

华南地区 3 个树种的抗火性能分析*

谭家得 柯 欢 陈 杰 丁岳炼

李 鑫 王志云 万利鑫

(佛山市林业科学研究所, 广东 佛山 528222)

摘要 对华南地区的竹节树(*Carallia brachiata*)、木荷(*Schima superba*)和尾巨桉(*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*)3 个树种的枝、叶的含水率、粗灰分、粗脂肪质量分数、石油醚抽提物质量分数、热值、挥发性物质 6 项抗火防火指标进行分析。结果表明: 竹节树枝条和叶的含水率在 3 个树种中最高, 叶片挥发物含量最少而枝条不含挥发物, 叶片和枝条的粗脂肪含量和热值在 3 个树种中分别列最高和第二。竹节树与防火树种木荷的综合防火性能接近, 远优于易燃树种尾巨桉, 可作为优良的抗火树种推广应用。

关键词 华南地区; 竹节树; 木荷; 尾巨桉; 抗火性能

中图分类号: S759.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053(2016)06-0086-05

Analysis of Fire-resistance Abilities of Three Tree Species in South China

TAN Jiade KE Huan CHEN Jie DING Yuelian

LI Xin WANG Zhiyun WAN Lixin

(Foshan Institute of Forest Science, Foshan, Guangdong 528222, China)

Abstract The leaves and branches of *Carallia brachiata*, *Schima superba* and *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* were selected as the study objects to analyzed the fire-resistance indexes of the three species, including moisture content, crude ash, crude fat content, petroleum ether extract content, calorific value and volatile material content. The results showed that the moisture content and crude fat of *C. brachiata* in leaves and branches were the highest and the calorific value of *C. brachiata* was the second highest, while among the 3 species, *C. brachiata* had the lowest volatile material content in leaves and branches. The comprehensive fire-resistance abilities of *C. brachiata* was closed to *S. superba* which was fire-resistant and its fire-resistance was far superior to *E. urophylla* × *E. grandis*. As a result, *C. brachiata* could be taken as one of the excellent fire-resistance tree species to popularize.

Key words south China; *Carallia brachiata*; *Schima superba*; *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*; fire-resistant abilities

森林火灾的频繁发生, 给社会经济造成了严重损失, 直接威胁到林业可持续发展和国家生态安

全。据报道, 1988—2010 年间, 我国年均森林火灾的成灾面积达 7.95 万 hm^2 , 年均成林蓄积损失

* 基金项目: 广东省科技计划项目“优良稀有树种竹节树的繁育技术和应用研究”(2011B020413003)。

第一作者: 谭家得(1972—), 男, 高级工程师, 主要从事城市林业与园林等方面的研究, E-mail: abc836@126.com。

通信作者: 柯欢(1983—), 男, 高级工程师, 主要从事城市林业与园林等方面的研究, E-mail: kehuanscau@126.com。

167.5 万 m^3 [1]。

生物防火是指利用绿色植物,通过造林、营林、林分改造、混交、间种等措施来提高林分的防火性能,从而抑制和阻止林火蔓延 [2]。抗火树种的应用可以有效减少森林火灾的发生。目前,华南地区应用的抗火防火树种并不多,通过发掘新的抗火防火树种可以增加生物、景观多样性和林分群落的稳定性。

竹节树 (*Carallia brachiata*) 是一种华南地区优良的抗污染园林乡土树种 [3-5], 具有适应性强、对土壤要求不严格、生长速度中等、繁殖容易、冠形优美、寿命长等特点 [6], 经栽培发现它还具有耐涝和抗旱的优良特性。木荷 (*Schima superba*) 是华南地区常用的防火林带主要树种; 尾巨桉 (*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*) 是华南地区速生丰产林主要树种。

本文通过比较竹节树、木荷、尾巨桉的枝、叶的含水率、粗灰分、粗脂肪质量分数、石油醚抽提物质量分数、挥发性物质等 6 项抗火防火指标,旨在发掘竹节树的潜在抗火特性,为丰富广东省防火树种提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2014 年 9 月在位于佛山市南海区狮山工业园 C 区的佛山市林业科学研究所内,采树龄在 6 a 以上的竹节树、木荷、尾巨桉 3 个树种位于树冠中部 2 a 生以上的无病虫害树叶和枝条,每个树种各选择 5 株,采新鲜叶片 3 kg,枝条 6 kg。

1.2 试验方法

测定含水率用鲜品,其余指标使用干样品,样品预处理:先在 85 °C 下杀青,110 °C 下烘 4 h,然后打碎,用 0.5 mm 孔径筛网去除粉尘,在 110 °C 下烘干至恒重,在干燥器中保存,测定方法参照《植物生理生化实验原理和技术》 [7]。

1.2.1 含水率 采用 105 °C 烘干恒重法,计算公式如下:

含水率 (%) = (样品鲜质量 - 样品干质量) / 样品鲜质量 × 100% (1)

1.2.2 粗灰分 取粉碎、干燥样品 1 g 左右,放入已知质量的坩埚内,称得总质量。把坩埚置于万能电炉上炭化至试样不再冒烟,再放入马福炉在

650 °C 的温度下灰化至恒质量 (约 4 h)。取出置于干燥器内,冷却后称质量,试样减少量即为粗灰分质量分数,根据下式计算:

$$w_{(\text{粗灰分})} = (m_3 - m_2) / (m_1 - m_2) \times 100\% \dots\dots (2)$$

式(2)中: $w_{(\text{粗灰分})}$ 为单位可燃物中的粗灰分质量分数 (%); m_1 为装有烘干样品灰化前的坩埚质量 (g); m_3 为样品灰化后的坩埚质量 (g); m_2 为坩埚净质量。

1.2.3 粗脂肪 (乙醚抽提物) 质量分数 以乙醚为有机溶剂,采用索氏蒸馏法测定,在 60 °C 下进行提取。计算公式如下:

$$w_{(\text{粗脂肪})} (\%) = (m_4 - m_5) / \text{抽提前样品质量} \times 100\% \dots\dots (3)$$

式(3)中, $w_{(\text{粗脂肪})}$ 为粗脂肪质量分数, m_4 为抽提前样品质量, m_5 为抽提后样品质量。

1.2.4 石油醚抽提物质量分数 取干燥粉碎样品 1 g 左右,准确称其质量 (另取一个样品做平行试验),倒入滤纸中包好,称其质量。然后装入索氏抽提器中,并加入石油醚 (沸点为 60 ~ 90 °C),在 80 °C 恒温水浴锅内抽提 12 h,直至试样恒重,取出样包置于通风橱内,石油醚挥发后再放入 80 °C 的烘干箱内烘干至恒重,取出后准确称其质量,试样减少量即为石油醚抽提物质量分数,根据下式计算:

$$w_{(\text{石油醚抽提物})} = (m_6 - m_7) / m_8 \times 100\% \dots\dots (4)$$

式(4)中: $w_{(\text{石油醚抽提物})}$ 为单位可燃物中石油醚抽提物的质量分数 (%); m_6 为抽提物提取前的总质量 (g); m_7 为抽提物提取后的总质量 (g); m_8 为抽提前样品的质量 (g)。

1.2.5 热值 用蒽酮比色法测定可溶性总糖质量分数,用凯氏定氮法测定蛋白质的质量分数。根据下式计算:

$$\text{热值} = 4.6 \times w_{(\text{蛋白质})} + 4.6 \times w_{(\text{可溶性总糖})} + 9.37 \times w_{(\text{粗脂肪})} \dots\dots (5)$$

式(5)中, $w_{(\text{蛋白质})}$ 为蛋白质质量分数 (%); $w_{(\text{可溶性总糖})}$ 为可溶性总糖质量分数 (%); $w_{(\text{粗脂肪})}$ 为脂肪质量分数 (%)。

1.2.6 挥发性物质 用气相色谱法,运用 GC9890A 型气相色谱仪 (附 FID 检测器)、DK600A 型自动顶空进样器、30 m 交联 OV-1 毛细管色谱柱,测定 3 个树种叶片及枝条的气相色谱法的峰数、总峰面积、峰保留时间范围内面积最大

的 3 个峰的峰面积总和以及保留时间范围，分析其是否存在挥发性物质。

2 结果与分析

2.1 含水率比较

水具有吸热和隔氧（隔离空气）的作用，所以可燃物含水率是影响树木着火的主导因子。防火树种一般具有较高的含水率，树种不易点燃和燃烧，其阻燃能力较强，在林火冲击的作用下，首先

析出水分，水分越高，则引燃需时越长。

3 个树种的叶片含水率都达到 50% 以上（表 1），不易燃烧。其中，竹节树叶含水率最高，分别是尾巨桉叶和木荷叶的 1.12 和 1.09 倍，木荷叶和尾巨桉的叶含水率接近。从 3 个树种的枝条含水率来看，竹节树枝和木荷枝十分接近，并且都达到 50% 以上（竹节树最高，其次是木荷），都远高于尾巨桉。竹节树和木荷枝条含水率分别为尾巨桉的 1.26 和 1.23 倍。

表 1 竹节树、木荷和尾巨桉叶、枝 5 项抗火指标比较

取样部位	树种	含水率/%	粗灰分/%	粗脂肪/%	石油醚抽提物/%	热值
叶	木荷	58.54 ± 1.71	13.96 ± 1.78	3.73 ± 0.38	5.33 ± 0.64	66.77
	竹节树	65.74 ± 0.26	20.70 ± 1.64	5.43 ± 0.36	6.22 ± 1.02	79.46
	尾巨桉	60.56 ± 2.16	15.98 ± 0.96	4.40 ± 1.44	9.59 ± 0.34	61.44
枝	木荷	52.03 ± 2.92	17.74 ± 0.55	1.20 ± 0.20	2.78 ± 0.46	23.54
	竹节树	53.37 ± 0.48	14.95 ± 2.78	1.27 ± 0.15	2.83 ± 0.56	25.37
	尾巨桉	42.34 ± 9.61	12.92 ± 2.32	1.89 ± 0.40	2.78 ± 0.60	27.22

注：表中数据为平均值 ± 标准差。

2.2 粗灰分比较

粗灰分质量分数高，则可燃烧物质相对少，防火性能就越强。竹节树叶片粗灰分质量分数最高，其次是尾巨桉，再次是木荷；竹节树叶粗灰分质量分数分别是尾巨桉和木荷叶的 1.30 和 1.48 倍。木荷枝条的粗灰分质量分数最高，其次是竹节树，再次是尾巨桉；木荷枝粗灰分质量分数分别是竹节树和尾巨桉枝条的 1.19 和 1.37 倍。

2.3 粗脂肪质量分数比较

粗脂肪质量分数是衡量树种易燃性的重要指标。一般来说，粗脂肪质量分数越高，易燃性越强，反之，易燃性越弱。3 个树种的叶片中，竹节树粗脂肪质量分数最高，分别为尾巨桉和木荷 1.23 和 1.46 倍。枝的粗脂肪质量分数中，最高是尾巨桉，远高于木荷和竹节树，分别为木荷的 1.58 倍和竹节树的 1.49 倍。

2.4 石油醚抽提物

石油醚的提取物质量分数越低，意味着树种防火性能越好。从石油醚抽提物质量分数对比看出，木荷枝条和叶片的石油醚抽提物质量分数都是

三者中最低，而竹节树叶片的质量分数处于木荷和尾巨桉的中间，枝条的质量分数稍高于木荷和尾巨桉。

2.5 热值

热值大则释放热量多，防火能力差。3 个树种的叶片中，竹节树热值最高，其次是木荷，最后是尾巨桉；竹节树叶的热值分别为木荷的 1.19 倍和尾巨桉的 1.29 倍。

枝的热值最高是尾巨桉，竹节树居中，最后是木荷；尾巨桉枝的热值分别为木荷的 1.15 倍和竹节树的 1.07 倍。

2.6 挥发性物质

利用气相色谱可分析出 3 个树种的挥发性物质。表 2 显示，木荷叶和尾巨桉叶的气相色谱峰的数量分别为 7 ~ 10 个和 21 ~ 22 个，竹节树叶的气相色谱峰的数量只有 1 ~ 3 个，远低于木荷叶和尾巨桉叶。植物的挥发性组分与色谱峰数量成正比。竹节树叶的色谱峰明显少于木荷叶和尾巨桉叶，表明三者中竹节树叶的挥发性组分最少。总峰面积是衡量挥发性物质质量分数的指标。竹节树叶的总峰面积为 2.45 ~ 4.05，远低于木荷叶和尾巨桉叶的总

峰面积，表明竹节树叶挥发性物质质量分数明显少于木荷叶和尾巨桉叶的质量分数。从表 2 中面积最大的 3 个峰峰面积总和与总峰面积的比值看，木荷叶和尾巨桉叶的挥发性物质质量分数都是主要体现在 3 个组分的质量分数，竹节树叶最多只有 3 个组分。组分峰保留时间与组分沸点成正比，也与挥发性组分的燃点成正比。表 2 中 3 个面积最大峰保留

时间范围的数据显示，竹节树叶为 7.76 ~ 18.40，高于木荷叶（5.38 ~ 8.39），说明竹节树叶挥发物的燃点要高于木荷叶挥发物。

表 3 显示，竹节树和木荷的枝条没有检测出挥发性物质，尾巨桉枝条检测出挥发性物质，有 3 ~ 4 种组分，且燃点较低。

表 2 竹节树、木荷和尾巨桉叶片气相色谱法测定结果

树种	峰数/个	总峰面积	峰保留时间范围/min	面积最大 3 个峰峰面积总和	3 个面积最大峰保留时间范围/min
竹节树	1 ~ 3	2.45 ~ 4.05	7.763 ~ 18.40	2.45 ~ 4.05	7.76 ~ 18.40
木 荷	7 ~ 10	32.71 ~ 122.16	5.38 ~ 24.03	23.39 ~ 97.01	5.38 ~ 8.39
尾巨桉	21 ~ 22	1198.24 ~ 2705.37	7.51 ~ 234.56	1096.17 ~ 2418.80	11.55 ~ 16.66

表 3 竹节树、木荷和尾巨桉枝条气相色谱法测定结果

树种	峰数/个	总峰面积	峰保留时间范围/min	面积最大的 3 个峰面积总和	3 个面积最大峰保留时间范围/min
竹节树	0				
木 荷	0				
尾巨桉	3 ~ 4	7.39 ~ 28.80	5.43 ~ 16.16	7390 ~ 27812	5.43 ~ 16.16

3 结论与讨论

3 个树种的叶片抗火性能总体优于枝条的抗火性能。在 3 个树种叶片中：竹节树的含水率最高，粗灰分质量分数最高，石油醚抽提物质量分数处于中间，挥发性物质的种类和质量分数最少、挥发性物质的燃点最高，但热值和粗脂肪质量分数也最高；木荷含水率最低，可能与其叶片革质层厚有关，达到 50% 以上，粗灰分、粗脂肪质量分数和石油醚抽提物质量分数最低，热值居中，有质量分数不多的少数几种挥发性物质，挥发性物质的燃点居中；尾巨桉的含水率居中，粗灰分和粗脂肪质量分数居中，热值最低，但有质量分数最多的石油醚抽提物和多种挥发性物质，挥发性物质的燃点低。可见，竹节树和木荷的叶片具有较好的抗火性能。竹节树叶片除石油醚抽提物质量分数、热值和粗脂肪质量分数的抗火指标比木荷差外，其它都优于木荷。尾巨桉叶片在新鲜时较难燃烧，但干燥的叶片却极易燃烧。

在 3 个树种枝条中：竹节树的含水率最高，不含挥发性物质，粗灰分质量分数、热值和粗脂肪质量分数居中，粗脂肪质量分数与木荷接近，石油醚抽提物质量分数稍高于木荷和尾巨桉；木荷的含水率与竹节树接近，不含挥发性物质，粗灰分质量分数最高，粗脂肪质量分数和热值最低，石油醚抽提物质量分数与尾巨桉相同；尾巨桉的含水率和粗灰分远低于前 2 个树种，粗脂肪质量分数和热值远高于前 2 个树种，且含有多种燃点较低的挥发性物质。可见竹节树枝条的抗火性能与木荷十分接近，远高于尾巨桉。

竹节树和木荷树冠茂密、冠幅大，叶片占地上部分生物量的比例都比较大，远高于叶片稀疏的尾巨桉。多年生木荷和尾巨桉的叶片分别占地上部分生物量的 3.89% 和 2.03%^[8-9]。3 a 生的竹节树和尾巨桉的叶片分别占地上部分生物量的 19.8% 和 4.4%^[8,10]。由此可见，竹节树与传统的防火树种木荷的综合防火性能接近，远优于易燃树种尾巨桉，可作为华南地区优良的抗火乡土阔叶树种推广应用。

参考文献

- [1] 苏立娟, 何友均, 陈绍志. 1950—2010 年中国森林火灾时空特征及风险分析[J]. 林业科学, 2015, 51(1): 88-96.
- [2] 李小川, 吴泽鹏, 陈宏通, 等. 广东省珠江三角洲城市森林抗火树种筛选研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 316-318.
- [3] 谭家得, 薛克娜, 王志云, 等. 抗污染树种等级划分及其应用[J]. 中国城市林业, 2005, 3(6): 40-45.
- [4] 张忠民, 邝健智, 谭家得, 等. 佛山陶瓷工业区绿化植物的初步选择[J]. 广东林业科技, 2005, 21(1): 52-55.
- [5] 孔国辉, 陈宏通, 刘世忠, 等. 广东园林绿化植物对大气污染的反应及污染物在叶片的积累[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(4): 297-315.
- [6] 黄世满, 吴庆书, 符气浩. 海南岛新绿化树种——竹节树[J]. 海南大学学报(自然科学版), 1996(1): 43-46.
- [7] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [8] 付威波, 彭晚霞, 宋同清, 等. 不同林龄尾巨桉人工林的生物量及其分配特征[J]. 生态学报, 2014, 34(18): 5234-5241.
- [9] 杨同辉. 浙江天童国家森林公园常绿阔叶林生物量研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [10] 谭家得, 赵鸿杰, 张学平, 等. 黛蕨等树种在 3 种人工松林中的生长量和生物量比较[J]. 中国城市林业, 2012, 10(2): 36-39.