

淡竹化学成分与纤维形态的研究

裴韵文, 王传贵*, 张双燕, 武恒, 王翔, 陈美玲

(安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

摘要: 以4种竹龄的淡竹为研究对象, 对其化学成分和纤维形态进行了测试和分析。结果表明, 淡竹灰分含量为3.69%, 苯醇抽提物含量为2.98%, 酸不溶木素含量为19.30%, 综纤维素含量为70.80%, 纤维素含量为39.20%, 聚戊糖含量为23.06%; 不同竹龄、部位淡竹纤维平均长度为1.24 mm, 平均宽度为15.31 μm , 平均长宽比为81.29。要用来做纸浆生产原料, 宜首选3年生淡竹竹材。

关键词: 淡竹; 化学成分; 纤维形态

中图分类号: S781.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)01-0136-05

Research on chemical composition and fiber morphology of henon bamboo(*Phyllostachys glauca*)

PEI Yunwen, WANG Chuangui, ZHANG Shuangyan, WU Hen, WANG Xiang, CHEN Meiling

(School of Forest & Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: The chemical composition and fiber morphology of 4 kinds of henon bamboo were studied in this paper. The results showed that henon bamboo contains 3.69% of ash, 2.98% of benzene-alcohol extractive, 19.30% of lignin, 70.80% of holocellulose, 39.20% of cellulose, and 23.06% of pentosane; the average fiber length and fiber width were 1.24 mm and 15.31 μm , respectively; the length/width ratio of 81.29. The 3-year-old henon bamboo is suitable material for making paper.

Key words: *Phyllostachys glauca*; chemical composition; fiber morphology

随着竹产业的发展, 大径级材用竹种利用广泛, 但仍有许多其他优良的材用竹种没有得到很好的开发, 尤其是小径竹^[1]。而合理开发利用这部分资源, 扩大竹产品原料来源, 对振兴广大竹产区经济, 保证我国竹产业健康持续发展具有重要意义^[2]。为此, 作者研究了安徽泾县特色经济竹种——淡竹的化学成分和纤维形态, 旨在提高小径竹高质化应用。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试样详情 实验用淡竹采自安徽省泾县榔桥镇, 详情见表1。

1.1.2 试样制备 分别选取无病虫害的2年生、3年生、4年生、5年生原竹3~4株, 取根部、距根

部向上1.3 m胸径处、梢部3个部位各1个竹节长, 实验室风干, 粉碎, 过筛, 取40~60目细粉, 放置于样品瓶中, 供化学成分分析用。

1.2 方法

1.2.1 化学成分测定方法 参照国家标准《造纸原料灰分含量测定》(GB/T742-2008)、《造纸原料有机溶剂抽出物含量测定》(GB/T2677.6-1994)、《造纸原料酸不溶木素含量测定》(GB/T2677.8-1994)、《造纸原料综纤维素含量测定》(GB/T2677.10-1994)、《造纸原料聚戊糖含量测定》(GB/T2677.9-1994), 取各年份淡竹的不同部位的试样, 测定了灰分、苯醇抽提、酸不溶木质素、纤维素、综纤维素、聚戊糖等共6项化学组成指标。其中纤维素采用的是硝酸乙醇的测定方法。

收稿日期: 2013-07-01

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题“竹材制浆造纸废水处理过程固体废弃物利用技术研究”(2012BAD23B0204)资助。

作者简介: 裴韵文, 硕士研究生。

* 通信作者: 王传贵, 副教授。E-mail: nj230036@163.com

1.2.2 纤维形态测定方法 将 2 年和 3 年生淡竹的不同部位试样劈成火柴杆大小, 取适量放入试管中, 用 30% 双氧水与冰醋酸 1:1 配比溶液注入试管, 淹

没试样, 放入 60℃ 烘箱中, 直至试样变白为止, 大约为 12 h。离析后在显微镜下测定纤维长度和宽度。

表 1 试样采集基本信息

Table 1 Basic information for sample collection

竹龄 Age	竹高-均值/cm Height	第 1 枝桠高-均值/cm The first branches high	胸径-均值/cm Diameter at breast height
2 年 Two years old	360	162.00	29
3 年 Three years old	444	200.75	33
4 年 Four years old	43	301.00	31
5 年 Five years old	512	253.00	40

2 结果与分析

2.1 淡竹化学成分分析

2.1.1 灰分 灰分是生物质原料经过灼烧后残留的无机物, 主要元素有 Ca、Mg、K 等, 在制浆过程中, 灰分高会影响碱液的回收, 同时会造成污染^[3]。从表 2 可知, 试验用淡竹灰分含量在 2.61%~5.16% 范围内变化。其中, 2 年淡竹灰分的平均含量最低

为 3.04%, 梢部含量最高为 3.75%, 中部含量最低为 2.61%; 3 年淡竹灰分的平均含量最高为 4.15%, 其梢部含量最高为 5.16%, 中部含量最低为 3.56%。不同竹龄间随着竹龄的增大, 淡竹灰分含量先增加, 后持续缓慢减少; 不同部位间, 2 年和 3 年淡竹灰分含量均梢部高中部低, 4 年淡竹灰分含量中部高基部低, 5 年淡竹灰分含量从基部到梢部呈上升趋势。

表 2 不同竹龄及部位的淡竹的化学成分

Table 2 Chemical composition in different ages and parts of henon bamboo

原料 Material	灰分 Ash	苯醇抽提 Benzene-alcohol extractive	酸不溶木素 Lignin	纤维素 Cellulose	综纤维素 Holocellulose	聚戊糖 Pentosane	%
二年生 Biennial	基部 Root	2.77	2.28	22.09	42.42	71.78	21.77
	胸径 DBH	2.61	2.25	19.49	38.07	65.50	20.33
	梢部 Tip	3.75	2.71	20.07	35.06	68.32	18.84
	平均 Average	3.04	2.41	20.55	38.52	68.53	20.31
三年生 Three years old	基部 Root	3.74	3.39	19.11	41.94	76.29	28.03
	胸径 DBH	3.55	2.05	23.27	42.11	70.32	20.87
	梢部 Tip	5.16	3.38	22.07	41.88	75.04	26.19
	平均 Average	4.15	2.94	21.48	41.98	73.88	25.03
四年生 Four years old	基部 Root	2.91	2.76	22.07	40.13	71.69	28.16
	胸径 DBH	4.75	3.05	16.44	36.61	69.02	25.38
	梢部 Tip	3.96	3.25	16.87	39.07	66.02	26.23
	平均 Average	3.87	3.02	18.46	38.60	68.91	26.59
五年生 Five years old	基部 Root	3.45	3.27	18.51	39.68	72.97	23.72
	胸径 DBH	3.50	3.58	16.27	36.80	73.03	15.79
	梢部 Tip	4.11	3.84	16.07	36.58	69.61	21.35
	平均 Average	3.69	3.56	16.95	37.6	71.87	20.29

2.1.2 苯醇抽提物 在制浆过程中, 苯醇抽提物多, 蒸煮时化学药品的消耗通常也较多, 而且还可能延缓蒸煮过程, 影响纸浆颜色, 特别是对酸性亚硫酸盐法制浆, 严重时可形成“树脂障碍”, 对生产工艺不利^[4]。从表 2 可知, 随着竹龄的增大, 淡竹苯醇抽提物含量呈上升趋势。其中, 2 年生淡竹苯醇抽提

物的平均含量最低为 2.42%, 其梢部含量最高为 2.71%, 中部含量最低为 2.25%; 3 年生淡竹苯醇抽提物的平均含量为 2.94%, 其基部含量最高为 3.39%, 中部含量最低为 2.05%。

2.1.3 酸不溶木素 木素含量是造纸原料的主要测定指标之一。从表 2 可知, 淡竹酸不溶木质素含量

在 16.07%~23.27%范围内变化,随着竹龄的增大,淡竹酸不溶木质素含量呈现先增加,后减少的趋势。不同部位间,2年和4年生淡竹酸不溶木质素含量基部高中部低,3年生淡竹酸不溶木质素含量中部高基部低,5年生淡竹则从基部到梢部呈下降趋势。其中,2年生淡竹酸不溶木质素的平均含量为20.55%,其基部含量最高为22.09%,中部含量最低为19.49%;3年生淡竹酸不溶木质素的平均含量为21.48%,其中部含量最高为23.27%,基部含量最低

为19.11%。

2.1.4 纤维素 从表2可知,淡竹纤维素含量介于35.06%~42.42%之间。随着竹龄的增大,淡竹纤维素含量先增加,后减少,其中,2年生淡竹纤维素的平均含量为38.52%,其基部含量最高为42.42%,梢部含量最低为35.06%;3年生淡竹纤维素的平均含量最高为41.98%,其中部含量最高为42.11%,梢部含量最低为41.89%。

表3 2年生淡竹的纤维长度和纤维宽度

Table 3 Fiber length and fiber width of 2-year-old henon bamboo

	基部(均值) Root(average)	胸径处(均值) Diameter(average)	梢部(均值) Tip(average)
长度/ μm Length	1352.10	1227.44	984.59
宽度/ μm Width	17.66	15.48	13.39
长宽比 Length-width ratio	76.58	79.29	73.54

表4 2年生淡竹不同部位长宽比方差分析

Table 4 Analysis of variance of 2-year-old henon bamboo with different parts

差异源 Source	SS	df	MS	F	P-value	F crit
不同部位 Different part	1932.062	2	966.0311	1.584987	0.211018	3.105157
组内 Intragroup	51197.03	84	609.4885			
总计 Total	53129.09	86				

注:统计学有显著差异($P<0.05$)。Note: Significant difference at the 0.05 level by stat.

表5 3年生淡竹的纤维长度和纤维宽度

Table 5 Fiber length and fiber width of 3-year-old henon bamboo

	基部(均值) Root(average)	胸径处(均值) Diameter(average)	梢部(均值) Tip(average)
长度/ μm Length	1454.48	1210.59	1237.11
宽度/ μm Width	15.29	15.04	14.99
长宽比 Length-width ratio	95.14	80.47	82.51

表6 3年生淡竹不同部位长宽比方差分析

Table 6 Analysis of variance of 3-year-old henon bamboo with different parts

差异源 Source	SS	df	MS	F	P-value	F crit.
不同部位 Different part	3432.799	2	1716.4	2.040835	0.136313	3.105157
组内 Intragroup	70646.35	84	841.028			
总计 Total	74079.15	86				

注:统计学有显著差异($P<0.05$)。Note: significant difference at the 0.05 level by stat.

表7 纸浆纤维形态分级^[9]

Table 7 The pulp fiber morphological classification^[9]

等级 Level	优 Excellent	良 Good	中 Medium	差 Bad
纤维长度/mm Fiber length	>2.0	1.5~1.9	1.0~1.4	<1.0
纤维宽度/ μm Fiber width	>50	35~50	15~35	<15
纤维长宽比 Fiber length-width ratio	>150	100~150	45~100	<45

2.1.5 综纤维素 植物综纤维素的含量是衡量该植物作为制浆造纸或水解工业原料优劣的重要经济指

标,是纤维原料中碳水化合物的全部,即纤维素和半纤维素,其含量越高,可能达到的纤维得率也越

高。由于纤维素含量测定存在着一定缺陷, 分析结果往往不能正确反映纤维的真实含量, 因而通常以综纤维素的含量来评价其制浆性能的适宜程度^[5]。

从表 2 可以看出, 淡竹综纤维素含量在 65.50%~76.29% 范围内变化。其中, 2 年生淡竹综纤维素的平均含量为 68.53%, 其基部含量最高为 71.78%, 中部含量最低为 65.50%; 3 年生淡竹综纤维素的平均含量为 73.89%, 其基部含量最高为 76.29%, 中部含量最低为 70.32%。不同竹龄间随着竹龄的增大, 淡竹综纤维素含量先增加, 后减少, 后又增加, 且相比其他竹龄, 3 年生淡竹平均综纤维素含量稍高。不同部位间, 2 年生和 3 年生淡竹综纤维素含量基部高中部低, 5 年生淡竹综纤维素含量中部高稍部低, 4 年生淡竹综纤维素含量从基部到稍部呈下降趋势。

2.1.6 聚戊糖 植物纤维原料用于造纸时, 一定量半纤维素的存在可增加纸张的强度。半纤维素的主要成分是聚戊糖以及多己糖和多己糠醛、多戊糖的衍生物或混合物, 其中 90% 以上由聚戊糖组成^[6]。表 2 显示了不同竹龄、不同部位淡竹聚戊糖含量的测定结果。结果表明, 随着竹龄的增大, 淡竹聚戊糖含量呈现先增大, 后减小的趋势; 不同部位间, 3 年、4 年和 5 年生淡竹聚戊糖含量从基部到稍部均先减少后增加, 2 年生淡竹纤维素含量从基部到稍部呈下降趋势。淡竹聚戊糖含量在 15.79%~28.16% 之间。其中, 2 年生淡竹聚戊糖的平均含量为 20.32%, 其基部含量最高为 21.77%, 稍部含量最低为 18.84%; 3 年生淡竹聚戊糖的平均含量为 25.03%, 其基部含量最高为 28.03%, 中部含量最低为 20.87%。平均含量最低为 20.29%, 其基部含量最高为 23.72%, 中部含量最低为 15.79%。

2.2 纤维形态分析

2.2.1 纤维长度、宽度和长宽比 竹材的纤维特性是衡量造纸性能优劣的重要指标之一, 纤维特性主要包括纤维长度、宽度、长宽比等形态指标, 与竹材的造纸性能直接相关^[7]。

由表 3、表 5 可知, 2 年生淡竹的纤维长度在 984.59~1352.10 μm 之间, 由基部向稍部递减, 平均值为 1188.04 μm ; 纤维宽度在 13.39~17.67 μm 之间, 由基部向稍部递减, 平均值为 15.51 μm ; 纤维长宽比在 73.54~79.29 之间, 中部高, 稍部低, 平均值为 76.61。3 年生淡竹的纤维长度在 1210.59~1454.48 μm 之间, 在轴向高度上先减少后增加, 最小值和最大值分别出现在中部和基部, 平均值为 1300.73 μm ; 纤维宽度在 15.00~15.29 μm 之间, 由基部向稍

部递减, 平均值为 15.11 μm ; 纤维长宽比在 80.47~95.14 之间, 基部高, 中部低, 平均值为 86.10。由表 4、表 6 可知 2 年、3 年生淡竹不同部位间纤维长宽比不显著, 可见在制浆造纸过程中无需分部位加工应用。

2.2.2 纤维形态分级 纤维长度是衡量竹材造纸性能的一个重要指标, 一般说来, 在一定范围内, 细而长的纤维能提高抗张强度、耐折度和耐破度, 并与撕裂度直接相关, 纤维过短, 如平均长度小于 0.4 mm, 则不宜用于造纸^[8], 只能以填料浆的形式少量配用; 如果纤维太长, 平均长度大于 5 mm 时, 浆料容易絮凝, 也难于抄出匀度较好的纸张。表 7 为淡竹纤维形态分级情况表。

2 年生和 3 年生淡竹的大部分纤维长度都集中在 1200~1400 μm 范围内, 宽度集中在 15~17 μm 范围内, 长宽比集中在 70~100 范围内, 与表 7 对比可知, 不同竹龄淡竹的纤维形态均属于中等级, 但差异比较显著, 相比较而言, 3 年生淡竹整体均更为优异。3 年生淡竹基部的纤维长度和长宽比最高; 2 年生淡竹基部的纤维宽度最高, 但稍部的纤维长度和长宽比最小。从淡竹不同竹龄、不同部位的纤维形态来看, 要用来做纸浆生产原料, 宜首选 3 年生淡竹的基部竹材。

3 结论

通过对不同竹龄、不同部位淡竹化学成分进行测试和分析, 结果表明: 淡竹灰分、苯醇抽提物、酸不溶木素、综纤维素、纤维素、聚戊糖含量范围分别为 2.61%~5.16%、2.05%~3.84%、16.07%~23.27%、65.50%~76.29%、35.06%~42.42% 和 15.79%~28.16%, 其平均含量分别为 3.69%、2.98%、19.30%、70.80%、39.20% 和 23.06%。

不同竹龄、不同部位淡竹的纤维长度、宽度、长宽比存在一定的差异, 平均纤维长度为 1244.39 μm , 平均宽度为 15.318 μm , 平均长宽比为 81.29。2 年生和 3 年生淡竹的大部分纤维长度都集中在 1200~1400 μm 范围内, 宽度集中在 15~17 μm 范围内, 长宽比集中在 70~100 范围内。且不同部位间纤维形态差异不显著。从淡竹不同竹龄、不同部位的纤维形态来看, 要用来做纸浆生产原料, 宜首选 3 年生淡竹竹材。

参考文献:

- [1] 丁雨龙. 竹类植物资源利用与定向选育[J]. 林业科技开发, 2002, 16(1): 6-8.

- [2] 于文吉, 余养伦, 周月, 等. 小径竹重组结构材性能影响因素的研究[J]. 林产工业, 2006, 33: 24-28.
- [3] 程隆棣, 徐小丽, 劳继红. 竹纤维的结构形态及性能分析[J]. 纺织导报, 2003(5): 101-103.
- [4] 王丹枫. 纤维形态参数及测量[J]. 中国造纸, 1999, 19(1): 36-39.
- [5] 辉朝茂, 杨宇明. 材用竹资源工业化利用[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1998: 1-75.
- [6] 杨宇明, 辉朝茂. 优质笋用竹资源产业化开发[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 9-63.
- [7] 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.
- [8] 吴国芳, 冯志坚, 马炜梁, 等. 植物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [9] 中国轻工业部造纸工业研究所. 造纸原料分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1981.
- [10] 张齐生. 竹类资源加工的特点及其利用途径的展望[J]. 中国林业, 2004(1): 9-11.
- [11] 李昌荣, 张齐生. 我国竹类资源的利用途径[J]. 林产工业, 1989(6): 1.
- [12] 史正军, 辉朝茂. 云南甜竹化学成分与纤维形态的研究[J]. 生物质化学工程, 2009, 43: 21-24.
- [13] 江泽慧, 于文吉. 竹材化学成分分析和表面性能表征[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(4): 1-6.
- [14] 贾燕芳, 石伟勇. 几种笋壳的化学成分及其纤维素特征[J]. 浙江大学学报, 2011, 37(3): 338-342.
- [15] 周建钟, 冯炎龙, 刘力. 竹青竹黄的化学成分及综合利用[J]. 林产化工通讯, 2003, 37: 8-9.