

# 马尾松林下不同混交模式对土壤肥力的影响<sup>\*</sup>

刘爱琴 马祥庆

(福建林学院福建杉木研究中心, 南平 353001)

俞立 罗雪妹

(福建省尤溪县林业科学研究所)

**摘 要** 对马尾松林下混交火力楠、红叶树、木荷林分及马尾松纯林土壤肥力的测定结果表明: 不同混交林分年凋落量有明显差异; 成林马尾松混交阔叶树后, 林地土壤水分状况、孔隙状况、土壤结构及渗透性能均得到不同程度的改善, 而且林地表层土壤养分含量增加, 土壤酶活性加强。不同混交林分改良土壤肥力效果排序为: 混交火力楠林分>混交红叶树林分>混交木荷林分>马尾松纯林。其中马尾松林下混交火力楠是值得推广的新造林模式。

**关键词** 马尾松; 阔叶树; 混交林; 土壤肥力

**中图分类号** S714.8

马尾松(*Pinus massoniana*)作为我国南方重要的造林先锋树种, 近年来造林面积得到了很大发展。但由于造林树种单一, 针叶化明显, 导致了马尾松纯林抗逆性降低, 松毛虫危害严重, 易发生火灾及地力下降等系列生态问题<sup>1~3</sup>。因此, 如何选择马尾松适宜造林模式, 增强林分的抗逆性和物种多样性, 保持其长期生产力, 已成为当前林业生产中急需解决的问题。

马尾松轮伐期长, 枝叶稀疏, 在其生长过程中相当长的一段时间里, 林内光照条件良好。为充分利用马尾松林内光照, 福建省尤溪县林科所从 80 年代以来, 陆续开展了成林马尾松林下混交研究。目前林下混交的火力楠(*Michelia macclurei*)、红叶树(*Helicia cochinchinensis*)及木荷(*Schima superba*)林分长势良好。为及时总结不同混交模式效益, 探讨不同混交方式对林地肥力的影响, 1996 年对不同混交林分土壤的水分、孔隙状况、结构、渗透性能、化学性质及酶活性进行了研究。现将结果报道如下。

收稿日期: 1997-11-03; 修回日期: 1998-01-10

<sup>\*</sup>福建省自然科学基金资助项目

第 1 作者简介: 刘爱琴, 女, 1966 年生, 助理研究员

## 1 试验地概况

试验地位于福建省尤溪县林科所后山 (25.8° ~ 26.4°N, 117.8° ~ 118.6°E), 属戴云山森林立地区闽中低山丘陵区, 为中亚热带大陆性与海洋性兼季风气候, 年均降水量 1 599.6 mm, 年均气温 18.9℃。

1987 年在同一坡面 23 年生马尾松林下分别混交火力楠、红叶树和木荷。试验地海拔 200 m, 坡度 24°。为粉砂岩发育的山地红壤。混交前林下植被主要有: 芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*)、箬竹 (*Indocalamus lengiauritus*)、黄瑞木 (*Adinaadra millettii*)。林分概况具体见表 1。

表 1 试验林分概况

Table 1 General conditions of experimental plantations

林分类型	树种	年龄/a	现存密度 /株·hm <sup>-2</sup>	平均胸径 /cm	平均树高 /m
马尾松混交火力楠	马尾松	32	1 575	23.21	18.42
	火力楠	10	1 170	8.88	8.25
马尾松混交红叶树	马尾松	32	1 575	22.98	18.12
	红叶树	10	1 120	8.58	6.88
马尾松混交木荷	马尾松	32	1 575	23.02	18.32
	木荷	10	1 155	8.34	7.97
马尾松纯林	马尾松	32	1 575	22.90	18.02

## 2 研究方法

在各试验林分内, 随机设置 3 个 1 m×1 m 的凋落物收集网, 定期收集凋落物, 测定林分年凋落量。按“S”形多点取样原则, 分别 0~20 cm, 20~40cm 土层取样。并带回室内混合。每个林分取 3 个土样。试验结果为 3 个样品的平均值。

凋落物含水量用烘干法, 水分物理性质用环刀法<sup>[4]</sup>, 团聚体组成用机械筛分法, 化学性质用常规法<sup>[5]</sup>。过氧化氢酶用滴定法, 过氧化物酶用邻苯三酚比色法, 脲酶用康维皿扩散法, 蛋白酶用 G. Hoffmann 与 K. Teicher 法, 转化酶用 E. Hoffmann 与 A. Seegerer 法, 淀粉酶用 E. Hoffmann 与 G. Hoffmann 法<sup>[6~7]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同混交林分年凋落量

不同混交林分树种组成的不同导致了林分年凋落量的差异。4 种林分年凋落量大小排序为: 混交火力楠林分>混交红叶树林分>混交木荷林分>马尾松纯林 (表 2)。前 3 种林分年凋落量分别比马尾松纯林高 9.88%, 7.69% 和 8.82%。在 4 种林分马尾松密度一致情况下, 不同林分凋落量的差异主要是由不同混交树种凋落物引起, 不同林分凋落量的差异对林地土壤有较大影响。

4 种林分凋落物各组分中, 均以叶凋落量所占比例最大 (表 2)。在混交火力楠、红叶树、

木荷林分中, 树叶占总凋落量的比例分别为 68.80%, 68.55%和 66.56%, 马尾松纯林仅占 61.59%。枝所占比例其次, 但 4 种林分枝所占比例比较接近。虽然马尾松纯林乔木层凋落量小于混交林分, 但其下木层凋落量略高于混交林分。

表 2 不同林分凋落量及组成

Table 2 Litter productions and components at different plantations

t·hm<sup>-2</sup>

林分类型	乔木层年凋落量			下木层年凋落量		其他	合计
	叶	枝	花果	灌木层	草本层		
马尾松混交火力楠	3.649	0.597	0.564	0.410	0.062	0.022	5.304
马尾松混交木荷	3.460	0.584	0.569	0.492	0.067	0.024	5.198
马尾松混交红叶树	3.601	0.587	0.561	0.395	0.072	0.037	5.253
马尾松纯林	2.973	0.579	0.562	0.564	0.082	0.067	4.827

### 3.2 不同混交林分土壤的孔隙状况

土壤孔隙状况直接影响土壤的通气透水及根系穿插, 是土壤肥力的重要指标之一。与马尾松纯林相比, 3 种混交林分土壤容重均有不同程度下降, 尤以 0~20 cm 表层下降更为明显, 混交火力楠林分下降 4.72%。土壤非毛管孔隙、总孔隙及土壤通气度则分别增加 10.05%, 2.72%和 2.69%。混交红叶树及木荷林分孔隙状况改善幅度稍小, 容重仅分别下降 2.83%和 1.89%, 总孔隙度分别增加 2.77%和 0.1%。可见马尾松林下混交阔叶树种后, 林地土壤变得疏松, 通气性能变好, 林地孔隙状况得到明显改善。这与不同混交林分凋落物增加及混交后根系活动加强有关。

### 3.3 不同混交林分土壤的水分状况

土壤水积极参与了土壤物质的代谢和转化, 对林木生长有较大影响。混交阔叶树种 10 a 后, 林地持水性能得到显著改善。混交林地 0~20 cm 土层自然含水量、最大持水量、毛管持水量和田间持水量均比马尾松纯林有所提高(表 3)。其中, 混交火力楠林分提高幅度

表 3 不同林分土壤水分物理性质

Table 3 The soil hydro-physical properties in different plantations

林分类型	土层厚度 / cm	水分状况				容重 / g·cm <sup>-3</sup>	孔隙状况				渗透速度 / mm·min <sup>-1</sup> / mm·min <sup>-1</sup>		渗透系数	
		自然含水量 / %	最大持水量 / %	毛管持水量 / %	田间持水量 / %		毛管孔隙 / %	非毛管孔隙 / %	总孔隙 / %	通气度 / %	初渗值	终渗值	初渗	终渗
马尾松混交火力楠	0~20	21.35	58.73	47.89	38.92	1.01	48.37	10.95	59.32	37.76	9.32	5.17	5.18	2.87
	20~40	22.76	50.85	42.76	35.46	1.09	46.52	8.80	55.32	30.51	6.01	3.21	3.34	1.78
马尾松混交红叶树	0~20	22.47	57.62	47.02	38.44	1.03	48.43	10.92	59.35	36.21	9.04	5.02	5.03	2.79
	20~40	20.12	50.83	42.21	35.07	1.07	45.16	9.22	54.38	32.85	5.97	3.17	3.32	1.76
马尾松混交木荷	0~20	20.25	55.59	46.23	36.97	1.04	48.08	9.73	57.81	36.75	8.84	4.97	4.92	2.76
	20~40	21.24	49.95	41.72	34.05	1.09	45.47	8.97	54.44	31.29	5.74	3.07	3.19	1.71
马尾松纯林	0~20	19.79	54.43	45.05	35.97	1.06	47.80	9.95	57.75	36.77	8.75	4.92	4.87	2.74
	20~40	21.01	47.83	40.09	33.45	1.11	44.50	8.59	53.09	29.27	5.71	3.04	3.17	1.69

最大, 分别提高 7.88%, 7.90%, 6.30% 和 8.20%, 混交红叶树林分其次。混交木荷林分提高最少, 仅分别提高 2.32%, 2.13%, 2.62% 和 2.78%。20~40 cm 土层水分状况的改善幅度较少, 表现出与土壤孔隙状况相同的规律。林地自然含水量增加与林地凋落物增加后减少了地表径流有关。而最大持水量、毛管持水量和田间持水量的提高与混交后林地孔隙状况的改善有关。

### 3.4 不同混交林分土壤的结构及渗透性能

马尾松林分混交阔叶树后, 随林地凋落物增加及其分解作用的加强, 林地的水稳性团聚体含量明显增加。混交火力楠、红叶树及木荷林地 > 0.25 mm 水稳性团聚体分别比马尾松纯林增加 18.22%, 8.07% 和 7.44%, 而表征团聚体稳定性的结构体破坏率则分别下降 27.95%, 15.72% 和 1.80% (表 4)。这说明混交不仅改变了林地固相颗粒的垒结状况, 土壤水稳性团聚体增加, 而且团聚体的稳定性也增强, 提高了林地的供肥、保肥能力。这与混交后林地有机质含量增加及混交树种根系分泌物的胶结有关。

4 种林分中, 土壤的渗透性能以混交火力楠林地最好, 其渗透速度及渗透系数的初渗值可比马尾松纯林地大  $0.57 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  和  $0.31 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 。混交红叶树和木荷林地其次。马尾松林地渗透性能最差。说明马尾松混交阔叶树后, 林地渗透性能得到改善, 更有利于水分下渗和涵养水源功能的发挥。

表 4 不同林分土壤团聚体组成 (0~10 cm 土层)

Table 4 The composition on soil aggregate in different plantations (0~10cm)

林分类型	粒级/mm						结构体破坏率/%
	> 5.0	5.0~2.0	2.0~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	> 0.25	
马尾松混交火力楠	$\frac{21.27}{33.06}$	$\frac{13.67}{18.89}$	$\frac{10.02}{11.85}$	$\frac{11.17}{14.27}$	$\frac{14.61}{15.03}$	$\frac{70.74}{93.10}$	24.02
马尾松混交红叶树	$\frac{9.73}{12.06}$	$\frac{15.26}{29.33}$	$\frac{13.47}{11.55}$	$\frac{12.72}{18.49}$	$\frac{13.49}{18.52}$	$\frac{64.67}{89.95}$	28.10
马尾松混交木荷	$\frac{19.19}{33.72}$	$\frac{10.38}{20.23}$	$\frac{7.18}{11.98}$	$\frac{13.66}{17.52}$	$\frac{13.88}{12.14}$	$\frac{64.29}{95.59}$	32.74
马尾松纯林	$\frac{8.84}{11.49}$	$\frac{10.99}{27.75}$	$\frac{6.68}{10.84}$	$\frac{12.67}{17.91}$	$\frac{20.66}{21.78}$	$\frac{59.84}{89.71}$	33.34

说明: 分母为干筛, 分子为湿筛, 结构体破坏率 (%) =  $\frac{> 0.25 \text{ mm 干筛} - > 0.25 \text{ mm 湿筛}}{> 0.25 \text{ mm 干筛}} \times 100\%$

### 3.5 不同混交林分土壤化学性质

马尾松林下混交阔叶树后, 明显改善了表层土壤的养分状况。林地各项养分指标均比马尾松纯林有所提高(表 5)。混交火力楠林地 0~20 cm 土层有机质、全氮、全磷分别提高 14.84%, 16.67% 和 12.5%, 水解性氮、速效磷、速效钾分别增加 5.79%, 4.59% 和 11.13%。混交红叶树及木荷林地养分含量也有不同程度增加, 但幅度稍小。同时混交林地 pH 值略有提高, 这对于减少林地养分淋溶及酸性土壤对磷的固定有积极意义。

一般来说凋落物分解速率可用同期林地  $(F+H)/L$  的比值来表示。其中  $F, H, L$  分别表示凋落物半分解层、腐殖质层及枯枝落叶层厚度。比值越大表明凋落物分解越快<sup>[8]</sup>。在本项研究中, 不同混交林分  $(F+H)/L$  比值大小排序为: 混交火力楠林分(0.76) >> 混交红叶树林分(0.72) >> 混交木荷林分(0.62) >> 马尾松纯林(0.42)。这说明马尾松凋落物混入其他阔叶

林凋落后, 不仅凋落量高于马尾松纯林, 而且凋落物分解速率也比纯林快, 从而加速了林地养分的归还和周转, 提高了林地的自肥能力。

表 5 不同林分的土壤化学性质

Table 5 The chemical properties in different plantations

林分类型	土层厚度 / cm	有机质 / g <sup>o</sup> kg <sup>-1</sup>	全氮 / g <sup>o</sup> kg <sup>-1</sup>	全磷 / g <sup>o</sup> kg <sup>-1</sup>	水解性氮 / mg <sup>o</sup> kg <sup>-1</sup>	速效磷 / mg <sup>o</sup> kg <sup>-1</sup>	速效钾 / mg <sup>o</sup> kg <sup>-1</sup>	pH 值	
								水	氯化钾
马尾松混交火力楠	0~20	2.964	0.126	0.036	76.61	3.42	56.41	4.96	4.43
	20~40	1.273	0.059	0.030	47.30	1.85	50.52	4.94	4.40
马尾松混交红叶树	0~20	2.794	0.118	0.035	73.27	3.34	52.09	4.95	4.42
	20~40	1.205	0.058	0.029	47.89	1.89	50.58	4.92	4.40
马尾松混交木荷	0~20	2.659	0.116	0.034	73.02	3.31	51.85	4.95	4.43
	20~40	1.214	0.056	0.029	48.89	1.92	50.15	4.93	4.41
马尾松纯林	0~20	2.581	0.108	0.032	72.42	3.27	50.76	4.92	4.41
	20~40	1.221	0.054	0.028	47.01	1.88	49.72	4.95	4.40

### 3.6 不同混交林分土壤酶活性

土壤酶不仅参与了土壤中有机物质的水解反应, 而且参与了土壤物质和能量的交换。马尾松纯林混交阔叶树后, 林地水解酶活性增强(表 6)。其中混交火力楠林地表层转化酶、淀粉酶、脲酶及蛋白酶活性分别增加 7.95%, 16.67%, 2.98%和 10.42%, 表明马尾松林分增加了阔叶树凋落后, 为林地微生物提供了新的基质, 刺激了林地微生物的增殖, 引起了林地有机残体分解, 林地矿质化作用加强, 加速了林地养分的释放, 有利于林木生长。

同时混交林地氧化还原酶活性亦增强。混交火力楠林地过氧化氢酶、过氧化物酶活性分别比马尾松纯林增加 13.53%和 4.11%, 表明混交林地腐殖质再合成强度也比纯林高。不同林分酶活性增强排序为混交火力楠>混交红叶树>混交木荷>马尾松纯林。

表 6 不同林分土壤酶活性(0~20 cm)

Table 6 Soil enzyme activities in different plantations (0~20 cm)

林分类型	氧化还原酶		水解酶			
	过氧化氢酶	过氧化物酶	转化酶	淀粉酶	脲酶	蛋白酶
	/mL <sup>o</sup> g <sup>-1</sup>	/mL <sup>o</sup> g <sup>-1</sup>	/mL <sup>o</sup> g <sup>-1</sup>	/mL <sup>o</sup> g <sup>-1</sup>	/mg <sup>o</sup> g <sup>-1</sup>	/mg <sup>o</sup> g <sup>-1</sup>
马尾松混交火力楠	43.72	167.32	7.47	0.49	2.42	0.53
马尾松混交红叶树	40.86	165.79	7.02	0.45	2.40	0.51
马尾松混交木荷	40.47	164.84	7.12	0.44	2.37	0.50
马尾松纯林	38.51	160.71	6.92	0.42	2.35	0.48

## 4 结论

马尾松林下混交阔叶树 10 a 后, 林分年凋落量增加, 混交火力楠、红叶树及木荷林分分别比马尾松纯林增加 9.88%, 7.69%和 8.82%。但混交林分下木层凋落量小于马尾松林。

马尾松林下混交阔叶树 10 a 后, 林地表层土壤水分、孔隙状况、渗透性能及团聚体组

成均得到了不同程度的改善。林地养分含量增加, 水解酶及氧化还原酶活性加强, 林地养分在地表富集, 有机残体的分解及腐殖质合成作用加强, 有利于林地自肥能力的提高。

马尾松林下混交对土壤肥力的恢复效果随土层加深而减弱, 0~20 cm 土层影响最大, 20~40 cm 影响较少。不同林分恢复地力效果表现为: 混交火力楠林分>混交红叶树林分>混交木荷林分>马尾松纯林。因此, 在马尾松林下混交阔叶树是一种值得推广的, 既能改良地力, 又能充分利用光能的新造林模式。

### 参 考 文 献

- 1 安徽农学院林学系. 马尾松. 北京: 中国林业出版社, 1982. 1~3
- 2 俞新妥. 混交林营造原理及技术. 北京: 中国林业出版社, 1989. 1~4
- 3 中国林学会森林生态分会. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 1~31
- 4 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法. 北京: 中国林业出版社, 1986. 1~45
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 1~135
- 6 哈慈耶夫ΦX. 土壤酶活性. 郑元洪, 周礼恺, 张德生译. 北京: 科学出版社, 1982. 1~60
- 7 关松荫, 张德生, 张志明. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986. 260~339
- 8 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. 林业科学, 1992, 28(5): 397~404

Liu Aiqin (Fujian College of Forestry, Nanping 353001, PRC), Ma Xiangqing, Yu Lixuan, and Luo Xuemei. **Effects of different mixed models on soil fertility in plantations of *Pinus massoniana*.** *Journal of Zhejiang Forestry College*, 1998, 15(3): 250~255

**Abstract:** Soil fertilities of different mixed models in plantations of *Pinus massoniana* were analysed. The results were as follows: The annual litter productions of different plantations were different. Soil moisture conditions, soil structure and permeable capacities in different plantations were improved in varying degrees. Moreover, Soil nutrition and enzyme activities were increased. Soil fertilities were ameliorated slightly. The ameliorating effect of different plantations came in the following: Mixed *Michelia macclurei* plantation, mixed *Helicia cochinchinensis* plantation, mixed *Schima superba* plantation and pure forest of *Pinus massoniana*. Therefore, mixing *Michelia macclurei* in plantation of *Pinus massoniana* is a practicable plantation model.

**Key words:** *Pinus massoniana*; broad leaved trees; mixed forest; soil fertility