

# 三种棕榈植物的热值及灰分含量比较研究

阮志平<sup>1,2</sup>, 李元跃<sup>3</sup>, 杨志伟<sup>1</sup>, 向平<sup>1</sup>, 于俊义<sup>1</sup>, 林鹏<sup>1</sup>

(1. 厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门市园林植物园 福建

厦门 361003; 3. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021)

**摘要:** 通过测定厦门的三种棕榈植物布迪椰子、油棕和沼地棕的不同组分的热值和灰分含量。结果表明, 布迪椰子各组分干重热值和去灰分热值由大到小的顺序为成熟叶>细根>幼叶>粗根>根茎>叶柄; 油棕的为成熟叶>粗根>细根>幼叶>叶柄>根茎; 沼地棕的为成熟叶>粗根>细根>幼叶>叶柄。布迪椰子的灰分含量高低顺序为细根>粗根>根茎>幼叶>叶柄>成熟叶, 油棕的为成熟叶>幼叶>细根>粗根>叶柄>根茎; 沼地棕的为幼叶>成熟叶>细根>粗根>叶柄。布迪椰子和沼地棕成熟叶的热值显著高于油棕, 并且布迪椰子的成熟叶热值略低于沼地棕, 但布迪椰子幼叶的热值显著高于沼地棕和油棕, 布迪椰子的叶柄的热值显著低于沼地棕和油棕, 说明耐寒性强的布迪椰子热值和灰分比耐寒性弱的油棕的分配策略更加合理, 有利于提高其对低温的适应性, 对植物引种具有重要的指导意义。

**关键词:** 棕榈植物; 热值; 灰分

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2007)06-0929-03

## Comparison of caloric values and ash contents in three palm species

RUAN Zhi-Ping<sup>1,2</sup>, LI Yuan-Yue<sup>3</sup>, YANG Zhi-Wei<sup>1</sup>,  
XIANG Ping<sup>1</sup>, YU Jun-Yi<sup>1</sup>, LIN Peng<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005; 2. Xiamen Botanical Garden, Xiamen

361003; 3. College of Fisheries, Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** An experiment was conducted to evaluate the caloric value and ash contents in various components of three palm species (*Butia capitata*, *Elaeis guineensis*, *Acoelorrhaphes wrightii*) from the nursery in the Xiamen Botanical Garden. The results showed that the gross caloric values (GCV) of *Butia capitata* in various components can be ranked in the decreasing order as follows: mature leaves>lower roots>young leaves>upper roots>rhizome>petioles; for *Acoelorrhaphes wrightii*, the order was: mature leaves>upper roots>lower roots>young leaves>petioles; for *E. guineensis*, the order was: mature leaves>upper roots>lower roots>young leaves>petioles>rhizomes. The ash free caloric values (AF-CV) in different components also varied widely, and could be ranked almost in the same order as those of GCV. *B. capitata* ash contents in various components could be ranked in a decreasing order as follows: lower roots>upper roots>rhizomes>young leaves>petioles>mature leaves; for *A. wrightii*, the order was: young leaves>mature leaves>lower roots>upper roots>petioles; for *E. guineensis*, the order was: mature leaves>young leaves>lower roots>upper roots>petioles>rhizomes. The results indicated that the cold resistant *B. capitata* has a more reasonable distribution of caloric values and ash contents, this character may help to improve its adaptation to the low temperature.

**Key words:** palm; caloric value; ash contents

植物热值是植物产品能量水平的一种度量, 反映植物对太阳辐射能的利用状况。研究植物热值的重

要意义在于它能反映组织各种生理活动的变化和植物生长状况的差异(孙国夫等, 1993)。各种环境因子

\* 收稿日期: 2006-11-10 修回日期: 2007-01-26

基金项目: 教育部博士教育基金 Supported by the Doctor Education Fund of Education Ministry

作者简介: 阮志平(1969-), 男, 福建莆田人, 博士研究生, 农艺师, 主要从事植物生理生态学和植物保护学工作。

对植物生长的影响,可从热值变化上反映出来,所以,热值可作为植物生长状况的一个有效指标。棕榈科(Palmae)是单子叶植物纲中少有的具乔木性状、宽阔的大型叶和发达的维管系统的一个科,主要分布于热带地区(马炜梁,1998),在园林绿化中的应用越来越广泛(陈榕生等,1998;吴桂昌,1998;唐金明等,1994;陈恒彬等,1995)。棕榈科植物种类繁多,习性多样,是我国南方城市绿化的主要树种之一。但寒害是棕榈植物最重要的自然灾害,在1991~1992年,1992~1993年以及1999~2000年等几个严寒冬春,厦门等地区因强寒流入侵,导致许多棕榈科植物受到较严重的伤害,轻的叶受伤害,重则整株死亡,造成较大经济损失(何洁英,1998;陈榕生,2000)。调查还发现所有油棕的植株被冻死,沼地棕局部叶片被冻死,但布迪椰子受寒害很轻。据欧永森报道,布迪椰子能耐22℃的低温。到目前为止,仅有少量关于棕榈植物的低温生理生化方面的研究(廖启料等,2002;丁印龙等,2002;杨盛昌等,2002,2003;谢潮添等,2003),关于棕榈植物叶片热值的研究也较少(林益明等,2003a,b;谭忠奇等,2004),但关于不同耐寒性棕榈植物不同组分的能量生态学方面研究尚属空白。因此,本文通过测定三种耐寒性不同的棕榈植物不同组分的热值和灰分含量,从能量角度探讨棕榈植物耐寒的生态适应性,揭示它们耐寒性的能量生态学策略,这不仅具有重要的理论意义,还能为棕榈植物的引种栽培和发展提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和样地概况

实验植物为厦门市园林植物园棕榈植物引种区所培育的布迪椰子(*Butia capitata*)、油棕(*Elaeis guineensis*)和沼地棕(*Acoelorrhaphes wrightii*)三种5龄棕榈盆栽苗,采用常规管理,定期浇水,保持土壤湿润,每月每株施用复合肥10g,土壤肥力中等,实验的盆栽苗随机摆放。2006年1月份随机采集三种棕榈植物的幼叶、成熟叶、叶柄、粗根和细根的样品,同时测定1月份的平均气温为10.1℃。

### 1.2 测定方法

所有样品采集后经105℃杀青30min,再经80℃烘干,磨粉处理后过筛贮存备用;同时另取小样经105℃烘干至恒重。而后采用美国产的Parr1266型的微电脑氧弹式量热仪测定样品的热值,测定环境温度为20±1℃,每次实验前用苯甲酸标定,样品

热值以干重热值(GCV)和去灰分热值(AFCV)来表示,每种样品3次重复,重复间误差控制在±0.2kJ·g<sup>-1</sup>,求重复3次的平均值。灰分含量的测定用干灰化法,即样品在马福炉550℃下灰化5h后测定其灰分含量。去灰分热值按以下公式计算:去灰分热值=干重热值/(1-灰分含量)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同组分的干重热值比较

分别测定厦门同一生境下的布迪椰子、油棕和沼地棕3种棕榈植物的根、叶柄、叶等不同组分干重热值。从表1看出,同种植物干重热值为叶柄最低,根的居中,成熟叶的最高。不同种棕榈植物成熟叶的干重热值大小顺序为沼地棕>布迪椰子>油棕,幼叶的干重热值为布迪椰子>沼地棕=油棕,细根的干重热值为布迪椰子>沼地棕>油棕,粗根的干重热值为沼地棕>布迪椰子>油棕,叶柄的干重热值为沼地棕>油棕>布迪椰子,布迪椰子的叶柄干重热值显著低于沼地棕和油棕( $P<0.05$ )。布迪椰子各组分热值由大到小的顺序为成熟叶>细根>幼叶>粗根>根茎>叶柄,沼地棕各组分热值由大到小的顺序为成熟叶>粗根>细根>幼叶>叶柄,油棕各组分热值由大到小的顺序为成熟叶>粗根>细根>幼叶>叶柄>根茎,其中同种植物幼叶都比成熟叶热值小(表1)。

### 2.2 不同组分的去灰分热值比较

各组分的去灰分热值如表1,去灰分热值中成熟叶最高,根的居中,叶柄的最低。成熟叶的去灰分热值大小顺序为沼地棕>布迪椰子>油棕,幼叶的为布迪椰子>沼地棕=油棕,细根的为布迪椰子>沼地棕>油棕,粗根的为布迪椰子>沼地棕>油棕,叶柄的为布迪椰子<沼地棕<油棕,而且布迪椰子的叶柄去灰分热值最低仅为18.58kJ/g。

从表1中的去灰分热值还可看出,布迪椰子的幼叶和细根的去灰分热值也显著高于沼地棕和油棕( $P<0.05$ ),布迪椰子各组分热值由大到小的顺序为成熟叶>细根>幼叶>粗根>根茎>叶柄,与干重热值的大小排列顺序一致,油棕的为成熟叶>粗根>细根>幼叶>根茎>叶柄,沼地棕的为成熟叶>细根>粗根>幼叶>叶柄。所以,去灰分热值的大小顺序基本为成熟叶>根>幼叶>叶柄。

### 2.3 不同组分的灰分含量的比较

不同组分的灰分含量变化见表1,布迪椰子各

组分中细根的灰分含量最高为 6.35%, 成熟叶最低为 3.93%, 各组分灰分含量由大到小的顺序为细根 > 粗根 > 根茎 > 幼叶 > 叶柄 > 成熟叶; 油棕叶各组分中的灰分最高为成熟叶 9.11%, 根茎最低为 2.78%, 各组分灰分由大到小的顺序为成熟叶 > 幼叶 > 细根 > 粗根 > 叶柄 > 根茎; 沼地棕各组分中的灰分最高为幼叶 7.50%, 叶柄最低为 3.33%, 各组分灰分由大到小的顺序为幼叶 > 成熟叶 > 细根 > 粗根 > 叶柄; 成熟叶的灰分含量高低顺序为油棕 > 沼地棕 > 布迪椰子。

表 1 厦门三种不同棕榈植物不同组分的热值和灰分含量  
Table 1 Caloric values and ash contents of three palm species in Xiamen

种 Species	测定 组分 Components	干重热值 Gross caloric values (kJ/g)	去灰分热值 Ash free caloric values (kJ/g)	灰分(%) Ash contents
布迪椰子 <i>Butia capitata</i>	幼叶	19.31±0.01	20.44±0.06	5.39±0.33
	成熟叶	19.93±0.07	20.65±0.32	3.93±1.13
	叶柄	17.77±0.17	18.59±0.44	4.38±1.33
	根茎	18.43±0.20	19.56±0.14	5.78±0.28
	粗根	18.99±0.18	20.26±0.04	6.25±0.21
油棕 <i>Elaeis guineensis</i>	幼叶	18.26±0.19	19.74±0.06	7.50±0.68
	成熟叶	18.79±0.15	20.66±0.09	9.11±0.33
	叶柄	18.05±0.14	18.88±0.15	4.38±1.42
	根茎	17.70±0.21	18.20±0.08	2.78±0.30
	粗根	18.78±0.18	19.84±0.16	5.32±0.64
沼地棕 <i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	幼叶	18.55±0.23	19.87±0.21	6.61±0.52
	成熟叶	18.26±0.14	19.74±0.28	7.50±0.59
	叶柄	20.00±0.08	21.14±0.04	5.37±0.22
	粗根	18.05±0.01	18.68±0.25	3.33±1.00
	细根	19.09±0.06	20.07±0.45	4.10±0.56
	细根	19.09±0.19	20.13±0.32	5.20±0.39

### 3 讨论

通过不同组分干重热值的比较可以发现, 三种棕榈植物都是成熟叶的热值最高, 根的热值居中, 叶柄的热值最低, 这可能是由于叶是植物体生理活动最活跃的器官, 含有较多的高能化合物如蛋白质和脂肪等物质, 叶柄是植物体的支持和输导器官, 组成以纤维素和木质素为主, 纤维素和木质素的热值相对比蛋白质和脂肪低; 根的热值较高, 可能是因为叶的光合作用产生有机物并不断运输到根部, 从而使根部积累了较多的脂肪、蛋白质和可溶性糖类的缘故, 所以, 叶和根的干重热值高于叶柄。

布迪椰子和沼地棕的成熟叶的热值显著高于油

棕, 并且布迪椰子的成熟叶热值略低于沼地棕成熟叶的热值, 但布迪椰子的幼叶热值显著高于沼地棕和油棕, 其叶柄的热值显著低于沼地棕和油棕。本研究可推测, 叶的高热值蕴藏着重要的耐寒性资源, 叶片的干重热值高低与植物的耐寒性有一定的关系, 抗寒的种类比喜热的种类叶片干重热值相对较高(林益明等, 2001; 林鹏等, 1991), 同时, 耐寒的种类在不同组分的热值差异明显, 特别是耐寒棕榈植物的幼嫩组分的热值显著高于不耐寒棕榈植物。灰分是植物体矿质元素氧化后的总和, 不同植物以及植物的不同组分或器官含量不同, 灰分含量的高低可以反映植物对矿物质选择吸收与积累的特点(林益明等, 2001), 耐寒性强的布迪椰子叶片的灰分含量最低, 而不耐寒的油棕叶片灰分含量最高, 说明耐寒种类的热值和灰分的分配策略更加合理, 有利于提高对低温的适应性, 在引种中具有重要指导意义。

### 参考文献:

- 马炜梁. 1998. 高等植物及其多样性 [M]. 北京: 高等教育出版社: 127
- 何洁英. 华南的短期绝对低温是引种热带棕榈成败的关键 [J]. 广东园林, 1998, (1): 33
- 陈榕生, 谭忠奇, 廖启焯等. 1998. 试谈把厦门建成“椰风海韵”的热带海滨城市的构想 [J]. 广东园林, (1): 11-12
- 陈榕生. 2000. 厦门市园林植物园建园四十周年纪念文集 [M]. 厦门大学出版社: 167-174
- 吴桂昌. 1998. 广东观赏棕榈栽培概况与思考 [J]. 广东园林 (1): 10-16
- Sun GF(孙国夫), Wang ZQ(王兆骞), Zheng ZM(郑志明). 1993. Dynamics of calorific values of rice(水稻热值的动态变化研究) [J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 12(1): 1-4
- Tang JM(唐金明), Lin LZ(林立增), Liu ZZ(刘志忠). 1994. Seven varieties of palms planted in Fuzhou city Fujian Province (福州园林中应用的 7 种棕榈科植物) [J]. *J Fujian Coll Fore* (福建林学院学报), 14(3): 257-261
- Chen HB(陈恒彬), Zhou XY(周新月). 1995. The use of common palms in landscape gardening (常见棕榈科植物在园林绿化中的应用) [J]. *Subtrop Plant Res Commun*(亚热带植物通讯), 24(2): 46-50
- Liao QL(廖启焯), Ding YL(丁印龙), Yang SC(杨盛昌), et al. 2002. Change of membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzyme in leaves of *Phoenix canariensis* seedling under low temperature stress(低温胁迫下加拿利海枣膜脂过氧化及保护酶活性的变化) [J]. *J Xiamen Univ(Nat Sci)*, 41(5): 570-573
- Ding YL(丁印龙), Liao QL(廖启焯), Yang SC(杨盛昌), et al. 2002. Changes of the level of  $Ca^{2+}$  in leaf cells of *Pritchardia gaudichaudii* under low temperature stress(低温胁迫下夏威夷椰子幼苗叶肉细胞  $Ca^{2+}$  水平及细胞超微结构的研究) [J]. *J*

(下转第 917 页 Continue on page 917)

1998),但迄今为止,并没有棕榈科某种植物成为有害入侵种的报道,而且多数在人工育苗方面都存在一些困难(李士荣,1999)。种子千粒重大,单株结实数量少;种子不耐脱水,易丧失活力;而且种子本身营养含量高,易遭虫害。这些应是限制成种群快速增长的重要原因。

## 参考文献:

比尤利 JD, 布莱克 M. 1989. 种子萌发的生理生化[M]. 南京:东南大学出版社:48-152  
 卡恩 A A. 1989. 种子休眠和萌发的生理生化[M]. 北京:农业出版社:33-80  
 林有润. 2003. 观赏棕榈[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社:134-135  
 Chin HF, Krishnapillay B, Hor YL. 1989. A note on the cryopreservation of embryos from young coconuts (*Cocos nucifera*) [J]. *Pertanika* 12(2): 183-186  
 Ellis RH, Hong TD, Roberts E H. 1990. An intermediate category of seed storage behavior Coffee [J]. *J Exp Bot*, 41: 1 167-1 174  
 Hong TD, Ellis RH. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour [C] // Engels J M, Toll J (eds). *Igpi Technical Bulletin* No 1. International Plant Genetics Resource Institute, Rome, Italy, 1-51  
 Huang YG (黄耀阁), Li XG (李向高), Cui SY (崔树玉), et al. 1998. Studies on germination inhibitors in ether fraction extracted from American Ginseng pulp (西洋参果肉乙醚相中发芽抑

制物质的研究) [J]. *Acta Agron Sin* (作物学报), 24(1): 92-98  
 Jones DL. 1995. *Palms Throughout the World* [M]. Washington: Smithsonian Institution Press: 410-412  
 Koornneeff M, Bentsink L, Hilhorst H. 2002. Seed dormancy and germination [J]. *Curr Opin Plant Bio*, 5: 33-36  
 Lei NF (雷泞菲), Su ZX (苏智先), Chen JS (陈劲松), et al. 2003. Germination inhibitors in fruit of rare and endangered *Davidia involucrata* (珍稀濒危植物珙桐果实中的萌发抑制物质) [J]. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 9(6): 607-610  
 Li SR (李士荣). 1999. Main characteristics and seed propagation of Palmae (棕榈科植物的主要特性与播种繁殖) [J]. *Chinese Landscape Architecture* (中国园林), 15(65): 65-67  
 Martins CC, Bovi MLA, Nakagawa J. 2003. Desiccation effects on germination and vigor of King palm seeds [J]. *Hort Brasileira*, 21(1): 88-92  
 Tang AJ (唐安军), Long CL (龙春林), Dao ZL (刁志灵), et al. 2005. Studies on germination characteristics and storage of *Trachycarpus fortunei* seeds (棕榈种子萌发特性及其贮藏行为的研究) [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 27(6): 657-662  
 Wu GC (吴桂昌). 1998. Catalogue of introduced Arecaceae species in Guangdong, Fujian, Hainan and Yunnan Province (粤闽琼云四省棕榈科植物引种名录) [J]. *Guangdong Landscape Architecture* (广东园林), 1: 40-47  
 Yang QH (杨期和), Liao FL (廖富林), Wen XH (温献环), et al. 2005. Study on dormancy and germination of *Areca triandra* seeds (三药槟榔种子休眠与萌发的研究) [J]. *Guihaia* (广西植物), 25(6): 549-554

(上接第 931 页 Continue from page 931)

*Xiamen Univ (Nat Sci)* (厦门大学学报(自然科学版)), 41(5): 679-682  
 Yang SC (杨盛昌), Xie CT (谢潮添), Zhang P (张平), et al. 2002. Effects of cold hardening membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzymes in leaves of *Pritchardia gaudichaudii* seedling under low temperature stress (冷锻炼对低温胁迫下夏威夷椰子膜脂过氧化及保护酶活性的影响) [J]. *J Plant Res Environ* (资源与环境学报), 11(4): 25-28  
 Yang SC (杨盛昌), Xie CT (谢潮添), Zhang P (张平), et al. 2003. Changes in membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzyme in leaves of *Butia capitata* Becc. seedling under low temperature stress (低温胁迫下弓葵幼苗膜脂过氧化及保护酶活性的变化) [J]. *Acta Hort Sin* (园艺学报), 30(1): 104-106  
 Xie CT (谢潮添), Yang SC (杨盛昌), Liao QL (廖启料), et al. 2003. The changes in  $Ca^{2+}$  level and ultrastructure in the leaf cells of *Garyta urens* under low temperature stress (低温胁迫下董棕幼苗叶肉细胞内  $Ca^{2+}$  水平及细胞超微结构的变化) [J]. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 20(2): 212-217  
 Lin YM (林益明), Wang ZC (王湛昌), Ke LN (柯莉娜), et al. 2003. Monthly changes in the caloric values of the leaves of four shrubby and four tree-dwelling palmae species (四种灌木状与

四种乔木状棕榈热值的月变化) [J]. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 23(6): 1 117-1 124  
 Lin YM (林益明), Lin P (林鹏), Tan ZQ (谭忠奇), et al. 2003. Monthly changes in the caloric values of the leaves of five *Phoenix* species (棕榈科刺葵属 5 种植物热值的月变化研究) [J]. *Sci Silv Sin* (林业科学), 39(Sup): 52-57  
 Tan ZQ (谭忠奇), Lin YM (林益明), Ding YL (丁印龙). 2004. Monthly changes in caloric values of five shrubby palmae species leaves (五种丛生棕榈植物叶片热值的月变化研究) [J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(7): 1 135-1 138  
 Lin YM (林益明), Li ZB (黎中宝), Chen YY (陈奕源), et al. 2001. Caloric values in leaves of some bamboo species in the bamboo garden of Hua'an County (福建华安竹园一些竹类植物叶的热值研究) [J]. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 18(3): 356-362  
 Wahi P. 1980. Pattern of energy accumulation in *Andrugraphis paniculata* as influenced by various levels of light intensity India [J]. *J Ecol*, 7(1): 105-113  
 Lin P (林鹏), Lin GH (林光辉). 1991. Study on the caloric value and ash content of some mangrove species in China (几种红树植物的热值和灰分含量的研究) [J]. *Acta Phytocol et Geobot Sin* (植物生态学与地植物学学报), 15(2): 114-120