

小叶龙竹的化学成分与制浆性能

杨 清^{1,2}, 周承贵³, 苏光荣⁴, 许丛恒⁴, 王正良¹, 郭永杰¹, 韩 蕾^{5*}

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303 2 国际竹藤网络中心研究生院, 北京 100091;

3 云南省林业调查规划院大理分院, 云南 大理 671000; 4. 云南省景洪市林业局, 云南 景洪 666100

5 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要: 研究了小叶龙竹 (*Dendrocalamus barbatus*) 的化学成分、纤维形态、成浆性能, 并与造纸工业目前使用较多纸浆树种慈竹 (*Bambusa affinis*)、毛竹 (*Phyllostachys edulis*)、云杉 (*Picea asperata*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、桉树 (*Eucalyptus globulus*) 等相比较。结果表明: 小叶龙竹灰分、 SiO_2 、冷水抽提物、热水抽提物、苯-醇抽提物、1% NaOH 抽提物、木质素、戊聚糖、纤维素含量分别为 1.82%、0.25%、2.99%、3.76%、1.65%、16.73%、28.13%、15.78%、51.00%; 纤维平均长度为 5.25 mm、宽度为 20.13 μm 、长宽比为 260.80 小叶龙竹具有纤维平均长度较长、长宽比较高、纤维素含量较高、木质素含量较低的优势, 其成浆容易, 撕裂强度较高, 是一种优良的竹类纤维原料。

关键词: 小叶龙竹; 化学成分; 纤维形态; 制浆性能

中图分类号: S785 TS721

文献标识码: A

文章编号: 1000-2006(2008)01-0065-04

Chemical composition and pulping properties of *Dendrocalamus barbatus*

YANG Qing^{1,2}, ZHOU Cheng-gui³, SU Guang-rong⁴, XU Cong-heng⁴,

WANG Zheng-liang¹, GUO Yong-jie¹, HAN Lei^{5*}

(1. Xishuangbanna Tropical Botanic Garden, Chinese Academy of Science, Mengla 666303, China; 2. Graduate School of International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100091, China; 3. Dali Branch of Technology of Yunnan Institute of Forestry Inventory and Planning, Dali 671000, China; 4. Jinghong Forest Bureau, Yunnan Province, Jinghong 666100, China; 5. The Research Institute of Forestry CAF, Key Laboratory of Forest Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract The chemical composition, fiber morphology and physical properties of *Dendrocalamus barbatus* were studied. They were compared with *Bambusa affinis*, *Phyllostachys edulis*, *Picea asperata*, *Pinus massoniana* and *Eucalyptus globulus*. Lab all These were the most population fiber materials of papermaking industry. The results showed that the chemical components were ash content at 1.82%, SiO_2 at 0.25%, cold water solvent extractive at 2.99%, hot water solvent extractive at 3.76%, benzene-alcohol solvent extractive at 1.65%, 1% NaOH solvent extractive at 16.73%, Klason lignin at 28.13%, pentosan at 15.78%, cellulose at 51.00%. The fiber length is 5.25 mm and its width is 20.13 μm . The length/width ratio is 260.80. It was seen that its fiber length is longer, fiber length/width ratio and cellulose is higher and Klason lignin is lower than other species of the most population fiber material of papermaking industry. Its papermaking is easier. The tearing strength property is much better than some other species of bamboo or some wood pulp species. Therefore, it is a good fiber material of bamboo for papermaking industry.

Key words *Dendrocalamus barbatus*; Chemical composition; Fiber morphology; Pulping properties

小叶龙竹 (*Dendrocalamus barbatus* H. Suenh & D. Z. Li) 属禾本科 (Gramineae) 竹亚科 (Bambusoideae) 牡竹属, 西双版纳当地土著傣族称之埋桑^[1-2]。小叶龙竹为大型合轴丛生竹, 秆高 15~20 m, 直径 15~20 cm, 梢头弯曲至下垂; 节间深绿色具白粉, 长 20~30 cm; 节内及箨环下各具一圈白色绒毛; 秆箨早落, 初时黄棕色至淡肉红色, 密被棕褐色刺毛; 箨耳波状, 与下延之箨叶相连, 高 0.2~0.3 cm, 密被长 1 cm

收稿日期: 2006-11-17 修回日期: 2007-06-28

基金项目: 中国科学院知识创新项目 (0501073009)

作者简介: 杨 清 (1969-), 男, 副研究员, 博士。* 通讯作者: 韩 蕾, 女, 副研究员, 博士, 主要研究方向为植物保护生物学, hl04192003@yahoo.com.cn

引文格式: 杨 清, 周承贵, 苏光荣, 等. 小叶龙竹的化学成分与制浆性能 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2008, 32(1): 65-68.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

之鬃状毛; 箨舌高 5~ 8mm, 先端齿裂, 具流苏毛; 箨叶外翻, 腹面基部具鬃状毛。主枝明显, 叶片长 10~ 15 cm, 宽 1~ 2 cm, 笋期 7—9 月。分布于云南南部, 生于海拔 360~ 1 160 m 地带。小叶龙竹秆光滑, 生长快速, 2 年便可成林。国内外对小叶龙竹的研究报道极少, 李秀兰在中国部分丛生竹类染色体报道中对其染色体数目进行了研究^[3], 而对其制浆性能的研究尚未见相关报道。笔者对小叶龙竹的化学成分和成浆性能进行了研究, 以期对小叶龙竹的开发利用提供理论基础, 对中国热带地区利用大型丛生竹开发制浆造纸产业有着重要意义。

1 材料与方 法

1.1 试 材

小叶龙竹取自中国科学院西双版纳热带植物园内的百竹园。选取 3~ 4 年生秆形通直的小叶龙竹, 于株高 1/3 处截取一段竹材, 在现场将竹劈成竹片; 将试材剖切为宽 3 cm、长 5~ 8 cm 的竹块, 置实验室风干备用。

1.2 纤维形态及化学成分的测定

于秆高 1/3 处取一竹环, 分外侧、中部、内侧劈成 3 个部分, 将各部分沿纤维走向劈成细杆状, 分别在试管中用硝酸-铬酸混合液离析, 在光电立体投影仪上测定纤维长度、宽度及腔径。纤维长度放大 50 倍, 纤维宽度和腔径放大 100 倍, 每个样测 30~ 50 根。

化学成分分析指标有水分、灰分、热水抽提物、1% NaOH 抽提物、苯-醇抽提物、木质素、戊聚糖、纤维素等, 试样处理测定分别按 GB/T 2677. 1—1993 要求的方法进行^[4-5]。

1.3 蒸煮试验方法

试验利用 ZQS1/15L 电热回转式蒸煮锅采用硫酸盐法对小叶龙竹进行了蒸煮。分别按文献[6]中“纸浆得率的测定方法”、“蒸煮废液的测定方法”与 GB/T 1546—1998 方法测定其粗浆得率、黑液的残碱量、有机物含量、二氧化硅含量等蒸煮废液的性质与纸浆硬度。

1.4 竹材造纸性能评定

取适量未漂浆, 在 PFI 打浆机中进行适度打浆, 测定打浆度, 抄造纸样, 进行定量、抗张强度、撕裂度、耐破度、耐折度等纸张物理性能的测定, 综合评价其制浆性能。定量、抗张指数、撕裂指数、耐破指数、耐折度的测定采用 GB/T 12033—1989 方法^[7]。

2 结果与分 析

2.1 纤维形态

纤维形态作为植物纤维原料的特征, 与纸张的性能有密切联系。小叶龙竹与其他竹材及木材的纤维形态比较见表 1。

从表 1 可见, 小叶龙竹纤维长度平均长达 5. 25mm, 是目前纤维最长的竹种之一, 比常用的纸浆树种云杉(*Picea asperata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、桉树(*Eucalyptus globulus*) 的纤维还要长, 是巨龙竹(*Dendrocalamus sinicus*)、毛竹(*Phyllostachys edulis*)、慈竹(*Bambusa affinis*) 纤维平均长度的 1. 81 倍以上。从纤维长度频率分布来看(表 2), 小叶龙竹纤维长度在 3. 0mm 以上的比例为 91. 5%, 比巨龙竹(46. 0%)、毛竹(9. 5%)、慈竹(10. 0%) 的比例高 1. 99~ 9. 63 倍。同时, 小叶龙竹长宽比为 260. 80, 是慈竹、毛竹、巨龙竹、桉树等的 2 倍, 是云杉、马尾松的 3. 5 倍以上。纤维长度是衡量植物纤维原料优劣最重要的指标之一。因此, 就纤维平均长度、纤维长度分布频率和长宽比而言, 小叶龙竹作为植物纤维原料的质量要优于目前造纸工业使用较多的毛竹和慈竹, 也明显高于同属的巨龙竹; 与目前工业上常用的针、阔叶材如

表 1 小叶龙竹与其他竹材和针(阔)叶木材的纤维形态比较
Table 1 Comparisons of fiber morphology with other species of bamboo, timber of broadleaf and timber of conifer

种类 Species	长度/mm Length			宽度/μm Width			长宽比 L/W
	最大值	最小值	平均	最大值	最小值	平均	
小叶龙竹	7. 25	0. 83	5. 25	33. 42	6. 53	20. 13	260. 80
慈竹	4. 77	0. 50	1. 99	29. 40	5. 00	15. 00	133. 00
毛竹	5. 39	0. 48	2. 00	33. 30	7. 80	16. 20	123. 00
巨龙竹	6. 78	0. 65	2. 90	32. 04	6. 81	16. 05	180. 00
慈竹	4. 77	0. 50	1. 99	29. 40	5. 00	15. 00	133. 00
云杉	-	-	3. 06	-	-	51. 9	59. 00
马尾松	-	-	3. 61	-	-	50. 0	72. 00
桉树	-	-	0. 68	-	-	15. 8	142. 00

云杉、马尾松、桉树等相比,其质量也有较大的优势。

2.2 化学成分

竹材化学成分组成直接影响竹子造纸的质量和性能,是判别造纸原料优劣与利用价值的一个重要方面,同时也是合理利用纤维原料和制定制浆工艺技术条件的重要依据。小叶龙竹化学成分与其他竹材及木材的比较见表 3。由表 3 可见,小叶龙竹的灰分含量为 1.80%,与毛竹(1.16%)的相当,与慈竹灰分相比要低。SO₂含量仅为 0.50%,远低于慈竹的 SO₂ 含量。冷水抽提物、热水抽提物分别为 2.99%和 3.76%,与毛竹、慈竹以及巨龙竹相当^[7-8]。但小叶龙竹 1% NaOH 抽提物的含量(16.73%)远比慈竹、毛竹的含量低,而略高于巨龙竹。纤维素含量为 51.00%,明显高于毛竹、慈竹、巨龙竹^[9],比目前常用阔叶材桉树的纤维素含量高 5.41%,也比针叶材造纸原料云杉高 4.08%,略低于马尾松的纤维素含量^[6]。木质素含量为 28.13%,较毛竹的低,与慈竹的相当。戊聚糖含量为 15.78%,比毛竹的和慈竹的都低。因此,小叶龙竹具有纤维含量高,木质素含量、灰分含量和 SO₂ 含量较低的优势,是一种优良的制浆造纸原料,优于毛竹、慈竹和巨龙竹。

表 3 小叶龙竹与其他竹种和阔叶材、针叶材化学成分的比较

Table 3 Comparison of the chemical component among other species of bamboo, timber of broadleaf and timber of conifer									
种类 Species	c _{灰分} Ash content	c _{SO₂}	c _{抽提物} Solvent extractive				c _{戊聚糖} Klason lignin	c _{木质素} Pentosan	c _{纤维素} Cellulose
			冷水	热水	苯-醇	1% NaOH			
小叶龙竹	1.82	0.25	2.99	3.76	1.65	16.73	15.78	28.13	51.00
慈竹	2.36	1.39	3.21	4.64	1.24	24.27	19.06	25.12	44.35
毛竹	1.16	-	2.38	5.96	0.66	30.98	21.12	30.67	45.50
巨龙竹	1.43	0.49	2.90	4.31	2.72	15.17	22.40	27.68	44.87
云杉	0.78	-	-	2.58	-	-	11.52	28.43	46.92
马尾松	0.33	-	-	6.77	-	-	8.54	28.42	51.86
桉树	0.29	-	-	3.30	-	-	10.27	27.45	45.59

2.3 蒸煮性能与成浆物理性能

根据对小叶龙竹化学成分的分析,参照其他竹种的蒸煮工艺条件,经初步探索实验,确定小叶龙竹蒸煮工艺条件为:用碱量 15% (NaOH 计),硫化度 25%,液比 1:3.5,升温曲线为 60~ 120℃保温 40min, 20℃保温 100min, 120℃~ 160℃保温 30min, 160℃保温 70min。

实验结果表明,小叶龙竹在用碱量 (NaOH 计) 为 14% 时,其粗浆得率可达 49.65%,卡伯值为 25.86 与针叶材木浆相比偏低(一般针叶木未漂浆卡伯值达 30 以上),与阔叶材相比偏高。未加水洗涤、挤压粗浆所得黑液的残碱为 9.76 g/L,与毛竹、慈竹、白夹竹、撑篙竹等竹种相比^[7-8, 10],其用碱量偏低,而粗浆得率较高。黑液的有机物含量为 116.36%,占总固形物含量的 65.02%,SO₂ 含量为 1.29 g/L,占总固形物含量的 0.73%,高于落叶松^[6],但远低于甘蔗渣、芦苇、麦草黑液 SO₂ 的含量(分别为 2.36%、2.38%、7.48%),也低于毛竹(2.08%)和巨龙竹(1.45%)黑液的 SO₂ 含量^[6, 9],对制浆与碱回收过程而言,不会导致较明显的硅干扰^[10]。黑液的燃烧值达 13.28 kJ/g 与马尾松(13.92 kJ/g)、慈竹黑液(13.98 kJ/g)的燃烧值相近^[10]。

纸张的物理强度是纤维的平均长度、纤维间的结合力、纤维自身的强度、纤维在纸张中的定位等因素复杂作用的综合反映。其中,抗张强度、耐破度受纤维间结合力的影响程度较高,而撕裂度、耐折度则更易受到纤维自身强度、纤维平均长度的影响。实验蒸煮条件下,小叶龙竹在打浆度 (SR) 51、定量为 64 g/cm² 时,其撕裂指数为 27.60mN·m²/g 远远超过 A 级硫酸盐浆所要求的撕裂指数 13.0mN·m²/g 具有撕裂度明显较高的优势。小叶龙竹的抗张指数为 44.65 N·m/g 耐破指数为 3.70 kPa·m²/g 耐折度为 229(9.8N,次),其耐折度也达到较高水平。

表 2 小叶龙竹与其他竹种的纤维长度分布频率的比较

Table 2 Comparisons of fiber length frequency with other bamboo species				
纤维长度 /mm Pulp length	纤维长度分布频率 % Length frequency			
	小叶龙竹	慈竹	毛竹	巨龙竹
≤0.5	0	2.0	0	0
0.5~ 1.0	0.5	9.0	6.5	1.5
1.0~ 1.5	1.0	18.0	18.5	6.5
1.5~ 2.0	1.0	23.0	28.0	13.0
2.0~ 2.5	2.5	21.0	22.0	15.0
2.5~ 3.0	4.5	17.0	15.5	18.0
3.0~ 3.5	7.0	6.0	7.0	18.5
3.5~ 4.0	13.5	3.0	2.5	18.5
≥4.0	74.0	1.0	0	9.0

3 结 论

(1)小叶龙竹纤维长度平均为 5.25 mm,比目前常用的纸浆树种云杉、马尾松、桉树的纤维还要长,比巨龙竹、毛竹、慈竹的比例高 1.99~ 9.63 倍。其长宽比为 260.80 是慈竹、毛竹、巨龙竹、桉树的 2 倍左右,是云杉、马尾松的 3.5 倍以上,是目前纤维最长、长宽比最大的竹种之一。

(2)从小叶龙竹的主要化学成分来看,其纤维素含量为 51.00%,明显高于毛竹、慈竹、巨龙竹,金平龙竹和版纳甜龙竹^[12-13]。比阔叶材桉树的纤维含量高 5.41%,比针叶材造纸原料云杉的高 4.08%,略低于马尾松的纤维素含量;木质素含量为 28.13%,与慈竹相当,比毛竹低;戊聚糖含量为 15.78%,比毛竹和慈竹的都低;其冷水抽提物、热水抽提物与毛竹、慈竹和巨龙竹相当;其 1% NaOH 抽提物远低于慈竹、毛竹,而略高于巨龙竹。

(3)小叶龙竹黑液的有机物含量占总固形物含量的 65.02%,SO₂ 含量高于落叶松,但远低于甘蔗渣、芦苇、麦草黑液的 SO₂ 含量,也低于毛竹和巨龙竹黑液的 SO₂ 含量。黑液的燃烧值达 13.28 kJ/g 与马尾松、慈竹黑液的燃烧值相近。与常用制浆竹种相比具有硫酸盐法蒸煮成浆容易、撕裂强度高的特性,是一种优良的制浆造纸原料。

[参 考 文 献]

[1] 耿平介,王正平.中国植物志:第九卷,第一分册[M].北京:科学出版社,1996

[2] 李延辉.西双版纳高等植物名录[M].昆明:云南民族出版社,1996

[3] 李秀兰,林汝顺,冯学琳,等.中国部分丛生竹类染色体数目报道[J].植物分类学报,2001,39(5):433-442

[4] 中国轻工业标准汇编.造纸卷:上下册[M].北京:中国轻工出版社,1999.

[5] 制浆造纸手册编写组.制浆造纸手册:第一分册[M].北京:中国轻工出版社,1988

[6] 造纸工业碱回收编写组.造纸工业碱回收[M].北京:中国轻工出版社,1979.

[7] 制浆造纸手册编写组.制浆造纸手册:第三分册[M].北京:中国轻工出版社,1988

[8] 胡惠仁,石淑兰,魏德津.四种竹材硫酸盐法制浆的比较[J].天津造纸,1999(4):2-8

[9] 刘晓波,韩绍中,穆道友,等.德宏州巨龙竹纤维形态和化学成分与制浆性能的初步研究[J].昆明理工大学学报:理工版,2006 31(1):83-88.

[10] 石淑兰,何福望.制浆造纸分析与检测[M].北京:中国轻工出版社,2003

[11] 朱先军,伍红,詹怀宇,等.粤东四种竹子硫酸盐法制浆的研究[J].造纸科学与技术,2004 23(2):10-11

[12] 杨清,彭镇华,孙启祥,等.金平龙竹的化学成分与制浆性能[J].东北林业大学学报,2007 35(8):33-35

[13] 杨清,苏无荣,许丛恒,等.版纳甜龙竹的化学成分与制浆性能研究[J].中华纸业,2007 28(6):83-85

(责任编辑 李燕文)