

# 杉木细柄阿丁枫混交林涵养水源功能和土壤肥力的研究

陈绍栓

(福建省尤溪国有林场, 尤溪 365100)

**摘要:**对 25 年生杉木细柄阿丁枫混交林进行研究表明:混交林对土壤的物理性质、养分含量、酶活性和涵养水源功能均有良好的作用。混交林林分持水量为  $2212.84\text{t}/\text{hm}^2$ , 杉木纯林为  $1841.62\text{t}/\text{hm}^2$ 。混交林土壤水稳性团聚体组成、孔隙组成和水分状况均比纯林好;混交林土壤养分含量比纯林高,  $0\sim 20\text{cm}$  层有机质含量比纯林增加  $80.5\%$ , 全氮、全磷、水解性氮、速效磷和速效钾含量分别比纯林提高  $28.8\%$ 、 $39.8\%$ 、 $32.0\%$ 、 $56.6\%$  和  $76.8\%$ ;混交林土壤酶活性比杉木纯林高,  $0\sim 20\text{cm}$  层转化酶、脲酶、酸性磷酸酶和过氧化氢酶活性分别比纯林增加  $156.1\%$ 、 $72.6\%$ 、 $30.0\%$  和  $10.3\%$ 。

**关键词:**混交林;涵养水源功能;土壤肥力

## The Water Holding Capacity and Soil Fertility in the Mixed Forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Altingia gracilides*

CHEN Shao-Shuan (Youxi Forestry Farm of Fujian Province, Youxi 365100, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 957~961.

**Abstract:** Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.), a fast-growing, evergreen coniferous tree with high yield and excellent wood quality, is one of the most important tree species for timber production in south China. Because of its high commercial value, native broad-leaved and coniferous forests are often transformed into plantations of pure Chinese fir. The total plantation area of Chinese fir in China is around 9.11 million hectares. Because the area of Chinese fir plantations has expanded rapidly, successive crops of Chinese fir have been planted on the same site. Many studies have reported a serious decline in the productivity of successive rotations of Chinese fir. Therefore, it is extremely important to prevent productivity decline in Chinese fir plantations in successive rotations. Since establishment of mixture plantation of Chinese fir and broad-leaf species is a practicable measure to prevent productivity decline, many mixture forests of Chinese fir and broad-leaf species were planted in my Farm since the past 30 years. The mixture of Chinese fir and *Altingia gracilides* is one of successes mixed patterns.

In order to determine effect of mixture forest of Chinese fir and *Altingia gracilides* on water holding capacity and soil fertility improvement, four experimental plots were established in the mixture stand and pure stand of Chinese fir. Biomass and water holding capacities of stand, ground vegetation and deciduous layer were investigated by harvesting method and then physical properties, chemical properties and enzyme activities of soil were analyzed.

Results from this study showed that mixture forest of Chinese fir and *Altingia gracilides* had good function to improve water holding capacity and soil fertility compared with pure stand of Chinese fir. The water holding capacities in mixture and pure plantation of Chinese fir were  $2212.84\text{t}/\text{hm}^2$  and  $1841.62\text{t}/\text{hm}^2$  respectively. Soil aggregate composition, porosity and water condition in mixture forest were better than these in pure plantation. So did the soil nutrient condition and organic matter. The organic matter, total nitrogen and total phosphorus of soil in layer of  $0\sim 20\text{cm}$  increased by  $80.5\%$ ,  $28.8\%$  and  $39.8\%$

基金项目:福建省林业厅资助项目

收稿日期:2001-09-24 万方数据 日期:2001-10-20

作者简介:陈绍栓(1961~),男,福建省尤溪县人,高级工程师。主要从事森林栽培和森林生态学研究。

respectively compared with pure plantation. The enzyme activities in the mixture forest were more active than in pure plantation. Invertase, urease, acid phosphatase and peroxidase activities in layer of 0~20cm in mixture forest increased by 156.1%, 72.6%, 30% and 10.3% respectively compared with pure plantation. Therefore, the mixture of Chinese fir and *Altingia gracilides* is a popularization mixed patterns to prevent soil fertility in south China.

**Key words:** Chinese fir; *Altingia gracilides*; mixture forest; water conservation function; soil fertility  
文章编号:1000-0933(2002)06-0957-05 中图分类号:S718.5 文献标识码:A

杉木是我国南方的主要造林树种,但杉木连栽引起林地生产力下降和生态环境恶化。营造杉阔混交林是防止地力衰退的有效途径之一<sup>[1,2]</sup>。许多学者对杉木阔叶树混交林进行了专项研究<sup>[3~5]</sup>,但对杉木细柄阿丁枫混交林的研究较少,本文重点探讨杉木细柄阿丁枫混交林 25 年生林分对涵养水源功能及土壤肥力的影响。

1 研究地区概况及研究方法

1.1 研究地区概况

本研究区为福建省中部的尤溪县,戴云山脉北侧,地理位置为北纬 25°48′~26°24′,东经 117°48′~118°36′,海拔 100~1400m,年平均气温 18.9℃,7 月平均气温 28.9℃,1 月平均气温 8℃,最高气温 39℃,最低气温 -4.5℃,年平均降水量 1580mm,年蒸发量 1380mm,年相对湿度 83%,无霜期 299~322d,年积温 5783~7161℃。区域内地貌以丘陵和低山为主,土壤以红壤为主。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设计 1968 年在 10 年生杉木萌芽林上设计强度间伐杉木,间伐后在林冠下套种细柄阿丁枫和保留杉木对比试验,设立固定标准地,标准地面积 20×20m<sup>2</sup>,重复 2 次,从而形成杉木细柄阿丁枫混交林和杉木纯林。具体做法为,强度间伐后保留郁闭度 0.5~0.6,保留密度为杉木 1200 株/hm<sup>2</sup>,在杉木林冠下挖小穴,穴规格 50×30×30cm<sup>3</sup>,密度为 1200 株/hm<sup>2</sup>,套种细柄阿丁枫。随着细柄阿丁枫的生长,在 10 及 15 年生 2 次间伐杉木及部分细柄阿丁枫。混交林形成了细柄阿丁枫在林冠上层杉木在林冠下层的复层结构,林分状况如表 1。

1.2.2 调查与测定方法 1993 年对 4 个标准地进行调查,调查项目有林分调查,乔木层生物量及持水率测定,林下植物及凋落物量和持水率测定,土壤样品采集及测定。

林分调查 实测标准林内所有林木的树高和胸径,十分法调查林分的郁闭度。  
乔木层生物量及持水率测定 以林分平均树高和胸径选择平均木、伐倒平均木,按照 Monsi 分层分割法,直接测定标准木的各器官的鲜重,按照随机原则各抽取一定样品,用于测定含水率,据此推算各部分干物质和水分含量,样品带回室内浸水 24h 测定其最大持水率。

土壤样品采集及测定<sup>[6,7]</sup> 在标准地内采用 S 型布点(5 点),挖掘土壤剖面,分层(0~20cm 和 20~40cm)取样带回室内,土壤水分物理性质采用环刀法,土壤团粒体结构采用机械筛分法,常规方法测定土壤含水量、有机质、全氮、全磷、水解性氮、有效磷和速效钾等。过氧化氢酶活性以 1g 土壤 1h 消耗 0.1NKN<sub>3</sub>O<sub>3</sub> 的毫升数表示,转化酶活性以 24h 后对照与试验的 0.1N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 滴定的毫升数差值表示,脲酶活性以 48h 后每克土壤中 MH<sub>3</sub> 的毫克数表示,酸性磷酸酶活性以 3h 后 100g 土壤中酶的毫克数表示。

2 结果与分析

2.1 混交林对林分水分涵养功能的影响

表 1 不同林分类型林木生长状况

Table 1 Condition of growth of tree layer under differeit forest stands

林分类型	树种	郁闭度	密度	树高	胸径	蓄积
Stand type	Tree species	Canopy density	Density (tree/hm <sup>2</sup> )	Height (m)	DBH (cm)	Stock (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )
混交林 Mixed stand	杉木	0.90	375	12.3	15.3	44.14
	细柄阿丁枫		750	14.4	15.5	101.61
	纯林					
Pure stand	杉木	0.90	1350	12.0	13.5	124.19

林分的水源涵养功能是通过地上部分的乔木层、林下植物层、凋落物层和土壤层的涵蓄水分能力来实现<sup>[8]</sup>,不同林分类型由于林分结构不同,其各层次的涵蓄水分能力有较大的差异。由表 2 可知,2 种林分各层次涵蓄水分能力的大小顺序均为土壤层>林冠层>凋落物层>林下植被层,其中土壤层的涵养水分能力占林分的 98% 以上,表明土壤是水分贮藏的主要场所。杉木细柄阿丁枫林分总持水量为 2212.84t/hm<sup>2</sup>,杉木纯林为 1836.72t/hm<sup>2</sup>,混交林比纯林增加 20.%,其中乔木层、林下植被层、凋落物层及土壤层混交林比纯林分别增加 18.4%,8.1%,7.5%和 20.6%,表明杉木细柄阿丁混交林比杉木纯林具有较好的水源涵养功能。

2.2 混交林对土壤肥力的影响

2.2.1 混交林对土壤物理性质的影响 (1)混交林对土壤结构稳定性的影响 土壤团聚体组成和水稳性与土壤肥力密切相关,它左右着土壤中水、气、根系穿插及养分活化等状况。用结构体破坏率来表示土壤结构的稳定性,其算式为结构体破坏率= $\frac{\text{干筛法}(>0.25)-\text{湿筛法}(>0.25)}{\text{干筛法}(>0.25)}\times 100\%$ ,表 3 可以看出,混交林土壤结构稳定性明显比纯林强,混交林 0~20cm 土层>0.25mm 水稳性团聚体含量比杉木纯林高 15.48%,结构体破坏率则低 7.86%;20~40cm 层>0.25mm 水稳性团聚体混交林比纯林高 19.49%,结构体破坏率则低 10.04%,表明杉木细柄阿丁枫混林对土壤结构具有良好的改良效果。

表 3 不同林分类型土壤团聚体组成(%)

Table 3 The composition of aggregate in different stands (mm)

林分类型 Stand type	土层 Layer (cm)	干筛法(mm) Dry-seived						湿筛法(mm) Wet-seived						结构体破坏率 Destroying rate
		>5	5~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	>0.25	>5	5~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	>0.25	
混交林 Mixed stand	0~20	35.32	15.36	23.94	10.67	12.75	89.51	22.71	20.49	14.01	12.86	10.77	80.64	9.69
	20~40	36.90	14.38	16.14	9.13	9.66	86.21	26.43	22.09	9.57	10.09	8.66	76.84	10.87
纯林 Pure stand	0~20	29.91	14.11	12.94	10.75	11.15	78.86	23.86	18.12	9.36	7.70	6.11	65.16	17.37
	20~40	21.32	15.36	20.94	10.67	12.75	72.51	15.80	8.90	16.81	8.76	7.08	57.35	20.91

(2)混交林对土壤孔隙组成的影响 土壤孔隙组成是土壤养分、水分和空气以及微生物、植物根系等的活动通道和贮存库,它可直接反映整个土体构造状况,是土壤肥力的重要指标之一。从表 4 可见,混交林对土壤孔隙组成有一定的改良效果,混交林 0~20cm 和 20~40cm 层土壤容重分别比杉木纯林低 14.1%和 12.1%,非毛管孔隙度则分别比纯林高 4.87%和 4.91%,毛管孔隙分别高 6.03%和 2.14%,总孔隙度分别高 10.90%和 7.05%。

(3)混交林对土壤水分状况的影响 土壤水分状况不仅对林木生长有效大的影响,同时也影响着土壤结构的形成及土壤结构的稳定性,是表征土壤肥力的重要指标之一。从表 5 可见,混交林土壤水分状况比杉木纯林好。混交林 0~20cm 层,土壤的自然含水量、最大持水量、田间持水量分别比杉木纯林高 3.31%、16.88%和 4.12%,有效水含量和有效水含量范围分别比纯林高 5.56%和 6.37%,其 20~40cm 层土壤上述各项指标亦比杉木纯林好。

2.2.2 混交林对土壤化学性质的影响 林木自土壤中吸收的矿质养分相当一部分是以凋落物的形成归还土壤,由于不同树种生物学特性不同,使得其凋落物的质和量及分解速率均有效大的差异,从而影响到土

壤的养分状况。表 6 可见,杉木细柄阿丁枫混交林土壤养分状况比杉林纯林好,混交林 0~20cm 层有机质比杉木纯林高 80.5%,其全氮、全磷、水解性氮、速效磷和速效钾含量分别比纯林高 28.8%、39.8%、32.00%、56.6%和 76.8%,其 20~40cm 层土壤上述各类养分指标亦比杉木林高,表明混交林对土壤养分含量有较好的改良作用。

2.2.3 混交林对土壤酶活性的影响 森林土壤中一切复杂的生物化学过程都是在酶的参与下进行的,土壤酶活性与土壤肥力密切相关,是表征土壤肥力的重要指标之一。

表 4 不同林分类型土壤结构状况

Table 4 Soil structure under different forest stands						
林分类型	土层	容重	毛管孔隙	非毛管孔隙	总孔隙度	通气度
Stand type	Layer (cm)	Unit Weight (g/cm <sup>3</sup> )	Capillary porosity (%)	Non-Capillary porosity (%)	Total porosity (%)	Aerate (%)
混交林 Mixed stand	0~20	1.031	46.71	13.50	60.21	41.00
	20~40	1.250	37.06	11.18	48.24	28.94
纯林 Pure stand	0~20	1.176	40.68	8.63	49.31	32.91
	20~40	1.422	34.92	6.27	41.19	21.54

表 5 不同林分类型土壤水分状况(g/kg)

Table 5 Soil moisture properties under different forest stands							
林分类型	土层	自然含水量	最大持水量	毛管持水量	田间持水量	有效水含量	有效水含量范围
Stand type	Layer (cm)	Natural moisture	Most holding water	Capillary holding water	Field holding water	Effective moisture	Range of effective moisture
混交林 Mixed stand	0~20	186.3	588.1	443.1	281.9	87.3	182.9
	20~40	154.4	385.9	296.5	186.9	58.4	90.9
纯林 Pure stand	0~20	153.2	419.3	345.9	240.7	31.7	119.2
	20~40	138.2	289.7	245.6	153.3	9.2	24.3

表 6 不同林分类型土壤养分状况

Table 6 Soil nutrient properties under different forest stands								
林分类型	土层	有机质	全氮		全磷	水解性氮	有效磷	速效钾
Stand type	Layer (cm)	Organic matter (g/kg)	Total N (g/kg)	C/N	Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg)	Alkallized N (mg/kg)	Rapidly available P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Rapidly available K <sub>2</sub> O (mg/kg)
混交林 Mixed stand	0~20	49.95	2.105	13.76	0.692	135.6	5.09	108.2
	20~40	29.82	0.914	18.93	0.381	113.5	3.41	91.3
纯林 Pure stand	0~20	27.67	1.634	9.82	0.495	102.7	3.52	61.2
	20~40	16.68	0.517	18.71	0.238	75.9	1.72	48.3

从表 7 可见,杉木细柄阿丁枫混交林土壤中转化酶和脲酶活性均比杉木纯林高,0~20cm 层土壤分别比纯林高 156.1%和 72.6%,20~40cm 层分别比纯林高 79.7%和 11.3%,混交林土壤转化酶和脲酶活性较高,表明其土壤有机质转化速率较快,供氮水平较高。酸性磷酸酶的酶促作用能加速有机磷的脱磷速度,提高磷素的有效性,这对于缺磷的南方地区土壤非常有利,混交林 0~20cm 和 20~40cm 酸性磷酸酶的活性分别比纯林高 30.0%和 84.7%。在土壤物质和能量转化过程中,氧化还原酶占有重要地位,它能参与土壤腐殖质组织的合成,因此对氧化还原酶的研究有助于了解有关土壤肥力实质问题的了

表 7 不同林分类型土壤酶活性

Table 7 Soil enzyme activation under differdnt forest stands					
林分类型	土层	转化酶	脲酶	过氧化氢酶	酸性磷酸酶
Stand type	Layer (cm)	Inverlase enzyme (mc/g)	Urease enzyme (mg/g)	Hydrogen peroxidase enzyme (mc/g)	Acid phosphatase enzyme (mg/g)
混交林 Mixed stand	0~20	6.317	4.276	28.705	1.264
	20~40	3.148	2.364	23.536	0.809
纯林 Pure stand	0~20	2.467	2.477	26.033	0.972
	20~40	1.752	2.124	23.306	0.438

解,杉木细柄阿丁枫混交林土壤过氧化氢酶活性比杉木纯林高,0~20cm 和 20~40cm 层分别比纯林高 10.3%和 1.0%,表明混交林土壤解毒能力比杉木纯林强。

3 结论

3.1 杉木细柄阿丁枫混交林比杉木纯林具有较好的涵养水源功能,混交林林分持水量为 2212.84t/hm<sup>2</sup>,杉木纯林为 1836.72 t/hm<sup>2</sup>,混交林比纯林高 20.5%。林分各层次中持水量大小次序为土壤层>林冠层>凋落物层>林下植物层,其中土壤层持水量占 98%以上,是林分涵养水源的主体。

3.2 杉木细柄阿丁枫混交林比杉木纯林对土壤物理性质具有较好的改良作用。混交林 0~20cm 和 20~40cm 土层>0.25mm 水稳性团体分别比杉木纯林高 15.48%和 19.49%,结构体破坏率则低 7.68%和 10.04%;0~20cm 和 20~40 层土壤容重混交林分别比纯林低 14.1%和 12.1%,非毛管孔隙分别高 4.87%和 4.91%,毛管孔隙分别高 6.03%和 2.14%,总孔隙分别高 10.90%和 7.05%;0~20cm 层土壤自然含水量,最大持水量,田间持水量,有效水含量和有效水范围混交林分别比纯林高 3.31%、16.88%、4.12%、5.56%和 6.37%。

3.3 杉木细柄阿丁枫混交林比杉木纯林对土壤养分具有较好的改良作用。0~20cm 土层有机质含量混交林比纯林高 80.5%,全氮、全磷、水解性氮、有效磷和速效钾分别比纯林高 28.8%、39.8%、32.0%、56.6%和 76.8%。

3.4 杉木细柄阿丁枫混交林土壤酶活性比杉木纯林高。0~20cm 和 20~40cm 层土壤,转化酶混交林分别比纯林高 156.1%和 79.7%,脲酶分别比纯林高 72.6%和 11.3%,酸性磷酸酶分别比纯林高 30.0%和 84.7%,过氧化氢酶分别比纯林高 10.3%和 1.0%。

参考文献

[1] Sheng Weitong(盛炜彤). Productivity decline and control of plantations in China. In: China Forestry Society, ed. *Study on productivity decline of plantations* (in Chinese). Beijing: China Science Press, 1993. 5~20.

[2] Chen Binghao(陈炳浩). Status, reason and control of soil degradation in plantations of China. In: China Forestry Society, ed. *Study on productivity decline of plantations* (in Chinese). Beijing: China. Science Press, 1993. 24~26.

[3] Chen shaoshuan(陈绍柱). Study on ecological benefit of three kinds of mixed forests between Chinese fir and broadleaf tress species. In: China Forestry Society, ed. *Conference Proceedings on Sustainable Development of Forestry and Environment* (in Chinese), 1994. 167~171.

[4] Yang Yusheng(杨玉盛), Li Zhenwen(李振问), Wu Zhuoxi(吴擢溪), et al. Study on the Fertilized Soil of Mixed Forests of *Cunninghamia lanceolata*-*Michelia macclurei*. *Journal of Fujian College Forestry* (in Chinese)(福建林学院学报), 1993, 13(1): 8~16.

[5] Yang Yusheng(杨玉盛), Yu Xintuo(俞新妥), Lin Xianfu(林先富). Studies on the soil fertility in the agroforestry pattern of Chinese fir with *Litsea cubeba*. *Scientia Silvae Sinicae* (in Chinese) (林业科学), 1993, 29(2): 97~102.

[6] Nanjing Soil Institute, Chinese Academy of Sciences, *Physical and chemical property analysis of soil* (in Chinese). Shanhai: Shanhai Science Press, 1978.

[7] Zhang Wanru(张万儒). *Fixed research method of forestry soil* (in Chinese). China forestry Press, 1986.

[8] Yang Yushen(杨玉盛), Li Zhenwen(李振问), Xu Yunliang(许云亮). Studies on the change in Water Conservation Function of the Broadleaf Stand Replaced by Chinese Fir Stand. *Journal of Fujian College of Forestry* (in Chinese) (福建林学院学报), 1992, 12(2): 125~131.