

耐寒丛生竹椴竹竹材的理化性质分析

张 玮¹, 林振清², 杨前宇¹, 陈浙勇³, 谢锦忠^{1*}

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省建瓯市林业局, 福建 建瓯 353100;
3. 福建省永安市林业局, 福建 永安 366000)

摘要:测定了椴竹竹材的理化性质,并与毛竹、青皮竹和绿竹竹材进行了比较分析。结果表明:椴竹各竹龄竹材的基本密度、气干密度和全干密度平均值分别为 $0.523 \sim 0.632 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $0.656 \sim 0.801 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $0.658 \sim 0.777 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,随着竹龄增长各部位竹材密度表现出增大的趋势,3年生以上椴竹竹材基本密度小于参比品种毛竹和青皮竹,大于绿竹。3年生以上椴竹竹材的平均气干体积干缩率和全干体积干缩率分别为 9.6% 和 13.6%,大于毛竹;各竹龄椴竹竹材径向干缩率大于弦向干缩率和纵向干缩率。3年生以上椴竹竹材的灰分平均含量小于绿竹和青皮竹,酸不溶木素平均含量与青皮竹接近而小于绿竹,综纤维素含量大于 80%,多戊糖、热水抽出物、1% NaOH 抽出物平均含量均高于青皮竹和绿竹,而苯-醇抽出物平均含量小于青皮竹和绿竹。综合分析,椴竹作为纸浆材具有较高的利用价值。

关键词:椴竹;竹材;物理性质;化学成分

中图分类号:S781.9

文献标识码:A

Study on Physical and Chemical Characteristics of Culms of Cold Resistance Sympodial Bamboo, *Bambusa textilis* var. *fasca*

ZHANG Wei¹, LIN Zhen-qing², YANG Qian-yu¹, CHEN Zhe-yong³, XIE Jin-zhong¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. Forestry Bureau of Jian'ou City, Fujian Province, Jian'ou 353100, Fujian, China; 3. Forestry Bureau of Yong'an City, Fujian Province, Yong'an 366000, Fujian, China)

Abstract: The physical and chemical characteristics of culms of *Bambusa textilis* var. *fasca* were measured, and a comparative analysis with *Phyllostachys edulis*, *B. textilis* and *Dendrocalamopsis oldhami* were made. The results showed that the average basic density, air-dried density and oven-dried density of *B. textilis* var. *fasca* among different ages changed in the ranges of $0.523 \sim 0.632 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $0.656 \sim 0.801 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and $0.658 \sim 0.777 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ respectively. The density of *B. textilis* var. *fasca* increased with age. The basic density of *B. textilis* var. *fasca* with the age over 3 years was lower than that of reference *P. edulis* and *B. textilis*, but higher than that of *D. oldhami*. The average air-dried volume and oven-dried volume shrinkage ratio of *B. textilis* var. *fasca* with the age over 3 years were 9.6% and 13.6% respectively, which were higher than that of *P. edulis*. The radial shrinkage of *B. textilis* var. *fasca* was greater than tangential shrinkage and portrait shrinkage. The average ash content of *B. textilis* var. *fasca* with the age over 3 years was less than that of *D. oldhami* and *B. textilis*, but the average lignin content of *B. textilis* var. *fasca* with the age over 3 years was similar to that of *B. textilis* and less than that of *D. oldhami*. The holocellulose content of *B. textilis* var. *fasca* was more than 80%. The average content of pentosan, hot water extracts and 1% NaOH extracts of *B. textilis* var. *fasca* with the age over 3 years were also greater than that of *D.*

收稿日期:2012-08-09

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(RISF6143)

作者简介:张 玮(1981—),男,山西大同人,助研,主要从事竹类资源与利用研究。

* 通讯作者:谢锦忠(1966—),男,博士,副研究员,主要从事竹类资源与利用研究. E-mail:jzhxie@163.net

oldhami and *B. textilis*. But the average content of benzene-alcohol extracts of *B. textilis* var. *fasca* with the age over 3 years was less than that of *D. oldhami* and *B. textilis*. Therefore it is suitable for *B. textilis* var. *fasca* to be used for pulpwood.

Key words: *Bambusa textilis* var. *fasca*; bamboo culms; physical properties; chemical composition

随着世界森林资源的减少和环境保护意识的加强,限制木材出口的国家将越来越多。我国传统的木材制浆对资源和环境造成极大破坏,导致林木面积下降,木材供应紧张,木浆供应长期依赖进口^[1]。竹材属比较复杂的生物材料,主要由纤维素、木素和半纤维素构成,其中纤维素是竹材的主要组分^[2]。竹子作为非木质资源,以其生长快、产量高、周期短、纤维好^[3]等生物学优势成为制浆造纸的重要原料之一,竹浆造纸已成为国内外竹材开发利用的共同趋势。但我国竹种资源开发单一,尤其竹板材加工几乎完全依赖毛竹(*Phyllostachys edulis* (Carr.) H. de Lehaie),竹材原料供需矛盾日趋突出。

由于竹浆造纸及竹材加工对丛生竹需求量的大幅增长,近年来很多地方盲目引种丛生竹,加上极端气象条件的出现,各地引种的丛生竹冬季发生寒害的报道屡见不鲜,损失严重^[4-6]。椴竹(*Bambusa textilis* var. *fasca* McClure)又名温州水竹,为青皮竹(*B. textilis* McClure)的变种,属福建省乡土竹种,具有耐寒性强、生长快、产量高等特点^[7-9],单位面积全竹生物量 $49.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[10]。椴竹在福建省较大范围内分布,如将其用作竹材加工业的原料,不仅能发挥区域资源的优势,而且可缓解竹产业的原料供需矛盾。

但丛生竹受自身壁薄、径小等特点限制,目前除少数竹种用于造纸外,利用丛生竹作为板材原料的比例很小。竹材物理力学性质是衡量竹材最终用途的重要指标之一,竹材的化学性质是评价造纸原料优劣与利用价值的重要方面,而且竹材理化性质与竹龄、竹秆部位及其立地条件都有一定的关系。本文对不同年龄阶段及不同部位椴竹竹材的密度、干缩性等物理性质以及竹材中与造纸性能相关的化学指标进行了分析,以评价椴竹竹材作为板材和造纸原料的利用价值,为椴竹的综合开发利用提供科学依据。

1 研究区域概况

椴竹试验地设在福建省建瓯市小桥镇,地处 $117^{\circ}57' \sim 118^{\circ}27' \text{ E}$, $26^{\circ}57' \sim 27^{\circ}16' \text{ N}$,海拔 $150 \sim$

160 m ,年平均气温 18.9°C ,最冷月(1月)平均气温 7.7°C ,最热月(7月)平均气温 28.6°C ,极端最低气温 6.9°C ,年降水量 $1\,676 \text{ mm}$,年均日照时数 $1\,813 \text{ h}$,全年无霜期 $286 \sim 291 \text{ d}$ 。竹林自然生长,人为经营少,土壤为黄红壤山地,土层厚度在 1 m 以上,坡度较平缓,面积约为 100 hm^2 。

2 研究方法

2.1 取材与试样制备

于2010年12月,选取1年生、2年生、3年生以上(≥ 3 年)椴竹各5株,齐地砍倒,去梢头,将竹秆5等分,分别从各自5等分秆段的1、3、5段中自下向上截取约 1 m 长的竹段,编号标记,作为从秆基到秆梢不同部位的测试材料带回实验室内。将各段竹筒剖开对称取样,自下而上分别依次截取基本密度、干缩性试样,每一试样相对的两个断面应相互平行并与侧面垂直,两个弦面保留竹青与竹黄的原状,试样长度允许误差为 1.0 mm ,宽度允许误差为 0.5 mm ;基本密度、干缩性试件个数为 $10 \sim 15$ 个,试件规格为 10 mm (纵向尺寸,下同) $\times 10 \text{ mm}$ (弦向尺寸,下同) $\times t \text{ mm}$ (竹壁厚),用饱和水分的试件制作。

选取1年生、2年生、3年生以上标准竹,分别从各自5等分秆段的1、3、5段中截取一截竹环,代表基部、中部和梢部测试试样。从截下的竹环中,取大约 500 g 试材,劈成细片,风干后,经粉碎机磨碎过筛,截取通过 40 目筛的部分细末。凉至室温后,贮存于 $1\,000 \text{ mL}$ 具有磨砂玻璃塞的广口瓶中,供分析使用。

2.2 试验方法

竹材基本密度、干缩性等物理性质指标按照《竹材物理力学性质试验方法》(GB/T 15780—1995)测定;竹材的热水抽出物、 1% NaOH 抽出物、苯-醇抽出物、灰分、综纤维素、酸不溶木素和多戊糖等化学性质指标分别按照《造纸原料水抽出物含量的测定》(GB/T 2677.4—1993)、《造纸原料 1% 氢氧化钠溶液抽出物含量的测定》(GB/T 2677.5—1993)、《造纸原料有机溶剂抽出物含量的测定》(GB/T 2677.6—1994)、《造纸原料灰分的测定》(GB/T

2677.3—1993)、《造纸原料综纤维素含量的测定》(GB/T 2677.10—1995)、《造纸原料酸不溶木素含量的测定》(GB/T 2677.8—1994)和《造纸原料多戊糖含量的测定》(GB/T 2677.9—1994)测定,每个指标3次重复。

3 结果与分析

3.1 椴竹竹材的密度

椴竹各年龄段竹材基本密度、气干密度和全干

密度均值变化区间分别为 $0.523 \sim 0.632 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $0.656 \sim 0.801 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 和 $0.658 \sim 0.777 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (表1),均小于参比竹种毛竹的相应测试值,并随着竹龄的增长各部位竹材密度表现出增大的趋势。同2个参比丛生竹种相比,3年生以上椴竹竹材各部位基本密度小于青皮竹而大于绿竹(*Dendrocalamopsis oldhami* (Munro) Keng f.)。自椴竹竹秆基部至梢部,各部位竹材密度表现出逐渐增大的趋势,与3种参比竹种的变化规律基本相同。

表1 椴竹与各参比竹种的竹材密度

竹种	年龄/a	部位	基本密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	气干密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	全干密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
椴竹	1	基部	0.506 ± 0.064	0.634 ± 0.061	0.611 ± 0.057
		中部	0.513 ± 0.079	0.675 ± 0.060	0.688 ± 0.059
		梢部	0.551 ± 0.109	0.660 ± 0.095	0.675 ± 0.067
		平均值	0.523	0.656	0.658
椴竹	2	基部	0.589 ± 0.076	0.699 ± 0.075	0.691 ± 0.071
		中部	0.632 ± 0.084	0.748 ± 0.083	0.745 ± 0.085
		梢部	0.650 ± 0.056	0.749 ± 0.066	0.732 ± 0.068
		平均值	0.624	0.732	0.723
椴竹	≥ 3	基部	0.598 ± 0.028	0.774 ± 0.027	0.758 ± 0.028
		中部	0.607 ± 0.044	0.768 ± 0.043	0.746 ± 0.031
		梢部	0.690 ± 0.060	0.861 ± 0.059	0.828 ± 0.063
		平均值	0.632	0.801	0.777
毛竹	6	基部	0.766	0.881	0.818
		中部	0.758	0.840	0.814
		梢部	0.789	0.940	0.894
		平均值	0.771	0.887	0.842
青皮竹	3	基部	0.616	0.732	0.779
		中部	0.676	0.758	0.788
		梢部	0.765	0.890	0.873
		平均值	0.686	0.793	0.813
绿竹	3	基部	0.507	0.617	0.597
		中部	0.573	0.678	0.669
		梢部	0.636	0.764	0.748
		平均值	0.572	0.686	0.671

注:毛竹、青皮竹和绿竹为参比竹种,资料引自文献[11],下同。

3.2 椴竹竹材的干缩性

竹材在干燥过程中因失水而引起线向和体积的收缩,称为竹材的干缩性。3年生以上椴竹竹材的气干体积干缩率和全干体积干缩率平均值分别为9.6%和13.6%(表2),大于毛竹竹材的相应干缩率值。无论是气干还是全干状态,各年龄段椴竹竹材径向干缩

率大于弦向干缩率,并远高于纵向干缩率,而毛竹竹材的弦向干缩率大于径向干缩率,远大于纵向干缩率,两者变化规律不同。不同年龄竹材的干缩性有一定差异,表现为竹材的干缩性随着竹龄的增大而减小的趋势。体积干缩系数是指竹材从气干到全干的变化过程中,含水率下降1%时,体积的收缩量占全干体

积的百分比。3年生以上椴竹竹材的体积干缩系数平均值为0.794%,大于6年生毛竹。椴竹竹材体积干

缩系数平均值随着竹龄增大而减小,随着竹秆纵向部位的变化具有一定变异,但未呈现明显的规律性。

表2 椴竹与参比竹种的竹材干缩率

竹种	年龄/ a	部位	体积干缩系数/ %	干缩率/%							
				气干				全干			
				径向	弦向	纵向	体积	径向	弦向	纵向	体积
椴竹	1	基部	0.799±0.306	7.4±0.4	5±0.3	1.1±0.3	13.2±1.3	9.8±0.9	7.2±0.8	1.2±0.1	17.5±2.2
		中部	1.182±0.331	11.5±0.1	7.7±0.2	1±0.3	19±1.3	16.2±0.1	10±0.2	1.4±0.3	26±1.9
		梢部	1.363±0.336	13±0.2	6.6±0.8	1.2±0.2	19.1±1.5	17.4±0.2	8±0.3	1.3±0.3	24.7±2.9
		平均值	1.115	10.6	6.4	1.1	17.1	14.5	8.4	1.3	22.7
椴竹	2	基部	0.914±0.217	7.5±0.2	5±0.3	1±0.2	13±3.0	10.4±0.1	7.8±0.2	1.3±0.4	21.9±1.2
		中部	0.971±0.224	10±0.1	5.1±0.6	1.2±0.4	15.2±1.9	13.8±0.1	8.3±0.7	1.1±0.2	22.1±1.3
		梢部	0.950±0.202	12.3±0.1	7.2±0.4	1.2±0.4	19±2.3	17.4±0.1	9.9±0.2	1.3±0.2	26.4±1.6
		平均值	0.945	9.9	5.8	1.1	15.7	13.9	8.7	1.2	23.5
椴竹	≥3	基部	0.817±0.186	5.3±0.3	3.9±0.2	0.7±0.2	8.8±1.0	7.5±0.3	6.9±0.2	0.9±0.1	14.1±2.1
		中部	0.740±0.183	5.4±0.1	4.3±0.2	0.9±0.3	9.5±1.2	6.8±0.1	5.7±0.4	0.7±0.1	12.6±2.0
		梢部	0.824±0.131	5.8±0.3	4.6±0.2	0.8±0.2	10.6±0.7	7.7±0.2	6.2±0.3	1±0.3	14.2±1.2
		平均值	0.794	5.5	4.3	0.8	9.6	7.3	6.2	0.9	13.6
毛竹	6	基部	0.624	2.1	3.1	0.5	4	4.5	6	0.6	9.7
		中部	0.715	2.3	2.8	0.6	3.4	4.4	5.4	0.9	8.2
		梢部	0.555	2.1	2.1	0.5	6.5	4.9	5	0.8	11.1
		平均值	0.631	2.2	2.7	0.5	4.6	4.6	5.5	0.8	9.7

3.3 椴竹竹材的化学成分

椴竹竹材的灰分平均含量为:1年生椴竹1.97%,2年生椴竹0.81%,3年生以上椴竹0.92%(小于3年生绿竹与青皮竹)(表3)。椴竹竹材的酸不溶木素平均含量随着竹龄增加而升高,3年以上生椴竹酸不溶木素平均含量与青皮竹接近而小于绿竹。椴竹竹材的综纤维素平均含量为3年生以上椴

竹最高,大于青皮竹与绿竹。各年龄椴竹竹材的多戊糖、热水抽出物、1% NaOH 抽出物平均含量均高于青皮竹与绿竹。椴竹竹材的苯-醇抽出物平均含量为:1年生椴竹5.54%,2年生椴竹7.29%,3年生以上椴竹3.41%,3年生以上椴竹苯-醇抽出物平均含量小于青皮竹与绿竹,而1年生、2年生椴竹苯-醇抽出物平均含量大于青皮竹与绿竹。

表3 椴竹与参比竹种的竹材化学成分

竹种	年龄/a	部位	灰分/%	酸不溶木素/%	综纤维素/%	多戊糖/%	热水抽出物/%	1% NaOH 抽出物/%	苯-醇抽出物/%
椴竹	1	基部	0.8±0.04	20.84±0.45	78.47±0.49	33.05±0.88	3.73±0.26	27.06±0.61	3.62±0.61
		中部	2.19±0.08	18.63±0.14	73.95±0.07	26.54±0.16	8.63±0.14	32.63±0.76	6.44±0.5
		梢部	2.92±0.16	17.59±1.68	71.03±0.07	34.62±1.78	10.52±0.18	36.28±0.42	6.56±1.07
		平均值	1.97	19.2	74.48	31.4	7.63	31.99	5.54
椴竹	2	基部	0.65±0.01	21.51±0.37	74.2±0.95	27.3±2.83	11.94±0.05	30.62±0.69	7.13±1.07
		中部	0.71±0.05	18.27±0.31	75.21±0.63	26.04±3.88	11.83±0.11	30.13±0.7	8.55±1.90
		梢部	1.08±0.03	20.12±0.41	75.46±0.62	28.4±0.43	10.13±0.14	31.71±0.27	6.2±0.48
		平均值	0.81	19.97	74.96	27.24	11.30	30.82	7.29
椴竹	≥3	基部	0.82±0.01	22.65±0.17	81.08±0.42	29.7±1.54	8.05±0.35	28.96±0.87	2.2±1.53
		中部	0.88±0.06	20.98±0.21	81.38±1.23	29.71±3.51	11.84±0.2	29.64±0.23	4.37±1.98
		梢部	1.05±0.04	20.92±0.16	80.78±0.18	35.4±0.53	6.9±0.2	31.09±0.55	3.67±1.65
		平均值	0.92	21.52	81.08	31.6	8.93	29.9	3.41

续表3

竹种	年龄/a	部位	灰分/%	酸不溶木素/%	综纤维素/%	多戊糖/%	热水抽出物/%	1% NaOH 抽出物/%	苯-醇抽出物/%
青皮竹	3	基部	1.41	20.92	72.23	23.07	6.81	30.17	5.87
		中部	1.46	21.52	72.21	22.04	6.54	25.83	5.52
		梢部	2.20	22.09	72.27	23.60	6.99	29.15	6.05
		平均值	1.69	21.51	72.24	22.91	6.78	28.38	5.81
绿竹	3	基部	1.04	24.45	72.94	19.98	4.27	17.39	3.25
		中部	0.98	22.9	73.36	18.02	4.84	22.56	3.66
		梢部	1.23	21.78	73.07	22.61	4.98	23.35	4.27
		平均值	1.08	23.04	73.12	20.2	4.70	21.10	3.73

注:各种化学成分含量均为质量分数。

4 结论与讨论

木材或竹材作为承重结构材料,其品质主要取决于密度,这与木材或竹材的力学性质、硬度、抗磨性及发热值等都有密切关系^[12],分析竹材或木材的密度对掌握其材性及合理利用具有重要意义。3年生以上椴竹竹材基本密度小于毛竹和青皮竹,大于绿竹、麻竹(*D. latiflorus* Munro)^[13]、龙竹(*D. giganteus* Munro)和勃氏甜龙竹(*D. brandisii* (Munro) Kurz)等^[13]竹种,同时大于杨树(*Populus* spp.)^[15]、杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)^[16]、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)^[17]、福建柏(*Fokienia hodginsii* (Dunn) A. Henry et Thomas)^[18]、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)^[19]和黄山松(*P. taiwanensis* Hayata)^[20]等树种木材密度。随着竹秆纵向高度的增加,不同年龄椴竹的竹材密度呈增大趋势,与毛竹^[21]、龙竹^[14]、苦竹(*Pleiolobus amarus* (Keng) Keng f.)^[22]、硬头黄竹(*B. rihida* Keng et Keng f.)^[23]、大木竹(*B. wenchouensis* (Wen) Q. H. Dai)^[24]等竹材的变化趋势一致。且随着竹龄的增大,椴竹竹材密度呈增大趋势,与毛竹^[21]、苦竹^[22]等竹材的变化趋势一致。竹材的密度越大,其力学强度也相应增大,因此椴竹可作为材用竹,应用于竹板材加工。

竹材的干缩性质是影响竹材加工利用和产品质量稳定的重要指标。引起竹材收缩的主要原因是在干燥过程中,维管束中的导管失水发生收缩,靠拢变薄,从而整个竹材收缩^[14]。椴竹的干缩性大于毛竹、大木竹^[24],其径向干缩率大于弦向,与毛竹、大木竹^[24]呈相异的变化规律。关于竹材径向和弦向干缩性的差异,不同学者对各竹种的测试结果略有不同^[14,22-25],本研究结果与云南4种丛生竹^[14]及苦竹^[22]、硬头黄竹^[23]、甜竹(*D. hamiltonii* Nees et

Arn. ex Munro)^[25]的干缩性变化规律相同。这与木材弦向干缩率为径向干缩率的1.5~2.5倍的情况明显不同,可能与竹材没有横向组织,没有早晚材的差异有关^[25]。而竹材在失水干缩时开裂、翘曲和变形,这些特点会对其应用产生不利的影

响。在造纸工艺中,灰分含量高会影响碱液回收,并造成污染;木素含量高,会导致蒸煮困难,消耗的药品也相对较多;综纤维素包括纤维素和半纤维素,综纤维素比例大,达到的纸浆得率则较高;多戊糖为一种半纤维素,多戊糖含量较高,则打浆容易;热水抽出物的主要成分是单糖、低聚糖、少量单宁、氨基酸及水溶性色素、无机盐、淀粉、树胶等多糖类^[26]。本研究中椴竹竹秆纵向部位对竹材的化学成分含量有一定的影响。3年生以上椴竹竹材的抽出物、灰分、多戊糖含量靠近梢部处含量略大,而酸不溶木素、综纤维素含量则为基部处大些。3年生以上椴竹竹材的灰分含量和绿竹相近,小于青皮竹、慈竹(*Neosinocalamus affinis* (Rendle) Keng f.)^[26]、大木竹^[27],远低于剑麻(*Agave sisalana* Perr. ex Engelm.) (1.77%~2.3%)^[28]和龙须草(*Eulaliopsis binata* (Retz.) C. E. Hubb.) (4.39%~6.04%)^[29];与1年生、2年生椴竹竹材相比,3年生以上椴竹竹材酸不溶木素含量最高,可能与大龄竹材木质化程度增大有关,且3年生以上椴竹酸不溶木素含量低于参比竹种,略小于慈竹^[26]、大木竹^[27];3年生以上椴竹综纤维素含量大于80%,高于参比竹种及慈竹^[26]、大木竹^[27],多戊糖含量也高于参比竹种及慈竹^[26]、大木竹^[27]。说明其化学性质较适宜于用作造纸材料。对制造纸浆而言,抽出物的含量越少越好,本研究中3年生以上椴竹竹材的抽出物含量略高于参比竹种及大木竹^[27],小于慈竹^[26]。由椴竹竹材的化学性质可见,椴竹综纤维素较高,木素较低,用作纸浆材可达到较好的纸浆得率,原料利用率

较高,并能相对节约化学药品,减轻对环境的污染,其溶液抽出物含量不如一些参比竹种,但考虑造纸原料短缺等原因,椴竹作为制浆造纸的原材料仍具有较高的利用价值。从制浆造纸角度及竹林持续经营方面综合考虑,建议利用3年生以上椴竹。

参考文献:

- [1] 张齐生. 竹类资源加工及其利用前景无限[J]. 中国林业产业, 2007(3):23-24
- [2] 苏文会,范少辉,余林,等. 3种丛生竹化学成分与纤维形态研究[J]. 中国造纸学报,2011,26(2):1-5
- [3] 郑蓉,刘晓晖,廖鹏辉,等. 4种福建乡土竹种的纤维形态分析[J]. 防护林科技,2010(7):21-26
- [4] 苏护春. 永安大湖竹种园丛生竹冻害情况的调查与分析[J]. 华东森林经理,2006,20(4):20-22
- [5] 纪成据. 1999年福建遭受极端低温冻害丛生竹调查分析[J]. 福建林学院学报,2002,22(3):278-282
- [6] 孙鹏,吴越华,马光良,等. 四川秦巴山区引种丛生竹冻害初报[J]. 世界竹藤通讯,2006,4(2):14-17
- [7] 张玮,谢锦忠,吴继林,等. 低温驯化对部分丛生竹种叶片膜脂脂肪酸的影响[J]. 林业科学研究,2009,22(1):139-143
- [8] 吴继林. 大湖竹种园丛生竹种的收集及其耐寒性评价研究[J]. 竹子研究汇刊,2008,27(1):19-25
- [9] 林振清. 椴竹人工栽培试验[J]. 世界竹藤通讯,2004,2(4):24-25
- [10] 杨前宇,谢锦忠,张玮,等. 椴竹各器官生物量模型[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(3):519-526
- [11] 苏文会. 关于大木竹的开发与利用评价[D]. 北京:中国林业科学研究院,2005
- [12] 张宏健,杜凡,张福兴. 云南4种典型材用丛生竹宏观解剖结构与主要物理力学性质的关系[J]. 林业科学,1999,35(4):66-70
- [13] 林金国,何水东,林顺德,等. 麻竹材基本密度与力学性质变异规律的研究[J]. 竹子研究汇刊,1999,18(1):58-62
- [14] 张宏健,杜凡,张福兴. 云南4种材用丛生竹的主要物理力学性质[J]. 西南林学院学报,1998,18(3):189-193
- [15] 王桂岩,王彦,李善文,等. 13种杨树木材物理力学性质的研究[J]. 山东林业科技,2001(2):1-11
- [16] 骆秀琴,管宁,张寿槐,等. 32个杉木无性系木材密度和力学性质的变异[J]. 林业科学研究,1994,7(3):259-262
- [17] 吴远彬. 枫香人工林和天然林木材物理力学性质比较[J]. 福建林业科技,2002,29(1):37-39
- [18] 陈祖松. 福建柏人工林木材物理力学性质的试验研究[J]. 福建林学院学报,1999,19(3):223-226
- [19] 姬宁,潘彪,徐永吉. 贵州马尾松人工林木材物理力学性质研究[J]. 贵州林业科技,2003,31(1):41-44
- [20] 王传贵,柯曙华,杨强. 黄山松木材物理力学性质研究[J]. 安徽农业大学学报,1997,24(4):388-390
- [21] 崔敏,殷亚方,姜笑梅,等. 不同竹龄毛竹材物理性质的差异分析[J]. 福建林学院学报,2010,30(4):338-343
- [22] 俞友明,方伟,林新春,等. 苦竹竹材物理力学性质的研究[J]. 西南林学院学报,2005,25(3):64-67
- [23] 何川,刘渝. 硬头黄竹竹材物理力学性质研究[J]. 世界竹藤通讯,2012,10(3):19-22
- [24] 苏文会,顾小平,朱如云,等. 大木竹竹材物理性质的研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2007,31(2):42-46
- [25] 关明杰,朱一辛,张齐生. 甜竹的干缩性及其纤维饱和点[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(1):33-36
- [26] 王文久,辉朝茂,刘翠,等. 云南14种主要材用竹化学成分研究[J]. 竹子研究汇刊,1999,18(2):74-78
- [27] 苏文会,顾小平,马灵飞,等. 大木竹化学成分的研究[J]. 浙江林学院学报,2005,22(2):180-184
- [28] 徐坚颖,曲桉,朱正良,等. 剑麻原料在制浆造纸中的应用研究[J]. 云南师范大学学报:自然科学版,1994,14(2):60-65
- [29] 黄鸿. 龙须草制浆与造纸[J]. 中华纸业,2000,21(12):44-45