachys* [J]. *For Res*, 1995, 8 (1): 54 – 61.
- [13] 李正理, 靳紫宸, 腰希申. 几种国产竹材的比较解剖观察[J]. 植物学报, 1960, 9 (1): 85 – 121.
LI Zhengli, JIN Zichen, YAO Xisheng. The anatomy of several Chinese bamboo culms [J]. *Acta Bot Sin*, 1960, 9 (1): 85 – 121.
- [14] 魏学智. 4 种竹材维管束和薄壁组织的比较解剖研究[J]. 山西师大学报, 1999, 13 (2): 44 – 47.
WEI Xuezhi. The comparative study of four bamboo vascular and parenchyma tissue [J]. *J Shanxi Teach Univ*, 1999, 13 (2): 44 – 47.