

车筒竹地上生物量分配格局及秆形特征

苏文会, 范少辉, 刘亚迪, 彭颖, 封焕英

(国际竹藤网络中心 国家林业局竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102)

摘要: 为评价大型丛生竹种车筒竹 *Bambusa sinospinosa* 作为板材原料的适宜性, 以毛竹 *Phyllostachys pubescens* 为参比竹种, 研究了车筒竹地上生物量分配格局及秆形特征。结果表明: 车筒竹地上各器官中, 竹秆的生物量比例最大, 占 72.7%, 其次为竹枝(15.9)和竹叶(11.4%); 秆形特征主要分析了胸径、秆高、秆质量、尖削度和竹壁厚等参数, 其中, 车筒竹全高(y/m)对胸径(x/cm)拟合的直线方程为 $y = 1.3456x + 1.7068 (R^2 = 0.9546, P = 0.0000)$ 。与毛竹相比, 在胸径小于 8 cm 时, 车筒竹全高比毛竹略小, 而随着胸径的增大, 全高逐渐大于毛竹; 车筒竹秆鲜质量(y/kg)对胸径(x/cm)拟合的幂函数曲线为 $y = 0.1382x^{2.4812} (R^2 = 0.9755, P = 0.0022)$, 大于相同胸径下的毛竹秆质量; 从秆径和壁厚在竹秆纵向部位的变化看, 车筒竹尖削度小于毛竹, 而壁厚变化则相对较快。综合分析来看, 车筒竹作为竹板材原料竹种具有较大的开发前景。图 5 表 3 参 21

关键词: 森林生态学; 车筒竹; 生物量分配格局; 秆形特征

中图分类号: S718.5 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)05-0735-06

Over-ground biomass distribution pattern and culm form characteristics of *Bambusa sinospinosa*

SU Wen-hui, FAN Shao-hui, LIU Ya-di, PENG Ying, FENG Huan-ying

(Key Laboratory of Bamboo and Rattan, International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: To evaluate the suitability for board-making of *Bambusa sinospinosa* which is one of the large sympodial bamboos, the biomass distribution pattern of organs over-ground and culm form characteristics of *Bambusa sinospinosa* were studied and compared with those of *Phyllostachys pubescens*. The results showed that among the organs over-ground, the culm biomass was 72.7%, much more than those of the branches (15.9%) and leaves (11.4%). The characteristic indexes of culm form included diameter at breast height (H_{DB}), culm height, culm weight, culm taper, wall thickness. The model of whole culm height(y, m) to $H_{DB}(x, cm)$ was $y = 1.3456x + 1.7068 (R^2 = 0.9546, P = 0.0000)$, and when culm was thin ($H_{DB} < 8 cm$), the whole culm height was a little smaller than that of *Ph. pubescens*, however, it was becoming higher as H_{DB} increased ($H_{DB} \geq 8 cm$). The model of fresh culm weight (y, kg) to $H_{DB}(x, cm)$ was $y = 0.1382x^{2.4812} (R^2 = 0.9755, P = 0.0022)$, and the culm weight was heavier than that of *Ph. pubescens* with the same H_{DB} . About the vertical change of culm diameter and wall thickness, the taper was smaller than that of *P. edulis*, but the thickness changed a little faster. Thus, *Bambusa sinospinosa* has a larger development prospects as raw materials. [Ch, 5 fig. 3 tab. 21 ref.]

Key words: forest ecology; *Bambusa sinospinosa*; biomass distribution pattern; culm form

中国竹资源丰富, 蓄积量大, 但当前对竹种的开发利用还比较单一, 尤其是板材加工多侧重于毛竹 *Phyllostachys pubescens* 等少数散生竹, 许多优良的丛生竹种未得到重视, 相关研究也较少^[1-2]。从资源量

收稿日期: 2010-11-19; 修回日期: 2011-05-10

基金项目: 国家林业局推广项目([2008]17,[2007]17); 国家林业公益性行业科研专项(201004005)

作者简介: 苏文会, 助理研究员, 从事竹林培育与生态学研究。E-mail: suwenhui1976@126.com。通信作者: 范少辉, 研究员, 博士, 博士生导师, 从事竹藤林培育与生态学研究。E-mail: fansh@icbr.ac.cn

来看, 丛生竹的优势更为明显^[2]。因此, 开展大型丛生竹生物量和秆材特性方面的研究, 对拓展丛生竹开发领域, 改善中国竹原料供应状况和资源利用结构具有重要现实意义。在竹材加工中, 生物量分配格局和秆形特征是重要的衡量指标, 其优劣决定了竹材利用率甚至加工方向。自20世纪70年代起, 周芳纯^[3]就对毛竹的秆形结构进行了深入系统的研究, 汪阳东^[4]分析了人工经营对毛竹秆形的影响; 丛生竹方面, 目前有大木竹 *Bambusa wenchouensis*^[5-6], 梁山慈竹 *Dendrocalamus farinosus*^[7], 料慈竹 *Bambusa distachya*^[8], 麻竹 *Dendrocalamus latiflorus*^[9], 硬头黄竹 *Bambusa rigida*^[10]和撑绿 *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamopsis*^[11], 撑麻 *Dendrocalamus latiflorus* 和杂交竹^[12]等生物量特性和秆形结构的相关研究, 为这些竹种的合理利用及丰产培育提供了理论基础。车筒竹 *Bambusa sinospinosa* 是分布于云南、广西和广东等省区的大型丛生竹^[13]。据文献记载^[14]和实地调查, 发现该竹种生物量大, 秆形好, 初步具备作板材原料的开发潜力。据此, 本研究对车筒竹地上生物量结构和秆形特征规律进行了系统研究, 并与材性优良的毛竹材作比较, 旨在评价此种丛生竹作为板材原料的可能性。

1 材料与方法

1.1 采样地概况

采样点位于广西壮族自治区南宁市近郊, 22°13'~23°32'N, 107°45'~108°51'E, 属于亚热带季风气候, 年平均气温为21.6℃, 极端最低气温为-2.1℃, 极端最高气温为40.4℃, 年均降水量为1304.2mm, 无霜期为344d, 平均日照时数为1614h。样地海拔高度为220~260m, 土壤为泥质砂岩发育的砖红壤性红壤土, 平均pH7.3, 有机质为18.2g·kg⁻¹, 全氮0.96g·kg⁻¹, 速效磷10.5mg·kg⁻¹, 交换性钙53.3mg·kg⁻¹, 交换性镁4.1mg·kg⁻¹, 交换性钾1.3mg·kg⁻¹, 交换性钠4.6mg·kg⁻¹, 盐基总量63.3mg·kg⁻¹, 质地为中壤土。林地为以竹为主的混交林, 除目标竹种车筒竹外, 还有撑篙竹 *Bambusa pervariabilis*, 粉单竹 *Bambusa chungii*, 青皮竹 *Bambusa textilis*, 籐竹 *Bambusa blumeana*, 云南巨竹 *Dendrocalamus yunnanicus* 等竹种, 自然生长, 基本无人为经营。

1.2 试验材料与分析方法

在面积约1hm²的试验林内, 随机选取车筒竹竹丛22丛, 共775秆, 每秆检尺, 调查胸径和年龄。根据立竹径级分布, 抽取生长良好、成熟可采伐的3年生样竹38株进行生物量分配格局调查, 其中选取25株作为秆形特征分析试材。各项目测试标准竹状况详见表1。

将选取的标准竹齐地砍倒, 测胸径, 剃下枝叶, 称其质量, 量竹株全高, 参考“毛竹林的调查方法”^[15], 取胸径的2/5为用材小头直径, 在该秆径处去掉小头(梢部), 剩余部分长度为秆高(用材长), 数节数, 测量节间长, 然后将秆5等分, 自基部开始编号为“-1, -2, -3, -4, -5”。测量各段基部处围径、壁厚, 并分别对各段称量。自38株样竹中, 选取5株作为含水率测试样竹, 每竹取枝、叶和各段基部处秆环300~350g, 带回实验室, 测定其含水率。方法参考木材工业标准汇编GB/T15780-1995《竹材物理力学性质测试方法》中的含水率的测定^[16]。

记录所测数据, 采用SPSS统计软件, 进行分析, 并拟合相关方程。

2 结果与分析

2.1 地上部分生物量的分配

2.1.1 地上各器官含水率及生物量的分配 由于结构和功能的差异, 植物各器官含水率通常也有较大差别, 同时, 含水率的大小一定程度上也反映了各器官干物质的积累程度。车筒竹地上部分的含水率状况见表2。可以看出, 各器官中, 叶片含水率最高, 达48.9%, 竹枝次之, 竹秆水分含量最低。关于生物量, 通常用绝干质量来衡量, 但鉴于竹子在采伐和销售中多以鲜质量计算, 所以, 本研究分别测定了目标竹种车筒竹秆、枝、叶鲜质量和绝干质量的比例关系(表2)。

表1 标准竹状况

Table 1 Selected samples in test

项目	株数/株	平均竹高/m	平均胸径/cm
含水率	5	16.3	10.6
生物量分配格局	38	18.5	12.2
秆形结构	25	18.1	11.9

从地上部分各器官生物量鲜质量来看，竹秆所占比例较大，达 70.7%，竹枝和竹叶比例较小，分别为 16.5% 和 12.8%。由于含水率的差异，生物量干质量在各器官中的分配比例有所变化，竹秆所占百分比进一步增大至 72.7%，而枝和叶的比例相应减小。

2.1.2 竹秆各段的含水率及生物量的分配
竹秆在不同高度处由于纤维束密度等指标的差异，含水率也有一定的变化，一般表现为从基部到梢部含水率有所降低^[17-19]。车筒竹竹秆从基部到梢部含水率由 45.6% 下降至 36.9%。竹类植物从秆基到秆梢，随高度的增大，竹秆直径和质量逐渐变小，秆各段生物量的分配从另一方面反映了竹种的秆形结构规律，对秆材的合理利用有一定指导意义。由表 3 中数据可以看出，无论是鲜质量还是干质量，从竹秆基部到梢部，竹秆质量都呈现出明显下降的趋势，其中鲜质量由基部（“-1”）的百分率为 35.7% 降低至最末端梢部处（“-5”）8.1%。

2.2 秆形特征

2.2.1 竹秆高度随胸径的变化 竹秆高度是竹子重要的秆形指标之一。对同一竹种而言，竹秆高度跟胸径有直接关系，胸径越大，则竹秆越高。在生产中，由于趋近梢头时秆的直径很小，多数情况下不能有效利用，竹子采伐后一般先去梢头，因此，本研究对车筒竹竹秆全高和去梢后的秆高分别进行了研究。
①全高随胸径的变化。胸径是竹类植物秆形中最基本、最重要、最易测的因子。研究它与其他秆形因子的关系，有助于快速准确掌握该竹的秆形特征。对车筒竹样竹的全高 (y/m) 随胸径 (x/cm) 的变化分别用线性、幂函数和多项式等方程进行拟合。根据拟合效果（相关系数 R ）及生产上应用方便的原则，选择拟合程度较好的直线方程： $y = 1.3456x + 1.7068$ ， $R^2 = 0.9546$ ， $P = 0.0000$ 。为更好地说明车筒竹的秆形状况，以周芳纯先生^[3]研究的经营程度较好的大茅山毛竹 *Phyllostachys pubescens* 为参比，对车筒竹全高一胸径方程和毛竹的相应曲线进行比较（图 1）。图 1 中， $y = 2.775x^{0.7179}$ 是毛竹的全高一胸径幂函数拟合方程，可看出，胸径在约 8 cm 以下的范围内，车筒竹全高比毛竹略小，而随着胸径的增大，竹秆全高逐渐大于毛竹的相应值，而且胸径越大，差异越明显。
②秆高随胸径的变化。于竹秆直径为胸径的 2/5 处去梢头^[15]，用线性、幂函数和多项式等拟合秆高 (y/m) 随胸径 (x/cm) 的变化曲线，发现幂函数方程 $y = 0.8984x^{1.1152}$ ($R^2 = 0.9544$ ， $P = 0.0009$) 拟合效果最好。根据该方程，通过测量立竹胸径，便可计算出车筒竹秆高，对生产中评价林分质量有一定指导意义。

2.2.2 秆鲜质量随胸径的变化 竹秆鲜质量与胸径的关系亦很密切。20 世纪 70 年代，有学者研究认为毛竹秆鲜质量与胸径的关系可表示为： $W = aD^b + c$ (a ， b ， c 为参数)；但也有人研究认为：竹秆鲜质量与胸径的关系用其他类曲线描述更准确些，如二次抛物线、对数曲线、直线或者其他曲线^[20]。本研究根据车筒竹竹秆鲜质量与胸径的散点图，分别用幂函数、抛物线、多项式进行拟合，最佳拟合方程为幂函数曲线： $y = 0.1382x^{2.4812}$ ， $R^2 = 0.9755$ ， $P = 0.0022$ （图 2）。仍与大茅山毛竹为参比，车筒竹、毛竹秆鲜质量随胸径的变化曲线如图 2。可以看出：相同胸径下，车筒竹秆鲜质量大于毛竹，且随着胸径的增大，这种差异愈明显。在生产中，运用该方程，可方便地估算出竹林的产材量。

2.2.3 竹秆直径随高度的变化(尖削度) 随竹秆高度的增加，直径逐渐减小，这一趋势称为“尖削度”。一般来说，竹材的尖削度越小，加工时利用率就越高。本研究将标准样竹竹秆 5 等分，从基部到梢部记为“1，2，3，4，5”，称为相对高度，同时，以地径为标准，将 5 段靠近秆基处的秆径与地径之比称为

表 2 地上部分各器官的含水率及生物量分配

Table 2 Moisture content and biomass distribution of over-ground organs

器官	含水率/%	生物量鲜质量比例/%	生物量干质量比例/%
秆	40.7	70.7	72.7
枝	44.5	16.5	15.9
叶	48.9	12.8	11.4
地上部分	-	100	100

表 3 竹秆各段的含水率及生物量分配

Table 3 Moisture content and biomass distribution of each part of the culm

部位	含水率/%	生物量鲜质量/%	生物量干质量/%
-1	45.6	35.7	33.9
-2	43.7	26.5	26.1
-3	41.5	16.4	16.8
-4	38.4	13.3	14.3
-5	36.9	8.1	8.9
合计		100	100

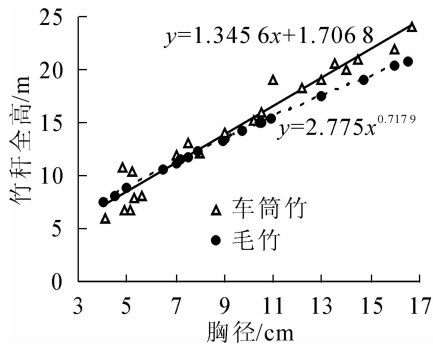


图1 车筒竹与毛竹全高随胸径的变化
Figure 1 Change of whole height with H_{DB} for *B. sinospinosa* and *Ph. pubescens*

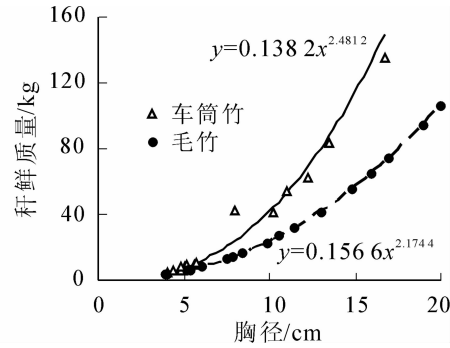


图2 车筒竹与毛竹鲜秆质量随胸径的变化
Figure 2 Change of culm fresh weight with H_{DB} for *B. sinospinosa* and *Ph. pubescens*

相对直径，相对直径随相对高度的变化曲线反映了竹种尖削度的大小。从图3中“直径随高度”的变化曲线可看出，车筒竹竹秆尖削度比毛竹为小，在竹材的加工利用中，具有一定的优势。

2.2.4 竹秆壁厚随高度的变化 竹壁的薄厚是秆形的重要指标，对竹材的加工方向和利用率有较大影响。另外，由于秆径从基部到梢部不断减小，竹秆壁厚随高度的增加也呈现出逐渐变薄的趋势，这一秆形特点也是竹材加工中需要考虑的重要内容，因此，掌握竹秆壁厚在竹秆纵向部位的变异规律，可为竹材加工提供理论依据。以秆基部的壁厚为基准，其他高度处壁厚跟其比值作为相对壁厚，车筒竹和大茅山毛竹的相对壁厚随相对高度的变化曲线见图4。从图4可看出，车筒竹壁厚随竹秆高度的变化较毛竹快。

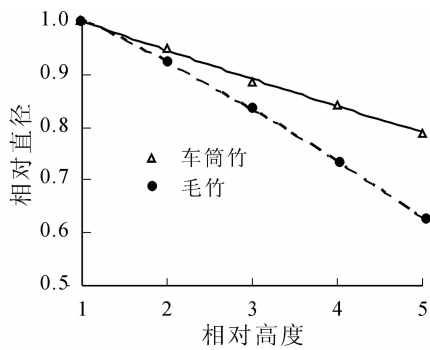


图3 车筒竹与毛竹竹秆直径随高度的变化
Figure 3 Change of stem diameter with height for *B. sinospinosa* and *Ph. pubescens*

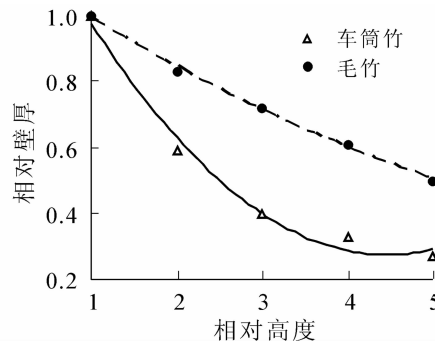


图4 车筒竹与毛竹竹秆壁厚随高度的变化
Figure 4 Change of wall thickness of stem with height for *B. sinospinosa* and *Ph. pubescens*

2.2.5 节间长与节数变化规律 竹秆节数和节间长度亦是秆形特征的重要指标，可对材料加工的难易、产品力学性能及美观程度产生影响。一般来说，竹子在出土之前全笋(全株)的节数已定，出土后不再增加新节，而且同一竹种的节数相对稳定，但个体之间也有差异，一般径级大的竹株节数也较多。①节间长度的变化规律。将车筒竹竹秆自秆基开始，对节进行编号，记为1, 2, 3, ..., 称为“节位数”^[3]，计算任一节间实际长度跟胸高处节间长的比值，定义为“相对节间长”，相对节间长随节位数的变化反映了车筒竹节间长在竹秆纵向部位的分布与变化情况。车筒竹竹秆自基部至秆梢，节间长度的变化规律如图5。可看出：车筒竹相对节间长度随节位数的变次曲线，开口向下，竹秆中部的节间最长，基部和梢部的节间逐渐缩短，在节位数17~20处的节间长度达到最大。在竹材利用中，由此方程即可获得任意节间的实际长度。②节数与胸径的关系。竹株的节数除受竹种遗传学的影响外，还跟胸径

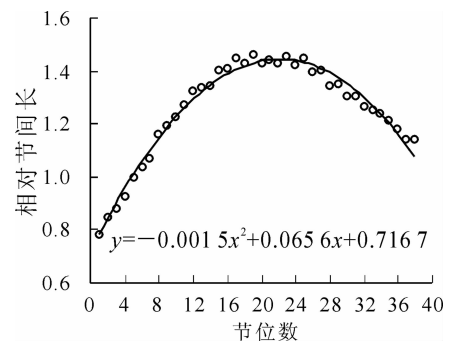


图5 车筒竹节间长随节位数的变化
Figure 5 Change of internodal length with knot number of *B. sinospinosa*

大小有一定关系。对车筒竹秆部节数(y)随胸径(x)的变化用直线、幂函数和多项式等分别进行拟合。结果表明：各模型拟合相关性均达到显著水平，本研究选择生产上使用较为方便的直线方程： $y = 4.9585x^{-8.6722}$ ($R^2 = 0.9367$, $P = 0.0030$)，由该方程即可方便了解该某竹株节的疏密状况。

3 结论与讨论

生物量分配格局和秆形状况是竹种加工利用尤其是制作板材的重要参考指标，竹子加工方向不同，关注的目标器官和秆形特征参数也不相同。车筒竹地上各器官中，叶片含水率最高，竹枝次之，竹秆水分含量最低，这一规律与笔者曾研究的大型丛生竹种大木竹^[5]和林新春等^[21]测试的混生竹种苦竹变化趋势一致，而马乃训等^[17]研究的散生竹种红竹则表现为竹秆含水率高于竹枝，该差异可能跟采样季节及时间有关，但是否受地下茎类型的影响还待进一步研究；地上生物量的分配，竹秆生物量比例可达 72.7%，表明车筒竹地上部分大部分生物量集中在秆部，作为材用竹种可达到较高的利用率。在各秆形因子中，胸径是最主要的特征参数，本研究对该竹全高、秆高、秆质量、节数随胸径的变化曲线进行了拟合，同时研究了秆径和壁厚在竹秆纵向部位的变异规律。从竹株高度看，胸径小于 8 cm 时，车筒竹全高比毛竹的相应值小，而随着胸径的增大，全高逐渐大于毛竹；相同胸径下，车筒竹秆鲜质量亦远大于毛竹；从秆径和壁厚的变化看，车筒竹在竹秆纵向部位变异较慢，尖削度比毛竹小，而壁厚随高度的变化相对较快。综合分析可认为，车筒竹适宜作为板材原料。同时，通过本研究的各拟合模型，只要测出竹株胸径，可方便地估算出车筒竹的高度、质量、节数等特征参数，为生产实践和加工利用提供了参考。

如前言所述，随着竹加工技术的发展和“以竹代木”步伐的加大，竹原料供需矛盾日益突出，竹材尤其是板材加工过重依赖毛竹的利用格局已造成原料紧缺和毛竹材价格的居高不下，从而制约了加工企业的产业化进程。中国丛生竹资源丰富，其中不乏材性优良的丛生竹种。然而由于各种原因，至今被开发利用的还很少，作为板材原料利用的更少。本研究通过对高产丛生竹种车筒竹生物量分配格局和秆形特征的调查与分析，认为车筒竹在竹秆生物量和秆形方面，多数指标不亚于甚至优于毛竹，从目前中国竹材利用所面临的困境和竹种的多样化利用角度考虑，车筒竹等大型丛生竹将具有较大的利用和开发空间。

参考文献：

- [1] 金川, 王月英. 我国丛生竹资源价值评估及其生产力拓展[J]. 江西林业科技, 1995 (2): 29 - 33.
JIN Chuan, WANG Yueying. The valuation assessing and productive forces expanding of Chinese sympodial bamboo resources[J]. *J For Sci Technol Jiangxi*, 1995 (2): 29 - 33.
- [2] 张自斌, 周光益, 林亲众. 我国丛生竹研究进展与问题探讨[J]. 热带林业, 2007, 35 (2): 12 - 17.
ZHANG Zibin, ZHOU Guangyi, LIN Qinzong. Research development and problem discussion of Chinese sympodial bamboo resources[J]. *Trop For*, 2007, 35 (2): 12 - 17.
- [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, 5 (1): 16 - 69.
ZHOU Fangchun. Study on culm form structure of *Phyllostachys edulis* [J]. *J Nanjing Technol Coll For Prod*, 1981, 5 (1): 16 - 69.
- [4] 汪阳东. 人工经营对毛竹秆形结构变异的影响[J]. 林业科学研究, 2001, 14 (3): 245 - 250.
WANG Yangdong. The effect of management on the growing and form of moso bamboo culms [J]. *For Res*, 2001, 14 (3): 245 - 250.
- [5] 苏文会, 顾小平, 官凤英, 等. 大木竹种群生物量结构及其回归模型[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2006, 30 (5): 51 - 54.
SU Wenhui, GU Xiaoping, GUAN Fengying, et al. A study on biomass structure and its regression models of *Bambusa wenchouensis* population [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2006, 30 (5): 51 - 54.
- [6] 苏文会, 顾小平, 岳晋军, 等. 大木竹秆形结构的研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19 (1): 98 - 101.
SU Wenhui, GU Xiaoping, YUE Jinjun, et al. Study on the structure of culm form of *Bambusa wenchouensis* [J]. *For Res*, 2006, 19 (1): 98 - 101.
- [7] 熊壮, 董文渊, 刘时才, 等. 梁山慈竹秆形结构和地上生物量结构研究[J]. 林业科技开发, 2010, 24 (3): 81

- 83.
- XIONG Zhuang, DONG Wenyuan, LIU Shicai, *et al.* Preliminary study on culm form and aboveground biomass of *Dendrocalamus farinosus* [J]. *China For Sci Technol*, 2010, **24** (3): 81 - 83.
- [8] 吴炳生, 江鸿跃, 聂勇, 等. 料慈竹秆形结构的研究[J]. 南京林业大学学报, 1997, **21** (4): 59 - 62.
- WU Binsheng, JIANG Hongyao, NIE Yong, *et al.* Study on culm form structure of *Bambusa displaya* [J]. *J Nanjing For Univ*, 1997, **21** (4): 59 - 62.
- [9] 周本智, 吴良如, 邹跃国. 闽南麻竹人工林地上部分现存生物量的研究[J]. 林业科学研究, 1999, **12** (1): 47 - 52.
- ZHOU Benzhi, WU Liangru, ZOU Yueguo. Aboveground biomass of *Dendrocalamus latiflorus* plantation in south Fujian [J]. *For Res*, 1999, **12** (1): 47 - 52.
- [10] 张鹏, 黄玲玲, 张旭东, 等. 滩地硬头黄竹生物量结构及回归模型的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2009, **28** (3): 25 - 28.
- ZHANG Peng, HUANG Lingling, ZHANG Xudong, *et al.* Studies on biomass structure and its regression models of *Bambusa rigida* Keng [J]. *J Bamboo Res*, 2009, **28** (3): 25 - 28.
- [11] 庾晓红, 李贤伟, 张健. 退耕还林区撑绿杂交竹地上部分生物量结构研究[J]. 竹子研究汇刊, 2005, **24** (4): 24 - 27.
- YU Xiaohong, LI Xianwei, ZHANG Jian. A study on biomass structure of *B. pervariabilis* × *D. oldhami* in districts of converting farmland to forest [J]. *J Bamboo Res*, 2005, **24** (4): 24 - 27.
- [12] 邱银河. 撑麻7号竹地上部分生物量分配研究[J]. 世界竹藤通讯, 2007, **5** (3): 29 - 31.
- QIU Yinhe. Research of aboveground biomass distribution of *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocalamus latiflorus* [J]. *World Bamboo & Rattan*, 2007, **5** (3): 29 - 31.
- [13] 苏文会, 范少辉, 彭颖, 等. 车筒竹、薊竹和越南巨竹竹材的纤维形态与组织比量[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28** (3): 386 - 390.
- SU Wenhui, FAN Shaohui, PENG Ying, *et al.* Fiber forms and tissue measurements of *Bambusa sinospinosa*, *Bambusa blumeana* and *Dendrocalamus yunnanicus* stem [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28** (3): 386 - 390.
- [14] 朱石麟, 马乃训, 傅懋毅. 中国竹类植物图志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 36.
- [15] 吴富桢. 测树学实习指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 83 - 86.
- [16] 中国标准出版社第一编辑室. 木材工业标准汇编[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 208 - 210.
- [17] 马乃训, 陈红星, 张文燕. 优良经济竹种红壳竹生物量的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1994, **13** (1): 31 - 41.
- MA Naixun, CHEN Hongxing, ZHANG Wenyan. Study on biomass of fine economic bamboo species *Phyllostachys iridescens* [J]. *J Bamboo Res*, 1994, **13** (1): 31 - 41.
- [18] 俞友明, 杨云芳, 方伟, 等. 红壳竹人工林竹材物理力学性质的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2001, **20** (4): 42 - 46.
- YU Youming, YANG Yongfang, FANG Wei, *et al.* Study on physico-mechanical properties of *Phyllostachys iridescens* wood from plantation [J]. *J Bamboo Research*, 2001, **20** (4): 42 - 46.
- [19] 於琼花, 俞友明, 金永明, 等. 雷竹人工林竹材物理力学性质[J]. 浙江林学院学报, 2004, **21** (2): 130 - 133.
- YU Qionghua, YU Youming, JIN Yongming *et al.* Physico-mechanical properties of planted *Phyllostachys praecox* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2004, **21** (2): 130 - 133.
- [20] 汪阳东. 竹子秆形生长和变异的研究进展[J]. 竹子研究汇刊, 2001, **20** (4): 28 - 32.
- WANG Yangdong. Current research on bamboo culm form [J]. *J Bamboo Res*, 2001, **20** (4): 28 - 32.
- [21] 林新春, 方伟, 李贤海, 等. 苦竹种群生物量结构研究[J]. 竹子研究汇刊, 2004, **23** (2): 26 - 29.
- LIN Xinchun, FANG Wei, LI Xianhai, *et al.* A study on biomass structure of *Pleiolblastus amarus* population [J]. *J Bamboo Res*, 2004, **23** (2): 26 - 29.