

网络出版时间:2014-02-28 13:13

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.03.018

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.03.018.html

黄藤和单叶省藤改性处理工艺综合评价

徐 鑫¹,刘杏娥²,汪佑宏¹,高龙芽¹,王 瑞¹

(1 安徽农业大学 林学与园林学院,安徽 合肥 230036;2 国际竹藤中心,北京 100102)

【摘 要】 【目的】优化黄藤和单叶省藤的改性处理工艺,以提高我国棕榈藤资源高附加值加工利用水平。【方法】以黄藤和单叶省藤为研究对象,选择改性方式、改性工艺、浸注量以及处理试剂 4 个因素分 3 水平进行 $L_9(3^4)$ 正交试验,对 2 种藤条改性处理前后主要物理力学性质及尺寸稳定性的变化进行测定,通过优序数法分析试验结果,建立最佳改性工艺。【结果】黄藤最佳改性方案为辐照处理、辐照剂量 15 kGy,浸注量 50%,处理试剂为三聚氰胺树脂;单叶省藤最佳改性方案为辐照处理、辐照剂量 15 kGy,浸注量 50%,处理试剂为脲醛树脂。按照对应最佳工艺,黄藤素材和改性材的气干密度、绝干密度、基本密度、抗弯弹性模量(MOE)、抗弯强度(MOR)、顺纹抗压弹性模量(MOE-IC)、顺纹抗压强度(CS)依次为 0.46 和 0.69 g/cm³、0.43 和 0.65 g/cm³、0.39 和 0.59 g/cm³、1 525.46 和 1 944.71 MPa、57.62 和 66.87 MPa、1 198.49 和 1 688.70 MPa、23.54 和 34.44 MPa,单叶省藤素材和改性材的上述指标依次为 0.55 和 0.77 g/cm³、0.52 和 0.72 g/cm³、0.47 和 0.65 g/cm³、1 375.32 和 1 550.78 MPa、67.88 和 71.25 MPa、1 597.18 和 1 740.50 MPa、31.59 和 36.74 MPa。黄藤改性材的阻湿率(MEE)和抗吸水率(RWA)分别为 16.69%和 125.10%,单叶省藤改性材的阻湿率和抗吸水率分别为 23.56%和 81.62%。【结论】改性材的密度、MOE、MOR、MOEIC、CS、MEE 和 RWA 等大部分物理力学性质及尺寸稳定性均有显著改善。

【关键词】 黄藤;单叶省藤;改性处理;藤材材性;优序数法

【中图分类号】 S781.29

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)03-0093-06

Comprehensive evaluation on modification techniques for *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius*

XU Xin¹, LIU Xing-e², WANG You-hong¹, GAO Long-ya¹, WANG Rui¹

(1 College of Forestry & Gardens of Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

2 International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

Abstract: 【Objective】 This study optimized the modification processes for *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius* to improve the levels of high value-added processing and utilizing for Chinese rattan resources. 【Method】 Using *D. margaritae* and *C. simplicifolius* as the research materials, $L_9(3^4)$ orthogonal experiment was conducted with four factors including modification way, modification technique, leaching amount and processing reagents in three levels. Main physical and mechanical properties and dimensional stabilities were measured before and after the modification, then the optimum process was established by calculating the experimental results with prior-order numbers. 【Results】 The best *D. margaritae* modification way was irradiate with dose of 15 kGy, grafting yield of 50%, and reagent of MF. The best modification way for *C. simplicifolius* was irradiate with dose of 15 kGy, grafting yield of 50%, and reagent of UF. According to the optimum processes, the air dry densities, oven dry densities, basic densities,

【收稿日期】 2013-03-29

【基金项目】 “十二五”国家科技计划课题(2012BAD23B0104);安徽省自然科学基金项目(11040606M60)

【作者简介】 徐 鑫(1986—),男,安徽合肥人,硕士,主要从事木材科学与技术研究。E-mail:1962683332@qq.com

【通信作者】 汪佑宏(1970—),男,安徽芜湖人,教授,博士(后),主要从事生物质材料基础理论、干燥及改性研究。E-mail:wangyh@ahau.edu.cn

MOE,MOR,MOEIC,and CS of *D. margaritae* before and after modification were 0. 46 and 0. 69 g/cm³, 0. 43 and 0. 65 g/cm³, 0. 39 and 0. 59 g/cm³, 1 525. 46 and 1 944. 71 MPa, 57. 62 and 66. 87 MPa,1 198. 49 and 1 688. 70 MPa,and 23. 54 and 34. 44 MPa,respectively;and the corresponding values of *C. simplicifolius* were 0. 55 and 0. 77 g/cm³,0. 52 and 0. 72 g/cm³,0. 47 and 0. 65 g/cm³,1 375. 32 and 1 550. 78 MPa, 67. 88 and 71. 25 MPa,1 597. 18 and 1 740. 50 MPa,and 31. 59 and 36. 74 MPa,respectively. MEE and RWA values of *D. margaritae* after modification were 16. 69% and 125. 10%,while that of *C. simplicifolius* were 23. 56% and 81. 62%,respectively. 【Conclusion】 Most physical and mechanical properties including densities,MOE,MOR,MOEIC,CS,MEE and RWA as well as dimensional stabilities of *D. margaritae* and *C. simplicifolius* after modification were increased.

Key words: *Daemonorops margaritae*; *Calamus simplicifolius*; modification; rattan propterties; prior-order numbers

棕榈藤(rattan)属棕榈科(Palmae)省藤亚科(Calamoideae)省藤族(Calameae)类植物,是热带森林宝库中重要的、用途广泛的、仅次于木材和竹材的可再生非木材资源,天然分布于东半球的热带地区及邻近区域,全世界共有 13 属 600 余种,我国自然分布有 3 属 42 种 26 变种^[1]。棕榈藤藤茎在商品上俗称“藤条”,密度中等、轻便坚固、抛光大高、耐久性强,而且美观素雅,被广泛用于制造桌、椅、沙发、床等藤制家具及工艺品等,具有很高的经济价值^[2-3]。目前,对棕榈藤的研究主要集中在构造^[4-7]、物理特性^[6-10]、力学性质^[8-11]等材性方面,以及防变色、软化等改性处理方面^[12-15],对藤材强化及尺寸稳定性的研究则鲜有报道。因此,本研究从力学强度及尺寸稳定性入手,对黄藤和单叶省藤进行改性处理,并运用综合评价方法,建立最佳改性工艺,以期为藤材的科学合理保护和综合高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

试验材料为约 15 年生的黄藤(*Daemonorops*

margaritae (Hance) Beccari) 和单叶省藤(*Calamus simplicifolius* Wei.),均采自广西壮族自治区凭祥市英阳林场。伐倒后去叶鞘、气干。黄藤藤条直径 11~15 mm,长 12~15 m,节间长 12~25 cm;单叶省藤藤条直径 12~20 mm,长 18~20 m,节间长 14~40 cm。

试剂主要有甲基丙烯酸甲酯(MMA)、三聚氰胺树脂(MF)和脲醛树脂(UF)。

仪器设备有 90SZ51 真空加压罐,博山微电子厂;合肥(国家)林业辐照中心的 γ 射线辐照场;DHG-9146A 型电热鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;G80W23CSP-Z 微波炉,Galanz;KBF115#04-63203 恒温恒湿箱,德国 BINDER 公司;5582Q7171 万能力学试验机,INSTRON 公司。

1.2 试验方法

试验选取改性方式、改性工艺、浸注量(浸注量以绝干材的质量增加率表示)和处理试剂为 4 个因素,按 $L_9(3^4)$ 进行 3 水平正交试验^[16],试验因素与水平及各组试验具体参数见表 1 和表 2。

表 1 黄藤和单叶省藤改性处理正交试验的因素及水平
Table 1 Factors and levels of the orthogonal experiment for modification of *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius*

水平 Level	改性方式(A) Modification way	改性工艺(B) Modification processes	浸注量(C)/% Amount of leaching	处理试剂(D) Processing reagents
1	辐照 Radiation	15 kGy	20	甲基丙烯酸甲酯 MMA
		25 kGy		
		35 kGy		
2	微波 Microwave	2 min	35	三聚氰胺树脂 MF
		4 min		
		6 min		
3	加热 Heat	100 ℃	50	脲醛树脂 UF
		120 ℃		
		140 ℃		

表 2 黄藤和单叶省藤改性处理正交试验 $L_9(3^4)$ 设计方案
Table 2 Orthogonal experiment $L_9(3^4)$ design for modification of
Daemonorops margaritae and *Calamus simplicifolius*

试验号 Test number	改性方式(A) Modification way	改性工艺(B) Modification processes	浸注量(C)/% Amount of leaching	处理试剂(D) Processing reagents
1	辐照 Radiation	15 kGy	20	MMA
2	辐照 Radiation	25 kGy	35	MF
3	辐照 Radiation	35 kGy	50	UF
4	微波 Microwave	2 min	35	UF
5	微波 Microwave	4 min	50	MMA
6	微波 Microwave	6 min	20	MF
7	加热 Heat	100 ℃	50	MF
8	加热 Heat	120 ℃	50	UF
9	加热 Heat	140 ℃	35	MMA

将试材从基部向上依次从节部截断,按 1~13 循环编号,顶端不足 13 节的留作预试验用。其中,编号 1~9 号的试材为表 2 内的 9 组试验用材,先用相应处理试剂浸渍,然后再分别用 γ 射线、微波或加热方式进行改性处理;10、11 号试材为验证试验用材,12、13 号为对比试材即素材,每组重复 30 次。

抗弯弹性模量(MOE)、抗弯强度(MOR)试件长 160 mm,参照 GB/T 15780—1995 进行测定。顺纹抗压弹性模量(MOEIC)、顺纹抗压强度(CS)分别根据 GB/T 3356—2009、GB/T 1935—2009 的方法进行测定(根据预试验,黄藤和单叶省藤的顺纹抗压强度测试试件的最佳长度分别为 4 和 5 cm,即2~3 倍直径)。

在测定 MOE 和 MOR 后的破坏试件上,参照 GB/T 1933—2009 和 GB/T 15780—1995 的规定,截取长度为 2 cm 的无疵试样作为密度及尺寸稳定性测试试件,分别测定并计算改性处理材和素材的基本密度、气干密度、绝干密度、体积膨胀(干缩)率、吸湿率及吸水率,并进一步求出改性处理材抗胀(缩)率(ASE)、阻湿率(MEE)和抗吸水率(RWA)^[17];再在 9 组改性处理试材上分别截取长度 5 cm 的样品各 5 个,由藤皮至藤芯再到藤皮取 5 个对称分布的 1 mm 厚薄片,对藤茎做径向分层密度测试^[16]。

1.3 基于优序数法的正交试验结果的综合评定

用 1 项指标来衡量试验结果的优劣,称为单指标分析;单指标分析通过比较相应值的大小,很容易得出理想工艺。如果衡量试验结果优劣的指标有多项,就称为多指标分析。对于多个评定指标(本试验中有 9 项指标),因往往要综合考虑各项指标,因此最佳工艺的判断相对较难。为此,本研究将根据优序数法对各组试验同一指标进行排序、赋值,得到各组试验的综合评分,再根据进一步的数理统计分析

结果,选择出令人满意的最佳工艺^[16,18]。

对于藤材抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量、顺纹抗压强度、气干密度、抗胀(缩)率、阻湿率及抗吸水率而言,其值越大,表明改性处理后材性越好;而从藤皮至藤芯的密度梯度越小,则表明改性材材质越均匀。所以对各组试验根据黄藤和单叶省藤材抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量、顺纹抗压强度、气干密度、抗胀(缩)率、阻湿率、抗吸水率从大到小及密度梯度从小到大的变化进行排序,并依次赋予 8,7,6,5,4,3,2,1 和 0 分^[18]。

2 结果与分析

2.1 黄藤和单叶省藤改性处理正交试验结果的综合评定及最佳工艺选择

各组试验 9 项评定指标基于优序数法的赋值结果见表 3。根据表 3 可算得黄藤和单叶省藤各组改性处理试验的综合评分,依据综合评分进行进一步数理统计分析^[17],结果见表 4。由表 4 中各因素极差(R 值)大小可知,影响黄藤改性处理工艺各因素的主次顺序为:A→D→B→C。对于黄藤而言,改性方式(A)对综合评定结果的影响最大,是影响改性工艺结果优劣的最主要因素,其极差值高达 24.83。当改性方式为辐照处理时,其综合评分最高,结果也最理想;其次为加热处理和微波处理,综合评分依次降低,结果也就依次变差,但二者间相差不大。处理试剂(D)和改性工艺(B)对改性试验结果的评定也有较大影响,且相差不大,可以作为影响该工艺的 2 个次主要因素。浸注量(C)对黄藤材的改性工艺结果影响最小,在试验或实际生产过程中,可根据生产成本酌情考虑。

黄藤改性综合评定的最佳工艺为 $A_1B_1C_3D_2$,即辐照处理,辐照剂量为 15 kGy,浸注量为 50%,处理剂为三聚氰胺树脂(MF)。

表 3 黄藤和单叶省藤改性处理正交试验 9 项评定指标基于优序数法的赋值结果

Table 3 Assignment results of prior-order numbers based on 9 indexes of orthogonal experiment for modification of *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius*

指标 Index	分值 Score																	
	黄藤 <i>D. margaritae</i>									单叶省藤 <i>C. simplicifolius</i>								
	8	7	6	5	4	3	2	1	0	8	7	6	5	4	3	2	1	0
f ₁	(3)	(1)	(2)	(7)	(4)	(5)、(9)	/	(8)	(6)	(4)	(2)	(3)	(7)	(1)	(6)	(8)	(5)、(9)	/
f ₂	(1)	(2)	(3)	(7)	(4)	(5)、(9)	/	(6)	(8)	(2)	(4)	(3)	(7)	(1)	(6)	(5)、(9)	/	(8)
f ₃	(3)	(2)	(1)	(7)	(4)	(6)	(5)、(9)	/	(8)	(4)	(2)	(3)	(1)	(7)	(6)	(5)、(9)	/	(8)
f ₄	(3)	(2)	(1)	(7)	(4)	(6)	(8)	(5)、(9)	/	(4)	(3)	(2)	(7)	(1)	(6)	(5)、(9)	/	(8)
f ₅	(7)	(3)	(2)	(4)	(6)	(8)	(1)	(5)、(9)	/	(3)	(7)	(2)	(4)	(8)	(6)	(1)	(5)、(9)	/
f ₆	(2)	(7)	(1)	(6)	(5)、(9)	/	(8)	(4)	(3)	(3)	(6)	(8)	(7)	(1)	(4)	(5)、(9)	/	(2)
f ₇	(1)	(5)、(9)	/	(3)	(2)	(6)	(4)	(7)	(8)	(1)	(3)	(4)	(5)、(9)	/	(2)	(7)	(6)	(8)
f ₈	(7)	(2)	(3)	(4)	(8)	(6)	(1)	(5)、(9)	/	(3)	(2)	(7)	(4)	(8)	(6)	(1)	(5)、(9)	/
f ₉	(7)	(4)	(8)	(2)	(6)	(3)	(1)	(5)、(9)	/	(3)	(7)	(1)	(2)	(4)	(6)	(8)	(5)、(9)	/

注: f₁、f₂、f₃、f₄、f₅、f₆、f₇、f₈ 和 f₉ 分别代表抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量、顺纹抗压强度、气干密度、抗胀(缩)率、阻湿率、吸水率及密度梯度;()中数字表示试验号,与表 2 中对应。
Note: f₁, f₂, f₃, f₄, f₅, f₆, f₇, f₈ and f₉ stand for MOE, MOR, MOEIC, CS, air dry density, ASE, MEE, RWA and density gradient, respectively. Numbers in () stand for test number, corresponding to Table 2.

表 4 黄藤和单叶省藤改性处理正交试验结果的综合评价

Table 4 Comprehensive evaluation on orthogonal experiment results for modification of *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius*

计算结果 Calculation results	黄藤 <i>D. margaritae</i>				单叶省藤 <i>C. simplicifolius</i>			
	改性方式(A)	改性工艺(B)	浸注量(C)	处理试剂(D)	改性方式(A)	改性工艺(B)	浸注量(C)	处理试剂(D)
	Modification way	Modification processes	Amount of leaching	Processing reagents	Modification way	Modification processes	Amount of leaching	Processing reagents
K' ₁	155.00	135.00	91.00	84.00	148.00	135.00	82.00	67.00
K' ₂	80.50	93.50	111.50	135.00	99.00	83.00	119.00	124.00
K' ₃	88.50	95.50	121.50	105.00	80.00	109.00	126.00	136.00
K ₁	51.67	45.00	30.33	28.00	49.33	45.00	27.33	22.33
K ₂	26.83	31.17	37.17	45.00	33.00	27.67	39.67	41.33
K ₃	29.50	31.83	40.50	35.00	26.67	36.33	42.00	45.33
R	24.83	13.83	10.17	17.00	22.67	17.33	14.67	23.00

注: K'_j 表示优序数在 j 水平下所对应指标值的和, K_j 表示优序数在 j 水平下所对应指标值的平均数, R 表示优序数平均指标值的极差。
Note: K'_j stands for the sum of indexes of prior-order numbers at j level, K_j stands for the average of indexes s of prior-order numbers at j level, and R stands for the range of average indexes of prior-order numbers.

由表 4 中各因素的极差(表 4 中 R 值)大小可知,影响单叶省藤改性处理工艺各因素的主次顺序为:D→A→B→C。对于单叶省藤而言,处理试剂(D)对综合评定结果的影响最大,是影响改性工艺结果优劣的最主要因素,其极差值达 23.00。当使用脲醛树脂(UF)作为处理试剂时,其综合评分最高,结果也最理想;其次为三聚氰胺树脂(MF)和甲基丙烯酸甲酯(MMA)。改性方式(A)的综合得分仅次于处理试剂,且相差不大,也是影响改性工艺结果的重要因素;而改性工艺(B)和浸渍量(C)对单叶省藤的改性工艺结果影响较小,在试验或实际生产过程中,可以根据生产成本酌情考虑。

单叶省藤改性综合评定最佳工艺为: A₁B₁C₃D₃,即辐照处理,辐照剂量为 15 kGy,浸注量为 50%,处理剂为脲醛树脂(UF)。

2.2 黄藤和单叶省藤改性处理最佳工艺的验证

对通过正交试验和优序数法得出的黄藤和单叶省藤改性处理最佳工艺进行验证试验,结果(表 5 和表 6)发现,改性材的大部分物理性质和力学性质均有明显改善。

由表 5 可知,与素材相比,无论是黄藤还是单叶省藤,改性材的气干密度、绝干密度及基本密度均有不同程度的提高,吸水膨胀率下降;原因是由于浸渍不同树脂后,改性处理材密度增大,同时树脂固化形成保护层,阻碍了藤材中半纤维素、纤维素分子链上游离羟基对水分的吸收,使改性材吸水能力降低,吸水膨胀率也相应降低。其中黄藤经改性处理后密度增大明显,增幅均在 50.0%以上,基本密度增幅更是高达 51.3%;单叶省藤密度增幅也都在 40.0%左右,其中基本密度增幅最小,也达到了 38.3%。但

黄藤改性材的吸湿膨胀率、单叶省藤改性材的体积干缩率和吸湿膨胀率却变差,原因可能与黄藤、单叶省藤材的纤维微纤丝角较大有关,也可能是受改性方式、处理试剂影响所致。

表 5 黄藤和单叶省藤改性材与素材的主要物理性质

Table 5 Main physical properties of <i>Daemonorops margaritae</i> and <i>Calamus simplicifolius</i> before and after modification												
藤种 Rattan species	气干密度/ (g·cm ⁻³) Air dry density		绝干密度/ (g·cm ⁻³) Oven dry density		基本密度/ (g·cm ⁻³) Basic density		体积干缩率/% Volume shrinkage		吸湿膨胀率/% Hygroscopic expansion rate		吸水膨胀率/% Expansion rate of water absorption	
	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan
黄藤 <i>D. margaritae</i>	0.69	0.46	0.65	0.43	0.59	0.39	0.30	0.42	4.07	3.78	8.81	10.48
单叶省藤 <i>C. simplicifolius</i>	0.77	0.55	0.72	0.52	0.65	0.47	0.53	0.48	4.45	4.37	10.18	13.15

由表 6 可知,无论是抗弯弹性模量、抗弯强度,还是顺纹抗压弹性模量、顺纹抗压强度,黄藤及单叶省藤的改性材都有不同程度增加,而且黄藤改性材的增幅均大于单叶省藤,这主要是由于改性处理后其密度增大的结果。其中,与素材相比,黄藤改性材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量和顺纹抗压强度分别增加了 27.48%,16.05%,40.90%,46.30%,而单叶省藤改性材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量和顺纹抗压强度分别只增加了 12.76%,4.96%,8.97%,16.30%。

表 6 黄藤和单叶省藤改性材与素材的主要力学性质

Table 6 Main mechanical properties of <i>Daemonorops margaritae</i> and <i>Calamus simplicifolius</i> before and after modification									
藤种 Rattan species	抗弯弹性模量/MPa MOE		抗弯强度/MPa MOR		顺纹抗压弹性模量/MPa MOEIC		顺纹抗压强度/MPa CS		
	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	改性材 Modified rattan	素材 Rattan	
黄藤 <i>D. margaritae</i>	1 944.71	1 525.46	66.87	57.62	1 688.70	1 198.49	34.44	23.54	
单叶省藤 <i>C. simplicifolius</i>	1 550.78	1 375.32	71.25	67.88	1 740.50	1 597.18	36.74	31.59	

由表 7 可以看出,黄藤和单叶省藤改性材的阻湿率分别为 16.69%和 23.56%,抗吸水率分别为 125.10%和 81.62%,改性材的阻湿率和抗吸水率均有不同程度改善,这与树脂固化形成保护层,从而可以屏蔽自由羟基有关;但抗胀(缩)率却均为负值,即改性材的吸湿膨胀率反而略大于素材,这可能与其微纤丝角、改性方式或处理试剂有关。

表 7 黄藤和单叶省藤改性材的尺寸稳定性

Table 7 Dimensional stabilities of the modified <i>Daemonorops margaritae</i> and <i>Calamus simplicifolius</i>			
藤种 Rattan species	抗胀(缩)率/% ASE	阻湿率/% MEE	抗吸水率/% RAW
黄藤 <i>D. margaritae</i>	-7.02	16.69	125.10
单叶省藤 <i>C. simplicifolius</i>	-1.85	23.56	81.62

3 结论与讨论

本研究选取抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量、顺纹抗压强度、气干密度、密度梯度、抗胀(缩)率、阻湿率、抗吸水率共 9 项指标,以优序数法对各组试验得分进行综合分析,得出最佳改性方案。对于黄藤而言,影响其物理力学性质的各因素影响排序为改性方式、处理试剂、改性工艺、浸渍量;最佳改性方案为辐照处理、辐照剂量 15 kGy、浸注量 50%、处理剂为三聚氰胺树脂。对于单叶省藤而言,影响其物理力学性质的各因素影响排序为处理试剂、改性方式、改性工艺、浸渍量;最佳改性方案为辐照处理、辐照剂量 15 kGy、浸注量 50%、处理剂为脲

醛树脂。以综合评价得出的最佳方案进行验证试验发现,改性材的密度、抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压弹性模量、顺纹抗压强度、阻湿率和抗吸水率等大部分物理力学性质均有明显改善,其中黄藤材改性处理效果优于单叶省藤。但黄藤和单叶省藤改性材的吸湿膨胀率均大于素材,这是由棕榈藤材本身纤维微纤丝角较大所致^[1],还是受改性方式或处理试剂的影响,还有待进一步探讨。

[参考文献]

[1] 江泽慧. 世界竹藤 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002: 566-604.
Jiang Z H. Bamboo and rattan in the world [M]. Shenyang: Li-

aoning Science and Technology Publishing House, 2002: 566-604. (in Chinese)

[2] 袁 哲, 强明礼, 杜官本. 云南藤家具业的现状与前瞻 [J]. 世界竹藤通讯, 2006, 4(4): 8-11, 26.
Yuan Z, Qiang M L, Du G B. Actualities and prospects of rattan furniture industry in Yunnan Province [J]. World Bamboo and Rattan, 2006, 4(4): 8-11, 26. (in Chinese)

[3] 蔡则谟, 许煌灿, 尹光天, 等. 棕榈藤利用的研究与进展 [J]. 林业科学研究, 2003, 16(4): 479-487.
Cai Z M, Xu H C, Yin G T, et al. The research and development of rattan utilization [J]. Forest Research, 2003, 16(4): 479-487. (in Chinese)

[4] 蔡则谟, 刘 英. 小钩叶藤茎解剖特性的变异 [J]. 广西植物, 1994, 14(1): 60-64.
Cai Z M, Liu Y. Structural variations in stem of *Plectocomia microstachys* [J]. Guihaia, 1994, 14(1): 60-64. (in Chinese)

[5] Chung H H, Chen Y S. Anatomical properties of Papua New Guinea rattans [R]. Taipei: Taiwan Forestry Research Institute, 1994.

[6] Ebanyenle E, Oteng-Amoako A A. Variation in some anatomical and physical properties of stems of five rattan palm species of Ghana [J]. Journal of Bamboo and Rattan, 2005, 4(2): 1569-1586.

[7] Bhat K M, Verghese M. Anatomical basis for density and shrinkage behavior of rattan stem [J]. J Inst Wood Sci, 1991, 12(3): 123-130.

[8] Wahab R, Sulaiman O, Samsi H W. Basic density and strength properties of cultivated *Calamus manna* [J]. Journal of Bamboo and Rattan, 2004, 3(1): 35-43.

[9] Kabir M F, Bhattacharjee D K, Sattar M A. Influence of height on the physical and mechanical properties of golla cane (*Daemonorops jenkinsiana*) [J]. Bangladesh Journal of Forest Science, 1993, 22(1/2): 52-56.

[10] Kabir M F, Bhattacharjee D K, Sattar M A. Variation of physical and mechanical properties of *Calamus erectus* [J]. Bangladesh Journal of Forest Science, 1994, 23(2): 43-47.

[11] Bhat K M, Thulasidas P K. Strength properties of ten South Indian canes [J]. Tropical Forest Science, 1992, 5(1): 26-34.

[12] 吴玉章, 周 宇. 3 种棕榈藤藤材变色的研究 [J]. 林业科学, 2005, 41(5): 211-213.
Wu Y Z, Zhou Y. Discoloration of three rattan canes [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(5): 211-213. (in Chinese)

[13] 吴玉章, 周 宇. 3 种棕榈藤藤材防变色的研究 [J]. 林业科学, 2006, 42(3): 116-120.
Wu Y Z, Zhou Y. Studied on the prevention of discoloration with three kinds of rattan canes [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(3): 116-120. (in Chinese)

[14] 吕文华, 江泽慧, 吴玉章, 等. 木、竹、藤材的变色防治 [J]. 世界林业研究, 2006, 19(4): 38-44.
Lü W H, Jiang Z H, Wu Y Z, et al. Research on wood, bamboo and rattan cane discoloration [J]. World Forestry Research, 2006, 19(4): 38-44. (in Chinese)

[15] Abasolo W P, Yoshida M, Yamamoto H. 棕榈藤的热软化: 半纤维木素基质的影响 [J]. 世界竹藤通讯, 2003, 1(4): 32-36.
Abasolo W P, Yoshida M, Yamamoto H. Thermal softening of rattan canes: Influence of the hemi cellulose-lignin matrix [J]. World Bamboo and Rattan, 2003, 1(4): 32-36. (in Chinese)

[16] 刘杏娥, 徐 鑫, 汪佑宏, 等. 改性处理对黄藤及单叶省藤主要物理力学性质影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(1): 91-96.
Liu X E, Xu X, Wang Y H, et al. The effect of modification on the main physical and mechanical properties of *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius* [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2012, 39(1): 91-96. (in Chinese)

[17] 陆文达. 木材改性工艺学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 12-15.
Lu W D. Wood modification technology [M]. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1993: 12-15. (in Chinese)

[18] 汪佑宏, 顾炼百, 刘启明, 等. 马尾松人工林速生材表面强化工艺综合评价 [J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(5): 105-109.
Wang Y H, Gu L B, Liu Q M, et al. Synthetically estimating the surface strengthening technique for fast-growing lumber of *Pinus massoniana* plantation [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2009, 29(5): 105-109. (in Chinese)