

## 大木竹秆形结构的研究\*

苏文会<sup>1</sup>, 顾小平<sup>1\*\*</sup>, 岳晋军<sup>1</sup>, 吴晓丽<sup>1</sup>, 朱如云<sup>2</sup>, 林开搜<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 浙江省平阳县林业局, 浙江 平阳 325400)

**摘要:** 调查了浙江南部大木竹的秆形状况, 包括秆高、鲜秆质量、尖削度、竹壁厚和节间长等一系列指标。以毛竹为参比竹种, 对数据进行统计分析并拟合曲线, 结果发现: 相同胸径下, 大木竹的全高大于毛竹; 尖削度较毛竹略小; 壁厚随竹秆高度增大而减小的速率比毛竹快; 拟合大木竹鲜秆质量-胸径的幂函数方程为:  $M = 0.2327 (DBH)^{2.1899}$ , 与毛竹相比, 同样胸径的大木竹鲜秆质量比毛竹大; 大木竹的节间长度随高度的变化趋势呈二次曲线, 在胸径为 4~11 cm 范围内, 节位数 10~15 处的节间长度最大, 可达 50~65 cm。

**关键词:** 大木竹; 秆形; 尖削度; 壁厚

**中图分类号:** S795 **文献标识码:** A

### Study on the Structure of Culm Form of *Bambusa wenchouensis*

SU Wen-hui<sup>1</sup>, GU Xiao-ping<sup>1</sup>, YUE Jin-jun<sup>1</sup>, WU Xiao-li<sup>1</sup>, ZHU Ru-yun<sup>2</sup>, LIN Kai-sou<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Forestry Bureau of Pingyang County, Zhejiang Province, Pingyang 325400, Zhejiang, China)

**Abstract:** The structure of culm form of *Bambusa wenchouensis* was studied, including culm height, culm weight, culm taper, wall thickness and internodal length etc. Compared with moso bamboo, the research results showed that if their breast diameter (D) were equal, *B. wenchouensis* had a higher stem, weightier culm, a little smaller taper and thicker wall, although its wall thickness decreased more quickly than moso bamboo as culm height increases. The best structural model of fresh culm weight (M) was  $M = 0.2327 (DBH)^{2.1899}$ , and the relation between its internodal length and culm height could be distributed with conic. When the breast diameter ranges from 4 to 11 cm, internodal length could reach the maximum of 50~65 cm as the node was 10~15.

**Key words:** *Bambusa wenchouensis*; culm form; taper; wall thickness

近年来,随着农村经济体制改革的深化和产品市场的开放,竹产业发展迅速,尤其是竹板材加工和竹浆造纸等竹材利用呈现出欣欣向荣的局面,这一发展势头迫切需要培育稳定、高产的竹林作为原料基地。纵观我国竹材的开发与利用,人们所关注的仍仅局限于毛竹(*Phyllostachys heterocycla* Oliv. var.

*pubescens* (Mazel.) Ohwi.)等少数竹种,许多材性优良的高产丛生竹种因乏于利用而逐渐衰亡。就毛竹而言,良好培育条件下的丰产林,年产量也只有 20 t·hm<sup>-2</sup>左右,很难满足工业化加工的需求。大木竹(*Bambusa wenchouensis* (Wen) Q. H. Dai)又名毛单竹、王竹、九层脑和赤竹,是浙闽地区自然分布

收稿日期: 2005-02-03

基金项目: 浙江省科技厅重点资助项目(011034)的部分内容

作者简介: 苏文会, (1976—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生。

\* 本研究中试样的采集由浙江省平阳县南湖乡林业站协助完成, 特此致谢!

\*\* 通讯作者

的丛生竹种。一般竹株胸径8~10 cm,竹壁厚,材质坚韧,据报道,普通经营水平下的林分,年产秆材 $60 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,高的可达 $70 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[1,2]</sup>,是一优良的高产竹种。

在竹材加工业中,秆形向来是评价竹种材性优劣的重要指标之一。早在上世纪70年代,周芳纯等<sup>[3]</sup>就对毛竹的秆形作了深入研究。大木竹分布区地处丛生竹北缘,又具高产、壁厚等优点,但由于各种原因,至今人们对它的利用和研究还很少<sup>[1,2,4~6]</sup>,对其秆形结构方面的分析未见报道。本文对大木竹的秆高、鲜秆质量、尖削度、竹壁厚和节间长等秆形指标进行了分析,并同毛竹比较,旨在为大木竹的开发利用和相关研究提供参考数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 测定材料

大木竹采自浙江平阳县南湖乡,该地区属中亚热带季风气候,年平均气温 $17 \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,年降水量 $1600 \text{ mm}$ 以上;竹林自然生长,无人为经营,立地条件为缓坡地,微酸性红壤土。取胸径 $4 \sim 11 \text{ cm}$ 、生长良好的3年生竹株56株作为检测试样。部分指标的参比竹种毛竹,取自浙江富阳,立地条件与大木竹相似。

### 1.2 测定方法

将试验竹株齐地砍倒,测胸径、全高,并参考“毛竹林的调查方法”<sup>[7]</sup>,去枝叶后,取胸径的 $2/5$ 为用材竹小头直径,去掉小头(梢部),剩余部分长度为秆高(用材长)。数节数、测节间长,然后将秆5等分,自基部开始编号为1、2、3、4、5,称为相对高度。测量各段基部处围径、壁厚,并分别对各段称质量。参比竹种毛竹的测定方法同上。

### 1.3 数据统计方法

所测数据输入计算机进行统计模拟,方法采用莫惠栋<sup>[8]</sup>、汪锡孝<sup>[9]</sup>和DPS数据统计软件<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 大木竹高度与胸径的关系

2.1.1 全高-胸径的关系 对大木竹全高(H全)-胸径(DBH)的关系用直线、幂函数和多项式方程进行拟合,发现3种曲线的拟合效果差异不大,均达显著水平。为便于指导生产,本文选择直线和幂函数曲线,拟合结果如下( $y$ —H全,  $x$ —DBH)。

直线方程:  $y = 3.5153 + 1.4008x, P = 0.0000, R = 0.9136$

幂函数方程:  $y = 3.1674x^{0.7399}, P = 0.0000, R = 0.9162$ 。

周芳纯先生曾就毛竹的全高与胸径关系作了详细调查,并分别对不同产地的毛竹拟合了模型<sup>[3]</sup>。本文取其中培育较好的大茅山毛竹作为参比对象,将大木竹全高-胸径的幂函数曲线与毛竹的相应曲线进行比较,结果如图1。

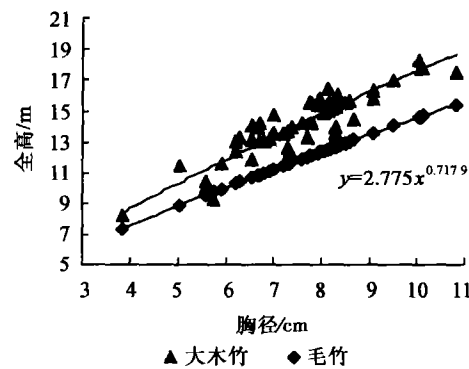


图1 大木竹、毛竹全高随胸径的变化

图中  $y = 2.775x^{0.7179}$  是周芳纯测定的大茅山毛竹的全高-胸径幂函数拟合方程。可以看出,相同胸径的大木竹全高比毛竹要大,在胸径为 $4.0 \sim 11.0 \text{ cm}$ 的范围内,大木竹比毛竹大约可高出 $1.8 \sim 2.2 \text{ m}$ 。

2.1.2 秆高-胸径的关系 本文对大木竹秆高(H)-胸径(DBH)的关系用直线、幂函数和多项式进行了模拟,发现3种方法拟合效果均较好。为便于生产运用,选择最为简单的直线模型( $y$ —H,  $x$ —DBH):  $y = 2.1788 + 1.1587x, P = 0.0000, R = 0.8944$ 。

### 2.2 大木竹鲜秆质量与胸径的关系

为了估算产量,人们研究了秆质量-胸径的关系,并建立了一元材积表。本文根据大木竹鲜秆质量(M)-胸径(DBH)关系的散点图,用直线、幂函数、多项式和 Logistic 方程进行拟合,根据拟合效果,选择幂函数方程( $y$ —M,  $x$ —DBH):  $y = 0.2327x^{2.1899}, P = 0.0000, R = 0.9751$ 。

为了更好地说明大木竹的秆质量状况,仍以周芳纯先生测定的大茅山毛竹<sup>[3]</sup>为参比,大木竹鲜秆质量-胸径的幂函数回归曲线与毛竹的相应方程如图2。

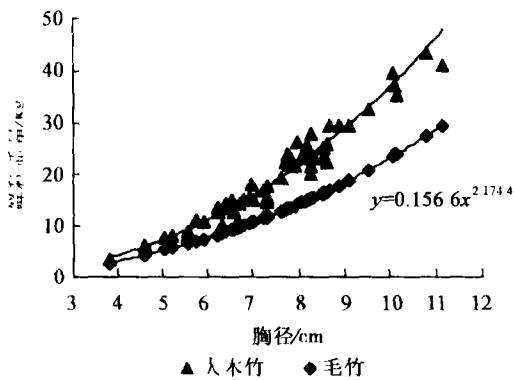


图2 大木竹、毛竹鲜秆质量随胸径的变化

式中  $y = 0.1566x^{2.1744}$  是毛竹的鲜秆质量 - 胸径的幂函数方程。由图2可以直观看出, 相同胸径下的大木竹鲜秆质量比毛竹要大, 且随着胸径的增大, 这种差异变得愈加明显。如果测量出立竹胸径, 由此回归方程可直接求得竹秆的鲜质量。

### 2.3 大木竹竹秆的尖削度

本研究以地径为标准, 将其它高度处的秆径与地径之比称为相对直径, 相对直径随相对高度的变化曲线反映了竹子尖削度的大小。分别根据大木竹和毛竹相对直径( $y$ ) - 相对高度( $x$ )的散点图, 用直线、Logistic 和二次曲线进行拟合, 根据拟合效果及生产上运用方便的原则, 最终选择直线和二次曲线模型, 拟合方程与检验结果如下。

直线回归方程

$$\text{大木竹: } y = 1.1326 - 0.0933x, P = 0.0090, R = 0.9616$$

$$\text{毛竹: } y = 1.1334 - 0.1016x, P = 0.0028, R = 0.9825;$$

二次曲线回归方程

$$\text{大木竹: } y = 0.9775 + 0.0396x - 0.0222x^2, P = 0.0024, R = 0.9988$$

$$\text{毛竹: } y = 1.0194 - 0.0039x - 0.01629x^2, P = 0.0000, R = 1.0000$$

分析结果表明, 大木竹与毛竹的直线和二次曲线4个拟合方程均达极显著水平。为了更直观地反映出大木竹与毛竹尖削度的差异, 分别对以上两者的二次多项式拟合曲线作图(图3)。

由回归方程和图3可得到:(1)大木竹相对直径随相对高度的变化曲线较毛竹平缓, 即大木竹的尖削度较毛竹小;(2)如果知道大木竹的地径  $D$  和秆高  $H$ , 就可以求出任意高度  $h$  处秆的直径。具体推导方法如下: 首先计算任意高度  $h$  处

的相对高度  $x, x = h/H \times 5 + 1$ , 然后将相对高度  $x$  代入直线或二次曲线方程得到相对直径  $y$ , 则任意高度  $h$  处秆的直径为  $yD$ 。

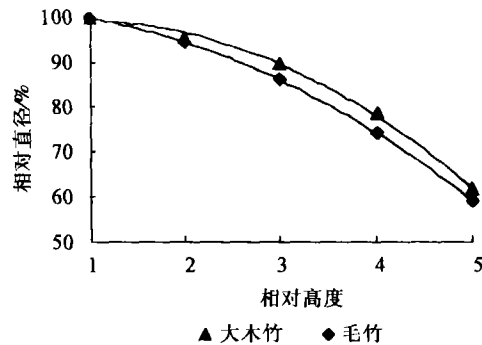


图3 大木竹、毛竹秆直径随高度的变化

### 2.4 大木竹壁厚随高度的变化

竹类植物秆的直径自基部随高度增加而逐渐减小, 竹壁厚度同样也有这一趋势。仍以秆基部的壁厚为标准, 其它高度处壁厚跟其比值作为相对壁厚, 分别用直线、双曲线、Logistic 方程和多项式拟合大木竹与毛竹的相对壁厚( $y$ ) - 相对高度( $x$ )的关系, 发现双曲线的拟合效果最好。为便于生产操作, 本文选择直线和双曲线方程, 结果如下:

直线方程

$$\text{大木竹: } y = 1.0434 - 0.1691x, R = 0.9338, P = 0.0203$$

$$\text{毛竹: } y = 1.0579 - 0.1119x, R = 0.9706, P = 0.0060$$

双曲线方程

$$\text{大木竹: } y = 0.1341 + 0.8799/x, R = 0.9966, P = 0.0002$$

$$\text{毛竹: } y = 0.4735 + 0.5446/x, R = 0.9691, P = 0.0065$$

由分析结果看出, 对于大木竹, 双曲线的拟合效果比直线要好, 但直线方程简单, 计算方便,  $F$  检验结果达显著水平, 所以在生产上可以参考使用。两竹种壁厚变化规律的双曲线方程见图4。

由图4和回归方程可得:(1)大木竹秆相对壁厚随相对高度的变化较毛竹快, 拟合的直线方程斜率大, 即壁厚随竹秆高度增加而减小的速度快, 但在实际调查中发现, 相同胸径的大木竹和毛竹, 在等高度处, 大木竹的实际壁厚比毛竹要大;(2)如果测出大木竹地径处的壁厚和秆高, 就可求得任意高度处的壁厚, 具体计算方法同2.3节中任意高度处竹秆直径的求法。

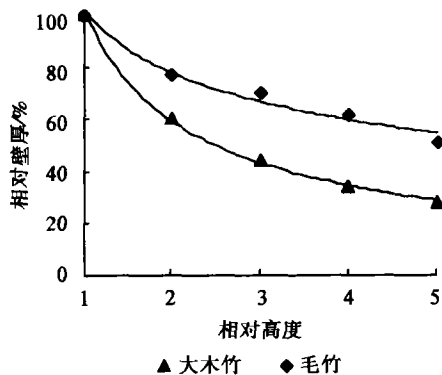


图4 大木竹、毛竹壁厚随高度的变化

## 2.5 大木竹的竹节变化规律

对竹材进行加工利用时,节间长短会影响到材料加工的难易、产品力学性能和美观程度。

**2.5.1 大木竹节间长度的变化规律** 从秆基开始,将节编号为1、2、3……称为节位数<sup>[3]</sup>,任一节间实际长度跟胸高处节间长的比值称为相对节间长,此值随节位数的变化反映了竹种节间长的变化状况。大木竹秆自基部至秆梢,节间长度的变化趋势如图5所示。可以看出,大木竹在节位数10~15处的节间长度最大。在胸径为4~11 cm的范围内,大木竹最长节间的实际测定值达50~65 cm。相对节间长度 $y$ 随节位数 $x$ 的变化趋势呈二次曲线,模拟回归方程: $y = 68.5114 + 9.4355x - 0.3414x^2$ ,  $R = 0.9838$ ,  $P = 0.0000$ 。在实际运用时,测量出立竹胸高处的节间长,根据此回归方程,就可求算任一节间的实际长度。

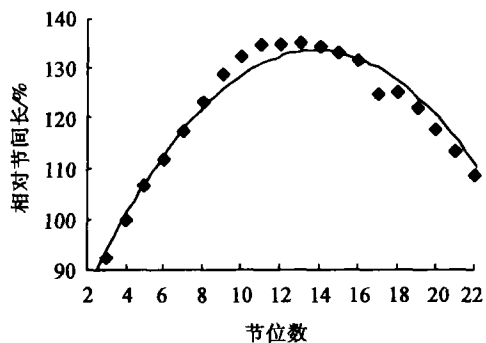


图5 大木竹节间长随高度的变化

**2.5.2 节数与胸径的关系** 一定胸径下,竹株的节数反映了该竹节的疏密,求出节数-胸径回归方程就可以了解某一竹种竹节的疏密状况。根据大木竹秆部节数-胸径的散点图,用直线、多项式和幂函数拟合节数随胸径的变化趋势,结果表明,节数( $N$ )-胸径( $DBH$ )的各模型拟合程度均达显著水平,鉴于

模型指导生产的实用性,本文选择直线方程( $y - N$ ,  $x - DBH$ ):

$$y = 4.8851 + 2.5549x, R = 0.9229, P = 0.0000$$

由拟合方程可看出,大木竹秆的节数与胸径呈正相关;测出大木竹立竹的胸径,代入方程就可求出秆的节数;将大木竹的节数-胸径曲线与其它竹种的相应曲线进行比较,就可以知道两竹种间节疏密的差异。

## 3 结论与建议

通过分析浙江南部大木竹的秆形结构,并与广泛利用的材用竹毛竹作比较,发现:(1)在相同胸径下,大木竹的全高、鲜秆质量均大于毛竹,在4.0~11.0 cm的胸径范围内,可比毛竹高2.0 m左右,鲜秆质量大2~15 kg;(2)竹秆尖削度较毛竹小,竹壁厚随秆高增大而减小的速度较毛竹快,但同胸径下,同高度处的绝对壁厚值,大木竹仍比毛竹要大;(3)大木竹竹秆通直,节间较长,最长节间可达50~65 cm。所以,从秆形结构看,作为材用原料,大木竹不亚于毛竹,甚至优于毛竹。另外,从生物量的大小讲,大木竹年产秆材可为毛竹等竹种的2~3倍,这无论对竹农还是竹材加工企业都是极为有利的。

## 参考文献:

- [1] 潘孝政. 大木竹及其栽培[J]. 竹子研究汇刊, 1993, 12(3): 70~74
- [2] 林景献. 大木竹的生长与营林技术调查[J]. 竹子研究汇刊, 1984, 3(2): 92~100
- [3] 周芳纯. 毛竹秆形结构的研究[J]. 南京林产工业学院学报, 1981, (1): 16~69
- [4] 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
- [5] 马灵飞, 项利清, 汪贤洪. 浙江省6种丛生竹材物理力学性质的研究[J]. 竹类研究, 1989(4): 25~32
- [6] 苏文会, 顾小平, 马灵飞, 等. 大木竹纤维形态与组织比量的研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(3): 250~254
- [7] 吴富桢. 测树学实习指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 83~86
- [8] 莫惠栋. 农业试验统计(第二版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1991
- [9] 汪锡孝. 试验研究方法[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1988
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002