

天然更新的檫木林的生物量和生产力

柳江¹ 洪伟² 吴承祯² 何东进² 毕晓丽² 闫淑君²

(1.中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650; 2.福建农林大学林学院, 福建 南平 353001)

摘要:通过对标准木的测定,建立相对生长方程,研究了福建省建阳书坊林场天然更新的檫木(*Sassafras tzumu*)林分的生物量和生产力,结果表明:20年生檫木林分平均现存生物量为58 693 kg hm⁻²,平均年生产力为4 259 kg hm⁻²,檫木生物量与胸径间存在极显著回归关系,大部分生物量集中于树体中下部,生物量的径级分布以20cm径级积累值最大。这些结果对阔叶林的营造及其生态系统结构与功能的研究具有现实意义。

关键词:天然更新; 檫木; 生物量; 生产力

中图分类号: S718.556

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2002)02-0105-06

Biomass Production and Productivity of Natural Regenerated *Sassafras tzumu* Trees

LIU Jiang¹ HONG Wei² WU Cheng-zhen² HE Dong-jin² BI Xiao-li² YAN Shu-jun²

(1. South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China)

Abstract: Biomass production and productivity of a *Sassafras tzumu* forest were measured by models of allometry method in Jianyang Shufang Forest Farm of Fujian Province. The forest was naturally regenerated by dominant *S. tzumu* after final cutting of *Cunninghamia lanceolata* plantation at about 20 year's succession with density of *S. tzumu* trees ca. 480 individuals per ha. The results showed that mean total biomass production and mean annual productivity of *S. tzumu* trees were 58 693 kg hm⁻² and 4 259 kg hm⁻², respectively. Vertical distribution of biomass indicated that most biomass was accumulated below middle height of trees. In accordance with the diameter class distribution of biomass, the maximum biomass appeared at trees with 20 cm dbh. This research is useful for broad-leaved forest planting.

Key words: Natural regeneration; *Sassafras tzumu*; Biomass; Productivity

由于人工针叶林和毛竹林的大量营造,对阔叶林破坏严重,同时人工林分结构不合理,地力下降,病虫害频繁等诸多隐患日益显现,生态系统的自我调节能力逐渐减弱。为改善这种状况,采用天然更新或人工营造阔叶林和针阔叶混交林日益受到重视,而天然

收稿日期: 2001-05-09 接受日期: 2001-07-31

基金项目: 福建省自然科学基金重大项目(2000F007)

更新的阔叶林群落具有重要的研究价值。檫木 (*Sassafras tzumu*) 是我国南方阔叶林主要造林树种, 具有广泛的经营前景, 但由于日灼、病虫害以及阔叶林经营技术尚不完善等原因, 其纯林成林率较低。以往对檫木的研究主要集中在生物学特性、营养元素分配、林地土壤以及与人工混交林的生物量 and 生产力对比描述^[1-3], 本文对福建建阳市书坊乡的以檫木为优势种群的天然更新群落进行了生物量 and 生产力的研究。关于森林生物量 and 生产力的研究, 已报道的资料比较丰富^[4-12]。本文利用前人的研究方法, 建立檫木单木生物量模型, 并以此估计檫木的生产力, 对其生长规律 and 生产潜力进行探讨, 为更好地营造阔叶林提供指导, 这对阔叶林群落生产力和生态系统功能的进一步研究也具有理论和现实意义。

1 研究区自然概况

研究区位于福建建阳市书坊乡的林场, 东经 $117^{\circ} 27' - 117^{\circ} 53'$, 北纬 $27^{\circ} 35' - 27^{\circ} 55'$, 属亚热带季风性湿润气候, 年平均温度为 19°C , 平均降雨量 $1\ 800\ \text{mm}$, 年均相对湿度在 85% 左右。檫木种群分布地段海拔 $210 - 300\ \text{m}$, 坡度 $25 - 40^{\circ}$, 土壤为花岗岩发育而成的山地红黄壤, 土层较厚。檫木群落是在杉木采伐迹地上经过封山育林天然形成的, 目前, 檫木位于群落的主林层, 密度为每公顷 480 株左右, 演替时间约为 20 年。群落的郁闭度在 $0.7 - 0.9$, 主要伴生树种有丝栗栲 (*Castanopsis fargesii*)、拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*)、光皮桦 (*Betula luminifera*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)、南酸枣 (*Choerospondias axillaris*)、木荷 (*Schima superba*)、中华杜英 (*Elaeocarpus chinensis*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 等, 灌草及藤本主要有玉叶金花 (*Muaasenda pubescens*)、苦竹 (*Pleiolblastus amarus*)、莢蒾 (*Viburnum dilatatum*)、狗脊蕨 (*Woodwardia japonica*)、乌毛蕨 (*Blechnum orientale*)、芒萁 (*Dicranopteris pedata*)、绒毛省藤 (*Calamus tomentosus*) 等。

2 研究方法

样地设置与调查 参照对马尾松林^[4]、红皮云杉林^[9]等的研究, 在典型地段设置 $30\ \text{m} \times 40\ \text{m}$ 的样地, 对各样地内的檫木进行每木检尺, 记录株数、胸径、树高、枝下高、冠幅, 在此基础上, 选择样地内不同径级的 7 株标准木, 代表林分的生长状况, 同时以 $2\ \text{cm}$ 为一个径级, 各径级选择 2 至 3 株用生长锥钻芯, 测定近 2 年的胸径生长量, 共测定 30 株, 收集树下冠幅投影范围内的枯枝落叶并筛选整理。全部调查工作于 2000 年 4 月完成。

生物量测定 采用相对生长法^[4], 亦称维量分析法或相关曲线法, 即通过生物体各部分之间的相关关系来推算生物量。将标准木齐地伐倒后, 以 $2\ \text{m}$ 为间距从下至上分层切割测定, 分别称量各层的树干和树枝鲜重, 叶片为全树收集后称重, 在各层的干和枝中分别抽取一定重量的样品, 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, 以根径 $5\ \text{mm}$ 为界分粗根和细根收集称重, 取样。将所有样品标记后带回实验室, 在干燥箱内 105°C 烘至恒重。

生物量模型拟合 对收集到的数据用线性模型、幂函数模型、对数模型、多项式模型、多元逐步回归加以拟合, 确定最适的生物量模型。

生产力测定 根据生物量拟合模型,各径级胸径生长量和径级株数以及凋落物重量,用 $\Delta W_n = 1/2[\sum N_i(W_i - W_{i-2})]$ 计算椴木林分年生产力。式中, ΔW_n 为调查时椴木林分年生产力; N_i 为各径级株数; W_i 为调查时第 i 径级椴木的总生产量; W_{i-2} 为调查前 2 年第 i 径级椴木的总生产量。

3 结果和分析

3.1 椴木生物量模型的拟合

利用标准木胸径、树高和单株生物量实测数据,分别选用 $W=aD^b$ 和 $W=a(D^2H)^b$ 两个模型进行拟合,取对数后得到线性方程 $\lg W = \lg a + b \lg D$ 和 $\lg W = \lg a + b \lg(D^2H)$,其中 W 为生物量, D 为胸径, H 为树高, a , b 为参数,用最小二乘法确定回归方程,拟合结果见表 1。

表 1 椴木各器官生物量模型拟合及检验结果
Table 1 Regression models of biomass and test results for different parts of *Sassafras tzumu* trees

组分 Plant parts	模型 Model	相关系数 Correlation coefficient	F 检验值 Test value	模型 Model	相关系数 Correlation coefficient	F 检验值 Test value	
干 Trunk	鲜重 FW	$W_T=0.0393D^{2.9319}$	0.9852	165.85**	$W_T=0.262(D^2H)^{1.0273}$	0.9924	326.74**
	干重 DW	$W_T=0.0449D^{2.7115}$	0.9804	124.01**	$W_T=0.0182(D^2H)^{1.0123}$	0.9908	269.33**
枝 Branch	鲜重 FW	$W_B=0.0017D^{3.2245}$	0.9525	49.12**	$W_B=0.006(D^2H)^{1.1921}$	0.9533	49.80**
	干重 DW	$W_B=0.0015D^{3.0954}$	0.9684	75.28**	$W_B=0.006(D^2H)^{1.1390}$	0.9646	66.89**
叶 Leaf	鲜重 FW	$W_L=0.0225D^{1.2843}$	0.5620	2.31	$W_L=0.0070(D^2H)^{1.0629}$	0.5531	2.20
	干重 DW	$W_L=0.0042D^{1.3312}$	0.5731	2.44	$W_L=0.0032(D^2H)^{1.0592}$	0.5689	2.39
根 Root	鲜重 FW	$W_R=0.0138D^{2.9566}$	0.9886	214.68**	$W_R=0.0163(D^2H)^{0.4669}$	0.9646	66.91**
	干重 DW	$W_R=0.0063D^{2.9634}$	0.9859	173.36**	$W_R=0.0032(D^2H)^{1.0692}$	0.9628	63.45**
全树 Tree	鲜重 FW	$W=0.0789D^{2.8276}$	0.9909	271.25**	$W=0.0337(D^2H)^{1.0442}$	0.9906	262.35**
	干重 DW	$W=0.0507D^{2.7881}$	0.9878	201.99**	$W=0.0215(D^2H)^{1.0323}$	0.9902	251.54**

** 回归极显著,下同。Significance at the 0.01 level.

结果表明,树干生物量 W_T 、树枝生物量 W_B 、根生物量 W_R 以及全树生物量 W 与 D 和 D^2H 间的回归关系均达到极显著水平,而叶的生物量与 D 和 D^2H 间的回归关系并不显著。因此,可以利用这两个模型对椴木的干、枝、根和全树的生物量进行估计,且精度较高。考虑到模型 $W=aD^b$ 只需要测定胸径一个因子,实际应用简便易行,以该模型为好。

叶生物量在不同径级或同一径级内都有较大变动,根据实地观测,叶的大小和数量与树高 H 和冠幅 C 存在较为明显的相关性,因此结合这两个因子,建立模型 $W=a(CH)^b$ 和 $W=a_0+a_1(CH)+a_2(CH)^2+\dots+a_n(CH)^n$ 进行拟合,结果见表 2。

表 2 椴木叶生物量模型拟合及检验结果
Table 2 Regression models and test results for leaf biomass of *Sassafras tzumu* trees

叶 Leaves	模型 Model	相关系数 Correlation coefficient	F 检验值 Test value	模型 Model	相关系数 Correlation coefficient	F 检验值 Test value
鲜重 FW	$W_L=0.0019(CH)^{1.0973}$	0.8224	31.85**	$W_L=-2.2967+0.0265CH-0.0001(CH)^2$	0.9069	77.85**
干重 DW	$W_L=-0.0002(CH)^{1.1335}$	0.8365	36.55**	$W_L=-0.4503+0.0052CH-0.00005(CH)^2$	0.9142	82.36**

**Significance at the 0.01 level.

可以看出,叶生物量与 CH 间存在极显著回归关系,这两个模型可以较好地拟合叶生物量的变动,其中多项式回归的精度更高些。

进一步将檫木全树生物量与胸径 D 、树高 H 、枝下高 H_B 、冠幅 C 四个因子进行多元逐步回归,得回归方程:

$$W = -132.8092 + 24.1634D \quad r = 0.9165 \quad F = 25.91^{**}$$

结果表明,只有胸径 D 一个因子引入回归方程,说明檫木生物量与胸径的回归关系极显著,而与树高、枝下高和冠幅的关系都不显著。这可能是由于檫木的生物学特性所致。檫木生长迅速,早期树高生长很快,10 a 后趋于平缓,而胸径生长较为均匀,这使得在中、大树中树高差异并不十分显著,同时,由于该群落中位于第二层的丝栗栲、拟赤杨、光皮桦等密度较大,檫木在与它们的竞争过程中,自然整枝强烈,枝下高普遍较高,冠形相对一致,因此,胸径与生物量的关系较其他几个因子更为密切。

3.2 地下部分与地上部分生物量关系

檫木为速生树种,根系对其生长和干物质的积累起着重要作用。为分析地下部分与地上部分生物量的关系,应用标准木数据,采用逐步回归法加以拟合。结果如下:

$$W_{\text{地下}} = 5.0615 + 2.9640D \quad r = 0.9859 \quad F = 173.33^{**}$$

$$W_{\text{地下}} = 3.6783 + 0.3092W_{\text{地上}} \quad r = 0.9212 \quad F = 28.04^{**}$$

可见,檫木地下部分生物量与地上部分生物量和胸径之间都存在极显著相关关系。根据上述两个模型可以通过胸径估计檫木地下部分的生物量,同时也可以估计地上与地下部分生物量的比例,解决了生产实践中地下部分生物量不易获得的困难。

3.3 生物量的垂直分布

生物量的垂直分布规律可以反映檫木种群的生物学特性及其与生境之间的相互作用。为此分别对胸径 10cm 以下、10-20 cm 和 20cm 以上的平均木分层测定其生物量,计算某部分树体某高度区间内的生物量占该部分总生物量的百分比,结果见表 3。根据地上部分不同高度各组分生物量之和与地下部分生物量,绘制生物量的垂直分布图(图 1)。从表 3 中可见,檫木生物量从树体基部往上逐渐减少,呈塔形分布,树干 75% 以上的生物量都集中在 1/2

表 3 檫木生物量垂直分布比例 (%)

Table 3 Distribution percentage of biomass at different height levels of *Sassafras tzumu* trees with varied diameter classes

高度 Height(m)	dbh>20 cm		10cm<dbh<20cm		dbh<10cm	
	干 Trunks	枝 Branches	干 Trunks	枝 Branches	干 Trunks	枝 Branches
18-20	1.8	2.1				
16-18	2.5	15.5	0.9	2.2		
14-16	4.2	34.8	1.1	8.4		
12-14	6.3	28.7	5.6	49.6		
10-12	9.2	7.6	9.3	39.8	0.7	17.2
8-10	10.1	4.7	12.1		6.8	27.6
6-8	13.5	6.6	13.2		11.7	55.2
4-6	15.3		16.2		23.3	
2-4	17.2		18.2		26.8	
0-2	19.9		23.4		30.7	

树高以下,中上部只占很少比例,树枝生物量均集中于树体中上部,呈递减趋势或中间多两端少,由于檫木喜光的特性和自然整枝作用,枝生物量的大部分分布在梢头以下 6-8 m 区内。从三个径级的生物量垂直分布比较来看,胸径越小,树干中下部生物量所占比例越大,向上递减趋势越明显,随胸径增大,递减速度略趋平缓。

对三个径级檫木根部与全树生物量比例以及细根与粗根生物量比例进行计算,结果见表 4。由不同径级根生物量大小对比可知,根生物量

占全树的比例随树体增大而明显增大,同时所有径级细根生物量与粗根生物量相差悬殊,细根生物量仅占全根的 10%-20%,细根与粗根生物量的比例随树体增大相应减小,这一现象说明,随檫木胸径增大,大部分根的重要作用在于支撑和稳定树体。

表 4 不同径级檫木根系生物量分配

Table 4 Percentage of root biomass in *Sassafras tzumu* trees with different dbh

	dbh>20 cm	10 cm<dbh<20 cm	dbh<10 cm
根占全树百分比 % of root biomass in trees	26.35	16.73	13.40
细根 Fine roots (diameter ≤ 5 mm)	9.96	15.77	19.66
粗根 Coarse roots (diameter > 5 mm)	90.04	84.23	80.34

3.4 生物量的径级分布

将样地内檫木胸径按 2 cm 为一径级归组,统计各径级株数,根据生物量模型,分别计算各径级生物量,以径级为横坐标,各径级株数和各径级生物量为纵坐标,绘制株数的径级分布曲线和生物量的径级分布曲线(图 2)。可见,株数分布出现了两个高峰,分别位于 12 径级和 18 径级,而生物量分布曲线则为单峰,位于 20 径级,基本上呈偏右正态分布。从株数径级分布图可以看出,20 径级的株数位于第二高峰左右,与 12 径级的株数相差不多,但由于其单株生物量比 12 径级的大得多,因此,表现在生物量的径级分布曲线上就出现了以 20 径级为最大值的单峰型,这是由各径级株数和径级单株生物量大小共同决定的,且 80% 以上的生物量集中在 14-24 径级,反映出檫木速生的特性。

3.5 檫木林分生产力

生产力是指单位面积、单位时间内有机物的净生产量。净生产量 (ΔW_n) 为 $T_1 - T_2$ 期间的生长量 (Y_n)、凋落物和枯损量 (ΔL_n)、被动物吃掉的损失量 (ΔG_n) 三者之和。

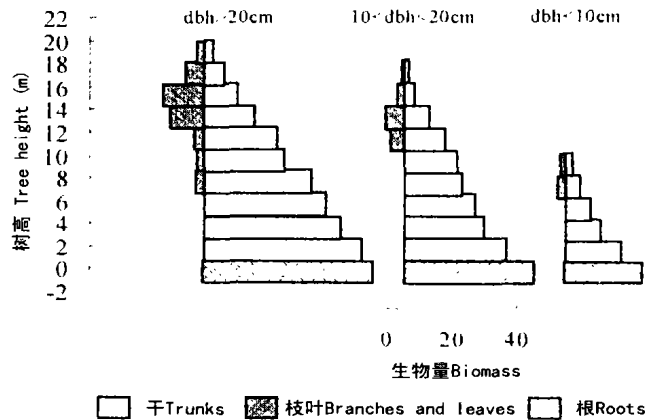


图 1 不同胸径檫木生物量垂直分布
Fig. 1 Vertical distribution of biomass of *Sassafras tzumu* trees with different dbh

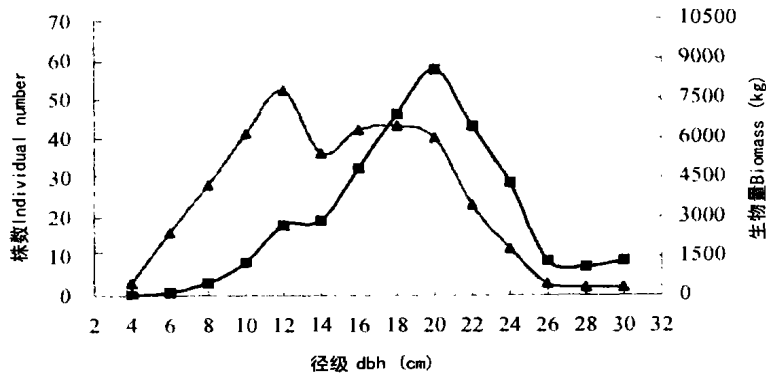


图 2 樟木株数(▲)和生物量(■)的径级分布

Fig. 2 Individual number (▲) and biomass (■) of *Sassaparilla* trees with different dbh

因条件所限,本文对 ΔG_n 未作专门调查,凋落物和枯损量 ΔL_n 通过收集测算获得, ΔW_n 仅为 Y_n 与 ΔL_n 之和,作为平均净生产量。通过各径级生物量与株数,得到该群落樟木林分平均现存生物量为 $58\ 693\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$,其中地上部分占 85.6%,地下部分占 21.1%,地上部分生物量中,干材占 85.6%。相比而言,其现存生物量低于与建柏混交的樟木林分 ($104\ 510\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$)^[3],但其密度仅为混交林分中的 1/3 左右。根据拟合的生物量模型,结合各径级胸径生长量,可以得到该群落樟木林分年平均生产力为 $4\ 259\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$,与河南信阳的杉木林 ($4\ 840\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$)^[4]相当,较湖南会同的杉木林 ($10\ 340\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$)和马尾松林 ($5\ 473\ \text{kg}\ \text{hm}^{-2}$)^[4,5]为低,这可能是由于天然群落中樟木密度低,同时种间竞争比较激烈的缘故,但其生产力已较为可观,而且还有相当的潜力。

参考文献:

- [1] 谷淑芬. 樟树营养器官解剖构造与其生物学特性的相关性的探讨[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10(1):1-6.
- [2] 姜培坤, 蒋秋怡, 董林根, 等. 杉木樟树根际土壤生化特性比较分析[J]. 浙江林学院学报, 1995, 12(1):1-5.
- [3] 邹双全. 福建柏樟树混交林生物量及分布格局研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(1):40-43.
- [4] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京:科学出版社, 1999.
- [5] 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武, 等. 湖南会同地区马尾松林生物量的测定[J]. 林业科学, 1982, 18(2):127-134.
- [6] 洪伟, 郑郁善, 陈礼光, 等. 毛竹枝叶生物量模型研究[J]. 林业科学, 1998, 34(专 1):11-15.
- [7] 陈辉, 洪伟, 兰斌, 等. 闽北毛竹生物量与生产力研究[J]. 林业科学, 1998, 34(专 1):60-64.
- [8] 陈辉, 任承辉, 郑丽萍, 等. 楠木人工林生物产量模型的研究[A]. 洪伟. 闽江流域森林生态研究[M]. 厦门:厦门大学出版社, 2000. 1:88-93.
- [9] 陈炳浩. 沙地红皮云杉森林群落生物量的研究[J]. 林业科学, 1980, 16(4):269-278.
- [10] 陈启嫦. 青冈林生产力研究[M]. 杭州:杭州大学出版社, 1992.
- [11] Kira T, Ono Y, Hosokawa T. Biological production in a warm-temperate evergreen oak forest of Japan[J]. JIBP Synthesis Vol. 1978, 18:69-82.
- [12] Kittredge J. Estimation of amount of foliage of trees and shrubs[J]. J Forest, 1994, 42(11):905-912.