

枫香在马尾松稀疏林分套种的 生长效果及遗传力分析

王清玲

(福建省永安市林业局, 福建 三明 366000)

摘要: 选择肥沃立地质量Ⅰ类地(LD1)、较肥沃立地质量Ⅱ类地(LD2)和中等肥沃立地质量Ⅲ类地(LD3)等3种立地质量的马尾松稀疏林分开展套种枫香的对比试验, 研究枫香在马尾松稀疏林分中套种的生长效果及主要性状遗传力。结果表明: 枫香在郁闭度0.3~0.4的马尾松稀疏林套种, 其造林成活率和保存率都比较高, 生长状况良好; 在肥沃、较肥沃立地质量马尾松稀疏林分套种的枫香生长量明显高于中等肥沃立地条件; 枫香在肥沃、较肥沃和中等肥沃3种立地质量条件下的马尾松稀疏林分套种树冠性状生长发育较好, 其树高、胸径、材积以及尖削度、冠长率、树冠圆满度、冠型指数的遗传力都在0.7以上, 遗传稳定性较好。综上表明枫香在马尾松低效林改造和景观提升中是较好的树种之一。

关键词: 马尾松; 枫香; 稀疏林分; 套种; 生长量; 遗传力

DOI: 10.13651/j.cnki.fjnykj.2019.07.009

Analysis on Growth Effect and Heritability of *Liquidambar Formosana* Hance Interplanted in Sparse Stands of *Pinus Massoniana*

WANG Qing-ling

(Yong'an Forestry Bureau, Sanming, Fujian 366000, China)

Abstract: In order to study the growth effect and heritability of main traits of *Liquidambar formosana* Hance interplanted in the sparse stands of *Pinus massoniana*, the comparative experiment was conducted by selecting the sparse stands of *Pinus massoniana* with three kinds of site qualities, namely fertile (LD1), relatively fertile (LD2) and moderately fertile (LD3). The results showed that *Liquidambar formosana* Hance interplanted in the sparse stands of *Pinus massoniana* with the canopy density of 0.3–0.4 had relatively high survival rate of afforestation and the growth conditions were good. The growths of *Liquidambar formosana* Hance interplanted in the sparse stands of *Pinus massoniana* with fertile (LD1) and relatively fertile (LD2) site qualities were significantly higher than that with moderately fertile (LD3) site quality. The crown traits of *Liquidambar formosana* Hance interplanted in the sparse stands of *Pinus massoniana* under three site quality conditions, namely fertile, relatively fertile and moderately fertile, had good growth and development, whose heritabilities of tree height, DBH, timber volume, taperingness, crown length rate, crown width and crown type index were all above 0.7, with good genetic stability. Above all, it was shown that *Liquidambar formosana* Hance was one of the better tree species in the reconstruction of low-function forest of *Pinus massoniana* and landscape improvement.

Key words: *Pinus massoniana*; *Liquidambar formosana* Hance; Sparse stand; Interplant; Growth; Heritability

马尾松 *pinus massoniana* Lamb. 耐瘠薄、适应性强, 种子具翅, 飞籽更新容易, 是广泛分布在亚热带地区的用材树种, 经营面积大^[1-3]。由于经营

管理粗放、病虫害、人为强度干扰等诸多因素的影响, 有一些马尾松林存在过纯、过稀的现实问题, 尤其是在一些比较敏感的区域, 确实是需要改

收稿日期: 2019-06-28

作者简介: 王清玲, 女, 1972年生, 高级工程师, 主要从事森林资源培育和管理研究。

造的重点区位。进入 21 世纪以来, 森林景观价值和生态效益日益得到重视, 而被赋予更多功能。现代林业的经营理念不仅要求森林具有经济效益, 也要有生态功能, 同时具有景观价值。对现有过纯、过稀马尾松低质林分, 如何渐进式改建是现代林业经营中必须重视的现实问题和亟待解决的技术问题。枫香 *Liquidambar formosana* Hance 是金缕梅科高大落叶乔木, 木材稍坚硬, 纹理致密, 旋刨性能好, 是建筑、家具和胶合板等的理想用材, 是新兴的用材树种^[4], 也是具有多种功效的药用植物^[5]。枫香不仅树形高大, 绿荫如盖, 而且枫香叶色在春季呈现出紫红色, 夏季为苍绿色, 金秋季节转金黄至鲜红色, 灿若红霞, 是著名的彩色景观树种^[6-7]。总之, 枫香是一种集材用、药用和观赏为一体的多用途树种, 营造枫香树, 符合现代林业发展趋势。为此, 本研究开展了枫香在马尾松稀疏林分中套种试验, 探讨枫香的生长效果和遗传力, 旨在探索马尾松稀疏林提升为多功能复合林分的改造途径, 为马尾松低效林分改造和枫香多用途树种的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地在永安市曹远镇霞鹤村民主庙 43 林班 05 大班 050、060、070 小班, 面积 9.67 hm², 海拔 270~380 m, 坡向西南坡。永安市处于中亚热带向南亚热带过渡地带, 气候属于大陆性兼海洋性季风气候区, 北纬 26°01'~26°25', 东经 117°19'~117°45', 年平均气温 19.3℃, 年日照时数 1529.8~2367.1 h, 日平均气温 ≥ 10℃ 年积温 5558℃, 空气相对湿度平均在 80% 以上, 无霜期 301 d, 年均降雨量 1766 mm 左右。试验林地土壤为山地红壤。

1.2 供试材料

马尾松: 26 年生马尾松稀疏林分, 平均密度 610~645 株·hm⁻², 郁闭度 0.3~0.4。

枫香: 种源来自福建省永安市上坪乡, 1 年生容器苗, 地径 ≥ 1.5 cm, 树高 ≥ 150 cm; 要求根系发达、枝干健壮、形态优美。

1.3 试验设计

在现有马尾松稀疏林中选择林龄相同、林相基本一致的 3 种不同立地类型林分进行林下套种枫香试验, 试验采用不完全随机区组设计, 设 3 个处

理, 分别为 (1) 肥沃立地质量 I 类地 (LD1), 表层土壤 0~20 cm, 有机质 32.0~40.9 g·kg⁻¹, 全氮 1.26~1.36 g·kg⁻¹, 全磷 0.41~0.43 g·kg⁻¹; (1) 较肥沃立地质量 II 类地 (LD2), 表层土壤有机质 19.4~26.6 g·kg⁻¹, 全氮 0.76~1.15 g·kg⁻¹, 全磷 0.34~0.37 g·kg⁻¹; (3) 中等肥沃立地质量 III 类地 (LD3), 表层土壤有机质 13.4~21.0 g·kg⁻¹, 全氮 0.64~0.77 g·kg⁻¹, 全磷 0.22~0.29 g·kg⁻¹。不同立地类型各建立 3 个标准地, 3 次重复, 标准地大小均为 25.82 m×25.82 m 的正方形标准地。

1.4 试验方法

2015 年 9 月在已有的马尾松林中, 进行全林卫生清理, 清除病虫木、劣质木、弯曲木, 清除立木上的枯枝, 按照等高线每隔 1.8 m 建立 1 条 1.2 m 种植带。在种植带内进行全面劈除杂草、灌木等, 将种植带内的杂物以及杂草、灌木等放置在堆杂带内平铺, 堆放整齐。堆杂带水平宽度 1.8 m。在种植带内中央按照 3 m×4 m 株行距进行块状整地, 实施定点挖穴, 穴规格: 穴面宽 60 cm×60 cm, 穴底宽 40 cm×40 cm, 穴深度 40 cm, 要求挖明穴, 在穴中施有机肥, 每穴施 1.5 kg, 施肥先回一半表土与肥料搅拌均匀。2016 年 3 月完成种植。种植后及时进行幼林抚育, 每年 2 次。幼林抚育采用种植带全锄、堆杂带全劈方式, 要求全面清除林地内的芦苇等杂草杂灌, 做到不留死角、边角。2016—2018 年抚育时间: 春季每年 6 月 30 日前, 秋季每年 9 月 30 日前完成。

1.5 调查项目

种植后调查造林成活率和保存率, 每年进行生长量调查, 每木测量树高、胸径、枝下高和冠幅。根据基本数据计算尖削度 (中央直径与胸径之比)、冠长率 (冠长与树高之比)、树冠圆满度 (树冠最小跨距与最大跨距之比)、冠型指数^[8] (冠幅与冠长之比)。计算收缩系数、遗传力^[9]和林木单株材积。

$$F = \frac{\sigma_k^2}{\sigma_k^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} \dots\dots\dots (1)$$

$$h^2 = 1 - 1/F \dots\dots\dots (2)$$

$$V = 0.00005276 D^{1.882161} H^{1.009317} \dots\dots\dots (3)$$

式中: F —收缩系数、 σ_k^2 —遗传方差、 σ_e^2 —环境方差、 r —试验重复数、 h^2 —遗传力、 V —立木材积、 D —胸径、 H —树高。

1.6 数据处理

应用 DPS 数据处理系统 (7.05) 和 Excel2010 软件对试验数据进行统计和分析^[10]。

2 结果与分析

2.1 造林成活率和造林保存率

造林成活率和造林保存率都是反应树种生态适应性的重要指标^[11]。表 1 是马尾松稀疏林分中套种枫香的造林成活率和造林保存率调查结果。从表 1 中可知, 在肥沃、较肥沃、中等肥沃立地质量的马尾松稀疏林分中套种枫香造林成活率和造林保存率都比较高, 造林成活率在 98.2% 以上, 造林保存率在 95.8% 以上, 与立地质量高低没有明显的规律性变化。表明枫香采用 2 年生容器苗在马尾松稀疏林分中造林成活状况良好, 说明枫香生态适应性较好, 具有较强的整合性生理功能。枫香虽然是喜光树

种, 但幼林时稍耐荫, 在已有马尾松森林环境中, 其水分、湿度和温度都比较适合枫香的生长发育。枫香 2 年生容器苗木具有一定高度和粗度, 在一定程度上既可以摆脱地上杂草与其竞争营养空间, 又能较充分利用马尾松稀疏林内透过的光照, 满足其生长发育所需要的光照, 而不是在“饥饿状态下”的成活, 林木在饥饿状态下的生物学含义为消耗 CO₂ 总量大于光合作用固定的 CO₂ 总量, 只能满足其成活所需要的能量, 而无法满足其生物量积累, 其抗逆性就小。在林下套种, 选择具有一定生物量积累的苗木是必需的。从另一角度分析, 作为生态林或景观林, 通过“短平快”的途径, 尽快成林成景, 正是经营者所追求的方式。因此, 在马尾松稀疏林分中造林选择 2 年生枫香容器苗造林是合适的。

表 1 马尾松稀疏林分套种枫香造林成活率和保存率

处理	造林成活率(%)				造林保存率(%)			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
LD1	96.4	98.2	100	98.2	96.4	92.7	98.2	95.8
LD2	98.2	98.2	98.2	98.2	96.4	94.5	98.2	96.4
LD3	100	96.4	98.2	98.2	96.4	92.7	97.2	95.8

2.2 林木生长量分析

树高、胸径和单株立木材积是林木生长量的重要指标。从表 2 可知, 枫香在不同立地类型马尾松稀疏林分下套种的树高、胸径和立木材积生长量不同。树高、胸径、单株立木材积从大到小均表现为: LD1> LD2>LD3 处理, 而且生长量间差异较大, 随着总体立地质量的提高, 枫香生长量随之提高, 枫香对立地条件反应敏感。LD1 与 LD2、LD3 处理比较, 平均树高分别增加 26.1% 和 50.9%, 平均胸径分别增加 26.9% 和 64.4%, 单株立木材积分别增加 94.4% 和 288.9%; LD2 与 LD3 处理比较, 平均树高增加 19.6%, 平均胸径增加 29.5%, 单株立木材积增加 100%; 经方差分析和多重比较结果, LD1 与 LD3 处理的树高、胸径间、单株立木材积间差异均达极显著水平; LD2 与 LD3 处理树高间和胸径间差异均达显著水平, 单株立木材积间差异达极显著水平; LD1 与 LD2 处理树高间和胸径间差异均达显著水平, 单株立木材积间差异达极显著水平; 表明 LD1 处理生长量高于 LD2

处理, LD2 处理生长量高于 LD3 处理, 说明枫香在马尾松稀疏林分中套种, 总体立地质量对其生长量影响较大, 表明枫香是一种较喜肥沃的树种。枫香在中等肥沃立地质量中可以成活; 但要林分生长发育良好, 必须选择立地质量较高的林地。

表 2 马尾松稀疏林分套种枫香生长量

处理	树高 (m)	胸径 (cm)	单株立木材积 (m ³)
LD1	4.15 aA	4.34 aA	0.0035 aA
LD2	3.29 bAB	3.42 bAB	0.0018 bB
LD3	2.75 cB	2.64 cB	0.0009 cC

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平, 不同大写字母表示差异达极显著水平。

2.3 树冠性状分析

林木树冠性状是体现景观价值的主要因子之一。表 3 是不同处理枫香树冠性状的测定结果。从表 3 中可以看出, 冠幅和冠长生长量随着立地质量的提高而增大。LD1 处理冠幅比 LD2、LD3 处理分

别增加 10.1%和 70.1%，冠长比 LD2、LD3 处理分别增加 34.9%和 21.5%，LD2 处理比 LD3 处理冠幅和冠长分别增加 54.5%和 21.5%，与树高、胸径生长规律相同。不同处理间尖削度、冠长率、树冠圆满度、冠型指数则相对稳定不变。LD1 处理尖削度、冠长率、树冠圆满度、冠型指数分别为 0.43、0.57、0.97 和 0.97，LD2 处理尖削度、冠长率、树冠圆满度、冠型指数分别为 0.42、0.53、0.96 和 1.18，LD3 处理尖削度、冠长率、树冠圆满度、冠型指数分别为 0.41、0.52、0.97 和 0.93。在 3 种立地质量马尾松稀疏林下生长的枫香主干通直、树冠圆满，匀称，树形美观，加上叶色随着气候季节性变化，而呈现不同季相，由春天的紫红

色，夏季变成苍绿色，到秋季转金黄至鲜红色，秋季变色后的红色与上层马尾松绿色形成镶嵌而层次明显的红和绿的色彩组合，颇具观赏价值。马尾松稀疏林株数较少和枝叶生物量空间分布的特点，为林下枫香树冠规整生长提供了有利的条件。马尾松稀疏林现存株数只有 610~645 株·hm⁻²，郁闭度只有 0.3~0.4，林内透光度较好，而马尾松树冠枝叶生物量偏向树冠顶端，冠层只有 2.8~4.1 m，水平枝叶亦呈稀疏状态。马尾松稀疏林因枝叶生物量具有垂直和水平分布特点，其林内光照强度较大，且辐射较均匀，能够为林下枫香树冠生长提供良好的条件。

表 3 马尾松稀疏林分套种枫香树冠性状

处理	树高 (m)	胸径 (cm)	中央直径 (cm)	冠幅 (m)	冠长 (m)	尖削度	冠长率	树冠圆满度	冠型指数
LD1	4.15	4.34	1.87	2.28	2.36	0.43	0.57	0.97	0.97
LD2	3.29	3.42	1.43	2.07	1.75	0.42	0.53	0.96	1.18
LD3	2.75	2.64	1.07	1.34	1.44	0.41	0.52	0.97	0.93

2.4 主要性状的遗传力分析

林木表型由基因控制或环境因素决定的生物学意义在于林木性状的状态变量的稳定性，遗传力大小能够反映其性状的稳定性。表 4 是不同处理生长及树冠形质性状遗传力的测定结果。从表 4 可知，马尾松稀疏林分中套种枫香的树高、胸径、单株立木材积以及尖削度、冠长率、树冠圆满度、冠型指数，LD1 处理分别为 0.9212、0.7713、0.8451、0.7635、0.8107、0.7231和 0.8872，LD2 处理分

别为 0.9180、0.7094、0.8260、0.7713、0.7918、0.7163 和 0.8574，LD3 处理则分别为 0.9087、0.7217、0.7976、0.7765、0.7631、0.7181和 0.8612，经比较可知，虽然总体立地质量不同，但各处理永安枫香种源生长和树冠性状的遗传力相对稳定，受环境影响较小，遗传稳定性较高，确保了枫香在绿化、彩化等方面保持稳定性，永安枫香种源作为用材林或景观树保育都不失为良好的种源。

表 4 马尾松稀疏林分套种枫香生长及树冠性状遗传力

处理	胸径		树高		单株立木材积		尖削度		冠长率		树冠圆满度		冠型指数	
	F	h ²	F	h ²	F	h ²	F	h ²	F	h ²	F	h ²	F	h ²
LD1	4.3725	0.7713	12.6904	0.9212	6.4558	0.8451	4.2283	0.7635	5.2826	0.8107	3.6114	0.7231	8.8652	0.8872
LD2	3.4411	0.7094	12.1952	0.9180	5.7471	0.8260	4.3725	0.7713	4.8031	0.7918	3.5249	0.7163	7.0126	0.8574
LD3	3.5932	0.7217	10.9529	0.9087	4.9407	0.7976	4.4743	0.7765	4.2212	0.7631	3.5474	0.7181	7.2046	0.8612

3 讨论与结论

在马尾松稀疏林分中套种枫香是提升现有马尾松林的有效途径。试验结果表明：在马尾松稀疏林分中套种枫香造林成活率和造林保存率都比较高。但

枫香生长量随着总体立地质量提高而提高。肥沃立地质量Ⅰ类地（LD1）与中等肥沃立地质量Ⅲ类地（LD3）处理平均树高、平均胸径间、单株立木材积间差异均达极显著水平；较肥沃立地质量Ⅱ类地

(LD2) 与中等肥沃立地质量Ⅲ类地 (LD3) 处理平均树高与平均胸径间差异达显著水平, 单株立木材积间差异达极显著水平; 肥沃立地质量Ⅰ类地 (LD1) 与较肥沃立地质量Ⅱ类地 (LD2) 处理平均树高间与平均胸径间差异达显著水平, 单株立木材积间差异达极显著水平; 枫香树冠性状表现为主干通直、树冠圆满, 匀称, 树形美观。生长和树冠性状的遗传力都比较高, 受环境因素影响较小, 枫香无论是作为用材林, 还是景观树主要生长因子和树冠性状都相对稳定, 是一种很好的多用途树种。但有研究表明, 枫香不同种源和经营密度间生长速度存在差异。枫香是一种起源古老的植物, 广泛分布在亚热带、热带地区, 在海拔1000~1500 m以下的山地丘陵及平原均有分布。叶晓霞等^[12]对来自8省区的20个枫香种源在浙江龙泉进行了造林试验, 根据材积生长性状, 选择出福建南平、江西德兴、广西南丹和湖南吉首4个优良种源。郑宝定^[13]对10年生杉木枫香混交林生长量测定结果表明: 造林密度对枫香生长量有显著影响。本研究主要开展了在马尾松稀疏林分中套种枫香的试验, 揭示了枫香在马尾松低效林提升改造的可行性。如果要满足马尾松林提升改造为景观生态林的要求下, 还应开展其林下套种的密度、施肥、与不同彩化树种混交、冠型修剪、景观效果等研究。

参考文献:

- [1] 中国树木志编委会. 中国主要树种造林技术 (上册) [M]. 北京: 农业出版社, 1976.
- [2] 秦国峰. 马尾松地理种源 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003.
- [3] 安徽农学院林学系. 马尾松 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.
- [4] 陈存及, 陈伏法. 阔叶树种栽培 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [5] 江苏医学院. 中药大辞典 (第1版) [M]. 上海: 上海出版社, 1977.
- [6] 王发国, 叶华谷, 叶育石. 枫香的育苗栽培技术及其开发 [J]. 经济林研究, 2003, 21 (4): 51—53.
- [7] 王小彩, 蒋爱维, 王焕银, 等. 枫香在景观林建设中的应用探讨 [J]. 科学与技术信息, 2010, (23): 397, 388.
- [8] 起国海, 吴疆翀, 郑益兴, 等. 基于综合评分法的辣木优树选择 [J]. 分子植物育种, 2018, 16 (7): 2282—2290.
- [9] 梁一池. 树木育种原理与方法 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1997: 268—273.
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [11] 俞新妥. 混交林营造原理及技术 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1989.
- [12] 叶晓霞, 徐肇友, 王帮顺, 等. 不同枫香种源造林实验及优良种源选择 [J]. 浙江林业科技, 2013, 33 (2): 71—74.
- [13] 郑宝定. 不同造林密度杉木枫香混交林生长效果分析 [J]. 江西林业科技, 2012 (6): 3—5.

(责任编辑: 林玲娜)