

# 滨海沙地主要造林树种纯林与混交林叶片热值特征\*

1. 厦门大学生命科学学院 2. 福建省林业科学研究院 3. 福建农林大学林学院

张立华<sup>1</sup> 林益明<sup>1</sup> 叶功富<sup>2</sup> 王亨<sup>3</sup> 周海超<sup>1</sup>

**[摘要]** 对福建东南沿海防护林 4 种主要树种纯林及混交林共 8 个林分类型成熟和衰老叶片的热值进行了研究。结果表明, 在 4 种纯林中, 厚荚相思叶片中热值最高, 湿地松次之, 都高于木麻黄和桉树; 木麻黄纯林、木麻黄-厚荚相思混交林、木麻黄-湿地松混交林中木麻黄小枝热值差别不显著, 都高于与桉树混交的木麻黄小枝; 厚荚相思纯林和混交林成熟叶及衰老叶热值都高于湿地松和桉树; 在所有的林分类型中, 衰老叶中的热值都高于成熟叶或差别不显著。

**[关键词]** 木麻黄 纯林 混交林 热值

绿色植物通过光合作用将太阳辐射能转化为化学能以营养物质的形式贮藏在体内, 供自身生命活动的消耗和个体生产及积累<sup>[1]</sup>, 这种潜在的化学能以植物热值含量的高低来表示, 它直接反映植物对太阳能的转化效率, 是衡量第一性生产力的重要指标, 也是评价植物营养成分的标志之一<sup>[2,3]</sup>。沿海防护林是沿海地区重要的生态屏障, 以具有抗风、耐旱、耐瘠薄等特征的木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*) 人工林为主的生态系统在我国沿海防风固沙、改善生态环境和促进当地经济建设等方面发挥着难以替代的作用<sup>[4]</sup>。滨海沙地属极度退化立地, 适生树种少, 构建可持续经营的人工生态系统难度大<sup>[5]</sup>。由于厚荚相思 (*Acacia crassicaarpa*) 有根瘤菌, 属于固氮树种; 桉树 (*Eucalyptus*) 能够有效利用水肥快速生长; 湿地松 (*Pinus elliottii*) 具有耐旱、耐瘠薄的特性, 因此它们丰富了沿海防护林的树种, 成为木麻黄更新改造的替代树种。

由于应用能量的概念研究植物群落比单纯用干物质测定更能反映出群落对自然资源 (特别是太阳能) 的利用情况<sup>[6]</sup>, 因此, 本研究试图从能量的角度对上述四种主要树种纯林和混交林不同发育阶段叶片的太阳能利用情况进行研究, 为全面了解群落特征提供资料, 为沿海防护林树种的选择和可持续发展提供理论依据。

## 1 试验地概况

试验地设在福建省东山县赤山林场 (118°18'E, 23°40'N), 位于福建东南部沿海, 属亚热带海洋性气候, 干、湿季节明显。年平均降水量 945 mm, 大部分降水集中在 5~9 月, 11

月至翌年 2 月为旱季, 年均蒸发量 1 056 mm, 年均气温为 20.8℃, 绝对最高气温 36.6℃, 绝对最低气温 3.8℃, 终年无霜冻。秋冬多东北大风, 8 级以上大风天数约 100 d, 夏季多为西南风, 台风多发生在 7~8 月, 年平均 4~6 次。土壤为潮积或风积沙土, 土壤肥力低。试验地天然植被稀少, 林中常见有木豆、鼠刺、牡荆、蔓荆、龙舌兰、厚藤、莎草等灌木和草本零星或小块状分布。

## 2 材料与方法

### 2.1 样品采集

于 2007 年 9 月在福建省东山县赤山林场采样。采集的树种包括木麻黄、厚荚相思、湿地松和桉树, 林分类型包括四种树种的纯林、木麻黄与其它三种树种的混交林及厚荚相思和桉树的混交林共计 8 个, 在每个林分类型的样地中选择生长状况较为一致的植株, 于树冠外围随机选取成熟叶及老叶。

### 2.2 测定方法

样品采集后带回实验室清洗干净, 经 80℃ 烘干, 磨粉处理后贮存备用, 而后用热量计法测定热值, 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) 来表示, 测定环境温度 20℃ 左右, 每个样品重复三次, 误差控制在 ±0.20 kJ, 每次实验用苯甲酸对仪器进行标定<sup>[7]</sup>。

### 2.3 数据统计分析

应用 Excel 2003、SPSS13.0 和 SigmaPlot 8.0 进行数据分析和作图。

## 3 结果与分析

\* 基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2006BAD03A14-01), 福建省重大科技专项 (2006NZ0001-2) 和福建省森林培育与林产品加工利用重点实验室资助项目。

3.1 不同树种纯林叶片在不同发育阶段的热值差异

由图 1 可见, 四种树种成熟叶片和衰老叶片的干重热值分别在  $20.15 \pm 0.60 \sim 21.10 \pm 0.23$  和  $20.34 \pm 0.16 \sim 22.10 \pm 0.11$  kJ/g 之间, 其中, 成熟叶中的热值厚荚相思>湿地松>木麻黄>刚果桉, 衰老叶中的热值厚荚相思>湿地松>刚果桉>木麻黄, 但无论是成熟叶还是衰老叶, 木麻黄和刚果桉之间差别不显著。总体而言, 四种树种衰老叶中的干重热值大于成熟叶, 这与前人<sup>[2]</sup>的研究结果不同。厚荚相思叶片中的热值较高, 与张清海等<sup>[8]</sup>的研究结果相一致, 这说明厚荚相思由于固氮效应的存在, 改善了养分状况使光能利用效率升高, 这也是其能够作为木麻黄更新改造替代树种的重要原因之一, 湿地松叶中的热值较高, 则是因为其中含有松脂和松节油<sup>[8]</sup>, 而桉树尽管能够有效利用水分和养分, 但其光能利用效率与木麻黄相当。

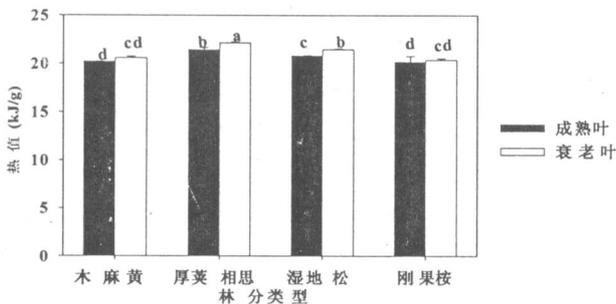


图 1 四种纯林不同发育阶段的干重热值

3.2 木麻黄纯林及其混交林不同发育阶段小枝热值比较

从木麻黄纯林与其在混交林中不同发育阶段小枝热值的比较来看(图 2), 木麻黄成熟和衰老小枝的热值分别在  $19.90 \pm 0.04 \sim 20.36 \pm 0.03$  kJ/g 和  $19.40 \pm 0.78 \sim 20.60 \pm 0.06$  kJ/g 之间。木麻黄-厚荚相思和木麻黄-湿地松混交林中的木麻黄与纯林中的木麻黄成熟及衰老小枝没有显著差异 ( $P < 0.05$ ), 但都高于与桉树混交的木麻黄, 这是由于与木麻黄相比, 桉树生长速度较快, 其高大植株遮蔽了部分光照, 使木麻黄可用的光能降低, 从而导致其小枝中固定的能量减少。另外, 在四种林分类型中, 衰老小枝中的热值略高于成熟小枝或差别不显著。虽然木麻黄小枝在纯林与在混交林中的热值差别不显著, 但由于混交林的生物量显著提高, 比如木麻黄-厚荚相思群落生物量是单一木麻黄群落的 3.26 倍, 是木麻黄-湿地松群落的 1.65 倍, 木麻黄-湿地松群落是单一木麻黄群落的 1.97 倍<sup>[8]</sup>, 因此混交林的能量现存量高于纯林。由于厚荚相思单位面积生物量大且干重热值(表 1)较高, 因此其能量现存量最高, 是沿海防护林中的最佳混交模式。

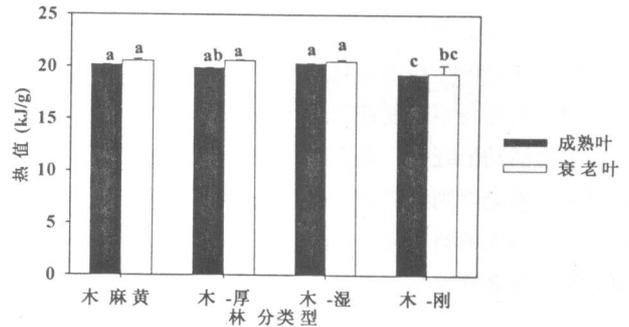


图 2 木麻黄纯林及其混交林不同发育阶段叶片的干重热值

3.3 其它树种纯林及混交林中热值比较

表 1 其他树种纯林及混交林不同发育阶段叶片热值比较

林分类型	发育阶段	
	成熟叶	老叶
厚荚相思(纯林)	21.40±0.23b	22.10±0.11a
厚荚相思(厚-木混交林)	21.57±0.12b	22.17±0.09a
湿地松(纯林)	20.79±0.07cd	21.46±0.05b
湿地松(湿-木混交林)	20.63±0.08cde	20.82±0.05cd
刚果桉(纯林)	20.15±0.60e	20.34±0.16de
刚果桉(刚-木混交林)	20.81±0.07cd	20.41±0.24de
厚荚相思(厚-刚混交林)	21.53±0.09b	21.81±0.38ab
刚果桉(刚-厚混交林)	19.72±0.20f	21.00±0.16c

由表 1 可见, 厚荚相思纯林和混交林中成熟叶和老叶的热值都显著高于湿地松和刚果桉的纯林及混交林。这是由于厚荚相思为固氮树种, 其热值较高可能是由于其养分状况优于非固氮树种湿地松和刚果桉。草地植物或农田在施肥后, 特别是施氮肥后, 热值趋于明显增加, 已被许多研究所证实<sup>[9-12]</sup>。孙国夫等<sup>[9]</sup>与 Long<sup>[11]</sup>通过试验发现氮肥对水稻植株热值存在正效应。杨京平等<sup>[10]</sup>通过回归分析发现氮素同水稻植株热值之间存在极高的相关性, 随着氮素水平的增加, 水稻的热值增加, 表明水稻的热值是一个与水稻生长发育及外界环境因子密切相关的动态变化指标。与纯林相比, 混交林能有效改善立地条件<sup>[13]</sup>, 尽管湿地松和刚果桉与同为固氮树种的木麻黄混交, 但它们在混交林中叶片的热值并不比纯林中高, 而且木麻黄本身热值也不高(成熟小枝和衰老小枝中最高热值分别为  $20.36 \pm 0.03$  和  $20.60 \pm 0.06$  kJ/g)(图 2)。这说明除了养分条件之外, 其他因素, 如环境条件、立地类型等也会影响热值的水平。由表 1 还可以看出, 除了刚果桉混交林成熟叶热值略高于老叶之外, 其他林分类型都表现为老叶高于成熟叶或差异不显著。

4 讨论

植物组分或器官干重热值的差异主要是受自身组成(所

含的营养物质)、结构和功能的影响;其次,还受光照强度、日照长度及土壤类型和植物年龄影响<sup>[14]</sup>。器官的发育阶段同样会对热值高低产生影响,林益明等<sup>[2]</sup>通过对深圳福田几种红树植物繁殖体与不同发育阶段叶片的热值研究后认为,成熟叶的生命活动最旺盛,光合能力最强,光合作用积累的有机物最多,而老叶则处于衰退之中,故成熟叶的干重热值高于老叶。与前人的研究结果不同,本研究中,有的林分类型热值成熟叶与老叶差别不显著,有的老叶高于成熟叶。

### 参考文献

- [1] 鲍雅静,李政海,韩兴国,等.植物热值及其生物生态学属性[J].生态学杂志,2006,25(9):1095-1103.
- [2] 林益明,向平,林鹏.深圳福田几种红树植物繁殖体与不同发育阶段叶片热值研究[J].海洋科学,2004,28(2):43-48.
- [3] 官丽莉,周小勇,罗艳.我国植物热值研究综述[J].生态学杂志,2005,24(4):452-457.
- [4] 叶功富,谭芳林,徐俊森,等.木麻黄基干林带防风效应及其与林带结构关系的研究[J].防护林科技,2000(专):103-107.
- [5] 张清海,叶功富,林益明.海岸退化沙地木麻黄人工林能量的研究[J].林业科学,2006,42(8):1-7.

(上接第7页)且相邻土层不同发育阶段以0~10cm和10~25cm的差异最为显著,同一土层的含碳率表现出随林龄的增大而增大的趋势,而且随着土层加深差异逐渐减少,到100cm时差异基本消除。

不同发育阶段木麻黄人工林间年净固碳量差异主要体现在乔木层年净固碳量的差异,不同发育阶段的年的凋落物年固碳量亦存在显著差别,但由于凋落物年固碳量基数较小,故在不同发育阶段人工林年净固碳量差异中占的比重小于乔木层。

### 参考文献

- [1] 徐德应,刘世荣.温室效应、全球变暖与林业[J].世界林业研究,1992,5(1):25-32.
- [2] 方晰,田大伦,项文化.速生阶段杉木人工林碳素密度、贮量和分布[J].林业科学,2002,38(3):14~19.
- [3] 田大伦,方晰.湖南会同杉木人工林生态系统的碳素含量[J].中南林学院学报,2004,24(2):1~5.

- [6] Jordan C F. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage [J]. Journal of Ecology, 1971, 59: 127-14.
- [7] 林益明,杨志伟,李振基.武夷山常绿林研究[M].厦门:厦门大学出版社,2001.
- [8] 张清海,叶功富,林益明,等.福建东山县赤山滨海沙地厚荚相思林与湿地松林生物量和能量的研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2005,44(1):123-127.
- [9] 孙国夫,郑志明,王兆骞.水稻热值的动态变化研究[J].生态学杂志,1993,12(1):1-4.
- [10] 杨京平,Wekesa Boniface,姜宁,等.不同氮素水平下气象因子对两种水稻热值影响的分析[J].中国水稻科学,2001,15(3):233-236.
- [11] Long F L. Application of calorimetric methods to ecological research [J]. Plant physiology, 1934, 9(2): 323-327.
- [12] Neitzke M. Changes in energy fixation and efficiency of energy capture in above-ground biomass along an environmental gradient in calcareous grasslands [J]. Flora, 2002, 197: 103-117.
- [13] 游月娥.木麻黄混交林防护效能和改土效果研究[J].西北林学院学报,2005,20(4):36-38.
- [14] 林益明,林鹏,李振基,等.福建武夷山甜槠林群落能量的研究[J].植物学报,1996,38(12):989-994.
- [15] 林鹏,林光辉.几种红树植物的热值和灰分含量研究[J].植物生态学与地植物学学报,1991,15(2):114-120.

- [4] 谭芳林.木麻黄防护林生态系统凋落物及养分释放研究[J].林业科学,2003(专)21~26.
- [5] 方精云,陈安平.中国森林植被碳库的动态变化及意义[J].植物学报,2001,43(9):967-973.
- [6] 刘国华,傅伯杰,方精云.中国森林碳库动态及其对全球碳平衡的贡献[J].生态学报,2000,20(5):733-740.
- [7] 赵敏,周广胜.中国森林生态系统的植物碳储量及影响因子分析[J].地理科学,2004,24(1):51-55.
- [8] 叶功富,林银森,吴寿德,等.1996a.木麻黄林生产力动态变化的研究[J].防护林科技,(专刊):17-20.
- [9] 叶功富,张水松,黄传英,等.木麻黄人工林地持续利用问题的探讨[J].林业科技开发,1994,8(4):18-19.
- [10] 陈金耀.天然杉木混交林及主要伴生树种凋落物动态变化[J].福建林学院学报,1998,18(3):255-259.
- [11] 阮宏华,姜志林,苏高铭.苏南丘陵主要森林类型的碳循环研究,含量与分布规律[J].生态学杂志,1997,16(6):17~21.
- [12] 李意德,吴仲民,曾庆波,等.尖峰岭热带山地雨林生态系统碳平衡的初步研究[J].生态学报,1998,18(4):371~378.