

文章编号: 1000-5692(2000)04-0369-04

# 杉枫轮栽生物量及营养元素分布的研究

陈爱玲, 陈光水, 谢锦升, 杨玉盛

(福建林学院 资源与环境系, 福建 南平 353001)

**摘要:** 对多代杉木萌芽林皆伐后重造细柄阿 枫(杉阔轮栽)和保留杉木多代萌芽林处理的生物量及营养元素分布进行了研究。结果表明, 26年生细柄阿 枫人工林平均木生物量、枝叶生物量及其所占比例, 根系所占比例及根系组成中中根和细根生物量均高于33年生杉木萌芽林; 林分总生物量, 乔木层和生态系统营养元素总量及其枝叶和根系氮、磷、钾元素贮量亦比杉木林的高, 说明细柄阿 枫是杉木低产林分改造比较适宜的替换树种之一。表4参12

**关键词:** 杉枫轮栽; 杉木萌芽林; 细柄阿 枫; 生物量; 营养元素

**中图分类号:** S718.55<sup>+</sup>6; Q945.79 **文献标识码:** A

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方最主要的用材树种。随着杉木林多代连栽土壤肥力和林分生产力下降报道的增加, 杉木人工林的立地长期生产力问题引起了越来越多人的关注; 同时, 杉木人工林的可持续经营愈来愈受重视, 各地相继从不同的角度进行了一系列的试验研究, 对杉木林可持续经营模式进行了多种有益的实践和探讨, 并取得了可喜的成果<sup>[1~8]</sup>。针叶树与阔叶树轮栽也是避免连栽地力衰退, 促进地力恢复的有效模式之一。本文对杉木多代萌芽林皆伐后重新营造细柄阿丁枫(*Altingia gracilipes*) (简称杉枫轮栽)的生物量及营养元素分布状况进行研究, 试图为杉木人工林可持续经营提供某些有益的资料。

## 1 试验地自然概况

试验地位于福建省尤溪县国有林场城关工区林坑山场。尤溪县位于25.8°~26.4°N, 117.8°~118.6°E, 属中亚热带海洋性季风气候, 年平均气温18.9℃, 年降水量1599.6mm, 年蒸发量1323.4mm, 年平均相对湿度83%, 土壤为花岗岩发育的厚层红壤。试验地海拔高为260m左右。杉木林系1961年2代杉木林采伐后萌生的萌芽林, 1969年在同一坡面上进行皆伐重造细柄阿丁枫和杉木萌芽林保留杉木林的处理, 每块试验地面积为0.067hm<sup>2</sup>, 试验地重复3~5次。1994年调查时, 杉木萌芽林保留密度为1359株·hm<sup>-2</sup>, 林分平均树高和胸径分别为12.3m和14.95cm, 林分蓄积量为153.486m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>, 林分郁闭度0.7~0.8, 树龄33a。细柄阿丁枫保留密度650株·hm<sup>-2</sup>, 平均树高和胸径分别为15.5m和21.98cm, 林分蓄积量为183.040m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>, 林分郁闭度1.0, 树龄26a。

## 2 研究方法

1994年, 分别在33年生杉木多代萌芽林和26年生细柄阿丁枫林分中各设置2块20m×20m标准

收稿日期: 2000-04-12; 修回日期: 2000-09-23

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(C89031)

作者简介: 陈爱玲(1968-), 女, 福建古田人, 讲师, 从事森林土壤肥力研究。

地, 对标准地内林木进行每木检尺, 并进行以下研究。

## 2.1 林分生物量调查

乔木层生物量的测定方法如下: 以林分平均胸径和树高选择标准木各3株, 按Monsic分层切割法每2m为一区段, 分干、皮、枝和叶测鲜质量。取各级器官级的样品带回室内, 测定含水率和养分含量。采用全根挖掘法求算根桩和中粗根。用土柱法在每种林分中分层(小于40cm每10cm1层, 大于40cm每20cm1层)设置15个面积为50cm×50cm土柱调查细根, 据此推算林分细根的生物量, 并和挖掘法进行比较, 最后确定细根的生物量。根系分为根桩、粗根(>2.0cm)、中根(2.0~0.4cm)、细根(<0.4cm)。采用林分密度×平均木生物量计算林分生物量<sup>[9]</sup>。

林下植被和枯枝落叶层生物量测定采用样方法。分别在每种类型标准地内设置5个面积为1m×1m样方, 在样方内分别调查林下植被(灌木和草本)和枯枝落叶生物量, 并取样带回室内分析。

## 2.2 营养元素的分析

氮用凯氏定氮蒸馏法, 磷用钒钼黄比色法, 钾用火焰光度计法, 钙和镁用原子吸收分光光度计法<sup>[10, 11]</sup>。

# 3 结果分析

## 3.1 杉阔轮栽生物量组成

3.1.1 单株生物量组成 林木生物量在各器官中分布状况会受树种本身的生物学和生态学特性的深刻影响。分析结果表明(表1), 26年生细柄阿丁枫平均木生物量是33年生杉木的2.32倍。细柄阿丁枫平均木年平均生长量为7.796kg, 是杉木林的2.95倍, 说明在该立地条件下细柄阿丁枫比杉木生长速度快。细柄阿丁枫树枝生物量占林分总生物量的比例高达16.88%, 是杉木枝条占其林分总生物量比例的2.53倍(表1)。林木根系对土壤肥力的发展起着重要的作用。土壤中营养物质的积累与消耗、腐殖质的聚积、土壤结构的形成以及土壤微生物的活动等, 都与林木根系的活动尤其是中、细根的活动有关。分析结果表明, 细柄阿丁枫根系生物量占林分总生物量的比例(20.11%)比杉木高(15.52%); 细柄阿丁枫在根系组成中中根和细根生物量分别是相应杉木的3.36倍和3.51倍。在调查中还发现, 细柄阿丁枫凋落物量大, 叶片细小, 分解快, 细根密布表层土壤。这充分表明2个树种生物学特性的差异, 细柄阿丁枫较高的枝叶及根系特别是中根和细根生物量对改良林地土壤起到了良好的作用; 采伐后, 枝叶和根系将遗留在林地上, 对增加土壤有机质, 保持水土, 改善深层和表层土壤结构, 提高通气透水性能等都起到良好的作用。

表1 单株生物量分布

Table 1 Biomass distribution of individual tree

林分类型	树种	地上部分/ (kg·株 <sup>-1</sup> )						合计	地下部分/ (kg·株 <sup>-1</sup> )					合计
		干	皮	小计	枝叶	叶	小计		根桩	粗根	中根	细根	小计	
杉木林	杉木	52.84	9.62	62.46	5.82	5.43	11.25	73.71	7.83	2.45	1.88	1.38	13.54	87.25
	%	60.56	11.03	71.59	6.67	6.22	12.89	84.48					15.52	100
杉阔	细柄阿	106.38	12.48	118.86	34.22	8.84	43.06	161.92	20.25	9.34	6.32	4.84	40.75	202.68
轮栽	丁枫	52.49	6.16	58.65	16.88	4.36	21.24	79.89					20.11	100

3.1.2 林分生物量组成 林分生物量一般由乔木层、林下植被层和枯枝落叶层组成, 生物量的多少受土壤肥力和植物种类的影响。分析结果表明(表2), 细柄阿丁枫和杉木林乔木层生物量分别占其林分总生物量的97.36%和93.39%。细柄阿丁枫林分总生物量是杉木林的1.10倍, 其中乔木层和

表2 林分生物量组成

Table 2 Biomass distribution under different stands

林分类型	树种	乔木层/ 林下植被层/ 枯枝落叶层/			合计
		(t·hm <sup>-2</sup> )	(t·hm <sup>-2</sup> )	(t·hm <sup>-2</sup> )	
杉阔轮栽	细柄阿丁枫	131.75	1.26	2.31	135.32
杉木林	杉木	118.58	2.89	1.56	123.03

枯枝落叶层生物量分别是杉木林的 1.11 倍和 1.48 倍, 说明杉木萌芽林皆伐后重新营造细柄阿丁枫人工林, 26 年生细柄阿丁枫的林分生产力比杉木林 (33 年生) 有一定程度的提高; 而杉木林的林下植被层生物量则是细柄阿丁枫的 2.28 倍, 这与杉木林分郁闭度 (0.7~0.8) 较低有关。

### 3.2 杉枫轮栽生态系统营养元素空间分布格局

3.2.1 乔木层营养元素积累与分布 乔木层营养元素的积累决定于生物量的积累以及各器官营养元素的含量。分析结果表明 (表 3), 杉枫轮栽乔木层营养元素总量是杉木林的 1.03 倍。细柄阿丁枫乔

表 3 乔木层营养元素与分布

Table 3 Nutrient distribution of arbor layer under different stands

林分类型	营养元素	地上部分/ (kg°hm <sup>-2</sup> )						合计	地下部分/ (kg°hm <sup>-2</sup> )					合计
		干	皮	小计	枝	叶	小计		根桩	粗根	中根	细根	小计	
杉木林	N	83.300	50.073	133.373	46.821	84.194	131.015	264.388	33.209	12.254	8.851	11.813	66.127	330.515
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21.543	10.459	32.002	10.044	10.035	20.079	52.081	4.896	1.565	1.049	1.181	8.691	60.772
	K <sub>2</sub> O	35.187	34.777	69.964	36.381	43.536	79.917	149.881	25.652	11.122	9.209	7.163	53.146	203.027
	CaO	124.231	74.522	198.753	51.092	49.070	100.162	298.915	44.066	20.380	19.569	12.975	96.990	395.905
	MgO	114.178	21.964	136.142	15.502	12.913	28.415	164.557	9.473	4.729	4.246	4.950	23.398	187.955
	合计			570.234			359.588	929.822					248.352	1178.174
杉阔轮栽	N	133.46	37.477	170.937	185.515	134.978	320.493	491.43	23.430	15.056	28.284	15.299	82.069	487.498
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.665	5.192	8.847	25.136	10.231	35.367	44.214	7.898	4.007	3.207	2.267	17.379	61.593
	K <sub>2</sub> O	85.746	14.034	99.780	40.929	56.790	97.719	197.499	22.457	12.992	11.881	9.838	57.168	254.667
	CaO	127.236	19.631	146.867	37.592	17.187	54.779	201.646	25.799	12.992	8.962	4.974	52.727	254.373
	MgO	73.299	11.195	84.194	21.799	13.910	35.709	120.203	15.532	9.956	6.865	5.289	37.642	157.846
	合计			424.924			544.067	968.991					246.685	1215.677

木层营养元素积累量大小顺序为: N> K<sub>2</sub>O> CaO> MgO> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 而杉木的则为: CaO> N> K<sub>2</sub>O> MgO> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 这与不同树种对营养元素吸收和重新分配的不同有关。从表 3 还可以看出, 细柄阿丁枫人工林林分氮素营养元素积累量是杉木林的 1.47 倍, 粗根、中根和细根氮素积累量则分别是相应杉木的 1.23 倍、3.20 倍和 1.30 倍。枝叶中积累的氮素是杉木林的 2.45 倍, 占林分氮素总积累量的 65.47%, 而杉木枝叶中氮素仅占林分总氮素积累量的 39.64%。细柄阿丁枫林分磷和钾营养元素积累量及枝叶、中根和细根的磷和钾的积累量亦比杉木的大。这表明细柄阿丁枫采伐后, 林木中乔木层中大部分氮、磷、钾营养元素 (枝叶和根系) 将保留在林地生态系统中, 对地力的维持有利。分析结果还进一步表明 (表 3), 细柄阿丁枫枝叶营养元素总量 (544.067 kg°hm<sup>-2</sup>) 大于干皮 (424.924 kg°hm<sup>-2</sup>), 而杉木的则是干皮的营养元素总量 (570.234 kg°hm<sup>-2</sup>) 大于枝叶的 (359.588 kg°hm<sup>-2</sup>), 这也与一般认为阔叶林对地力改良作用效果比杉木林好的结论相吻合<sup>[12]</sup>。

表 4 生态系统养分空间分布

Table 4 Spatial distribution of nutrients under different stands

经营模式	组成	N/ (kg°hm <sup>-2</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / (kg°hm <sup>-2</sup> )	K <sub>2</sub> O/ (kg°hm <sup>-2</sup> )	CaO/ (kg°hm <sup>-2</sup> )	MgO/ (kg°hm <sup>-2</sup> )	小计
杉阔轮栽	乔木层	487.498	61.593	254.367	254.373	157.846	1 215.677
	林下植被层	13.500	1.123	6.269	7.938	2.857	31.687
	枯枝落叶层	29.171	3.980	6.589	6.479	4.383	50.602
	小计	530.169	66.696	267.225	268.790	165.086	1 297.966
	土壤层	5 542.640	1 808.920	51 127.840	18 349.320	18 568.350	95 397.070
	合计	6 072.809	1 875.616	51 395.065	21 036.110	18 733.436	96 695.036
杉木林	乔木层	330.515	60.772	203.027	395.905	187.955	1 178.740
	林下植被层	28.465	2.079	10.162	18.246	7.073	66.025
	枯枝落叶层	17.024	2.429	2.648	11.071	2.770	35.942
	小计	376.004	65.280	215.837	425.222	197.798	1 280.707
	土壤层	4 725.920	1 804.760	50 395.400	18 569.360	18 415.640	93 911.080
	合计	5 101.924	1 874.040	50 611.237	18 994.582	18 613.438	95 191.787

3.2.2 生态系统营养元素空间分布 人工林生态系统营养元素分别积累在乔木层、林下植被层、枯枝落叶层和土壤层4个空间层次中。从表4可见,细柄阿丁枫人工林生态系统营养元素贮量比杉木林的增加1.58%,杉阔轮栽和杉木林的土壤层(0~40 cm)营养元素贮量分别占其生态系统总量的98.66%和98.65%,表明土壤层是森林生态系统养分贮存的主要场所。杉阔轮栽地土壤层营养元素贮量比杉木林的增加1.58%,土壤中氮和钾总量增加较为明显,磷和镁总贮量增加幅度较小,而钙总贮量则有所减少。杉阔轮栽和杉木林的乔木层营养元素总量分别占林分营养元素总量的93.66%和92.04%。这说明杉阔轮栽有利于营养元素在土壤中的转化和累积。

## 4 小结

通过多代杉木萌芽林皆伐后重造细柄阿丁枫(杉阔轮栽),26年生时细柄阿丁枫平均木生物量、枝叶生物量及其所占比例、根系所占的比例及根系组成中中根和细根生物量均高于33年生的杉木林杉木,林分总生物量是杉木林的1.10倍,其中乔木层和枯枝落叶层生物量分别是杉木林的1.11倍和1.48倍。乔木层中氮、磷、钾营养元素贮量比杉木林的高,且大部分贮藏于枝叶和根系中,特别是氮素;生态系统营养元素总贮量亦比杉木林的高。这对增加土壤有机质,改善深层和表层土壤结构、通气透水性能等将起到良好的作用。这说明细柄阿丁枫是杉木低产林改造比较适宜的替换树种之一。

## 参考文献:

- [1] 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[J]. 林业科学, 1987, 23(4): 389-397.
- [2] 俞新妥, 张春水. 杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 263-271.
- [3] 陈楚莹, 冯宗炜, 张家武, 等. 改善杉木人工林的林地质量和提高生产力的研究[J]. 应用生态学报, 1990, 1(2): 97-106.
- [4] 盛伟彤. 人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 15-19.
- [5] 杨玉盛, 俞新妥, 林先富, 等. 杉木山苍子作物复合经营模式土壤肥力的研究[J]. 林业科学, 1993, 29(2): 97-103.
- [6] 陈存及, 董建文, 林敬德, 等. 半天然杉阔混交林形成、发育与结构特征[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(4): 310-314.
- [7] 黄清麟. 保阔栽针的试验研究[J]. 福建林学院学报, 1994, 14(4): 287-290.
- [8] 李文华. 中国农林复合经营[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [9] 杨玉盛, 俞新妥, 林先富, 等. 杉木油桐仙人草复合经营模式生物量的研究[J]. 福建林学院学报, 1996, 16(3): 200-204.
- [10] 林业部科技司. 林业标准汇编(三)[S]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [11] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [12] 李昌华. 杉木人工林和阔叶杂木阔叶林土壤养分平衡因素差异的初步研究[J]. 土壤学报, 1981, 18(3): 255-261.

# On biomass and nutrient distribution of tree rotation of Chinese fir and slender-stalk altingia

CHEN Ai-ling, CHEN Guang-shui, XIE Jing-sheng, YANG Yu-sheng

(Department of Resources and Environment, Forestry College of Fujian, Nanping 353001, Fujian, China)

**Abstract:** A study on biomass and nutrient elements distribution of *Altingia gracilipes* planted on the site of Chinese fir sprouting forest which went through several asexual generations of the same species and reserved Chinese fir sprouting forest was made in Youxi County of Fujian Province. The results indicated that the average tree biomass, biomass of branches and leaves and its proportion, the proportion of root system and biomass of middle root and thin root making up the root system of *Altingia gracilipes* when 26-year-old were all higher than that of Chinese fir sprouting forest. Stand biomass, total nutrient elements and reservation of N, P, K in branches, leaves, root system were higher than that of the Chinese fir sprouting forest, too. *Altingia gracilipes* is an excellent tree species to ameliorate the degraded stand of Chinese fir and to form the mixed forest of Chinese fir and broad-leaved tree.

**Key words:** rotation of Chinese fir and broad-leaved tree; Chinese fir sprouting forest; *Altingia gracilipes*; biomass; nutrient elements