

东南滨海沙地主要造林树种的生物量与能量

张清海¹,叶功富²,林益明³

(1. 广东省农业科学院情报研究所,广东 广州 510640;2. 福建省林业科学研究院,福建 福州 350012;
3. 厦门大学生命科学院,福建 厦门 361005)

摘要:应用 GR - 3500 型氧弹式热值仪测定了福建省东山县赤山林场木麻黄林、厚荚相思林和湿地松林的
能量现存量,结果表明:木麻黄林现存生物量为 156.82 t/hm²,各组分热值(总能量与总生物量的比值)处于
19.84~21.70 kJ/g,整个林分平均热值为 20.26 kJ/g,能量现存量为 3 177.95 GJ/hm²,干的能量最大占总量
38.09%,果的能量最小占总量 0.77%;厚荚相思林现存生物量为 149.51 t/hm²,各组分干重热值为 19.98~
23.48 kJ/g,整个林分平均热值为 20.59 kJ/g,能量现存量 3 079.16 GJ/hm²,干的能量最大占总量 57.67%,果
的能量最小占总量 3.06%;湿地松林现存生物量 142.22 t/hm²,各组分干重热值处于 20.53~21.54 kJ/g,整
个林分平均热值为 21.00 kJ/g,能量现存量为 2 986.28 GJ/hm²,其中干的能量最大占总量 35.08%,枯枝的最
小。3 树种林分具有较高的现存生物量、能量现存量、各组分热值和整体平均热值,体现出较高的太阳能利用
率。可见从热值与生物量的角度看,木麻黄、厚荚相思和湿地松是海岸沙地造林的良好树种。

关键词:木麻黄;湿地松;厚荚相思;生物量;能量

中图分类号:S718.55

文献标识码:A

文章编号:1000-2006(2007)03-0143-04

Study on Biomass and Energy of Main Species Plantation on the Coast Sandy in the South East of China

ZHANG Qing-hai¹, YE Gong-fu², LIN Yi-ming³

(1. Institute of Sci-Tech Information Guangdong Academy of Agriculture Science, Guangzhou 510640, China; 2. Fujian Academy
of Forestry, Fuzhou 350012, China; 3. School of Life Sciences Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: By burning samples in a GR - 3500 Oxygen Bomb Calorimeter, the caloric values of
plant samples were tested and then calculated the total amounts of energy of *Casuarina equi-*
setifolia plantation, *Pinus elliottii* plantation and *Acasia crassicarpa* plantation at Chishan
forestry centre in Dong shan county Fujian province. The results were showed as follows:
The standing biomass and energy were 156.82 t/hm² and 3 177.95 GJ/hm² in *C. equisetifolia*
plantation, and the gross caloric values were between 19.84 kJ/g and 21.70 kJ/g, with total
average 20.26 kJ/g (The ratio of total energy to total biomass). The energy distribu-
tion among components were: trunk occupied 38.09% of total, the largest ratio of components,
while fruit on the other hand, was 0.77%; While in the *A. crassicarpa* plant, the standing bi-
omass and energy were 149.51 t/hm² and 3 079.16 GJ/hm², respectively. The caloric were
from 19.98 kJ/g to 23.48 kJ/g with total average 20.59 kJ/g. The components energy struc-
ture were as follows: Truck occupied 57.67% of total, while dead branch only 3.06% in the
other side. In the *P. elliottii* plantation, standing biomass was 142.22 t/hm². Caloric value of
components range from 20.53 kJ/g to 21.54 kJ/g, with total average 21.00 kJ/g. While
standing energy was 2 986.28 GJ/hm². From all the above, three species of plantation with
higher standing biomass, standing energy, high caloric values of components and total average
values, showed that they had higher ratio of solar energy utilization. So *C. equisetifolia*, *A.*
crassicarpa and *P. elliottii* were very suitable species to coastal sandy cultivation.

Key words: *Casuarina equisetifolia*; *Pinus elliottii*; *Acasia crassicarpa*; Biomass; Energy

收稿日期:2005-09-06

修回日期:2006-09-06

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2002BA516A16-15)

作者简介:张清海(1975-),男,硕士生,研究方向为森林生态学。

1 材料与方法

1.1 实验地概况

试验地位于福建省东山县赤山林场(117°18' E, 23°40' N), 属亚热带海洋性季风气候, 年均降雨量 1 164 mm, 年均蒸发量 2 028 mm, 全年干湿季节明显, 每年 11 月至翌年 2 月为旱季, 大部分降水集中于 5~9 月, 全年无积雪, 霜冻天极少, 年均气温 20.8℃, 绝对最高气温 36.6℃, 绝对最低气温 3.8℃。土壤主要是沙土, 沙土层厚, 立地贫瘠, 保水肥能力差, 全年海风大, 立地干旱。试验树种为木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)、厚荚相思(*Acacia crassicaarpa*)、湿地松(*Pinus elliottii*)。试验林为 1992 年营造, 位于基干林带后沿。初始造林密度 2 500 株/hm²。木麻黄林现有密度 1 425 株/hm², 平均胸径 13.66 cm, 平均树高 13.07 m, 郁闭度大于 0.9, 无林下灌木, 草本稀少; 厚荚相思林密度为 835 株/hm², 平均胸径 20.60 cm, 平均树高 13.86 m, 郁闭度大于 0.9, 林下无灌木; 湿地松林 2 393 株/hm², 平均胸径 11.55 cm, 平均树高为 7.94 m, 郁闭度大于 0.9, 林下没有灌木, 草本稀少。

1.2 各林分生物量、热值、灰分及能量现存量测定

2002 年 11 月在木麻黄林、厚荚相思林、湿地松林中各设 20 m × 20 m 样地 3 块, 对样地内林木进行每木检尺和树高测定, 根据每木检尺的胸径和树高值, 选取平均木, 进行树干按 2 m 区分段法进行树干解析, 枝叶部分采用分层收获法, 地下部分采用壕沟法。现场称取各组分鲜重, 并取样回实验室, 在 80℃ 下烘干待测, 另取小样在 105℃ 下烘干, 求含水率。根据各组分干湿比, 求各组分生物量。林下无灌木, 草本稀少的, 此研究中不予考虑。

所有采集样品在 80℃ 烘干, 磨粉处理后过 6 号筛贮存备用, 用热量计法测定热值, 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)表示。测定环境是在 20℃ 左右(空调控制), 每样品重复 2~3 次, 直到误差控制在 ±0.20 kJ, 每次实验将仪器用苯甲酸标定。灰分测量采用干灰化法, 样品在马福炉中 550℃ 下灰化 5 h 后测定灰分含量, 每次测定一个样品 3 个重复, 误差控制在 0.5% 之内。去灰分热值 = 干重热值 / (1 - 灰分含量)。去灰分热值除去灰分含量不同的干扰, 更能够反映植物体各组分热值情况。能量现存量根据植物体各组分平均热值和各组分生物量相乘, 得各组分能量现存量, 各组分能量现存量累加得整个林分的能量现存量。

2 结果与分析

2.1 林分现存生物量分布

生物量是指植物群落中一定时间内单位面积上的植物量, 通常是指活植物体及其上枯死植物体。生物量是森林生态系统中生命活动的物质基础, 是食物链的物质与能量起源, 为整个生态系统运转和功能实现提供了物质和能量基础。木麻黄、厚荚相思、湿地松的生物量见表 1。

木麻黄林现存生物量 156.82 t/hm², 干生物量最大 60.85 t/hm², 占 38.80%, 果的最小为 1.21 t/hm², 占 0.77%, 各组分从大至小顺序为干、枝、根、叶、皮、枯枝、果。

厚荚相思林分中现存生物量 149.51 t/hm², 干生物量最大, 占 57.83%, 枯枝的最小, 占 3.12%, 各

组分从大至小顺序为干、根、皮、枝、叶、果、枯枝。与南亚热带森林生态系统相比, 厚荚相思林分生物量高于鹤山 7 年生马占相思林(*Acacia mangium*)的 124.23 t/hm² 和马占相思与豆科 7 年生混交林的 110.08 t/hm²[1], 低于鼎湖山格木(*Erythrophleum fordii*)天然林生物量的 568.17 t/hm² 和黑石顶天然林生物量的 357.98 t/hm²[2]。与中亚热带森林生态系统相比, 低于武夷山天然甜槠林的(*Castanopsis*

表 1 木麻黄、厚荚相思、湿地松纯林的生物量现存量

Table 1 The standing crop of biomass *C. equisetifolia*, *A. crassicaarpa* and *P. elliottii* plantation t/hm²

部位 Part	生物量(所占总的比例) Biomass(proportion)		
	木麻黄	厚荚相思	湿地松
叶	24.70(15.75)	8.39(5.61)	13.57(9.54)
枝	30.50(19.45)	12.53(8.38)	13.26(9.32)
皮	10.87(6.93)	13.10(8.75)	10.04(7.06)
根	27.37(17.45)	19.14(12.82)	46.76(32.88)
枯枝	1.33(0.85)	4.66(3.12)	0.33(0.23)
干	60.85(38.80)	86.46(57.83)	50.27(35.35)
果	1.21(0.77)	5.23(3.49)	7.99(5.62)
总计	156.82(100.00)	149.51(100.00)	142.22(100.00)

注: 所占比例为 %。

eyrei) 407.30 t/hm^{2[3]};与暖温带阔叶林相比,高于辽东栎(*Quercus liaotungensis*)的 117.6 t/hm^{2[4]}。林地上部分生物量是地下的 6.81 倍,主根不明显,根系分布较浅,分布在 0~80 cm 土层。

湿地松纯林中现存生物量 142.22 t/hm²,干生物量最大,占 35.35%,果的生物量占 5.62%。各组分从大至小顺序为干、根、叶、枝、皮、果、枯枝。与南亚热带森林生态系统相比,高于鹤山 5 年生湿地松林的现存生物量 102.26 t/hm² 和 14 年生马尾松林的现存生物量 108.77 t/hm^{2[11]},低于鼎湖山针叶林的现存生物量 184.74 t/hm² 和黑石顶自然保护区马尾松天然林的 167.74 t/hm^{2[5]};地上部分生物量是地下部分生物量 2.04 倍。湿地松主根明显,根系分布较深,主根可达 150 cm 土层。

2.2 林分能量现存量及其分布

2.2.1 林分中各组分热值

木麻黄各组分灰分含量为 0.65%~5.52%,厚荚相思各组分灰分含量为 0.65%~3.5%,湿地松各组分灰分含量为 0.67%~2.23%。3 种林分及其中各组分干重热值、去灰分热值见表 2。

表 2 木麻黄、厚荚相思、湿地松林分中各组分灰分含量、干重热值、去灰分热值和能量

Table 2 The ash content, gross caloric value, ash free caloric value and energy of various components in *C. equisetifolia*, *A. crassicaarpa*, *P. elliptii* plants

林分 组分 Components	灰分含量 Ash content %			干重热值 Gross caloric value/(kJ·g ⁻¹)			去灰分热值 Ash free caloric value/(kJ·g ⁻¹)			能量 Energy/(GJ·hm ⁻²)		
	木	厚	湿	木	厚	湿	木	厚	湿	木	厚	湿
叶	4.70	3.50	2.11	21.70	23.48	21.54	22.86	24.33	22.00	535.90	197.07	292.34
枝	2.66	1.35	1.38	20.31	20.11	21.46	20.87	20.38	21.76	619.13	252.05	284.56
皮	3.62	1.22	2.03	19.98	20.54	21.12	20.73	20.79	21.56	217.12	269.02	212.08
根	2.07	1.93	2.23	19.84	19.98	20.93	20.25	20.37	21.41	543.01	382.43	978.61
枯枝	1.72	0.65	1.06	21.16	20.21	21.42	21.53	20.34	21.65	28.06	94.15	6.99
干	0.65	0.68	0.67	20.35	20.54	20.84	20.48	20.68	20.98	1 210.32	1 775.91	1 047.61
果	5.52	1.12	1.73	20.17	20.75	20.53	21.35	20.99	20.89	543.01	108.52	164.09

注:木指木麻黄;厚指厚荚相思;湿指湿地松。

木麻黄和厚荚相思林各组分中,根干重热值均最低,这与林益明等研究武夷山天然甜槠林的结果一致^[3]。湿地松各组分中,叶干重热值最高,是因为含有树脂和松节油;果干重热值最低,是因为松果纤维素含量高的缘故。

通过干重热值(y)与灰分含量(x)的相关分析表明,木麻黄各组分干重热值与灰分含量的相关性不显著,相关方程为: $y=0.007x+20.31$ ($r=0.17$, $p=0.06>0.05$);厚荚相思林各组分的干重热值与灰分含量具有显著的线性相关,相关方程为: $y=1.0159x+19.285$ ($r=0.826$, $p=0.03<0.05$);湿地松各组分的干重热值与灰分含量显著的线性相关,相关方程为: $y=0.0201x+21.088$ ($r=0.032$, $p=0.07>0.05$)。干重热值与灰分含量的相关性与物种、立地和日照相关。

2.2.2 林分能量现存量

木麻黄林各组分能量从大到小顺序为:干、根、皮、枝、叶、果、枯枝,地上部分能量是地下部分能量的 4.85 倍;厚荚相思林中,各组分能量从大到小顺序为:干、枝、根、叶、皮、枯枝、果,地上部分能量是地下部分能量的 7.05 倍;湿地松林中,林分各组分能量含量从大到小顺序为:干、根、叶、枝、皮、果、枯枝,地上部分能量是地下部分能量的 2.05 倍(表 2)。

木麻黄能量现存量 3 696.55 GJ/hm²,厚荚相思林能量现存量 3 079.15 GJ/hm²,与南亚热带森林生态系统相比,要高于鹤山 7 年生大叶相思(*Acacia auriculaeformis*)林的 1 722.00 GJ/hm² 和 7 年生马占相思林的 2 782.00 GJ/hm^{2[11]}。与中亚热带森林生态系统相比,要低于武夷山甜槠天然林的 7 805.80 GJ/hm^{2[3]}。湿地松林能量现存量 2 986.28 GJ/hm²,与南亚热带森林生态系统相比,高于鹤山针叶混交林的 1 320.00 GJ/hm^{2[11]}。此次调查的 3 树种林分能量现存量都小于中亚热带 34 年生木美红豆 4 839.20 GJ/hm^{2[6]}。

3 讨论

木麻黄、厚荚相思、湿地松都有较高现存生物量,其中以木麻黄纯林最大,其次厚荚相思,湿地松最

小,但它们间相差不大不存在显著差异。3种林分各组分中干占总量的35.35%以上,且三者中以厚荚相思最大,木麻黄其次,湿地松最小。同样它们三者都具有发达的根系,其中湿地松最大,其次木麻黄,厚荚相思最小。生物量在组织器官上分配体现出了木麻黄、厚荚相思、湿地松在滨海沙地上有很好的生长适应性,健壮的主干有利于抗御台风,发达的根系有助于抵抗台风、固定土壤和吸收养分。

通过对3种林分各组分灰分含量 t 检验,结果表明:木麻黄林与厚荚相思林($t=2.90, f=7, p=0.02$),木麻黄林与湿地松林($t=2.73, f=7, p=0.03$)各组分灰分存在显著差异。厚荚相思林与湿地松林各组分灰分含量不存在显著差异。灰分含量高低与植物吸收元素量有关,氮、磷、钾、镁等营养元素密切参与植物的生命过程,所以它们主要集中于生命活动旺盛的叶中;在高度木质化的组织木材,氮、磷、钾、镁等元素含量较低^[5-6]。叶是有机物合成场所,是代谢最活跃器官,许多元素主要累积在叶中,故叶的灰分含量较高;茎部木材输导系统吸收积累元素较少,因而灰分含量较低。灰分含量高低可指示植物富集元素的作用,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,灰分含量高低可反映不同植物对矿质元素选择吸收与积累的特点^[7]。

3种林分具有较高叶热值和整个林分平均热值,体现出较高的太阳能利用率。通过对木麻黄、厚荚相思、湿地松林各组分干重热值的 t 检验,发现木麻黄与厚荚相思、厚荚相思与湿地松各组分间热值不存在显著差异;但是木麻黄与湿地松间热值存在显著的差异($t=-3.61, f=7, p=0.009$),主要是由于湿地松各器官含有较高松脂。3种林分相同组分热值存在一定差异,同一树种不同器官间也存在较大差异,不同物种和组分间热值差异主要是受自身组成(所含的营养物质)、结构和功能影响;其次,还受光照强度、日照长短及土壤类型和植物年龄影响^[3];此外,灰分含量的高低对植物的干重热值也有一定的影响^[8]。同时木麻黄、厚荚相思、湿地松在海岸沙地都具有较高的能量现存量,它们之间差异不大,有着较高的太阳能积累量。

总之,海岸沙地木麻黄、厚荚相思、湿地松林与其他林分相比,具有较高的现存生物量、能量现存量 and 热值;它们之间现存生物量、热值和能量现存量等都相差不大,都体现出对海岸沙地很好的生长适应性;各组分热值高和整个林分平均热值高,体现了较高的太阳能利用率。可见木麻黄、厚荚相思、湿地松是滨海沙地很好的造林树种。

[参 考 文 献]

- [1] 彭少麟. 热带亚热带恢复生态系统研究与实践[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [2] 蚁伟民,张祝平,丁明懋,等. 鼎湖山格木群落的生物量和光能利用效率[J]. 生态学报,2000,20(2):397-403.
- [3] 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.
- [4] 桑卫国,苏宏新,陈灵芝. 东灵山暖温带落叶阔叶林生物量和能量密度研究[J]. 植物生态学报,2002,26(增刊):88-92.
- [5] 杨清培,李鸣光,李仁伟. 广东黑石顶自然保护区马尾松群落演替过程中的材积和生物量动态[J]. 广西植物,2001,21(4):295-299.
- [6] 林瑞余,谢锦升,蔡丽平,等. 木美红豆群落的能量现存量[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(1):37-40.
- [7] 林益明,林鹏,王通. 几种红树植物木材热值和灰分含量的研究[J]. 应用生态学报,2000,11(2):181-184.
- [8] 林益明,黎中宝,陈奕源,等. 福建华安竹园一些竹类植物叶的热值研究[J]. 植物学通报,2001,18(3):356-362.

(责任编辑 王国栋)