

## 改性处理对黄藤及单叶省藤主要物理力学性质的影响

刘杏娥<sup>1</sup>, 徐鑫<sup>2</sup>, 汪佑宏<sup>2\*</sup>, 张令峰<sup>2</sup>, 周旭<sup>2</sup>, 王瑞<sup>2</sup>, 高龙芽<sup>2</sup>

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

**摘要:** 棕榈藤作为一种重要的生物质材料, 其利用对部分替代木材和保护森林资源发挥着重要作用。以黄藤和单叶省藤为研究对象, 通过对其改性处理前后主要物理力学性质的变化进行研究, 提高我国棕榈藤资源高附加值加工利用水平。研究表明, 两种藤材通过改性处理后, 除部分吸湿率升高之外, 其他物理力学性质均有所改善, 如抗弯弹性模量、抗弯强度、抗压弹性模量、抗压强度、密度、体积干缩率、吸水体积膨胀率以及材质均匀度等。

**关键词:** 黄藤; 单叶省藤; 改性处理; 物理力学性质

中图分类号: S781

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)01-0061-06

### Effect of modification on the main physical and mechanical properties of *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius*

LIU Xing-e<sup>1</sup>, XU Xin<sup>2</sup>, WANG You-hong<sup>2</sup>, ZHANG Ling-feng<sup>2</sup>, ZHOU Xue<sup>2</sup>, WANG Rui<sup>2</sup>, GAO Long-ya<sup>2</sup>

(1. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102;

2. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** As a kind of biomaterial, the use of rattan has very important function in replacing wood partly and protecting forest resources. In order to improve the levels of high value-added processing and utilizing for Chinese rattan resources, *Daemonorops margaritae* and *Calamus simplicifolius* were chosen as experimental materials and the main physical and mechanical properties were studied before and after the modification. The results show that after being modified, all the physical & mechanics properties such as MOE, MOR, compression modulus & strength, density, shrinkage, swelling of sorption, degree of homogeneity are significantly improved than untreated rattans.

**Key words:** *Daemonorops margaritae*; *Calamus simplicifolius*; modification; physical and mechanical properties

棕榈藤 (rattan) 属于棕榈科单子叶藤类植物, 是重要的可再生非木材资源<sup>[1]</sup>。在世界上共有 13 属 600 多种,  $3.5 \times 10^7$  万  $\text{hm}^2$  以上的天然林中有棕榈藤的分布<sup>[2]</sup>。我国分布有 3 属: 省藤属 (*Calamus*), 黄藤属 (*Daemonorops*) 和钩叶藤属 (*Plectocomia*), 约 48 种, 26 变种。目前在广东、广西、海南、云南及福建等省也均有人工栽培。

棕榈藤藤茎在商品上俗称“藤条”<sup>[3]</sup>, 密度中等、轻便坚固、抛光大度、耐久性强, 而且美观素雅, 是家具和工艺制品的优良材料, 被广泛用于制造桌、

椅、茶几、沙发、床等藤制家具及工艺品等<sup>[4-5]</sup>。自然清新的原色藤家具体现了现代人回归自然、追求健康的生活理念, 素有“工艺美术品”之美称, 是传统的出口创汇商品之一, 具有很高的经济价值。

但是与木、竹材等生物质材料相比, 藤茎却存在一些影响其利用价值的缺陷, 如强度低、材质均匀性差等, 这些缺陷降低了藤材的耐久性以及强度, 影响了棕榈藤材的利用价值。因此通过改性处理, 为藤材的科学合理保护、综合高效利用提供理论, 为提高我国棕榈藤资源工业化利用水平打下基础。

收稿日期: 2011-08-26

基金项目: 不同区域的棕榈藤材宏观力学及微力学性能研究(1632008001)和安徽省自然科学基金项目(11040606M60)共同资助。

作者简介: 刘杏娥, 女, 博士, 副研究员。E-mail: liuxe@icbr.ac.cn

\* 通讯作者: 汪佑宏, 男, 博士, 副教授。

## 1 材料与方

### 1.1 试验材料

**1.1.1 棕榈藤** 本试验所用材料分别是 15 a 生左右单叶省藤和 15 a 生左右黄藤, 均采伐于广西壮族自治区凭祥市英阳林场。采收后去叶鞘、气干。黄藤藤条直径 11~15 mm, 长 12~15 m, 节间长度 12~25 cm。单叶省藤藤条直径 12~20 mm, 长 18~20 m, 节间长度 14~40 cm。

**1.1.2 试剂** 甲基丙烯酸甲酯 (MMA)、脲醛树脂 (UF)、三聚氰胺树脂 (MF)。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 棕榈藤改性处理试验方法** 正交试验法是利

用排列整齐的表——正交表来对试验进行整体设计、综合比较、统计分析, 实现通过少数试验次数找到较好的生产条件, 以达到最高生产工艺效果<sup>[6]</sup>。正交表能够在因素变化范围内均衡抽样, 使每次试验都具有较强的代表性, 由于正交表具备均衡分散的特点, 保证了全面试验的某些要求, 这些试验往往能够较好或更好的达到试验的目的。

(1) 试样的制备。试材: 从基部向上, 依次截取节间部分, 按 1-13 循环编号, 顶端不足 13 节的留做预备试验试材, 1-9 即正交表内 9 组试验试材, 10、11 为验证试验试材, 12、13 为素材对比试材。每组重复 30 次, 即黄藤与单叶省藤各 390 个样。如图 1 所示。



图 1 试样的制备  
Figure 1 Sample made

(2) 正交试验设计。根据前人研究成果, 试验取改性方式、改性工艺、浸注量以及处理试剂 4 个因素, 安排  $L_9(3^4)$  正交试验, 见表 1。其中浸注量以绝干材的增重率表征, 其中辐照标准剂量率为  $2.5 \times 10^3 \text{ kGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

预试验中, 将藤材绝干称重后进行浸渍处理, 发现 MMA 在绝干材中渗透性较好, 在常压下即可达到浸注量的设定值, 而气干材则很难浸入, 可能是由于 MMA 属油性物质, 水分阻碍了其向藤材内

部扩散; 而三聚氰胺与脲醛树脂因分子量和粘度较大, 需用真空-加压法才能达到实验要求。为了回避高温干燥带来的试验误差, 正交试验中所有试材均采用先绝干后浸渍的方法。除 MMA 外, 其他 2 种处理试剂均在藤材置于真空罐中抽真空并保持 30 min 后注入, 再加压至 5 MPa, 保持 60 min, 浸注量通过稀释处理试剂, 以调节浸渍液固含量的方法控制; MMA 浸注量则以浸渍时间来控制。

表 1 试验因子及水平  
Table 1 Factors and levels

水平 Level	A 改性方式 Modification way	B 改性工艺 Modification processes	C 浸注量/% Amount of leaching	D 处理试剂 Processing reagents
1	辐照 Radiation	见表 2	20	MMA
2	微波 Microwave	见表 2	35	MF
3	加热 Heat	见表 2	50	UF

注: 改性工艺随改性方式的改变而变换, 见表 2。

Note: Modification processes were changed with the modification way ( as shown in table 2).

表 2 改性工艺及水平  
Table 2 Levels of modification

水平 Level	改性方式 Modification way		
	辐照剂量/kGy Radiation dose	微波/min Microwave	加热/°C Heat
1	15	2	100
2	25	4	120
3	35	6	140

**1.2.2 密度及尺寸稳定性测试** 在抗弯破坏试件上, 参照国标 GB 1933-91《木材密度测定方法》和国标 GB/T 15780-1995《竹材物理力学性质实验方法》规定截取长度为 2 cm 的样品作为密度试件, 经过气干、绝干后分别测定其体积膨胀(收缩)率、吸

湿率及吸水率, 并计算出改性处理材的抗胀(缩)率(ASE)、阻湿率(MEE)和抗吸水率(RWA); 再取每组重复样编号为 1-5 的样品, 由藤边至藤心再到藤边取对称分布的 5 个薄片(1mm), 对藤茎做径向分层密度测试。具体如图 2 所示。

表 3 正交试验  $L_9(3^4)$  设计方案  
Table 3 Orthogonal experiment  $L_9(3^4)$  design

试验号 Test number	因素 Factors			
	A	B	C	D
	列号 Column			
	1	2	3	4
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	干燥 Dry	100℃	50%	MF
8	干燥 Dry	120℃	50%	UF
9	干燥 Dry	140℃	35%	MMA

### 1.3 实验仪器

真空加压罐, 博山微电子厂, 90SZ51; 电热鼓风干燥箱, 上海精宏实验设备有限公司 DHG-9146A 型; 恒温恒湿箱 BINDER: KBF115#04-63203; 万能力学试验机, INSTRON 5582Q7171; 合肥(国家)林业辐照中心的  $\gamma$  射线辐照场; 微波炉, Galanz G80W23CSP-Z; 电子显微镜, 美国 FEI 公司 XL30 场发射环境扫描电子显微镜。

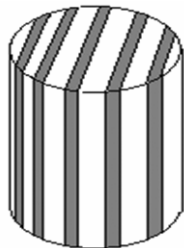


图 2 分层密度试样  
Figure 2 Test of layer density

## 2 结果与分析

### 2.1 改性材主要力学性质

由预试验可知, 正交试验中第 5 组与第 9 组所用处理试剂 MMA 在加热以及微波处理方式下不会发生固化, 且很快挥发, 而所得处理材与素材物理力学性质基本无变化, 反而会增加试验成本和时间,

故在试验中一般不考虑。进行正交结果分析时用素材的数据代入。

由表 4 可以看出, 除第 6 组黄藤的抗弯弹性模量、抗弯强度及第 8 组单叶省藤抗弯强度、抗压强度、抗压弹性模量外, 其力学强度都会有显著的增强, 而第 6 组与第 8 组虽然少数几个力学强度要小于未处理材, 但其减小程度并不明显, 基本与素材持平。因此, 可以说改性处理对藤材力学强度的增强效果是显著的。在正交试验所得处理材中, 相对于素材来说, 黄藤抗弯模量最多增加了 84.4%, 单叶省藤最多增加 90.5%; 黄藤抗弯强度最多增加了 43.9%, 单叶省藤最多增加 54.6%; 黄藤抗压模量最多增加了 84.7%, 单叶省藤最多增加 69.2%; 黄藤抗压强度最多增加了 86.4%, 单叶省藤最多增加 88.9%。

### 2.2 改性材主要物理性质

由表 5 可以看出, 浸渍处理后, 藤材的密度均有所增加。个别试样的吸湿体积膨胀率与吸水体积膨胀率要略大与素材, 这可能是由浸渍液未完全固化造成的。

### 2.3 分层密度(材质均匀度)

从图 3 可以看出, 经过改性处理后, 黄藤改性材的基本密度较素材而言, 均有不同程度的增大; 黄藤素材基本密度由藤皮向藤芯方向逐渐减小, 改

性处理材的基本密度尽管也有这样的变化趋势,但径向基本密度变化曲线相对平坦,藤皮向藤芯间的基本密度差值减小,这在表6中尤其明显。也就是

说,经改性处理后,黄藤的藤皮、藤芯间密度差减小,即密度梯度减小,对应的力学强度等也相应减小,材质趋向均匀。

表4 改性材的主要力学性质  
Table 4 Mechanics properties of the modified canes

试验号 Test No.	藤种 Variety of cane	MPa			
		抗压弹模 Compressive elastic modulus	抗弯强度 Bending strength	抗压弹模 Compressive elastic modulus	抗压强度 Compression strength
1	黄藤 <i>D.margaritae</i>	2 662.7	82.9	2 007.4	35.1
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	1 874.8	86.3	2 061.3	39.0
2	黄藤 <i>D.margaritae</i>	2 572.3	79.1	2 134.8	41.7
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	2 578.6	105.0	2 553.5	52.1
3	黄藤 <i>D.margaritae</i>	2 812.4	76.8	2 213.4	43.8
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	2 510.2	99.1	2 533.6	59.3
4	黄藤 <i>D.margaritae</i>	1 740.7	62.9	1 382.2	29.8
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	2 619.4	102.0	2 702.5	59.7
5	黄藤 <i>D.margaritae</i>	1 525.5	57.6	1 198.5	23.5
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	1 375.3	67.9	1 597.2	31.6
6	黄藤 <i>D.margaritae</i>	1 457.7	57.2	1 361.3	29.4
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	1 424.6	71.4	1 696.3	32.9
7	黄藤 <i>D.margaritae</i>	1 851.3	68.7	1 407.1	32.8
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	2 126.4	95.6	1 830.4	42.6
8	黄藤 <i>D.margaritae</i>	1 479.4	56.9	1 191.4	24.4
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	1 399.0	66.4	1 559.3	31.2
9	黄藤 <i>D.margaritae</i>	1 525.5	57.6	1 198.5	23.5
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	1 375.3	67.9	1 597.2	31.6

注:第5、9组结果同素材。下同。

Note: The results of No.5 & 9 are the same with the untreated canes. The same below.

表5 改性材的主要物理性质  
Table 5 Physical properties of the modified canes

试验号 Test No.	藤种 Variety of cane	气干密度/g·cm <sup>-3</sup>	绝干密度/g·cm <sup>-3</sup>	基本密度/g·cm <sup>-3</sup>	体积干缩率/%	吸湿膨胀率/%	吸水膨胀率/%
		Air-dry density	Oven-dry density	Basic density	Volume shrinkage ratio	Hygroscopic swelling ratio	Water swelling ratio
1	黄藤	0.49	0.49	0.45	0.38	3.37	9.64
	单叶省藤	0.57	0.54	0.49	0.39	4.04	10.58
2	黄藤	0.61	0.62	0.52	0.36	3.21	18.10
	单叶省藤	0.70	0.68	0.63	0.57	4.53	10.08
3	黄藤	0.61	0.59	0.53	0.47	4.46	10.81
	单叶省藤	0.74	0.71	0.66	0.43	3.77	10.77
4	黄藤	0.58	0.54	0.54	0.42	4.01	10.71
	单叶省藤	0.69	0.66	0.60	0.47	4.21	10.21
5	黄藤	0.46	0.43	0.39	0.42	3.78	10.48
	单叶省藤	0.55	0.52	0.47	0.47	4.37	13.00
6	黄藤	0.52	0.49	0.46	0.33	3.55	7.17
	单叶省藤	0.64	0.59	0.55	0.39	3.82	8.64
7	黄藤	0.64	0.60	0.56	0.37	3.26	7.02
	单叶省藤	0.73	0.69	0.64	0.45	3.90	8.55
8	黄藤	0.56	0.52	0.47	0.38	3.89	12.62
	单叶省藤	0.67	0.62	0.58	0.50	3.83	10.07
9	黄藤	0.46	0.43	0.39	0.42	3.78	10.48
	单叶省藤	0.55	0.52	0.47	0.47	4.37	13.00

黄藤 *D.margaritae*, 单叶省藤 *C.simplicifolius*.

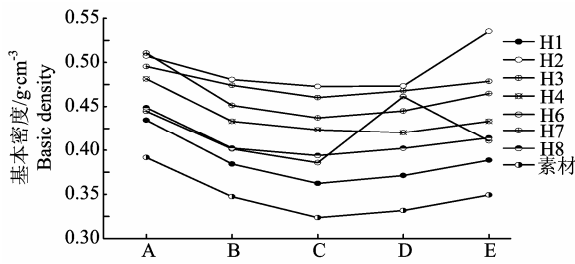


图 3 黄藤改性材及素材的分层密度

Figure 3 Layer density of untreated & modified canes (*D.margaritae*)

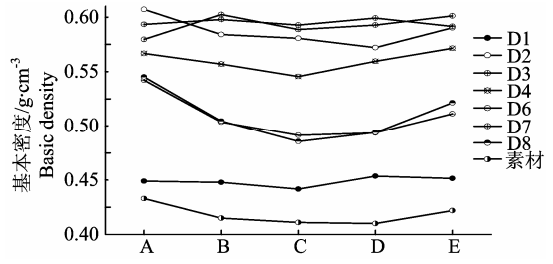


图 4 单叶省藤改性材及素材的分层密度

Figure 4 Layer density of untreated & modified canes (*C.simplicifolius*)

表 6 黄藤、单叶省藤改性材及素材的藤皮藤芯基本密度

Table 6 The bark & core densities of untreated & modified canes (*D.margaritae* and *C.simplicifolius*)

$g \cdot cm^{-3}$

编号 Code	黄藤 <i>D.margaritae</i>				单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>			
	藤皮 Bark	中层 Middle layer	藤芯 Core	藤皮至藤芯密度梯度/% Density gradient from bark to core of cane	藤皮 Bark	中层 Middle layer	藤芯 Core	藤皮至藤芯密度梯度/% Density gradient from bark to core of cane
1	0.412	0.378	0.362	13.60	0.450	0.451	0.442	1.94
2	0.521	0.477	0.473	10.26	0.599	0.578	0.581	3.13
3	0.488	0.448	0.437	11.61	0.592	0.599	0.593	-0.06
4	0.457	0.427	0.423	7.98	0.569	0.558	0.545	4.32
5	0.370	0.339	0.324	14.44	0.427	0.412	0.411	4.03
6	0.428	0.431	0.386	10.85	0.527	0.498	0.491	7.21
7	0.487	0.471	0.460	5.84	0.590	0.598	0.589	0.30
8	0.431	0.402	0.394	9.53	0.533	0.499	0.486	9.82
9	0.370	0.339	0.324	14.44	0.427	0.412	0.411	4.03
素材均值 Average value of untreated group	0.370	0.339	0.324	14.44	0.370	0.339	0.324	4.03

表 7 改性材的尺寸稳定性

Table 7 Dimensional stability of modification canes

试验号	藤种	抗胀(缩)率/% ASE	阻湿率/% MEE	抗吸水率/% RAW
1	黄藤 <i>D.margaritae</i>	10.91	40.30	17.02
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	7.50	34.78	9.68
2	黄藤 <i>D.margaritae</i>	15.14	-3.73	40.60
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	-3.68	-2.89	35.45
3	黄藤 <i>D.margaritae</i>	-17.97	-0.64	38.94
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	13.74	4.50	35.92
4	黄藤 <i>D.margaritae</i>	-6.09	-37.77	29.89
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	3.76	1.89	30.47
5	黄藤 <i>D.margaritae</i>	0.00	0.00	0.00
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	0.00	0.00	0.00
6	黄藤 <i>D.margaritae</i>	6.12	-35.51	20.21
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	12.70	-43.51	17.55
7	黄藤 <i>D.margaritae</i>	13.82	-48.83	45.52
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	10.90	-20.92	34.53
8	黄藤 <i>D.margaritae</i>	-2.78	-60.78	21.61
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	12.39	-51.47	26.35
9	黄藤 <i>D.margaritae</i>	0.00	0.00	0.00
	单叶省藤 <i>C.simplicifolius</i>	0.00	0.00	0.00

由图4可以看出,单叶省藤经改性处理后,其基本密度也有不同程度的增大,但第6和第8组的改性材的分层密度变化甚至比素材要大很多,这可能是由于在高浸渍量下,浸渍液粘度较大,不能够在藤材内部均匀分布所致,见表7。

#### 2.4 尺寸稳定性

总体上,改性处理对藤材的尺寸稳定性有明显的提高。试验数据的分析表明,改性处理材尺寸稳定性优于素材,个别组试验效果不好并不会影响改性材相对与素材的整体优势(见表7)。

### 3 结论

分别浸注 MMA、三聚氰胺及脲醛树脂,并分别经辐照处理、微波处理及干燥改性处理后,与素材相比,除少数几个力学强度略小于素材外,改性处理藤材力学强度的增强效果是显著的;除个别试样的吸湿体积膨胀率、吸水体积膨胀率要略大与素

材,改性处理对藤材的尺寸稳定性有明显的提高。此外,改性处理藤材的密度均有所增加,同时径向基本密度变化曲线相对平坦,藤皮向藤芯间的基本密度差值减小。

#### 参考文献:

- [1] 江泽慧等. 世界竹藤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002: 566-569.
- [2] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山. 棕榈藤的研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 1-29.
- [3] 许煌灿, 尹光天, 孙清鹏, 等. 棕榈藤的研究和发展[J]. 林业科学, 2002, 38(2): 135-143.
- [4] 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.
- [5] 袁哲. 藤家具的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [6] 北京大学生数学组. 正交实验法[M]. 北京: 北京科普出版社, 1979.