

天然更新檫木林的能量分析

张琼, 洪伟, 吴承祯, 何东进, 柳江

(福建农林大学林学院, 福建 南平 353001)

摘要 在测定天然更新檫木林的檫木 [*Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl.] 各器官热值的基础上, 建立檫木能量回归模型, 进而计算了群落能量现存量。结果表明: 檫木各器官热值具有一定差异, 其中叶的热值最大, 树干的热值最小; 檫木树干、枝、根及全树的能量与 D 和 D^2H (D 为胸径, H 为株高) 回归关系达到极显著水平, 而叶的能量与 D 和 D^2H 回归关系不明显; 各径级檫木树干能量的 70% 以上聚集在树干下部; 不同径级檫木枝的能量分布不同, 大径级主要集中在枝的中上部, 中小径级主要集中在枝的下部; 天然更新檫木林檫木的能量现存量为 $1.23 \times 10^6 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, 从大至小排序依次为树干(72.58%)、根(20.15%)、枝(7.08%)、叶(0.19%)。

关键词: 檫木; 热值; 模型; 能量

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2004)02-0036-04

Energy analysis of the natural regenerated forest of *Sassafras tsumu* ZHANG Qiong, HONG Wei, WU Cheng-zhen, HE Dong-jin, LIU Jiang (Forestry College of Fujian Agricultural and Forestry University, Nanping 353001, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2004, 13(2): 36-39

Abstract: The caloric value of each organ, energy of single tree and the standing crop of energy of *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl. in the natural regenerated forest of *S. tsumu* were analysed. The results indicated that there were differences in caloric values of different organs, in which the caloric value of leaf was the highest and trunk the lowest. The energy models of *S. tsumu* were set up by investigating and analyzing the average tree in different diameter grades. The energy of trunk, branch, root and tree has a significant relationship with D and D^2H except for the leaf. The vertical distribution of energy showed over 70% energy of trunk was stored under half, but the energy patterns of the branch in different diameter grades were different, which the most energy of branch was stored upper half at big diameter grades and was contrary at middle-small diameter grades. The standing crop of energy of *S. tsumu* was $1.23 \times 10^6 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, which was mostly concentrated in the trunk (72.58%), the root (20.15%) and scarcely in the branch (7.08%) and the leaf (0.19%).

Key words: *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl.; caloric values; model; energy

檫木 [*Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl.] 为樟科檫木属 (*Sassafras* Treu) 树种, 喜光, 适宜于温暖多雨气候, 在肥厚湿润酸性红黄壤中生长良好。檫木速生, 干直, 人工林 10 a 生, 一般高 8~10 m、胸径 10~15 cm。木材淡黄、坚硬、细致、纹理美观、耐腐, 为建筑、车辆、造船、家具良材; 种子含油 20%, 用于油漆; 果、叶和根可提取芳香油; 树形挺拔、冠开展、叶型奇特且秋时红艳, 是良好的行道树^[1]。因此, 对其开展多方面的研究可为檫木综合利用提供理论依据。但目前有关檫木的研究主要集中在种群生态及混交技术研究^[2~4], 而有关其能量生态研究未见报道。本文采用干物质和热值测定相结合的方法, 通过对标准木各器官能量的测定, 建立了檫木单木各器官能量模型, 分析天然更新檫木林能量现存量, 旨

在揭示天然更新檫木林的能量特性, 为阔叶林营造提供参考。

1 研究方法

1.1 样地设置与调查

调查地区位于福建省建阳市, 其自然概况及群落状况见文献[5]。2000年4月在檫木分布的典型地段设置3块30m×40m的样地, 对样地内乔木层

收稿日期: 2003-07-07

基金项目: 福建省科学技术厅重大资助项目(2001F007, 2001Z025)

作者简介: 张琼(1980-), 女, 河南郑州人, 硕士, 主要从事森林生态学方面的研究。

物种记录种名并进行每木检尺,记录株数、胸径、树高、冠幅,在此基础上,选择样地内不同径级的 7 株标准木分层进行生物量测定。

调查林分主要由橡木和丝栗栲 (*Castanopsis fargesii* Franch.) 组成,郁闭度为 0.8 左右,其中橡木平均高为 13.40 m,平均胸径为 14.12 cm,演替时间约为 20 a,3 块样地海拔分别为 250、270 和 300 m,坡度分别为 25°、30°和 35°,土壤为山地红黄壤。

1.2 生物量测定

采用相对生长法,将标准木齐地伐倒后,以 2 m 为间距从下至上分层切割测定,分层称量各层的树干和树枝鲜质量,叶片为全树收集后称量。在各层的干和枝中分别抽取一定量的样品,叶片为全株混合后取样。根系采用全挖法处理,根挖至水平分布和垂直分布的边缘,测量根幅和根深,将粗根和细根分别收集、取样。将所有样品标记后,带回实验室,干燥箱内 105℃烘至恒重。

1.3 热值测定

用氧弹式热量计 (GR-3500 型,长沙仪器厂生产)测定各器官样品的热值,每个样品重复 2~3 次,相对误差控制在 ±1% 之间。热值用 1 g 干物质在完全燃烧情况下所释放的总热量表示^[6]。

1.4 标准木能量计算与模型拟合

用标准木的各层次各器官的干质量乘以对应的热值得到各个标准木干、枝、叶、根的能量。各器官的能量与胸径、树高的关系采用幂函数模型拟合,确定橡木单株的能量模型,从而推算橡木林分能量特征。

2 结果与分析

2.1 橡木各器官的热值

植物热值是对植物含能产品能量水平的度量,可反映绿色植物对太阳辐射能的利用状况^[5]。应用相对生长法测定橡木各器官各层次热值,结果表明(表 1),树干的各层热值为 19.681~22.231 kJ·g⁻¹,枝的各层热值为 19.286~21.939 kJ·g⁻¹,变化幅度较大。大量的热值测定研究表明,不同的乔木树种热值存在较大的差异,例如杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 各器官的热值为 19.384~20.384 kJ·g⁻¹,火力楠 (*Michelia macclurei* Dandy) 为 18.945~19.644 kJ·g⁻¹,桤木 (*Alnus cremastogyne*

Burkill) 为 19.90~22.78 kJ·g⁻¹,柏木 (*Cupressus funebris* Endl.) 为 20.15~22.57 kJ·g⁻¹^[7,8]。李意德等^[9]对尖峰岭山地雨林 67 种乔木能量热值进行了测定,样品最高热值达 23.153 kJ·g⁻¹,最低的约为 15.000 kJ·g⁻¹。已有的研究表明,不同树种各器官热值大小顺序也有许多相异之处,一些种的热值以干材最高,但一些树种以树叶的热值最高^[9],本研究中橡木各器官平均热值为 20.583~22.039 kJ·g⁻¹,从高至低依次为叶、枝、根、树干,与侯庸等对黑石顶南亚热带常绿阔叶林乔木层各器官热值的研究是一致的^[10]。橡木各器官热值以及同一器官不同层次的热值差异是因为脂肪、蛋白质和碳水化合物的含量不同所致^[6]。

表 1 单株橡木各器官热值

Table 1 Caloric values of different organs in tree of *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl.

部位 Parts	平均热值/kJ·g ⁻¹ Average caloric value	标准差 Standard deviation
树干 Trunk	20.538	0.760
枝 Branch	21.124	0.916
叶 Leaf	22.039	0.121
根 Root	21.138	0.130

2.2 橡木能量模型

选择 $W = aD^b$ 和 $W = a(D^2H)^b$ 这 2 个模型对橡木单株木的能量与胸径 (D)、树高 (H) 之间的关系用 SPSS 统计程序进行模拟,其中 W 为橡木各器官能量, D 为胸径, H 为树高。结果表明(表 2),用模型 $W = aD^b$ 和模型 $W = a(D^2H)^b$ 拟合根、枝、树干和全树能量与 D 、 H 之间的关系,均达到极显著水平。树干、枝和全树能量模型 $W = a(D^2H)^b$ 的相关系数均大于模型 $W = aD^b$ 的相关系数,但差异不明显,考虑到模型 $W = aD^b$ 自变量中只涉及胸径 1 个因子,所以用该模型对单株的根、树干、枝和全树能量进行估计。2 个模型对叶的能量模拟均没达到显著水平,说明在 4 月份调查时,叶的能量与胸径、树高的相关性不明显,不能用这 2 个模型进行叶的能量估计。

2.3 地上部分能量的垂直分布

分别对胸径 $D \leq 10$ cm、 10 cm $< D \leq 20$ cm、 $D > 20$ cm 的平均木分层测定其生物量及热值,并计算出各层的能量^[11](见表 3)。橡木 3 个径级的干材能量垂直分布均呈金字塔形,枝的能量垂直分布呈金字塔形或棱形。干材能量大多贮藏在干材下半部

分,占70%以上;不同径级橡木枝的能量分布不同,大径级主要集中在中上部,中小径级主要集中在下部。干材下半部分能量贮量大,其大小标志着橡木

的木材产量的水平,也就是说树干下半部分的出材率高于上半部分,下半部分的能量高于上半部分^[12]。

表2 单株橡木各器官能量模型¹⁾

Table 2 Regression models of energy in different organs of *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl. individual and their test¹⁾

部位 Parts	模型 Model	r	F	模型 Model	r	F
干 Trunk	$W = 1.100 4D^{2.676}$	0.970	79.185**	$W = 0.461 3(D^2H)^{0.996}$	0.978	107.794**
枝 Branch	$W = 0.009 97D^{3.484}$	0.967	71.977**	$W = 0.001 1(D^2H)^{1.297}$	0.974	93.079**
叶 Leaf	$W = 0.092 5D^{1.332}$	0.573	2.445	$W = 0.063 7(D^2H)^{0.489}$	0.569	2.393
根 Root	$W = 0.160 7D^{2.896}$	0.988	199.149**	$W = 0.079 8(D^2H)^{1.048}$	0.967	72.705**
全树 Tree	$W = 1.053 7D^{2.767}$	0.988	200.420**	$W = 0.726 9(D^2H)^{1.025}$	0.990	255.537**

1) W: 能量 Energy; D: 胸径 DBH; H: 树高 Tree height. **: 极显著差异 Significant difference at $P < 0.01$

表3 不同径级单株橡木能量垂直分布¹⁾

Table 3 The vertical distribution of energy of *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl. individual¹⁾

高度/m Height	不同径级的能量/kJ Energy in different diameter grades								
	$D > 20$ cm			$10 \text{ cm} < D \leq 20$ cm			$D \leq 10$ cm		
	树干 Trunk	枝 Branch	根 Root	树干 Trunk	枝 Branch	根 Root	树干 Trunk	枝 Branch	根 Root
18~20	29.521 5	9.872 6	1 819.193 1	-	-	439.446 8	-	-	39.212 1
16~18	103.464 4	108.243 3	-	-	-	-	-	-	-
14~16	187.531 3	231.220 3	-	-	-	-	-	-	-
12~14	275.359 5	197.729 3	-	57.411 6	13.682 2	-	-	-	-
10~12	389.571 0	56.607 0	-	51.143 7	27.583 9	-	-	-	-
8~10	434.988 0	24.915 2	-	125.438 4	47.062 0	-	12.948 5	2.981 3	-
6~8	635.544 0	39.729 2	-	187.636 8	66.742 9	-	20.579 5	6.171 5	-
4~6	680.108 0	-	-	236.379 0	-	-	46.031 7	-	-
2~4	815.877 7	-	-	304.564 7	-	-	54.243 6	-	-
0~2	891.134 1	-	-	343.392 1	-	-	58.987 6	-	-

1) -: 树干或枝在相应的高度没有生长 Trunk or branch hasn't growth in relevant height.

2.4 橡木各器官能量现存量

根据橡木各器官的能量模型 $W = aD^b$ 及调查所得的每株橡木的胸径估算出橡木林根、干、枝的能量现存量。由于叶与 D 和 D^2H 之间的回归关系不明显,且能量占有比例很小,所以采用平均木的叶的能量乘以样地内橡木株数再除以样地总面积得出叶的能量现存量。各器官的能量现存量分配规律从高至低依次为树干、根、枝、叶(见表4)。绝大部分能量集中在干材中(72.58%),一部分集中在根中(20.15%),较少部分集中在枝(7.08%)和叶(0.19%)中,这是因为干材每年积累的能量流失很少,而根、枝、叶的能量均有不同程度的流失,尤其是作为落叶树种的橡木叶每年的能量都随落叶而丧失,因而所占比例小^[13,14]。而且本次研究调查取样的时间是在4月份,橡木叶还没有生长完全,生物量

较小,所以能量现存量所占比例只有0.19%。

不同器官能量分配不一样还与其承担的功能不同有关。橡木是喜光树种,生长迅速,整个树体要争取更多的阳光和空间,必须不断向上争夺空间,避免被别的树木所阴蔽,树干还要支撑起上部的枝叶,所以占有能量大;橡木生长迅速,强大的根系保证能从土壤中吸收足够的养分和水分,并且还要支撑起整

表4 天然更新橡木林中橡木各器官能量现存量

Table 4 The standing crop of energy in different organs of *Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl. in the natural regenerated forest

部位 Parts	能量现存量/kJ·hm ⁻² The standing crop of energy	百分率/% Percentage
树干 Trunk	8.89×10^5	72.58
根 Root	2.47×10^5	20.15
枝 Branch	8.67×10^4	7.08
叶 Leaf	2.32×10^3	0.19
全树 Tree	1.23×10^6	100.00

个地上部分,所以占有的能量也较大;叶是主要的能量吸收器官,利用光合作用产生初级能量,分配给不同的器官,但橡木为落叶树种且受调查时间限定,新叶量本身不多,故此时其本身积累的能量也较少。

3 结 论

1) 天然更新橡木林中橡木各器官热值存在一定差异,从高至低依次为叶、枝、根、树干。树干和枝的不同层次上热值也存在一定的差异。

2) 根据标准木各器官的能量及全树能量与其胸径(D)和树高(H)的回归关系,建立了模型 $W = aD^b$ 和 $W = a(D^2H)^b$ 。除树叶外,根、干、枝及全树能量与 D 和 (D^2H) 回归关系均极其显著。

3) 天然更新橡木林中各径级橡木树干能量的70%以上贮存于下半部;不同径级个体枝的能量分布不一样,大径级个体主要集中在中上部,中小径级个体主要集中在下部。

4) 天然更新橡木林中橡木能量现存量 of $1.23 \times 10^6 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其中干的能量现存量为 $8.89 \times 10^5 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, 根为 $2.47 \times 10^5 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, 枝为 $8.67 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, 叶为 $2.32 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{hm}^{-2}$, 从高至低依次为干、根、枝、叶。

参考文献:

- [1] 树木学(南方本)编写委员会. 树木学(南方本)[M]. 北京:中国林业出版社, 1994.
- [2] 柳江,洪伟,吴承祯,等. 天然更新橡木竞争规律研究[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(2): 240-243.
- [3] 洪伟. 森林生态系统经营研究[M]. 北京:中国林业出版社, 2001. 214-218.
- [4] 程煜,闫淑君,洪伟,等. 橡木群落主要树种分布格局及其动态分析[J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(1): 32-37.
- [5] 朱慧,洪伟,吴承祯,等. 天然更新的橡木林根系生物量的研究[J]. 植物资源与环境学报, 2003, 12(3): 31-35.
- [6] 祖元刚. 能量生态学引论[M]. 长春:吉林科学出版社, 1990.
- [7] 张家武,赵吉录,陈楚堂,等. 杉木和火力楠树种及其林分热量的研究[J]. 生态学杂志, 1988, 7(5): 26-29.
- [8] 彭培好,王金锡,胡振宇,等. 人工桉柏混交林生态系统的能量特征[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 113-118.
- [9] 李易德,吴仲民,曾庆国,等. 尖峰岭热带山地雨林主要种类能量背景值测定分析[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 1-10.
- [10] 侯庸,王伯荪,张宏达,等. 黑山顶亚热带常绿林生态系统能量现存量[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1997, 36(1): 75-78.
- [11] 柳江,洪伟,吴承祯,等. 天然更新橡木林的生物量与生产力[J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10(2): 105-110.
- [12] 郭明辉,李晓敏,吴庆,等. 天然三大硬阔林能量结构的研究[J]. 东北林业大学学报, 1995, 23(5): 51-56.
- [13] 林光辉,海连,秋茄两种红树群落的能量的研究[J]. 植物生态学与地植物学报, 1988, 12(1): 33-37.
- [14] 陶金川. 银鹊树群落生物量和能量的分配[J]. 植物生态学与地植物学报, 1990, 14(4): 319-326.

《植物资源与环境学报》启事

根据《中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED2003)》5480种统计刊源120余万篇中文论文引用参考文献及“中国期刊网”中心网站2002年全文下载记录的统计,并经综合评价分析,《植物资源与环境学报》2003年度文献计量指标及Web下载量报告如下:总被引频次269;影响因子0.5227;即年指标0.0536;他引率0.9182;被引半衰期5.0;2002载文量56;Web下载量3959。

为了扩大科技期刊的信息交流,充分实现信息资源共享,

《植物资源与环境学报》已先后加入《中国学术期刊(光盘版)》和“万方数据——数字化期刊群”等数据库,因此,凡在本刊发表的论文将编入数据库供交流、查阅及检索,作者的著作权使用费与本刊稿酬一次性给付,不再另付。如作者不同意将文章编入数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《植物资源与环境学报》编辑部

2004-04-15