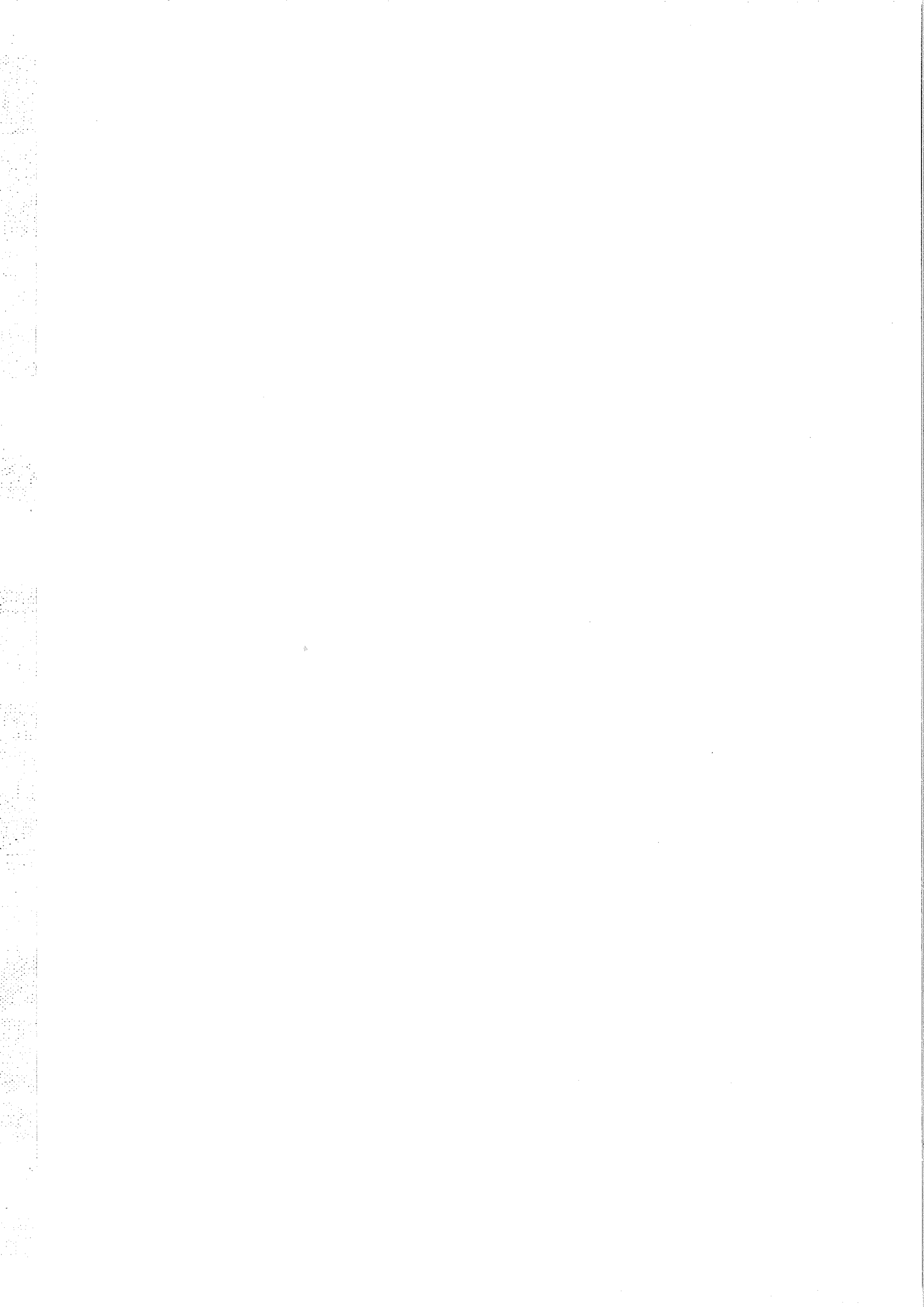


PART V:

Harvesting and Cane Property

1. Effect of different harvesting regimes on economic benefit of interplanting *Daemonorops margaritae* with *Pinus massoniana* plantation by Yang Jinchang, Yin Guangtian, Li Rongsheng et al.
2. Review of rattan cane properties by Jiang Zehui, Lu Wenhua, Ren Haiqing et al.
3. Bleaching of *Daemonorops margaritae* canes by Lu Wenhua, Jiang Zehui, Ren Haiqing et al.
4. The fungi stains of *Daemonorops margaritae* cane by Jiang Zehui, Fei Benhua, Ren Haiqing et al.
5. Rapid estimation of properties of rattan canes using Near Infrared Spectroscopy by Wang Yurong
6. Main causes and removal of *Daemonorops margaritae* canes' discolorations by Lu Wenhua, Liu Xing'e, Jiang Zehui et al.



采收方式对马尾松与黄藤间种林分 经济效益的影响*

杨锦昌¹ 尹光天¹ 李荣生¹ 冯昌林² 郭文福² 邹文涛¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520; 2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心 凭祥 532600)

摘 要: 收集黄藤试验地采收资料和马尾松标准地调查数据, 评价 13 a 经营期内 5 种采收方式对马尾松与黄藤间种林分经济效益的影响。结果表明: 不同的初采年龄和采收间隔期对 13 a 黄藤人工林经济效益具有重要的影响, 其中 7 a 初采和 6 a 间隔期的采收方式获得最高的经济效益, 净现值、内部收益率和收益成本比分别为 18 144 元·hm⁻²、13.45%、1.32; 黄藤间种后对 19 年生马尾松林分平均胸径、树高及株数产生不利影响, 进而导致马尾松林分的纯收益和净现值比未间种时分别减少 7 500 元·hm⁻²、3 000 元·hm⁻²; 马尾松林分经济效益的减少可从间种黄藤所获得货币收入得到补偿, 在 5 种采收方式下黄藤间种对整个林地产生的林地增益水平和净现值增量分别为 3.07%~12.74%、514~2 407 元·hm⁻²。

关键词: 黄藤; 马尾松; 采收方式; 间种; 经济效益

中图分类号: S751.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2007)11-0050-07

Effect of Different Harvesting Regimes on Economic Benefit of Interplanting *Daemonorops margaritae* with *Pinus massoniana* plantation

Yang Jinchang¹ Yin Guangtian¹ Li Rongsheng¹ Feng Changlin² Guo Wenfu² Zou Wentou¹

(1. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Guangzhou 510520;

2. Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Pingxiang 532600)

Abstract: Currently, with the rapid development of rattan plantations, the management technique and economic benefit have been gaining more and more concerns from both the government and private sectors. This study aimed to determine the impact of harvesting regimes on economic benefit of rattan plantation, to evaluate the effect of interplanting of rattan on the growth and yield of upper tree, and to analyze the economic return of rattan interplanting to the mixed stand. Permanent plots for harvesting *Daemonorops margaritae* were established in the mixed stand and 5 different harvesting regimes were set, including first harvesting at 5, 6, 7, 8, 9 years and harvesting intervals of 8, 7, 6, 5, 4 years respectively. In addition, field investigation on the upper support tree, 19-year-old *Pinus massoniana* mixed with *D. margaritae* was made and 2 plots nearby were also established in pure stand to know the effect of rattan planting on the growth and yield of support trees. Harvesting regimes had eminent effect on economics of 13-year-old *D. margaritae* plantation. Under the regime of first harvesting at 9 years with 4 years' interval afterward, optimal economic benefit was gained in *D. margaritae* plantation, being 18 144 yuan·hm⁻², 13.45%, 1.32 in term of net present value (NPV), internal return rate (IRR) and the ratio of benefit to cost (B/C). The interplanting of *D. margaritae* had unfavorable effect on the mean diameter, tree height and tree number of *Pinus massoniana* stand. As a result, the net income and NPV from *P. massoniana* plantation interplanted with *D. margaritae* decreased by 7 500 yuan·hm⁻² and 3 000 yuan·hm⁻² respectively over those from pure stand. However, the economic loss in the upper stand could be compensated with the monetary gain from rattan plantation generating considerable economic benefit. The level of economic gain and the increment of NPV by interplanting *D. margaritae* with *P. massoniana* under various harvesting regimes were estimated to range from 3.07% to 12.74% and from 514 yuan·hm⁻² to 2 407 yuan·hm⁻².

Key words: *Daemonorops margaritae*; *Pinus massoniana*; harvest regime; interplanting; economic analysis

收稿日期: 2007-01-23。

基金项目: 国家“十一五”攻关课题“棕榈藤资源培育与高效利用关键技术研究示范”(2006BAD19B09)及 ITTO 资助项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设”(PD 100/01 Rev. 3)。

* 曾炳山、张伟良、卢立华、黄莺群等参与了试验设计与标准地调查, 徐大平研究员、黄世能研究员和郑海水研究员审阅了全文并提出了宝贵意见, 在此一并致谢。

林业生产是物质生产,经营人工林无疑要注重经济效果。分析经济效益可为林业生产实行科学管理和评定经营效果提供数量标准,进而为制定林业规划设计提供重要依据。因此,人工林的经济效益评价受到了许多学者的重视(吴长贤等,1995;陈少雄等,1999;齐新民等,2000;陈平留等,2001;卢镜铭,2002;陈松等,2006;Niskanen,1998;Valkonen *et al.*,2001;Venn,2003;Espelta *et al.*,2003;Jalota *et al.*,2003)。作为热带和南亚热带森林中的多用途植物资源——棕榈藤,其种植的经济效益随人工林不断发展而引起国内外学者的关注(Dransfield,1992;许煌灿等,2001)。周再知等(1994)分析了我国华南地区 3 种商品藤种白藤(*Calamus tetradactylus*)、黄藤(*Daemonorops margaritae*)和单叶省藤(*Calamus simplicifolius*)人工林的经济效益,论述了经营藤林既可获得较高的经济效益又具有较强的抗风险能力;杨锦昌等(2005)评价了 13 a 经营期内 5 种采收方式下单叶省藤人工林的经济效益,分析了间种对上层林木石栎(*Gmelina arborea*)生长收获的影响以及对林地经济收益贡献水平。国外研究人员 Tan 等(1992)对小径级商品藤种西加省藤(*Calamus caecius*)和粗鞘省藤(*Calamus trachycoleus*)进行了经济效益分析,论证了种植这 2 个藤种可获得较丰厚的经济回报;Aminuddin 等(1992)探讨了大径级藤种玛瑙省藤(*Calamus manan*)、美丽省藤(*Calamus ornatus*)和梅氏省藤(*Calamus merrillii*)在不同生长率和不同采收方式条件下经济收入变化规律,阐述了不同技术经济指标对经济收益的影响。总的看来,目前棕榈藤人工林经济效益的分析存在两方面的不足。一方面,大多数的经济效益分析基于经验数据或预测数据之上,而很少通过野外实测或设置不同采收方式而获取资料进行客观评价(Tan *et al.*,1992);另一方面,目前的研究多局限于棕榈藤,而鲜有涉及与棕榈藤间种的树种,这不利于全面认识种植棕榈藤对上层林分生长与收获的影响,也未能真实反映出棕榈藤种植对林地收益的贡献水平(杨锦昌等,2005)。本文利用黄藤固定标准地的采收数据和上层树种马尾松标准地的调查资料,论述棕榈藤栽培对上层林分生长与收获的影响,分析不同采收方式对马尾松(*Pinus massoniana*)与黄藤间种林分经济效益的影响,旨在全面评价林藤间种的经营成效,为确定合理的棕榈藤采收方式和提高林地经济收益提供参考。

1 试验地概况

试验地位于广西凭祥市热带林业实验中心英阳试验站,北纬 22°07',东经 106°44',属南亚热带季风气候,干湿季节交替明显。年平均气温 21.6℃,最冷的 1 月份平均气温 13.3℃,极端最低气温 0.1℃,最热的 7 月份平均气温 27.7℃,极端最高气温 37.9℃,≥10℃积温 7 596℃,年平均降水量 1 388 mm,蒸发量为 1 275 mm,相对湿度 81.75%,年日照 1 512 h,风速 0.84 m·s⁻¹。试验地海拔高度为 320~360 m,土层厚度 1.5 m 以上,表土层腐殖质含量 26.1~40.2 g·kg⁻¹,含氮量 1.024~1.374 g·kg⁻¹,速效磷含量 13.59~18.01 mg·kg⁻¹,速效钾含量 17.5~30.5 mg·kg⁻¹。

2 研究方法

2.1 试验设计

在马尾松人工林下设置黄藤采收试验。马尾松人工林为 1984 年造林,株行距为 2 m×3 m。1989 年在生长健康、林相整齐的马尾松林分下间种黄藤,并根据透光度需要对马尾松进行适当疏伐,保留每公顷平均株数 1 425 株,平均胸径 6.0 cm,平均树高 4.4 m;另外,在间种黄藤的马尾松林分附近留出马尾松纯林,以便比较间种与未间种黄藤的马尾松林分生长的差异。黄藤造林采用随机区组设计方法,安排 4 个区组,每区组 5 个小区,每个小区面积为 30 m²。小区内每穴单株种植,株行距为 1 m×3 m,每个小区种植 10 株并加以标记和编号。造林后 3 个月,检查植株成活率,并对弱株和死亡藤株进行补植;造林后头 3 年进行常规抚育管理。

2.2 试验观测和调查

黄藤造林后 5、6、7、8 和 9 a 全面调查试验区,观测各藤丛中植株数和茎长;并逐年调查后的冬季对各区组中第 1、2、3、4 和 5 小区进行采收。采收时,选择 4 m 以上的植株、削除叶片和叶鞘、去掉不成熟的梢头(长度约为 1.5 m)获得鲜藤;之后,对鲜藤做好标记,并实测直径、长度、鲜质量和记录各小区采收株数;最后将鲜藤晒干,称其干藤质量,并将 4 个区组中相同小区号的干藤质量取平均值再换算成每公顷的原藤产量。造林后 13 a 再次对所有小区进行采收,采收方法和测量指标与上一次相似。通过 2 次采收,形成初采年龄分别为 5、6、7、8 和 9 a,采收间隔期为 8、7、6、5 和 4 a 数据系列。另外,为分析棕榈藤对上层林分生长与收获的影响,在 13 a 时调查采收试验地上层树种的直径、树高和株数外,同时在其他条件几乎相同但未种藤的马尾松

纯林中通过典型选取分别设置2块20 m×30 m的临时标准地,调查内容包括树高、胸径和株数。所有数据在计算机上利用SPSS10.0和EXCEL2000软件进行相关的处理和分析。

2.3 相关技术经济指标

本次研究收集了当地营林生产成本、藤条和木材的采收成本、工价、产品价格、各种税金费的征收标准以及各种间接成本的支出,作为经济效益分析的依据。

2.3.1 营林生产成本 主要包括3大内容,即:1)林地清理、整地、挖穴、苗木、运输及定植等造林费用;2)造林后头3 a的幼林抚育费用;3)护林费、林道维护费、病虫害防治和地租等年固定费用。黄藤和马尾松间种林分的营林生产成本如表1所示。

表1 黄藤和马尾松间种林分的营林生产成本
Tab. 1 Silvicultural input of interplanted stand of *D. margaritae* and *P. massoniana* yuan·hm⁻²

树种 Species	造林费用 Planting cost	抚育费用 Tending cost			年固定费用 Annual cost
		第1年 1st year	第2年 2nd year	第3年 3rd year	
黄藤 <i>D. margaritae</i>	4 366	300	300	300	45
马尾松 <i>P. massoniana</i>	1 825	450	450	450	195

2.3.2 采伐成本 黄藤的采伐成本包括采藤、运输和晒藤费用,其中采藤成本、运输和晒藤费用分别为2 000、80、320元·t⁻¹。马尾松的木材生产成本包

表2 马尾松木材各材种价格
Tab. 2 The price of different log assortments of *P. massoniana*

径级 Diameter grade /cm	4~6	8~12	14~18	20~28	≥30
价格 Price/(yuan·m ⁻³)	180	310	380	470	520

括伐区设计、采伐、造材、剥皮、集材、运输、办采伐证和运输证的工本费等费用。其中,伐区设计为2元·m⁻³,马尾松采造剥集4道工序的生产成本平均为60元·m⁻³,木材运输费均为20元·m⁻³,办证工本费为2元·m⁻³,木材检尺费10元·m⁻³,贮木场管理和销售费用5元·m⁻³。因而马尾松木材整个采伐成本为99元·m⁻³。

2.3.3 产品价格 黄藤的原藤价格参照凭祥市所属崇左地区的平均销价计算,价格为5 000元·t⁻¹;而马尾松木材价格因材种规格而异,通过收集汇总当地木材交易市场的销售价格,将不同材种的价格整理成表2数据。

2.3.4 税费 根据目前税费改革政策,结合当地的实际情况,藤条和木材销售环节需要上缴的税、费分别如下:1)藤条:农业税占销售价的8%;工商管理税为销售价的1%。2)木材:林业两金一费占销售价的20%,但返还其中的40%给林场,实际上缴的两金一费占销售价的12%;农业税按销售价的80%征税,税率为8%,实际上相当于销售价的6.4%;工商管理税0.8%;检疫费0.2%。

2.3.5 贴现率 根据《森林资源资产评估技术规范》条例,结合现行的市场利率状况,取5%计算。

2.3.6 材种出材量 马尾松单株立木材积通过广西省马尾松二元材积公式加以计算,而材种出材量则利用削度方程和原木材积公式求出各材种出材量。

广西马尾松二元材积公式(湛红辉等,2004):

$$V = 0.000\ 071\ 416\ 5D^{1.867\ 008}H^{0.901\ 463\ 2} \quad (1)$$

马尾松削度方程(丁贵杰等,1997):

$$D_{0.1} = 0.992\ 76D_0^{0.981\ 839\ 37}H^{-0.022\ 681\ 17} \quad (n = 399, R = 0.991\ 5), \quad (2)$$

$$d/D_{0.1} = C_0(1 - h/H) + C_1(1 - h/H)^2 + C_2(1 - h/H)^3 \quad (n = 4\ 217, R = 0.997\ 3). \quad (3)$$

式中:V为单株材积,D为胸径,H为树高,d为某一材种的小头去皮直径;h为地面到d处的树高(此处h分别为2、4、6 m……);D_{0.1}为1/10H处的去皮直径;H为树高;D₀为胸径;C₀=2.242 861;C₁=-1.744 034;C₂=0.541 710 6。根据胸径和树高,首先由(2)式求出D_{0.1},再将相应值代入(3)式,便可求出各h处的d值,进而根据下列原木材积表(国家标准局木材编写组,1984)算出各段原木的材积:

$$V_1 = 0.785\ 4L(D + 0.45L + 0.2)^2/10\ 000 \quad 4\ \text{cm} \leq D \leq 12\ \text{cm}, \quad (4)$$

$$V_2 = 0.785\ 4L[D + 0.5L + 0.005L^2 + 0.000\ 125L(14 - L)^2(D - 10)]^2/10\ 000 \quad D \geq 14\ \text{cm}. \quad (5)$$

式中,V₁和V₂为各材种材积,D为检尺径,L为检尺长。

3 结果与分析

3.1 藤条产量、马尾松材种出材量

通过对黄藤人工林 2 次采收, 将 13 a 经营期不同采收方式所获得的藤条产量整理成表 3 的结果。马尾松在间种藤和未间种藤时的生长与收获指标如表 4 所示。

表 3 黄藤人工林 13 年内的藤条产量^①

Tab. 3 Cane yield of *D. margaritae* plantation within 13 years t·hm⁻²

初采年龄 The age of first harvest/a	采收间隔期 Harvesting interval/a	产量 1 Yield 1		产量 2 Yield 2		总产量 Total	
		均值 Mean	Games-Howell 检验 Games-Howell test	均值 Mean	Q 检验 Q test	均值 Mean	Q 值 Q value
5	8	0.98	a	9.55	a	10.53 a	a
6	7	1.24	a	9.00	a	10.24 a	a
7	6	1.88	b	8.80	a	10.68 a	a
8	5	3.70	c	5.23	b	8.93 b	b
9	4	4.58	d	3.52	c	8.10 b	b
F		146.36**		96.49**		8.968**	

①表中**代表差异极显著水平。 **indicates highly significant level.

表 4 马尾松纯林与马尾松间作林分的生长与收获指标

Tab. 4 The growth and yield of *P. massoniana* pure stand and its mixed stand

造林模式 Planting regime	株数 Tree number/ (tree·hm ⁻²)	平均胸径 Mean diameter/ cm	平均高 Mean height/ m	蓄积量 Volume/ (m ³ ·hm ⁻²)	出材量 Outturn/(m ³ ·hm ⁻²)			
					径级 Diameter grade/cm			
					4-6	8-12	14-18	20-28
马尾松纯林 Pure stand	1 416	20.6	13.7	323.09	7.06	53.58	171.62	49.30
马尾松间种 Mixed stand	1 391	19.9	12.9	284.58	8.56	57.52	144.74	39.37

不同初采年龄和采收间隔期对黄藤人工林藤条收获量的影响显著。第 1 次采收的藤条产量均随采收年龄的推迟而增加, 不同初采年龄除 5 a 和 6 a 间无显著差异外, 其余初采年龄间均存在显著差异; 第 2 次采收时藤条产量也随间隔期的延长而显著增加, 采收间隔期为 6 a、7 a 和 8 a 时的产量均显著大于采收间隔期为 4 a 和 7 a 的; 综合看来, 前 3 种采收方式所获得的总产量显著高于后 2 种的总产量。

与黄藤间种后, 19 年生的马尾松林分平均胸径和平均高分别比未间种时下降 0.7 cm 和 0.8 m, 每公顷株数也比未间种时少, 但差异较小。3 个生长指标的变化导致林分蓄积量比未间种时减少 40 m³·hm⁻² 左右, 12 cm 径级以下的材种出材量略有增加, 14 cm 径级以上的材种出材量则减少。

3.2 评价结果

采用净现值(NPV)、内部收益率(IRR)和收益成本比(B/C)3 个评价指标(于政中, 1991; 周再知等, 1992), 结合相关技术经济指标和产量, 分析了不同采收方式下黄藤与马尾松间种的林分经济效益, 其结果见表 5、6。

表 5 黄藤人工林的经济效益^①

Tab. 5 Economics of *D. margaritae* plantation within 13 years

采收方式 Harvesting regime	营林成本 Silvicultural cost/ (yuan·hm ⁻²)	采收费用 Harvesting cost/ (yuan·hm ⁻²)	采伐收入 Harvesting income/ (yuan·hm ⁻²)	纯收益 Net income/ (yuan·hm ⁻²)	评价指标 Evaluation indicator		
					NPV/(yuan·hm ⁻²)	IRR/%	B/C
5-8	10 570	31 342	54 986	13 074	6 933	12.97	1.31
6-7	10 570	30 625	53 728	12 533	6 646	12.76	1.30
7-6	10 570	32 264	56 604	13 769	7 302	13.45	1.32
8-5	10 570	28 378	49 785	10 837	5 747	12.87	1.28
9-4	10 570	25 922	45 477	8 985	4 765	11.81	1.25

①采收方式一栏中的第 1 个数字代表初采年龄, 第 2 个数字代表采收间隔期, 下同。The first Arab number in the column of harvesting regime indicates the age of first harvest, the second number means the harvesting interval. The same below.

由表 5 可知, 不同的初采年龄和采收间隔期对藤林经济效益的影响较大。在 13 a 内, 黄藤人工林的评价指标值大致先随初采年龄的增加而增加, 并以 7 a 初采和 6 a 间隔期时产生峰值, NPV、IRR 和 B/C 分别为 18 144 元·hm⁻²、13.45% 和 1.32, 7 a 之后各经济评价指标开始下降。单以黄藤为分析对象, 种植黄藤在 13 a

内所产生的 NPV、IRR 和 B/C 分别在 3 000 元·hm⁻²、11% 和 1.2 以上。

表 6 马尾松纯林与马尾松间作林分的经济效益

Tab. 6 Economics of *P. massoniana* pure stand and its mixed stand

种植模式 Planting regime	营林成本 Silvicultural cost/ (yuan·hm ⁻²)	采收费用 Harvesting cost/ (yuan·hm ⁻²)	采伐收入 Harvesting income/ (yuan·hm ⁻²)	纯收益 Net income/ (yuan·hm ⁻²)	评价指标 Evaluation indicator		
					NPV/(yuan·hm ⁻²)	IRR/%	B/C
马尾松纯林 Pure stand	15 496	48 490	106 267	42 281	16 732	18.18	1.66
马尾松间种 Mixed stand	15 496	42 787	92 877	34 594	13 690	17.06	1.59

另一方面,黄藤间种导致上层林分间种后的经济效益降低,与马尾松纯林相比较,纯收益减少约 7 500 元·hm⁻²、净现值下降 3 000 元·hm⁻²,内部收益率和收益成本比均有不同程度的减少。

从上述结果可知,单从一个方面分析黄藤间种的利弊往往会失之偏颇,只有将黄藤和上层林分结合起来当作一个系统,并对其进行全面分析,才会得出比较客观的结论。为了全面反映出黄藤间种对整个林地经济收益的贡献水平,以判断棕榈藤间种的真实效果,

采用林地增益水平(level of economic gain, 简称为 LEG)和净现值增量(increment of NPV, 简称 INPV)进行评价(杨锦昌等,2006)。不同采收方式对整个林地的经济收益的贡献水平如表 7 所示。间种黄藤对林地的经济收益贡献水平因采收方式而出现较大的变动,其变化规律与黄藤人工林的经济效益变化相一致。黄藤间种后林地增益水平和净现值增量较低,其变化幅度分别为 3.07%~12.74%,514~2 407 元·hm⁻²。

表 7 黄藤不同采收方式对林地经济收益的贡献水平
Tab. 7 The contribution of rattan interplanting to economic return of forestland under different harvesting regime

采收方式 Harvesting regime	黄藤间种 Interplanted with <i>D. margaritae</i>	
	LEG/%	INPV/(yuan·hm ⁻²)
5-8	12.74	2 132
6-7	11.46	1 918
7-6	14.38	2 407
8-5	7.45	1 247
9-4	3.07	514

3.3 敏感性分析

图 1 分别显示了黄藤人工林在不同采收方式下经济评价指标随价格、产量、采收成本和贴现率变化的敏感程度。由图 1 可知,藤条价格皆为影响藤林经济效益的最敏感因子,当价格降低 30% 时,各采收方式下的黄藤人工林的净现值均小于零,内部收益率也小于 5%,而价格上升 30% 时,2 种藤林的经济效益迅速提高;采收成本和产量是仅次于价格的敏感因子,其上升或下降均导致内部收益率和净现值产生较大的变动;而林业贴现率上升或下降 30% 对 2 种藤林的净现值影响都弱于其他 3 个因子,是 4 个因子中对经济效益影响最不敏感的因子。

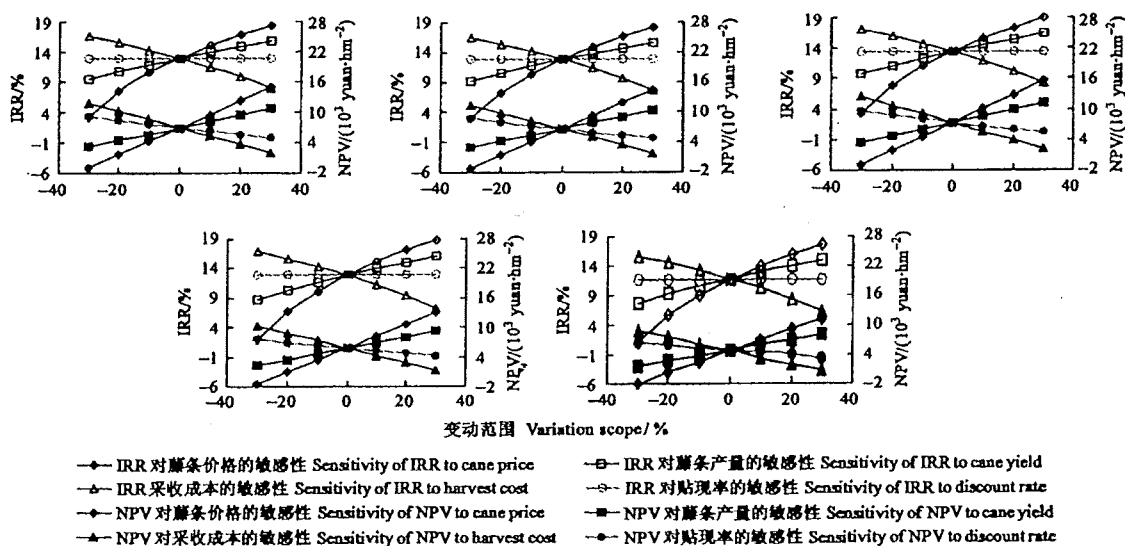


图 1 第 5 种采收方式下的敏感性分析

Fig. 1 Sensitivity analysis under five harvest regimes

表 8 反映出黄藤与马尾松间种后的 LEG 和 GNPV 随木材价格和产量的变化规律。当马尾松木材价格和产量同时上升 30% 时, 黄藤人工林各种采收方式产生的 LEG 和 GNPV 均为负值, 说明间种黄藤对林地产生负收入, 黄藤的种植效果不理想。在 5 种采收方式中, 前 3 种采收方式(初采年龄为 5、6 和 7 a, 间隔期为 8、7 和 6 a) 除马尾松木材价格和产量同时上升 30% 时 LEG 和 GNPV 为负值外, 对林地经济收益的贡献水平较高, 最高 LEG 和 GNPV 分别为 153.07% 和 4 216 元·hm⁻²; 而后 2 种采收方式产生的经济效果较差, 木材价格不变而产量上升 30%, LEG 和 GNPV 开始出现负值。

表 8 马尾松木材价格和产量对黄藤间种后林地经济收益的影响

Tab. 8 The effect of timber price and yield on economic return of forestland planted with *D. margaritae*

采收方式 Harvesting regime	价格变化 幅度 Variation scope of price/%	LEG/%					INPV/(yuan·hm ⁻²)				
		产量变化幅度 Variation scope of yield/%					产量变化幅度 Variation scope of yield/%				
		-30	-15	0	15	30	-30	-15	0	15	30
5-8	-30	143.08	78.93	52.00	37.19	27.81	3 941	3 678	3 413	3 149	2 885
	-15	55.32	34.88	23.80	16.85	12.09	3 493	3 133	2 773	2 412	2 052
	0	30.84	19.46	12.74	8.31	5.17	3 044	2 589	2 132	1 676	1 220
	15	19.33	11.60	6.83	3.61	1.28	2 596	2 044	1 492	939	387
	30	12.64	6.83	3.16	0.63	-1.21	2 148	1 499	850	202	-446
6-7	-30	135.31	74.34	48.74	34.66	25.75	3 727	3 464	3 199	2 935	2 671
	-15	51.93	32.50	21.97	15.36	10.82	3 279	2 919	2 559	2 198	1 838
	0	28.67	17.85	11.46	7.25	4.26	2 830	2 375	1 918	1 462	1 006
	15	17.73	10.38	5.85	2.79	0.57	2 382	1 830	1 278	725	173
	30	11.38	5.86	2.37	-0.04	-1.79	1 934	1 285	636	-12	-660
7-6	-30	153.07	84.84	56.19	40.44	30.47	4 216	3 953	3 688	3 424	3 160
	-15	59.67	37.94	26.16	18.77	13.70	3 768	3 408	3 048	2 687	2 327
	0	33.62	21.52	14.38	9.67	6.33	3 319	2 864	2 407	1 951	1 495
	15	21.38	13.16	8.10	4.67	2.19	2 871	2 319	1 767	1 214	662
	30	14.26	8.08	4.18	1.50	-0.47	2 423	1 774	1 125	477	-171
8-5	-30	110.95	59.93	38.51	26.74	19.28	3 056	2 793	2 528	2 264	2 000
	-15	41.30	25.02	16.20	10.67	6.87	2 608	2 248	1 888	1 527	1 167
	0	21.87	12.80	7.45	3.92	1.42	2 159	1 704	1 247	791	335
	15	12.74	6.57	2.78	0.21	-1.65	1 711	1 159	607	54	-498
	30	7.43	2.80	-0.13	-2.14	-3.62	1 263	614	-35	-683	-1 331
9-4	-30	84.34	44.20	27.35	18.08	12.21	2 323	2 060	1 795	1 531	1 267
	-15	29.69	16.86	9.91	5.55	2.56	1 875	1 515	1 155	794	434
	0	14.45	7.29	3.07	0.28	-1.69	1 426	971	514	58	-398
	15	7.28	2.41	-0.58	-2.61	-4.08	978	426	-126	-679	-1 231
	30	3.12	-0.54	-2.85	-4.44	-5.61	530	-119	-768	-1 416	-2 064

4 结论与建议

不同的初采年龄和采收间隔期对 13 a 黄藤人工林的产量和经济效益具有显著影响, 其中以 7 a 初采和 6 a 间隔期的采收方式获得最高产量和经济效益。黄藤种植后对上层树种马尾松生长与收获量产生不利影响, 上层林分的平均胸径、平均高和平均株数及蓄积量比未间种时均有不同程度的下降, 导致 19 年生马尾松林分的经济效益降低。黄藤间种在当前的技术经济条件下是有利可图的, 但对整个林地的经济收益贡献水平因采收方式而出现较大的变动, 5 种采收方式下间种产生的林地增益水平和净现值增量的变化幅度分别为 3.07% ~ 12.74%, 514 ~ 2 407 元·hm⁻²。对于不同的采收方式, 价格都是黄藤人工林经济效益最敏感的因子, 其次是采收成本和藤条产量, 而贴现率是最不敏感的因子。与上层树种间种后的林地经济增益水平和净现值增量与马尾松木材价格和产量成反比, 但对木材价格反应更为敏感, 尤其是木材产量与价格同时上升时, 间种对林地总经济收益的贡献水平急剧下降。

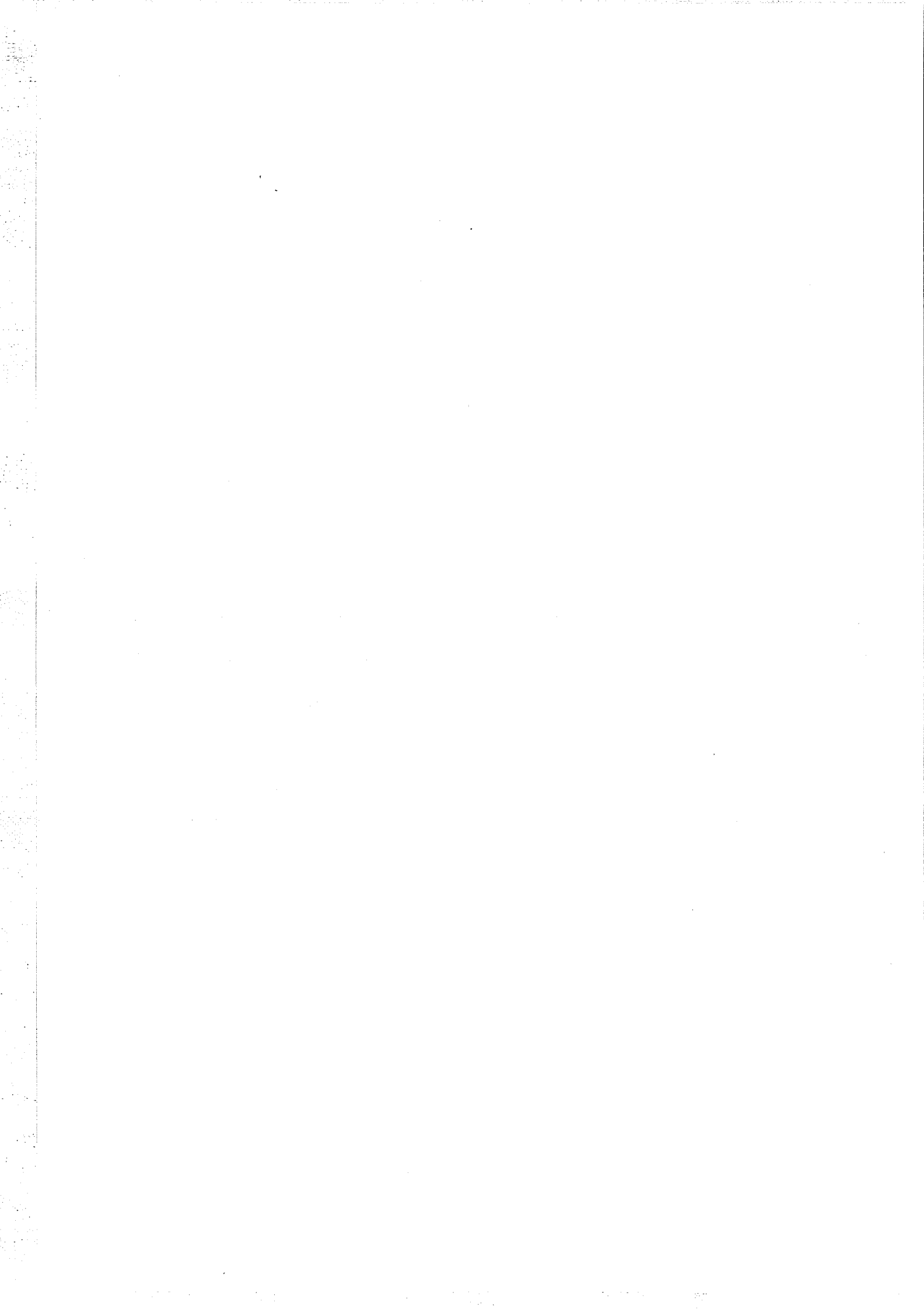
在目前生产条件下和 13 a 的经营期内, 黄藤采收可推荐 5 ~ 7 a 初采和 6 ~ 8 a 间隔期的采收方式, 但宜优先采用 7 a 初采和 6 a 间隔期的采收方式, 以获得最高的经济效益。实际中, 由于棕榈藤种植密度、上层树种常及经营期等差异较大, 其间种所产生的效果也不尽相同。棕榈藤与不同树种间种后林地总收益产生变化可从木材产量和价格对林地总经济收益的敏感性分析中反映出来。棕榈藤在与生长较慢、木材价格低的

树种间种后,林地经济增收效应明显,这种条件下种植棕榈藤很有发展前景;而与速生丰产、木材价格高的树种间种,林藤间种效果不佳,甚至对林地总收益产生负面影响,因而在与这些树种间种时则要特别谨慎。为了提高棕榈藤间种对林地经济收益的贡献水平,既要尽量减少种藤对上层树种的不利影响,又要最大限度地增加藤林的经济效益。这就要求实际操作中重点考虑:1)确定合适上层林分,为棕榈藤提供必要的支撑和充足的光照(Tan *et al.*,1992;Nur Supardi,1992);2)把握棕榈藤的间种时间,错开林藤的生长高峰期,减少二者之间的竞争;3)选择适宜的藤种和合理的初植密度(Nur Supardi,1992),以提高藤林产量和经济效益;4)制定采收方案(Stockdale,1994),包括初采年龄、采收间隔期和采收强度,以充分利用资源,发挥林地潜力。

参 考 文 献

- 陈松,邝先松,宋雅玲.2006.油茶工程造林经济效益分析.绿色中国,(19):57-59
- 陈平留,刘健,郑德祥.2001.速生丰产优质杉木林经济效益分析及伐期确定.林业科学,37(专):47-51
- 陈少雄,杨建林,周国福.1999.不同栽培措施对尾巨桉生长的影响及经济效益分析.林业科学研究,12(4):357-362
- 湛红辉,丁贵杰.2004.马尾松造林密度效应研究.林业科学,40(1):92-98
- 丁贵杰.1997.马尾松人工林生长收获模型系统的研究.林业科学,33(专1):57-66
- 卢镜铭.2002.湿地松人工林动态的经济效益分析.福建林业科技,27(3):12-15
- 齐新民,丁贵杰,王德炉,等.2001.马尾松纸浆用材林不同培育技术措施的经济效益分析.浙江林业科技,21(3):69-73
- 吴长贤,叶连祥,毛玉明.1995.杉木林抚育间伐与经济效益分析.华东森林经理,9(2):20-23
- 许煌灿,孙清鹏.2001.棕榈藤产业现状及其发展前景//竺肇华.中国热带地区竹藤发展.北京:中国林业出版社,88-106
- 杨锦昌,尹光天,许煌灿,等.2005.单叶省藤与石梓间种的经济效益分析.林业科学研究,18(1):16-21
- 于政中.1991.森林经理学.2版.北京:中国林业出版社,72-80
- 周再知,许煌灿,尹光天.1992.藤类人工林经济效益评价.林业科学研究,5(1):47-55
- Aminuddin M, Nur Supardi M N, Woon W C. 1992. Economics of cultivation of large-diameter rattan// Mohd W R, Dransfield J, Manokaran N. A guide to the cultivation of rattans. Malayan Forest Records No.35. Forest Research Institute Malaysia, 205-237
- Bacilieri R, Appanah S. 1999. Rattan Cultivation: Achievements, problems and prospects. An international consultation of experts for the project: Conservation, genetic improvement, and silviculture of rattans in Southeast Asia. 12-14 May 1998, Kuala Lumpur, Malaysia. CIRAD-Foret/FRIM, Malaysia
- Dransfield J. 1992. The taxonomy of rattan// Mohd W R, Dransfield J, Manokaran N. A guide to the cultivation of rattans. Malayan Forest Records No.35. Forest Research Institute Malaysia, 1-10
- Espeita J M, Retana J, Habrouk A. 2003. An economic and ecological multi-criteria evaluation of reforestation methods to recover burned *Pinus nigra* forests in NE Spain. Forest Ecology and Management, 180: 185-198
- Niskanen A. 1998. Financial and economic profitability of reforestation in Thailand. Forest Ecology and Management, 104: 57-68
- Nur Supardi M N. 1992. Harvesting of Rattans// Razali W, Dransfield J, Manokaran N. A guide to the cultivation of rattans. Malaysian Forest Records No. 35. Forest Research Institute Malaysia, 163-174
- Stockdale M C. 1994. Appropriate methodologies in research for sustainable management of natural stands of rattan// INBAR Technical Reprint No.5. Constraints to Production of Bamboo and Rattan, 209-245
- Tan C F, Woon W C. 1992. Economics of cultivation of small-diameter rattan// Mohd W R, Dransfield J, Manokaran N. A guide to the cultivation of rattans. Malayan Forest Records No.35. Forest Research Institute Malaysia, 177-204
- Valkonen S, Valsta L. 2001. Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. Forest Ecology and Management, 140: 133-149

(责任编辑 郭广荣)



棕榈藤材性研究综述*

江泽慧 吕文华 任海青 费本华 吴玉章

(中国林业科学研究院木材工业研究所,北京 100091)

摘要: 棕榈藤藤材是仅次于木材和竹材的重要非木材林产品,具有很高的经济价值。藤材的材性研究可以为藤材的加工利用提供科学依据。文中综述了棕榈藤藤材的构造、化学、物理、力学特性,以及藤材加工利用的最新进展。针对藤材的基础研究滞后于藤加工业发展需要的现状,建议大力开展藤材材性及其综合利用的研究。

关键词: 棕榈藤,材性

中图分类号: S 781, S 796 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4241(2007)04-0035-06

Review on Rattan Cane Properties

Jiang Zehui Lv Wenhua Ren Haiqing Fei Benhua Wu Yuzhang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Rattan canes are important non-wood forest products and they are second only to wood and bamboo materials. They are of very high economic value. The property studies on rattan canes provide scientific basis for their treatment and utilization. This paper reviews the structural, chemical, physical and mechanical properties of rattan canes as well as the up to date progresses in the processing and utilization of rattan canes. Now the basic researches of rattan cane properties still lag behind the developing needs of rattan cane industries. Some suggestions on the promotion of the studies on the properties and comprehensive utilization of rattan canes were given in this paper.

Key words: rattan cane, properties

棕榈藤(Rattan)是棕榈科藤类植物,是热带和亚热带森林中的多用途植物资源。我国广东、广西、海南、云南及福建等11个省(区)有自然分布。目前在广东、广西、海南、云南及福建等省有栽培。棕榈藤藤材是仅次于木材和竹材的重要非木材林产品。藤材的利用可在一定程度上保护树木,而且,棕榈藤能够在维持天然生态环境的条件下,提供与伴生树木相同甚至更多的使用效益^[1],对替代木材和保护森林资源发挥着重要作用。国内外有关棕榈藤的研究涉及分类、分布、用途、生态生物学特性、解剖特性、繁殖和栽培技术、资源调查、藤种基因库的建立、藤材部分

特性、原藤加工技术以及棕榈藤产业的社会经济学等各个方面^[2-3]。但目前对于藤的材性、分类和分级等仍缺乏研究和足够的重视,落后于加工需要,限制了藤加工业的发展。下面综述一下棕榈藤藤材的构造、化学、物理、力学性质及其加工利用,旨在为藤材的加工利用提供科学依据。

1 藤材构造

藤茎俗称藤条^[3],表皮有或无光泽,呈奶黄、乳白、灰褐、黄褐等颜色。棕榈藤的种间直径变化很大,钩叶藤属个别藤株可达200 mm,商用藤直径范围约3~80 mm。印度尼西亚以18 mm划

* 收稿日期:2006-11-11

基金项目:ITTO 国际合作项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设”[PD100/01 Rev.3(1)];“十一五”国家科技支撑项目“竹藤资源培育与高附加值加工利用技术研究”(2006BAD19B04,2006BAD19B09)

通讯作者:吕文华(1974-),中国林业科学研究院木材工业研究所博士后,研究方向为木材科学与技术,E-mail:lw_h_lily@163.com

分大径藤和小径藤;印度商用藤材划分为小径藤 (<10 mm)、中径藤(10~18 mm)和大径藤(>18 mm)^[6]。棕榈藤节间长度受环境条件影响大。据10余种商用藤资料,平均节间长度约20 cm。藤茎长数十米,曾有170 m的记载^[5]。棕榈藤为单子叶植物,不具有双子叶植物木材那样的向外为韧皮部向内为木质部的形成层次生构造;没有射线,仅有环绕维管束的薄壁组织。藤茎外围为表皮及皮层,其内为中柱,主要由基本组织及维管束构成。部分藤种表皮覆盖硅质层或角质层。维管束由初生本质部、初生韧皮部、束内薄壁细胞及纤维鞘组成,纤维束散生于基本薄壁组织中。棕榈藤的解剖鉴别特征^[7-10]为:①皮层外缘是否有纤维轮;②中柱外缘维管束是否有“黄帽”(位于第1层维管束纤维鞘外缘的硬化纤维细胞);③韧皮部单或双;④后生木质部导管数1或2;⑤基本薄壁细胞纵、横切面形态;⑥粘液道或针晶囊有或无;⑦筛管排列;⑧外围维管束纤维鞘尺寸等。

藤的解剖特性对于藤的材质起着重要的指征和决定作用^[11]。藤材质量主要由纤维壁厚、纤维比率和后生木质部导管直径等决定^[12]。维管束分布密度、纤维成分与输导成分的比例、纹孔和导管孔径的大小都对藤茎的坚韧程度影响很大,纤维含量可作为藤茎坚硬度的指标,至于韧性还须考虑到纤维细胞的数量与输导组织成分的比例状况,特别是大型导管孔径的大小等,这些都是选择优良品种的主要依据^[5]。组织比量尤其是纤维比量在藤茎高度和半径方向上的变化率和变化梯度反映藤材质量。优质藤的维管束分布、纤维壁厚和基本薄壁细胞壁厚均内外一致,其组织结构和物理特性均一;劣质藤表皮硬而藤芯软^[13-15]。商业藤材一般具有以下特征^[16]:①维管束分布均衡,在横截面上纤维占20%~25%,输导细胞占45%,基本薄壁细胞占30%~35%;②纤维尺寸一致,多层细胞壁结构;基本薄壁组织细胞小且壁厚多层。颜色白而亮泽、结构细或中等、密度较高的藤有潜力成为商用藤材。蔡则谟将我国商品藤种归为5类^[17]。我国优良栽培藤种有黄藤、单叶省藤、短叶省藤、版纳省藤、宽刺省藤、白藤和异株藤等;一些质量较好的藤种如小茎藤、桂南省藤等,虽然分布范

围窄、资源数量少,尚未广泛利用,但结构粗细均匀、材性优良,具有很大发展潜力^[2]。

2 藤材性质

2.1 化学性质

藤材与木材的化学组成相近,主要由 α -纤维素(42%~53%)、半纤维素(19%~27%)和木质素(20%~40%)组成^[18];除综纤维素外,藤材不同种间和不同高度上的成分含量差异明显^[19]。绝大多数藤种在表皮、纤维束和纤维帽中含有硅,会引起刀具钝化;优质藤的皮层含硅少,外围维管束不含硅^[14]。根据表面特性,将藤材分成硅质藤和油质藤;小径藤多为硅质藤,大径藤及少数小径藤为油质藤^[20]。硅质藤表皮硅质化,覆盖硅质层,弯曲时可弹出硅沙,采收后须作“除沙”处理;油质藤表皮角质层蜡质丰富,使加工、编织过程的摩擦力增大,可把藤材放入热柴油浸泡(即油浴)除去蜡质。抽提物是影响棕榈藤变色的主要原因^[21]。单叶省藤和黄藤木素含量较高;白藤木素含量较低。热水抽提和苯醇抽提对黄藤、单叶省藤和白藤的变色影响相当,对预防黄藤变色效果最明显;PEG处理也对预防3种藤材的变色具有一定作用。从处理成本、效果、环境保护、操作便利性以及工业化难易等考虑,热水抽提比PEG处理更好,但热水处理使明度下降严重,而PEG处理材的明度随光照时间延长而提高,2种方法具有一定互补性。藤材含有丰富的淀粉、糖类、水和碱可溶物等营养物质^[11],易受真菌、昆虫侵害,为了延长藤制品的使用寿命,应对藤材进行适当的选择、处理和加工。

藤材的独特性在于灵活柔软,适当加热后,藤在不改变其机械特性的情况下可铸模、弯曲加工成各种特定形状,因此,被广泛用于家具工业。热软化是瞬间、可逆的物理过程,半纤维-木质素基质中的纤维素分子的运动使材料按一定模型铸型或重组。8种藤材的蠕变柔量实验表明^[18],藤软化开始于55℃,软化程度取决于加热程度。随半纤维素-木质素基质的软化,纤维素在细胞壁内自由移动直至基质重新硬化。藤种间的热软化度差别很大,基质越多,可观察到的分子运动量越大。苯-醇抽提处理藤材的软化开始于70~85℃,综纤维素为75~95℃, α -

纤维素为 100℃。可见,基质含量的多少决定着热软化差异。去除木质素可使基质减少。 α -纤维素的运动取决于纤维素链内结晶和非结晶区的比率,结晶区越多,分子运动越小。Abasolo 等^[22]通过动态杨氏模量和蠕变柔量分析了热对藤材机械特性的影响。随着温度升高,藤材杨氏模量逐渐减小;藤材蠕变柔量变化与木材相似,随加载时间延长而增大,在软化温度下蠕变柔量变化大。加热引起的强度降低,主要取决于藤材的构造和其基本化学成分(如半纤维素)的敏感性。了解藤材的这种基本特性可以更高效地设计藤制品。

2.2 物理性质

对多种藤材的研究表明^[5],藤材平均密度 0.32~0.65 g/cm³。一般,外围 1~2 mm 的藤皮的密度 \geq 0.40,藤芯的密度 \geq 0.30,密度 0.25 以下的藤芯会明显脆弱。径向长度取 1 mm 为单元,则外围二层之间密度相差大,内部各层缓慢递减。在轴向自基部向上,各层密度减小。密度的株内变异趋势与纤维比量一致;纤维壁厚占密度变因的 72%~78%。藤材纤维是长寿细胞,胞壁物质的沉积随年龄增加,因此年龄是密度变异的原因之一。藤材含水率自基部向上增大,生材基部 60%~116%,顶部可达 144%~154%。这是因为密度自基部向上减小,密度愈大则水分愈少。纤维壁厚、纤维比量及后生木质部导管直径占含水率变因的 80%~91%。我国广州地区的藤材气干含水率为 12.7%~16.0%。原藤横切面的面积干缩率、纵向干缩率及二者相加的体积干缩率,均以生材体积为基数。生材至气干,面积干缩率平均为 5.14%,纵向干缩率平均为 0.43%;生材至全干,面积干缩率平均为 9.91%,纵向干缩率平均为 1.30%,体积干缩率平均为 11.2%。同木材相比,藤材纵向干缩率大,原因之一是纤维壁微纤丝角度大(40~60°)。藤材的微纤丝角和纵向干缩率之间存在曲线关系^[22]。自基部向上,面积与体积干缩率减小,同密度、纤维比量和纤维壁厚的变化一致,说明干缩主要由纤维中水分逸出引起,但纵向干缩率呈增大趋势。

纤维(双)壁厚、纤维比量、纤维内径(或腔径比)和后生木质部导管直径对藤材性能有重要影响,决定着藤材的密度、初始含水率和体积收

缩率等^[24~26]。绝大多数藤材的解剖特征,如维管束的分布和大小、木质部和韧皮部的比率、细胞尺寸尤其是后生木质部导管直径、纤维长度和纤维壁厚以及纤维比量等,均自基部向上有明显变化趋势^[27]。一般,自基部向上,纤维比量和纤维(双)壁厚减小,纤维内径增大,初始含水率增大,相对密度减小。含水率和高度对藤材干缩性有显著影响^[28~29],自基部向上,密度降低,含水率和干缩性增大。纤维壁厚是决定藤材物理性能最重要的解剖特征^[30],但随藤龄的变异大。从基部向上,节间纤维壁厚和纤维比量减小^[6]。纤维壁越厚、后生木质部导管越小、越靠近基部,藤材就越硬、越重、干缩性越小。低质藤的中部和顶端常发生明显的干燥缺陷。腔大壁薄的基本薄壁细胞,使不够成熟、密度低的顶端组织在干燥过程中容易出现裂纹^[11]。已达收获年龄的人工种植藤,外表与野生藤无异,但经油浴和干燥后藤的质量明显下降^[1]。人工藤的强度较低、干缩率较大,其严重溃缩源于薄壁细胞和纤维细胞的细胞壁本身的缺陷。

藤的渗透主要限于轴向,穿越藤表皮的径向渗透几乎为零。在稳定状态下,藤的径向渗透近似遵循达西定律,流动速率与压力差近似成正比,在恒定压力差下流动速率随时间延长略有减小^[31];石油醚煮沸处理可使藤的渗透率增大;藤的纵、径向渗透率之比约为 106:1,因此径向流动对于直长藤条的真空加压处理非常重要。用真空加压法或热冷浴法浸渍藤材,藤对水分的体积吸收分数(fractional volumetric absorption, FVL)与浸渍时间的平方根成线性比例关系,200 min 前 FVL 增加很慢,之后显著增加;部分干燥藤(含水率 60%~80%)比干藤吸水多^[32]。藤浸渍处理后,其扩散过程的有效性决定于其初始含水率;硼化物药剂均匀渗透的最短扩散期为初始含水率 MC>100% 时的 4 天到 MC<40% 的 28 天;初始含水率为 60%~80% 时,大致需要 7 天^[33]。

2.3 力学性质

影响藤材力学强度的重要因子包括:藤种、藤龄、取材位置、纤维(厚壁组织)比量、密度和含水率等。一般,从外围向内,自基部向上,藤材强度降低,这与纤维比量和密度的变化趋势相

关^[34]。藤材的抗压强度、抗压弹性模量、抗拉强度、抗拉弹性模量与密度及纤维比量均显著正相关,与薄壁组织比量均显著负相关。自基部向上,藤材的抗压强度、抗弯强度、握钉力和硬度减小^[28,35]。环绕维管束的厚壁细胞主要起机械支撑的作用,它在藤材横截面的比率对藤的强度性能有重要影响^[14]。厚壁组织比量越大,藤材拉伸强度越大^[7]。强度越大,藤的利用越好。高强度藤可用于家具、织物和工艺品,中强度藤用途相似但质量较差,低强度藤只能用于低值的绳、篮等。通过藤材纤维比量(影响密度的主要因子)可以预测藤的强度,以及藤是否容易被霉菌或真菌感染而强度降低^[11]。随着藤龄增长,纤维壁厚增加,密度增大,因而强度增大。藤越成熟,藤的细胞壁实质基本密度越高;藤龄越长,则基本密度越大,强度越大^[36]。随年龄增长的细胞壁加厚,纤维细胞大于皮层细胞和基本薄壁组织细胞。新增层沉积使纤维壁加厚、藤茎密度增加,从而影响藤的刚性和断裂性能。纤维的断裂模式决定于纤维方向,而纤维方向在薄层和厚层间是不同的。微纤丝角(MFA)对藤材性能的影响与对木材性能的影响相似,藤材的MFA和其杨氏模量存在非线性关系^[23]。藤材内应力发源于纤维。纵向压应力存在于外围,纵向拉应力存在于心部。自基部向上及外围向内,应力减小,与纤维比量的变化一致。纤维比量与应力及弹性模量均显著正相关。

大多数藤材的密度、静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)和最大顺纹抗压强度(MCS)相关,自基部向上均减小,MCS不及MOR的一半。印度将藤材强度分为3个等级^[37]:I级(MOR > 70 N/mm²)、II级(MOR为45~70 N/mm²)和III级(MOR < 45 N/mm²)。藤材轴向抗拉强度比抗压强度约大10倍。轴向抗压强度的平均值为16.6~39.2 MPa。气干材强度大于生材强度。含节部的拉力试样常在节部破坏,表明节部可能是藤材的最弱点。野生藤强度有大于栽培藤的趋势。受真菌侵染变色后,藤材密度减小,除静力弯曲强度外的其他机械特性均降低^[7]。藤材达到破坏时的(总)变形量大,而比例极限变形量占总变形量的比值小,即具有较大的塑性变形,因此藤材柔韧,这种优良的工艺特性同藤茎的高薄壁细

胞含量有关。马来西亚研究人员曾试图将藤材用于建筑构件^[38],但试验表明,藤材和混凝土之间的粘着力低,藤筋混凝土梁常因斜向拉力而破坏。

3 藤材的加工利用

研究藤的解剖和物理力学特性,可以改善藤的干燥和处理,可以开发利用潜在藤种^[7]。藤加工业面临的一个主要问题是收获、切割以及菌虫侵害的损耗,估计至少占藤总产量的30%^[9]。棕榈藤收获时的浪费为藤全长的20%~55%^[39]。了解藤材的生物、物理和机械特性,合理治理,可以提高藤材经济价值。原藤预处理十分重要,采收后2天内预处理可以减少干燥缺陷。变色菌的生长和繁殖与藤材含水率密切相关,新伐藤应迅速干燥至20%含水率以下^[28]。藤材特性如直径、藤的皮层特性和对漂白剂的反应性,是影响藤材加工利用的重要因子^[7]。藤的外皮特性决定着藤材的加工方法。硅质藤需要机械除硅,油质藤需要油浴除蜡,再漂白,以改善藤的质量。油浴可排除角质、树胶及水分,改善颜色和光泽,并减少菌虫害;盐水浸泡也能达到和油浴相同的效果^[40]。硫磺烟熏除漂白外,也可减少虫害,但用硫磺烟雾或漂白粉漂白藤材,会导致抗拉强度减小,尤其藤心。通过喷洒或浸泡防腐药剂等防护处理,可以有效防治藤材的生物败坏^[40]。通过涂饰等表面处理可以较大程度地提高藤制品价值^[41]。藤的外层对染液的吸收非常好^[42]。

通过酚醛树脂等浸渍处理可提高藤材的物理力学性能^[43,44],处理材的抗胀缩率、比重、硬度和握钉力随着树脂固含量的增大而增大,最佳树脂固含量能最大程度地提高藤材的断裂模量、抗压强度和抗剪切强度。藤材和木材含有相同的化学组成,如纤维素和木素,由于二甲亚砜(DMSO)塑化使纤维素纤维膨胀,通过浸渍DMSO溶液可以改进难弯曲藤材的弯曲性能^[45]。维管束密度和分布较大的藤较难弯曲,未经处理进行弯曲常会引起藤材纤维的破坏,需浸渍浓度至少为15%的DMSO溶液。提高DMSO溶液浓度,藤材物理损伤减少更易弯曲,而且藤材光泽不受影响,但蠕变率和干缩率趋于增大,弹性模量(MOE)和弹性/塑性比(E/P)降低。DMSO的浓度对MOE、蠕变和E/P比值的变化的变化有非常重要

的影响,而且对体积干缩性有显著影响。

质量好的藤可直接用于制作家具,质量较低的藤可加工成藤芯、藤皮或藤片、藤丝等,用于编制和工艺品等行业。藤加工剩余物,可用作家具填充材料或镶饰材料^[13];也可进一步开发制成水泥纤维板、水泥刨花板等多种板材^[46-48]。菲律宾进行了较多这方面的应用研究,但由于藤基复合材料强度低、抗水性不好,只适宜做低承载室内用材^[46]。基于棕榈藤资源具有的重要商业利益和原藤供求关系日益尖锐的严峻事实,应大力开展藤材材性及其综合利用的研究。

4 讨论与建议

我国藤材资源较少,但藤材制品加工技艺精湛,国内外需求巨大。我国90%以上原藤依赖进口,华南热带和南亚热带的适生地区,正通过引种和人工驯化种植棕榈藤以扩大藤材资源。因此,需要评价和筛选引种藤材,研究不同栽培条件对棕榈藤材性的影响,为藤材利用提供依据。

目前对藤材结构的研究基本仅限于组织结构的一般描述,超微结构的研究也主要集中在藤材细胞形态变化方面,缺乏全面系统的研究,尤其对藤材细胞壁形成机理中长寿细胞生长规律、微纤丝沉积、木质化过程和细胞壁层孔隙结构的认识更为匮乏。研究藤材的生长发育规律和结构与功能的相互关系等,可为优良品种的定向培育提供理论依据。

随着藤材资源加工利用层次的深入、藤材应用领域的拓展,各种新工艺、新材料不断涌现,对藤材的材性研究提出了更高要求。材性研究内容不再局限于藤材基本理化性能,已经扩展到藤材的干燥、弯曲、防护、热处理、胶合、复合、综合利用、加工工艺优化和无损检测等各个方面。

多年来,棕榈藤的研究和发展取得了巨大成就,许多技术成果在生产上得到了应用。但从总体水平上来看,藤材工业作为一个新兴而古老的生产领域,仍处于商业先行而科研滞后的状况。藤材的基础研究滞后于发展需要,尚有许多领域处于空白,既要挖掘开发新藤种,也要进一步研究现有商业藤材的材性、干燥和防护等处理特性。同时,加强应用基础技术的研究,如新产品和加工技术的开发和统一的国际质量标准的建立等。

参考文献

- [1] Razak W, Hashim W S, Hisham H N. Tropical forestry research in the new millennium: meeting demands and challenges [C] // Proceedings of the International Conference on Forestry and Forest Products Research (CFFPR 2001), Kuala Lumpur, Malaysia, 1 - 3 October 2001. Kuala Lumpur, Malaysia: Malaysia Forest Research Institute (FRIM), 2001.
- [2] 竺肇华. 中国热带地区竹藤发展 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [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] 李荣生, 许煌灿, 尹光天, 等. 世界棕榈藤资源、产业及其前景展望 [J]. 世界竹藤通讯, 2003, 1(1): 1 - 5.
- [5] 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.
- [6] Bhat K M, Liese W, Schmitt U. Structural variability of vascular bundles and cell wall in rattan stem [J]. Wood Science and Technology, 1990, 24(3): 211 - 224.
- [7] K M Wong, N Manokaran. Proceedings of the Rattan Seminar, Kuala Lumpur, Malaysia, 2 - 4 October, 1984 [C]. Kepong, Malaysia: the Rattan Information Center, Forest Research Institute, 1985.
- [8] Weiner G, Liese W. Anatomical structures and differences of rattan genera from southeast Asia [J]. Tropical Forest Science, 1988, 1(2): 122 - 132.
- [9] Weiner G, Liese W. Anatomical difference of rattans from Peninsular Malaysia [J]. RIC Bulletin, 1988, 7(1 - 2): 2 - 6.
- [10] Weiner G, Liese W. Generic identification key to rattan palms based on stem anatomical characters [J]. IAWA, 1993, 14(1): 55 - 61.
- [11] Hsu-Ho Chung, Yuh-Shiow Chen. Anatomical properties of Papua New Guinea rattans [R]. Taipei: Taiwan Forestry Research Institute, 1994.
- [12] Terry C H Sunderland, Jean-Pierre Profizi. New Research on African Rattans [C] // The proceedings of the CARPE-funded International Expert Meeting on the Rattans of Africa, the Limbe Botanic Garden, Cameroon, 1 - 3 February, 2000. Printed by Color Max Publishers Limited, INBAR, 2002.
- [13] Wan Razali Wan Mohd, J Dransfield, N Manokaran. A guide to the cultivation of rattan [M]. Kuala Lumpur, Malaysia: Percetakan Yayasan Islam Terengganu Sdn. Bhd, September 1992.
- [14] Siripatanadilok S. Anatomical characteristics relating to the quality of large-cane rattan [J]. Kasetsart Natural Sciences (Thailand), 1996, 30(1): 118 - 130.
- [15] Mathew A, Bhat K M. Anatomical diversity of Indian rattan palms (Calamoideae) in relation to biogeography and systematics [J]. Botanical Journal of the Linnean Society (United Kingdom), 1997, 125(1): 71 - 86.
- [16] Walter Liese. Structural research on bamboo and rattan for their wider utilization [J]. Journal of Bamboo and Research, 1996, 15

- (2):1-14.
- [17] 蔡则谟. 棕榈藤茎的解剖特性及商用藤归类[J]. 林业科学, 1994, 30(3): 209-213.
- [18] Abasolo W P, Yoshida M, Yamamoto H. Thermal softening of rattan canes; influence of the hemi cellulose-lignin matrix[J]. 世界竹藤通讯, 2003, 1(4): 32-36.
- [19] Mohmod A L, Khoo K C, Kasim J. Physical properties, fibre morphology and chemical constituents of five Malaysian rattans [J]. Tropical Forest Products, 1997, 2(2): 149-159.
- [20] 江泽慧. 世界竹藤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002.
- [21] 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.
- [22] Abasolo W P, Yamamoto H, Yoshida M, et al. Influence of heat and loading time on the mechanical properties of *Calamus merillii*[J]. Holzforschung, 2002, 56(6): 639-647.
- [23] Willie P Abasolo, Masato Yoshida, Hiroyuki Yamamoto, et al. Microfibril angle determination of rattan fibers and its influence on the properties of the cane[J]. Holzforschung, 2000, 54(4): 437-442.
- [24] Bhat K M, Mohan Verghese. Anatomical basis for the physical behaviour of rattans[J]. IAWA Bulletin, 1989, 10(3): 334-335.
- [25] Bhat K M, Mohan Verghese. Anatomical basis for density and shrinkage behaviour of rattan stem[J]. Journal of the Institute of Wood Science, 1991, 12(3): 123-130.
- [26] Ebanyenle E, Oteng-Amoako A A. Variation in some anatomical and physical properties of stems of five rattan palm species of Ghana[J]. Bamboo and Rattan, 2005, 4(2): 125-142.
- [27] Abd Latif M, Roszaini A K, Nur Supardi M N, et al. Anatomical features and physical properties of *Calamus palustris* var. *malaccensis* (rotan manau langkawi) [J]. Tropical Forest Products, 1996, 2(1): 6-15.
- [28] 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.
- [29] Kadir R A. The physical properties of *Calamus scipionum* and *Daemonorops angustifolia* at different ages and heights [J]. Tropical Forest Products, 1998, 4(2): 153-158.
- [30] Bhat K M, Mohamed Nasser K M, Thulasidas P K. Anatomy and identification of south Indian rattans (*Calamus species*) [J]. IAWA, 1993, 4(1): 63-76.
- [31] Ashaari Z, Petty J A. Steady-state water permeability of rattan (*Calamus* spp.). Part II. Radial permeability [J]. Tropical Forest Products, 1998, 4(2): 130-140.
- [32] Ashaari Z, Petty J A. Absorption of water by rattan (*Calamus* spp.) during three treatment processes [J]. Tropical Forest Products, 1997, 3(2): 194-208.
- [33] Ashaari Z, Petty J A. Preservative treatment of rattan (*Calamus* spp.) with boron compounds using different treatment processes [J]. Tropical Forest Products, 1999, 5(2): 124-135.
- [34] Bhat K M, Thulasidas P K. Strength properties of ten South Indian canes [J]. Tropical Forest Science, 1992, 5(1): 26-34.
- [35] 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.
- [36] Wahab R, Sulaiman O, Samsi H W. Basic density and strength properties of cultivated *Calamus manna* [J]. Bamboo and Rattan, 2004, 3(1): 35-43.
- [37] Bhat K M, Mathew A, Kabeer I. Physical and mechanical properties of rattans of Andaman and Nicobar Islands (India) [J]. Tropical Forest Products, 1996, 2(1): 16-24.
- [38] Rao A N, Vongkaluang I. Recent Research on Rattans [C]// Proceeding of the International Rattan Seminar, Chiangmai, Thailand, November 12-14, 1989.
- [39] Lucas E B, ahunsi B I O. Harvesting, processing and utilization of rattan canes in Western Nigeria [J]. Menlo Park, South Africa; Southern African Forestry Journal, 2004, 202: 37-44.
- [40] Ministry of Science and Technology of China, INBAR, GTZ, et al. International Training Workshop on Furniture Processing Technologies - A Hands-on Training Workshop, Hubei, Hainan, China, October 8-24, 2003 [C].
- [41] Sunderland T C T, Clark L E, Vantomme P. The non-wood forest products of Central Africa; current research issues and prospects for conservation and development [R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 1999.
- [42] W Liese. Challenges and constraints in rattan processing and utilization in Asian [J]. Unasylva, 2001, 52(2): 46-51.
- [43] Wan Tarmeze W A, Mohd Tamizi Mustafa. Nail withdrawal resistance of *Calamus manan* impregnated with phenol-formaldehyde [J]. Rattan Information Centre, Kepong, Kuala Lumpur, Malaysia; RIC Bulletin, 1992, 11(2): 14-15.
- [44] Wan Tarmeze W A, Koh M P, Mohd Tamizi Mustafa. Improved rattan through phenolic resin impregnation - a preliminary study [J]. Tropical Forest Science, 1993, 5(4): 485-491.
- [45] Rachman O, Hardjo S, Suwirman M. Improvement of rattan bending technique by soaking with dimethyl sulfoxide solution [J]. Buletin Penelitian Hasil Hutan, 1997, 15(4): 299-311.
- [46] IDRC. Rattan: a report of a workshop held in Singapore, 4-6 Jun. 1979 [C]. Ottawa, Canada, 1980.
- [47] Abdul Latif M, Talib Kundor, Razak Wahab. Waste from processing rattan, and its possible utilisation [J]. Source RIC Bulletin, 1987, 6(2): 3-4.
- [48] Olorunnisola A O, Adefisan O O. Trial production and testing of cement-bonded particleboard from rattan furniture waste [J]. Wood and Fiber Science, 2002, 34(1): 116-124.

黄藤材漂白

吕文华 江泽慧* 任海青 费本华 吴玉章

(中国林科院 木材工业研究所,北京 100091)

摘要: 黄藤材伐后容易变色降等。为了提高黄藤材的利用价值,节约藤材资源,以双氧水、次氯酸钠等氧化漂白剂和硫化硫酸钠、亚硫酸氢钠等还原漂白剂作为漂白主剂,分别对黄藤素材、黄藤真菌变色材及其氙光变色材进行了漂白处理;并且通过氙光辐照试验,考察了漂白材的返黄情况;从而筛选能有效消除黄藤材各种变色的漂白剂配方和漂白处理工艺。结果表明,①还原性漂白剂和 NaClO 对黄藤材的漂白作用差,以 H₂O₂ 为漂白主剂,在适当工艺条件下能有效消除黄藤材的各种变色,使其回复均一的黄白色;②漂白后的白度增量,光变色材大于真菌变色材,真菌变色材大于素材,真菌变色的消除要比光变色的消除困难;③与未漂白材相似,经氙光照射后,漂白材亮度降低,红色调和黄色调增多,彩度增大,黄度增加,白度降低;④以 H₂O₂ 为漂白主剂开发出了优良的黄藤材漂白技术,不但能有效消除黄藤材的各种变色,使其漂白材颜色均一,色泽度好,而且还能赋予其漂白材优良的防光变色性能。

关键词: 黄藤材 真菌变色 光变色 漂白 防光变色

Bleaching of *Daemonorops margaritae canes*

Lü Wenhua, JIANG Zehui*, REN Haiqing, FEI Benhua, WU Yuzhang

Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract: Peeled its leaf sheath, the new felled fresh cane of *Daemonorops margaritae* (Hance) Becc is attractive yellowish white or creamy. But it often change color during the course of transportation, storage, processing and utilization. Bleaching of the cane will greatly improve its economic value and enlarge its utilization. With common decolourants, such as oxidative hydrogen peroxide (H₂O₂), sodium hypochlorite (NaClO), and reductive sodium thiosulfate (Na₂S₂O₃) and sodium bisulfite (NaHSO₃) as the main bleaching agents, the ordinary canes, fungi-stained canes and photo-discolored canes of *D. margaritae* were bleached respectively. Then the efficient bleaching formulas and treatments were selected. Results show that. (1) With H₂O₂ as the main bleacher and suited treatments, the cane's various discolorations could be removed and its uniform original yellowish white or creamy color could be brought back; while the selected reductive bleacher and oxidative sodium hypochlorite solution couldn't efficiently eliminate the cane's discolorations. (2) After the bleaching treatments, the whiteness increments of the photo-discolored were most, and those of the fungi-stained were more than that of the ordinary; thus the elimination of fungi stain was more difficult than that of photo discoloration. (3) It was similar to the unbleached canes that, after the bleached canes were irradiated with xenon light, their lightness and whiteness would decrease, and their red hue, yellow hue, chroma, and yellowness would increase. (4) In our study, a very effective bleaching treatment was found, the various discolorations of *D. margaritae* canes could be effectively removed, and the bleached canes had uniform color and good luster, moreover, they were endowed with good property against photo discoloration.

Key words: *D. margaritae* cane, Fungi stain, Photo discoloration, Bleaching, Against photo discoloration

*通讯作者, lwh_lily@163.com。基金项目: ITTO 国际合作项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设”(PD 100/01 Rev.3(1))、“十一五”国家科技支撑计划项目“竹藤资源培育与高附加值加工利用技术研究”(2006BAD19B04, 2006BAD19B09)

黄藤 [*Daemonorops margaritae* (Hance) Becc.]，又名红藤，属棕榈科(Palmae)省藤亚科(Calamoideae)省藤族(Calameae)黄藤属(*Daemonorops*)的具刺攀援丛生藤本植物，是我国热带和亚热带森林中的主要伴生植物，是我国的优良商品藤种，为中国特有种，天然分布以海南岛为中心^[1-3]。黄藤萌蘖多，生长快，产量高，可广泛栽培于海南、广东、广西、云南和福建等省区，目前已在我国华南地区广为推广栽培。黄藤具有良好的工艺特性，嫩茎还可作为蔬菜食用，具较高经济价值和开发前景^[1-4]。黄藤藤条原色多为乳白色或米黄色，但伐后颜色加深很快，呈黄色、红黄色或棕黄色；在运输、存放、加工和使用等过程中，还容易发生蓝变、褐变、红变或黑斑等变色现象，降低价值，影响其销售和利用^[5-6]。有效消除黄藤材变色，可以提高其利用价值和产品价值，既增加藤材经济效益，也在一定程度上保护或节约棕榈藤资源^[7-8]。

本章分别以双氧水、次氯酸钠、草酸、过氧乙酸等氧化漂白剂和硫代硫酸钠、亚硫酸氢钠、保险粉等还原漂白剂作为漂白主剂，共设计了9种漂白剂配方，分别对黄藤素材、黄藤真菌变色材及其氙光变色材进行了漂白处理；通过漂白材的氙光辐照试验，考察了漂白材的返黄情况；从而筛选出能有效消除黄藤材各种变色的漂白剂配方和漂白处理工艺。

1 材料和方法

1.1 试验材料

黄藤采自广东省肇庆市金鸡坑林场，约15年生。藤条直径10-20 mm，长15-25米，节间长度15-25 cm。选取黄藤气干材、典型的真菌变色材以及经氙光照射100h后的光变色材进行漂白处理。试件尺寸50 mm × D mm × 2mm (50mm为顺纹长度，D为藤径)。每个处理取10个试样，计算其统计平均值作为最终实验结果。

选取常用的漂白剂或助剂，如过氧化氢(H_2O_2)、次氯酸钠($NaClO$)、亚硫酸氢钠($NaHSO_3$)、硫代硫酸钠($Na_2S_2O_3$)、硅酸钠(Na_2SiO_3)、保险粉($Na_2S_2O_4$)、草酸($COOH$)₂、氢氧化钠($NaOH$)、乙酸(CH_3COOH)、乙醇和氨水等配制漂液。北京北化精细化学品有限责任公司北京化工厂等生产。

1.2 漂白处理

选用几种常用的氧化、还原漂白剂作为漂白主剂，加入碱类、稳定剂、渗透剂、增效剂等活性化或抑制化助剂，配制为复合型漂白剂，以满足多种漂白效果的需要。碱类物质，如 $NaOH$ ，起改善漂白溶液介质环境的作用；稳定剂，如 Na_2SiO_2 、 Na_2SO_4 ，与增效剂(抑制作用)协同反应，缓和化学反应速度，减缓藤材的过度损伤，提高双氧水利用率，降低成本；渗透剂，如氨水、乙醇，起润湿和渗透作用，以增加漂白深度^[9-12]。

表1 漂白配方及处理

Tab.1 The bleaching formulas and treatments

漂白处理	配方	pH值	温度/℃	时间/h
B ₁	20% H_2O_2 + 10% Na_2CO_3	自然	室温	16
B ₂	10% $Na_2S_2O_3$ + 10% 草酸 + 硼砂	自然	室温	16
B ₃	15% 保险粉 + 2% $NaOH$ + 2% $NaHSO_3$	9~11	室温	16
B ₄	30% H_2O_2 + 醋酸 + 草酸 + 助剂	自然	60	2.0
B ₅	5% $NaClO$ 漂白主剂 + 助剂	8~12	60	3.5
B ₆	0.5% 高锰酸钾 + 饱和亚硫酸氢钠 + 助剂	自然	50	0.5
B ₇	30% H_2O_2 + 冰醋酸 + 尿素 + 助剂	自然	50	2.0
B ₈	5% H_2O_2 漂白主剂 + 2% Na_2SiO_3 + 助剂 + 护漂处理	9~11	50	3.5
B ₉	5% H_2O_2 漂白主剂 + 10% Na_2CO_3 + 助剂 + 护漂处理	9~11	50	3.5

配制时先将助剂溶于漂液中, 再取定量漂白主剂加入其中, 调节pH值, 配制后立即使用。浸渍处理, 室温或水浴锅加热。组内各试件用不锈钢架分隔, 并在处理过程中适时搅动, 以保证漂白效果。漂白一定时间后, 取出试材, 水洗, 气干。本研究漂白配方及处理工艺见表1, 分别以B字母加下标1~9, 代表相应的漂白处理。

1.3 颜色测量与计算

采用国际照明委员会 CIE1976L*a*b*表色系表色和计算色差。通过日本 MINLTA 生产的 CR-300 型可携式测色仪测色。测色条件: 光源为脉冲氙灯 (D₆₅ 标准光源), 光学条件为漫射照明垂直光接收式 (0/d, 以 JIS Z 8722 为标准), 测色孔径为 $\phi 8\text{mm}$ 。直接由仪器测得色度学参数 L*(亮度)、a*(红绿指数) 和 b*(黄蓝指数), 各片试样分别测取 3 个点求平均值。计算光照射一定时间后的材色变化值 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 和总色差 ΔE^* 等。 $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。

用黄度指数 YI 评价颜色变黄程度。其计算公式如下: $YI = 100 (1.32X_{10} - 1.17Z_{10})/Y_{10}$, $\Delta YI = YI - YI_0$, $X = X_n[a^*/500 + (L+16)/116]^3$, $Y = Y_n[(L+16)/116]^3$, $Z = Z_n[(L+16)/116 - (b^*/200)]^3$, 式中: X, Y, Z—样品的三刺激值; X_{10} , Y_{10} , Z_{10} —标准光源的三刺激值 (CIE D₆₅ 光源/10° 视场条件); YI_0 , YI—物体老化前后的黄度指数; ΔYI —变黄度, 数值越大, 表明物体黄化程度越大。

漂白与脱色效果的评定, 参照白色纺织纤维白度评定标准 GB/T17644-1998, 用亨特(Hunter)完全白度 (W_h)。 $W_h = 100 - [(100-L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2}$, $L = 10Y^{1/2}$ 或 $L = 10.000Y_{10}^{1/2}$, $a = 17.2(1.0547X_{10} - Y_{10})/Y_{10}^{1/2}$, $b = 6.7(Y_{10} - 0.9318Z_{10})/Y_{10}^{1/2}$, 式中: W_h —试样的亨特白度, W_h 值越大, 说明白度越高; L—亨特明度指数; a, b—亨特色度指数 (+a 为红色; -a 为绿色; +b 为黄色; -b 为蓝色); X_{10} , Y_{10} , Z_{10} —样品三刺激值。白度下降率 (W_h %) = (照射前原有白度 - 照射后白度) / 照射前原有白度 $\times 100\%$; 白度下降率增大, 表明材色变暗; 白度下降率减小, 表明材色变浅, 即褪色。

1.4 氙光照射试验

将漂白材置于日本生产的 X25F 型氙光衰减仪内, 进行总计 100h 的氙光照射试验, 辐照强度 42 w/m^2 , 样品室温度 63°C , 湿度 50%, 累计辐照强度 15011 KJ/m^2 。分别测定氙光照射 0h、1h、2h、3h、5h、10h、25h、50h、75h 和 100h 后的材色参数, 计算相应色差, 分析变色情况。

2 结果分析与讨论

2.1 黄藤素材漂白

分别测定黄藤材经过 10 种不同漂白处理后的色差, 得到表 2 所示的结果。除以 NaClO 漂白主剂的 B₅ 漂白外, 其他 9 种漂白均使黄藤材的亮度 L* 有不同程度的提高, 尤其是以 H₂O₂ 为漂白主剂的 B₇~B₉ 漂白外处理均使黄藤材的亮度显著提高, 其 ΔL^* 色差值全都超过了 20。10 种漂白处理, 都使黄藤材的红绿指数 a* 减小, 说明所选漂白剂都能使黄藤材的红色调减少。除以 H₂O₂ + 醋酸为漂白主剂的 B₄ 漂白外, 其它 9 种漂白处理都使黄蓝指数 b* 降低, 即黄色调减少; 而 B₄ 漂白却使 b* 值增大, 说明 B₄ 处理后黄藤材的黄色调反而增多。彩度 C* 的变化与 b* 相对应, 除 B₄ 漂白外, 其它 9 种漂白处理, 都使黄藤材彩度 C* 降低。B₄ 漂白则使其彩度增大。10 种漂白处理, 均使黄藤材的色调角 h⁰ 增大, 漂白效果越显著, 色调角的增大越明显。表色更直观的 Munsell 色系, 其色相 H 与色调角 h⁰、其明度 V 与 L*、其明度 C 与 C* 具有相同性质, 变化大体一致。但以保险粉为漂白主剂的 B₃ 漂白使藤材 V 减小, C 增大; 以高锰酸钾 + 饱和亚硫酸氢钠为漂白剂的 B₆ 漂白使藤材 C 增大, 这与 CIEL*a*b*(1976) 色系不一致。

表2 黄藤素材漂白处理后的颜色变化
Tab.2 Color differences of *D. margaritae* canes before and after the bleaching treatments

Sn.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh^0	ΔH	ΔV	ΔC	ΔE^*	ΔH^*	ΔYI	$W_h\%$
B ₁	8.48	-6.24	-3.77	-5.44	9.90	2.87	0.87	-1.03	11.21	4.85	-17.82	17.00
B ₂	3.08	-2.88	-4.88	-5.59	1.90	0.55	0.35	-0.95	6.45	0.91	-13.50	8.24
B ₃	4.61	-3.93	-6.03	-7.00	3.60	-2.80	-0.90	0.80	8.55	1.68	-17.53	11.57
B ₄	12.78	-4.23	7.11	5.63	10.26	2.76	1.32	0.62	15.24	6.07	-1.67	14.40
B ₅	-4.40	-3.61	-5.89	-6.77	2.77	1.18	-0.44	-1.14	8.37	1.34	-11.56	-3.42
B ₆	5.01	-3.39	-2.70	-3.69	4.45	1.25	0.55	-0.65	6.63	2.28	-11.44	10.32
B ₇	24.31	-11.23	-12.67	-14.78	21.73	5.83	2.50	-2.57	29.63	8.26	-43.50	48.72
B ₈	23.32	-10.55	-16.78	-18.30	23.44	6.97	2.36	-3.05	30.62	7.61	-48.66	49.67
B ₉	24.62	-12.05	-19.69	-21.66	27.49	8.31	2.49	-3.63	33.77	8.02	-56.05	56.05

各种处理前后, 藤材总色差值 ΔE^* 都达到了 6 个 NBS 以上, 说明颜色变化明显。以 H_2O_2 为漂白主剂的 B₁、B₄、B₇~B₉ 漂白材的 ΔE^* 值明显更大, B₇~B₉ 漂白材达到了 30 个 NBS 及以上, 变化显著。以 $Na_2S_2O_3$ +草酸(B₂)、保险粉(B₃)、NaClO(B₅) 和饱和亚硫酸氢钠(B₆) 为漂白剂的漂白处理材, ΔE^* 值较小, 约为 6~8 个 NBS。色相差 ΔH^* 的变化与 ΔE^* 的变化相一致, H_2O_2 漂白使黄藤材的色相变化较大, 尤其是 B₇ 漂白使漂白前后的色相变化最大。从黄度指数的变化 ΔYI 可以看出, 10 种处理都使黄藤材的黄度降低, 尤以 H_2O_2 漂白材降低显著。除 NaClO(B₅) 漂白外, 其它各种漂白都能增大黄藤材的白度(W_h), 尤以 B₇~B₉ 的漂白效果显著。其中, B₉ 漂白的效果最明显, 其黄度减量和白度增加率最大; 其次是 B₈ 漂白, B₇ 漂白的白度增加加率相近, 但黄度下降更少。

2.2 黄藤蓝光变色材漂白

黄藤材经蓝光照射 100h 后的变色材, 经不同漂白处理后的颜色变化如表 3 所示。

表3 黄藤蓝光变色材漂白处理后的颜色变化
Tab.3 Color differences of the photo-discolored canes before and after the bleaching treatments

Sn.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh^0	ΔH	ΔV	ΔC	ΔE^*	ΔH^*	ΔYI	$W_h\%$
B ₁	19.85	-9.24	-3.17	-6.96	11.40	2.9	1.90	-1.50	22.12	6.85	-35.47	49.63
B ₂	6.08	-1.21	-2.11	-2.43	-0.13	-0.3	0.57	-0.13	6.55	0.06	-12.25	14.13
B ₃	8.96	-3.10	-4.33	-5.32	0.50	4.1	2.30	-3.10	10.42	0.24	-21.91	22.86
B ₄	29.79	-11.8	0.25	-4.03	18.30	4.4	3.00	-1.00	32.04	11.09	-37.28	65.17
B ₅	13.13	-12.6	-14.96	-19.14	8.70	2.5	1.30	-3.30	23.56	4.03	-57.16	42.72
B ₆	11.54	-3.34	-1.32	-2.75	3.70	0.8	1.20	-0.60	12.09	2.31	-18.23	26.02
B ₇	35.13	-19.33	-16.39	-21.58	34.73	9.8	3.53	-4.07	43.32	13.29	-68.50	88.28
B ₈	41.99	-21.45	-18.38	-24.47	36.70	10.1	4.20	-4.40	50.61	14.11	-83.61	122.23
B ₉	42.83	-21.82	-23.56	-29.36	40.10	11.7	4.30	-5.30	53.53	13.01	-92.87	130.52

除了 B₄ (H_2O_2 +醋酸)漂白使光变色材的 b^* 值略有增加, B₂ ($Na_2S_2O_3$ +草酸)漂白使光变色材的色调角 h^0 和 Munsell 色相 H 略有减小外, 其它漂白处理都使光变色材的明度 L^* 、色调角 h^0 、Munsell 色相 H 及其亮度 V 增大, 红绿指数 a^* 、黄蓝指数 b^* 、彩度 C^* 以及 C 都减小。漂白处理后, 所有漂白材的总色差 ΔE^* 值都达到了 6 个 NBS 以上。并且, 除 B₂ 漂白外, 对于其它几种处

理, 都是光变色材漂白后的色差大于素材漂白后的色差。所选漂白配方和处理, 都使黄藤光变色材的黄度 YI 明显下降, 白度 W_h 明显提高。除 B₂ 漂白使光变色材的黄度下降比素材漂白略少外, 其它几种处理都是光变色材的黄度减量比素材漂白更大。大体上, 不同漂白处理间的效果差异, 与素材漂白相似。但所有漂白处理都使光变色材的白度增量比素材漂白更大, 尤 H₂O₂ 漂白效果显著。这说明所选漂白剂和处理, 均在不同程度上对黄藤材的光变色有消除作用, 尤以 H₂O₂ 漂白为佳, 但还原性漂白剂 Na₂S₂O₃、草酸对光变色的漂白作用较小。

2.3 黄藤真菌变色材漂白

表 4 黄藤真菌变色材漂白处理后的颜色变化
Tab.4 Color differences of the fungi-stained canes before and after the bleaching treatments

Sn.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh^0	ΔH	ΔV	ΔC	ΔE^*	ΔH^*	ΔYI	$W_h\%$
B ₁	16.08	-4.26	-0.62	-1.67	8.50	1.95	1.65	-0.30	16.65	3.96	-15.65	30.16
B ₂	5.62	-0.82	0.57	0.30	1.95	0.45	0.60	0.05	5.71	0.95	-3.99	10.14
B ₃	7.54	-3.27	-1.00	-1.76	6.70	1.50	0.70	-0.40	8.28	2.93	-10.15	14.60
B ₄	20.12	-3.94	4.57	3.54	9.65	1.75	2.05	0.45	21.00	4.89	-8.90	31.91
B ₅	4.47	-2.68	-5.38	-5.91	2.50	0.65	0.40	-0.95	7.74	—	-15.94	11.25
B ₆	9.83	-2.37	0.25	-0.38	5.30	1.25	1.05	0.00	10.22	2.36	-8.54	18.13
B ₇	36.51	-10.54	-11.89	-13.67	24.90	15.50	3.70	17.20	39.82	8.10	-49.20	81.26
B ₈	26.98	-7.88	-14.54	-15.70	17.10	4.60	2.70	-2.60	31.65	5.20	-44.72	56.71
B ₉	32.12	-8.74	-18.02	-19.24	21.50	5.50	3.20	-3.10	37.85	5.56	-54.73	73.66

选取典型的真菌变色材, 用不同漂白配方进行处理, 其漂白前后的颜色变化如表 4 所示。与光变色材的漂白相似, 各种漂白处理都使藤材的亮度增大, 红绿指数 a^* 减少, 即亮度增加, 红色调减少。除 B₂(Na₂S₂O₃+草酸)、B₄(H₂O₂+醋酸)和 B₆(亚硫酸氢钠)漂白使藤材的黄蓝指数 b^* 增大外, 其它处理都使藤材的黄色调减少。除 B₂ 和 B₄ 漂白材的彩度 C^* 增加外, 其它漂白材的色彩饱和度均降低。所有漂白处理, 都使真菌变色材的色调角 h^0 、色相 H 和明度 V 增大, 即颜色变浅; 相应地, 漂白后所有藤材的黄度指数 YI 都减小, 而白度增加。真菌变色材的漂白情况, 与光变色材的漂白情况相似, 但漂白程度明显减小。这说明真菌变色的消除要比光变色的消除困难。

由表 4 中 ΔH^* 和 $W_h\%$ 的变化可知, B₇ 漂白引起的真菌变色材的色相增量和白度增加率最大; 而且, B₇ 漂白后的光变色材和真菌变色材的漂白增加率相近。另外, 值得注意的是, 对于表色更直观的 Munsell 色系, 不但 B₇ 漂白材的色相 H 和明度 V 有最大的增加, 而且其彩度 C 的增加尤为显著, 说明 B₇ 漂白材的色彩非常饱和。B₄ 漂白使真菌变色材的彩度有较小增加; 对素材和光变色材漂白效果最好的 B₈ 和 B₉ 漂白, 使藤材的 C 值减小, 色彩饱和度降低; B₁、B₅ 和 B₃ 漂白材的色彩饱和度也都有所降低, B₂ 和 B₆ 漂白材则变化不大。可见, B₇ 漂白不但能有效消除黄藤材的真菌变色, 而且能赋予其漂白材很好的色泽。

综上, 各种漂白都能不同程度地消除黄藤材的变色, 使其红色调和黄色调减少, 颜色变浅。因而各漂白处理都使得藤材的黄度减小, 白度增大。但 Na₂S₂O₃+草酸(B₂)、保险粉(B₃)以及饱和亚硫酸氢钠(B₆)等还原性漂白剂, 对黄藤材的漂白作用较小; NaClO(B₅), 虽然能在一定程度上消除黄藤材的变色, 但同时会产生轻微变色使黄藤素材的白度反而下降。以上几种漂白液的漂白效果均不太理想。在本研究所拟定的 10 种漂白配方和处理中, 以双氧水的漂白效果最好, 以 H₂O₂ 为漂白主剂的 B₇~B₉ 漂白处理, 都获得了令人满意的漂白效果, 由漂白前的黄红色变为了黄白色。B₇、B₈ 处理使藤材黄度降低了 50, B₉ 漂白使藤材黄度降低了 60。B₇~B₉ 漂白都使藤材的白度增

大了 30 以上。漂白材的白度并不是越大越好, 通常认为存在一个满足需要的最佳理想白度。此时, 漂液对纤维损伤最小, 对藤材的物理力学强度的影响最小, 藤材表面返黄程度小。可见, 在适当的漂白工艺条件下, H_2O_2 可以完全消除黄藤材表面的各种色差并达到所需要的白度。

各种抽提处理前后, 黄藤材颜色的分布区域都有明显减小。B₇ 漂白材的各种色度学参数的分布区域最窄, 说明 B₇ 漂白处理能获得最均匀的材色。

2.4 黄藤漂白材的光变色

表 5 黄藤漂白材经氙光照射 100h 后的颜色变化
Tab.5 Color change of the bleached canes irradiated with xenon light for 100h

Sn.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	Δh^0	ΔH	ΔV	ΔC	ΔE^*	ΔYI	$W_h\%$
素材	-14.86	6.99	1.29	4.14	-10.06	-2.52	-1.46	0.94	16.52	24.17	-25.73
B ₁	-9.86	3.99	5.61	6.43	-4.93	-1.27	-1.00	1.10	12.03	19.39	-16.32
B ₂	-9.36	1.73	4.15	4.50	-0.35	0.20	-0.95	0.80	10.39	15.63	-15.87
B ₃	-10.95	3.18	4.28	5.09	-3.40	3.10	0.30	-1.10	12.18	18.26	-18.36
B ₄	-6.92	-0.09	-9.10	-8.87	-3.57	-0.93	-0.70	-1.30	11.45	-10.00	-2.67
B ₅	4.22	-0.34	2.66	2.48	2.50	0.43	0.40	0.30	5.01	2.31	5.85
B ₆	-15.44	7.37	4.65	7.09	-9.35	-2.35	-1.6	1.30	17.73	28.32	-25.78
B ₇	-8.87	2.36	4.29	4.42	-6.75	-2.20	-0.95	0.70	10.14	12.08	-11.25
B ₈	-14.28	6.16	20.53	20.98	-12.45	-3.95	-1.40	3.30	25.76	44.73	-25.43
B ₉	-17.51	7.20	22.54	22.99	-16.95	-5.4	-1.75	3.60	29.44	50.87	-29.22

黄藤漂白材经氙光照射 100h 后的各种色度学参数的差异见表 5。除 B₅(NaClO)漂白材的亮度有较小增加外, 其它漂白材的亮度均明显降低。漂白效果不好的 B₄ 漂白材, 其黄蓝指数 b* 降低显著, 而且其所有色度学参数都光照后减小。另外, B₅ 漂白材的红绿指数 a* 也减小。除此之外, 其它漂白材的 a* 和 b* 都增大, 说明光照后红色调和黄色调都增多。除 B₄ 漂白材外, 所有漂白材都在光照后, 彩度 C* 增大, 黄度 YI 增加。除 B₅ 漂白材外, 所有漂白材都在光照后白度降低。综上, 除漂白效果不佳的 B₄ 和 B₅ 漂白材外, 白度有明显提高的漂白材, 其氙光变色情况与未漂白材相同; 漂白效果越好, 漂白材白度越高, 变色越明显, 甚至超过未漂白材; 但 B₇ 漂白材白度高, 变色程度却较小。

白度较高的 B₈~B₉ 漂白材, 经过氙光照射 100h 后的光变色程度, 要比未漂白材大得多, 主要表现为黄度指数 YI 的增加要显著得多, 白度下降率的差异则较小; 说明这些漂白材的氙光老化主要表现为黄度的增加。比较总色差 ΔE^* 的大小可以看出, B₅ 漂白材光照后的色差最小, 其次是 B₇ 漂白材。B₅ 漂白材本身颜色偏黄, 是其光照变色程度小的原因。而高白度的 B₇ 漂白材, 在经过氙光照射 100h 后, 其色差仅为 10.14, 黄度增量仅为 12.08, 白度下降率仅为 11.25%, 这说明 B₇ 漂白不但漂白效果好, 能消除黄藤材的各种变色; 而且还能赋予其漂白材优良的防光变色性能。

3 结论

$Na_2S_2O_3$ 、草酸、保险粉以及饱和亚硫酸氢钠等还原性漂白剂, 对黄藤材的漂白作用较小; NaClO 的漂白效果也较差。在本研究所拟定的几种漂白配方和处理中, 以双氧水的漂白效果最好, 以 H_2O_2 为漂白主剂的 B₇~B₉ 漂白处理, 都获得了令人满意的漂白效果, 藤材颜色由漂白前的黄红色变为了黄白色, 而且颜色均一, 尤其是 B₇ 漂白处理能获得最均匀的材色。

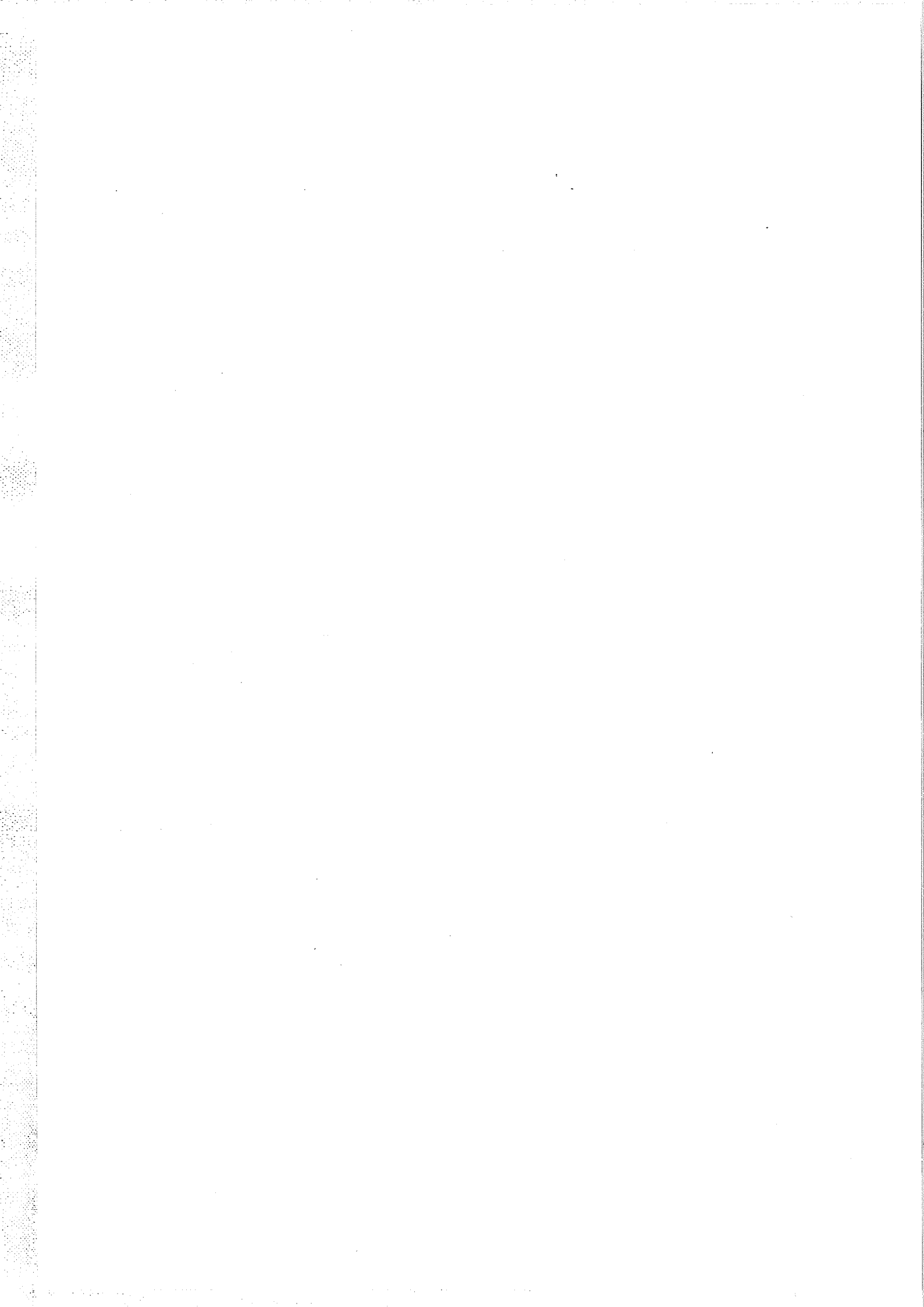
光变色材的漂白情况与素材漂白相似，但其白度增量比素材漂白更大； H_2O_2 漂白对黄藤材的光变色有明显消除作用；还原性漂白剂 $Na_2S_2O_3$ 和草酸对光变色的漂白作用较小。与光变色材的漂白相比，真菌变色材的漂白程度明显更小。这说明真菌变色的消除要比光变色的消除困难。但 B_7 漂白不但能有效消除黄藤材的真菌变色，而且能赋予其漂白材很好的色泽。

与黄藤未漂白材相似，经氙光照射后，漂白材的亮度降低，红色调和黄色调增多，彩度增大，黄度增加，白度降低；但漂白后颜色偏黄的 $NaClO$ 漂白材的亮度和白度反而增加。经过氙光照射 100h 后，高白度的 B_7 漂白材的黄度增量仅为 12.08，白度下降率仅为 11.25%，变色程度小。

本研究中的 B_7 漂白处理，以 H_2O_2 为漂白主剂，添加适当助剂，并进行护漂处理，能完全消除黄藤材表面的各种变色，达到所需要的白度；而且，漂白材不但颜色均一，色泽度好，还具有优良的防光变色性能。该黄藤材漂白法，效果佳，应用前景好，值得大力推广应用。

参考文献

- [1] 江泽慧.世界竹藤.沈阳:辽宁科学技术出版社 [M].2002
- [2] 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.
- [3] 许煌灿,尹光天,曾炳山等.黄藤生态生物学特性的研究 [J].林业科学研究,1994,7(1):20-26.
- [4] 江泽慧,吕文华,费本华,任海青,吴玉章,王朝晖.三种华南商用藤材的解剖特性 [J].林业科学,2007,43(1):121-126
- [5] 江泽慧,吕文华,任海青,费本华,吴玉章.棕榈藤材缺陷和分级 [J].世界竹藤通讯,2006,4(4):11-14
- [6] 江泽慧,费本华,任海青,吴玉章,吕文华.黄藤材的真菌变色 [M].中国林学会木材科学分会第十一次学术研讨会论文集.云南昆明,2007,428-433
- [7] 吕文华,江泽慧,吴玉章,任海青,费本华.木、竹、藤材的变色防治 [J].世界林业研究,2006,19(4):38-44
- [8] 吕文华,江泽慧,任海青,费本华,吴玉章.藤材的防护和综合利用 [J].世界竹藤通讯,2007,5(2):9-11
- [9] 王贵米,宋宝昌,林木森.浅谈人造薄木生产中单板的漂白 [J].林业机械与木工设备.2001,29(8):28-30
- [10] 李年存,向琴,肖水隆.新型木材漂白剂漂白工艺研究 [J].林产工业.2001,28(2):28-29,35
- [11] 彭万喜,朱同林,李凯夫,范智才,张党权.木材漂白的研究现状与趋势 [J].世界林业研究.2005,18(1):43-48
- [12] 曹琳,蒋璇.毛白杨蓝变木材漂白处理技术研究 [J].林业科学,2006,42(3):121-124



黄藤材的真菌变色

江泽慧 费本华 任海青 吴玉章 吕文华

(中国林科院 木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 黄藤材伐后易变色降等。为了有效防治其变色, 通过扫描电镜观察、化学成分分析和变色菌的分离和接种试验等研究, 探讨了黄藤材的主要变色原因。结果表明: ①黄藤材的黄红变主要是由非微生物引起的化学或光变色; 黄藤材的蓝变、褐变和红变等色变主要由微生物引起, 变色材的导管和基本薄壁组织细胞中存在大量菌丝或孢子; ②与正常材相比, 微生物变色材的各种抽提物含量减少, 含水率、聚戊糖、综纤维素和灰分含量增多, pH值增大; 藤芯化学成分受变色菌的影响比藤皮大; ③从黄藤变色材中分离得到15种主要变色菌, 正常材接种后, 失重较小, 变色明显; 黄藤的蓝变、褐变和红变等色变主要由变色菌的菌丝体的颜色和其所分泌的色素引起。

关键词: 黄藤材, 变色, 显微观察, 化学成分, 变色菌

The fungi stains of *Daemonorops margaritae* cane

JIANG Zehui FEI Benhua REN Haiqing WU Yuzhang Lü Wenhua

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Peeled its leaf sheath, the new felled fresh cane of *Daemonorops margaritae* (Hance) Becc is attractive yellowish white or creamy. But it often change color during the courses of transportation, storage, processing and utilization. Through the chemical composition analysis, the scanning electron microscope observation and the stain-fungi inoculation test of normal cane, the causes and types of the rattan cane are discussed, which is important for further research in preventing and removing the cane discoloration. Results show that: ① The yellowish red discoloration of *D. margaritae* cane is mainly chemical discoloration or photodiscoloration. The blue, dark-brown and red stains of the cane are mainly caused by microorganisms, since there are always much fungus mycelia in the vessel and basic parenchyma tissue cells of the stained canes. ② Compared with the normal cane, the extractive contents in all items of the microorganism-stained cane are decreased, and the pH value, the content of moisture, pentosan, holocellulose and ash are all increased. The chemical compositions of the core have greater change than the cortex, which indicates that the stain-fungi have greater influence on the core than on the cortex. ③ 15 fungi species in total are isolated and purified from the microorganism-stained cane. After the normal canes are inoculated with these fungi respectively, all canes lose a little weight, but change color greatly. The discoloration of the inoculated cane is consistent with the color of the stained cane from which the inoculating fungus is separated. Considering the stain-fungi's cultivating characteristics, the blue, dark-brown and red discolorations of *D. margaritae* cane are mainly resulted from the colors of the stain-fungi's mycelia or the pigments secreted by the stain-fungi such as melanin.

Key words: *D. margaritae* cane, Discoloration, Microscopic observation, Chemical composition, Stain-fungi

黄藤 [*Daemonorops margaritae* (Hance) Becc.], 又名红藤, 属棕榈科(Palmae)省藤亚科(Calamoideae)省藤族(Calameae)黄藤属(*Daemonorops*)的具刺攀援丛生藤本植物, 是我国热带和南亚热带森林中的主要伴生植物, 是我国的优良商品藤种, 为中国特有种^[2]。天然分布以海南岛为中心, 延伸至纬23°30'以南的广东和广西南部地区。黄藤萌蘖多, 生长快, 产量高, 可广泛栽培于海南、广东、广西、云南和福建等省区, 目前已在我国华南地区广为推广栽培^[3-4]。棕榈藤的藤茎或藤条是著名的非木质林产品; 它富含纤维, 质地柔韧, 抗拉、抗弯强度大, 是编织和家具制作的优良材料^[1]。黄藤具有良好的工艺特性, 嫩茎还可作为蔬菜食用, 具较高经济价值和开发前景。

作者简介: 江泽慧, 女, 教授, 博导。*通讯作者: 吕文华, 女, 1974年生, 博士后, 副研究员, E-mail: lwh_lily@163.com。
基金项目: ITTO 国际合作项目“基于人工林资源中国棕榈藤业可持续发展的能力建设”(PD 100/01 Rev.3(1)), “十一五”国家科技支撑计划项目“竹藤资源培育与高附加值加工利用技术研究”(2006BAD19B04, 2006BAD19B09)

藤条原色多为乳白色或米黄色,多数藤家具的颜色都以自然清新的原色为主。但黄藤伐后颜色加深很快,呈黄色、红黄色或棕黄色;在运输、存放、加工和使用等过程中,黄藤还容易发生蓝变、褐变、红变或黑斑等变色现象,降低价值,影响其销售和利用。有些变色严重的黄藤弯曲强度降低,不能用于家具制造,常被制成藤篮等低值品,甚至用作燃料。对黄藤材的变色成分和变色机理进行研究,探索如何防止和消除黄藤变色,可以提高藤材的利用率和藤材制品的价值;既增加藤材经济效益,也在一定程度上保护或节约棕榈藤资源。本文主要通过扫描电镜观察和化学成分分析,讨论了黄藤存在的主要变色类型;将变色材分离的主要变色真菌接种到正常材上,考察分析了各变色菌对黄藤材的颜色和重量等材质的影响。

1. 材料与方法

1.1 材料

黄藤采自广东省肇庆市金鸡坑林场,攀生在杉木(*Cunninghamia lanceolata*)上,约15年生。藤条直径10-20 mm,长15-25米,节间长度15-25 cm。选取典型的气干变色试样进行变色类型的确定和变色菌的分离。用于接种变色菌的正常材,为藤全长1/3~2/3处的中部非节部藤材,无虫蛀、无蓝变、无霉斑,试样尺寸为50 mm × D mm × 2 mm(50 mm为顺纹长度,D为藤径)。

1.2 变色类型的确定

通过大量调查研究表明,黄藤主要存在黄变、蓝变、褐变和红变等变色情况。首先,用饱和乙二酸水溶液和15%的过氧化氢水溶液涂刷变色材表面,初步判断黄藤材的微生物与非微生物变色^[3]。其次,对变色试样通过光学电镜和扫描电镜(SEM)进行微观考察;选取微生物变色试样,进行化学成分分析和变色菌的分离。最后,将分离纯化后的菌种转接到正常材上检验其变色性状。SEM分析:采用日本JEOL生产的JSM-5500LV型扫描电子显微镜,10 mm × 10 mm × 1 mm试样,喷金处理,白金厚度为8 nm,加速电压15 KV。

1.3 化学成分分析

按照造纸原料的国家标准GB/T 2677.2~10-93~95,测试黄藤的正常材和微生物变色材的灰分、冷水抽提物、热水抽提物、1%氢氧化钠抽提物、苯醇抽提物、酸不溶木质素、综纤维素和聚戊糖等基本化学成分。pH值的测定按照木材pH值测定方法(GB/T 6043-1999)进行。

1.4 变色菌的分离

采用常规方法分离黄藤变色菌。首先将变色材表面用75%的酒精消毒,再无菌水漂洗2-3次,用解剖刀轻轻刮去表层,切取藤皮或藤芯部位的小块变色材,放在PDA平板培养基上,在温度26~28℃,相对湿度75%的培养箱中培养(本研究培养条件均与此相同)。当试件周围明显长出菌丝后,采用尖端菌丝挑取法,挑取形态不同的菌落,转到PDA培养基上,进行纯化培养。最后,将分离纯化的单纯菌种转接到PDA斜面培养基上,制成试管菌种,放于4℃冰箱中保藏备用。PDA培养基配方:马铃薯20g,葡萄糖2g,琼脂2g,蒸馏水100ml。将马铃薯洗净、去皮,切成碎块,放入水中,煮沸30min后用纱布过滤,补水定容,得到马铃薯浸取液,加入葡萄糖和琼脂,加热溶化,定容,分装、加塞、包扎,121℃灭菌30min。自然pH值。

1.5 黄藤接种试验

(1)将15个变色菌种分别接种到PDA培养基上培养一定时间,待菌落基本长满培养皿后,在平板内加入2-3ml无菌水,用玻璃棒轻轻搅动,得到含变色菌孢子和菌丝片断的混合溶液,即为菌悬液,用无菌移液管或吸管将其移到无菌试管中备用。(2)将正常的黄藤片在103℃下烘干、称重并测色;然后用湿纱布包好,在121℃条件下湿热灭菌30min。将两根无菌小木棍平行放置于空白平板中的无菌滤纸上,再将2片灭菌后的藤片横放在小木棍上,然后用菌悬液涂布法将各变色菌接种到黄藤片上,放入培养箱中培养,定期观察。分别在接种2周和4周后取样检测,用毛刷轻轻清除藤片表面

的菌丝和孢子，烘干、称重并测色，各次各菌取样3个求平均值。(3)采用国际照明委员会的CIE L*a*b* (1976) 表色系统表色和计算色差^[6]。采用日本MINOLTA生产的CR-300台式测色仪，D₆₅标准光源，0/d(垂直照明/漫反射)，测得该系统色度学参数L*(亮度)、a*(蓝绿指数)和b*(黄红指数)，计算色差 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 和总色差 ΔE^* ($\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$)。各片试样分别测取3个点求平均值。

2 结果与分析

2.1 黄藤材的变色特征

黄藤天然分布以海南岛为中心，延伸至纬23°30'以南的广东和广西南部地区，可广泛栽培于海南、广东、广西、云南和福建等我国热带和南亚热带地区。新伐黄藤的去皮藤茎，多为光泽的黄白色或米黄色，在空气中自然放置，尤其在日光照射下，颜色加深很快，呈黄色、红黄色或棕黄色。黄藤产地气候温暖湿润，尤其是在春夏高温多雨季节，黄藤材在运输、存放、加工以及使用过程中，容易由于保管不善而出现蓝变、褐变、红变或黑斑等现象。黄藤颜色从正常的黄白色变为浅蓝黑色，严重者甚至变成铁灰色或暗褐色，变色范围可局限于藤材表皮及至整个藤材横截面。黄藤材在不同环境条件下可能发生各种变色，但在实际生产和使用中，黄变、蓝变、褐变是造成黄藤降等、影响黄藤使用、造成经济损失的主要变色。

2.2 黄藤材变色类型的初步判定

Wilcox认为用饱和乙二酸水溶液和过氧化氢水溶液处理变色材，可以明确区分木材微生物与非微生物变色类型^[5]。用饱和乙二酸水溶液涂刷变色材表面作脱色处理后，木材色斑能够消除，则为非微生物变色；而用过氧化氢脱色处理后，色斑能够消除的则为微生物变色。

将黄藤变色材分别用饱和乙二酸水溶液和15%的过氧化氢水溶液进行涂刷处理，20min后，观察试样颜色的变化。结果表明，用饱和乙二酸水溶液处理后，蓝变材、褐变材及红变材的颜色变化不大；黄变材则发生明显的漂白脱色现象，变化明显。用过氧化氢水溶液处理后，蓝变材、褐变材及红变材都发生了一定程度的漂白现象，变色有所消除。据此，认为黄藤蓝变材、褐变材及红变材的变色属于微生物引起的变色，而黄变材的变色则是由非微生物引起的化学或者光变色。

2.3 扫描电镜显微观察

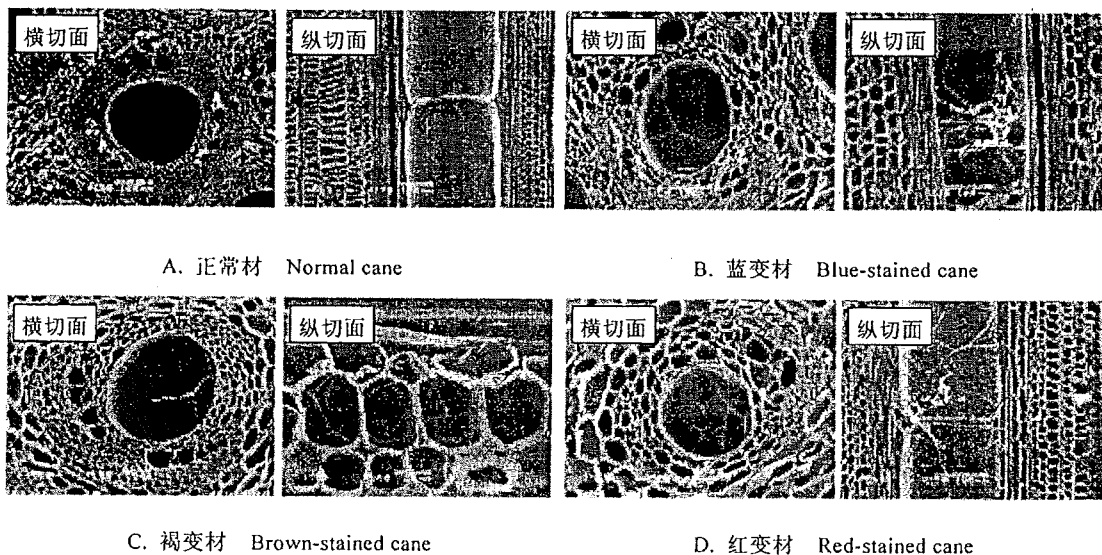


图1 黄藤材真菌变色的SEM显微观察(横切面 Cross section; 纵切面 Longitudinal section)

Figure 1. The SEM microscopic observation of stained *D. margaritae* canes

扫描电镜观察表明,黄藤黄变材的微观组织结构与正常材一样,没有菌丝或孢子;说明黄藤的黄变不是由于微生物侵染所致。对黄藤的蓝变材、褐变材和红变材的显微观察表明,如图1所示,各变色材的导管和和基本薄壁组织细胞中充满了真菌菌丝体。各种变色菌的菌丝首先进入藤材的大导管中,再从导管入侵旁边的薄壁细胞;菌丝或孢子主要存在于藤材导管和基本薄壁组织细胞中。

变色菌在藤材组织内的延伸主要通过纹孔进行。一般情况下,变色菌的穿孔都是机械性的。变色菌的菌丝较粗,但藤材细胞壁无溶蚀现象,菌丝主要通过细胞壁的纹孔,从一个细胞进入另一个细胞。黄藤导管上的纹孔较大,菌丝通过导管细胞壁上的纹孔时,其菌丝大小的变化不明显。

2.4 化学成分分析

无论是微生物引起的还是非微生物引起的变色,都会导致藤材组分的相应变化。黄藤正常材和微生物变色材的各项化学成分的分析测试结果见表1。由表,黄藤材与木材的化学组成相近,主要由纤维素、半纤维素和木质素组成,但含有比木材更多的水溶物和弱碱液溶解物等抽提物,因此,藤在运输、存放、加工和使用等过程中容易受菌虫等生物或微生物败坏而降低价值^[7-8]。

表1 黄藤的正常材与微生物变色材的化学成分

Table 1. The chemical composition of the normal and microorganism-stained *D. margaritae* canes

材种	类别	含水率, %	冷水抽出物, %	热水抽出物, %	1%NaOH抽出物, %	苯醇抽出物, %	酸不溶木质素, %	综纤维素, %	聚戊糖, %	灰份, %	pH值
藤皮	正常材	8.84	8.76	11.98	32.75	6.72	24.48	69.60	20.84	2.25	4.32
	变色材	9.12	5.72	7.89	30.97	3.97	24.11	72.43	21.88	2.50	5.01
	变化	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑
藤芯	正常材	9.30	17.15	21.25	42.21	8.14	22.10	60.36	22.50	1.09	4.18
	变色材	9.53	9.13	11.59	36.25	4.90	24.06	67.53	23.31	1.94	4.97
	变化	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑

注: “↑”表示增加, “↓”表示减少。

由表1,黄藤真菌变色材的各项抽提物(冷水、热水、1%氢氧化钠和苯醇抽提物)的含量都低于正常材。能溶于热水、冷水的主要藤材成分包括单糖、低聚糖、部分淀粉、果胶、糖醇类和可溶性无机盐等,冷水抽提物含量减少说明变色材的可溶性矿物成分及其他某些糖类的含量减少;热水抽提物含量降低表明变色材中的淀粉和果胶质等含量较少。在稀碱溶液中除了可溶出能被热水、冷水抽提的化合物之外,还有蛋白质、氨基酸等,以及部分聚合度较低、支链较多、耐碱性较弱的半纤维素被降解溶出。1%NaOH抽提物含量较低,表明变色材中的蛋白质、氨基酸、半纤维素等物质的含量较正常材少。苯醇抽提物含量降低,表明变色材中的脂肪酸、脂肪烃和萜类化合物等含量减少。综纤维素是指植物纤维原料中纤维素和半纤维素的全部,也即碳水化合物总量。由于变色菌对综纤维素和灰分没有分解或降解作用或作用小,内含物的大量减少使得综纤维素和灰分的相对含量有所增加。同理,变色材的藤芯木质素比正常材高,表明变色菌对藤芯木质素无分解或降解作用或作用小。藤皮的酸不溶木质素有少量减少。在真菌侵染过程中,真菌分泌的酶可能在较小程度上会溶蚀细胞壁的少量多糖类物质,从而使得多戊糖含量有较小程度的增加^[9]。一般都认为变色菌主要是侵蚀细胞的内含物,不会对细胞壁组织造成损害,但真菌变色前后的黄藤材的化学成分分析表明,变色菌在适宜条件下,对藤材细胞壁也存在一定的溶蚀作用。黄藤受真菌侵染后,各种抽提物大量减少,主成分相对增加,说明变色菌主要侵蚀细胞的内含物,对细胞壁的损害较小。

微生物生长的pH值范围极广,不同的微生物都有其最适生长pH值和一定的pH范围,在最适pH范围内微生物生长繁殖速度快,在最低或最高pH值的环境中,微生物虽然能生存和生长,但生长非常缓慢而且容易死亡。微生物可以通过糖类和脂肪代谢产酸、蛋白质代谢产碱以及其他物质代谢产生酸碱,

从而改变环境的酸碱度，使之更适合微生物的生存^[10]。霉菌和变色菌生长的最适pH值，一般都在5~6；但黄藤材的材性偏酸，pH值较小（藤芯为4.18，藤皮为4.32）；因此，变色菌侵染后会使其pH值增加（变色藤芯为4.97，变色藤皮为5.04），使其更有利于变色菌的生长。同理，真菌的生长需要水分，真菌的菌丝体有一定的保水作用，在相同的环境条件下，受真菌侵染的藤材的含水率会比正常材的含水率高。变色材的藤芯各项化学成分的变化比藤皮的相应变化大，说明藤芯受变色菌的作用更大。

2.5 黄藤变色菌的分离和接种

按 1.4 所述的常规分离方法，从黄藤红变材中共分离得到了 4 种变色菌；对蓝变材与褐变材的变色菌的分离，情况大致相同，共分离得到了 13 种变色菌。本研究总计共分离得到了 15 种黄藤变色菌，分别编号为 F1~F15。按照 1.5 所述方法，分别将 15 种变色菌接种到正常的黄藤藤片上，定期观测藤片的颜色和重量的变化，分析结果见表 2。

对于 CIEL*a*b*(1976)系统，色差 ΔE^* =1 时称为 1 个 NBS 色差单位。一个 NBS 单位 ($\Delta E^*=1$) 大约相当于视觉色差识别阈值的 5 倍。NBS 单位的色差感觉一般分为 6 档：0~0.5 痕迹，0.5~1.5 轻微，1.5~3.0 可察觉，3.0~6.0 可识别，6.0~12 大，12 以上非常大^[6]。正常材接种各种变色菌仅仅 2 周时间，各接种材的总色差值都达到了 3 个 NBS 以上，即发生了感觉明显的颜色变化；其中，有 6 个菌种使藤材的色差达到感觉强烈的 6 个 NBS 以上，最大总色差值达 19.75 个 NBS。当正常材接种变色菌 4 周后，有 8 个菌种使藤色变化感觉强烈，最大总色差值达 28.64 个 NBS。可见，15 种变色菌都使黄藤材发生了明显的颜色变化。

表 2 黄藤经变色菌不同时间侵染后的颜色变化和重量损失

Table 2. Change of the color and weight of unstained *D. margaritae* cane inoculated with stain-fungi

菌种 Fungus species	接种 2 周 Two week after inoculation					接种 4 周 Four week after inoculation				
	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	失重率 Wt. loss,%	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*	失重率 Wt. loss,%
F1	0.98	-3.53	-2.45	4.41	1.75	-1.34	-4.98	-2.95	5.94	1.90
F2	-0.72	-4.27	-3.49	5.56	1.45	2.94	-6.83	-4.76	8.83	1.83
F3	2.51	-1.83	-0.56	3.16	0.62	3.73	-1.94	-0.93	4.31	0.84
F4	3.16	-3.03	-2.83	5.21	1.55	5.85	-5.32	-3.11	8.50	1.91
F5	-9.48	0.26	-1.34	9.58	0.72	-10.35	-0.65	-2.12	10.58	0.77
F6	-10.60	-8.34	-11.38	17.65	1.71	-14.29	-6.27	-10.99	19.09	1.88
F7	-3.99	-6.97	-6.05	10.06	1.29	-5.51	-7.04	-7.49	11.66	1.62
F8	1.89	-3.28	-0.93	3.90	1.12	2.32	-4.66	-2.02	5.58	1.58
F9	-14.92	-6.85	-10.97	19.75	2.20	-23.15	-7.01	-15.33	28.64	2.47
F10	2.23	-3.55	-1.12	4.34	1.45	-1.04	-2.68	-3.63	4.63	1.88
F11	-0.93	-5.15	-3.62	6.36	1.99	-2.98	-6.97	-6.44	9.95	2.09
F12	-1.09	-1.92	-2.05	3.01	0.88	-3.01	-3.28	-3.62	5.74	1.32
F13	1.81	-3.58	2.50	4.73	0.96	2.52	-3.33	1.46	4.42	1.47
F14	3.84	-1.48	1.68	4.45	1.26	3.88	-2.61	-0.16	4.68	1.55
F15	-5.93	1.24	1.80	6.32	1.44	-11.97	5.12	2.53	13.26	1.99

从黄藤变色材分离得到的 15 种变色菌，都使黄藤正常材分别发生了明显的蓝变、褐变及红变等颜色变化。正常材接种变色菌后发生的变色，与分离变色菌的变色材的颜色相一致。结合变色菌的分离和培养性状认为，黄藤的蓝变、褐变及红变等真菌变色主要是由真菌菌丝体的颜色和其所分泌的色素被藤材组分吸收所致。

由表 3，各变色菌都使黄藤材的重量有一定程度的减少，但变化量较小。接种 4 周后，黄藤材的

重量损失率最大为 2.47%，最小仅为 0.77%。接种材的重量变化和颜色变化没有明显的相关性。重量损失主要发生于接种变色菌后的 2 周时间内，之后，失重很小；说明变色菌对藤材的侵染较快，但对藤材主成分的分解或降解能力较弱。

3. 结论

黄藤是我国优良商品藤种，为中国特有种，具较高经济价值和开发前景。新伐黄藤的去皮藤茎多为黄白色或米黄色，采伐后在运输、存放、加工和使用等过程中容易变色。

化学药剂分析和扫描电镜观察结果表明，黄藤材的黄变主要是由非微生物引起的化学或者光变色；黄藤材的蓝变、褐变和红变属于由微生物引起的变色，变色材的导管和基本薄壁组织细胞中存在大量菌丝或孢子。

基本化学成分分析结果表明，与正常材相比，黄藤微生物变色材的各项抽提物的含量都较低，含水率、聚戊糖、综纤维素、灰分和pH值则较高；变色菌主要是侵蚀细胞的内含物，但对藤材细胞壁也存在一定的溶蚀作用；变色藤芯的化学成分的变化比变色藤皮的化学成分的变化更大，说明藤芯受变色菌的影响比藤皮大。

从黄藤变色材中共分离得到了15种主要变色真菌。黄藤正常材接种这些真菌后，其重量损失主要发生在2周时间内，失重率较小。黄藤材在接种前后的颜色变化明显，变色较快；在2周时间内都造成了感觉明显的色差。黄藤正常材接种真菌后所产生的变色，在一定程度上都与该菌种分离材的变色相一致。根据变色菌的培养性状，黄藤的蓝变、褐变和红变等色变主要是由变色菌的菌丝体的颜色和其所分泌的色素引起。

致谢：感谢中国林科院森环所的江米发老师、木工所的闫昊鹏老师和安徽农业大学的高慧老师提供了实验帮助。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山等. 黄藤生态生物学特性的研究 [J]. 林业科学研究, 1994, 7 (1): 20-26.
- [3] 许煌灿, 尹光天, 曾炳山等. 黄藤栽培技术的研究 [J]. 林业科学研究, 1994, 7(3):239-246.
- [4] 许煌灿, 吴金坤, 尹光天. 棕榈藤的研究和发展 [J]. 世界林业研究, 1999, 12(5):37-42.
- [5] Wilcox W W. Some methods used in studying microbiological deterioration of wood [J]. Forest Service Research Note, 1964, 17(2): 63.
- [6] 段新芳. 木材颜色调控技术 [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2002: 21-25.
- [7] 李坚. 木材科学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 322-325.
- [8] 李坚. 木材保护学 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1999: 25-38.
- [9] 吕文华, 肖绍琼, 木乔英. 西南桦木材变色的主要原因 [J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 107-110.
- [10] 张文治. 微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 122-130.

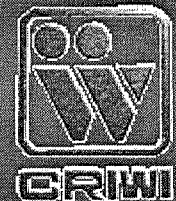
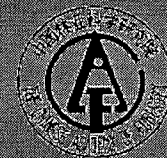
Rapid Estimation of Properties of Rattan Canes using Near Infrared Spectroscopy

YURONG WANG PhD

yurwang@caf.ac.cn

Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry,
Beijing, China

The Global Rattan Workshop, Jan. 8-11. Haikou, Hainan, China



Rapid Estimation of Properties of Rattan Canes using Near Infrared Spectroscopy

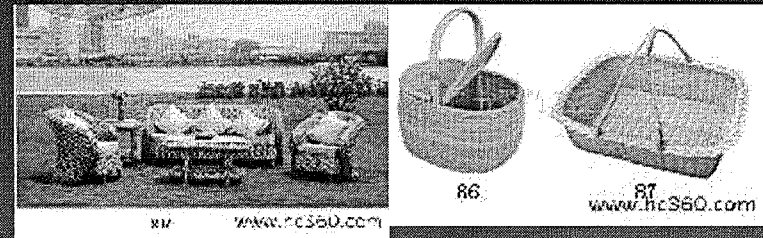
- **Introduction**
- **Experiments**
 - **Measurement of properties**
 - **Near infrared spectroscopy (NIR)**
- **Results and Discussions**
- **Conclusions**

1. Introduction

- **Species and distribution of rattan**
 - Rattans belong to the family *Palmae*. Most of them have climbing stems.
 - About 600 species of rattan belonging to 13 genera are found in the world. About 580 species are in Southeast Asia and the Pacific
 - 3 genera, 42 species and 26 varieties in China, mostly in Yunnan and Hainan provinces



1. Introduction



chair, crafwork

- **Rattan as a NTFP**
 - **Second only to timber and bamboo in some Asian countries in economic importance**
 - **The global trade worth US\$ 2 billion and domestic US\$ 2.5 million (INBAR, 2007)**
 - **It is a good material for furniture making and weaving. China is one of the important countries with well developed rattan industry.**

1. Introduction

Current situation

- Less than 20 percents of rattan supply are domestic in China
- **40, 000 tons of canes imported annually, moreover**

1. Introduction

What should we do under this situation?

- ◆ **It is a good idea to establish rattan plantation programs.**

1. Introduction

- ◆ At the same time, we also need to pay more attention to the basic research, especially by employing some new technologies.
- ◆ Rattan properties can give us some information to guide the directional cultivation and processing and utilization of rattans.

**Directional
cultivation**

(Properties
based
cultivation
of rattans)

Rattan Properties

**New nondestructive
Technique**

**Processing
and
Utilization**



2. Experiment

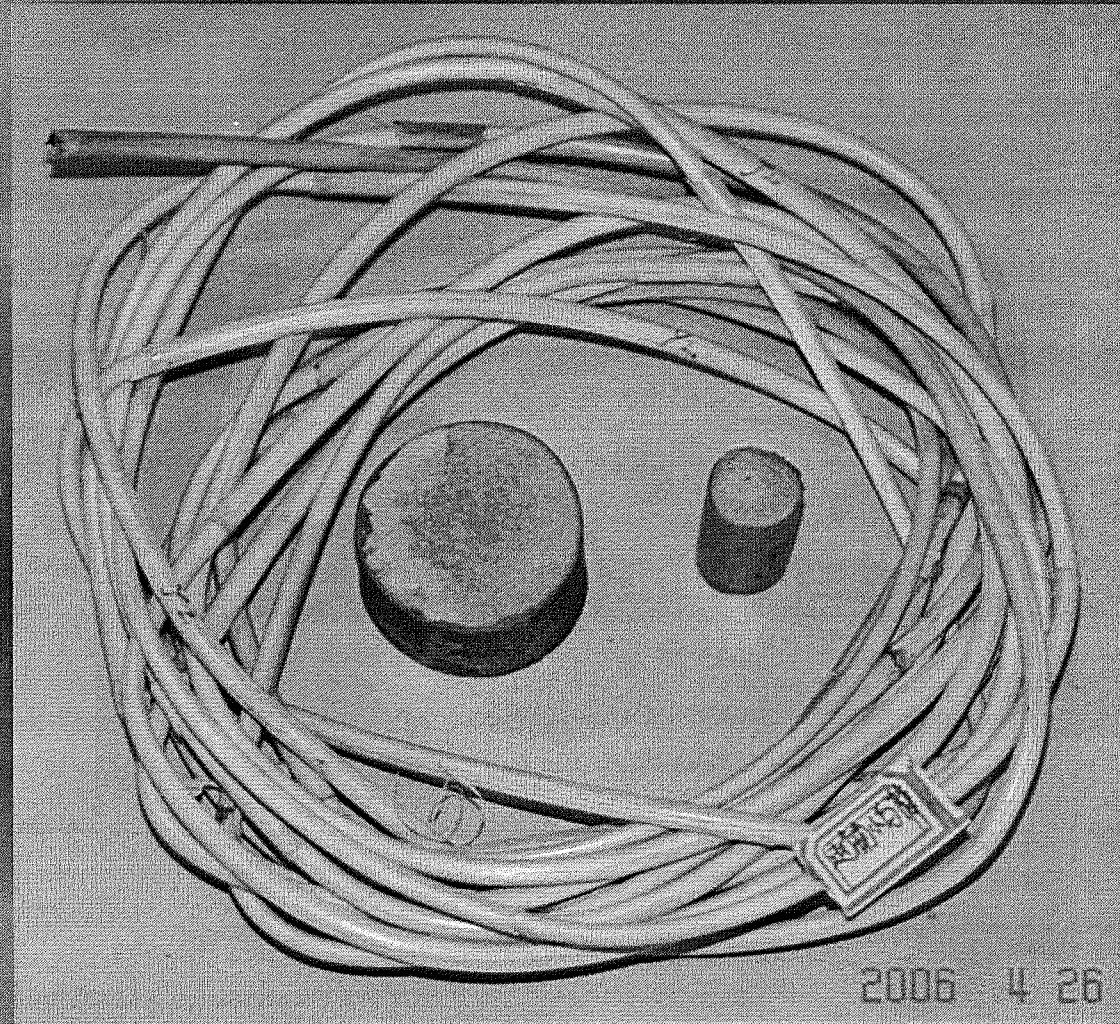
Scientific name	Chinese name	Diameter at the middle of the stems (mm)
<i>Calamus guangxiensis</i> C.F.Weii	广西省藤	
<i>Plectocomia kerrana</i> Becc.	钩叶藤	18.6
<i>Calamus rhabdocladus</i> Burret	弓藤	17
<i>Calamus faberii</i> Becc.	苦藤	15
<i>Calamus simplicifolius</i> Wei	单叶省藤	13.7
<i>Daemonorops margaritae</i> Becc.	黄藤	11.9
<i>Calamus balansaeanus</i> var. <i>balansaeanus</i>	小白藤	5.8
<i>Calamus dioicus</i>	异株藤	5.2
<i>Calamus tetradactylus</i> Hance	白藤	4.7
<i>Calamus tetradactyloides</i> Burret	多刺小鸡藤	4.0

2. Experiment

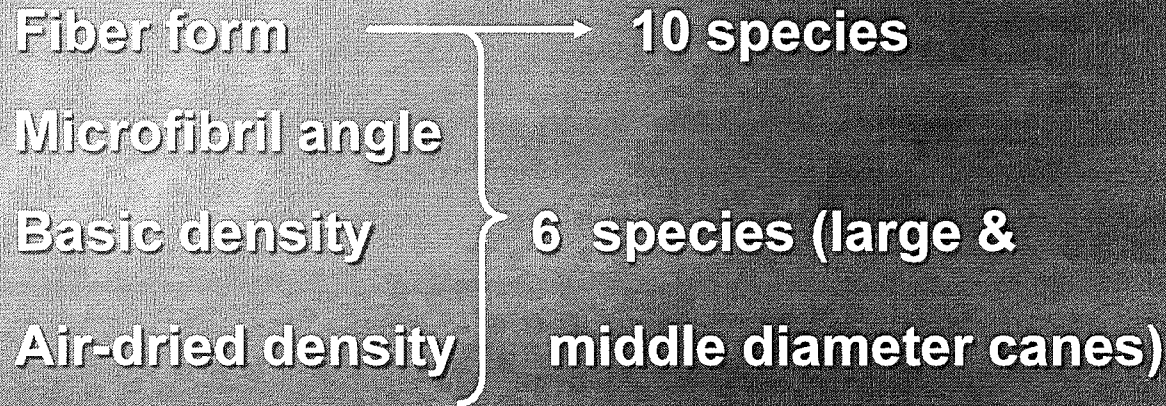
Ages of
samples: 7-10
years

Grouping of
samples:

Larger diameter
canes, >15 mm;
middle, 10-15
mm; small, <10
mm



2. Experiment

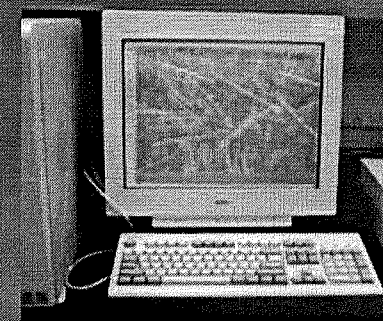


All of them are the important properties of rattans. MFA has a significant influence on rattan stiffness and shrinkage. And the fibre form, especially, fibre length directly affect stand or fall of paper and their other utilization; density effect the rattan intensity.

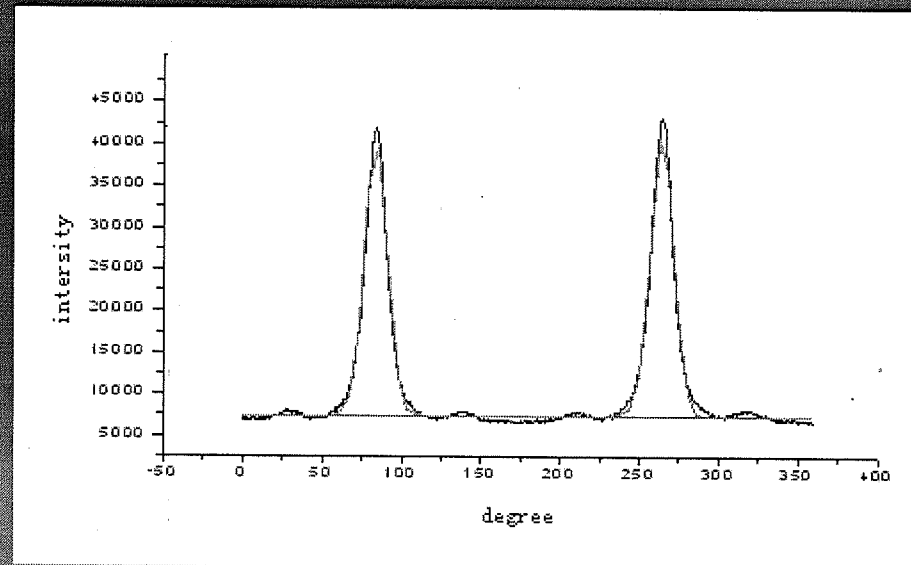
2. Experiment

Conventional Methods:

A. Maceration of fibre



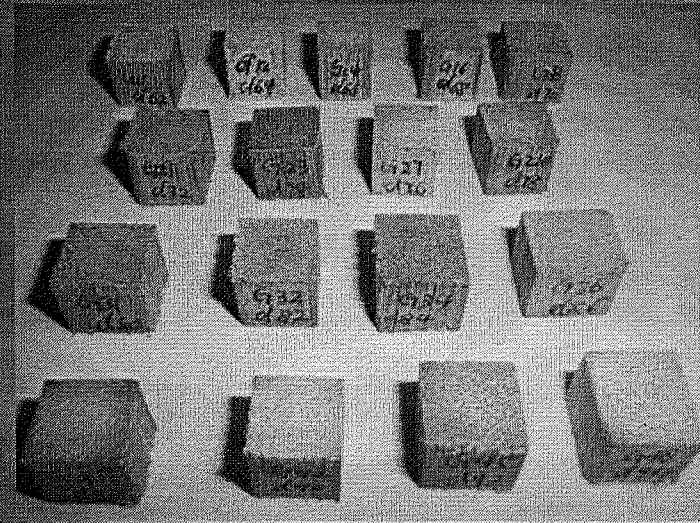
B. Microfibril angle



The mean microfibril angle was measured by X-ray diffraction and calculated by 0.6 T

2. Experiment

C. Air-dried density of the heart part of canes by the method of direct measurement



D. Basic density of canes by the method of draining water

