

文章编号: 1000-5692(2004)04-0388-05

# 马尾松林混交阔叶树的生物量及其分布格局

李燕燕<sup>1</sup>, 樊后保<sup>1</sup>, 林德喜<sup>1</sup>, 苏兵强<sup>2</sup>, 刘春华<sup>3</sup>, 孙 新<sup>1</sup>

(1. 福建农林大学 林学院 福建 南平 353001; 2. 福建省国有林场管理局,

福建 福州 350003; 3. 福建农林大学 莎口教学林场 福建 三明 365000)

**摘要:** 在马尾松 *Pinus massoniana* 人工林下分别种植闽粤栲 *Castanopsis fissa*, 拉氏栲 *C. lamontii*, 苦槠 *C. sclerophylla*, 格氏栲 *C. kawakmii* 和青栲 *Cyclobalanopsis myrsinaceaefolia*, 形成针阔混交异龄林, 对林分生物量的分析结果表明, 5 个混交群落的乔木层生物量分别为 259.882, 200.875, 221.745, 221.652 和 245.941  $t \cdot hm^{-2}$ , 马尾松纯林的总生物量为 204.374  $t \cdot hm^{-2}$ 。乔木层生物量中干材生物量最大, 其次为根系、树枝和树叶。混交林中马尾松的粗根主要分布在 0~20 cm 和 60 cm 以下, 而马尾松和阔叶树的细根都主要分布在 0~20 cm 土层内。马尾松纯林的林下植被生物量最大, 为 3.678  $t \cdot hm^{-2}$ 。混交林林下植被的生物量分别为 0.937, 0.801, 1.816, 1.625 和 0.987  $t \cdot hm^{-2}$ 。除马尾松与拉氏栲混交的群落外, 其他群落的林下植被生物量主要集中在地上部分。图 2 表 2 参 11

**关键词:** 森林生态学; 马尾松; 混交林; 生物量

**中图分类号:** S718.55      **文献标识码:** A

马尾松 *Pinus massoniana* 是我国南方主要的速生用材树种之一, 但是, 由于长期进行纯林经营, 引起了林地肥力衰退, 生态环境恶化, 林分生产力下降等一系列问题, 严重威胁林地的持续利用。为了更好地发挥森林的多功能效益, 提高林分的抗逆性和稳定性, 提倡多造混交林是当前国内外人工造林的共同趋势<sup>[1]</sup>。混交林能够通过种间关系的互补优势, 改善生态环境, 提高林分生产力<sup>[2]</sup>。合适的混交树种, 能够改善环境条件, 提高针叶林生态系统稳定性和维持较高的生产力<sup>[3,4]</sup>。生物量作为生态系统中积累的植物有机物总量, 是整个生态系统运行的能量基础和营养物质来源, 而且是衡量人工林经营效果的重要评价指标<sup>[5]</sup>。马尾松与枫香 *Liquidambar formosana*, 木荷 *Schima superba* 等阔叶树混交的生物量已有报道<sup>[6,7]</sup>, 而对马尾松与几种阔叶树混交的生物量及其分布格局的研究较少。本文报道马尾松与不同的阔叶树混交形成的群落生物量及其分布格局, 为从经济效益角度选择不同的混交模式提供依据。

## 1 研究地点与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于福建三明福建农林大学莎口教学林场。该地属于武夷山支脉, 中亚热带季风气候, 年平均气温 19.1 °C, 年降水量 1741 mm, 年平均相对湿度 81%。试验地位于该林场的沙阳工区, 海拔 190~210 m, 土壤为粉砂岩发育的山地红壤。1959 年造马尾松林, 初始密度为 524 株·hm<sup>-2</sup>。试验林

收稿日期: 2003-12-15; 修回日期: 2004-04-30

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(B9910019); 福建省科学技术委员会科学基金资助项目(99-Z-112-2)

作者简介: 李燕燕(1979—), 女, 河南延津人, 硕士, 从事生态学研究。E-mail: lixxy@eyou.com

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

为 1984 年在 25 年生的马尾松纯林下混交阔叶树所形成的针阔混交复层异龄林 (其中闽粤栲 *Castanopsis fissa* 于 1990 年种植), 种植后前 3 a 采用全面劈草抚育, 树种有拉氏栲 *Castanopsis lamontii*, 青栲 *Cyclobalanopsis myrsinæfalia*, 闽粤栲, 格氏栲 *Castanopsis kawakmii* 和苦槠 *Castanopsis sclerophylla*, 初始密度为  $1200 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。各群落的林下植被种类繁多, 主要有芒萁 *Dicranopteris dichotoma*, 狗脊 *Woodwardia japonica*, 黄瑞木 *Adinandra millettii*, 白花苦灯笼 *Tarenna mollissima*, 广东蛇葡萄 *Ampelopsis cantoniensis*, 毛栲 *Castanopsis fordii*, 流苏藤 *Thysanospermum diffusum* 等。在本文中 5 种阔叶树种与马尾松的混交林分别简称为马×拉、马×青、马×闽、马×格和马×苦, 而马尾松纯林简称为马纯。各群落的主要立地条件和林分因子见文献 [8]。

## 1.2 生物量测定方法

1.2.1 乔木层生物量测定方法 在马尾松纯林和混交林群落内, 于 2000 年 11 月随机设置  $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$  样地 (共 6 个), 分别对马尾松和阔叶树进行每木检尺, 根据结果计算出每块样地的平均胸径和平均树高, 然后在标准地内按径阶选取标准木 (马尾松 6 株, 阔叶树共 18 株), 伐倒后按照 Monsi 分层切割法以 2 m 为区分段作树干解析, 直接测定各段干、皮、枝、叶各组分的鲜质量, 再选取样品。带回实验室在  $105^{\circ}\text{C}$  恒温下烘干至恒重, 求出各器官含水率, 从而将各器官鲜质量换算成干质量。

根系以干基为中心, 取营养面积大小的圆 (阔叶树以 1 m 为半径的圆, 马尾松为 2 m) 作为其调查范围, 按  $0 \sim 20$ ,  $20 \sim 40$ ,  $40 \sim 60$  和  $60 \text{ cm}$  以下分层全部挖出, 同时各层又分粗根 ( $> 2.0 \text{ cm}$ )、中根 ( $0.2 \sim 2.0 \text{ cm}$ ) 和细根 ( $< 0.2 \text{ cm}$ ), 分别测定其生物量。

1.2.2 林下植被生物量的测定方法 在样地内设置 5 个  $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  的样方, 将林下植被的地上部分和地下部分全部收割称量, 同样采集样品, 带回实验室烘干, 测定其含水率, 将鲜质量换算成干质量。

## 2 结果与分析

### 2.1 乔木层生物量及其分配

2.1.1 总生物量及其分配 乔木层生物量是衡量林地生产力和经营效果的重要指标。由图 1 可以看出, 除马×拉群落外, 其他混交林的乔木层总生物量均比马尾松纯林高, 其中马×闽群落为最高, 比纯林高出 27.16%, 说明合适的混交阔叶树种能促进马尾松生物量的提高。在各群落乔木层总生物量中, 干材 (包括树皮) 生物量最大, 占总生物量的 62.03%~71.32%, 以下顺序是根系>树枝>树叶, 6 个群落中干材和根系生物量从大到小为马×闽>马×青>马×苦>马×格>马纯>马×拉, 因此从经济效益考虑, 应当选择马×闽和马×青群落。

表 1 可见, 混交群落中马尾松活枝的生物量低于纯林中活枝的生物量, 而立枯枝的生物量明显高于纯林中立枯枝的生物量, 高  $1.95 \sim 2.38$  倍, 而且马尾松冠层占据了林分的上层林冠, 阔叶树处于马尾松的枝下部分, 因此能够充分利用空间。由于马尾松枝叶稀疏, 透光度大, 又能为阔叶树提供适当的光照条件, 提高了光能利用率。在混交林中马尾松的根生物量 (包括根桩) 比纯林减少了 6.85%~26.41%。纯林中马尾松的叶生物量明显高于混交群落的叶生物量, 高出 10.74%~13.08%。从以上分析可知, 在混交林中, 由于阔叶树的作用, 马尾松生物量更多地分配给了立枯枝。

阔叶树种的叶生物量是马尾松的 1.70~4.70 倍 (表 1)。在马×格群落中, 格氏栲的叶生物量达到了  $7.890 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。而纯林中叶的总生物量最小, 只有  $2.196 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。由于阔叶树的枯叶量明显高于马尾松<sup>[8]</sup>, 而且叶在各种凋落物中最易分解, 因此加快了生态系统内的养分循环, 为生态系统的持续发展提供生态保障。

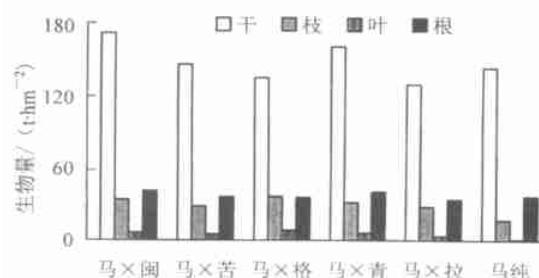


图 1 6 个群落的生物量分配  
Figure 1 Biomass distribution in six communities

表1 6个群落乔木层的生物量及其分配

Table 1 Biomass and distribution in six communities

群落类型	树种	生物量/ ( $t \cdot hm^{-2}$ )					
		树干	活枝	立枯枝	树叶	树根	合计
马×闽	马尾松	132.743	13.834	6.502	1.914	33.373	188.367
	阔叶树	42.215	12.604	2.164	5.610	8.922	71.515
	总计	174.958	26.438	8.666	7.525	42.295	259.882
马×苦	马尾松	133.086	13.870	6.519	1.919	33.459	188.853
	阔叶树	15.511	8.996	0.347	4.319	3.719	32.892
	总计	148.597	22.866	6.866	6.238	37.178	221.745
马×格	马尾松	116.318	12.123	5.698	1.678	30.100	165.916
	阔叶树	21.112	18.108	1.614	7.890	7.013	55.737
	总计	137.431	30.230	7.312	9.567	37.112	221.652
马×青	马尾松	141.635	14.761	6.938	2.043	35.608	200.985
	阔叶树	22.014	11.054	0.347	5.462	6.079	44.956
	总计	163.649	25.815	7.285	7.505	41.687	245.941
马×拉	马尾松	120.874	12.597	5.921	1.743	30.389	171.524
	阔叶树	10.897	9.682	1.051	2.968	4.753	29.351
	总计	131.771	22.279	6.972	4.712	35.142	200.875
马纯	马尾松	145.758	15.462	2.909	2.196	38.049	204.374

2.1.2 林分地下部分生物量及其分配 混交林和纯林中的马尾松不同类型的根系由于条件不同在土层的分布规律就有了差别。各群落地下部分(不包括根桩)生物量见图2。

由图2和计算得知, 在5个混交林群落中, 马尾松起支撑作用的粗根主要分布在60 cm以下的土层中, 马×青的最高, 达 $8.164 t \cdot hm^{-2}$ , 其次是0~20 cm土层, 这2层根系的量占了马尾松全根量的61.31%~74.43%, 在20~40 cm的土层中粗根量较少, 占总根量的7.73%~15.31%; 而马尾松纯林的粗根生物量随着土层的加深而增多, 因此, 在混交林中马尾松根系的支撑作用得到了加强。阔叶树的粗根主要分布在0~20 cm和20~40 cm土层中, 占阔叶树总根量的52.84%~69.31%。

5个混交林中马尾松和阔叶树起营养作用的细根均主要分布在0~20 cm土层中, 而且生物量基本上随土层下降而减少。在纯林中, 细根在0~20 cm和20~40 cm生物量基本上相符。马×闽群落中闽粤栲细根的总生物量为 $370.22 kg \cdot hm^{-2}$ , 高于马尾松细根总量, 也比其他混交群落中阔叶树细根总生物量高。在混交群落中, 马尾松的细根为 $154.67 \sim 196.91 kg \cdot hm^{-2}$ , 少于纯林中马尾松的细根量。

混交群落中细根的总生物量高于纯林中的细根总生物量。因此整体上混交林能吸收更多的水分和矿质营养, 能够更好地起到水土保持的作用。马尾松纯林中20~40 cm和60 cm以下土层中的细根生物量分别为 $120.46 kg \cdot hm^{-2}$ 和 $11.76 kg \cdot hm^{-2}$ , 比5个混交林同层中细根的生物量要高, 可能与林分郁密度有关。

由图2可观察到, 在针阔混交林中粗根和细根的总生物量均高于纯林, 且阔叶树与马尾松的根系呈分层分布, 马尾松的粗根在深层土壤中占的比例较大, 而马尾松和阔叶树的细根主要分布在土壤表层, 因而能分层利用地下的水分和养分, 同时阔叶树促进了马尾松的根系向深层发展, 增强了物理支持作用。

## 2.2 林下植被生物量及其分配

从表2可以看出, 混交林中林下植被的生物量比马尾松纯林的低, 马尾松纯林中林下植被生物量高达 $3.678 t \cdot hm^{-2}$ , 是马×拉混交林的4.59倍。这主要是由于马尾松纯林内林冠稀疏, 光照充足, 使林下植被生长旺盛, 生物量较高, 而在混交林中由于马尾松和阔叶树形成的林冠郁闭度较大, 生物量降低。除了马×拉群落外, 其他群落的地上部分生物量均高于地下部分。在马×青和马×闽群落中, 地上部分是地下部分的5.78倍和5.46倍, 可能是由于这2个群落中的灌草高度比例(4:1和6:1)较大, 因此林下植被的竞争程度没有其他群落激烈, 从而提高了地上部分的生物量。

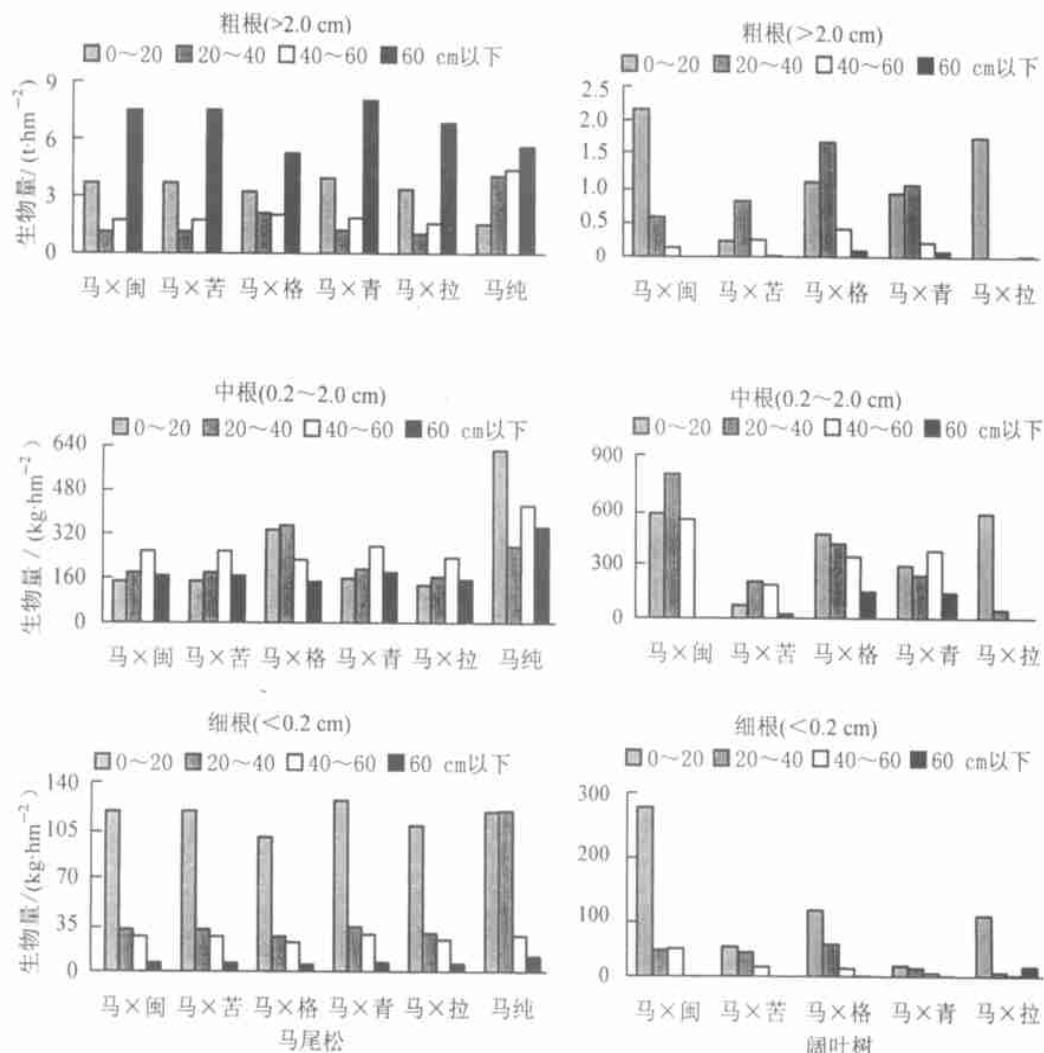


图 2 6 个群落中马尾松和阔叶树的根系生物量

Figure 2 Root biomass of pinus and hardwood in six communities

表 2 6 个群落林下植被的生物量及其分配

Table 2 Biomass and distribution of lying vegetation in six communities

项目	生物量/ (t·hm⁻²)					
	马×闽	马×苦	马×格	马×青	马×拉	马纯
地上部分	0.794	1.138	1.138	0.842	0.320	2.625
地下部分	0.143	0.678	0.487	0.146	0.481	1.053
总计	0.937	1.816	1.625	0.987	0.801	3.678

### 3 小结

5个混交林群落的乔木层生物量均比马尾松纯林高, 分别为 259.882, 221.745, 221.652, 245.941 和 200.875 t·hm⁻², 而马尾松纯林的总生物量为 204.374 t·hm⁻²。因此, 马尾松与阔叶树混交能够促进森林生物量的提高。各群落总生物量中, 干材(包括树皮)生物量最大, 以下顺序是根系>树枝>树叶。阔叶树种的叶生物量是马尾松的 1.70~4.70 倍。

混交林中马尾松的粗根主要分布在 0~20 cm 和 60 cm 以下的土层中, 阔叶树的粗根主要在 0~20 cm 和 20~40 cm 的土层中, 而马尾松和阔叶树的细根都主要分布在 0~20 cm 的土层, 且随土层下降

生物量逐渐降低。马尾松纯林中细根的生物量比混交林中要高,但低于混交林中细根的生物总量。针阔混交林中根系分层分布,不仅能够起到更好的支撑作用,而且能使根系分层利用水分和养分,而在纯林中则更多地吸收表层的水分和养分。

6个群落中,马尾松纯林中林下植被的生物量最大,为 $3.678 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。混交林林下植被的生物量分别为0.930, 1.816, 1.625, 0.987和 $0.801 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

从上面的分析可知,马尾松和拉氏栲混交的群落的乔木层总生物量低于其他混交群落,且林下植被生物量主要集中在地下部分,说明马尾松与拉氏栲混交效果不太好,而其他混交群落在经济效益上哪一个更好,还需要用定量的方法进一步探讨。

## 参考文献:

- [1] 俞新妥. 混交林营造原理及技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 1—18.
- [2] 安徽农学院林学系. 马尾松[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.
- [3] 王宏志. 中国南方混交林研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [4] 刘芳. 杉木光皮桦纯林及混交林生物量[J]. 浙江林学院学报, 2002, 19(2): 143—147.
- [5] 周国模, 姚建祥, 乔卫阳, 等. 浙江庆元杉木人工林生物量的研究[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(3): 235—242.
- [6] 董林水, 陈礼光, 郑郁善. 木荷马尾松混交林生物量与生产力的研究[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(2): 244—247.
- [7] 徐小牛, 李宏开. 马尾松枫香混交林生长及其效应研究[J]. 林业科学, 1997, 35(5): 385—393.
- [8] 樊后保, 林德喜, 苏兵强. 林下套种阔叶树的马尾松林凋落物生态学研究[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(3): 209—212.
- [9] 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武. 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.
- [10] 张彦东, 沈有信. 混交条件下水曲柳落叶松根系的生长与分布[J]. 林业科学, 2001, 39(5): 418—425.
- [11] 张萍, 冯志立. 西双版纳热带雨林次生林的生物养分循环[J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 17—23.

## Biomass and distribution of stands mixed *Pinus massoniana* with broad leaved species

LI Yan-yan<sup>1</sup>, FAN Hou-bao<sup>1</sup>, LIN De-xi<sup>1</sup>, SU Bing-qiang<sup>2</sup>, LIU Chun-hua<sup>3</sup>, SUN Xin<sup>1</sup>

(1. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, Fujian, China; 2. Administration Bureau of National Forest Farms of Fujian Province, Fuzhou 353003, Fujian, China; 3. Xinkou Experimental Forest Farm, Fujian Agriculture and Forestry University, Sanming 365000, Fujian, China)

**Abstract:** Seedlings of five broad leaved tree species including *Castanopsis lamontii*, *Cyclobalanopsis myrsinæfalia*, *Castanopsis fissa*, *Castanopsis kawakmii* and *Castanopsis sclerophylla* were separately interplanted in mature *Pinus massoniana* plantation to form uneven-age mixed stands. The analysis of data on the biomass showed that arbor biomasses in the five communities were 259.882, 221.745, 221.652, 245.941 and 200.875  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$  respectively. The biomass in the pure *Pinus massoniana* stand was 172.90  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ . Trunk biomass was the highest in the arbor biomass and root, branch and leaf came to the next. In the mixed forests, thick roots of *Pinus massoniana* were mainly distributed in the 0—20 cm layer and the layer under 60 cm, and fine roots of broad leaved trees and *Pinus massoniana* were distributed in the 0—20 cm layer. Vegetation biomass in *Pinus massoniana* stand was 3.678  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ , the highest among the six communities. The vegetation biomasses in the five mixed communities were 0.937, 1.816, 1.625, 0.987 and 0.801  $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$  respectively. Except for the mixed community of *Pinus massoniana* and *Castanopsis lamontii*, biomasses of vegetation in other communities were concentrated in the parts above ground. [Ch, 2 fig. 2 tab. 11 ref.]

**Key words:** forest ecology; *Pinus massoniana*; mixed forests; biomass