

武陵山区马尾松林下混交楠木模式初探

向伟¹, 胡洋^{1*}, 单丹丹¹, 王健豪¹, 谭光南²

¹恩施土家族苗族自治州林业科学研究院, 湖北 恩施

²来凤县林业局, 湖北 来凤

收稿日期: 2025年8月12日; 录用日期: 2025年9月16日; 发布日期: 2025年9月24日

摘要

为了评估武陵山区低效马尾松林最佳改造模式, 选择楠木作为混交树种, 设置3个不同保留密度样地, 每个样地设置3个楠木混交模式, 按2 m × 3 m、2 m × 4 m、2 m × 5 m的株行距开展楠木混交试验, 从平均地径生长情况看, 在1200株/hm²下, 设置为2 m × 4 m的混交模式下楠木生长最好, 其次是1200株/hm²下, 设置为2 m × 3 m模式, 1500株/hm²下, 设置成2 m × 3 m模式楠木生长最差。从平均树高来看, 900株/hm²下, 设置为2 m × 4 m模式楠木平均树高生长最快。土壤化学性质分析发现, 混交模式下氮磷钾含量均有提高, 但pH变化不明显。通过武陵山区低效马尾松林混交模式改造, 以期低产低效林提供科学改造方法。

关键词

武陵山区, 马尾松林, 楠木, 混交模式

Preliminary Study on Mixed *Phoebe* Mode under *Pinus massoniana* Forest in Wuling Mountain Area

Wei Xiang¹, Yang Hu^{1*}, Dandan Shan¹, Jianhao Wang¹, Guangnan Tan²

¹Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture Academy of Forestry, Enshi Hubei

²Laifeng County Forestry Bureau, Laifeng Hubei

Received: August 12, 2025; accepted: September 16, 2025; published: September 24, 2025

Abstract

In order to evaluate the best transformation mode of low-efficiency *Pinus massoniana* forest in

*通讯作者。

文章引用: 向伟, 胡洋, 单丹丹, 王健豪, 谭光南. 武陵山区马尾松林下混交楠木模式初探[J]. 林业世界, 2025, 14(4): 532-537. DOI: 10.12677/wjf.2025.144064

Wuling mountain area, *Phoebe zhennan* was selected as a mixed tree species, three different thinning retention densities were set up, and three *Phoebe zhennan* mixed modes were set up in each plot. According to the plant row spacing of 2 m × 3 m, 2 m × 4 m and 2 m × 5 m, the *Phoebe zhennan* mixed test was carried out. From the average ground diameter growth, at the 1200 plants per hectare, the *Phoebe zhennan* growth was the best under the mixed mode of 2 m × 4 m, followed by the 1200 plants per hectare, set to 2 m × 3 m mode, 1500 plants per hectare, set to 2 m × 3 m mode *Phoebe zhennan* growth is the worst. From the perspective of average tree height, at 900 plants per hectare, the average tree height of *Phoebe zhennan* in the 2 m × 4 m mode is the fastest growing. The comparison of soil chemical properties showed that the content of nitrogen, phosphorus and potassium increased in the mixed mode, but the change of PH was not obvious. Through the transformation of the mixed mode of low-efficiency *Pinus massoniana* forest in Wuling mountain area, in order to provide scientific transformation methods for low-yield and low-efficiency forests.

Keywords

Wuling Mountain Area, *Pinus massoniana* Forest, *Phoebe*, Mixed Mode

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

马尾松(*Pinus massoniana*)为松科松属的一种乔木植物,是我国亚热带地区分布最广的乡土树种[1]。马尾松在湖北省的森林资源中占有重要地位,其木材干形好、耐水湿,可作为造纸、建筑、人造纤维和家具制作的原料,其树干还可提取松脂,树皮可提取栲胶,松针叶可提取芳香油、松花粉,可用于加工成医用防病治病药剂和保健产品等。恩施州在上世纪 80 年代开展大规模的飞播荒山造林,马尾松是其中的主要树种之一,当前这些林分面临着树木生长缓慢、林分结构单一、龄份老化次生现象严重、次生树木在林间竞争力弱、整体效益低下等问题。

楠木为樟科(Lauraceae)楠属(*Phoebe* Nees)内桢楠、闽楠、紫楠等楠木品种的统称,其树形优美、枝繁叶茂,是良好的景观树种[2]。楠木材质色浅橙黄略灰,纹理淡雅文静,质地温润柔和,不腐不蛀有幽香,是我国特有的珍贵用材树种[3]。但楠木生长缓慢、成材周期长、林地利用率较低,单一种植发展投入大、效益周期过长。

国内在福建、重庆、广西等地对马尾松与楠木等阔叶树的异龄混交试验有过相关研究,福建省进行过马尾松林冠下套种楠木的造林方法,研究过马尾松与楠木人工混交林的生长效果,对楠木与马尾松、杉木、火力楠等树种进行过混交试验,重庆市通过林相改造,在马尾松残次林中补植楠木、枫香等树种形成混交林,广西等地开展马尾松与不同阔叶树种的混交实验[4]-[9],但在武陵山区未见相关研究。本研究在马尾松林下开展楠木混交试验,摸索出较为有效的方法,可从短期内逐步改善林地效益,从长远上以珍贵用材逐步替代普通用材,是一种很好的应对路径。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

来凤县,隶属湖北省恩施土家族苗族自治州,位于湖北省西南部,气候属亚热带大陆性季风湿润型山地气候,年平均降雨量 1400 毫米,平均温度 15.8℃,地势西北高,东南低,最高海拔 1600 多米,最

低海拔 300 多米，土壤以黄壤、黄棕壤为主。

2.2. 试验设计

2022 年冬季在来凤县踏查适合的样地，在来凤县旧司镇海拔 500~600 m 范围内选择马尾松成林 30 亩[10]，该林地为上世界 80 年代飞播造林后保存的人工林，权属为集体和村民共有，当前已出现抚育管理不足导致马尾松密度杂乱、龄份老化、次生林生长较弱、林地土壤养分不足等问题，对原马尾松林先按表 1 所示的 3 个密度梯度保留进行林分清理，清理后再对每个密度按 2 m × 3 m、2 m × 4 m、2 m × 5 m 的株行距开展楠木混交试验，共设计 9 个样地。

Table 1. Basic overview of test site

表 1. 试验地基本概况

编号	马尾松保留密度(株/hm ²)	海拔(m)
R1	1500	556
R2	1200	592
R3	900	599

2022 年冬至 2023 年春对选取的试验样地进行整地清理，按照不同密度在林间栽植 2 年生楠木基质苗。造林当年开展常规的抚育措施共 2 次[11]，因要研究混交模式对土壤的影响，2023 年底取土后再追肥 1 次，2024 年春季和秋季各管抚 1 次。对于每个密度模式随机平衡设置 10 m × 10 m 的固定样方 3 个，2023 年底和 2024 年底对样方内的楠木地径、树高生长情况进行调查。

2.3. 土壤采样与分析

2023 年底去除表层杂灌杂草和枯落物，用环刀取土的方式采集不同混交模式样地内 15~30 cm 处的土层土壤样本[12]。取土后带回实验室烘干，检测土壤中的 N、P、K 含量，速效 N、K，有效 P，全 C 和 pH 值等指标。

3. 结果与分析

3.1. 楠木生长状况比较

根据样方调查结果，对比不同密度模式混交情况下的楠木生长状况如下表 2 所示。

Table 2. Comparison of *Phoebe* growth under different mixed modes

表 2. 不同混交模式下楠木生长情况对比

编号	混交模式	2023 年生长状况			2024 年生长状况		
		平均地径(mm)	平均树高(cm)	保存率(%)	平均地径(mm)	平均树高(cm)	保存率(%)
R1	A	5.36	52.08	96.1	7.84	76.69	84.3
	B	5.66	60.16	100	8.48	94.68	94.9
	C	5.65	63.71	90	7.16	85.02	90
R2	A	5.81	54.69	100	9.38	78.71	98
	B	5.34	58.32	100	9.16	95.02	94.9
	C	5.23	55.54	100	8.62	86.78	86.7

续表

R3	A	4.81	58.43	90.2	7.43	78.04	90.2
	B	5.06	52.74	100	7.59	95.81	92.3
	C	5.61	64.52	100	7.91	82.78	83.3

注：A 为 2 m × 3 m、B 为 2 m × 4 m、C 为 2 m × 5 m。

在马尾松保留密度为 1500 株/hm² (R1)，从 3 个生长指标数据最终情况来看，楠木的平均地径生长状况表现排序为 B > A > C，平均树高生长情况表现排序为 B > C > A，保存率情况表现排序为 B > C > A；从 2023 年~2024 年楠木平局地径和平均树高的相对生长情况比较，A 模式下分别为 2.48 mm 和 24.61 cm，B 模式下分别为 2.82 mm 和 34.52 cm，C 模式下分别为 1.51 mm 和 21.31 cm，平均地径和平均树高相对生长情况变现排序均为 B > A > C。从目前的表现来看，R1 模式下，楠木栽植密度为 2 m × 4 m (B)时混交模式表现较好。

在马尾松保留密度为 1200 株/hm² (R2)，从 3 个生长指标数据情况来看，楠木的平均地径生长状况表现排序为 A > B > C，平均树高生长情况表现排序为 B > C > A，保存率情况表现排序为 A > B > C；从 2023 年~2024 年楠木平局地径和平均树高的相对生长情况比较，A 模式下分别为 3.57 mm 和 24.02 cm，B 模式下分别为 3.82 mm 和 36.7 cm，C 模式下分别为 3.39 mm 和 31.24 cm，平均地径相对生长情况变现排序为 B > A > C，平均树高相对生长情况变现排序为 B > C > A。比较 3 个生长指标与相对生长量来看，R2 模式下，楠木栽植密度为 2 m × 4 m (B)时混交模式效果表现较好。

在马尾松保留密度为 900 株/hm² (R1)，从 3 个生长指标数据最终情况来看，楠木的平均地径生长状况表现排序为 C > B > A，平均树高生长情况表现排序为 B > C > A，保存率情况表现排序为 B > A > C；从 2023 年~2024 年楠木平局地径和平均树高的相对生长情况比较，A 模式下分别为 2.62 mm 和 19.61 cm，B 模式下分别为 2.53 mm 和 43.07 cm，C 模式下分别为 2.3 mm 和 18.26 cm，平均地径相对生长情况变现排序均为 A > B > C，平均树高相对生长情况 B 模式表现明显优于 A、C 两种模式。从综合表现情况来看，R3 模式下，楠木栽植密度为 2 m × 4 m (B)时混交模式表现较好。

从上述生长情况分析比较来看，对马尾松成林清理改造保留密度在 1200 株/hm²，楠木混交密度控制在 1245 株/hm² 的情况下，楠木平均地径和平均树高生长情况表现较为适宜[13]。

3.2. 土壤化学性质分析

在不同密度混交模式下采集土壤样本进行检测情况如下表 3 所示。

Table 3. Soil chemical properties in different mixed modes
表 3. 不同混交模式土壤化学性质分析

编号	氮(N) 含量%	磷(P) 含量%	钾(K) 含量%	碱解氮(N) mg/kg	有效磷(P) mg/kg	速效钾(K) mg/kg	全碳(C)含量 %	PH 值
R1-A	0.19	0.039	2.65	163	11.3	109	2.53	3.91
R1-B	0.14	0.052	2.39	332	20.7	95	5.18	3.90
R1-C	0.23	0.051	2.79	182	9.3	99	2.96	3.91
R2-A	0.22	0.042	2.52	91	8.5	85	3.50	3.66
R2-B	0.14	0.041	2.49	260	17.4	82	5.43	3.66

续表

R2-C	0.22	0.035	2.32	215	8.1	85	3.42	3.86
R3-A	0.14	0.039	2.47	124	3.9	80	2.01	3.81
R3-B	0.25	0.042	2.39	182	8.0	91	3.96	3.71
R3-C	0.18	0.042	2.56	234	7.1	106	2.92	3.68
R0	0.13	0.041	2.45	137	3.3	85	1.91	3.61

注：R0 为马尾松成林纯林对照。

通过表 3，可以看出与对照组相比，混交模式下土壤全碳(C)和氮(N)含量都有所提升，其中 B 混交模式下的 3 种马尾松成林土壤全碳(C)含量明显高于其他模式。参照全国第二次土壤普查制定的土壤养分分级标准，10 种模式下(含对照组)的土壤元素养分，磷(P)含量明显偏低，有效磷含量符合国家 II 级标准的仅 R1-B 模式；钾(K)含量明显过高，速效钾含量符合国家 III 级标准有 R1-A、R3-C 两种模式，其他模式速效钾含量达到国家 IV 级标准；氮(N)含量符合国家 II 级标准及以上的有 6 种，另外 3 种模式符合国家 III 级标准，碱解氮含量除 R2A 模式外均达到国家 II 级标准及以上。从 PH 值来看，不同模式下的土壤都呈酸性，参照陈胤好关于林下植被和土壤酸碱度对桢楠生长的影响的研究，去除林下植被后，桢楠树高在酸性土上生长较好[14]，本试验土壤 PH 值差异不明显，不同密度楠木高生长量差异不明显，但是混交模式总体对比纯林模式的 PH 值有稍微上升的趋势。

4. 讨论

本试验通过研究马尾松成林与楠木混交后楠木生长情况和检测混交模式下的土壤成分变化来比较选择较好的混交模式。结果表明，不同保留密度下的马尾松成林和不同密度的楠木混交，在楠木生长状况和土壤成分变化上都有一定的差异。但由于本试验有一定的局限性：为对比混交模式下对土壤的影响，新造林第一年底采集土壤样本后施肥，对造林当年的楠木生长情况有明显的影响；试验周期较短，调查数据和观测年限较短；影响变量因子仅有密度，对其他环境因子考虑较少。后期还需继续观察楠木生长状况和监测土壤情况，后续研究需要更科学的设计观测年限、密度梯度清理和间伐、土壤微生物多样性等指标，从而更全面揭示混交模式的生态与经济效应。

通过本试验也产生一定的经济社会效益，一是对老龄化、效益低下的马尾松林进行清理改造，投入资金成本促进当地经济社会发展[15]；二是逐步用楠木这种珍贵用材来替代普通用材，增加珍贵用材储备，实现森林价值的垂直提升；三是通过混交模式在将来逐步逐渐改良土壤，改善整体生态环境。

5. 结论

本试验在马尾松林下混交栽植楠木，先经过林地清理保留不同的马尾松林密度(1500 株/hm²、1200 株/hm²、900 株/hm²)，然后按照不同的密度在马尾松林下栽植楠木(2 m × 3 m、2 m × 4 m、2 m × 5 m)，结果如下：

- 1) 对于楠木的平均树高生长情况，在 3 种不同保留密度的马尾松林，均以楠木栽植密度为 2 m × 4 m 时表现情况较好；平均树高相对生长量为保留马尾松密度为 900 株/hm²，楠木栽植密度为 2 m × 4 m 时表现为最大。
- 2) 对于楠木平均地径生长情况，以马尾松保留密度为 1200 株/hm²、楠木栽植密度为 2 m × 3 m 时表现最好，以马尾松保留密度为 1500 株/hm²、楠木栽植密度为 2 m × 5 m 时表现最差；平均地径相对生长量为保留马尾松密度为 1200 株/hm²，楠木栽植密度为 2 m × 4 m 时表现为最大。

3) 混交模式下, 由于人为因素的干扰, 短期时间内对土壤因素有一定的影响, 但是影响情况不是很明显, 大部分模式从数据上看趋向于良性, 但是也有少数模式少量指标数值减少, 例如 R3-A 模式下的磷(P)含量和速效钾(K)是趋于降低的情况。

基金项目

恩施州 2022 年科技计划技术支撑类项目“武陵山区珍稀树种楠木与杉木、马尾松等人工林异龄混交栽培技术研究”(D20220008)。

参考文献

- [1] 林华英. 马尾松间伐套种火力楠改培效果分析[J]. 防护林科技, 2024(6): 30-33.
- [2] 翁仙平, 朱相雄, 潘木勤, 等. 楠木在杉木林下套种试验[J]. 林业科技, 2021, 46(5): 16-19.
- [3] 陈宇, 庞涛, 瞿相, 等. 造林密度对楠木幼龄林生长、土壤理化性质与酶活性的影响[J]. 四川林业科技, 2024, 45(3): 9-20.
- [4] 苏燕洪, 吴银兴. 马尾松火力楠混交林生长特性和结构调控技术研究[J]. 江西农业大学学报, 2003(2): 233-235.
- [5] 李生文. 闽楠不同培育模式的综合评价[J]. 江西农业大学学报, 2003(S1): 100-103.
- [6] 林素娇. 人工马尾松林下套种闽楠影响因素研究[J]. 亚热带植物科学, 2019, 48(1): 26-30.
- [7] 刘国昌, 林明, 魏秋桂. 闽楠马尾松混交效果研究[J]. 绿色科技, 2017(21): 111-113.
- [8] 吴敏, 刘振华, 李贵, 等. 丘陵山地针阔混交林光合作用-光响应特性研究[J]. 湖南林业科技, 2019, 46(3): 15-20.
- [9] 林素娇. 人工马尾松闽楠复层混交林生长效应[J]. 林业勘察设计, 2021(3): 55-58.
- [10] 王志鸣, 郭秋菊, 艾训儒, 等. 恩施州不同海拔马尾松天然次生林林分结构特征研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2019, 39(1): 114-122.
- [11] 胡美绿. 不同抚育次数及施肥对杉木楠木混交幼林生长的影响[J]. 林业勘察设计, 2021(3): 82-84.
- [12] 李长华. 杉木与楠木混交造林的生长量比较[J]. 绿色科技, 2021, 23(23): 165-167.
- [13] 袁率, 胡先祥, 柯尊发, 等. 湖北省太子山地区楠木造林技术研究[J]. 农村经济与科技, 2023, 34(16): 76-78.
- [14] 陈胤好. 林下植被和土壤酸碱度对桢楠林分生长及土壤特性的影响[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [15] 邱盛樑. 楠木不同混交造林模式的生长效果比较[J]. 林业科技开发, 2001(1): 26-27.