

橄榄竹化学成分、纤维形态 及组织比量的分析

连华萍

(福建省三明市竹业开发站,福建 三明 365000)

摘要:在福建省永安洪田镇采集了1至4年生的橄榄竹(*Indosasa gigantea*),进行竹材不同年龄、不同纵向部位的主要化学成分、纤维形态及组织比量的测定与分析。结果表明:橄榄竹纤维素含量为47.75%,木素含量25.58%,多戊糖18.77%,灰分2.30%, SiO_2 0.88%,质量分数为1% NaOH抽提物22.76%,热水抽提物7.17%,冷水抽提物6.19%,苯醇抽提物5.10%,满足造纸质量要求;4年生竹材的平均纤维长度为2.387 mm,平均纤维宽度17.16 μm ,纤维长宽比139.1,属于长纤维,适宜制浆;竹杆中含有51.3%薄壁组织,38.7%纤维束和10.0%输导组织。综合分析,橄榄竹纤维素含量高,木素含量较低,纤维平均长度长,长宽比高,是一种较优良的竹纤维原料。

关键词:橄榄竹;化学成分;纤维形态;组织比量;制浆造纸

中图分类号:S795.902 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2012)05-0971-05

Chemical Composition and Fiber Morphology and Tissue Measurements of *Indosasa gigantea*

LIAN Hua-ping

(Sanming Bamboo Industry Development Station of Fujian, Sanming 365000, China)

Abstract: The chemical composition and fiber morphology and tissue measurements of *Indosasa gigantea* in Yong'an City were studied. The results showed that the chemical composition were: the cellulose content was 47.75%, Klason lignin at 25.58%, pentosan 18.77%, ash 2.30%, SiO_2 0.88%, 1% NaOH solvent extractive 22.76%, coldwater solvent extractive 6.19%, hotwater solvent extractive 7.17%, benzene-alcohol solvent extractive 5.10%, complying with the quality requirements of papermaking. The fiber length and width of 4-year-old culm were 2.387 mm, 17.16 μm , the length/width ratio was 139.1, so it belonged to long fiber materials for pulping. The proportions of parenchyma, fiber hundles and conducting tissue in bamboo stem were 51.38%, 38.7% and 10%. It is concluded that its cellulose content is high, Klason lignin is low, fiber length is large, therefore, *Indosasa gigantea* is a good bamboo fiber material.

Key words: *Indosasa gigantea*; chemical composition; fiber morphology; tissue measurements; papermaking

中国是最主要的产竹国,现阶段竹业发展正面临难得的历史机遇,需要进一步优化竹林结构,形成散生竹、丛生竹、乡土竹种、引进竹种的综合开发新格局^[1]。竹子作为优质造纸原料之一,其优势在于生长快、成林成材周期短,能迅速恢复森林植被,固结表土减少水土流失,以竹代木发展竹浆产业能减少木材消耗,有效控制对森林的过度采伐,实现生态环境的目标^[2-3]。

收稿日期:2011-10-17 修回日期:2012-04-17

基金项目:福建省科技厅重点科研项目(2007N0021)

作者简介:连华萍(1964—),女,高级工程师,主要从事森林培育研究, E-mail: smzhuye@163.com。

橄榄竹(*Indosasa gigantea*)为竹亚科大节竹属,是福建省乡土经济竹种,竹秆圆满通直,尖削度小,节间长,具有适应性强,生物产量高,用途多,效益好等特点,是一种优良笋材及观赏用的大型竹种^[4]。过去国内竹子研究者对不少竹种的纤维形态和理化性能作了研究报道^[5-6]。但迄今为止,橄榄竹的利用并未得到充分的开发。为此本文对橄榄竹的化学成分、纤维形态及组织比量进行分析及应用探讨,为福建省优良竹种资源的综合开发利用提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

根据橄榄竹在福建永安、沙县、将乐等县(市)的资源分布情况,在永安市洪田镇洪田村对面河山场选择具有代表性的橄榄竹林分,竹林平均胸径 9.0 cm,平均高度 14.8 m,每公顷立竹量达 2 700~3 600 株,竹林长势良好。设立 30 cm×20 m 标准地 5 个,调查样地竹株胸径、竹高等相关因子。每块样地内分别不同年龄(1 a、2 a、3 a、4 a)选择 3 株健康平均竹做为样竹,共 60 株,齐地伐倒后,对样竹不同秆高处:基部(距地 0.3 m 处)、中部(秆高 1/2 处)、顶部(秆高 2/3 处)的节间中央截取 50 cm 长的试材带回实验室自然风干备用。

1.2 试验方法^[7-8]

1.2.1 化学性质测定 将取回的橄榄竹试材分成 3 部分,第 1 部分试材按各部分劈成大小较均匀的小竹片,选取不同年龄样品片(样竹基、中、顶部各取四分之一竹片混合)、不同部位样品片(4 年生样竹分别基、中、顶部取四分之一竹片)各约 2 000 g,置入植物粉碎机磨成细末,过筛,截取能过 40 目但不能通过 60 目筛的细末。凉至室温后装入具有磨砂玻璃塞广口瓶中供试验分析用(GB/T2677.1-93)。

测定竹材不同年龄、不同秆高处的化学成分含量,选择与造纸性质相关的指标进行分析:纤维素,不溶木素,多戊糖,冷热水,1% 氢氧化钠、苯-醇抽出物以及灰分, SiO₂。测定方法采用国标(GB/T2677.8-94、GB/T2677.9-94、GB/T2677.4-93、GB/T2677.5-93、GB/T2677.6-94、GB/T2677.3-93)等。

1.2.2 纤维形态与组织比量测定 试材第 2 部分从 4 年生橄榄竹材基部、中部、顶部竹环取长约 2.5 cm 的小竹片,制成火柴梗大小的竹材试样,采用硝酸-氯酸钾法进行纤维离析(国标 GB/T10336-2002),将制好的竹材纤维载玻片用 XWY 多功能纤维测量系统测定,每个试样观测 60~100 根,测定纤维长度和宽度,计算长宽比。第 3 部位从 4 年生橄榄竹不同部位竹环上各取 3 段竹块作为试样,将试样蒸煮软化后,喷蒸法在切片机上取径向端面的单层细胞制成成片,在投影显微镜上放大并拍照,通过图像处理系统计算试样的各项组织比量。

2 结果与分析

2.1 化学成分分析

竹材的化学成分对竹材材性和加工利用有着重要影响,是开展原料利用、设计生产工艺路线、制定生产工艺条件的基本依据^[9]。对橄榄竹不同年龄、不同纵向部位竹材的 9 项主要化学成分指标测定分析,结果见表 1。不同年龄及不同部位的各项化学指标存在一定差异,经方差分析,各项指标均未达到显著差异水平。

2.1.1 纤维素含量 造纸原料的纤维素含量高,则制浆得率就高,一般地,制浆原料的纤维素含量在 40% 以上,才比较经济^[10]。从试验结果看(表 1) 橄榄竹不同年龄竹材的纤维素含量在 46.5%~48.75%,平均值为 47.75%,符合造纸质量要求,属于 I 类竹浆原料指标等级^[10],能够获得较高制浆得率。1~4 年生竹材中,随着竹龄增加其纤维素含量呈下降趋势,但差异不明显,3 年生竹材的纤维素含量介于相同年龄的毛竹(*Phyllostachys edulis*)含量(60.55%)与青皮竹(*Bambusa textilis*)含量(45.50%)之间^[6];4 年生竹材的纵向部位含量比较,基部>中部>顶部。

2.1.2 木素含量 木素含量是制定合理蒸煮与漂白工艺的重要条件,其含量高,蒸煮困难,消耗的药品相对较多^[11]。由表 1 橄榄竹木素含量平均为 25.58%,属于 I 类竹浆造纸原料指标等级^[10],与慈竹(*Bambusa affinis*)木素含量(25.12%)相当,且低于毛竹的含量(30.67%)^[12];橄榄竹 1~4 年生竹材的木素含量变化在 22.11%~28.12%,随着竹龄增加,秆材的木质化程度增大,3 年生的含量稍高于同

龄的毛竹(26.20%)、青皮竹(23.81%)含量^[6]到4年生时其木素含量达最大值;4年生竹材的纵向部位中,以顶部含量最大,其次为基部与中部。

表1 橄榄竹主要化学成分分析

Tab.1 The chemical composition of *Indosasa gigantea*

项目 Item	指标 Index	化学成分/% Chemical composition								
		纤维素 Cellulose	木素 Lignin	多戊糖 Pentosan	灰分 Ash	SiO ₂	1% NaOH 抽出物 1% NaOH solvent extractive	热水抽出物 Hotwater solvent extractive	冷水抽出物 Coldwater solvent extractive	苯醇抽出物 Benzene - alcohol solvent extractive
年龄 Age	1	48.75	22.11	20.10	3.02	0.75	24.49	8.15	7.44	4.30
	2	48.35	25.29	18.69	2.51	0.82	23.06	7.06	6.18	4.75
	3	47.39	26.79	18.25	1.92	0.86	22.67	6.87	6.10	5.41
	4	46.50	28.12	18.02	1.75	1.10	20.84	6.61	5.02	5.95
	平均值 Average	47.75	25.58	18.77	2.30	0.88	22.76	7.17	6.19	5.10
	F 值	2.014	1.587	1.680	2.276	0.894	3.248	1.599	3.051	1.243
部位 Part	基部 Base	47.78	27.55	18.53	2.40	1.12	22.19	6.18	4.78	5.45
	中部 Middle	47.22	26.77	17.14	2.69	1.05	22.79	6.36	4.64	5.43
	顶部 Top	43.12	29.91	17.97	3.26	1.08	21.02	7.55	6.49	6.07
	F 值 F value	1.640	3.075	0.857	1.952	0.966	2.745	1.483	3.850	2.794

$$F_{0.05}(4, 11) = 4.066; F_{0.01}(4, 11) = 7.591; F_{0.05}(3, 8) = 5.143; F_{0.01}(3, 8) = 10.925。$$

2.1.3 多戊糖 多戊糖含量高时,造纸打浆较为容易,纤维的结合度好。橄榄竹多戊糖含量平均值为18.77%,属于II类竹浆造纸指标等级^[10],与马尾松(*Pinus massoniana*)、桉树(*Eucalyptus globulus*)等阔叶材相比,其含量较高,但较毛竹、慈竹的含量稍低^[12]。由表可知,1年竹幼竹含量最高达20.1%,第2年以后随着竹龄增加含量略有下降,差异不明显;4年生竹材中,以基部的含量较高,中部、顶部基本一致。

2.1.4 灰分与 SiO₂ 在造纸工艺中,灰分与 SiO₂ 的含量直接会影响碱液回收,一般要求绝缘纸浆、精制纸浆的原料灰分比例不超过1%^[11]。表1 橄榄竹灰分含量为2.30%,接近慈竹的含量,而高于毛竹的^[12]含量;SiO₂含量为0.88%,低于慈竹的含量,两项指标均属II级竹浆原料指标等级,并不适合用于精制纸浆生产。分析表明,随着竹龄增加,灰分含量逐年降低, SiO₂含量则逐年提高,这与不同年龄毛竹竹材的研究结果一致^[13-14]。3年生竹材灰分含量比较表明,橄榄竹含量则高于毛竹(0.69%)、青皮竹(1.58%)^[6],而 SiO₂主要存在于竹材的表层硅质细胞中,因此成龄竹材的 SiO₂的积累量高于幼龄竹;4年生竹材从顶部到基部,灰分含量呈现减少变化,而 SiO₂含量逐渐增加。

2.1.5 抽提物 竹材的抽提物主要是指用冷水、热水、醚、苯、1%氢氧化钠等溶剂从竹材中抽提出来的物质,竹材抽提物的成分十分复杂,不同竹种及竹龄的各种抽提物含量是不同的^[14]。由表1分析得出,橄榄竹的竹材中各种抽提物的含量随着竹龄的增大而呈现减少的变化趋势,一般地,1~2年生竹材的含量较高于3~4年生。

由表1可知,橄榄竹的质量分数为1%NaOH抽提物含量平均为22.76%,低于毛竹的(30.98%)、慈竹的含量(27.72%)^[15],属II类竹浆原料指标等级。橄榄竹随着竹龄的增加,质量分数为1%NaOH抽提物含量下降,1年生竹材含量是4年生的1.16倍,为最高值,不同纵向部位之间含量较为接近,因此随着竹株生长成熟,到4年生时趋于稳定。

此外,水抽提物的主要成分是单糖、低聚糖、淀粉、树脂、氨基酸、水溶性色素和无机盐等。随着橄榄竹竹秆的成熟,冷、热水抽提物含量呈现逐步下降的变化。热水抽提物平均含量为7.17%,冷水抽提物为6.19%,1年生竹秆的水抽提物含量明显高于2~4年生,4年生竹材顶部含量明显高于中部与基部。竹材中苯-醇抽提物含量高会影响浆料颜色,不利于生产。橄榄竹的苯-醇抽提物含量为5.10%,随着竹龄的增加,苯-醇抽提物含量逐年增大,4年生竹材纵向部位的含量以顶部值稍大。

2.2 纤维形态与组织比量

纤维形态作为植物纤维原料的特征,与纸张的性能密切相关^[11]。纤维长度、长宽比是衡量竹材造纸性能的重要指标,在一定范围内,细而长的纤维能增加纸张强度、耐折度和耐破性,而纤维长宽比大的

竹材撕裂性和强固性好^[16-17]。测定结果表明(表 2) 橄榄竹 4 年生秆材的平均纤维长度为 2.387 mm, 变动在 1.514 ~ 3.267 mm, 变异系数为 26.8%; 平均纤维宽度为 17.16 μm, 变动在 10.8 ~ 22.1 μm, 变异系数为 28.2%。纤维长宽比平均值为 139.1, 变异系数 18.7%, 因此橄榄竹属于长纤维原料^[10], 适宜用于制浆造纸。从秆基到梢部, 纤维长度逐渐减小, 纤维宽度逐渐增大, 纤维长宽比呈减小变化, 与毛竹变化规律相似^[15]。经方差分析, 不同部位的纤维形态指标未达到差异显著水平。

由表 2 橄榄竹竹秆含有约 51.3% 的薄壁组织, 38.7% 的纤维束和 10.0% 的输导组织, 各项组织比量的变异系数分别为 18.9%、16.2%、11.8%。薄壁组织比量随着竹材高度的增加而减小, 纤维束、输导组织比量则随着高度的增加而增大。经方差分析, 各项组织比量差异不显著。

表 2 4 年生橄榄竹纤维形态与组织比量

Tab. 2 The fiber forms and tissue measurements with 4-year-old culm of *Indosasa gigantea*

指标部位 Index part	纤维形态 Fiber form			组织比量/% Tissue measurement		
	纤维长度/mm	纤维宽度/μm	纤维长宽比	薄壁组织	纤维束	输导组织
	Fiber length	Fiber width	Length/width ratio	Parenchyma	Fiber bundle	Conducting tissue
基部 base	2.587	15.87	163.0	53.2	37.4	9.4
中部 middle	2.312	16.82	137.5	50.5	39.2	10.3
顶部 top	2.262	18.79	120.4	50.1	39.5	10.4
平均值 average	2.387	17.16	139.1	51.3	38.7	10.0
变异系数 C. V	26.800	28.20	18.7	18.9	16.2	11.8
F 值 F value	0.885	2.742	2.169	1.493	1.255	0.684

$F_{0.05}(3, 8) = 5.143; F_{0.01}(3, 8) = 10.925$ 。

3 小结与讨论

竹子作为制浆纤维原料, 其化学成分、纤维形态及组织比量是评价此竹种用于制浆造纸的重要参考指标。本研究结果表明, 橄榄竹不同年龄与部位的 9 项化学指标存在一定差异, 但差异未达到显著水平。其纤维素含量为 47.75%, 木素 25.58%、多戊糖 18.77%、灰分 2.30%、SiO₂ 0.88%、质量分数为 1% NaOH 抽提物 22.76%、热水抽提物 7.17%、冷水抽提物 6.19%、苯醇抽提物 5.10%, 达到造纸质量要求。与竹原料等级相比^[10], 纤维素、木素、质量分数为 1% NaOH 抽提物达 I 类竹原料标准, 其他指标达 II 类标准。就纤维素、木素含量而言, 橄榄竹纤维素含量高于目前造纸工业使用最多的毛竹(45.5%)^[12]、慈竹(44.35%)^[12] 以及桉树(45.59%)^[12], 木素含量则低于毛竹(30.67%)、桉树(27.45%), 与慈竹(25.12%) 相当, 因此橄榄竹具有纤维含量高, 木素含量较低的优势。但是, 橄榄竹灰分与 SiO₂ 含量相对高于毛竹、青皮竹、马尾松及桉树等, 在生产过程中应重视改进制浆技术, 以降低因两者造成的回收困难、化学药品耗费大等问题。研究指出, 抽提物的含量往往会对制浆、漂白等生产过程及产品质量造成不良的影响^[6]。从竹材不同年龄来看, 纤维素含量随着竹龄的增加而减少, 木素含量则增大, 到 4 年生时木素含量达最大值, 而 2 年生以后的多戊糖含量基本不变, 1~2 年生竹材的抽提物含量较高于 3~4 年生, 因此利用竹材时可选择 3~4 年生竹株进行采伐。

橄榄竹 4 年生竹材的平均纤维长度为 2.387 mm, 平均纤维宽度 17.16 μm, 纤维长宽比 139.1, 较常用的纸浆树种马尾松、桉树的纤维更长, 属于长纤维原料, 适宜用于制浆造纸; 竹秆中含有 51.3% 薄壁组织, 38.7% 纤维束和 10.0% 输导组织。4 年生橄榄竹纤维长度与同龄毛竹(2.628 mm)^[15] 接近, 纤维宽度则较毛竹(14.9 μm) 稍宽, 薄壁组织较毛竹(65.1%) 偏小, 而纤维束较毛竹(28.68%) 大, 具有较高的纸浆得率, 因此其作为植物纤维原料的质量相当于目前竹浆原料中使用最多的竹种毛竹。从不同竹秆部位来看, 基部与中部纤维长度较长, 长宽比较大, 这与已有的研究较一致^[18], 但纤维宽度变化趋势存在着差异, 这可能与橄榄竹生长广泛, 不同地域之间纤维形态差异有关, 有待进一步探讨。但各项纤维形态、组织比量指标均差异不显著, 作为纤维原料利用时可全竹利用。

综上所述, 橄榄竹作为乡土竹种, 在福建省内均有分布, 特别在北部地区的良好生长适应性与较高生物量, 利用闽北闽中地区的橄榄竹资源发展制浆造纸原料林, 为闽北邵武竹浆厂提供竹浆原料, 改善因毛竹价格偏高, 丛生竹生长受制约等问题, 同时这将有利于提高橄榄竹的竹材利用率, 增加竹种附加值, 改善纸张品种结构, 是振兴地方经济的一条新途径。

参考文献:

- [1]江泽慧. 加速推进我国竹产业发展[J]. 绿色中国 2002(1): 9-12.
- [2]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.
- [3]辉朝茂 郝吉明 杨宇明. 关于中国竹浆产业和纸浆竹林基地建设的探讨[J]. 中国造纸学报 2003, 18(1): 152-156.
- [4]中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第九卷第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1996: 107-152.
- [5]马灵飞 韩红 马乃训. 部分散生竹材纤维形态及主要理化性能[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10(4): 361-367.
- [6]刘力 俞友明 郭建忠. 竹材化学与利用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006: 18-24.
- [7]屈维钧. 制浆造纸实验[M]. 北京: 轻工业出版社, 1990: 12-63.
- [8]《制浆造纸手册》编写组. 制浆造纸手册(第一分册 纤维原料和化工原料. 第三分册 碱法制浆) [M]. 北京: 轻工出版社, 1988.
- [9]史正军 张加研 吴春华 等. 油箬竹材性分析及开发利用价值评价[J]. 安徽农业科学 2009, 37(34): 17180-17181, 17204.
- [10]张喜. 贵州主要竹种的纤维及造纸性能的分析研究[J]. 竹子研究汇刊, 1995, 14(4): 14-29.
- [11]杨淑惠. 植物纤维化学[M]. 3版. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 6-69.
- [12]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.
- [13]周芳纯. 竹林培育[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981: 236-242.
- [14]郑郁善 洪伟. 毛竹经营学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1998: 431-437.
- [15]刘一星 赵广杰. 木质资源材料学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007: 239-248.
- [16]方红 刘善辉. 造纸纤维原料的评价[J]. 北京木材工业, 1996, 16(2): 19-22.
- [17]王宗德 范国荣 彭锦云. 江西杉木木材形态及化学成分研究(Ⅰ) [J]. 江西农业大学学报 2001, 23(1): 112-115.
- [18]郑蓉 刘晓辉 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(4): 21-22, 26.

(上接第959页)

- [4]Warren C. C, Loren M S, James F B. Potential allelopathic interference by the exotic Chinese tallow tree (*Sapium sebiferum*) [J]. The American Midland Naturalist 2002, 148(1): 43-53.
- [5]王晓光 李金柱 邓先珍 等. 层次分析法在湖北省乌桕优树决选中的应用研究[J]. 华中农业大学学报 2009, 28(1): 89-92.
- [6]李宝银 周俊新 陈剑勇 等. 闽北乌桕经济性状的差异性[J]. 福建林学院学报 2009, 29(1): 23-27.
- [7]荀守华 孙蕾 王开芳. 东部黑核桃优树选择研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版 2005, 36(3): 359-362.
- [8]同金侠 李新岗 郭鹏. 中阳木枣的优树选择研究[J]. 西北植物学报 2001, 21(6): 1233-1236.
- [9]胡安鸿 董玉芝 李月. 新疆乌什县核桃优树坚果性状评价[J]. 新疆农业科学 2011, 48(1): 53-59.
- [10]方嘉兴 何方. 中国油桐[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998.
- [11]庄瑞林. 中国油茶[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [12]陈勇 赵渝丽 杨小平. 重庆市油茶优树调查与初选评价[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版 2010, 35(5): 156-160.
- [13]顾万春. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [14]国家质量技术监督. GB2772-1999. 中华人民共和国标准: 林木种子检验规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [15]胡明方. 食品分析[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1992.
- [16]柳新红 葛永金 王军峰 等. 翅荚木种源苗期性状地理变异及早期选择研究[J]. 江西农业大学学报 2007, 29(1): 61-65.
- [17]吴志庄 王学勇 汪泽军. 黄连木优树子代苗期测定与初步选择[J]. 福建林学院学报 2008, 28(3): 252-256.
- [18]方栋龙. 苗木生产技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1992.