

布迪椰子不同器官热值的季节变化研究

阮志平^{1,2*}, 杨志伟¹, 李元跃³, 向平¹, 于俊义¹, 李明¹, 林鹏¹

(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: 对布迪椰子的幼叶、成熟叶、叶柄和根在不同季节的干重热值、去灰分热值和灰分含量进行了研究, 结果表明: 干重热值四个季节的平均值为成熟叶(20.65 kJ g⁻¹) > 幼叶(19.84 kJ g⁻¹) > 根(19.55 kJ g⁻¹) > 叶柄(18.77 kJ g⁻¹), 秋季的干重热值明显高于其它三个季节的干重热值, 冬季的干重热值最低, 去灰分热值与干重热值的变化趋势基本相同。灰分含量四个季节的平均值为根(5.14%) > 叶柄(4.33%) > 幼叶(4.21%) > 成熟叶(3.97%)。成熟叶的灰分含量一直维持在比较低的水平, 而幼叶的在秋季明显下降, 在冬季明显上升, 幼叶灰分含量的季节变化趋势与成熟叶的相同, 叶柄灰分含量在冬季明显低于根部。布迪椰子这种不同器官在不同季节的热值和灰分的变化规律显示其具有较强的耐寒适应性。

关键词: 布迪椰子; 叶; 根; 叶柄; 热值; 灰分; 耐寒性

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2007)05-0399-04

Seasonal Changes of Caloric Values in Different Organs of *Butia capitata*

RUAN Zhi-pi^{ng1,2*}, YANG Zhi-wei¹, LI Yuan-yue³, XI ANG Pi ng¹, YU Jun-yi¹, LI Ming¹, LI N Peng¹

(1. Life College, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. Xiamen Botanical Garden, Xiamen 361003, China;

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

Abstract: Seasonal changes of caloric value and ash content of *Butia capitata* were studied. The annual average caloric value was in the following order: mature leaves (20.65 kJ g⁻¹) > young leaves (19.84 kJ g⁻¹) > roots (19.55 kJ g⁻¹) > petioles (18.77 kJ g⁻¹). The organs showed maximum gross caloric values (GCV) in autumn and minimum ones in winter. Ash free caloric values (AFCV) varied as same as gross caloric values (GCV). The annual average ash content followed the order: roots (5.14%) > petioles (4.33%) > young leaves (4.21%) > mature leaves (3.97%). The ash content was lower in mature leaves, markedly decreased in young leaves during autumn, and then increased during winter. Seasonal changes of ash content in mature leaves were same with those in young leaves. Petioles had much lower ash content than roots during winter. Changes in ash content and caloric value of *Butia capitata* in different seasons were good energy use strategy for species with high cold resistance to adapt the low temperature.

Key words: *Butia capitata*; Leaves; Roots; Petioles; Caloric value; Ash content; Cold resistance

植物热值(caloric value)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。孙国夫等对水稻(*Oryza sativa* L.)叶片热值的研究表明,研究植物热值的重要意义在于热值能反映组织

各种生理活动的变化和植物生长状况的差异^[1];各种环境因子对植物生长的影响,可以从热值的变化得以反映,因而,热值可作为指示植物生长状况的有效指标。

收稿日期: 2007-01-18 接受日期: 2007-04-16

基金项目: 国家自然科学基金博士点基金项目资助

* 通讯作者 Corresponding author

棕榈科(Palmæ)是单子叶植物纲中少有的具有乔木性状、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^[2],是热带景观的象征,在园林上的应用越来越广泛^[3-6]。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,轻则叶受伤害,重则整株死亡,造成较大经济损失^[7-8]。棕榈植物的低温生理生化方面的研究已有较多的积累^[9-13],但关于棕榈植物叶片热值的研究少有报道^[14-16],未见关于棕榈植物的不同器官的热值报道。因此,本文通过测定布迪椰子(*Butia capitata*)不同器官热值和灰分的季节变化规律,从能量角度揭示其耐寒适应性强的能量生态学策略和原理,具有重要的理论意义,同时能为棕榈植物的引种栽培和发展提供依据。

1 材料和方法

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*)四龄盆栽苗。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 10 g,土壤肥力中等,实验的盆栽苗随机摆放。

于 2005 年 7 月中旬(夏),2005 年 10 月中旬(秋),2006 年 1 月中旬(冬)和 2006 年 4 月中旬(春)从棕榈植物引种区采样,所有样品采集后经 105℃ 杀青 30 min,80℃ 烘干,磨粉处理后过筛贮存备用,同时另取小样 105℃ 烘干至恒重。采用美国产的 Parr1266 型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 ±0.2 kJg⁻¹,求出 3 次重复的平均值。

灰分含量的测定用干灰化法,即样品在马福炉 550℃ 下灰化 5 h 后测定其灰分含量。计算样品的去灰分热值的方法为: AFCV = GCV / (1 - 灰分含量),由于去灰分热值能比较准确反映单位有机物中所含的热量,可以排除灰分含量的干扰,本文对两种热值的测定结果进行比较。

用 SPSS11.5 的统计软件进行数据分析。

2 结果和分析

2.1 干重热值的季节变化

表 1 为布迪椰子幼叶、成熟叶、叶柄和根的干重热值变化。从表中可看出,四个季节干重热值均是成熟叶 > 幼叶 > 根 > 叶柄。同一器官秋季干重热值最高,冬季最低,并且秋季的干重热值显著高于其它三个季节,经 t 检验,达显著水平(P < 0.05)。可见,同一植物各器官的干重热值具有一定差异,同一器官不同季节的干重热值也有差异,幼叶和成熟叶的干重热值较高,根和叶柄的干重热值较低。

表 1 布迪椰子不同器官干重热值的季节变化
Table 1 Seasonal changes of gross caloric values in different organs of *Butia capitata*

	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
幼叶 Young leaf	19.74±0.09	19.53±0.16	20.80±0.11	19.31±0.01
成熟叶 Mature leaf	20.34±0.05	20.26±0.07	22.07±0.07	19.93±0.07
叶柄 Petiole	18.93±0.07	18.86±0.10	19.59±0.04	17.77±0.17
根 Root	19.48±0.08	19.26±0.11	20.38±0.10	18.99±0.18

2.2 去灰分热值的季节变化

表 2 为布迪椰子幼叶、成熟叶、叶柄和根的去灰分热值变化,四个季节中各器官的去灰分热值基本上是成熟叶 > 幼叶 > 根 > 叶柄,但在秋季根的去灰分热值略大于幼叶,主要是由于灰分含量引起的。从去灰分热值的季节变化来看,每个器官都是秋季去灰分热值最高,冬季最低,春季和夏季维持在比较低的水平,并且成熟叶在秋季的去灰分热值显著高于其它三个季节,经 t 检验,达显著水平

表 2 布迪椰子不同组分去灰分热值的季节变化
Table 2 Seasonal changes of ash free caloric values in different organs of *Butia capitata*

	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
幼叶 Young leaf	20.62±0.08	20.49±0.18	21.39±0.14	20.44±0.02
成熟叶 Mature leaf	21.18±0.10	20.95±0.01	23.10±0.13	20.65±0.32
叶柄 Petiole	19.84±0.11	19.51±0.16	20.64±0.29	18.59±0.44
根 Root	20.47±0.19	20.06±0.60	21.49±0.29	20.14±0.04

($P < 0.05$)。冬季成熟叶和叶柄的去灰分热值急剧下降,但各器官的去灰分热值与干重热值具有相同的变化趋势。

2.3 灰分含量的季节变化

布迪椰子各器官灰分含量见表3,四个季节灰分含量的平均值分别为根(5.14%)>叶柄(4.33%)>幼叶(4.21%)>成熟叶(3.97%)。根的灰分含量在夏季至秋季、冬季持续上升,在冬季达到最高值,春季又下降;成熟叶的灰分含量一直维持在比较低的水平,并且幼叶在秋季明显降低,在冬季明显升高,幼叶和成熟叶的灰分含量的季节变化趋势相同;叶柄灰分含量与根部一致,但冬季明显低于根部。

表3 布迪椰子不同器官灰分的季节变化
Table 3 Seasonal changes of ash content in different organs of *Butia capitata*

	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
幼叶 Young leaf	4.27±0.11	4.70±1.57	2.48±0.78	5.39±0.33
成熟叶 Mature leaf	3.41±0.42	3.56±0.38	2.66±0.24	3.93±1.13
叶柄 Petiole	4.51±0.87	3.35±0.52	5.07±1.50	4.38±1.33
根 Root	4.86±0.95	4.27±0.78	5.18±1.32	6.25±0.21

3 讨论

干重热值季节变化的主要原因是由于植物各器官的功能不同,叶片含有较高的有机物,特别是高能量的物质如蛋白质和脂肪等含量较高,而叶柄主要功能是支持和输导作用,主要含纤维素等物质,其热量比蛋白质和脂肪低,而且其细胞的结构比较致密。有研究表明植物叶片热值能够反映植物组织的生命活动、生长状况差异以及各种环境因子对植物生长的影响^[1]。布迪椰子春季、夏季干重热值的水平比较低,秋季较高,而冬季又急骤降低,这种变化与布迪椰子的生长规律有一定关系,因为热带植物在春、夏季植物生长迅速,导致植物体内的能量物质含量受到稀释而减少,到秋季植物地上部分生长速度慢,但是光合作用仍然很强,体内多糖合成多,同时分配给各组分的光合产物也多,同时由于温度逐渐降低,积累的有机物促使干重热值的提高以增强抗寒力,所以,植物体内积累较多的能量,

使得植物体内的能量含量增加到最高值。而在冬季,温度不断降低,光合作用下降,植物为抗低温而消耗体内的含能物质,导致热值降低。

热值是被测样品有机化合物组成及其含量的综合反映^[17]。布迪椰子成熟叶的干重热值为 20.65 kJg^{-1} ,高于福建厦门其他8种棕榈植物叶片平均干重热值 19.63 kJg^{-1} ^[14],这可能与该植物的抗寒性比较强有关,因为抗寒的种类比喜热的种类具有更高的热值^[17,18],是植物适应了环境的结果。成熟叶干重热值比幼叶高的主要原因可能是成熟叶的光合能力最强,光合作用积累的有机物最多,而幼叶代谢能力弱。植物叶片的干重热值的季节变化趋势会因植物的种类不同而不同,Wielgolaski^[19]认为,干重热值随季节的变化与植物的物候节律及对环境因子的变化反应有关。James和Smith及Huges^[20-21]研究发现叶片在春季热值最高,Singh等^[22]报道印度萨王纳群落中草本植物地上部分干重热值在秋季最高,尹毅和林鹏^[23]对广西山口红海榄叶片的研究结果表明干重热值在夏季最高,福山正隆^[24]等研究发现,在日本的放牧草地上,大多数的优势牧草表现出春季干重热值含量高,夏季干重热值剧烈下降,而秋季又维持在一个较高的水平。而本文中叶片热值在秋季最高,与林光辉^[25]等研究秋茄成熟鲜叶干重热值也是10月份最高一致,这可能是因为强的耐寒性植物积累了可溶性糖等物质来抵抗寒冷。

去灰分热值比干重热值更能反映植物的能量属性^[26],植物不同器官所含营养物质、结构和功能不同会影响干重热值^[26-28],此外,植物不同器官灰分含量的高低对植物的干重热值也有一定的影响^[18]。

布迪椰子成熟叶的灰分含量在 $2.66 \pm 0.24\%$ - $3.93 \pm 1.13\%$ 之间,幼叶的介于 $2.48 \pm 0.78\%$ - $5.39 \pm 0.33\%$ 之间,比林益明^[14]等研究的4种灌木状和4种乔木状棕榈植物的灰分含量(7.60%-13.64%)小,与广东鼎湖山季风长绿阔叶林植物叶的灰分含量(2.6%-5.2%)相近^[29],比海南东寨港7种红树植物叶的灰分含量(7.11%-9.80%)小^[17]。灰分的含量与植物所吸收的元素量有关系,植物所吸收的元素越多,灰分含量越高,冬季根部的灰分含量最高可能是植物在冬季蒸腾作用弱,根所吸收的元素较少输送到地上组分,使N、P、K、Mg等元素主要集中在根部和叶柄组分;另外,植物体内的不同组分存在着营养消长的机制,导致不同组分灰分含量不同。

参考文献

- [1] Sun G F(孙国夫), Wang Z Q(王兆骞), Zheng Z M(郑志明). Dynamics of calorific values of rice [J]. Chin J Ecol(生态学杂志), 1993, 12(1):1-4.(in Chinese)
- [2] Ma W L(马炜梁). Higher Plants and Diversities [M]. Beijing: Higher Education Press, 1998 :127. (in Chinese)
- [3] 陈榕生, 谭忠奇, 廖启料, 等. 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, 1998(1):11-12.
- [4] 吴桂昌. 广东观赏棕榈栽培概况与思考 [J]. 广东园林, 1998(1):10-16.
- [5] Tang J M(唐金明), Lin L Z(林立增), Liu Z Z(刘志忠). Seven varieties of palms planted in Fuzhou city Fujian Province [J]. J Fujian Coll For(福建林学院学报), 1994, 14(3):257-261.(in Chinese)
- [6] Chen H B(陈恒彬), Zhou X Y(周新月). The use of common palms in landscape gardening [J]. Subtrop Plant Res Commun(亚热带植物通讯), 1995, 24(2):46-50.(in Chinese)
- [7] 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.
- [8] 陈榕生. 厦门市园林植物园建园四十周年纪念文集 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2000:167-174.
- [9] Liao Q L(廖启料), Ding Y L(丁印龙), Yang S C(杨盛昌), et al. Change of membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzyme in leaves of *Phoenix canariensis* seedling under low temperature stress [J]. J Xiamen Univ (Nat Sci) (厦门大学学报:自然科学版), 2002, 41(5):570-573. (in Chinese)
- [10] Ding Y L(丁印龙), Liao Q L(廖启料), Yang S C(杨盛昌), et al. Changes of the level of Ca^{2+} in leaf cells of *Pritchardia gaudichaudii* H. Wendl. under low temperature stress [J]. J Xiamen Univ (Nat Sci) (厦门大学学报:自然科学版), 2002, 41(5):679-682.(in Chinese)
- [11] Yang S C(杨盛昌), Xie C T(谢潮添), Zhang P(张平), et al. Effects of cold hardening membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzymes in leaves of *Pritchardia gaudichaudii* seedling under low temperature stress [J]. J Plant Res Environ(资源与环境学报), 2002, 11(4):25-28. (in Chinese)
- [12] Yang S C(杨盛昌), Xie C T(谢潮添), Zhang P(张平), et al. Changes in membrane lipid peroxidation and activities of cell defense enzyme in leaves of *Butia capitata* Becc. seedling under low temperature stress [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 2003, 30(1):104-106.(in Chinese)
- [13] Xie C T(谢潮添), Yang S C(杨盛昌), Liao Q L(廖启料), et al. The changes in Ca^{2+} level and ultrastructure in the leaf cells of *Garyota urens* L. under low temperature stress [J]. Chin Bull Bot(植物学通报), 2003, 20(2):212-217. (in Chinese)
- [14] Lin Y M(林益明), Wang Z C(王湛昌), Ke L N(柯莉娜), et al. Monthly changes in the calorific values of the leaves of four shrubby and four tree-dwelling palmae species [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 2003, 23(6):1117-1124. (in Chinese)
- [15] Lin Y M(林益明), Lin P(林鹏), Tan Z Q(谭忠奇), et al. Monthly changes in the calorific values of the leaves of five phoenix species [J]. Sci Sil Sin(林业科学), 2003, 39(Suppl):52-57. (in Chinese)
- [16] Tan Z Q(谭忠奇), Lin Y M(林益明), Ding Y L(丁印龙). Monthly changes in calorific values of five shrubby palmae species leaves [J]. Chin J Appl Ecol(应用生态学报), 2004, 15(7):1135-1138. (in Chinese)
- [17] Lin P(林鹏), Lin G H(林光辉). Study on the calorific value and ash content of some mangrove species in China [J]. Acta Phytoecol Geobot Sin(植物生态学与地植物学学报), 1991, 15(2):114-120. (in Chinese)
- [18] Lin Y M(林益明), Li Z B(黎中宝), Chen Y Y(陈奕源), et al. Caloric values in leaves of some bamboo species in the bamboo garden of Hua'an county [J]. Chin Bull Bot(植物学通报), 2001, 18(3):356-362.(in Chinese)
- [19] Wielgolaski F E, Kjevik S. Energy Content and Use of Solar Radiation of Fennoscandian Tundra Plants, Fennoscandian Tundra Ecosystem, Part I: Plant and Microorganism [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1975:201-207.
- [20] Jame T D W, Smith D W. Seasonal changes in the calorific values of the leaves and twigs of *Populus tremuloides* [J]. Can J Bot, 1978, 56:1804-1805.
- [21] Hughe M K. Seasonal calorific values from a deciduous woodland in England [J]. Ecology, 1971, 52:923-926.
- [22] Singh A K, Misra K N, Ambasht R S. Energy dynamics in a savanna ecosystem in India [J]. Jpn J Ecol, 1980, 3:295-305.
- [23] Yin Y(尹毅), Lin P(林鹏). Study on the energy of *Rhizophora stylosa* mangrove forest in Guangxi, China [J]. J Xiamen Univ (Nat Sci) (厦门大学学报:自然科学版), 1993, 32(1):100-103.(in Chinese)
- [24] Zu Y G(祖元刚). Introduction to Energy Ecology [M]. Changchun: Jilin Science and Technology Press, 1990:258. (in Chinese)
- [25] Lin G H(林光辉), Lin P(林鹏). The change of calorific values of a mangrove species *Kandelia candel* in China [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 1991, 11(1):44-48.(in Chinese)
- [26] Golley F B. Caloric values of wet tropical forest vegetation [J]. Ecology, 1969, 50(3):517-519.
- [27] Hughe M K, Akiyama T, Takhashi S, et al. Ecological efficiencies of energy conversion in pasture VI Change in calorific values of several pasture plants and energy storage in glassland [J]. Jpn Grassland Sci, 1983, 29(1):28-37.
- [28] Lin Y M(林益明), Lin P(林鹏), Li Z J(李振基), et al. Study on energy of *Castanopsis eyrei* community in Wuyi mountains of Fujian Province [J]. Acta Bot Sin(植物学报), 1996, 38(12):989-994. (in Chinese)
- [29] Ren H(任海), Peng S L(彭少麟), Liu H X(刘鸿先), et al. The calorific value of main plant species at Dinghushan, Guangdong, China [J]. Acta Phytoecol Sin(植物生态学报), 1999, 23(2):48-1154. (in Chinese)