

福建含笑-杉木混交林的效益及机理分析

张兴正

(福建省建瓯市林业委员会, 福建 建瓯 353100)

摘要: 对7年生福建含笑-杉木 [*Michelia fujianensis* Q. F. Zheng-*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 混交林的生长效果、改土效益、水源涵养功能以及混交机理的分析研究表明, 该混交林种间关系协调, 林分空间分布格局合理, 能调节林分小气候, 改善土壤肥力状况, 充分利用营养空间, 增强水源涵养功能, 促进林分生长。福建含笑与杉木混交林是改造杉木低产林、防止地力衰退及扩大珍贵阔叶树种植范围的有效途径之一。

关键词: 福建含笑; 杉木; 混交林; 混交效益; 混交机理

中图分类号: S714.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)03-0025-05

Analysis of benefit and mechanism of mixed forest of *Michelia fujianensis* and Chinese fir ZHANG Xing-zheng (Forestry Committee of Jian'ou City, Fujian Province, Jian'ou 353100, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(3): 25-29

Abstract: Growth effect, soil-improved benefit, water-conserved function and mixed mechanism for 7-yr-old mixed forest of *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and Chinese fir [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] were studied. The results showed that the relation between this two tree species was coordinated and that distribution pattern for stand space was rational so that is reached a series of functions such as regulating micro-climate of forest stand, improving soil fertility, making full use of nutrient space, enhancing water conservation and improving the growth of forest stand. Mixed plantation of *M. fujianensis* and Chinese fir is one of the effective ways by which to transform low-yielded Chinese fir stand, to prevent and control the soil fertility declination, to enlarge plantation scope of rare species of hard wood.

Key words: *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng; *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; mixed forest; mixed effect; mixed mechanism

福建含笑 (*Michelia fujianensis* Q. F. Zheng) 为常绿大乔木, 是福建特有珍稀阔叶树, 被列为福建省 I 级重点保护野生植物, 其干形通直, 材质好, 树形优美, 花具兰花香型, 是一种经济价值较高的优良用材及观赏树种, 也是目前中亚热带东部山区大力推广种植的速生乡土阔叶树种之一。杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 是南方重要造林树种, 具有悠久的栽培历史。为了缓解当前林业生产树种单一以及大面积营造针叶林带来的地力衰退问题, 进行了福建含笑与杉木混交林效益与机理的研究。

1 试验地自然概况

试验地位于福建省建瓯市皇康村矮康山, 属亚热带季风湿润气候, 水热充沛, 年平均气温 16.8℃, 年均降雨量 1900 mm, 年蒸发量 1460 mm, 年平均相对湿度 82%, 霜雪偶见。土壤为山地红壤, 土层深

厚, 腐殖质层中等。试验地海拔 380 m, 坡度 21°, 坡向西南。试验地前茬为杂灌木, 林地经清杂后, 于 1992 年春按常规营林措施进行造林和抚育管理。

2 材料与方 法

2.1 试验设计

试验按随机区组进行, 造林密度为 2500 株/hm² (株行距 2m × 2m), 设置杉木纯林、福建含笑纯林及福建含笑-杉木混交林 (福建含笑: 杉木 = 1:3) 3 种处理, 重复 3 次, 每块样地面积为 0.6667 hm², 共计 9 块, 每样地内种植 13 行, 每行 13 株, 每样地周围按同树种组成比例设置保护行 3 行, 以保证其不受边行效应影响。造林时施基肥 (复合肥 250 g/株)。

收稿日期: 2000-08-11

基金项目: 福建省自然科学基金项目 (F991)

作者简介: 张兴正 (1966-), 男, 福建建瓯人, 本科, 工程师, 主要从事森林培育等方面的研究。

2.2 调查方法

1998年11月下旬对7年生混交林及纯林全面调查树高、胸径、冠幅等,每种林分分别选取3株标准木,按分层切割法调查生物量;用“样方收获法”测定各林分林下枯枝落叶量;按“S”形路线多点采集0~40 cm土层的混合土样供土壤养分测定,并用“环切法”采集0~40 cm的原状土供水分物理性质测定;用“日立”光照计同时多点测定林分及空旷地离地面40 cm处的光照强度,并测定林内温度和湿度、地温;采用壕沟全控法,分根桩、粗根(>2 mm)和细根(<2 mm)测定地下部生物量,并测定各标准木的根深、根幅和根密集区范围。

2.3 测定方法

土壤水分物理性质按常规方法测定^[1]。土壤养分含量按国标分析方法测定^[2]。土壤酶活性中的磷酸酶活性测定用改进后的 Hoffman 法;脲酶活性用 G. Hoffman 和 K. Feicher 法测定;转化酶用硫代硫酸钠滴定法测定;过氧化氢酶用高锰酸钾滴定法测定;过氧化物酶、多酚氧化酶用没子食素比色法测定^[3,4]。土壤微生物数量及组成测定中的细菌用牛

肉膏蛋白胨琼脂混菌法;放线菌用可溶性淀粉琼脂混菌法,真菌用马丁氏培养基混菌法,这些生物类群均采用稀释法测定^[5];林下植被及凋落物持水量用“浸水法”测定^[6];土壤渗透性和贮水能力用“环刀法”测定^[1]。

3 结果与分析

3.1 混交林效益

3.1.1 混交林的林分生产力

混交林中杉木的平均树高、胸径和单株材积等均明显高于杉木纯林(表1),分别比杉木纯林提高20.50%、25.78%和84.62%。单株生长量和林分生物量也高于杉木纯林,而混交林与纯林中福建含笑单株材积相当,表明混交能明显促进杉木生长,又不影响福建含笑的生长。混交林分的蓄积量和生物量比杉木纯林分别提高57.48%和25.93%,比福建含笑纯林分别提高134.02%和23.15%,表明福建含笑与杉木混交林能大大地提高林分生产力。

表1 福建含笑和杉木纯林及混交林的生长量和生物量

Table 1 Growth and biomass of mixed forest and pure forest for *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

林分 Forest stand	密度 Stem density (株/m ²)	平均树高 Mean height (m)	平均胸径 Mean D. B. H (cm)	单株材积 Tree volume (m ³)	蓄积量 Growing stock (m ³ /hm ²)	生物量 Biomass (t/hm ²)		
						地上部 Aerial part	地下部 Underground part	合计 Total
纯林 pure forest								
福建含笑 <i>Michelia fujianensis</i>	2 436	5.56	8.85	0.018 1	44.09	28.32	37.39	65.71
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	2 400	6.05	10.20	0.027 3	65.52	44.05	20.21	64.26
混交林 mixed forest								
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	1 830	7.29	12.83	0.050 4	92.23	44.56	20.94	65.50
福建含笑 <i>Michelia fujianensis</i>	615	5.97	8.42	0.017 8	10.95	7.11	8.31	15.42
混交林小计 total of mixed forest	2 445	-	-	-	103.18	51.67	29.25	80.92

3.1.2 混交林的改土效益

3.1.2.1 土壤理化性状 混交林与纯林因林分结构、枯枝落叶量及组成以及根系分布等差异,引起林地土壤理化性状的不同。福建含笑纯林土壤水分物理性状较好(表2),充分显示福建含笑的改土效果,其与杉木组成的混交林的土壤水分物理性状也得到较大改善,混交林地土壤容重比杉木纯林下降3.40%,而土壤最大持水量、毛管持水量、田间持水量、毛管孔隙、非毛管孔隙以及通气度比杉木纯林分别提高17.48%、18.83%、5.36%、14.93%、1.80%和

52.57%。混交林土层(0~40 cm)较为疏松,通气性能明显改善且水分容蓄能力提高,有利于降水的渗透和杉木根系的生长。

福建含笑纯林林地(0~40 cm)土壤有机质、全氮、全磷含量在3种林分中最高(表3),这主要与枯枝落叶数量及性质有关。而速效N、P和K含量以混交林为最高,说明土壤中N、P和K三要素在混交林中被活化。混交林地的土壤有机质、全氮、全磷、水解氮、速效磷及速效钾等养分含量均比杉木纯林高,分别是杉木纯林的1.29、1.30、1.38、1.44、3.08和

1.44倍。可见,福建含笑与杉木混交,也提高了土壤养分含量,特别是速效养分含量,无疑混交林在防止杉木人工林地力衰退上具有重要意义。

3.1.2.2 土壤微生物 不同林分微生物数量及组成差异较大,其中混交林土壤的细菌、真菌及放线菌数量均为3种林分之首,杉木纯林最低。总菌数也以

混交林为最高,达 310.7×10^4 个/g,而杉木纯林最低,仅为 184×10^4 个/g。此外,混交林中细菌、真菌和放线菌的组成相对比较平衡,可见,混交林营养物质丰富,枯枝落叶较多且成分复杂,微生物数量多并且改善细菌、真菌及放线菌的组成,有利于有机质的分解和养分积累,从而提高土壤肥力(表4)。

表2 福建含笑和杉木纯林与混交林林地土壤水分物理性状(0~40 cm)

Table 2 Moisture content and physical properties of the soil (0~40 cm) in different forest stand of *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

林分 Forest stand	容重 Bulk density (g/cm ³)	最大持水量 Maximum water holding capacity (%)	毛管持水量 Capillary water holding capacity (%)	田间持水量 Field moisture capacity (%)	毛管孔隙 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙 Non capillary pore space (%)	总孔隙 Total porosity (%)	透气度 Ventilating (%)
福建含笑纯林 pure forest of <i>Michelia fujianensis</i>	1.09	48.56	43.42	37.36	47.33	5.60	52.93	12.21
杉木纯林 pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	1.22	40.05	35.96	30.80	43.87	4.99	48.86	11.28
福建含笑-杉木混交林 mixed forest of <i>M. fujianensis</i> - <i>C. lanceolata</i>	1.18	47.05	42.73	32.45	50.42	5.08	55.50	17.21

表3 福建含笑和杉木不同林分枯落物及林地土壤(0~40 cm)化学性状

Table 3 Quantities of withered branches and falling leaves and chemical properties of the soil (0~40 cm) in mixed forest and pure forest for *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

林分 Forest stand	有机物 Organic matter (%)	全氮 Total N (%)	全磷 Total P (%)	水解氮 Hydrolytic N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	凋落物 Litter fall (t/hm ²)
福建含笑纯林 pure forest of <i>Michelia fujianensis</i>	3.641	0.098	0.064	83.25	5.83	89.63	4.974
杉木纯林 pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	2.321	0.073	0.042	68.16	2.18	78.36	3.211
福建含笑-杉木混交林 mixed forest of <i>M. fujianensis</i> - <i>C. lanceolata</i>	2.984	0.095	0.058	98.11	6.71	112.41	4.083

表4 福建含笑和杉木不同林分土壤(0~40 cm)微生物数量及组成¹⁾

Table 4 Number and composition of microorganism in the soil (0~40 cm) of different forest stand of *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.¹⁾

林分 Forest stand	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomyces	总菌数 Total
福建含笑纯林 pure forest of <i>Michelia fujianensis</i>	274.8×10^4 (92.56)	8.4×10^4 (2.83)	13.7×10^4 (4.61)	296.9×10^4 (100)
杉木纯林 pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	169.7×10^4 (92.73)	4.9×10^4 (2.86)	8.4×10^4 (4.59)	184.0×10^4 (100)
福建含笑-杉木混交林 mixed forest of <i>M. fujianensis</i> - <i>C. lanceolata</i>	285.7×10^4 (91.95)	9.2×10^4 (2.96)	15.8×10^4 (5.09)	310.7×10^4 (100)

¹⁾ 括号中的数值为百分率 The number in brackets is percentage

3.1.2.3 土壤酶活性 土壤酶活性是表征土壤肥力的重要标志之一^[7]。因不同林分的林地水热条件、营养物质及其转化状况不同,土壤酶活性差异较大。土壤中酸性和中性磷酸酶活性、脲酶、转化酶、多酚氧化酶、过氧化氢酶及过氧化物酶活性均以混交林最高,而杉木纯林最低(表5)。混交林土壤中7种酶活性分别比杉木纯林提高 57.97%、82.76%、

121.43%、67.62%、50.00%、12.88%和 29.87%,其中酸性磷酸酶活性增幅最大(增量达 0.8 mg/g),对于较缺磷的南方山地红壤,酸性磷酸酶活性的提高,对土壤供磷具有重要意义。总之,混交林能明显提高土壤酶活性,表明混交林土壤有机物残体分解及腐殖质再合成强度比纯林高,这对促进林木生长,改良林地肥力具有较大的意义。

3.1.3 水源涵养效益

福建含笑和杉木不同林分的水源涵养功能有很大差异。混交林地上部持水量、土壤渗透性、土壤贮水量及排水能力均最大,而杉木纯林最低(表 6)。混交林地上部持水量比杉木纯林高 3.11 t/hm^2 ,土壤渗

透系数 K_{10} 、土壤贮水量(0~40 cm)及排水能力(0~40 cm)分别比杉木纯林提高 66.27%、46.55% 和 52.66%。可见混交林显著改善林分结构和林地土壤水分物理性质,提高土壤渗水能力,减少地表径流,具有较高的水源涵养和水土保持功能。

表 5 福建含笑和杉木纯林与混交林土壤(0~40 cm)酶活性

Table 5 Activity of soil enzyme in mixed forest and pure forest for *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

林分 Forest stand	酸性磷酸酶 Acid phosphatase (酚, mg/g)	中性磷酸酶 Neutron phosphatase (酚, mg/g)	脲酶 Urease (NH_3 , mg/g)	转化酶 Invertase (0.1 N/L $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, mg/g)	多酚氧化酶 Polyphenol oxidase (没食子素, mg/g)	过氧化氢酶 Hydrogen peroxidase (0.1 mol/L KMnO_4 , mL/g)	过氧化物酶 Peroxidase (没食子素, mg/g)
福建含笑纯林 pure forest of <i>Michelia fujianensis</i>	1.83	0.32	0.19	1.36	0.48	2.73	1.72
杉木纯林 pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	1.38	0.29	0.14	1.13	0.38	2.64	1.54
福建含笑-杉木混交林 mixed forest of <i>M. fujianensis</i> - <i>C. lanceolata</i>	2.18	0.53	0.31	1.89	0.57	2.98	2.00

表 6 福建含笑和杉木不同林分水源涵养状况

Table 6 Water-conserved properties of different forest stand of *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

林分 Forest stand	林分地上部持水量 Water holding capacity aboveground (t/hm^2)	0~40 cm 土壤渗透性能 Penetrability at depth of 0~40 cm (mm/min)	0~40 cm 贮水量 Water holding capacity at depth of 0~40 cm (mm)	0~40 cm 土层排水能力 Drainage capacity at depth of 0~40 cm (mm)
福建含笑纯林 pure forest of <i>Michelia fujianensis</i>	8.05	8.03	99.35	48.83
杉木纯林 pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	6.93	6.76	80.52	45.14
福建含笑-杉木混交林 mixed forest of <i>M. fujianensis</i> - <i>C. lanceolata</i>	10.04	11.24	118.00	68.91

3.2 混交机理分析

3.2.1 混交林林冠结构特征 在 3 龄之前,林木呈个体生长状态,4 龄后杉木和福建含笑均加速生长,至 7 龄时各林分已处于高度郁闭状态。调查结果表明(表 7),福建含笑纯林、混交林及杉木纯林的林分郁闭度分别为 0.92、0.95 和 0.90,以混交林为最高,而且福建含笑枯枝落叶量大,易分解,它与杉木混交后林下枯枝落叶量也较多且成分复杂,这对培肥地力相当有利。从树冠垂直结构来看,杉木平均树高比福建含笑大,福建含笑枝叶繁茂,叶生物量大,两者混交组成了复层林冠结构,对树冠利用光能和截留降雨具有重要作用。总之,从 7 年生混交林林冠结构看,两树种间关系协调,能形成较大的生产力,是一个较好的混交组合。

3.2.2 林分营养空间的利用 杉木的冠幅比福建含笑大(表 7),而福建含笑的冠层厚度比杉木大,两者混交形成的树冠结构较为紧密。混交林分叶量最大,多达 7.89 t/hm^2 ,而杉木纯林的叶量最小,仅为

6.71 t/hm^2 ,混交林的光合面积大,能更有效地利用地上营养空间。从根系的分布状况来看,不论是纯林还是混交林,福建含笑根系垂直深度和水平根幅比杉木大,分别达 1.28~1.32 m 和 2.05~2.21 m,而且密集根系分布层也比杉木深,形成了杉木根系在上而福建含笑根系在下的特点。这种根系分布特点不仅能充分利用土壤不同层次的养分,缓解了两树种对土壤肥力的竞争矛盾,从而提高林分生产力。

3.2.3 混交林小气候特征 福建含笑杉木混交林林分为复层林冠,从而改善了林分小气候。纯林和混交林林分内小气候环境条件的变化主要是由于光照条件的差异造成的,在夜间差异小,而在白天尤其是正午差异大,故本试验选择中午对林内各气候因子进行调查。结果表明(表 8,表中数据为 1998 年 11 月 20 日中午 12:15~12:45 的平均测定值,由于两树种均为常绿树种,各季节枝叶为均匀凋落,故其测定值的规律性在全年均具有代表性),混交林林内相对光照强度比纯林降低 4.76% 到 12.18%,林内气温比

纯林降低 $0.5^{\circ}\text{C} \sim 1.2^{\circ}\text{C}$, 地温降低 $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.9^{\circ}\text{C}$, 而空气湿度比纯林提高 $5\% \sim 8\%$ 。无疑在生长旺盛季节, 混交林林木处于相对湿度较大的环境中, 从而有

利于光合作用的顺利进行。可见, 混交林能充分利用光能, 改善林内光照强度、温度和湿度, 有利于微生物繁殖, 提高土壤酶活性, 促进林木生长。

表7 福建含笑和杉木不同林分地上部地下部空间分布情况

Table 7 Space distribution of above ground part and underground part of the different forest stand for *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

树种 Species	郁闭度 Closure density	平均树高 Mean height (m)	冠幅 Crown breadth (m)	冠长 Crown length (m)	叶量 Leaf mass (t/hm ²)	根幅 Rooting breadth (m)	根深 Rooting depth (m)	根密度范围 Rooting density (cm)
纯林 pure forest								
福建含笑 <i>Michelia fujianensis</i>	0.92	5.56	2.33	5.36	7.43	2.53	1.32	20~70
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.90	6.05	2.45	3.83	6.71	1.95	0.93	15~45
混交林 mixed forest								
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.95	7.29	2.55	4.29	6.24	2.21	0.85	10~40
福建含笑 <i>Michelia fujianensis</i>	-	5.97	2.05	5.47	1.65	2.05	1.28	30~65

表8 福建含笑和杉木混交林与纯林小气候特征

Table 8 Feature of small climate in mixed forest and pure forest for *Michelia fujianensis* Q. F. Zheng and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.

林分 Forest stand	林内温度 Temperature below crown ($^{\circ}\text{C}$)	地温 Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 Humidity (%)	光照强度 Photo density (lx)	相对光照强度 Relative photo density (%)
福建含笑纯林 pure forest of <i>Michelia fujianensis</i>	18.8	13.8	83	23 184	38.94
杉木纯林 pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	19.5	14.5	80	25 570	46.36
福建含笑-杉木混交林 mixed forest of <i>M. fujianensis</i> - <i>C. lanceolata</i>	18.3	13.6	88	18 300	34.18

4 结 论

(1) 福建含笑树冠层厚, 枝叶繁茂, 根多且分布深广, 个体小; 而杉木树冠层薄, 根系相对少且分布浅而窄, 个体大。两个树种组成的混交林7年生林分形成复层树冠结构, 明显改善了林分小气候特征, 主要表现在林内光照强度减弱, 气温和地温降低并稳定, 湿度提高, 为林木生长创造良好的生态环境。

(2) 混交林枯枝落叶多且成分复杂, 加上小气候的影响, 明显改善了土壤微生物的数量和组成, 提高土壤酶活性, 加速有机物分解和养分积累, 从而改善土壤理化性状, 提高了土壤肥力, 且树冠层能很好地截留降水, 土壤渗透性有明显增强。

(3) 混交林分空间分布格局合理, 能充分利用地上部和地下营养空间, 减缓对空间的竞争, 提高林分生产力。

(4) 福建含笑与杉木混交(1含笑:3杉木)种间关系协调, 改善林分小气候条件, 提高土壤肥力, 增

强水源涵养功能, 具有良好的保水保肥能力, 从而促进林分生长。研究表明, 混交林的生长量、生物量比杉木纯林分别提高 57.48% 和 25.93%, 比福建含笑纯林分别提高了 134.02% 和 23.15%, 充分显示了其生态、经济效应, 可扩大推广。

参考文献:

- [1] 张万儒. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986. 1-45.
- [2] 国家标准局. 森林土壤标准分析方法(GB-87)[M]. 北京: 中国标准出版社, 1987. 1-24.
- [3] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 61-87, 274-340.
- [4] 郑洪元. 土壤动态生物化学研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 173-265.
- [5] 许光辉. 土壤微生物分析手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 91-248.
- [6] 刘向东. 六盘山林区森林树冠截留、枯枝落叶层和土壤水文性质研究[J]. 林业科学, 1989, 25(3): 220-227.
- [7] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 263-278.

(责任编辑: 惠 红)