

# 园林竹类植物叶的热值和灰分含量研究

林益明<sup>1</sup>, 郑茂钟<sup>1</sup>, 林 鹏<sup>1</sup>, 陈松河<sup>2</sup>

(1. 厦门大学生物学系, 福建 厦门 361005; 2. 厦门市园林植物园, 福建 厦门 361003)

**摘要:** 对 21 种园林竹类植物叶的灰分含量、干重热值和去灰分热值进行研究. 结果表明: 竹类植物叶的灰分含量较高, 在 10.02% ~ 23.02% 之间; 竹类植物叶的干重热值在 16 597.1 ~ 19 199.0 J/g 之间, 去灰分热值在 20 352.0 ~ 22 361.6 J/g 之间, 簕竹属的大佛肚竹(*Bambusa vulgaris cv. waminii*) 干重热值和去灰分热值均是最低. 竹类植物叶的干重热值( $Y$ )与灰分含量( $X$ )有极显著的线性相关, 相关方程为:  $Y = -209.24X + 21145$ ,  $r = 0.8917^{**}$ ,  $df = 19$ .

**关键词:** 园林竹类植物; 叶; 热值; 灰分含量

中图分类号: Q 949.73

文献标识码: A

能量是生态学功能研究中的基本概念之一, 我国对能量生态学的研究始于 20 世纪 70 年代末. 对于竹类植物能量的研究, 目前还报道不多<sup>[1]</sup>. 植物热值是植物含能产品能量水平的一种度量, 可反映植物对太阳辐射能的利用状况. 本文对竹类植物叶的热值和灰分含量进行研究, 丰富竹类能量生态学研究, 为保护和发展竹类资源提供理论依据.

## 1 材料和方法

### 1.1 样品采集

样品采自厦门万石植物园竹种园内的栽培竹类植物, 采集时间为 1999 年 3 月下旬(春季). 据厦门气象台资料, 该地年平均气温 21.1, 最低月均温 12.3, 年较差 16.0, 年降雨量 1036 mm. 气候为南亚热带季风气候, 气候温和, 雨量充沛. 因此, 该地适合于许多竹类植物生长. 采集的竹类植物有条竹属的条竹(*Thyrstachys siamensis*); 簕竹属的小勒竹(*Bambusa flexuosa*)、甲竹(*Bambusa remotiflora*)、马甲竹(*Bambusa tulda*)、坭竹(*Bambusa gibba*)、霞山坭竹(*Bambusa xiashanensis*)、乡土竹(*Bambusa indigena*)、鱼肚脐竹(*Bambusa gibboides*)、大佛肚竹(*Bambusa vulgaris cv. waminii*)、黄金间碧玉竹(*Bambusa vulgaris cv. vittata*)、撑篙竹(*Bambusa pervariabilis*)、小叶琴丝竹(*Bambusa multiplex cv. strip estem fernleaf*)、凤尾竹(*Bambusa multiplex var. riviereorum*)、崖州竹(*Bambusa textilis var. gracilis*)、银丝竹(*Bambusa glaucescens cv. silverstripe*)、粉单竹(*Bambusa chungii*); 绿竹属的吊丝球竹(*Dendro-*

收稿日期: 1999-04-22

作者简介: 林益明(1967-)男, 副研究员. Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

*calamopsis beecheyanus*); 刚竹属的紫竹 (*Phyllostachys nigra*)、假毛竹 (*Phyllostachys kwangsiensis*)、斑竹 (*Phyllostachys bambusoides cv. lacrima-deae*); 苦竹属的长叶苦竹 (*Pleioblastus chino var. hisanchii*)。各种竹类植物叶片均采自林冠外侧, 按东西南北方向混合采样。

## 1.2 测定方法

所有样品采集后经 80 ℃ 烘干, 磨粉处理后过筛贮存备用; 另取小样 105 ℃ 烘干至恒重, 求含水量。而后用热量计法测定其热值含量, 仪器采用长沙仪器厂生产的 GR-3500 型微电脑氧弹式热量计。样品热值以干重热值(每克干物质在完全燃烧条件下所释放的总热量, 简称 GCV) 和去灰分热值(AFCV) 来表示。测定环境是空调控温 20 ℃ 左右; 每份样品 2~3 次重复, 重复间误差控制在  $\pm 200$  J/g, 每次实验前用苯甲酸标定。

灰分含量的测定用干灰化法, 即样品在马福炉 550 ℃ 下灰化 3~5 h 后测定其灰分含量。之后用以计算样品的去灰分热值, 计算方法为: 去灰分热值= 干重热值/(1- 灰分含量)。去灰分热值能比较正确反映单位有机物中所含的热量, 免受灰分含量不同的干扰。因而, 以两种热值求算进行比较。

竹类植物叶的 N 含量测定用钠氏试剂比色法, P 含量的测定用钼蓝比色法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 竹类植物叶的灰分含量

据测定, 这些竹类植物叶的灰分含量在 10.02% ~ 23.02% 之间(表 1), 灰分含量高, 其中, 吊丝球竹的灰分含量最高, 甲竹的灰分含量最低, 各竹叶灰分含量的大小顺序是: 吊丝球竹 > 条竹 > 坭竹 > 大佛肚竹 > 长叶苦竹 > 霞山坭竹 > 崖州竹 > 马甲竹 > 粉单竹 > 小勒竹 > 乡土竹 > 鱼肚脯竹 > 小叶琴丝竹 > 撑篙竹 > 凤尾竹 > 斑竹 > 银丝竹 > 紫竹 > 黄金间碧玉竹 > 假毛竹 > 甲竹。林鹏等(1991) 研究海南东寨港 7 种红树植物叶的灰分含量在 7.11% ~ 9.80% 之间<sup>[2]</sup>; 任海等(1999) 研究广东鼎湖山季风常绿阔叶林植物叶的灰分含量在 2.6% ~ 5.2% 之间, 针阔混交林植物叶的灰分含量在 1.5% ~ 3.8% 之间, 针叶林植物叶的灰分含量在 1.9% ~ 3.8% 之间<sup>[3]</sup>; 通过比较可见竹类植物叶具有高的灰分含量。灰分含量的高低与植物吸收的元素量有关。N、P、K、Mg、Si 等营养元素密切参与竹类植物的生命过程, 所以它们主要集中于生命活动旺盛的叶中(而有些元素如 Ca 则集中在高度木质化的组织秆材中)。叶是有机物合成的场所, 是代谢最活跃的器官, 元素从土壤进入根系木质部导管后随蒸腾液流到达叶片, 主要累积在叶中。本研究竹类植物叶的 N 含量在 1.33% ~ 3.26% 之间, P 含量在 0.10% ~ 0.21% 之间, 而这些竹类植物叶的灰分含量在 10.02% ~ 23.02% 之间, 这是因为竹叶中 Si 含量高的缘故, 竹类植物中 Si 广泛分布于叶片的表皮层、维管束、维管束鞘和厚壁组织中, 以二氧化硅胶( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) 的形态存在<sup>[4]</sup>, 因而叶中含量高, 使得竹叶的灰分含量高。灰分含量高可指示植物富集元素的作用, 如红树植物白骨壤(*Avicennia marina*) 的叶被广西沿海人民用作绿肥就是因为其灰分含量高(12.27%), 特别是 N、P 含量高的缘故<sup>[5]</sup>。植物各组分对土壤元素的富集多少本质上与植物各组分对元素的需求量和土壤中元素的含量及存在形态等有关, 而元素的存在形态因不同因素而不同, 因此灰分含量与所处生境有关, 不是固定不变的, 灰分含量的高低可反映不同植物对矿质元素选择吸收与积累的特点。

### 2.2 竹类植物叶的干重热值

从竹类植物叶的干重热值来看,在 16 597.1 ~ 19 199.0 J/g 之间,平均为 17 907.4 J/g, 籼竹属的大佛肚竹干重热值最低,而刚竹属的紫竹干重热值最高(表 1). 干重热值的大小顺序是:紫竹> 银丝竹> 甲竹> 小叶琴丝竹> 假毛竹> 撑篙竹> 凤尾竹> 斑竹> 黄金间碧玉竹> 马甲竹> 鱼肚脯竹> 乡土竹> 霞山坭竹> 小勒竹> 崖州竹> 粉单竹> 坭竹> 长叶苦竹> 吊丝球竹> 条竹> 大佛肚竹. 抗寒的单轴散生竹种刚竹属的紫竹干重热值最高,丛生竹类较耐寒的种类如小叶琴丝竹的干重热值也较高,嗜热性窄布种的合轴丛生竹种绿竹属的吊丝球竹和条竹属的条竹干重热值较低,这与前人研究的抗寒种类干重热值较高一致. 而生态广布种的复轴混生竹种苦竹属的长叶苦竹的干重热值较低. 与福建和溪亚热带雨林优势植物叶的干重热值相比,亚热带雨林中乔木层植物叶的干重热值在 20 270 ~ 22 660 J/g 之间,灌木层植物叶的干重热值在 17 600 ~ 19 780 J/g 之间<sup>[6]</sup>,可见本研究竹类植物叶的干重热值(16 597.1 ~ 19 199.0 J/g)小于亚热带雨林中乔木层植物叶,而与林下灌木层植物叶的干重热值相当.

从植物解剖学和植物生理学的角度看,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,因此叶的干重热值一般较高. 但影响植物热值的因素很多,植物种类及遗传特性,营养条件,气候条件以及植物所含的营养成分的不同都会影响植物的热值<sup>[7]</sup>. 本研究竹类植物叶的干重热值相对较低,是因为竹类植物叶的高灰分含量对其干重热值的高低影响显著.

### 2.3 竹类植物叶的干重热值和灰分含量的相关

竹类植物叶的干重热值和灰分含量有极显著的线性相关(图 1),相关方程为  $Y = -209.24X + 21145, r = 0.8917^{**}, df = 19$ , 其中  $X$  为叶的灰分含量,单位为%,  $Y$  为叶的干重热值,单位为 J/g. 由此可见,高灰分含量是导致竹叶干重热值相对较低的重要原因之一. 对于竹类植物叶来说,灰分含量越高,其干重热值可能就越低.

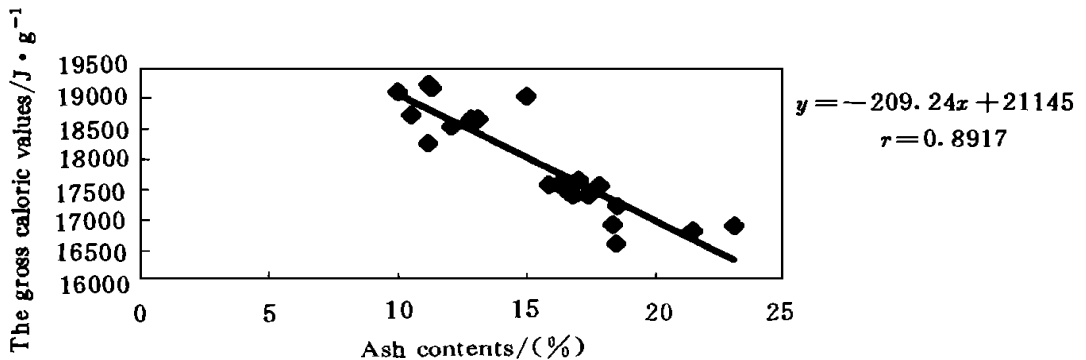


图 1 竹类植物叶的干重热值和灰分含量的相关

Fig.1 the relation between the gross calorific values and ash contents in bamboo leaves

### 2.4 竹类植物叶的去灰分热值

从竹叶的去灰分热值来看,在 20 352.0 ~ 22 361.6 J/g 之间,平均为 21 186.0 J/g, 其中小叶琴丝竹的去灰分热值最高,大佛肚竹的去灰分热值最低. 竹叶去灰分热值的大小顺序分别

为: 小叶琴丝竹> 吊丝球竹> 紫竹> 银丝竹> 撑篙竹> 条竹> 凤尾竹> 霞山坭竹> 马甲竹> 甲竹> 坭竹> 斑竹> 崖州竹> 乡土竹> 假毛竹> 小勒竹> 粉单竹> 鱼肚膈竹> 长叶苦竹> 黄金间碧玉竹> 大佛肚竹. 由此可见, 竹叶的去灰分热值与干重热值高低顺序有些不同. 灰分含量的差异是竹叶干重热值差异的重要原因, 在能量生态学研究时, 干重热值在将植物生物量转化成相应的能量是有实用价值的. 但是, 在对不同植物种类或不同生态环境下的同种植物的热值比较时, 应采用去灰分热值以消除灰分含量不同而造成的影响.

表 1 园林竹类植物叶的灰分含量、干重热值和去灰分热值

Tab. 1 Ash content, gross caloric value and ash free caloric value in leaves of garden bamboo species

属种	灰分含量/(%)	N/(%)	P/(%)	干重热值/(J/g)	去灰分热值/(J/g)
条竹属 条竹	21.42	1.33	0.12	16 811.0	21 393.5
籼竹属 小勒竹	16.64	1.85	0.10	17 424.3	20 902.5
甲竹	10.02	2.61	0.11	19 083.3	21 208.4
马甲竹	17.01	2.56	0.11	17 628.8	21 242.1
坭竹	18.52	2.01	0.15	17 214.8	21 127.6
霞山坭竹	17.83	2.50	0.12	17 544.5	21 351.5
乡土竹	16.29	1.80	0.12	17 554.4	20 970.5
鱼肚膈竹	15.85	2.00	0.11	17 555.5	20 862.2
大佛肚竹	18.45	3.02	0.14	16 597.1	20 352.0
黄金间碧玉竹	11.17	3.00	0.21	18 243.3	20 537.3
撑篙竹	13.13	2.68	0.10	18 637.1	21 454.0
小叶琴丝竹	15.02	2.22	0.12	19 002.9	22 361.6
凤尾竹	12.87	3.26	0.20	18 633.6	21 386.0
崖州竹	17.40	2.15	0.18	17 388.0	21 050.8
银丝竹	11.36	2.43	0.11	19 140.2	21 593.2
粉单竹	16.80	2.14	0.11	17 377.9	20 886.9
绿竹属 吊丝球竹	23.02	3.11	0.19	16 880.5	21 928.4
刚竹属 紫竹	11.22	1.87	0.16	19 199.0	21 625.4
假毛竹	10.52	2.92	0.14	18 712.6	20 912.6
斑竹	12.08	2.53	0.14	18 511.6	21 055.0
苦竹属 长叶苦竹	18.31	2.83	0.12	16 914.0	20 705.1

与南亚热带广东鼎湖山植物群落叶的去灰分热值相比, 本研究竹类植物叶的平均去灰分热值 21 186.0 J/g (21 种平均), 低于鼎湖山针阔混交林乔木层的 22 429.1 J/g (8 种植物叶平均) 和季风常绿阔叶林乔木层的 21 627.9 J/g (8 种植物叶平均)。

植物热值是植物含能产品能量水平的一种度量,可反映植物对太阳辐射能的利用状况。Lieth, H. 认为也许被子植物适应环境的秘诀,就在于有能力形成每单位重量的木材而支付少得多的能量,6000万年来,被子植物成功地超过了裸子植物,在大部分温暖地区,裸子植物已被推往树木生长的边缘环境(干燥寒冷或贫瘠)并进入早期的演替阶段<sup>[8]</sup>。禾本科竹亚科竹类植物(为单子叶植物)是被子植物较进化类型,它们以低能量来适应土壤贫瘠的环境。

### 参考文献:

- [1] 林益明,林鹏. 华安县绿竹林能量的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1998, 37(6): 908- 914.
- [2] 林鹏,林光辉. 几种红树植物的热值和灰分含量的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(2): 114- 120.
- [3] 任海,彭少麟,刘鸿先,等. 鼎湖山植物群落及其主要植物的热值研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 148- 154.
- [4] 林益明,林鹏. 绿竹林硅素的动态研究[J]. 亚热带植物通讯, 1998, 27(2): 1- 6.
- [5] 林鹏. 红树林[M]. 北京: 海洋出版社, 1984. 38- 48.
- [6] 邵成. 福建和溪亚热带雨林凋落物的物质和能量动态及优势植物热值的研究[D]. 厦门: 厦门大学硕士学位论文, 1988.
- [7] 林益明,林鹏,李振基,等. 福建武夷山甜槠群落能量的研究[J]. 植物学报, 1996, 38(12): 989- 994.
- [8] Lieth H, Whittaker R H (王业蓬等译). 生物圈的第一性生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1985.

## Ash Content and Caloric Value in Leaves of Garden Bamboo Species

LIN Yi-ming<sup>1</sup>, ZHENG Mao-zhong<sup>1</sup>, LIN Peng<sup>1</sup>, CHEN Song-he<sup>2</sup>

(1. Dept. of Biol., Xiamen Univ., Xiamen 361005, China;

2. Xiamen Botanical Garden, Xiamen 361003, China)

**Abstract:** Ash content, gross caloric value and ash free caloric value in leaves of garden bamboo species were discussed in this paper. The results were shown as follows: ash content, gross caloric value and ash free caloric value in leaves of these bamboo species was from 10.02% to 23.02%, from 16 597.1 J/g to 19 199.0 J/g and from 20 352.0 J/g to 22 361.6 J/g, respectively. Gross caloric value and ash free caloric value in *Bambusa vulgaris* cv. *waminii* leaves were both the lowest. Gross caloric values ( $Y$ ) were correlated remarkably with ash contents ( $X$ ), the regression equation was  $Y = -209.24X + 21145$ ,  $r = 0.8917^{**}$ ,  $df = 19$ .

**Key words:** garden bamboo species; leaves; ash content; caloric value