

利用锥形量热仪测试木荷燃烧性能的方法探讨

刘波¹, 余树全¹, 周国模¹, 郑文达², 刘雪松³, 卢凤珠⁴, 黄志伟¹, 张子焰¹

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省临安市林业局 防火办公室, 浙江 临安 311300;

3. 浙江省建德市林业局 防火办公室, 浙江 建德 311600; 4. 浙江林学院 工程学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 利用锥形量热仪测定了木荷 *Schima superba* 叶片在不同辐射强度和不同叶处理方式的火发生指数, 并探讨了木荷燃烧性能测试方法。锥形量热仪辐射强度分为 40, 45, 50, 60, 70 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 等 5 种处理, 叶片处理方式包括边长为 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 cm 的正方形和全叶等 5 种处理。外部点燃条件下测试木荷的燃烧性能。采用 DPS 数据处理系统, 对不同辐射强度和不同叶处理方式的火发生指数分别进行差异性显著检验。分析结果表明, 辐射强度为 40 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$, 边长为 0.5 cm 的正方形叶片和全叶的火发生指数均值较高, 与其他处理的差异性较显著, 能够较好地反映出处理之间的差异, 测试树种的燃烧性较为合理。图 1 表 2 参 11

关键词: 森林保护学; 锥形量热仪; 木荷; 火发生指数; 燃烧性能; 测试方法

中图分类号: S762 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2008)01-0069-03

Combustibility of *Schima superba* leaves using a cone calorimeter

LIU Bo¹, YU Shu-quan¹, ZHOU Guo-mo¹, ZHENG Wen-da², LIU Xue-song³,
LU Feng-zhu⁴, HUANG Zhi-wei¹, ZHANG Zi-yan¹

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Fireproofing Office of Lin'an Forest Enterprise, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Fireproofing Office of Jiande Forest Enterprise, Jiande 311600, Zhejiang, China; 4. School of Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To determine combustibility of *Schima superba*, the Fire Proceeding Index of *S. superba* fresh leaves (squares with 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 cm sides as well as the whole leaf) under different intensities of radiation (40, 45, 50, 60, and 70 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$) and processing modes was tested using a cone calorimeter and outer ignition probe into the testing methods. Data Processing System was used to test discrepancies in the fire proceeding index. Results showed discrepancies with two different treatments that were obtained from *S. superba* leaves. Comparing the different radiation intensities and the different leaf sizes, we found that the Fire Proceeding Index was significantly greater with a radiation intensity of 40 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ and leaf sizes of both 0.5 cm and the whole leaf. [Ch, 1 fig. 2 tab. 11 ref.]

Key words: forest protection; cone calorimeter; *Schima superba*; fire proceeding index; combustion properties; testing methods

锥形量热仪 (ASTME1354-90, ISO5660-1) 由美国国家标准技术研究所 (NIST) 于 20 世纪 80 年代推出, 测试参数包括热释放速率、质量损失速率、一氧化碳和二氧化碳释放速率等 30 多种, 数据的采集和处理完全由计算机控制^[1-6]。与燃烧的传统测试方法 (氧指数法、垂直燃烧法、水平燃烧法等) 相比, 这种测试方法有测试参数较多、实验结果与材料在实际火灾中的表现更加相近, 实验结果与实际情况关联性大的优点。但是, 目前在使用锥形量热仪测试树种燃烧性能的过程中, 方法还不明确, 不同的

收稿日期: 2007-04-12; 修回日期: 2007-06-20

基金项目: 浙江省林业厅重点科技项目(04A02); 浙江省杭州市重大科技攻关项目(20052112A11)

作者简介: 刘波, 硕士研究生, 从事生态学、生态规划及森林防火研究。E-mail: ycllyb@hotmail.com。通信作者:

余树全, 教授, 博士, 从事林火生态学和恢复生态学等研究。E-mail: yushq@zjfc.edu.cn

锥形量热仪的辐射强度、放置的叶片大小和叶片堆积程度可能对反映树种的燃烧性能有一定的影响。木荷 *Schima superba* 是我国热带和亚热带荒山造林的先锋树种, 耐干旱瘠薄, 萌芽力强。中国南方大部分的生物防火林带建设树种都是以木荷为主^[7-9]。火发生指数 I_{FP} ^[2,5] 表示火险程度, 是着火感应时间(T_{TI})与热释放速率峰值(R_{peak})的比值: $I_{FP} = T_{TI}/R_{peak}$ 。 I_{FP} 值越大, 树种的抗火能力越强。为此, 利用不同处理的木荷叶片火发生指数的差异来寻找最优的辐射强度和叶处理方式, 探讨锥形量热仪测试防火树种燃烧性能的方法。

1 材料来源

2006年2~3月(浙江省森林防火期内)的晴天, 在浙江林学院东湖试验林中采样。采集样株选定生长良好的成年木荷树, 样品为树冠中下部的成熟叶片, 采下后立即用塑料袋密封带回室内测试。

2 试验方法

根据 ISO 5660-1^[10] 的操作规定, 在其他条件一致的状态下, 采用水平辐射强度 40, 45, 50, 60, 70 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 等 5 种处理, 叶处理方式包括完整叶片及将叶片剪切成边长为 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 cm 的正方形共 5 种处理。试验样品处理后均匀放入边长为 100 mm 的正方形试验托盘中, 样本质量都是 10 g, 误差不超过 0.5%, 厚度不超过 50 mm。外部点燃条件下测试木荷的燃烧性能。所有样品测定采用铝箔包住样品的侧面和底面。在实验过程中, 为了保证样品的新鲜, 试验样品全部为当天采集的木荷鲜叶, 样品处理和称量后立即用保鲜袋密封保存待测。每个处理重复测定 6 次, 记录整个样品在 5 min 内燃烧的详细过程。利用得到的着火感应时间和热释放速率的峰值计算出火发生指数, 选取其中 4 次误差不超过 5% 的结果进行数据分析。分析采用 DPS 数据处理系统^[11]。

3 结果与分析

3.1 相同叶处理方式下的辐射强度的比较

采用 DPS 数据处理系统对相同叶处理方式不同辐射强度下的火发生指数进行差异性检验(表 1)。表 1 中的平均火发生指数代表不同辐射强度下所有叶处理方式的火发生指数的平均值。

从表 1 中可以看出, 在 5% 显著水平下各辐射强度间的火发生指数差异性都达显著水平; 在 1% 极显著水平下除了 60 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 70 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 的火发生指数差异性不显著外, 其他辐射强度间差异显著; 同时, 40 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 的火发生指数均值最高, 说明各个辐射强度间, 40 $\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 结果较为合理。

3.2 相同辐射强度下不同叶处理方式的比较

采用 DPS 数据处理系统对相同辐射强度不同叶处理方式下的火发生指数的差异性进行检验(表 2)。表 2 中的平均火发生指数代表不同叶处理方式下所有辐射强度的火发生指数的平均值。

表 1 不同辐射强度的火发生指数均值
之间的差异性检验

Table 1 The discrepancy test of means of fire proceeding index at different radiative intensities

辐射强度/ ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$)	平均火 发生指数	5% 显著 水平	1% 极显 著水平
40	0.625 7	a	A
50	0.512 7	b	B
45	0.418 4	c	C
60	0.300 8	d	D
70	0.231 5	e	D

表 2 不同叶处理方式的木荷的火发生
指数间均值的差异性检验

Table 2 The discrepancy test of means of fire proceeding index at different leave process

叶片边长/ cm	平均火 发生指数	5% 显著 水平	1% 极显 著水平
全叶	0.620 5	a	A
0.5	0.564 0	a	A
1.0	0.334 2	b	B
1.5	0.323 3	b	BC
2.0	0.247 1	c	C

从表 2 可以看出, 各个叶处理方式间在 5% 显著水平下全叶与 0.5, 1.0 和 1.5 cm 差异不显著, 其他处理间差异性均呈显著; 在 1% 极显著水平下全叶与 0.5 cm 差异不显著外, 其他处理间差异均

显著; 同时全叶和边长 0.5 cm 的叶处理方式的均值最高, 说明此时全叶和边长 0.5 cm 的结果在 5 个处理中较为合理。

3.3 不同辐射强度、不同叶处理方式的火发生指数均值趋势比较

从图 1 不同叶处理方式下的辐射强度的火发生指数均值变化可以看出, 虽然在叶处理方式 1.5 cm 时结果略有不同, 但是随着处理叶片的增大, $40 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 的火发生指数均值都是最大, 与其他处理方式的差异性也较为显著, 相比之下能够较好地反映处理之间的差异, 可以表明辐射强度以 $40 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 时结果较为合理。

此外, 从图 1 不同辐射强度下的叶处理方式的火发生指数均值变化也可以看出, 随着辐射强度的变化, 叶处理方式全叶和边长 0.5 cm 的火发生指数均值较大, 与其他处理方式的差异性也较为显著, 表明全叶和边长 0.5 cm 的叶处理方式的结果较为合理。

4 结论

在使用火发生指数评价树种的燃烧性能时, 辐射强度在 $40 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, 叶处理方式以全叶和边长 0.5 cm 的火发生指数均值较高, 与其他处理的差异性较显著, 能够较好地反映出处理之间的差异, 故辐射强度在 $40 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, 叶处理方式在全叶和边长 0.5 cm 时测试树种的燃烧性较为合理。虽然得到了边长为 0.5 cm 和全叶叶片优于其他叶片处理方式, 但是两者间在辐射强度低时全叶的火发生指数均值要高, 而辐射强度越大, 边长 0.5 cm 的火发生指数均值就越大。两者孰优孰劣, 单从本次试验分析还无法得出答案, 需要再进一步分析其他指标找到最优方式。

使用锥形量热仪测试树种的燃烧性能一共可以得到 30 多项参数, 而本次研究仅使用了火发生指数。其他参数测试条件还有待进一步研究。锥形量热仪的最高辐射强度只有 $100 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, 本研究采用的辐射强度为 $40 \sim 70 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, 得到的结果只能反映中低强度森林火灾下木荷的燃烧性能状况。

参考文献:

- [1] 王庆国, 张军, 张峰. 锥形量热仪的工作原理及应用 [J]. 现代科学仪器, 2003, (6): 36~39.
- [2] 田晓瑞, 贺庆棠, 舒立福. 利用锥形量热仪分析树种阻火性能 [J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(1): 48~51.
- [3] GILMAN J W, RITCHIE S J, KASHIWAGI T, et al. Fire retardant additives for polymeric materials I. char formation from silica gel potassium carbonate [J]. *Fire and Materials*, 1997, 21(1): 23~32.
- [4] HSIEH F Y, BEESON H D. Flammability testing of flame-retarded epoxy composites and phenolic composites [J]. *Fire and Materials*, 1997, 21(1): 41~49.
- [5] 徐晓楠. 新一代评估方法——锥形量热仪(CONE)法在材料阻燃研究中的应用 [J]. 中国安全科学学报, 2003, 13(1): 19~23.
- [6] 王勇, 魏兆春, 黄鑫, 等. 阻燃 PVC 性能的锥形量热仪 CONE 研究 [J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2005, 27(3): 367~371.
- [7] 田晓瑞, 高承德, 舒立福, 等. 木荷林带阻火性研究 [J]. 安全与环境学报, 2003, 13(6): 21~25.
- [8] 俞益武, 江志标, 胡永旭, 等. 杭州木荷常绿阔叶林的林分特征 [J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(3): 242~246.
- [9] 李振问. 木荷生物防火工程的应用效果研究 [J]. 林业科学, 1997, 33(4): 338~348.
- [10] ISO. ISO 5660-1 *Fire Tests, Reaction-to-fire Tests-heat Release, Smoke Production and Mass Loss Rate [Part 1 Heat Rate Release (Cone Calorimeter Method)]* [S]. Geneva: ISO, 2002.
- [11] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.

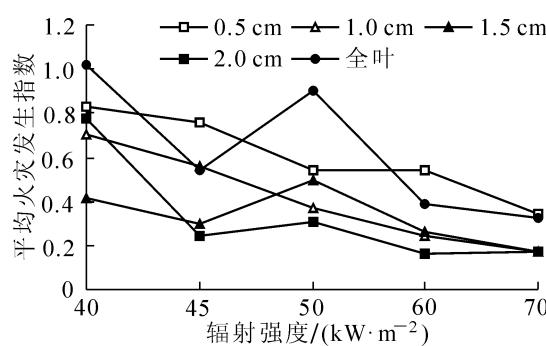


图 1 不同辐射强度、不同叶处理方式的火发生指数均值的趋势比较

Figure 1 The trend comparison between means of fire proceeding index at different radiative intensities and leaves process