

文章编号: 1001-1498(2001)05-0540-08

杉木与马褂木、檫树混交林及其纯林生物量 和土壤肥力研究*

何贵平¹, 陈益泰¹, 胡炳堂¹, 封剑文², 刘化桐², 蔡宏明²

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 福建省邵武市林业委员会, 福建 邵武 354000)

摘要: 从林分生长、生物量、空间分布格局及土壤养分等方面, 对营造于福建邵武的 5 年生杉木与马褂木、檫树不同模式混交林及其纯林进行了研究。结果表明: 杉木与马褂木、檫树混交林及马褂木、檫树纯林具有较高的林分生产力, 马褂木纯林($91.932 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)和杉 2: 马 1($45.232 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)混交林生物量(烘干)分别是杉木纯林的 4.55 倍、2.24 倍; 杉 3: 马 1($36.120 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)和杉 5: 马 1($34.292 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)混交林生物量, 分别比杉木纯林大 78.96% 和 69.90%; 檫树纯林生物量($60.105 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)是杉木纯林的 3.31 倍, 杉 2: 檫 1($32.426 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)、杉 3: 檫 1($28.635 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)和杉 5: 檫 1($25.823 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)混交林, 分别比杉木纯林大 78.54%、57.67% 和 42.18%。杉木与马褂木、檫树混交林不仅有利于维护地力, 促进杉木生长, 而且可形成较好的林分结构, 杉 2: 马(檫)1 带状混交模式是值得推广的杉阔造林模式。

关键词: 杉木; 马褂木; 檫树; 混交林; 生物量; 土壤肥力; 林分结构

中图分类号: S718.55⁺6

文献标识码: A

长期以来我国的造林树种针叶化和单一化现象相当严重, 杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) 人工林占南方林区人工林面积的 80% 以上, 树种组成、林分结构过于单一, 导致生物多样性减少、病虫害频发、地力衰退、水土流失严重、林分生产力下降等不良后果, 杉木人工纯林尤为突出^[1~3]。当前, 市场对普通用材的需求量减少, 而对阔叶材特别是优质阔叶材的需求量日益增加。在杉木砍伐迹地上, 选择何种造林树种, 采用怎样的栽培模式既可获得较高的生产力, 实现林地的可持续经营, 又可充分地发挥森林的多功能效应, 这是现阶段急需解决的关键问题。国内外学者在这方面均进行了有益的探索, 认为营造针阔、阔叶混交林是较理想的方法之一^[4~7]。

马褂木(*Liriodendron chinense* Sarg.)、檫树(*Sassafras tsumu* Hemsl.) 树形美观, 树干通直, 生长快, 材质优, 落叶量大, 适应性强, 是较好的装饰用材、板材、菇木原料材树种。1996 年春, 在福建省邵武市水北镇三都村的杉木人工林采伐迹地上, 营造了杉木与马褂木、檫树不同混交模式及其纯林的试验林, 旨在了解不同混交模式的林分生产力、生物量、空间分布格局和

收稿日期: 2000-12-20

基金项目: 1995~1998 年国际合作 ASARDL 项目中“乡土阔叶树资源开发及在退化地改造中的应用”和 1998~2002 年中国林科院重点基金“南方阔叶装饰用材树种选择与栽培技术研究”内容之一

作者简介: 何贵平(1962-), 男, 湖北黄陂人, 副研究员。

* 土壤样品养分分析得到亚林所裴致达高级工程师等帮助, 谨表谢意。

土壤的肥力变化, 为林地的可持续经营提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于福建省邵武市水北镇三都村(117°40' E, 27°25' N), 属中亚热带海洋性季风气候, 海拔 265 m, 年平均气温 17.7 °C, 年降雨量 1 786.0 mm, 年蒸发量 1 206.5 mm, 相对湿度 82%。林地 为杉木人工林采伐迹地, 土壤为花岗岩发育而成的红壤, 土层厚度 1 m 以上, 坡度 10°~15°, 坡向东南, 同一树种试验区立地条件和肥力基本一致。在 0~30 cm 土层, 杉木与马褂木的试验林中土壤的 pH 值 4.75, 有机质 26.77 g·kg⁻¹, 全 N 1.35 g·kg⁻¹, 全 P 0.36 g·kg⁻¹, 速效 N 95.16 mg·kg⁻¹, 速效 P 1.21 mg·kg⁻¹, 速效 K 74.1 mg·kg⁻¹; 杉木与檫树的试验林中土壤的 pH 值 4.74, 有机质 23.36 g·kg⁻¹, 全 N 1.24 g·kg⁻¹, 全 P 0.32 g·kg⁻¹, 速效 N 79.80 mg·kg⁻¹, 速效 P 1.08 mg·kg⁻¹, 速效 K 72.7 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计和研究方法

1996 年 2 月, 在杉木人工林采伐迹地上, 采用随机区组设计, 马褂木、檫树分别与杉木组成试验, 两树种试验设计方法相同, 每区组分为: ① 杉木纯林(1:0), ② 杉木 2×马(檫)1 行混交(2:1), ③ 杉木 3×马(檫)1 为 1 行杉木和 1 行杉马(檫)株间混交(3:1), ④ 杉木 5×马(檫)1 为 2 行杉木和 1 行杉马(檫)株间混交(5:1), 以及 ⑤ 马褂木(檫树)纯林(0:1), 共 5 个小区, 各小区林分模式如图 1, 每小区面积为 0.048 hm²(10 行×12 株=120 株), 造林密度为 2 490 株·hm⁻², 重复 3 次。

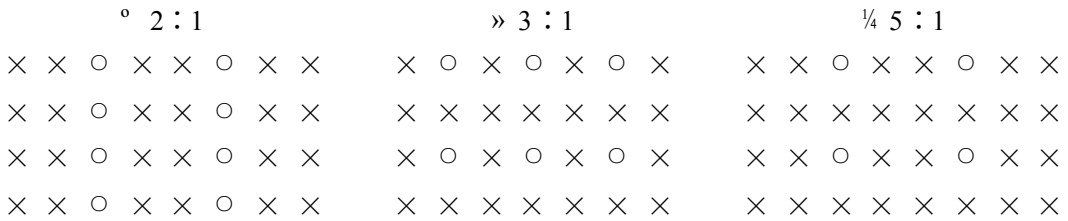


图 1 各小区林分模式图(×杉木, ○马褂木或檫树)

1995 年冬林地经火烧炼山后, 挖大穴(50 cm×50 cm×40 cm)造林, 苗木均为 1 年生, 幼林抚育管理按常规方法进行。2000 年 8 月下旬至 9 月初, 每小区调查小区中间几行树木, 杉木 20 株(纯林时 30 株), 阔叶树 10 株(纯林时 30 株), 测定树高、胸径, 在每小区内选取 1 株杉木和 1 株马褂木(檫树)平均木, 进行生物量测定, 每树种测定两个重复, 共 32 株。生物量测定采用 Satoo 提出的“分层切割法”^[8], 以 2 m 定长分别测定干、枝、叶的鲜质量, 同时测定平均木的枝下高和冠幅。多干树的测定则是根据先前每分株的测定结果, 经计算后, 取平均分株进行测定, 只是计算林分生物量时, 相应地乘以每小区分株倍数。取各树种干、枝、叶部分样品, 分别称量后, 置于 105 °C 烘箱内, 烘干, 计算含水率和各部位干质量。

土壤样品是在每小区内按多点取样法分别 0~20 cm(A 层)和 20~40 cm(B 层)进行采集, 然后混合。每树种取两个重复, 共 40 份土样。按常规方法测定土壤有机质、全 N、全 P、速效 N、速效 P、速效 K 含量^[9, 10]。文中生物量和土壤养分含量均为两重复平均值。

2 结果与分析

2.1 不同混交模式林分生产力

2.1.1 杉木、马褂木不同混交模式林分生产力差异

由表1可知,杉木与马褂木混交后,杉木的生长得到了促进,5年生不同混交模式的林分中,杉木的平均树高、胸径分别比杉木纯林提高了8.7%~9.2%和3.9%~7.6%。不论是混交林还是马褂木纯林中,虽然马褂木单株有多株萌生,但每分株的树高和胸径生长均比杉木快,且各林分单位面积蓄积量均比杉木纯林大得多,其中马褂木纯林最高,是杉

木纯林的4.67倍,杉2:马1混交林分次之,是杉木纯林的2.49倍,杉3:马1和杉5:马1则分别比杉木纯林高70.23%和64.66%。混交林中,以杉2:马1混交模式生产力最高。在各模式林分中,以马褂木纯林的枝下高最高,冠幅也较其它模式中的马褂木小,表明纯林中个体间的竞争较混交林分中的大。值得注意的是,如果以培育用材林为目的,在造林初期必须对马褂木进行除萌,以保证胸径正常生长。

2.1.2 杉木、檫树不同混交模式林分生产力差异

由表2可知,杉木与檫树混交后,生长情况同杉木与马褂木混交相似,杉木的生长也得到了不同程度促进。5年生不同混交模式的林分中,杉木的平均树高和平均胸径分别比杉木纯林提高了3.2%~7.1%和1.2%~8.7%,增长幅度略低于杉木与马褂木混交。在三种混交林分中,以杉3:檫1混交的杉木增长幅度较低,这可能与混交方式有关(1行杉木和1行檫树株间混交),因檫树早期生长较杉木快,树冠也较大,林分郁闭后,会影响杉木的正常生长,如采用行间混交方式,效果可能会更好;同样,不论是混交林还是檫树纯林,檫树的树高和胸径生长均比杉木快,各林分单位面积蓄积量均比杉木纯林大,其中以檫树纯林最高,是杉木纯林的3.40倍,杉2:檫1混交林分其次,高出杉木纯林88.15%,杉3:檫1和杉5:檫1则分别比杉木纯林高出61.47%和60.65%。混交林中,也是杉2:檫1混交模式生产力最高。在各模式林分中,以檫树纯林的枝下高最高,冠幅也较其它模式中的檫树小,表明纯林中个体间的竞争相当

表1 杉木、马褂木不同混交模式林分生长情况(5年生)

| 混交模式 | 树种 | 树高/ m | 胸径/ cm | 枝下高/ m | 冠幅/ m | 蓄积量/ (m ³ ·hm ⁻²) ¹ |
|-------|-----|----------|-----------|-----------|----------|--|
| 纯杉1:0 | 杉木 | 5.42 | 7.15 | 0.5 | 2.85 | 32.20 |
| 杉2:马1 | 杉木 | 5.92 | 7.60 | — | 3.0 | 26.21 |
| | 马褂木 | 9.20 | 8.68 | 0.75 | 4.0 | 53.93 |
| | 总和 | | | | | 80.14 |
| 杉3:马1 | 杉木 | 5.89 | 7.43 | — | 3.0 | 28.07 |
| | 马褂木 | 7.25 | 7.65 | 0.5 | 4.25 | 26.75 |
| | 总和 | | | | | 54.82 |
| 杉5:马1 | 杉木 | 5.90 | 7.69 | 0.5 | 3.0 | 33.42 |
| | 马褂木 | 7.40 | 7.76 | 1.05 | 4.25 | 19.60 |
| | 总和 | | | | | 53.02 |
| 纯马0:1 | 马褂木 | 8.85 | 7.90 | 2.15 | 3.5 | 150.42 |

¹ 马褂木材积为单株材积乘以分株倍数,(2:1)的倍数为2.25倍,(3:1)的倍数为2.28倍,(5:1)的倍数为2.4倍,(0:1)的倍数为2.6倍。

表2 杉木、檫树不同混交模式林分生长情况(5年生)

| 混交模式 | 树种 | 树高/ m | 胸径/ cm | 枝下高/ m | 冠幅/ m | 蓄积量/ (m ³ ·hm ⁻²) ¹ |
|-------|----|----------|-----------|-----------|----------|--|
| 纯杉1:0 | 杉木 | 5.05 | 6.86 | 0.5 | 3.0 | 27.85 |
| 杉2:檫1 | 杉木 | 5.41 | 7.27 | — | 2.9 | 22.15 |
| | 檫树 | 8.60 | 10.01 | 2.6 | 4.0 | 30.25 |
| | 总和 | | | | | 52.40 |
| 杉3:檫1 | 杉木 | 5.21 | 6.94 | — | 3.0 | 21.98 |
| | 檫树 | 7.20 | 9.24 | 2.7 | 4.1 | 22.99 |
| | 总和 | | | | | 44.97 |
| 杉5:檫1 | 杉木 | 5.23 | 7.46 | 0.5 | 3.0 | 28.25 |
| | 檫树 | 8.60 | 9.34 | 2.6 | 4.2 | 16.49 |
| | 总和 | | | | | 44.74 |
| 纯檫0:1 | 檫树 | 10.20 | 9.57 | 5.0 | 3.3 | 94.57 |

¹ 檫树材积为单株材积乘以分株倍数,(2:1)的倍数为1倍,(3:1)的倍数为1.35倍,(5:1)的倍数为1.25倍,(0:1)的倍数为1倍。

严重, 应及时进行间伐, 或适当降低初植密度, 以便获得较大的材积生长。

2.2 不同混交模式林分生物量

2.2.1 杉木、马褂木不同混交模式生物量

差异 杉木、马褂木不同模式混交林及纯林各器官生物量见表 3。马褂木纯林生物量最大, 其次为杉 2: 马 1 混交林, 它们分别是杉木纯林的 4.55 倍、2.24 倍, 再依次为杉 3: 马 1 和杉 5: 马 1 混交林, 它们分别比杉木纯林大 78.96% 和 69.90%, 最小为杉木纯林。除马褂木纯林各器官生物量是干 > 枝 > 叶外, 其余各林分中生物量均为干 > 叶 > 枝; 但各林分中各器官所占的比例不尽相同, 干材量占比例最大的是马褂木纯林, 为 66.20%, 其次是杉 2: 马 1 混交林, 为 60.66%, 以后依次为杉 3: 马 1 和杉 5: 马 1 混交林, 杉木纯林的比例最低, 只有 46.07%。在混交林中, 杉 5: 马 1 林分中杉木的干材量大于杉木纯林的干材量, 杉 2: 马 1 和杉 3: 马 1 林分中的杉木干材量也较相同株数的杉木纯林高, 表明杉木与马褂木混交后, 促进了杉木的生长。而叶占总生物量的比例, 与上述干材量顺序正好相反, 以杉木纯林为最高, 马褂木纯林为最低, 但马褂木为落叶树种, 大量的落叶回到林地内, 这对增加林地土壤的肥力, 提高林木的生长量, 起到重要的作用。

2.2.2 杉木、檫树不同混交模式生物量

差异 杉木、檫树不同模式混交林及纯林各器官生物量见表 4。同杉木、马褂木混交林及纯林一样, 以檫树纯林生物量最大, 是杉木纯林的 3.31 倍, 以后依次为杉 2: 檫 1、杉 3: 檫 1 和杉 5: 檫 1 混交林, 它们分别比杉木纯林大 78.54%、57.67% 和 42.18%, 最小的为杉木纯林。然而与马褂木不同的是, 檫树绝大多数为一个主干, 很少萌生枝, 使得从表面看檫树的生物量要比马褂木低。除杉木纯林各器官生物量是干 > 叶 > 枝外, 其余各林分中各器官生物量均为干 > 枝 > 叶, 三种混交林的枝与叶的次序与杉木马褂木混交林的次序相反, 这是因为檫树枝下高较

表 3 杉木、马褂木不同模式混交林及纯林各器官生物量(烘干)及分配(5 年生)

| 林分类型 | 项 目 | 干 | 枝 | 叶 | 总和 ¹ |
|----------|------------------------------|--------|--------|--------|-----------------|
| 纯杉 1: 0 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 9.299 | 4.287 | 6.597 | 20.183 |
| | 所占比例/% | 46.07 | 21.24 | 32.69 | 100 |
| 杉 2: 马 1 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 7.653 | 3.064 | 4.976 | 15.693 |
| | 马生物量/(t · hm ⁻²) | 19.784 | 5.198 | 4.557 | 29.538 |
| | 合计/(t · hm ⁻²) | 27.437 | 8.261 | 9.533 | 45.232 |
| | 所占比例/% | 60.66 | 18.26 | 21.08 | 100 |
| 杉 3: 马 1 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 8.411 | 3.818 | 6.111 | 18.340 |
| | 马生物量/(t · hm ⁻²) | 11.947 | 3.331 | 2.503 | 17.780 |
| | 合计/(t · hm ⁻²) | 20.358 | 7.149 | 8.614 | 36.120 |
| | 所占比例/% | 56.36 | 19.79 | 23.85 | 100 |
| 杉 5: 马 1 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 9.670 | 4.647 | 7.584 | 21.901 |
| | 马生物量/(t · hm ⁻²) | 8.298 | 2.346 | 1.746 | 12.391 |
| | 合计/(t · hm ⁻²) | 17.968 | 6.994 | 9.330 | 34.292 |
| | 所占比例/% | 52.40 | 20.39 | 27.21 | 100 |
| 纯马 0: 1 | 马生物量/(t · hm ⁻²) | 60.861 | 19.275 | 11.797 | 91.933 |
| | 所占比例/% | 66.20 | 20.97 | 12.83 | 100 |

¹ 马褂木材积为单株材积乘以分株倍数, (2: 1) 的倍数为 2.25 倍, (3: 1) 的倍数为 2.28 倍, (5: 1) 的倍数为 2.4 倍, (0: 1) 的倍数为 2.6 倍。

表 4 杉木、檫树不同模式混交林及纯林各器官生物量(烘干)及分配(5 年生)

| 林分类型 | 项 目 | 干 | 枝 ^o | 叶 | 总和 ¹ |
|----------|------------------------------|--------|----------------|-------|-----------------|
| 纯杉 1: 0 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 8.851 | 3.670 | 5.640 | 18.161 |
| | 所占比例/% | 48.73 | 20.21 | 31.06 | 100 |
| 杉 2: 檫 1 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 6.494 | 2.375 | 3.711 | 12.580 |
| | 檫生物量/(t · hm ⁻²) | 13.215 | 5.756 | 0.875 | 19.846 |
| | 合计/(t · hm ⁻²) | 19.709 | 8.131 | 4.586 | 32.426 |
| | 所占比例/% | 60.78 | 25.08 | 14.14 | 100 |
| 杉 3: 檫 1 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 7.083 | 2.995 | 4.553 | 14.630 |
| | 檫生物量/(t · hm ⁻²) | 9.805 | 3.421 | 0.779 | 14.005 |
| | 合计/(t · hm ⁻²) | 16.888 | 6.416 | 5.331 | 28.635 |
| | 所占比例/% | 58.98 | 22.40 | 18.62 | 100 |
| 杉 5: 檫 1 | 杉生物量/(t · hm ⁻²) | 9.018 | 2.874 | 4.567 | 16.459 |
| | 檫生物量/(t · hm ⁻²) | 6.561 | 2.276 | 0.526 | 9.364 |
| | 合计/(t · hm ⁻²) | 15.579 | 5.150 | 5.093 | 25.823 |
| | 所占比例/% | 60.33 | 19.94 | 19.73 | 100 |
| 纯檫 0: 1 | 檫生物量/(t · hm ⁻²) | 44.508 | 12.444 | 3.154 | 60.105 |
| | 所占比例/% | 74.06 | 20.70 | 5.24 | 100 |

¹ 檫树材积为单株材积乘以分株倍数, (2: 1) 的倍数为 1 倍, (3: 1) 的倍数为 1.35 倍, (5: 1) 的倍数为 1.25 倍, (0: 1) 的倍数为 1 倍。^o 檫树枝的生物量为枯枝和鲜枝干质量的总和。

枝 > 叶, 三种混交林的枝与叶的次序与杉木马褂木混交林的次序相反, 这是因为檫树枝下高较

高,叶量少,且有一定量的枯枝计算在枝生物量内之故;各林分中各器官所占的比例则不尽相同,干材量占比例最大的是檫树纯林,为74.05%,其次为杉2:马1、杉5:马1和杉3:马1混交林,其比例分别为61.10%、60.33%和58.98%,杉木纯林的比例也为最低,只有48.73%。其它结果同杉木马褂木混交林及纯林相似。

2.3 不同混交模式林分土壤养分

从表5中可知,杉木、马褂木不同模式混交林及其纯林土壤养分在0~20 cm以及20~40 cm土层均有一定的差异,马褂木纯林以及杉木、马褂木混交林的土壤肥力均高于杉木纯林,且以0~20 cm表土层差异明显,其中又以有机质、全N、水解性N更为明显,在马褂木纯林和三种混交林中,以马褂木纯林和杉2:马1混交林土壤养分最高。马褂木纯林及杉木、马褂木混交林林地土壤养分的改善与其凋落物的数量和分解速度有关,马褂木每年均有大量的落叶量,且易于分解,能较快地转化成土壤养分;而杉木纯林在林分生长初期,几乎没有凋落物,且难以分解,只有吸收土壤中养分而少有归还。因此,马褂木对维护土壤肥力起着良好作用。

杉木、檫树不同模式混交林及其纯林土壤养分状况同杉木马褂木混交林及其纯林的相似,试验表明,檫树同马褂木一样对维护土壤肥力状况起着良好作用,同时由于该树种较速生,生物量大,是值得推广的造林树种。

表5 杉木、马褂木不同模式混交林及纯林土壤肥力(5年生时)

| 林分类型 | 土层/cm | 有机质 | 全N | 全P | 水解性N | 速效P | 速效K |
|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------------------|------|------|
| | | g · kg ⁻¹ | | | mg · kg ⁻¹ | | |
| 纯杉1:0 | 0~20 | 31.904 | 1.861 | 0.331 | 147.14 | 2.42 | 74.6 |
| | 20~40 | 18.377 | 1.230 | 0.313 | 89.24 | 1.68 | 42.2 |
| 杉2:马1 | 0~20 | 37.881 | 2.241 | 0.376 | 166.99 | 2.58 | 83.4 |
| | 20~40 | 19.920 | 1.496 | 0.332 | 98.18 | 2.01 | 49.4 |
| 杉3:马1 | 0~20 | 37.641 | 1.965 | 0.336 | 162.78 | 2.50 | 82.6 |
| | 20~40 | 20.355 | 1.351 | 0.302 | 99.27 | 1.82 | 48.6 |
| 杉5:马1 | 0~20 | 37.012 | 1.956 | 0.324 | 158.76 | 2.55 | 84.4 |
| | 20~40 | 19.771 | 1.313 | 0.304 | 97.13 | 2.04 | 49.8 |
| 纯马0:1 | 0~20 | 44.192 | 2.187 | 0.379 | 163.93 | 2.55 | 85.2 |
| | 20~40 | 23.043 | 1.356 | 0.249 | 97.50 | 2.36 | 47.8 |

2.4 不同混交模式林分各树种空间分布格局

图2为杉木与马褂木或檫树不同模式混交林及其纯林平均木地上部分生物量垂直分布图,从图中可以看出,杉木纯林和混交林中杉木的结构较相似,这是因为林分还处在幼龄阶段,林分刚进入郁闭,林木间的竞争才刚刚开始。马褂木的垂直分布结构在混交林中差异不明显,但马褂木已开始出现自然整枝,枝叶主要分布在2 m以上;而纯林中已出现了2 m以上的枝下高,枝叶主要分布在树冠中上层,随着林龄的增加,林木个体间的竞争将加大,树冠层还将上移。檫树的垂直分布结构在混交林中已有较明显的差异,杉2:檫1林分中的檫树树冠60%分布在4~6 m之间,这是因为檫树间已出现竞争,而树冠的4~6 m处恰好位于杉木树冠的上部,其余两种混交模式中的檫树树冠也主要分布在2 m以上,树冠较均匀;而檫树纯林已出现了较高的枝下高,枝叶主要分布在树冠的上部,表明林木个体间竞争激烈,林分应适时进行间伐,以利于林木材积的生长。从以上可以看出,混交林的冠层结构较为合理。

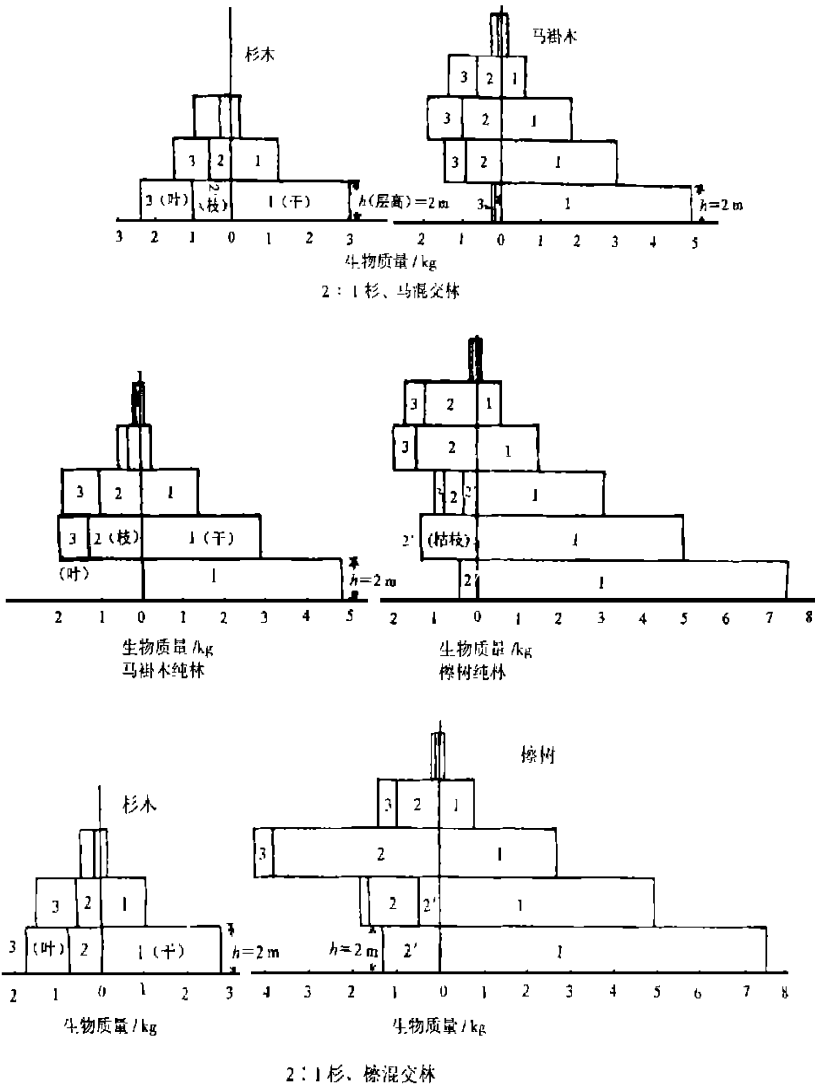


图 2 杉木与马褂木、樟树混交林及其纯林平均木生物量(烘干)空间分布

2.5 树种生物量与胸径、树高的关系

马褂木、樟树、杉木 3 个树种各器官生物量与胸径、树高的关系见表 6。从表 6 可见, 马褂木各器官生物量的回归方程的相关系数均在 0.92 以上(除树枝外); 樟树树干生物量的回归方程的相关系数在 0.92 以上, 而树枝、树叶、总量的相关系数只在 0.69~0.88 之间; 杉木各器官生物量回归式, 树干和总量的相关系数在 0.92 以上, 而树枝、树叶的相关系数只在 0.83~0.87 之间。根据对数回归方程计算的各器官生物量与实测的生物量相比较, 相关系数在 0.92 以上的方程式与实测结果无显著差异(可靠性 95% 以上), 而相关系数在 0.80 以上的回归方程可靠性也在 90% 以上, 预测方程仅供参考。

3 结 论

(1) 在杉木采伐迹地上, 营造的杉木与马褂木或樟树不同模式混交林及其纯林蓄积量差异

表6 马褂木、檫树、杉木各器官生物量(烘干)与胸径、树高的关系

| 树 种 | 分 量 | 回 归 方 程 | 相关系数 r | 样本数 n |
|-----|-----|------------------------------------|--------|-------|
| 马褂木 | 树 干 | $Lg m = -1.3717 + 0.8533 Lg(D^2H)$ | 0.9879 | 8 |
| | 树 枝 | $Lg m = -1.8073 + 0.8088 Lg(D^2H)$ | 0.8478 | 8 |
| | 树 叶 | $Lg m = -1.3740 + 0.6155 Lg(D^2H)$ | 0.9285 | 8 |
| | 总 量 | $Lg m = -1.0676 + 0.8074 Lg(D^2H)$ | 0.9906 | 8 |
| 檫 树 | 树 干 | $Lg m = -1.8658 + 1.0465 Lg(D^2H)$ | 0.9211 | 8 |
| | 树 枝 | $Lg m = -2.2538 + 1.1269 Lg(D^2H)$ | 0.6973 | 8 |
| | 树 叶 | $Lg m = -3.4494 + 1.1984 Lg(D^2H)$ | 0.7084 | 8 |
| | 总 量 | $Lg m = -1.8346 + 1.0884 Lg(D^2H)$ | 0.8841 | 8 |
| 杉 木 | 树 干 | $Lg m = -1.7118 + 0.9390 Lg(D^2H)$ | 0.9937 | 16 |
| | 树 枝 | $Lg m = -3.3794 + 1.4556 Lg(D^2H)$ | 0.8312 | 16 |
| | 树 叶 | $Lg m = -3.1477 + 1.4460 Lg(D^2H)$ | 0.8701 | 16 |
| | 总 量 | $Lg m = -2.0429 + 1.2014 Lg(D^2H)$ | 0.9285 | 16 |

注: 方程中变量单位, m: kg; D: cm; H: m。

明显, 5年生时表现为马褂木(檫树)纯林>杉2:马(檫)1林分>杉3:马(檫)1林分>杉5:马(檫)1林分>杉木纯林。在杉木与马褂木不同模式混交林及纯林中, 马褂木纯林为 $150.42 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 是杉木纯林的4.67倍, 杉2:马1混交林为 $80.14 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 是杉木纯林的2.49倍, 杉3:马1和杉5:马1混交林则分别比杉木纯林高70.23%和64.66%; 混交林中, 以杉2:马1混交模式生产力最高。在杉木与檫树不同模式混交林中, 檫树纯林为 $94.57 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 是杉木纯林的3.40倍, 杉2:檫1混交林分为 $52.40 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 高出杉木纯林88.15%, 杉3:檫1和杉5:檫1混交林则分别比杉木纯林高出61.47%和60.65%; 混交林中, 也是杉2:檫1混交模式生产力最高。与杉木纯林相比, 两树种各模式混交林中的杉木生长也得到不同程度的促进。

(2) 杉木与马褂木或檫树不同模式混交林及其纯林生物量(烘干)差异较明显, 马褂木(檫树)纯林>杉2:马(檫)1林分>杉3:马(檫)1林分>杉5:马(檫)1林分>杉木纯林。在杉木与马褂木不同模式混交林及纯林中, 马褂木纯林生物量最大, 为 $91.933 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其次为杉2:马1混交林, 为 $45.232 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 它们分别是杉木纯林的4.55倍、2.24倍, 再依次为杉3:马1($36.120 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)和杉5:马1($34.292 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)混交林, 它们分别比杉木纯林大78.96%和69.90%, 杉木纯林最小; 在杉木与檫树不同模式混交林及纯林中, 檫树纯林生物量最大, 为 $60.105 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 是杉木纯林的3.31倍, 其它依次为杉2:檫1($32.426 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)、杉3:檫1($28.635 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)和杉5:檫1($25.823 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)混交林, 它们分别比杉木纯林大78.54%、57.67%和42.18%, 杉木纯林也为最小。

(3) 杉木与马褂木或檫树混交后, 林地土壤养分状况均得到不同程度的改善, 马褂木、檫树纯林及其混交林在0~20 cm土层内, 土壤有机质、全N、全P、速效N、速效P、速效K含量均高于杉木纯林, 且改善程度较明显, 20~40 cm土层的养分含量与杉木纯林相比也有不同程度的提高。在马褂木、檫树纯林及各模式混交林中, 又以马褂木(檫树)纯林和杉2:(檫)1混交林林地土壤养分较高, 表明马褂木、檫树是较理想的培肥混交树种, 值得大力推广。

(4) 各林分树种的空间分布同林分的树种结构、比例和林龄有一定的关系。由于林分还处

在幼龄期, 杉木纯林及混交林郁闭, 空间分布格局差异不很大, 但随着林龄的增加, 林分中个体间的竞争将会加强, 空间分布将会出现明显的差异。马褂木、檫树纯林由于早期生长快, 林分已出现了较高的枝下高, 树冠上移, 特别是檫树应及时进行间伐, 或降低初植密度, 以利于蓄积量的增长, 而马褂木在生长早期则应及时除萌, 以利于形成主干。

(5) 各树种地上部分各器官生物量与胸径、树高之间大多表现出较紧密的对数函数关系。

参考文献:

- [1] 盛炜彤. 杉木人工林地力衰退研究[M]. 北京: 中国科技出版社, 1993.
- [2] 何贵平, 陈益泰, 蔡宏明, 等. 杉木幼林地水土流失动态研究[J]. 林业科学研究, 1996, 9(5): 544~548.
- [3] 俞新妥. 论杉木人工林的回归——从杉木林地力衰退的因果谈杉木林的可持续经营[J]. 世界林业研究, 1999, 12(5): 15~19.
- [4] 盛炜彤, 薛秀康. 福建柏、杉木及其混交林生长与生态效应研究[J]. 林业科学, 1992, 28(5): 397~404.
- [5] 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, 33(5): 385~393.
- [6] 秦建华, 姜志林. 培育优质阔叶材混交林与森林可持续经营[J]. 世界林业研究, 1999, 12(4): 6~11.
- [7] 薛秀康. 英国混交林研究现状与趋势[J]. 林业资源管理, 1998, (2): 79~81.
- [8] Satoo. 产量法研究综述[M]. 李文华译. 植物生态译丛(第一集). 北京: 科学出版社, 1974.
- [9] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [10] 中国科学院南京土壤所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.

Study on the Biomass and Soil Fertility of Pure and Mixed Stands of *Cunninghamia lanceolata*, *Liriodendron chinense* and *Sassafras tsumu*

HE Gui-ping¹, CHEN Yi-tai¹, HU Bing-tang¹,

FENG Jian-wen², LIU Hua-tong², CAI Hong-ming²

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Forestry Committee of Shaowu Fujian Province, Shaowu 354000, Fujian, China)

Abstract: From the viewpoints of tree growth, biomass, spatial distribution pattern and soil fertility, the pure and mixed stands of 5-year-old *Cunninghamia lanceolata* and *Liriodendron chinense* and *Sassafras tsumu* grown in Shaowu of Fujian Province were studied. The results showed that the *C. lanceolata*-*L. chinense*, *C. lanceolata*-*S. tsumu* mixed stands and the pure stands of *L. chinense*, and *S. tsumu* have higher productivity. The biomass of pure *L. chinense* stand was $91.933 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, and the mixed stand (*C. lanceolata* : *L. chinense* = 2 : 1) was $45.32 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, which are 4.55 times and 2.24 times that of pure *C. lanceolata* stand. The biomass of mixed stands of *C. lanceolata* and *L. chinense* in the ratio of 3 : 1 and 5 : 1 were $36.1201 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $34.2920 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ respectively, which were 78.96% and 69.90% higher than that of pure *C. lanceolata* pure stand. The biomass of pure *S. tsumu* stand was $60.105 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, which was 3.31 times that of the *C. lanceolata* Pure stand. The biomass of mixed stands of *C. lanceolata* and *S. tsumu* in the ratio of 2 : 1, 3 : 1 and 5 : 1 were $32.426 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, $28.635 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $25.822 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, which were 78.54%, 57.67% and 41.18% higher than that of the *C. lanceolata* pure stand. The mixed stand of *C. lanceolata* with *L. chinense* and *S. tsumu* could form better stand structure as well as benefits the soil fertility and promotes the growth of *C. lanceolata*. The authors hold that the mixture pattern of *C. lanceolata* and *L. chinense* in the ratio of 2 : 1 is a good afforestation pattern and worth to be extenuated.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; *Liriodendron chinense*; *Sassafras tsumu*; mixed stand; biomass; soil fertility; stand structure