

摘 要

黄藤是我国特有的一种棕榈藤，黄藤笋则是指黄藤的藤茎嫩梢，是我国民间很早就被食用的一种森林蔬菜。最近研究表明，黄藤笋含有高蛋白、低脂肪、富含纤维素和人体必需的八种氨基酸，以及钙、镁、铁、锌等多种矿质营养元素和维生素C等，具有潜在的营养价值和保健功能，是一种天然的绿色保健蔬菜。从医学和流行病学的角度看，果蔬中的膳食纤维和多种次生代谢产物都具有抗氧化、抗变异、防癌、提高免疫力、抗过敏、调节血压和胆固醇等保健功能，其中抗氧化活性对于预防癌症、心血管疾病以及抗衰老是很重要的生理功能。近几年来研究果蔬的抗氧化活性已成为热门课题，但是，黄藤笋的抗氧化活性方面的研究至今未见报导。

本实验采用DPPH 法、FRAP 法、福林-酚比色法、芦丁比色法分别测定了黄藤笋的DPPH 自由基清除能力、总还原能力、总多酚含量和总黄酮含量，比较了黄藤笋和其他四种茎菜抗氧化活性的差异，比较了黄藤笋和黄藤植株其他部位（笋壳（叶鞘）、鲜叶、干叶、鲜叶柄、干叶柄等）的抗氧化活性的差异，比较了黄藤笋四个加工产品的抗氧化活性的差异，并且对黄藤笋乙醇提取物的化学成分进行了分离、抗氧化性活测定、预试验和GC-MS检测。

实验结果表明：

1. 超声波提取与50 °C水浴提取两种提取方法均能获得具有高强抗氧化活性的提取物，且两种提取效果相当。以超声波提取法更节能易行。

2. 以纯水、25%乙醇、50%乙醇、75%乙醇和无水乙醇作为提取黄藤笋抗氧化活性成分的溶剂，均可获得高强的抗氧化活力。纯水提取效果更接近人体实际，乙醇溶液适于分离纯化。

3. 芦笋是目前最具抗氧化活性和保健价值的蔬菜，但黄藤笋的抗氧化活性要远远高于芦笋和其它茎菜。黄藤笋提取物的DPPH 自由基清除率（SR%）稀释到3200倍时才接近为0，显示出高强的抗氧化能力，具有开发为营养保健森林蔬菜的前景。

4. 黄藤笋与其植株其它部位（笋壳（叶鞘）、鲜叶、干叶、鲜叶柄、干叶柄）均具有高强的抗氧化活性（DPPH 自由基清除能力，总还原能力，总多酚含量和总黄酮含量均处于高水平），以鲜叶和黄藤笋最高。纯水、不同浓度的乙醇提取黄藤植株各部位抗氧化活性成分均可获得高强的抗氧化活性，以50%的乙醇提取效果最有效、经济。因此，黄藤全株具有潜在的抗氧化剂开发的前景。

5. 煮熟、干燥加工处理后黄藤笋的提取物均具有高强的抗氧化活性（自由基清除能力，总还原能力，总多酚含量和总黄酮含量均处于高水平），煮熟、干燥加工处理对黄藤笋抗氧化活性的影响不明显，但可以非常有效的减少黄藤笋鲜笋褐变，同时有利于保存。

6. 10 kg 黄藤笋的提取物经过分离后得到沉淀部（65.05 g）、去沉淀浓缩液（3.85 L）、石油醚部（0.61 g）、氯仿部（1.20 g）、乙酸乙酯部（18.51 g）、正丁醇部（8.62 g）、剩余水相（1.20 L）等 7 部分成分，以乙酸乙酯部、正丁醇部、沉淀部的抗氧化活性最高。

7. 化学成分预备实验结果显示，所有部分均含有糖链、蒽醌类和酚类物质，各萃取部中皂苷的含量可能非常少或者不存在；氯仿部、乙酸乙酯部、剩余水相可能含有三铁皂苷；沉淀部、石油醚部、乙酸乙酯部可能含有黄酮类物质；除正丁醇部可能不含鞣质类物质外，其他各部均可能含有鞣质类物质。

8. 沉淀部、乙酸乙酯部、正丁醇部的乙醇浸提物做GC-MS检测，结果表明，乙酸乙酯部检测出2, 3-二氢化苯并呋喃、2-丙基苯酚、1, 3, 5-苯三酚；正丁醇部检测出1, 2-苯二酚、2-丙基苯酚；沉淀部检测出2-丙基苯酚、十六酸乙酯、亚油酸乙酯、油酸乙酯、十八酸乙酯等。

关键词：黄藤笋 抗氧化活性 自由基清除能力 总还原能力 总多酚 总黄酮

Studies on the Antioxidation Activity of *Daemonorops* *Margaritae* Shoots

Niu Guocai

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: *Daemonorops margaritae*, a kind of rattan, is the only species of the genus *Daemonorops* native to and distributed in China. And the rattan shoots, Huang teng sun in Chinese, the tender branch of its stem, is a kind of forest vegetable that was ate earlily by the local people. Because of its high protein, high minerals, low starch (carbohydrates) and low-fat, the rattan shoot was regarted as a natual and health vegetable. During the last decade phenolic compounds have been under very close scrutiny as functional food and natural produce for their potential therapeutic effects against a wide range of ailments including neurodegenerative diseases, cancer, diabetes cardiovascular dysfunction, inflammatory diseases and also aging. But little was known on the health care aspect such as the antioxidant capacity in the rattan shoots. In this paper, the free radical scavenging capacity, total reducing ability, total polyphenol and total flavonoid content of *Daemonorops margaritae* shoots were analyzed by DPPH·, FRAP, Forint-phenol color compared, Rutin spectrophotometer's methods, respectively. Firstly, the differences of the antioxidant capacity were compared among *Daemonorops margaritae* shoots, four kinds of stem vegetables, Asparagus (*Asparagus officinalis* L., Lu sun in Chinese), Water bamboo (*Zizania caduciflora* Turcz, Jiao bai in Chinese), Curled lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa* L., Wo sun in Chinese) and Sweet Ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus* Munro., Tian ma zhu in Chinese). Secontly, the differences of the antioxidant capacity were compared among the other part of *Daemonorops margaritae* (Sheath, flesh leaf, dry leaf, flesh leafstalk and dry leafstalk). The differences of the antioxidant capacity were also compared among the four processed products of *Daemonorops margaritae* shoots. Moreover, the ethanol extract of *Daemonorops margaritae* shoots was isolated and the antioxidant capacity of each part of isolation was measured. The chemical constitute of each part was pre-tested and analyzed by GC-MS.

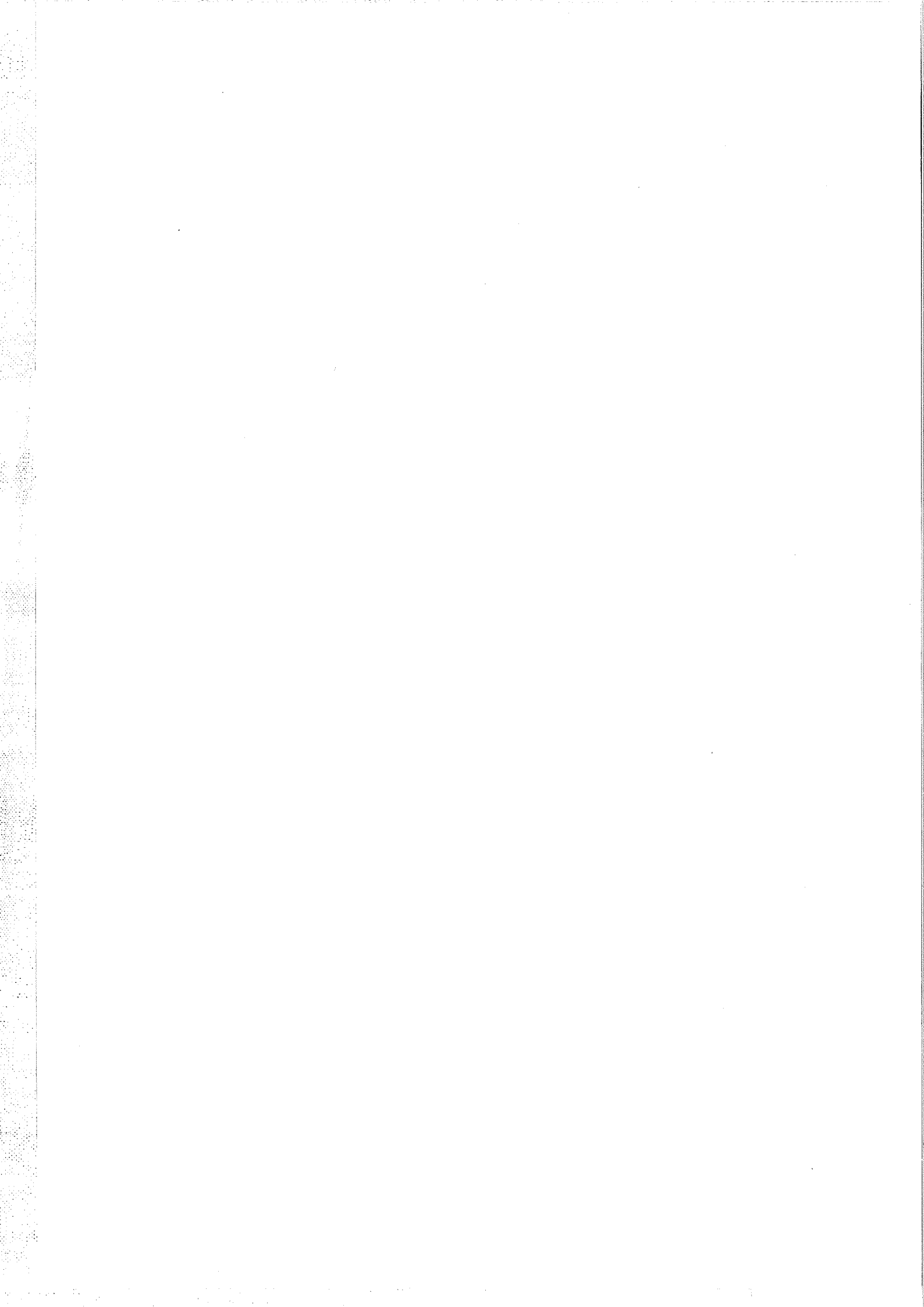
The results were shown as follows:

1. Strong antioxidant capacities were detected in the extracts of *Daemonorops margaritae* shoots extracted by the two processing methods, ultrasonic wave and 50 °C water bath, respectively. Differences between the antioxidant capacities in the extracts by the two methods were not significant, but the methods of ultrasonic wave were more simple and energy-efficient.
2. Strong antioxidant capacity were detected in extracts of *Daemonorops margaritae* shoots extracted by pure water, 25% ethanol, 50% ethanol, 75% ethanol and 100% ethanol. But pure water extraction was closer to the actual of human body, and ethanol extraction was suitable for separation and purification solution.
3. Shoots of *D. margaritae* are a kind of foods with high antioxidant capacity, even higher than asparagus, the best vegetable containing the highest antioxidant capacity ever known. The free radical scavenging capacity of margaritae shoots neared zero (0.33%) with 3200 times of dilution, which implies that margaritae shoots are more efficient if they are used for producing new rattan-based products.
4. All the extracts of the different part of the *Daemonorops margaritae* extracted by pure water and different concentration ethanol had high antioxidant capacity (the DPPH free radical scavenging capacity, total reducing ability, total polyphenol and total flavonoid content were all in high levels), and the 50% ethanol extract was more efficiency and economy.
5. The extracts of *Daemonorops margaritae* shoots by either cooking or drying processing all had powerful antioxidant capacity. Differences between cooking and drying processing on the antioxidant capacity of the rattan shoots was not significant, but the two processing could be very effective to prevent the fresh *Daemonorops margaritae* shoots from browning and to make them suitable for long-term preservation.
6. Seven sections from the ethanol extract of the rattan shoots were obtained from 10 kg of fresh *Daemonorops margaritae* shoots. Their were the precipitation section(65.05 g), concentrated solution section without precipitate (3.85 L), the petroleum ether section (0.61 g), the chloroform section (1.20 g), the ethyl acetate section (18.51 g), the n-butanol section (8.62 g) and the remaining water section

(1.20 L). Among the seven sections, the ethyl acetate, n-butanol and precipitation sections had relatively high antioxidant capacity.

7. The Pre-test result showed that there were sugar chain compounds, anthraquinones and phenols compounds, but little or no saponins in seven sections of the ethanol extract of the rattan shoots. And there might be triterpenoid saponins in the chloroform, ethyl acetate and remaining water sections. There might be flavonoids in the precipitation, petroleum ether and ethyl acetate sections. Except the n-butanol section, other sections might content tammin chemical.
8. The compounds of the acetic ether, n-butyl alcohol and the precipitation section from the ethano extract of *Daemonorops margaritae* shoots were analyzed by GC-MS, and 1,2-Dihydroxybenzene, Ethyl Palmitate, Ethyl Linoleate, Ethyl Oleate, Ethyl Stearate were identified.

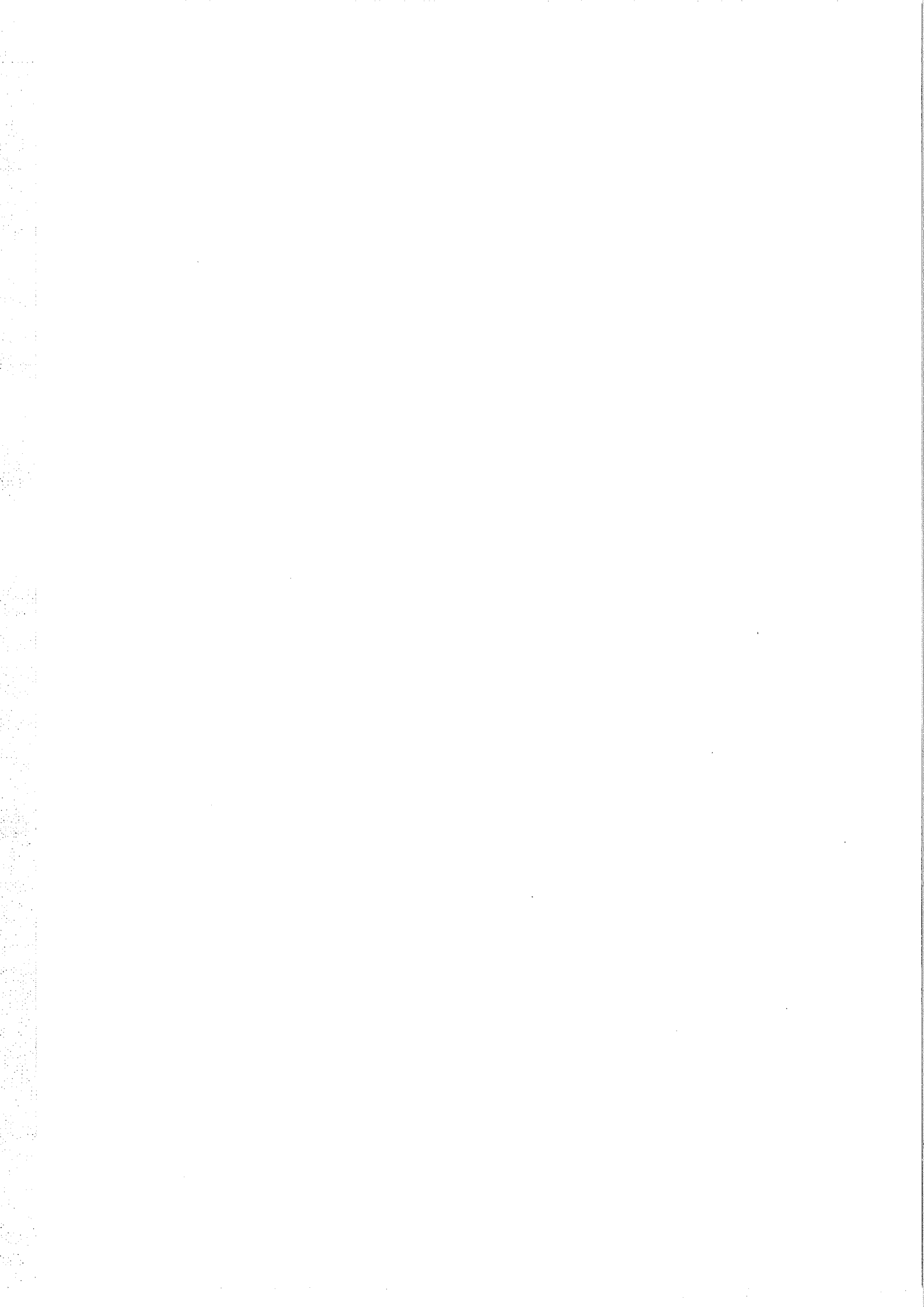
Key words: *Daemonorops margaritae* shoots; Antioxidant activity; Free radical scavenging capacity; Total reducing ability; Total phenols; Total flavanoid



Part IV:

**Management of Cane Producing Rattan Plantations in Natural
Secondary Forests and in Tree Plantations**

1. A comparison of planting effect of tube seedling and normal seed seedling of *Calamus simplicifolius* by Yang Jinchang, Yin Guangtian, Zeng Bingshan et al.
2. An analysis of growth character of tissue culture families of *Calamus simplicifolius* by Yang Jinchang, Xu Huangcan, Yin Guangtian et al.
3. The density effect of *Daemonorops margaritae* plantation by Yang Jinchang, Xu Huangcan, Yin Guangtian et al.
4. Application of five growth equations to establishing growth models for *Calamus simplicifolius* and *Daemonorops margaritae* plantations by Yang Jinchang, Yin Guangtian, Li Rongsheng et al.
5. Effects of tree canopy adjustments on the early growth performance of *Daemonorops margaritae* by Zhao Xia, Huang Shineng, Xian Guangyong et al.



单叶省藤组培苗与实生苗的造林效果分析

杨锦昌¹, 尹光天¹, 曾炳山¹, 冯昌林², 李荣生¹, 杨榕³

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600; 3. 安徽省阜阳市颍东区绿化办, 安徽 阜阳 236000)

摘要: 通过在黄梁木和八宝树林分下设置组培丛芽苗与组培单芽苗、组培单芽苗与实生苗造林试验, 对不同苗木的造林效果进行分析。研究表明: 组培单芽苗的保存率、萌蘖数和萌蘖率总体上高于丛芽苗; 丛芽苗造林后 1.5 a 的母茎长显著大于单芽苗, 3~4 a 时二者无显著差异, 而造林后 8 a 单芽苗的母茎长超过丛芽苗, 二者间存在显著差异; 在造林后 4 a 内丛芽苗的藤丛总茎长明显大于单芽苗, 造林后 8 a 丛芽苗的总茎长略优于单芽苗, 但二者之间的差异不显著。组培单芽苗的保存率、萌蘖数和萌蘖率均高于实生苗; 两者母茎长和藤丛总茎长在不同年龄时均无显著差异。

关键词: 单叶省藤; 组培苗; 实生苗; 造林

中图分类号: S722.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-389X(2005)04-0352-04

A comparison on planting effect of tube seedling and normal seed seedling of *Calamus simplicifolius*YANG Jin-chang¹, YIN Guang-tian¹, ZENG Bing-shan¹, FENG Chang-lin², LI Rong-sheng¹, YANG Rong³

(1. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China; 2. Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Pingxiang 532600, China; 3. Greening Office of Yingdong District of Fuyang City, Fuyang 236000, China)

Abstract: Two silvicultural trials, covering multiple shoot seedling (MSS) vs single shoot seedling (SSS) planted under the stand of *Anthocephalus chinensis*, and SSS vs normal seed seedling (NSS) under the stand of *Duabanga grandiflora* were established. In the trial of MSS vs SSS under *A. chinensis* plantation, the survival rate and suckering ability of SSS were generally higher than those of MSS; the length of mother stem of MSS was significantly higher than that of SSS at the age of 1.5 years, and there was no significant difference between them at 3 and 4 years, but the length of mother stem of SSS was significantly higher than that of MSS at 8 years; total clump length of MSS was higher than that of SSS significantly within 4 years, but there is no significant difference of total clump length between the two types of seedling at 8 years. In the trial of SSS vs NSS under *D. grandiflora* plantation, the survival rate and suckering ability of SSS were both higher than those of NSS; there were no significant differences of mother stem length and of total clump length between SSS and NSS.

Key words: *Calamus simplicifolius*; tube seedling; normal seed seedling; afforestation

单叶省藤(*Calamus simplicifolius* Wei.)属棕榈科省藤亚科省藤族具刺攀缘丛生的藤本植物,是我国特有的棕榈藤种之一^[1,2]。20世纪90年代以来,许多学者从地域分布、栽培区划、藤茎解剖特性和藤林经济效益等方面作了大量研究,论证了单叶省藤是适合于我国华南地区推广种植的优良藤种^[2-5]。近年来,随着棕榈藤种植业的不断发展,对于种质资源的需求也日益提高^[6]。应用组培技术快繁藤苗是解决扩大栽培种苗问题的良好途径^[7-10]。采用组培苗造林效果是否优于实生苗,国内外关于这方面的报道较少,目前的研究多集中于组培苗的移栽技术和幼龄林生长特性分析^[11,12],而对造林后期组培苗的生长表现缺乏深入研究。由于林木是多年生的植物,造林试验往往得经过连续数年或更长时间才能较明显地得出结果,这样也有利于做出客观分析和准确判断^[13,14],因而有必要对单叶省藤组培苗和实生苗的造林效果做进一步分析,为选择合适的繁殖材料和扩大棕榈藤栽培提供参考。

基金项目: 国家“十五”攻关“棕榈藤培育及藤材防光变色技术研究”(2004BA506B02)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)。

第1作者简介: 杨锦昌(1976-),男,福建福安人,助理研究员,从事森林培育与经营的研究。

收稿日期: 2005-03-24; 修回日期: 2005-07-01。

1 试验地概况

试验地设在广西凭祥市夏石引种树木园,位于北纬22°20',东经107°27',属十万大山山系。该地属北热带季风气候,年平均气温21.7℃,最冷月平均气温13.5℃,极端最低气温-1.5℃,最热月平均气温27.7℃,极端最高气温38.7℃,全年无冬季气候;≥10℃积温7605℃,连续期330d,无霜期340d,偶有轻霜出现;年降雨量1300mm,全年干湿季节明显,雨季5~9月,占全年雨量的75%,旱季当年10月至翌年的4月,占25%;年蒸发量1380mm,空气相对湿度为80%;年日照1584.7h。试验地位于下坡,海拔高度约175~190m,坡度10°左右,土壤肥力比较均匀,发育母岩为石灰岩,土层厚度约80cm,pH值5.8,有机质含量为29.0g·kg⁻¹,全N为1.50g·kg⁻¹,速效N为149.4mg·kg⁻¹,全P为0.37g·kg⁻¹,速效P为1.05mg·kg⁻¹,全K为18.3g·kg⁻¹,速效K为126.0mg·kg⁻¹。试验地1的上层林分为黄梁木(*Anthocephalus chinensis* Rich. ex Walp)人工林,年龄为23a,林下植被主要是黄茅草;试验地2的上层林分为八宝树(*Duabanga grandiflora* Roxb & DC.)人工林,年龄为23a,林下植被主要是蕨类和黄茅草。其中黄梁木林分在最后调查中平均胸径20.6cm、平均高16.9m、郁闭度0.7;八宝树林分平均胸径28.4cm、平均高22.5m、郁闭度0.8。

2 研究方法

2.1 试验设计

试验分成2个部分:其一是组培丛芽苗(简称丛芽苗)与组培单芽苗(简称单芽苗)对比试验,2种苗木的初植株数均为48,试验地的上层林木为黄梁木;其二是单芽苗与实生苗的对比试验,2种苗木的初植株数均为50,试验地上层林木为八宝树。组培单芽苗和丛芽苗均来自同一母本。试验设置前均对2个试验地采用相同造林措施:全面清理林下杂草和灌木,通过适当疏伐林木或打枝控制上层林分郁闭度(约0.5);穴状整地,种植穴规格为50cm×50cm×30cm;造林时苗木年龄均为1a,采用3m×2m的株行距。

2.2 数据采集与处理

造林前测定所有苗木的高度、芽长、叶片数。由于一株丛芽苗具有2~4个单芽^[12],为了便于分析,取丛芽中所有芽长的平均值作为丛芽苗的高度,取最大值作为优势芽长,其结果如表1所示。造林后1.5、3、4和8a时,测量植株母茎的长度及其萌蘖条的数目和长度(丛芽苗造林后取最长的植株作为母茎)。数据采集后,利用Spss10.0及Excel2000软件进行相关的处理和分析。

3 结果与分析

3.1 造林保存率

丛芽苗与单芽苗(试验1):丛芽苗和单芽苗的造林保存率具有相似的变化规律,但单芽苗的保存率在不同年龄均高于丛芽苗(图1)。当年龄为1.5a时单芽苗的保存率达100%,而丛芽苗的保存率为92%左右;到了3a,二者的保存率均出现不同程度下降;此后,丛芽苗和单芽苗的造林保存率不再变化,单芽苗的造林保存率保持在98%左右,丛芽苗仅为92%。丛芽苗中由于各单芽参差不齐,造林保存率也出现较大变动(表2)。单芽苗与实生苗(试验2):造林保存率随着年龄的增长不断下降,但前者的保存率高于后者(图2)。年龄为1.5a时,二者保存率相同,均达到96%;之后,保存率一直下降,到了8a,单芽苗的保存率降至90%,而实生苗仅为84%。

表1 造林前不同试验藤苗的生长概况

Table 1 Growth character of different types of seedlings before planting

指 标	试验1		试验2	
	丛芽苗	单芽苗	丛芽苗	单芽苗
优势芽长/cm	20.5	—	—	—
苗 高/cm	16.0	22.1	25.7	20.4
茎 长/cm	2.9	3.5	4.1	4.0
叶 片 数	2.6	3.0	3.0	3.2

表2 造林后3a丛芽苗中各单芽的保存率

Table 2 The survival rate of single shoot in MSS at 3 years

芽的类别	芽数	高度/cm	叶片数	保存率/%
第1单芽	48	20.5	2.5	97.9
第2单芽	48	13.2	2.9	93.8
第3单芽	8	7.5	1.9	62.5
第4单芽	1	5.0	2.0	0.0

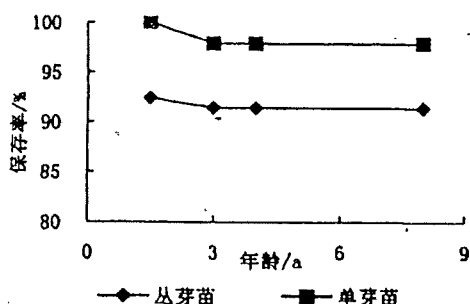


图1 丛芽苗与单芽苗的造林保存率变化
Figure 1 Change in survival rates of MSS and SSS

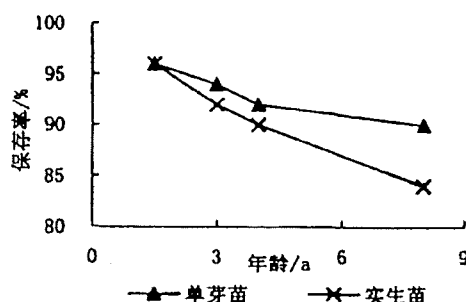


图2 单芽苗与实生苗的造林保存率变化
Figure 2 Change in survival rates of SSS and NSS

3.2 萌蘖特性

丛芽苗与单芽苗：年龄 ≤ 3 a 时，二者的萌蘖数和萌蘖率较小，2 个指标差异不大；4 a 时，萌蘖数和萌蘖率之间的差异逐渐增大，组培丛芽苗的萌蘖生长优于单芽苗（表 3）；当年龄为 8 a 时，二者萌蘖数和萌蘖率之间的差异更大，前者的萌蘖数和萌蘖率分别为 4.3 株·丛⁻¹和 63.8%，而后者高达 5.0 株·丛⁻¹和 89.4%。单芽苗与实生苗：不同生长阶段，二者的萌蘖生长差异较小；单芽苗的萌蘖生长除 8 a 时萌蘖数略低于实生苗外，总体上优于实生苗。

3.3 母茎长与总茎长的变化

丛芽苗与单芽苗：在年龄 ≤ 4 a 时，二者的母茎长均很短，但丛芽苗的母茎生长在 1.5 a 明显优于单芽苗（表 4）；造林后 8 a，丛芽苗的母茎长为 4.26 m，而单芽苗的母茎长为 5.21 m，后者的母茎长显著高于前者。在年龄 ≤ 4 a 时藤丛总茎长在丛芽苗与单芽苗间存在很大差异，前者的总茎长显著大于后者；而到了后期，这种差异则逐渐减小，丛芽苗与单芽苗间的总茎长差异不显著。由此可知，丛芽苗造林后前期生长优于单芽苗，但到后期生长后劲不足，而单芽苗造林后期长势旺盛。

单芽苗与实生苗：在各年龄段，植株母茎的生长规律完全相似，二者的母茎长没有显著差异（表 5）。在年龄 ≤ 4 a 时，单芽苗与实生苗的总

表 3 不同试验藤苗造林后萌蘖特性的比较

Table 3 Comparison of suckering ability of seedlings in two experiments

苗木	萌蘖数/株·丛 ⁻¹				萌蘖率/%			
	1.5 a	3 a	4 a	8 a	1.5 a	3 a	4 a	8 a
试验 1 丛芽苗	0.00	0.04	0.30	4.3	0.0	2.1	14.9	63.8
单芽苗	0.02	0.04	0.13	5.0	2.1	4.3	6.4	89.4
试验 2 单芽苗	0.00	0.02	0.04	4.4	0.0	2.1	4.4	95.6
实生苗	0.00	0.00	0.04	4.6	0.0	0.0	2.2	92.9

表 4 丛芽苗与单芽苗造林后母茎长和总茎长的均值比较

Table 4 Comparison of mother stem length and total clump length in the experiment of MSS vs SSS

年龄/a	苗木类型	母茎长/m			总茎长/m		
		均值	t	Sig.	均值	t	Sig.
1.5	丛芽苗	0.08			0.12		
	单芽苗	0.06	2.190*	0.033	0.06	5.311**	0.000
3	丛芽苗	0.20			0.32		
	单芽苗	0.19	0.682	0.497	0.19	5.878**	0.000
4	丛芽苗	0.34			0.56		
	单芽苗	0.34	0.034	0.973	0.35	4.918**	0.000
8	丛芽苗	4.26			8.20		
	单芽苗	5.21	-2.578*	0.012	7.65	0.531	0.597

注：*、** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著；下同。

表 5 单芽苗与实生苗造林后母茎长和总茎长的均值比较

Table 5 Comparison of mother stem length and total clump length in the experiment of SSS vs NSS

年龄/a	苗木类型	母茎长/m			总茎长/m		
		均值	t	Sig.	均值	t	Sig.
1.5	单芽苗	0.05			0.05		
	实生苗	0.05	-0.026	0.979	0.05	0.026	0.979
3	单芽苗	0.15			0.15		
	实生苗	0.15	-0.186	0.853	0.15	0.102	0.919
4	单芽苗	0.27			0.28		
	实生苗	0.26	0.381	0.704	0.26	0.386	0.701
8	单芽苗	4.88			7.65		
	实生苗	4.83	0.131	0.896	6.79	1.024	0.309

茎长也基本相似;造林后8 a,前者的总茎长为7.65 m,后者的总茎长为6.79 m,两者间的总茎长差异逐渐增大,但未达到显著水平.综合分析,造林后母茎长在单芽苗与实生苗间差异很小,而总茎长在二者间的差异有不断增长的趋势.

4 讨论

组培单芽苗在黄梁木林分下的造林保存率高于丛芽苗;同样,八宝树林分下组培单芽苗的造林保存率也高于实生苗.组培单芽苗在2种林分下的造林保存率分别高于组培丛芽苗和实生苗,说明采用组培单芽苗造林是保证较高造林保存率的良好措施.

组培单芽苗的萌蘖起始时间分别早于丛芽苗和实生苗,组培单芽苗的萌蘖数和萌蘖率总体上高于丛芽苗和实生苗,表明采用组培单芽苗造林可提早萌蘖,组培单芽苗具有更强的萌蘖力.

在年龄 ≤ 4 a时,丛芽苗造林后的母茎生长在不同程度上优于单芽苗,而总茎长明显大于单芽苗;造林后8 a,单芽苗的母茎长显著大于丛芽苗,而总茎长在二者间的差异不显著.丛芽苗这种生长后劲不足,可能与丛芽苗内各单芽间竞争激烈、植株生长与萌蘖受抑制有关^[15,16].组培单芽苗与实生苗试验中,两者母茎长和藤丛总茎长在不同年龄时均无显著差异,但总茎长在二者间的差异有不断增长的趋势,以这种生长趋势预测,藤丛总茎长在单芽苗与实生苗间的差异将不断增大,并可能达到显著水平.

致谢:本文是在[许煌灿]导师指导下完成的;徐大平研究员和黄世能博士审阅了全文并提出宝贵意见,张伟良和黄雪群等参加了野外调查,特此一并致谢!

参 考 文 献:

- [1] 卫兆芬. 中国省藤属的研究[J]. 广西植物, 1986, 6(1-2): 17-40.
- [2] 尹光天, 许煌灿, 曾炳山, 等. 单叶省藤生态生物学特性及栽培技术的研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(1): 7-15.
- [3] 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.
- [4] 曾炳山, 许煌灿, 尹光天. 我国棕榈藤栽培区划初探[J]. 林业科学研究, 1993, 6(5): 547-555.
- [5] 周再知, 许煌灿, 尹光天. 藤类人工林经济效益评价[J]. 林业科学研究, 1992, 5(1): 47-55.
- [6] 许煌灿, 孙清鹏. 棕榈藤产业现状及其发展前景[A]. 竺肇华. 中国热带地区竹藤发展[C]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 88-106.
- [7] Cecilia M L, Faustina C B, Rowena V P. A Beginner's Source book on Philippine Rattan[M]. Laguna: Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development, 1992. 12-28.
- [8] 张方秋. 棕榈藤组培技术研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(5): 486-492.
- [9] 王慷林, 陈三阳, 许建初. 云南棕榈藤实用手册[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002. 42-54.
- [10] 曾炳山, 刘英, 许煌灿, 等. 长嘴黄藤离体快繁研究[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 169-171.
- [11] 曾炳山, 许煌灿, 刘英, 等. 棕榈藤组培苗移植技术研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(6): 563-569.
- [12] 曾炳山, 尹光天, 许煌灿, 等. 单叶省藤组培苗造林初步研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(2): 240-244.
- [13] 洪伟. 林业试验设计技术与方法[M]. 北京: 科学技术出版社, 1997. 205-211.
- [14] 赵承开. 杉木优良无性系早期选择年龄和增益[J]. 林业科学, 2002, 38(4): 53-60.
- [15] Razali W, Dransfield J, Manokaran N. A Guide to the Cultivation of Rattans[M]. Malaysian Forest Records No. 35. Kuala Lumpur: Forest Research Institute Malaysia, 1992.
- [16] 张伟良, 尹光天, 许煌灿. 白藤丛栽试验初报[J]. 林业科学研究, 1990, 3(1): 81-85.

(责任编辑: 卢凤美)

单叶省藤组培家系的生长特性分析*

杨锦昌¹ 许煌灿¹ 尹光天¹ 曾炳山¹ 冯昌林²

(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)

关键词: 单叶省藤; 组培家系; 生长性状; 萌蘖力

中图分类号: S722.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2006)02-0120-05

An Analysis on Growth Character of Tissue Culture Families of *Calamus simplicifolius*

Yang Jinchang¹ Xu Huangcan¹ Yin Guangtian¹ Zeng Bingshan¹ Feng Changlin²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520; 2. Experimental Center of Tropical Forestry, CAF Pingxiang 532600)

Abstract: The growth character of 4 tube seedling families, namely, CS3, CS5, CS10 and CS11 of *Calamus simplicifolius* was analyzed through the comparative experiment with normal seedlings(CK). The result showed that at the age of 1, the seedling height of CS3 and CS5 was higher than that of both CS10 and CS11, gaining highly significant difference while the height of CS10 and CS11 was higher than that of CK at significant and extremely significant level respectively. After afforestation, the survival rate of 4 families decreased rapidly at first, and then decreasing gradually slow down, finally, the rate kept steady with year increasing. Survival rate varied a bit, but no significant difference was found among families. Tissue culture families started to sucker more identically and earlier than normal seedlings. As for suckering rate and mean number of sucker shoot, tissue culture families were higher than normal seedlings, and then the sequence of suckering ability, CS11 > CS10 > CS5 > CS3 was arranged. The total stem number of the clump was consistent with suckering ability among families where CS11 was the largest, CS10 and CS5 was larger, and CS3 as well as CK was the smallest, but no significant difference appeared. Mean length of mother stem and mean total length of rattan clump differed significantly at the level of 0.05 and 0.01 among families. Based on the variance analysis and multiple comparisons, two types of tissue culture families, superior type and common one were classified.

Key words: *Calamus simplicifolius*; tissue culture family; growth character; suckering ability

我国制藤工业发达、工艺精良,藤产品出口约占国际市场份额20%。然而国内棕榈藤资源匮乏,极大制约了制藤工业和出口贸易的发展。近年来,为了摆脱资源危机的被动局面,加快了棕榈藤资源人工培育的步伐(许煌灿等,2001)。单叶省藤(*Calamus simplicifolius*)是中国特有棕榈藤种之一,藤茎具良好工艺特性,是藤编家具及工艺品的优良材料,是华南地区推广栽培的首选藤种(江泽慧,2002;曾炳山等,2003)。良种先行是发展棕榈藤人工林的首要步骤,而通过组培快繁苗木则是良种先行的重要途径。然而与其他林木相比,国内外对棕榈藤的研究较迟(许煌灿等,1994;Dransfield,2002),迄今为止还没有关于棕榈藤家系选优的研究报道。最近,国内学者对单叶省藤组培苗造林开始了初步研究,为良种选育提供了一定的借鉴(曾炳山等,2003)。然而该研究材料来源于幼龄林,对于组培苗造林后期的生长性状缺乏必要的分析。因此,利用长期观测的固定标准地材料,对单叶省藤组培家系的生长特性进行分析,从而为组培家系的选优提供依据,是一项十分有意义的工作。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验地位于广西凭祥市热带林业实验中心,北纬22°07'27",东经106°44'30",海拔210 m,属南亚热带季风气候,干湿季节交替明显。年平均气温21.4℃,最冷月份平均气温13℃,极端最低气温-1.5℃,最热月份平均气温27.5℃,极端最高气温39.8℃,≥10℃积温7818.4℃,年平均降水量1379 mm,蒸发量1300~1700 mm。试验地地势平坦开阔,土壤肥力比较均匀,发育母岩为石灰岩,土层厚度>1 m,pH值

收稿日期:2003-06-18。

基金项目:国家“十五”攻关“棕榈藤种质资源培育及利用技术”(2001ba506b04)及ITTO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)。

* 参加本试验的还有张伟良、黄雪群、卢立华等,特此致谢。

6.4, 有机质含量 $9.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全 N $0.7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效 N 为 $60.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全 P $0.42 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效 P $6.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全 k $5.4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效 K $55.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验设计 1) 造林措施 造林前, 全面清理林下杂草和灌木, 适当疏伐林木, 控制上层林分郁闭度约 0.5, 穴状整地, 种植穴规格为 $50 \text{ cm}\times 50 \text{ cm}\times 30 \text{ cm}$, 每穴种植 1 株藤苗; 造林苗木为 1 年生藤苗。2) 试验安排 在热带林业实验中心树木园引种区设置组培家系和实生苗试验。采用完全随机区组设计安排 4 个组培家系(即 CS10、CS11、CS3 和 CS5)和 1 个实生苗对照(CK), 2 次重复, 每区组 5 个试验小区。试验小区为长方形, 每小区种植 20 株, 株行距 $3 \text{ m}\times 2 \text{ m}$ 。每小区两侧设置保护行。3) 数据采集和处理 造林前测定各家系的苗高和叶片数; 造林后 2.5、4、5、和 9 年时测定保存率、萌蘖数和长度。数据采集后, 对保存率和萌蘖率与对茎长分别进行 $\sin^{-1} x^{1/2}$ 转换和 $\ln x$ 转换, 并在计算机上利用 SPSS 统计软件进行处理和分析。

表 1 各家系 1 年生苗木生长表现
Tab. 1 Growth performance of 1-year-old planting stock from each family

家系 Family	平均苗高 Mean height/cm	平均叶数 Mean leaf number/piece
CS10	17.9	2.3
CS11	15.4	2.2
CS3	20.8	3.1
CS5	20.9	3.2
CK	20.1	3.2

2 结果与分析

2.1 造林前藤苗生长性状 不同家系的遗传成分不尽相同, 会影响到苗期的生长表现。从表 1 可知, 在 4 个组培家系中, CS3 和 CS5 表现最好, CS10 次之, 而 CS11 表现最差。方差分析结果表明: 不同家系间苗高达到极显著差异(见表 2)。经多重比较分析, CS10、CS11 与 CS3、CS5 之间存在极显著差异; CS10 与实生苗也存在显著差异, 而 CS11 与实生苗达到极显著差异。

该结果说明: 不同组培家系的苗高在幼龄时存在极显著差异, 苗期生长性状在家系间存在较大的变异。

表 2 不同家系 1 年生苗高方差分析
Tab. 2 Variance analysis of the height of 1-year-old seedlings for different families

项目 Item	变异来源 Variance source	DF	均方 Mean square	F	Sig.
苗高 Height	家系间 Among families	4	219.238	13.853**	0.000
	家系内 Within families	195	15.826		0.000

2.2 植株保存率 保存率是衡量造林成败的关键指标, 同时也是体现植株在整个生长过程中对外界环境适应能力。由图 1 可知, 各家系保存率随着年龄的增加开始时下降比较迅速, 接着变化速度减缓, 最后处于稳定状态。根据这一特征, 可将植株生长大致分为 3 个阶段: A 适应阶段(苗龄 1~4 年): 这段时间内, 各个家系保存率的变化幅度即折线的斜率均比较大; 其中 CS11 保存率最高, 在 2.5 年和 4 年时分别达到 97.5% 和 90%; CS5 和实生苗保存率在 4 年时最低, 保存率均小于 80%; 而 CS10 和 CS3 的保存率较高。B 过渡阶段(4~5 年): 除 CS3 之外, 组培家系保存率的下降逐渐减缓甚至不变, 而实生苗的保存率则保持不变; 此时 CS11 的保存率虽然最高, 但已下降至 82.5%; 而实生苗最低, 仅为 75%。C 稳定阶段(苗龄 ≥ 5 年): 各家系的保存率不再下降。总之, 各组培家系的保存率存在一定的差异, 但到后期它们的保存率均高于实生苗, 经方差分析表明, 各家系的植株保存率均无显著差异。

2.3 萌蘖特性 萌蘖是棕榈藤的重要生物学特性和重要生长指标, 它促使植株不断分蘖、导致植株数量不断增加、进而增加藤丛的总茎长(曾炳山等, 2003; 许煌灿等, 1994)。萌蘖特性可体现在萌蘖起始时间、萌蘖

表 3 不同家系的萌蘖特性比较
Tab. 3 Comparison of suckering ability among families

家系 Family	2.5 a		4 a		5 a		9 a	
	平均萌蘖数 Mean number of sucker/ (plant·clump ⁻¹)	萌蘖率 Sucker rate/%	平均萌蘖数 Mean number of sucker/ (plant·clump ⁻¹)	萌蘖率 Sucker rate/%	平均萌蘖数 Mean number of sucker/ (plant·clump ⁻¹)	萌蘖率 Sucker rate/%	平均萌蘖数 Mean number of sucker/ (plant·clump ⁻¹)	萌蘖率 Sucker rate/%
CS10	0.03	2.56	0.09	9.38	1.13	32.26	6.13	96.77
CS11	0.05	5.13	0.22	8.33	1.27	36.36	6.36	96.97
CS3			0.06	5.71	0.39	16.13	4.35	74.19
CS5	0.03	2.94	0.13	12.90	0.97	38.71	6.03	90.32
CK					0.53	26.67	5.43	100.00

率和平均萌蘖数3个方面。1)萌蘖起始时间 即造林后植株开始萌蘖的时间。从表3可知,组培家系的萌蘖起始时间比较一致,除CS3在4年萌蘖稍迟外,其他3个家系均在2.5年开始萌蘖。而实生苗萌蘖起始时间为5年;相比之下,4个组培家系的萌蘖起始时间均早于实生苗1~2年,这表明用组培苗造林更有利于植株提早萌蘖。2)萌蘖率和平均萌蘖数 萌蘖率是指已萌蘖的藤丛数与所有藤丛数的百分比,而平均萌蘖数是指植株已分蘖的植株数量与所有藤丛数的比值,二者联系紧密,但又有区别。前者侧重于描述植株是否萌蘖的一种状态,体现植株萌蘖的齐性;后者则反映植株萌蘖的速度,是对前者的进一步补充和丰富。

当植株年龄为2.5年时,除CS3未出现萌蘖外,其他3个组培家系均已开始萌蘖,但萌蘖率和平均萌蘖数都很低。当年龄为4年时,除实生苗外,所有组培家系全部开始萌蘖,但萌蘖率和萌蘖数量仍很有限,只有CS5的萌蘖率较高,达到12.9%;CS11的萌蘖数较多,平均为0.22个·丛⁻¹;而其他两个家系的萌蘖率和平均萌蘖数都很低。随着时间推移至5年时,所有家系都已开始萌蘖。此时,CS10、CS11和CS5家系的萌蘖速度不断加快,平均萌蘖数和萌蘖率均高于实生苗,分别增长到32%和0.9个·丛⁻¹以上,这表明近1/3以上的藤丛产生分蘖,而且每个藤丛萌蘖1株以上;但CS3的萌蘖性最差,其萌蘖率和平均萌蘖数均小于实生苗。到了9年时,各家系进一步加快萌蘖生长,除CS3外,其他3个组培家系的平均萌蘖数和萌蘖率分别在6个和90%以上,虽然实生苗家系萌蘖率达100%,但平均萌蘖数较之于CS11、CS10和CS5低。从总体上看,4个组培家系中CS11的萌蘖性最强,CS5和CS10次之,CS3最弱。

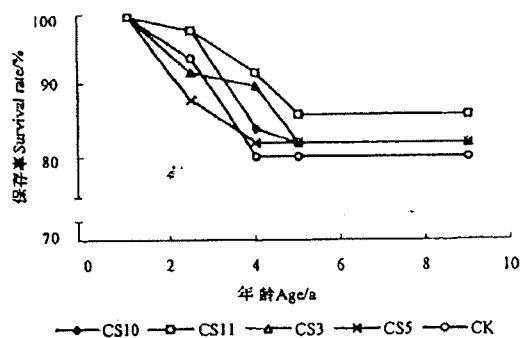


图1 各家系保存率随年龄变化规律

Fig. 1 Changes in survival rate of each family with ages

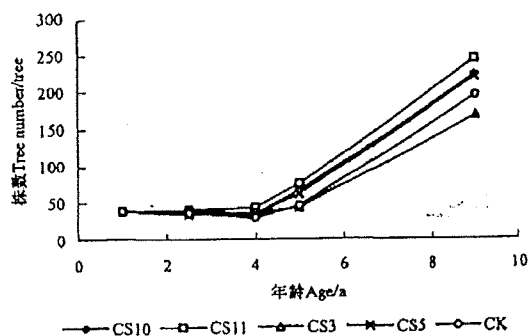


图2 各家系株数随年龄的变化规律

Fig. 2 Changes in tree number of each family with ages

2.4 株数变化 萌蘖力的差异直接影响到各家系藤丛株数的变化。通过绘制各家系总株数变化图(图2)可知,在1~4年阶段,除CS11的株数略有增长之外,其他4个家系的株数均比造林时的株数有所下降,这是因为大部分的家系刚刚萌蘖或还未萌蘖,由萌蘖所增长的植株数小于造林后死亡数量。在4~5年时期,各家系的藤株数均大于造林时的株数,这主要归结于萌蘖速度的加快和造林保存率的逐渐稳定,但各家系间有所差异:CS11藤株数的增长仍然最大,CS5和CS10植株数目增长较多,而CS3和实生苗家系在植株数量上增长最慢。随着年龄增至9年时,各家系的株数迅速增多,但各家系植株数量增长的差异进一步增大:CS11依旧维持最高水平,CS10和CS5二者几乎并列处于第2,实生苗第3,而CS3最低。方差分析结果表明,各家系间株数差异不显著。

2.5 茎长变化 随着年龄的增加,藤丛不仅横向萌蘖扩展,而且纵向攀援伸长,导致藤丛茎长不断发生变化。藤丛茎长涉及母茎长、萌蘖茎长和总茎长,后者是前两者的相加结果。由于不同家系的萌蘖力的差异,其萌蘖茎长的变化规律不太容易把握,因而本文将着重讨论母茎长和总茎长的变化规律。从图3、4可见,各家系在年龄 ≤ 5 年时平均母茎长和藤丛总茎长均很小,二者的数值皆小于1m,而且增长非常缓慢,3个点的连线几乎是一条平直的直线。而后随年龄增加,点的连线明显变陡,平均母茎长和平均藤丛总茎长增长迅速;同时,各家系的增长趋势逐步明显,形成2类折线簇,即由CS10、CS11和实生苗组成的第1类折线簇和由CS3和CS5组成的第2类折线簇。这种现象表明随时间后移,各家系在茎长指标上的差异进一步增大,并分化形成两大类,这为单叶省藤的家系选优提供了参考和依据。

对藤丛母茎长和藤丛总茎长进行方差分析(见表4)可知:在不同年龄时,母茎长在家系间均达到极显著

差异,总茎长在家系间除年龄为 5 年时只达到显著差异水平外,其他年龄段均达到极显著差异,这表明进行单叶省藤家系选择试验研究是十分必要的。

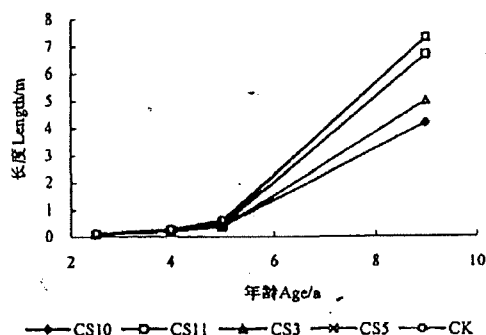


图 3 各家系平均母茎长变化规律
Fig. 3 Change in mean length of mother stem of each family

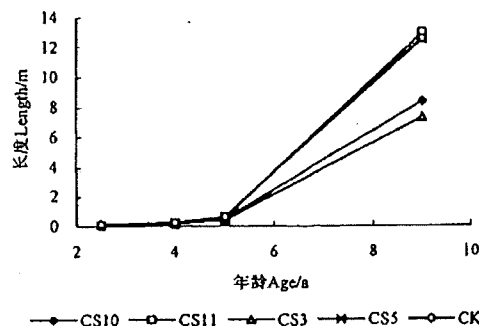


图 4 各家系藤丛总茎长变化规律
Fig. 4 Change in mean total length of rattan clump of each family

表 4 各家系母茎长和总茎长在不同年龄时方差分析^①
Tab. 4 Variance analysis of mother stem length and total clump length of different families at various ages

年龄 Age/a	变异来源 Variance source	DF	母茎长 Mean length of mother stem			总茎长 Mean total length of rattan clump		
			均方 Mean square	F 值 F value	Sig.	均方 Mean square	F 值 F value	Sig.
2.5	家系间 Among families	4	1.250	4.072**	0.003	1.203	3.786**	0.006
	区组间 Among blocks	1	0.050	0.162	0.668	0.074	0.232	0.631
4	家系间 Among families	4	0.944	5.168**	0.001	0.838	3.960**	0.004
	区组间 Among blocks	1	0.016	0.090	0.765	0.000	0.000	0.991
5	家系间 Among families	4	1.606	4.919**	0.001	1.530	3.250*	0.014
	区组间 Among blocks	1	0.000	0.000	0.998	0.208	0.441	0.508
9	家系间 Among families	4	3.776	5.777**	0.000	4.278	4.660**	0.001
	区组间 Among blocks	1	0.705	1.078	0.301	0.893	0.972	0.326

① *、**分别表示显著和极显著水平。* and ** indicate significant and extremely significant level respectively.

采用 S 检验法对年龄为 9 年时的平均母茎长和藤丛总茎长进行多重比较,结果得知:在平均母茎长指标上,CS5、CK 与 CS3、CS10 之间以及 CS11 与 CS10 之间均存在极显著差异;在藤丛总茎长指标上,CS5、CK 与 CS3、CS10 之间存在极显著差异,而 CS11 与 CS3、CS10 之间存在显著差异。

3 结论与讨论

本次试验的 4 个组培家系材料均来自同一棕榈藤林分,但通过苗期生长性状分析,不同组培家系在苗高指标上存在极显著差异,表明组培子代在苗期生长性状上会出现较大的变异,藤类的无性系和家系选育可望获得较大的遗传增益(曾炳山等,2003)。藤苗的叶片数因不满足条件而未进行方差分析,但通过相关关系分析,得出藤苗的叶片数与苗高呈极显著正相关,Spearman 相关系数达到 0.530,说明叶片数可以作为衡量苗木生长表现的指标。另外,棕榈藤的苗木与其他树种不同(杨宗武等,2003;何贵平等,2003),藤苗在幼龄时期地径不规则而在测量时容易出现较大误差,因而在苗期生长性状分析中未采用地径指标。

在植株生长过程中,各家系的保存率在年龄 ≤ 4 年下降迅速,而后变化幅度逐步减小并最后处于稳定状态,表明藤苗刚造林后由于苗木小,对不良因素的抗逆性和对外界环境的适应性较差,而后随年龄增长,植株的抗逆性和适应性不断增强,最终使得保存率维持在一个稳定水平;另一方面,可以反映出:藤苗造林后头 3 年要加强抚育管理工作,为苗木创造一个良好的生长环境,促使藤幼龄林尽早郁闭(江泽慧,2002;许煌灿等,1994;Nur Supardi et al., 1992)。家系间的保存率虽有一定的差异,但无论是区组间还是家系间,均未达到显著水平,一方面说明试验地的林分透光度、立地条件和造林措施比较一致;另一方面可能与组培的母株均来自同一人工林有关。从整个过程看,家系的保存率均在 75% 以上,说明采用营养袋培育的藤苗比较强壮,可以较好地承受大田移栽并保持较高的成活率。

组培家系的萌蘖起始时间均早于实生苗,时间也比较一致,而且除 CS3 之外,其他 3 个组培家系的平均萌蘖数和平均萌蘖率皆大于实生苗。可以认为组培家系的萌蘖力强于实生苗,这种现象可从两个方面加以解释:其一,组培苗在继代培养时激素不断积累,这些激素累积所产生效应会影响到组培苗造林后的分蘖(苏秀城,2000);其二,组培家系所选择的母株也是影响组培子代的因素,因为通过无性繁殖,组培子代的遗传成分与其原株完全相同(梁一池,1997)。组培家系萌蘖力影响到组培家系的总株数。从前面的分析可知各家系的萌蘖特性不论是从平均萌蘖数还是萌蘖率,基本上都是 $CS11 > CS10 > CS5 > CK > CS3$ 。

藤丛母茎长和藤丛总茎长这两个指标在家系间的显著差异或极显著差异反映出组培家系间的变异程度。藤丛母茎长与总茎长的生长规律并不完全一致,平均母茎长最长的并不一定反映平均总茎长最长;反之亦然。这可归结于家系萌蘖特性的差别,因为萌蘖力牵涉到藤丛株数变化,进而影响到藤丛的总茎长。根据方差分析和在 9 年时的多重比较结果,可最终将 4 个组培家系归为 2 类,即一类是由 CS5 和 CS11 优良组培家系与 CS3 和 CS10 组成的普通组培家系。

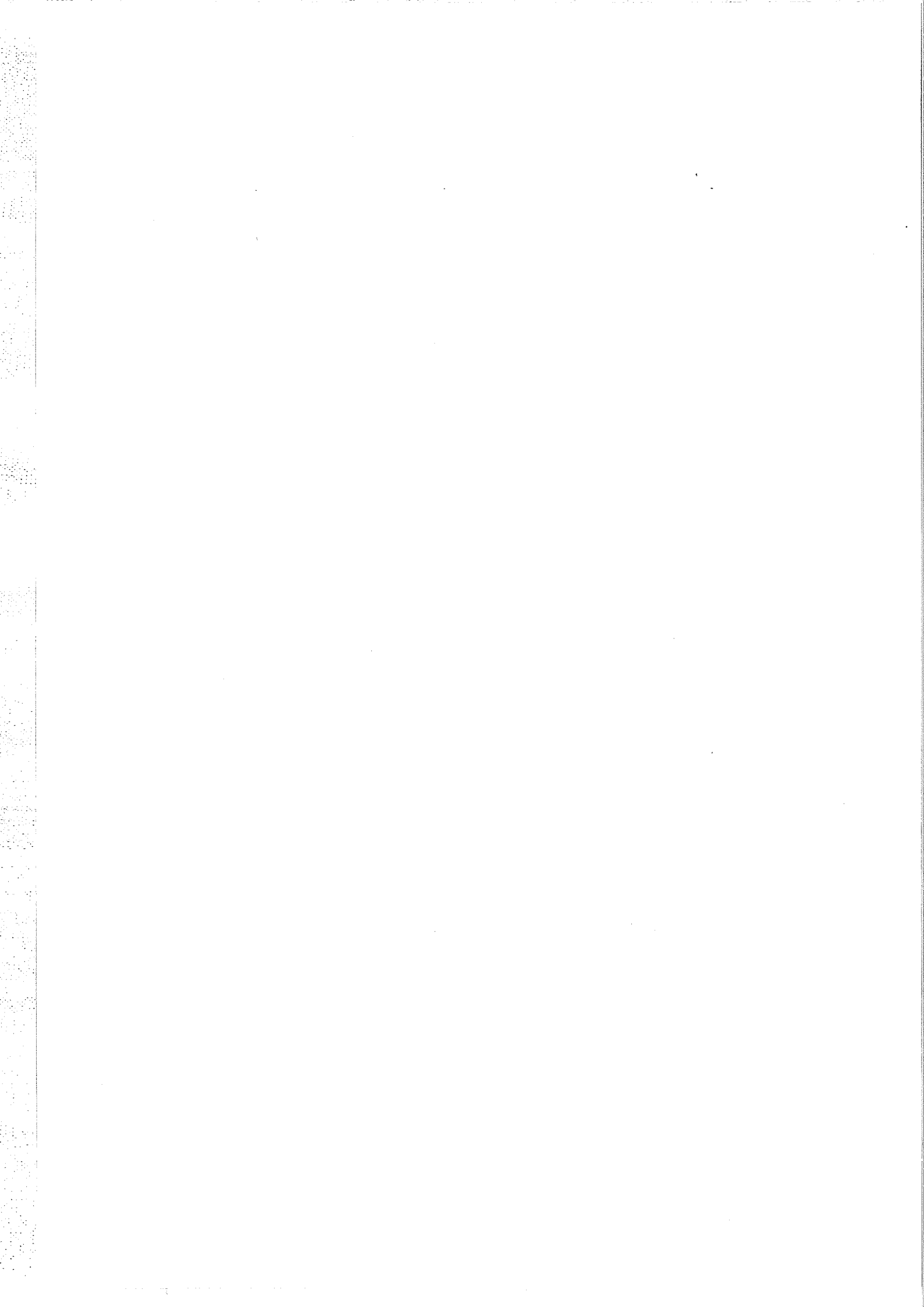
苗期时组培家系的生长表现与造林后期的生长表现会产生一些差异,如 CS3 在苗期时生长表现很好,但到了 9 年时则表现最差;而 CS11 苗期表现最差,但在后期却生长迅速。由此可见,苗期生长性状并不完全决定造林后期植株的生长表现(余荣卓,1998;李明鹤等,2003)。由于林木是多年生的植物,林木的种源家系试验往往得经过连续数年或更长时间才能较明显地得出结果,这样也有利于做出更为客观和准确的分析与判断(洪伟,1997;赵承开,2002)。组培家系无论是在苗期还是在造林后的生长差异表明了对不同家系进行生长性状比较和分析是非常有必要的,也表明了设置家系试验进行家系选优的合理性。

本文所分析的组培家系仅限于 4 个,这与家系选优时所需要的数量相差较远。由于我国棕榈组培研究开始于 20 世纪 90 年代(庄承纪等,1991;张方秋,1993;许煌灿等,2002),许多技术尚处于摸索阶段,再加上条件限制,而未能多地点、多样本选择组培母株加大组培家系数量。今后应该增加组培家系的数量,拓宽和丰富优良基因资源,开展种源和家系综合选择的研究(徐建民等,2003),使得研究结果更有代表性和科学性。

参 考 文 献

- 何贵平,陈益泰,孙银祥,等.2003. 南酸枣地理种源期性状变异研究. 林业科学研究, 16(2): 177-182
- 洪伟编著. 1997. 林业试验设计技术与方法. 北京: 科学技术出版社, 205-211
- 江泽慧主编. 2002. 世界竹藤. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 592-593
- 李明鹤, 沈宝仙, 李传涵, 等. 2003. 杉木无性系选择与木材生产相结合的研究. 林业科学, 39(3): 157-162
- 梁一池. 1997. 林木育种原理与方法. 厦门: 厦门大学出版社, 187-195
- 苏秀城. 2000. 杉木无性不同继代数组培差异研究. 福建林学院学报, 20(4): 353-356
- 徐建民, 陆钊华, 李光友, 等. 2003. 细叶桉种源一家系综合选择的研究. 林业科学研究, 16(1): 1-7
- 许煌灿, 孙清鹏. 2001. 棕榈藤产业现状及其发展前景 // 竺肇华主编. 中国热带地区竹藤发展. 北京: 中国林业出版社, 88-106
- 许煌灿, 尹光天, 孙清鹏, 等. 2002. 棕榈藤的研究和发展. 林业科学, 38(2): 135-143
- 许煌灿, 尹光天, 曾炳山主编. 1994. 棕榈藤的研究. 广州: 广东科技出版社
- 杨宗武, 郑仁华, 侯伯鑫, 等. 2003. 福建柏苗期生物量种源间遗传变异及综合评价的研究. 林业科学研究, 16(1): 39-44
- 余荣卓. 1998. 杉木种子园子代长期测定结果与早晚期选择相关性分析. 福建林学院学报, 18(4): 362-365
- 曾炳山, 尹光天, 许煌灿, 等. 2003. 单叶省藤组培苗造林初步研究. 林业科学研究, 16(2): 240-244
- 张方秋. 1993. 棕榈藤组培技术研究. 林业科学研究, 6(5): 486-492
- 赵承开. 2002. 杉木优良无性系早期选择年龄和增益. 林业科学, 38(4): 53-60
- 庄承纪, 周建奕. 1991. 省藤组织培养的植株再生. 云南植物研究, 13(1): 97-100
- Dransfield J. 2002. General introduction to rattan—the biological background to exploitation and the history of rattan research // Dransfield John, Florentino O Tesoro and Manokaran N (ed). Rattan current research issues and prospects for conservation and sustainable development. FAO, 23-34
- Nur Supardi M N and Aminuddin M. 1992. Planting systems for large-diameter canes // Razali W, Dransfield J, Manokaran N (ed). A guide to the cultivation of rattans. Malaysian Forest Records No. 35. Forest Research Institute Malaysia, 89-98

(责任编辑 郑槐明)



黄藤人工林密度效应*

杨锦昌¹ 许煌灿¹ 尹光天¹ 冯昌林² 卢立华²

(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: 设置造林规格为 3 m × 3 m (A)、2 m × 3 m (B)、1 m × 3 m (C) 和 1 m × 2 m (D) 4 个水平的密度试验, 分析造林密度对黄藤人工林生长与收获的影响。结果表明: 萌蘖力、藤丛的母茎长和总茎长均随年龄的增加而增大, 随造林密度的增加而递减, 密度的不同对 6 年和 14 年时的萌蘖力分别造成显著和极显著差异, 而对植株母茎长无显著影响, 但对 14 年时藤丛总茎长则有极显著影响; 在 14 年时, 林分自疏率随密度的增加而增加, 不同密度水平间有极显著差异; 林分直径大致随着密度的增加而递减, 不同密度间有显著差异, 但造林密度减小或增大至一定程度时对直径所产生效应并不明显; 单丛产量随密度的增加而减少, 受造林密度影响最大, 除密度 A 与 B 及 C 与 D 间无显著差异外, 其他密度间均达到显著或极显著差异; 藤林总产量随着密度的增大先增加后逐步减少, 不同密度间无显著差异, 但以密度为 3 333 株·hm⁻² 时的总产量最高。在营造黄藤人工林时, 可根据实际情况采用 3 m × 1 m 或 3 m × 2 m 密度, 从而获得较高的藤产量, 便于藤林的经营管理。

关键词: 黄藤; 造林密度; 萌蘖力; 直径; 茎长

中图分类号: S759.8 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2006)04-0057-05

The Density Effect of *Daemonorops margaritae* PlantationYang Jinchang¹ Xu Huangcan¹ Yin Guangtian¹ Feng Changlin² Lu Lihua²

(1. Research Institute of Tropical forestry, CAF Guangzhou 510520; 2. Experimental Center of Tropical Forestry, CAF Pingxiang 532600)

Abstract: The density effect on the growth and yield of *Daemonorops margaritae* plantation has been analyzed on the basis of experiment of planting density including 3 m × 3 m (A), 2 m × 3 m (B), 1 m × 3 m (C) and 1 m × 2 m (D) 4 density levels. The result showed that suckering ability, mean length of mother stem and mean total length of the clump all increased with the age but decreased with planting density; suckering abilities among different density levels were different respectively at the 0.05 and 0.01 level when the stand was 6 and 14-year-old; plant density had no significant effect on mean length of mother stem in all ages but highly significant effect on mean length of rattan clump at the age of 14. The self-thinning rate of 14-year-old stand increased with the density, gaining highly significant difference among density levels; the stand diameter descended with the density approximately and was different at 0.05 level among density treatments but they didn't exert significant effect on diameter when the density increased or decreased to some extent. The clump output reduced with planting density which caused significant or highly significant difference to the clump output under the different density levels one another except level A to level B and level C to level D, indicating the most effect of density on the stand diameter; by comparison, the stand output increased first and then decreased gradually with the density with no significant difference among different treatments but a peak value under the density of 3 333 individuals per hm². Based on these results, the spacing of 3 m × 1 m or 3 m × 2 m should be recommended for the purpose of both higher output and better management of *Daemonorops margaritae* plantation according to practical situation.

Key words: *Daemonorops margaritae*; planting density; suckering ability; diameter; stem length

造林密度是影响林分生长与收获的重要因子,也是提高人工林生产力的关键措施。因而密度管理不仅是林业生产需要解决的关键技术之一,也成为林业科学研究的热点。许多学者对杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、毛竹(*Phyllostachys pubescens*)、杨树(*Populus* spp.)、长白山落叶松(*Larix olgensis*)等人工林进行深入研究,取得了可喜的成果,并有效地指导了林业生产(叶功富等,1995;童书振等,2002;刘金福等,1998;洪伟等,1998;沈作奎等,2002;吴春芳,1998;张怡春等,2000)。国内外也对棕榈藤

收稿日期:2003-09-28。

基金项目:国家“十五”攻关“棕榈藤种质资源培育及利用技术”(2001ba506b04)及 ITTO 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”(PD100/01Rev.3)。

* 参加本试验的还有曾炳山、张伟良、郭文福、黄雪群、杨华等,特此致谢。

(Rattan)人工林造林密度开展了大量试验(Wong *et al.*, 1985; Chin, 1989; Cecilia *et al.*, 1992; Nur Supardi *et al.*, 1992; 许煌灿等, 1994; Rao *et al.*, 1997), 但尚缺乏定量描述和系统分析, 对不同藤种采用哪种造林密度获得理想效果则鲜有报道。为此, 以黄藤(*Daemonorops margaritae*)人工林为对象, 研究一定立地条件下不同造林密度对棕榈藤林分动态及生长规律的影响, 探讨黄藤人工林的密度效应, 为藤林经营管理提供科学依据。

1 试验地概况

黄藤试验地位于广西凭祥市热带林业实验中心英阳试验站, 22°07' N, 106°44' E, 属南亚热带季风气候, 干湿季节交替明显。年平均气温 21.6 °C, 最冷的 1 月份平均气温 13.3 °C, 极端最低气温 0.1 °C, 最热的 7 月份平均气温 27.7 °C, 极端最高气温 37.9 °C, ≥ 10 °C 积温 7 596 °C, 年均降水量 1 388 mm, 年蒸发量 1 275 mm。试验地上层树种为马尾松(*P. massoniana*), 1984 年造林, 密度 1 650 株·hm⁻²; 试验地海拔 320 ~ 360 m; 土壤为花岗岩发育而成的砖红壤性红壤, 土层厚度 150 cm 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 材料与方法

2.1 造林措施

种植前清理林下杂草和灌木, 适当疏伐林木, 控制上层林分郁闭度约 0.5; 穴状整地, 种植穴规格为 50 cm × 50 cm × 30 cm。用生长整齐的藤苗, 单株种植, 造林后 3 个月检查成活率并加以补植, 每年抚育 2 次持续到第 3 年。

2.2 试验安排

采用随机区组设计, 安排 4 个区组, 4 种密度处理, 即 1 m × 2 m (D), 1 m × 3 m (C), 2 m × 3 m (B) 和 3 m × 3 m (A), 共 16 个小区。试验小区为长方形, 每小区面积 600 m²。每个小区的四周设置 2 行相同密度的保护带。

2.3 数据采集和处理

造林后第 2 年只测定苗高, 第 3 ~ 5 年测定各小区藤丛的萌蘖数和植株长; 当年龄达 14 年时, 调查各小区死亡藤丛数以此计算自疏率, 并采用随机取样方法抽取 30 个藤丛测定其株数、长度; 同时采收长度 4 m 以上的藤株, 测量其 2 m 处的直径、鲜藤质量。数据的处理和分析在计算机上利用 SPSS 统计软件进行。

3 结果与分析

3.1 密度对萌蘖力的影响

萌蘖既是棕榈藤重要的生物学特性, 又是棕榈藤的重要生长指标, 它导致植株数量不断增加, 进而增加藤丛的总茎长(曾炳山等, 1993; 许煌灿等, 1994)。萌蘖力可用藤丛的平均株数来表示。表 1 反映了萌蘖力在不同年龄时随密度的变化规律; 藤丛的平均株数因年龄的推移而不断增加, 随密度的增大而减少。在 3 年时不同密度间的藤株均不产生萌蘖; 到了 4 年, 藤株才开始萌蘖, 但不同密度间差异不大; 随后藤株萌蘖力不断增强, 不同密度处理间的差异逐步拉大。方差分析结果(表 2)表明, 4 ~ 5 年时区组间有显著差异而密度间无显著差异; 6 年时, 不同密度对萌蘖力的影响达到显著水平, 经 Q 检验, A 与 D 之间差异显著; 14 年时, 密度间的差异达到极显著, 其中 A、B 与 C、D 之间差异均达到极显著水平, 其他密度间无显著差异。不同密度间的萌蘖力的大小依次为 A > B > C > D。

3.2 密度对苗高和茎长的影响

随着年龄的增加, 藤丛不仅横向萌蘖扩展, 而且纵向攀缘伸长, 导致藤丛茎长不断发生变化。藤林年龄为 3 年时, 绝大部分植株还没有形成藤茎, 故只测定苗高, 而后开始产生藤茎。从表 3 可看出, 藤林年龄为 3 年时, 不同处理间的苗高几乎没有差异, 此时, 密度对苗木生长几乎没有影响; 随着年龄的增大, 植株母茎长

表 1 萌蘖力随造林密度的变化^①
Tab.1 The change of suckering ability
with planting density plant·clump⁻¹

密度水平 Density level	年龄 Age/a				
	3	4	5	6	14
A	1.0	1.6	3.0	4.8	18.2
B	1.0	1.6	3.0	4.6	16.1
C	1.0	1.4	2.7	4	11.7
D	1.0	1.5	2.6	3.6	9.1

①萌蘖力值是通过取 4 个区组间的平均值计算而得, 下面其他指标与此相似。Suckering ability is obtained from the average value of four blocks. The following relevant indicators are similar.

及藤丛总茎长不断增加,在不同密度间的差异也逐步增大。方差分析结果(表 5)表明,4~6 年时植株母茎长和藤丛总茎长在区组间存在极显著差异,而在密度处理间无显著差异;14 年时,密度对植株母茎长仍无显著影响,但对藤丛总茎长的影响达到极显著水平。通过 Q 检验得出:14 年时藤丛总茎长在密度 A 与 C、D 之间分别存在显著和极显著差异。

表 2 密度对萌芽力影响的方差分析
Tab.2 Variance analysis of suckering ability among density levels

年龄 Age/a	变异来源 Source of variance	df	均方 Mean square	F	Sig.
4	处理 Treatment	3	0.035	1.563	0.265
	区组 Block	3	3.352	30.578	0.000
	误差 Error	9	0.201		
5	处理 Treatment	3	0.207	3.742	0.054
	区组 Block	3	1.220	22.010	0.000
	误差 Error	9	0.055		
6	处理 Treatment	3	1.079	5.169*	0.024
	区组 Block	3	0.228	1.092	0.401
	误差 Error	9	0.209		
14	处理 Treatment	3	68.077	21.076**	0.000
	区组 Block	3	5.056	1.565	0.264
	误差 Error	9	3.230		

表 3 不同密度水平的植株母茎长和藤丛总茎长变化

Tab.3 The change of mother stem length and total rattan clump length among density levels

密度水平 Density level	苗高 Height/m	植株母茎长 Mean length of mother stem/(m·plant ⁻¹)					藤丛总茎长 Mean length of rattan clump/(m·clump ⁻¹)			
		3 a	4 a	5 a	6 a	14 a	4 a	5 a	6 a	14 a
A	1.01	0.71	1.43	2.55	10.58	0.72	1.91	4.07	46.4	
B	1.02	0.65	1.28	2.31	9.53	0.66	1.73	3.74	37.68	
C	1.03	0.65	1.29	2.29	9.28	0.65	1.7	3.38	27.25	
D	1.01	0.63	1.16	2.11	7.18	0.64	1.48	2.91	17.63	

3.3 密度对自然稀疏的影响

由表 4 可知,对于不同密度的试验林,其自疏率有较大的变化。方差分析结果(表 8)表明,不同密度对自疏率产生极显著影响。经 Q 检验,A 与 C 之间有显著差异,而 A 与 D 之间则有极显著差异。由此可知,密度对藤林自然稀疏有着重要的影响,密度越大,自疏率也越大。

表 4 14 年时不同密度对自疏率的影响

Tab.4 Self-thinning rate of the stand with different densities at 14-year-old

密度水平 Density level	A	B	C	D
枯损藤丛数 No. of died clump/(clump·hm ⁻²)	46	100	292	613
自疏率 Self-thinning rate /%	4.1	6.0	8.7	12.3

表 5 平均母茎长和藤丛总茎长的方差分析

Tab.5 Variance analysis of mean length of mother stem and mean length of rattan clump

年龄 Age/a	变异来源 Source of variance	df	平均母茎长 Mean length of mother stem			藤丛总茎长 Mean total length of rattan clump		
			均方 Mean square	F	Sig.	均方 Mean square	F	Sig.
4	处理 Treatment	3	0.004 5	1.238	0.352	0.004 5	1.187	0.368
	区组 Block	3	0.039 6	10.785	0.002	0.046 0	12.021	0.002
	误差 Error	9	0.003 7			0.003 8		
5	处理 Treatment	3	0.047 9	1.592	0.258	0.123	1.295	0.335
	区组 Block	3	0.999 0	33.187	0.000	2.514	26.451	0.000
	误差 Error	9	0.030 1			0.095		
6	处理 Treatment	3	0.132	1.188	0.368	0.996	3.536	0.061
	区组 Block	3	1.092	9.838	0.003	3.179	11.285	0.002
	误差 Error	9	0.111			0.282		
14	处理 Treatment	3	8.116	3.282	0.072	624.724	8.057**	0.006
	区组 Block	3	0.791	0.320	0.811	19.196	0.248	0.861
	误差 Error	9	2.473			77.542		

3.4 密度对直径的影响

总体上,直径随着密度的增加而递减。当造林密度减少到 1 111 株·hm⁻²时,直径几乎没有变化,甚至略微变小(表 6)。A 与 B、C 与 D 之间直径差异较小;而 A、B 与 C、D 之间差异较大。通过方差分析(表 8)可知,密度对林分直径产生显著影响;多重比较结果表明,林分直径在密度 B 与 D 之间存在显著差异,而其他密度水平间无显著差异。

3.5 密度对藤林产量的影响

自疏率、萌蘖力、平均长度和直径最终共同影响到藤林的产量,本文用鲜藤质量来表示其产量。根据 14 年时的采收结果(表 7)可知,单丛产量随密度的增加而不断减少,而藤林产量随着密度的增加先增加后逐步减少,尤其在 B 与 C 之间产量差异特别明显。经方差分析(表 8),密度不同造成了单丛产量的显著差异;通过 Q 检验表明:A 与 C、D 之间差异均达到极显著水平,而 B 与 C、D 之间分别产生显著和极显著差异;而不同密度对藤林总产量则无显著差异。

表 6 不同密度林分的直径变化

Tab.6 Diameter change of the stands with different densities

密度水平 Density level	A	B	C	D
直径 Diameter /cm	1.35	1.36	1.25	1.22

表 7 14 年时藤林产量随密度的变化

Tab.7 The output of the 14-year-old stands with different densities

密度水平 Density level	初始密度 Planting density/(plant·hm ⁻²)	保存密度 Current density/(plant·hm ⁻²)	单丛产量 Clump output/(kg·clump ⁻¹)	藤林产量 Stand output/(kg·hm ⁻²)
A	1 111	1 065	6.7	7 150
B	1 667	1 567	5	7 788
C	3 333	3 043	2.9	8 857
D	5 000	4 385	1.9	8 353

表 8 自疏率、直径、单丛产量和藤林产量的方差分析^①

Tab.8 Variance analysis of self-thinning rate, diameter, clump output and stand output

项目 Item	变异来源 Source of variance	离差平方和 Sum of deviation squares	df	均方 Mean square	F	Sig.
自疏率 Self-thinning rate	处理 Treatment	0.015 0	3	0.005 0	8.337	0.003
	误差 Error	0.007 2	12	0.000 6		
直径 Diameter	处理 Treatment	0.059 2	3	0.019 7	4.840	0.020
	误差 Error	0.048 9	12	0.004 1		
单丛产量 Clump output	处理 Treatment	55.292	3	18.431	19.029	0.000
	误差 Error	11.623	12	0.969		
藤林产量 Stand output	处理 Treatment	6.493	3	2.614	0.823	0.506
	误差 Error	31.552	12	2.629		

①因区组效应不显著,故将此离差平方和并入误差离差平方和,再进行方差分析。Due to the insignificant effect among blocks, sum of deviation squares from them was added to that from error to make further variance analysis.

4 结论与讨论

1)黄藤的萌蘖力随年龄的增加而增大,随造林密度的增加而递减。当藤林年龄 ≤ 5 年时,不同密度的萌蘖力在不同密度间无明显差别;而后,随年龄不断增加,不同密度处理间的差异迅速增大,以致达到显著或极显著水平;各密度间的萌蘖力大小依次为 D > C > B > A。藤株仅在年龄 ≥ 4 年,即造林 3 年之后才开始萌蘖,说明黄藤植株需要达一定年龄才抽茎萌蘖,但其萌蘖的初始时间与曾炳山等(1993)的研究结果不太一致,这可能与造林时所选藤苗和立地条件有关。在开始萌蘖的初期,萌蘖力较弱,不同密度的萌蘖数均较小;到了后期萌蘖力逐步增强,藤丛的平均株数也不断增加,这与许煌灿等(1994)的研究结论相似。萌蘖力在后期的显著差异表明:密度越大,藤林越早郁闭,植株间的竞争也越激烈,从而导致萌蘖数的减少。

2)母茎长和藤丛平均总长均在一定程度上受造林密度的影响,随密度的增加而递减。然而,在年龄 ≤ 6 年时,密度不论对苗高,还是对母茎长或藤丛平均总长均影响不大,不同密度间无显著差异;14 年时调查结果表明,密度对植株母茎长无显著影响,但藤丛总茎长产生极显著差异。在相同密度条件下,总茎长均大于母茎长,二者间的差异随年龄的增加而增大,说明密度对藤丛平均总长的影响大于对母茎长的影响。这是由于藤丛平均总长是由藤丛内各藤株茎长组成(曾炳山等,1993;许煌灿等,1994),它与萌蘖数联系紧密,而萌蘖数又受密度的影响,从而产生累积效应;相反,母茎长则与萌蘖数关系不大。

3)造林密度对藤林自然稀疏有着重要的影响,自疏率随密度的增加而递增,不同密度间自疏率的大小分别是 D > C > B > A。这种变化规律是林分自然生长过程的一大特征(唐守正,1993),反映了不同密度条件下营养空间的动态变化及藤丛间的竞争程度。虽然黄藤与一般林木的生态生物学特性差异较大,但密度对黄藤自疏率的影响与其他林木(童书振等,2002;江希钢等,2001)基本相似。

4)直径大致随着密度的增加而递减;但造林密度减小或增大至一定程度时,密度对直径所产生效应并不明显,过密或过疏均不利于获得理想的效果。密度为1111株·hm⁻²时的直径略小于密度为1667株·hm⁻²时直径,这可能与密度较稀时由于藤丛萌蘖数较多、植株间的竞争较激烈有关;当然,这个解释有待于进一步验证。由于棕榈藤的藤茎粗度变化不均,通常基部较粗,向上生长渐细,约至2~3m处变化很小(蔡则谟等,2003),因而确定藤株直径时在距基部约2m处测量而不是在1.3m处。

5)单丛平均产量随造林密度的增加而递减,并以密度B与C间的单丛产量差异最大。除密度A与B及C与D之间无显著差异外,其他密度间均达到显著或极显著差异。与前面几个测量指标相比,密度对其单丛平均产量的影响最大。而藤林总产量则随着密度的增大先增加后逐步减少,不同密度间无显著差异,但以密度每公顷3333株的总产量最高。藤林的单丛产量和总产量随密度的变化规律与前人提出的林分密度效应相符(刘金福等,1998),两者是上述几个测量因子的共同作用的表现,也是造林密度效应的综合反映。

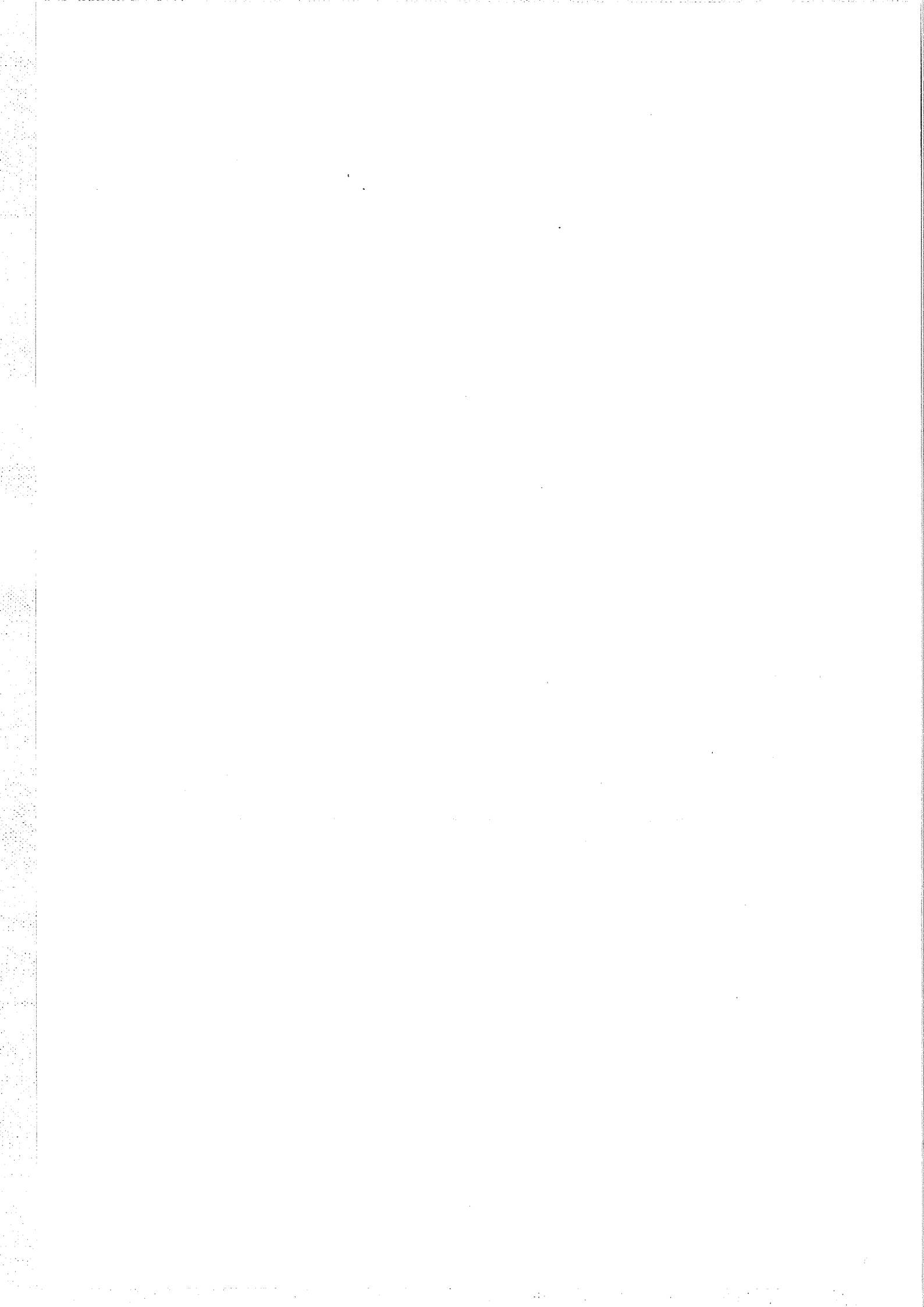
虽然密度越小,单丛产量越高,但总产量却不一定越大,林分密度与藤林总产量的关系呈二次效应模型(洪伟等,1996;陈辉等,1992),因而选择合适的造林密度对于获得最高的藤产量至关重要。根据研究结果,藤林的总产量分别为C>D>B>A,因此,单丛产量考虑,造林时应采用密度C和D。然而D密度太大,无法对林分进行有效的管理和采收(Nur Supardi *et al.*, 1992),而且造林成本偏大;密度B的总产量尽管比C和D都低,但株行距均比较大,便于管理,因而在实际上可采用密度B;而密度A太小,不能充分利用林地。综上所述,进行营造黄藤人工林时,可根据上层林分的实际情况采用3m×1m或3m×2m密度,从而既获得较高的藤产量,又方便藤林的管理。

需要指出的是本试验仅探讨了林分密度单个因素对黄藤生长的影响,实际上,立地条件、上层林分郁闭等也是影响藤林生长的重要因素(许煌灿等,1994;Manokaran,1984),并往往与密度起交互作用共同决定藤林的生长与收获,因此,多因子对藤林生长的影响有待于今后加强研究。

参 考 文 献

- 蔡则谟,许煌灿,尹光天,等.2003.棕榈藤利用的研究与进展.林业科学研究,16(4):479-487
- 陈 辉,何宗明,洪 伟.1992.杉木人工林密度效应模型研究.福建林学院学报,12(3):277-282
- 洪 伟,郑郁善,邱尔发.1998.毛竹丰产林密度效应研究.林业科学,34(专):1-4
- 洪 伟,吴承祺.1996.闽北杉木人工林密度控制连续状态的动态规划研究.福建林学院学报,16(1):1-4
- 江希钊,王素萍,杨锦昌.2001.马尾松人工林种群自然稀疏模型的研究.热带亚热带植物学报,9(4):290-295
- 刘金福,洪 伟,林 芳.1998.马尾松人工林密度效应模型研究.西南林学院学报,18(3):148-152
- 沈作奎,徐伟声,蒋剑波.2002.日本落叶松人工林密度效应的研究.湖北民族学院学报:自然科学版,20(4):11-13
- 董书振,盛炜彤,张建国.2002.杉木林分密度效应研究.林业科学研究,15(1):66-75
- 唐守正.1993.同龄纯林自疏规律的研究.林业科学,29(3):235-241
- 吴春芳,王玉亭,冯俊一,等.1998.北京杨速生丰产林密度效应.青海农林科技,2:18-20
- 许煌灿,尹光天,曾炳山.1994.棕榈藤的研究.广州:广东科技出版社,60-66
- 叶功富,林武星,张水松,等.1995.不同密度管理措施对杉木林分的生长、生态效应的研究.福建林业科技,22(3):1-8
- 曾炳山,许煌灿,尹光天,等.1993.黄藤藤丛结构和生长的研究.林业科学研究,6(4):414-423
- 张怡春,兰 滋,王丽艳,等.2000.长白落叶松人工林密度效应模型的研究.吉林林业科技,29(2):21-22,61
- Cecilia M L, Faustina C B, Rowena V P. 1992. A Beginner's Source book on Philippine Rattan. Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development, 12-28
- Chin T H. 1989. Rattan planting. Leaflet No. 125, the Department of Agriculture, Sarawak, 18-41
- Manokaran N. 1984. Biological and ecological considerations pertinent to the silviculture of rattan//Proceedings of the rattan seminar, Kuala Lumpur, Malaysia, 2-4 Oct. The Rattan Information Center, FRIM, 95-105
- Rao A N, Rao V R. 1997. Rattan Taxonomy, Ecology Silviculture, Conservation, Genetic improvement and Biotechnology. ICGRI-APO, Serdang, Malaysia, 64-69
- Nur Supardi M N, Aminuddin M. 1992. Planting systems for large-diameter canes//Razali W, Dransfield J, Manokaran N. A guide to the cultivation of rattans. Malaysian Forest Records No. 35. Forest Research Institute Malaysia, 89-98
- Wong K M, Manokaran N. 1985. Proceedings of the Rattan Seminar, October 2-4, 1984, Kuala Lumpur, Malaysia, RIC

(责任编辑 郑槐明)



5种生长方程在2种藤林生长模型中的应用

杨锦昌¹, 尹光天¹, 李荣生¹, 冯昌林², 邹文涛¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;

2. 中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

摘要: 利用广西大青山单叶省藤和黄藤人工林多年固定样地调查和采收资料, 选择 Richards、Korf、Logistic、Gompertz 和 Mitscherlich 等 5 种理论生长方程, 分别建立藤林母茎长、萌茎长和萌茎数与年龄的相关关系, 并对拟合效果进行对比分析。结果表明: 除 Mitscherlich 方程拟合单叶省藤萌茎长时相关指数小于 0.90 外, 其它方程拟合的相关指数均高于 0.92; Korf 和 Richards 方程的拟合最高, Gompertz 方程次之, 而 Logistic 和 Mitscherlich 方程的拟合效果最差; 与 Richards 方程相比, Korf 方程更能准确描述单叶省藤和黄藤林分的生长特性, 更适合于建立单叶省藤和黄藤人工林的生长模型。

关键词: 单叶省藤; 黄藤; 生长方程; 生长模型

中图分类号: S791.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-389X(2007)03-0217-05

Application of five growth equations to establishing growth models for *Calamus simplicifolius* and *Daemonorops margaritae* plantations

YANG Jin-chang¹, YIN Guang-tian¹, LI Rong-sheng¹, FENG Chang-lin², ZOU Wen-tou¹

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

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

Abstract: Based on the data collected from permanent plots and harvest trials in *Calamus simplicifolius* and *Daemonorops margaritae* plantations in Daqingshan, Guangxi Province, five growth equations were utilized to establish the correlation between age and growth factors including the length of mother stem, the length of sucker stem and the number of sucker shoot. The fitting effect of these equations was compared. It was found that R^2 of growth model established with each equation was more than 0.92 except that of fitting the number of sucker shoot of *C. simplicifolius* and age with Mitscherlich equation, which was less than 0.90; Korf and Richards equations fitted the correlation between growth factor and age best, followed by Gompertz equation while Logistic and Mitscherlich equations performed worst; Korf equation was more suitably used to describe the growth characteristic of two types of plantations than Richards equation, indicating its greater applicability to establishing growth models for *C. simplicifolius* and *D. margaritae* plantations.

Key words: *Calamus simplicifolius*; *Daemonorops margaritae*; growth equation; growth model

林分生长收获模型是客观预测林分的生长、产量及生长潜力不可缺少的工具, 也是科学制订管理措施、正确评价经营成效和合理利用森林资源的重要依据。随着科技的发展和研究的不断深入, 应用计算机技术、现代数学方法及科学理论, 将立地因子、人为措施、生长指标和经济因素相结合建立生长收获模型, 已成为森林经营的重要研究领域^[1-7]。生长收获模型的预测精度和适用性, 在一定程度上决定了人工林管理的科学性、定量性和准确性。而生长收获模型的适用性和预测精度往往取决于能否描述一种有机体或一个种群大小随年龄的动态变化、是否可如实反映某些生物生长的规律性, 从而对生物生长过程进行量化描述, 这就需要选用合适的生长方程对生长过程进行定量和准确的描述。生长方程总体上可

基金项目: 中国林业科学研究院科学基金资助项目(2005-M-E13); 国家“十一五”攻关课题科学基金资助项目(2006BAD19B09); ITTO 科学基金资助项目(PD 100/01 Rev.3)。

作者简介: 杨锦昌(1976-), 男, 福建福安人, 助理研究员, 从事热带森林培育与经营研究。

收稿日期: 2006-12-29; **修回日期:** 2007-03-05。

分为经验方程及理论生长方程 2 类^[8]。与经验方程比较, 理论生长方程由于逻辑性强、适用性广、机理性好, 方程参数具有明确的生物学意义而广泛应用于生物生长模型研究中。目前应用较多的理论生长方程主要有 Richards、Logistic、Korf、Gompertz 和 Mitscherlich 方程^[9-10]。国内外许多学者利用这些方程描述了一些树种的树高、胸径、立地指数曲线等变化规律, 取得令人满意的结果^[10-17]。相比之下, 理论生长方程在描述棕榈藤生长方面的应用偏少, 目前仅见关于 Richards 和 Logistic 方程分别应用于描述西加省藤和疏刺省藤生长规律的研究^[18-19]。为了便于模型间的系统比较, 充分说明不同理论生长方程在特定林分的拟合情况, 从而确定最佳方程来描述单叶省藤和黄藤人工林的生长和萌蘖变化规律, 选择了上述 5 个理论生长方程对其作分析对比, 从而为藤林的科学经营和合理采收提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

2 种藤林试验地均位于广西省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; 土壤为花岗岩发育而成的砖红壤性红壤, 土层厚度一般在 1.5 m 以上, 土壤呈强酸性, pH 值 4.4-4.9, 表土层腐殖质含量 26.1-40.2 g·kg⁻¹。黄藤试验地上层树种为马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.), 1984 年造林, 密度为 1 650 株·hm⁻²; 试验地海拔高度为 320-360 m。单叶省藤试验地上层树种为石梓 (*Gmelina arborea* Roxb.), 1983 年造林, 密度为 1 650 株·hm⁻², 海拔高度为 330-370 m。

1.2 试验设计

试验设计分为 2 个部分, 即生长监测和采收设计。通过典型选取, 在间种于石梓林分下的单叶省藤人工林和间种于马尾松林分下的黄藤人工林内各设置 2 块固定标准地以监测藤林生长动态。单叶省藤固定标准地的大小为 15 m×12 m, 藤丛的株行距为 3 m×2 m, 共 30 丛; 黄藤固定标准地的大小为 15 m×6 m, 藤丛的株行距为 3 m×1 m, 藤丛数为 30。采收设计也在 2 种上层林分下进行, 采用随机区组设计, 每个藤种均安排 4 个区组, 每区组 5 个小区, 小区水平排列, 其形状为长带形, 每小区沿坡度单行种植 10 株并加以标记和编号。其中, 单叶省藤的试验小区大小为 20 m×3 m, 株行距为 2 m×3 m; 黄藤试验小区大小为 10 m×3 m, 株行距为 1 m×3 m。

1.3 试验观测与数据采集

单叶省藤固定标准地的观测时间为 3、4、5、6、10 和 13 a, 前 4 次复查时, 全面调查记录标准地内各藤丛中母茎长、萌蘖长和萌蘖数; 10 a 时由于观测困难, 从 30 个藤丛中随机选取 10 个藤丛进行标记和观测; 而 13 a 时对标记的 10 个藤丛进行调查测量, 并通过采收 5 m 以上的藤株实测其长度。黄藤固定标准地的调查时间为 3、4、5 和 13 a, 调查时均实测标准地内所有藤丛的植株数和茎长。采收试验设计中, 在 5-9 a 期间内每年对单叶省藤和黄藤试验地各区组的藤丛进行全面调查, 调查因子包括植株母茎长、萌茎长及萌蘖株数; 同时分别于 5、6、7、8、9 a 对各区组中的第 1、2、3、4 和第 5 小区依次采收, 采收单叶省藤和黄藤时分别选择 5 和 4 m 以上的植株, 然后除去叶片和叶鞘, 最后再实测长度。植株的长度在未采收时用测高杆测量, 而采收后的植株则用皮尺测量; 根据植株长度采前测量值与采后实测值之间的相关关系, 对测高杆测量 6 m 以上植株长度的测量值进行校正。所有数据在计算机上利用 Spss10.0、Excel 2000 软件进行相关的处理和分析。

2 结果与分析

5 种理论生长方程的数学解析特性见文献[10]。利用单叶省藤和黄藤固定样地调查和采收资料, 选择 Richards、Korf、Logistic、Gompertz 和 Mitscherlich 5 种理论生长方程, 分别建立藤林母茎长、萌茎长和萌蘖数与年龄的相关关系, 各理论生长方程的拟合情况见表 1、2。

表 1 生长方程对单叶省藤生长与萌蘖的拟合效果

Table 1 The result of 5 growth equations used to fit the growth and suckering of *C. simplicifolius*

方程名称	方 程	因变量	参 数			拟合效果		生长特性			
			a	b	c	R ²	Q ²	t _{CAI}	CAI _{max}	t _{MAI}	MAI _{max}
Richards	$y = a(1 - e^{-bx})^c$	母茎长	46.90	0.199 3	4.576 6	0.991 9	18.19	7.63	15.18	12.69	2.53
		萌茎长	79.52	0.219 6	5.304 3	0.986 5	62.16	7.60	26.26	12.50	4.47
		萌蘖数	7.554	0.364 8	6.239 2	0.945 1	6.263	5.02	2.54	8.15	0.67
Korf	$y = ae^{-bx}$	母茎长	94.91	14.710 0	1.026 3	0.992 7	16.36	7.08	13.18	14.08	2.54
		萌茎长	134.76	72.930 0	1.640 8	0.986 7	61.43	10.22	26.95	18.47	3.97
		萌蘖数	9.163	22.600 0	1.788 2	0.947 0	6.040	4.46	1.93	7.91	0.66
Logistic	$y = \frac{a}{1 + e^{-bx}}$	母茎长	35.95	4.039 0	0.482 5	0.984 3	35.05	8.37	17.98	11.51	2.56
		萌茎长	50.42	6.706 0	0.682 6	0.981 4	85.98	9.82	25.21	12.82	3.48
		萌蘖数	7.061	3.647 0	0.604 4	0.933 8	7.544	6.03	3.53	8.35	0.68
Mitscherlich	$y = a(1 - e^{-bx})$	母茎长	46 274	0.000 24	0.000 074	0.988 9	24.80				
		萌茎长	169 591	0.000 13	0.000 027	0.896 6	477.67				
		萌蘖数	9.039	0.498 5	0.170 0	0.946 0	6.160				
Gompertz	$y = ae^{(-bx)^c}$	母茎长	42.71	1.965 0	0.252 6	0.990 8	20.53	7.78	15.71	12.25	2.52
		萌茎长	67.88	2.990 0	0.293 4	0.986 2	63.56	10.19	24.97	15.31	3.55
		萌蘖数	7.420	2.098 0	0.402 8	0.943 7	6.418	5.21	2.73	8.16	0.67

注: y 为因变量, x 为年龄, a、b、c 为待求解参数, R² 为相关指数, Q² 为剩余离差平方和; t_{CAI} 为连年生长量达到最大时的年龄, CAI_{max} 为连年生长量达到最大时的数值, t_{MAI} 为平均生长量达到最大时的年龄, MAI_{max} 为平均生长量达到最大时的数值。

表 2 生长方程对黄藤生长与萌蘖的拟合效果

Table 2 The result of 5 growth equations used to fit the growth and suckering of *D. margaridae*

方程名称	方 程	因变量	参 数			拟合效果		生长特性			
			a	b	c	R ²	Q ²	t _{CAI}	CAI _{max}	t _{MAI}	MAI _{max}
Richards	$y = a(1 - e^{-bx})^c$	母茎长	11.25	0.410 3	8.413 0	0.980 0	4.827	5.19	3.88	8.25	1.02
		萌茎长	28.29	0.379 8	16.355 0	0.962 7	56.52	7.36	10.08	11.21	2.00
		萌蘖数	18.05	0.294 0	5.725 0	0.939 3	31.00	5.93	6.01	9.70	1.32
Korf	$y = ae^{-bx}$	母茎长	13.10	36.920 0	2.084 0	0.977 3	5.466	4.68	2.98	8.04	1.01
		萌茎长	35.75	112.150 0	2.253 6	0.962 7	56.44	6.90	8.44	11.65	1.97
		萌蘖数	24.67	19.695 0	1.488 8	0.939 7	30.77	5.24	4.64	9.67	1.30
Logistic	$y = \frac{a}{1 + e^{-bx}}$	母茎长	10.64	4.072 0	0.666 4	0.975 4	5.917	6.11	5.32	8.40	1.04
		萌茎长	25.52	5.861 8	0.727 1	0.956 7	65.52	8.06	12.76	10.69	2.08
		萌蘖数	16.28	3.889 6	0.552 0	0.932 3	34.56	7.05	8.14	9.71	1.36
Mitscherlich	$y = a(1 - e^{-bx})$	母茎长	14.00	0.494 9	0.164 7	0.964 5	8.557				
		萌茎长	2 365	0.004 81	0.001 23	0.933 8	100.24				
		萌蘖数	27.15	0.284 3	0.092 4	0.936 3	32.55				
Gompertz	$y = ae^{(-bx)^c}$	母茎长	11.15	2.331 3	0.437 7	0.980 0	4.821	5.33	4.10	8.26	1.02
		萌茎长	27.96	2.965 4	0.400 0	0.962 6	56.70	7.41	10.29	11.15	2.00
		萌蘖数	17.54	2.060 0	0.334 2	0.938 4	31.44	6.16	6.45	9.67	1.33

注: y 为因变量, x 为年龄, a、b、c 为待求解参数, R² 为相关指数, Q² 为剩余离差平方和; t_{CAI} 为连年生长量达到最大时的年龄, CAI_{max} 为连年生长量达到最大时的数值, t_{MAI} 为平均生长量达到最大时的年龄, MAI_{max} 为平均生长量达到最大时的数值。

由表 1、2 可知, 5 种生长方程的拟合的效果是比较令人满意的; 除 Mitscherlich 方程拟合单叶省藤萌茎长时相关指数小于 0.90 外, 其它方程拟合的相关指数均在 0.92 以上。不同理论生长方程拟合 2 种藤林生长过程的效果差异较大。

对于单叶省藤, Mitscherlich 方程在拟合时的渐近母茎长和萌茎长非常大, 与实际观测值相差甚远, 因而方程中 a 参数的生物学意义不大, 方程的拟合精度也较低。除 Mitscherlich 方程外, 4 个方程的渐近值比较靠近实际观测值, 其大小为 Korf > Richards > Gompertz > Logistic 方程, 拟合精度也是 Korf > Richards > Gompertz > Logistic 方程; 另外, 4 个方程描述单叶省藤生长和萌蘖时连年生长量达到最大时的年龄和数值也不一样, 但生长和萌蘖的连年生长量出现最大值时的先后顺序是相同的, 即萌蘖数的连年生长量最早出现最大值, 而后是母茎长, 最后是萌茎长。在拟合相关指数最高的 Korf 和 Richards 方程中, Richards 在描述单叶省藤生长时, 母茎长和萌茎长达到连年生长最大时的年龄几乎相同, 这与该藤种生

长特性差别较大;而 Korf 方程描述单叶省藤生长时,母茎长和萌茎长达到连年生长量最大时的相差 3 a 左右,这与单叶省藤的生长过程比较一致^[20]。

对于黄藤, Mitscherlich 方程在拟合黄藤时的渐近萌茎长很大,这与实际观测值偏离较大,方程的拟合精度总体上最低。若不考虑 Mitscherlich 方程,其它 4 个方程的渐近值及拟合精度总体上也是 Korf > Richards > Gompertz > Logistic(除 Korf 拟合母茎长时精度略小于 Richards 方程外);4 个方程描述黄藤林分生长规律时连年生长量的变化规律与单叶省藤相似,但生长和萌茎的连年生长量出现最大值时的先后顺序与单叶省藤相比有差异,黄藤先是母茎长连年生长量达到最大时的时间最早、随后是萌茎数,而萌茎长的连年生长量最大值出现最迟。Korf 方程描述黄藤生长时,连年生长量出现最大值时的年龄均比 Richards 方程要小 0.5 a 左右,其连年生长量的最大值也相应小;通过与黄藤连年生长量达到最大时的年龄作比较(母茎长、萌茎长和萌茎数连年生长量的最大值的平均年龄分别为 4.5、7.5 和 5.0 a),用 Korf 方程来拟合黄藤林分生长过程更能反映出其生长特性。

综上所述, Korf、Richards 方程拟合精度最高, Gompertz 方程次之,而 Logistic 和 Mitscherlich 方程的拟合效果最差;与 Richards 方程相比, Korf 方程更能准确解析单叶省藤和黄藤林分的生长特性。以最高相关指数和最小剩余离差平方和为选择依据,并结合生长曲线的特性分析,最终采用 Korf 方程来建立单叶省藤和黄藤的林分生长模型。

单叶省藤林分生长模型

$$L_{m\infty} = 94.91e^{(-14.71/t^{1.026})} \tag{1}$$

$$L_{s\infty} = 134.76e^{(-72.83/t^{1.641})} \tag{2}$$

$$N_{s\infty} = 9.163e^{(-22.60/t^{1.788})} \tag{3}$$

式中: $L_{m\infty}$ 为丛母茎均长, $L_{s\infty}$ 为丛萌茎总长, $N_{s\infty}$ 为丛萌茎数, t 为年龄。

黄藤林分生长模型

$$L_{m\infty} = 13.10e^{(-36.92/t^{2.084})} \tag{4}$$

$$L_{s\infty} = 35.75e^{(-112.15/t^{2.254})} \tag{5}$$

$$N_{s\infty} = 24.67e^{(-19.695/t^{1.489})} \tag{6}$$

3 结论与讨论

通过对 5 个生长方程进行对比分析可知:生长方程应用于 2 种藤林的生长模型研究时表现出了良好的模拟性能,但模拟精度因不同生长方程而异,5 个生长方程的拟合精度大小依次为 Korf > Richards > Gompertz > Logistic > Mitscherlich;与 Richards 方程相比, Korf 方程更能准确解析单叶省藤和黄藤林分的生长特性,更适合于描述 2 种藤的生长变化规律;多个生长方程的比较和分析克服了以往选择单一方程建立林分因子模型的缺陷,为准确描述 2 种藤林生长规律提供了理论依据。

Korf、Richards、Gompertz 和 Logistic 生长方程在拟合单叶省藤和黄藤人工林生长模型时相关指数均在 0.92 以上,拟合效果均优于 Mitscherlich 方程,说明有拐点的生长方程较无拐点的生长方程之模拟精度要高,这与张建国等^[9]和段爱国等^[11]应用理论生长方程模拟杉木人工林分直径结构时的研究结果相似,也从侧面证实了生长方程的拐点是生长方程的重要特征并对拟合的精度产生重要的影响^[21]。除 Mitscherlich 方程外, Korf 生长方程的相对生长率表现为变量的幂函数,而 Richards、Gompertz 和 Logistic 等 3 个生长方程的相对生长率均表现为变量的指数函数^[22];从表 1、2 的拟合结果可看出,相对生长率表现为变量的幂函数的方程其精度总体上要高于相对生长率表现为变量的指数函数的方程,说明了 2 个藤种的生长率与时间的关系用幂函数来描述效果优于指数函数^[23]。近年来,一些学者发现相对生长率为年龄的幂函数的生长方程更适合于描述树木生长程,如李凤日^[15]在建立兴安落叶松优势高生长曲线时,发现 Korf 方程均优于其他 4 种理论方程;Zeide^[22]利用不同地区的树干解析材料分析了生长方程拟合平均直径生长的精度,结果表明, Korf 方程在描述直径生长时比其它生长方程的精度高很多,其估计标准误差比 Richards、Gompertz、Logistic 分别低 2.1、3.4、4.8 倍;Liao et al^[24]利用 Gompertz、Logistic、Mitscherlich 和 Korf 方程描述西黄松林木个体胸高断面面积生长,结果发现 Korf 方程具有最

高的拟合精度,能很好地描述西黄松胸高断面面积生长过程。本文的研究结果也表明了 Korf 方程比较适合于描述树木或林分的生长过程^[16]。

方程拟合精度的高低取决于方程表达形式和林分数据的差异;对于相同的方程而言,不同的林分数据拟合所得到的精度不尽相同;反之,对于同一组林分数据,不同的方程拟合的精度亦会存在一定的差异^[9]。文中的数据仅局限于单叶省藤和黄藤人工林在同一密度和同一立地条件下的定位观测和采收的数据,这可导致其研究结果的适用范围受到一定限制。由于棕榈藤林分生长过程可受到立地、密度和上层林分郁闭度等因素的影响^[25],再加上目前还无法利用藤条采收材料进行类似于其它树木的树干解析,而有效的方式只能利用固定标准地的观测资料和采收数据,因此,理论生长方程的拟合效果和适合性有待于今后收集更多数据进行深入研究。

致谢:徐大平研究员和黄世能研究员审阅了全文并提出宝贵意见,张伟良和黄雪群等同志参加了野外调查,中国林业科学研究院热带林业实验中心在野外调查中给予了大力协助,特此一并致谢!

参考文献:

- [1] 唐守正. 广西大青山马尾松全林整体生长模型及其应用[J]. 林业科学研究, 1991, 4(增刊): 8-13.
- [2] Valkonen S, Valsta L. Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in southern Finland simulated with empirical models[J]. Forest Ecology and Management, 2001, 140: 133-149.
- [3] Gustavsen G H, Heinonen R, Paavilainen E, et al. Growth and yield models for forest stands on drained peatland sites in southern Finland[J]. Forest Ecology and Management, 1998, 107: 1-17.
- [4] Bermejo I, Cañellas I, Miguel S A. Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica[J]. Forest Ecology and Management, 2004, 189: 97-110.
- [5] 林如青, 郑少玲. 人工林生长与收获预测模型应用探讨[J]. 林业资源管理, 2001(2): 48-50.
- [6] 胡晓龙. 长白落叶松林分断面面积生长模型的研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(4): 449-452.
- [7] 秦建华, Titus S J, Huang S. 林分生长与产量模型系统的研究综述[J]. 林业科学, 2002, 38(1): 122-129.
- [8] Yaussy A D. Comparison of an empirical forest growth and yield simulator and a forest gap simulator using actual 30-year growth from two even-aged forests in Kentucky[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 126: 385-398.
- [9] 张建国, 段爱国. 理论生长方程对杉木人工林林分直径结构的模拟研究[J]. 林业科学, 2003, 39(6): 55-61.
- [10] Li F, Zhao B, Su G. A derivation of the generalized Korf growth equation and its application[J]. Journal of Forestry Research, 2000, 11(2): 81-88.
- [11] 段爱国, 张建国, 童书振. 6种生长方程在杉木人工林林分直径结构上的应用[J]. 林业科学研究, 2003, 16(4): 423-429.
- [12] 李宝银. 天然阔叶林标准收获表的研究[J]. 福建林学院学报, 2005, 25(4): 323-326.
- [13] 李春明, 杜纪山, 张会儒. 抚育间伐对森林生长的影响及其模型研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(5): 636-641.
- [14] Hamilton D A. A logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands of northern Idaho[J]. For Sci, 1986, 32(4): 989-1000.
- [15] 李凤日. 兴安落叶松天然林直径分布及产量预测模型的研究[J]. 东北林业大学学报, 1987, 15(4): 7-15.
- [16] 吴承祯, 洪伟. 杉木人工林直径结构模型的研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(2): 110-113.
- [17] 江希钿, 杨锦昌, 刘玉明. 马尾松造纸原料林生长收获预估模型的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(1): 1-5.
- [18] Lee Y F. Some models for estimating rattan growth and yield[J]. Journal of Tropical Forest Sciences, 1994(6): 346-355.
- [19] Lee Y F. Genetic and ecological studies relevant to the conservation and management of some Bornean *Calamus* species[D]. Aberdeen: University of Aberdeen, 1995, 261.
- [20] 杨锦昌, 尹光天, 曾炳山, 等. 单叶省藤组培苗与实生苗的造林效果分析[J]. 福建林学院学报, 2005, 25(4): 352-355.
- [21] 盛炜彤. 杉木建筑材优化栽培模式研究总报告杉木建筑材优化栽培模式研究专题[J]. 世界林业研究, 1996, 9(专集): 32-53.
- [22] Zeide B. Analysis of growth equations[J]. For Sci, 1993, 39(3): 594-616.
- [23] Zeide B. Accuracy of equations describing diameter growth[J]. Can J For Res, 1989, 19: 1283-1286.
- [24] Liao C, Podrazsky V. Growth analysis of individual tree basal area of western yellow pine introduced in Kostelec region[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2001, 16(4): 1-5.
- [25] 杨锦昌, 尹光天, 许煌灿, 等. 黄藤人工林密度效应[J]. 林业科学, 2006, 42(4): 57-61.

(责任编辑: 江英)

**Effects of tree canopy adjustments on
the early growth performance of
*Daemonorops margaritae***

**Zhao Xia, Huang Shineng, Xian Guangyong
(Research Institute of Tropical Forestry ,CAF)**

The Global Rattan Workshop

8-11 Jan., 2008, Haikou, Hainan, China

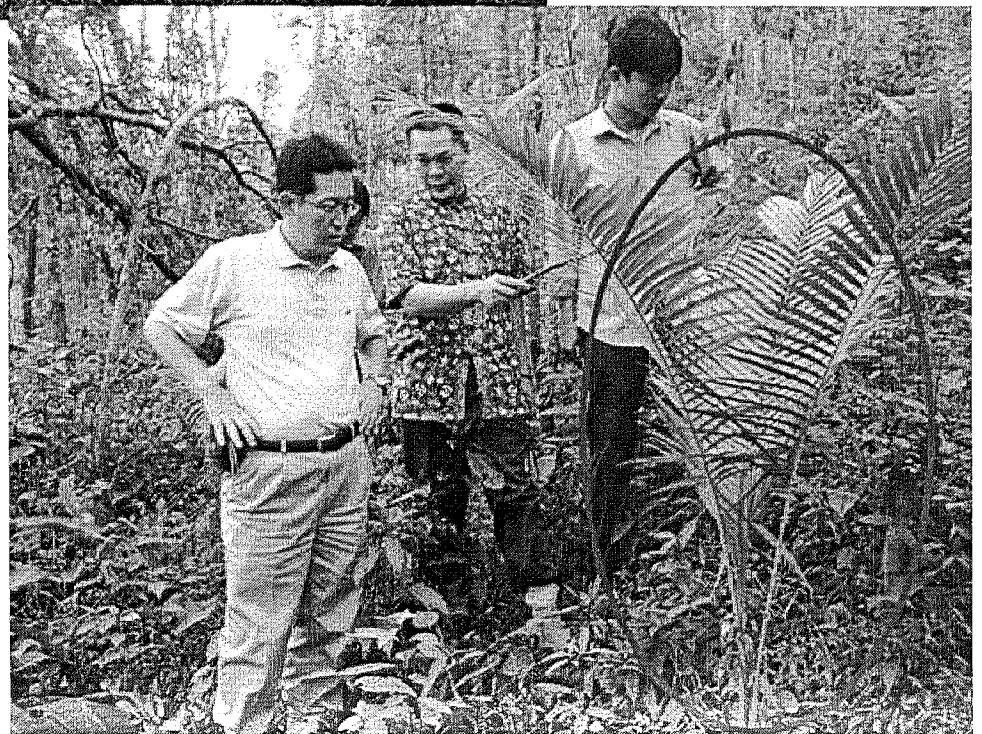
Introduction

- *Daemonorops margaritae* is an indigenous rattan species of China naturally distributed in Hainan, Guangdong and Guangxi provinces.
- **Characteristics:** rapid growth, strong budding capacity, and excellent process capability.



Introduction

- **The trial site is located in the Nanmeiling Forest Production Base of Baisha county, Hainan Province.**
- **Plantations were established by Forestry Bureau of Baisha County under the secondary forestry in 2001 and 2002.**
- **The planting space is 3.0m × 4.0m.**



Methods

- **A randomized block design with 4 replicates were used in the experiment. 50%, 35%, 20% of coverage of tree canopy plus the original tree canopy (control) were selected. The canopy thinning was carried out in 2003.**
- **Data of 20 seedlings per plot on height, number of leaves and stem length were recorded twice a year.**
- **The data was analyzed with Microsoft Excel and SAS software.**

Results

Table 1 ANOVA for rattan height, number of leaves and stem length under different crown densities (plantation established in 2001)

Items	4 yrs after planting	5 yrs after planting
Height	0.0053 ***	0.0628 *
Number of leaves	0.0014 ***	0.2935
Stem length	0.3494	0.1683

*** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Results

Table 2 ANOVA for rattan height, number of leaves and stem length under different crown densities (plantation established in 2002)

Items	3 yrs after planting	4 yrs after planting
Height	0.0008 ***	0.0083 ***
Number of leaves	0.0013 ***	0.0002 ***
Stem length	0.0134 **	0.0398 **

*** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Table 3 T tests for rattan height, number of leaves and stem length under different crown density (4 yrs after planting in 2002)

Items	Mean	T Grouping	Treatments
Height (cm)	250.35	A	50%
	205.23	AB	35%
	177.38	B	Control
	148.58	B	20%
Number of leaves	6.45	A	50%
	5.9	AB	35%
	5.23	B	Control
	4.69	B	20%
Stem length (cm)	46.65	A	50%
	38.9	AB	35%
	27.48	B	Control
	25.14	B	20%

Conclusions

- During the early 4 years after planting, forest crown density affected the growth of *Daemonorops margaritae* significantly.
- Forest crown density of 50% is the best for the early growth of *Daemonorops margaritae* .

Acknowledgements

- This work was funded by the International Tropical Timber Organization (ITTO PD 100/01 Rev.3 (I)) and managed by the International Centre for Bamboo and Rattan (ICBR).
- Thanks are due to the Forestry Bureau of Baisha County for their kind help in field survey.
- Thanks are also due to the International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) for inviting us to participate at this workshop.

THANKS FOR ALL OF YOU!



