

松材线虫病疫区困难立地生态修复树种筛选试验

罗致迪^{1*}, 杨彩柏², 罗惠文^{3#}

¹江西环境工程职业学院林学院, 江西 赣州

²赣州市林业科学研究所, 江西 赣州

³赣州市林业发展服务中心, 江西 赣州

收稿日期: 2024年4月16日; 录用日期: 2024年5月19日; 发布日期: 2024年5月31日

摘要

赣南地区多数丹霞地貌或紫色页岩、红色砂岩等困难立地原有先锋树种马尾松染疫, 疫木清除后森林覆盖率下降, 间接造成疫区困难立地变成生态功能脆弱区, 严重威胁南方重要生态屏障。为了加快恢复南方松材线虫病染疫困难立地生态系统健康, 开展松材线虫病疫区困难立地生态修复树种筛选试验, 通过调查监测, 比较了涉及到的13个树种的成活率、树高、地径、冠幅等生长指标。试验结果表明, 适宜南方松材线虫病疫区困难立地生态修复优势树种为蓝桉、泡桐、光皮桦、黑荆树、桃金娘和黄栀子。

关键词

松材线虫, 困难立地, 生态修复树种筛选

Study on Selection of Ecological Restoration Species at Difficult Sites Affected by Pine Wilt Disease

Zhidi Luo^{1*}, Caibai Yang², Huiwen Luo^{3#}

¹College of Forestry, Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou Jiangxi

²Ganzhou Institute of Forestry Sciences, Ganzhou Jiangxi

³Ganzhou Forestry Development Service Center, Ganzhou Jiangxi

Received: Apr. 16th, 2024; accepted: May 19th, 2024; published: May 31st, 2024

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 罗致迪, 杨彩柏, 罗惠文. 松材线虫病疫区困难立地生态修复树种筛选试验[J]. 世界生态学, 2024, 13(2): 298-304. DOI: 10.12677/ije.2024.132039

Abstract

Most of the pioneer-tree-species *Pinus massoniana* at the Danxia landforms or difficult sites such as purplish soil and red sandstones in southern Jiangxi have been infected by Pine wood nematode. After the removal of infected trees, the forest coverage has decreased, indirectly causing the difficult sites in the epidemic area to become ecologically fragile areas, seriously threatening the important ecological barrier in the south. In order to accelerate the restoration of the ecological health of difficult sites affected by pine wilt disease in the southern region, a screening experiment was conducted on tree species for ecological restoration in difficult sites affected by pine wilt disease. The screening experiment involved 13 tree species, growth indicators such as survival rate, tree height, diameter, and crown width were investigated and monitored. The experimental results showed that the dominant tree species suitable for ecological restoration in difficult areas affected by pine wilt disease were *Eucalyptus globules* Labill, *Paulownia fortunei* (Seem.) Hemsl, *Betula luminifera*, *Acacia mearnsii* De Will, *Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk, *Gardenia jasminoides* J. Ellis.

Keywords

Pine Wood Nematode, Difficult Ground, Selection of Tree Species for Ecological Restoration

Copyright © 2024 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

松材线虫病于 2003 年入侵赣南地区至今, 一年发生 1~2 代[1], 经过多年扩散, 目前已经进入暴发期, 成为给赣南林业造成损失最严重的林业有害生物, 导致了巨大的经济、社会和生态损失。赣南地区地貌属中低山丘陵, 土壤主要为紫色土和紫色页岩风化发育的黄红壤, 山上现有植被稀少, 以马尾松为主, 水土流失严重, 土层瘠薄, 立地条件差。松材线虫病造成松林成片死亡, 而大量砍伐病死疫木, 造成森林郁闭度降低, 形成松材线虫病染疫退化林, 退化林地大量裸露, 森林质量急剧下降, 从而加剧水土流失, 对森林资源和生态环境造成极大的破坏。尤其是在宁都、赣县、于都、兴国等多数丹霞地貌或紫色砂岩、红色砂岩等困难立地和生态功能脆弱地区[2], 由于原有先锋树种松树染疫, 直接导致这些区域的立木蓄积和覆盖率显著下降, 水土流失严重, 逐渐威胁南方重要生态屏障的安全。在困难立地进行松材线虫病防治造成的生态脆弱区的生态修复技术少见报道, 本研究通过开展松材线虫病疫区困难立地生态修复树种筛选试验, 为生态修复树种选择提供科学依据, 加快恢复南方生态屏障的森林健康。

2. 材料与方法

2.1. 项目区概况

项目区位于赣州经济技术开发区湖边镇善边村。属中亚热带丘陵季风湿润气候区, 平均气温 20.9℃, 7 月为最热月, 累年月平均气温为 29.4℃, 1 月为最冷月, 累年月平均气温为 8.0℃; 年日照时数为 1888.5 小时, 日照百分率为 42%; 年降雨量在 1200 至 1600 毫米之间; 地貌属中低山丘陵; 土壤主要为紫色土和紫色页岩风化发育的黄红壤; 山上植被覆盖稀疏, 乔木主要为少量马尾松、木荷, 灌木主要为桃金娘、乌饭, 有少量芒萁; 水土流失严重, 土层瘠薄, 立地条件差。

2.2. 参试树种

根据修复改造区域立地条件,本着适地适树适种源,速生、优质、丰产、彩化、美化的原则,结合丹霞地貌或紫色砂岩、红色砂岩等困难立地常见植被,选择了具有速生、阔叶、常绿、冠形良好,同时乔灌兼顾的 13 个树种(表 1)。所选树种均为近年来使用较多的绿化树种,泡桐为根桩苗,山苍子、胡枝子为种子播种,其余树种为容器苗。

Table 1. Tested tree species

表 1. 参试树种

序号	种名	科名	拉丁学名	类型
1	黑荆树	豆科	<i>Acacia mearnsii</i> De Will	乔木
2	台湾相思	豆科	<i>Acacia confusa</i> Merr.	乔木
3	光皮桦	桦木科	<i>Betula luminifera</i>	乔木
4	蓝桉	桃金娘科	<i>Eucalyptus globules</i> Labill.	乔木
5	火力楠	木兰科	<i>Michelia macclurei</i> Dandy	乔木
6	青冈栎	壳斗科	<i>Quercus glauca</i> Thunb.	乔木
7	泡桐	玄参科	<i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl.	乔木
8	杨梅	杨梅科	<i>Morella rubra</i> Lour.	乔木
9	枇杷	蔷薇科	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	乔木
10	桃金娘	桃金娘科	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Ait.) Hassk.	灌木
11	黄栀子	茜草科	<i>Gardenia jasminoides</i> J. Ellis	灌木
12	山苍子	樟科	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	灌木
13	胡枝子	豆科	<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	灌木

2.3. 试验方法

2.3.1. 试验设计

在项目区内采用更新修复和择伐补植修复两种方式,分别栽植选定的 13 个树种。调查种植后 3 个月的存活率,1 年的保存率,对地径、树高、冠幅生长采用定位观察与测定,每个树种调查 30 株,开展松材线虫病疫区困难立地生态修复树种筛选试验。

2.3.2. 造林方法

更新修复方法:更新修复面积 197.1 亩。一次性皆伐改造,林地清理保留林地上现有阔叶树和珍稀珍贵树种,其余林木全清并搬离林地,栽植阔叶乔木或灌木。模式一:山顶黑荆树、蓝桉和泡桐混交,中下部光皮桦、青冈和台湾相思混交,株行距为 2 × 3 m,林间套种桃金娘和黄栀子,林下撒播山苍子和胡枝子。模式二:山顶黑荆树、蓝桉和泡桐混交,中下部火力楠、枇杷和杨梅混交,株行距 3 × 3 m,林间套种桃金娘和黄栀子,林下撒播山苍子和胡枝子。

择伐补植修复方法:择伐补植修复面积 52.5 亩。保留阔叶树,砍除小班内(平均胸径以下)所有松树并搬离林地,使林分郁闭度保持为 0.6,补植阔叶乔木或灌木。全坡黑荆树、青冈、蓝桉、光皮桦混交,株行距 3 × 4 m。林间套种桃金娘和黄栀子,林下撒播山苍子和胡枝子。

整地方式采用机械加人工穴状整地,穴规格 40 cm × 40 cm × 30 cm (或 30 cm × 30 cm × 20 cm),对立地条件较差区域,穴规格加大为 50 cm × 50 cm × 40 cm (或 40 cm × 40 cm × 30 cm);整地完成后表土回穴,

施足基肥，土层脊薄处适当客土。于 2022 年 4 月份雨后种植。造林 1 个月后补植 1 次，以后每年抚育 2 次，连续抚育 3 年。

2.3.3. 观测与分析方法

于 2022 年 8 月观察各树种的生长状况，统计成活率，于 2023 年秋季进行生长状况的观察与生长指标的测定。调查地径、树高、冠幅，利用 SPSS21.0 进行数据分析。

3. 结果与分析

3.1. 各树种的造林成活率和保存率

根据种植情况，所选取树种平均成活率为 94.51%，平均保存率为 90.2%，各树种的成活率及保存率表现出一定的差别，其中蓝桉、光皮桦、桃金娘、黑荆树、泡桐、黄栀子的成活率及保存率均大于 90%，火力楠、枇杷和杨梅的保存率相对较低。具体数据见表 2。

Table 2. The survival rate and preservation rate of different tree species
表 2. 不同树种的造林成活率及保存率

树种	成活率	保存率	保存率排序
蓝桉	100.00%	98.54%	1
光皮桦	98.98%	97.20%	2
桃金娘	96.20%	96.20%	3
黑荆树	97.14%	95.32%	4
泡桐	96.24%	95.10%	5
黄栀子	97.50%	94.60%	6
台湾相思	97.72%	89.40%	7
胡枝子	95.00%	88.34%	8
青冈栎	89.28%	82.89%	9
山苍子	93.70%	78.50%	10
火力楠	90.11%	48.74%	11
枇杷	87.24%	16.87%	12
杨梅	89.50%	12.78%	13
平均	94.51%	90.2%	

3.2. 生长量比较

胡枝子播种后丛生，地径未测定，山苍子播种种植，生长量即为测量值。经统计分析，试验选取的 13 种树种，生长一年后，树高生长量为 $8.7 \pm 4 \text{ cm} \sim 472.8 \pm 57 \text{ cm}$ ，冠幅生长量为 $9.30 \pm 5.1 \text{ cm} \sim 278.1 \pm 158.8 \text{ cm}$ ，胸径/地径生长量为 $0.63 \pm 0.15 \text{ cm} \sim 7.58 \pm 0.98 \text{ cm}$ (表 3)。其中蓝桉的年平均树高和平均胸径生长量最大，分别为 $472.8 \pm 57 \text{ cm}$ 、 $7.58 \pm 0.98 \text{ cm}$ ，泡桐的年平均冠幅生长量最大，为 $278.1 \pm 158.8 \text{ cm}$ ，枇杷各项生长量最低，年均树高、冠幅、地径生长量分别为 $8.7 \pm 4 \text{ cm}$ 、 $9.30 \pm 5.1 \text{ cm}$ 、 $0.63 \pm 0.15 \text{ cm}$ 。

对平均树高、平均冠幅、平均胸径/地径进行方差分析结果见表 3。从表 3，可以看出各树种的平均树高、平均冠幅、平均胸径/地径生长量间分别存在显著差异。树高生长指标上，按同类子集分为蓝桉、泡桐 + 光皮桦、光皮桦 + 山苍子 + 台湾相思 + 黄栀子 + 黑荆树 + 胡枝子、山苍子 + 台湾相思 +

黄栀子 + 黑荆树 + 胡枝子 + 青冈栎 + 桃金娘 + 火力楠 + 杨梅 + 枇杷 4 类；冠幅生长指标上，按同类子集分为蓝桉 + 泡桐 + 光皮桦、泡桐 + 光皮桦 + 桃金娘、光皮桦 + 桃金娘 + 台湾相思 + 黄栀子 + 山苍子 + 胡枝子 + 黑荆树 + 杨梅 + 火力楠 + 青冈栎 + 枇杷 3 类；胸径/地径生长指标上，按同类子集分为蓝桉 + 泡桐 + 光皮桦、泡桐 + 光皮桦 + 桃金娘 + 台湾相思 + 青冈栎 + 火力楠 + 黑荆树、光皮桦 + 桃金娘 + 台湾相思 + 青冈栎 + 火力楠 + 黑荆树 + 山苍子 + 杨梅 + 黄栀子 + 枇杷 3 类。由表 3 可知，乔木类树种中蓝桉、泡桐、光皮桦的各项生长指标都优势明显；台湾相思的各项指标生长量都排第 5，生长较好；黑荆树的平均树高、平均冠幅、平均地径生长量分别排 7、9、8，青冈栎的平均树高、平均冠幅、平均地径生长量分别排 9、12、6，黑荆树和青冈栎的表现一般；火力楠、杨梅和枇杷生长量都较低。灌木类树种中桃金娘的冠幅和地径生长量指标都排第 4 位，虽然树高生长量排第 10，作为灌木整体优势最为明显；黄栀子的平均树高、平均冠幅、平均地径生长量分别排 6、6、11，生长较好。山苍子作为播种树种，生长表现最好。

Table 3. The growth of different tree species

表 3. 不同树种生长情况

树种	平均树高/cm·a ⁻¹	排序	平均冠幅/cm·a ⁻¹	排序	平均胸径地径/cm·a ⁻¹	排序
蓝桉	472.8 ± 57 a	1	272.0 ± 14.8 ab	2	7.58 ± 0.98 a	1
泡桐	270.4 ± 101 b	2	278.1 ± 158.8 a	1	6.68 ± 4.86 ab	2
光皮桦	187.1 ± 44 bc	3	155.5 ± 50.9 abc	3	3.11 ± 0.95 abc	3
山苍子	101.0 ± 9.6 cd	4	65.0 ± 17.5 c	7	1.10 ± 0.10 c	9
台湾相思	61.7 ± 23.6 cd	5	81.7 ± 17.0 c	5	1.53 ± 0.50 bc	5
黄栀子	54.0 ± 4.1 cd	6	65.0 ± 7.1 c	6	0.96 ± 0.29 c	11
黑荆树	54.0 ± 25.2 cd	7	42.5 ± 18.9 c	9	1.17 ± 0.29 bc	8
胡枝子	51.5 ± 3.1 cd	8	60.3 ± 5.6 c	8	—	—
青冈栎	29.3 ± 23.4 d	9	13.3 ± 10.9 c	12	1.35 ± 0.75 bc	6
桃金娘	21.4 ± 13 d	10	90.7 ± 12.8 bc	4	1.72 ± 0.45 bc	4
火力楠	11.3 ± 1.2 d	11	17.0 ± 6.6 c	11	1.30 ± 0.20 bc	7
杨梅	9.3 ± 4 d	12	20.7 ± 5.1 c	10	1.00 ± 0.46 c	10
枇杷	8.7 ± 4 d	13	9.30 ± 5.1 c	13	0.63 ± 0.15 c	12

注：表中数据为平均值 ± 标准差，“—”表示该项无测量值，同列不同小写字母表示不同树种相应生长指标差异显著($P < 0.05$)。

台湾相思 2022 年受低温影响较大，树木小枝叶受害严重，受害率达到 93%，导致保存率低于 90%，台湾相思虽然在地径、树高、冠幅的生长量都排第 5，表现良好，但是同等条件下，其受到低温影响最为严重，在困难立地上作为生态修复树种需要着重考虑低温因素。张柔等对 4 个树种进行低温胁迫，也表明台湾相思低温下的抗寒能力很弱[3]。而蓝桉、泡桐等速生树种具有一定的抗低温能力，泡桐可以作为板岩砾岩区优选乔木树种[4]，蓝桉生长迅速、适应性强，可在合肥地区引种[5]。山苍子为种子撒播，生长表现最良好，但是保存率低于 90%。火力楠属木兰科含笑属常绿乔木，生长快，适应性强，树干通直，树体高大，幼龄期耐荫，火力楠在增城造林 1 年后成活率有 74%，年高生长量和冠幅生长量分别达到 99.6 cm 和 55.1 cm [6]，增城试验地造林前为杉木人工林迹地，土壤为酸性砂壤土，该地年平均气温 21.6℃，雨量充沛，平均年降水量 1921.6 mm，该试验地立地条件要优于本实验中的困难立地。在本研究

中, 火力楠设计为松材线虫病疫区皆伐更新修复方法中的一种树种, 种植在皆伐区的中下部, 受立地条件及林分郁闭度的影响, 皆伐区早期郁闭度过低, 火力楠保存率不理想, 苏志强马尾松林下种植火力楠的试验结果表明, 火力楠林冠下种植时应尽量选择上层林分郁闭度 0.7 以上, 定点挖穴时应根据树木长势, 选择林木树冠密集度较大的林地培育火力楠[7]。

杨梅为耐阴树种, 根系分布较浅, 主根不明显, 须根和侧根发达, 有报道表明杨梅适合作为粤东岩质海岸困难立地造林的优选树种[8], 粤东年平均降水量 1300~1800 mm, 主要集中在 4~9 月, 有利于杨梅的成活率和保存率。杨梅适宜栽培在酸性或微酸性的红壤或黄壤中, 以土质疏松、排水良好、富含石砾、pH 值 4.5~6.5 的砂质壤土为好[9]。本研究中杨梅保存率最低, 结合生长监测情况, 分析其主要原因是土壤较粘重, 含碳酸钙高, 呈重性至微碱性。

枇杷作为一种经济树种, 在贫瘠的紫色页岩和红色砂岩土层上难以保存, 在困难立地的生长也不具备优势, 贵州省林业科学研究院在喀斯特山地上开展了造林树种选择, 大花枇杷在两个试验点的表现不稳定, 碳酸盐岩试验点长势良好, 在白云质砂岩上长势较弱[10], 本研究中枇杷地径生长率 90.4%, 而树高、冠幅生长率只有 17.34%、13.33%, 分析可能是枇杷这种经济树种对土壤的要求更高, 紫色土和紫色页岩风化发育的土壤有机质低, 土壤中 P、K、Ca、Mg 等元素的含量易因困难立地水土流失而出现缺乏。

4. 结论与讨论

综合各树种的造林成活率和保存率及生长量指标, 本次试验中, 乔木类树种中蓝桉、泡桐、光皮桦、黑荆树的保存率和生长量均较高, 灌木类树种中桃金娘、黄栀子的保存率和生长较好, 表现较好。本研究表明, 适宜南方松材线虫病疫区困难立地生态修复优势树种蓝桉、泡桐、光皮桦、黑荆树、桃金娘和黄栀子。

本研究针对南方松材线虫病染疫退化林困难立地筛选造林树种, 本文仅进行了 13 个树种的人工幼林对比试验, 有必要增加供试树种数量, 扩大生态修复树种资源库。生态修复的目标主要是提高植被覆盖度和密度, 增加阔叶树种群落, 改善植物群落结构, 增强生态屏障强度, 而赣南丘陵石质山地由于生境本身条件恶劣及松材线虫病防治措施的破坏, 造林困难大, 造林成活率、保存率不高, 树种筛选是一方面的工作, 也还需要对现有技术优化整合和组装配套, 以提高造林质量[11], 例如组配保水剂等技术, 谭飞理研究表明施用不同用量保水剂后, 可提高土壤含水量和苗木造林成活率[12], 加速植被恢复建设。本研究筛选试验出的 6 个树种可以作为困难立地染疫退化林生态修复树种, 加快松材线虫病疫区退化林改造, 提高植被覆盖率, 扩大阔叶树种比例, 增强森林生态功能, 尽快恢复生态屏障。

基金项目

江西省林业局科技创新项目“松材线虫病退化林生态修复技术研究 with 示范”(LJKY202205)。

参考文献

- [1] 方思茗, 吴宗仁, 李萍, 等. 基于灰色关联度分析气候因素对江西省松材线虫病的影响[J]. 植物保护, 2022, 48(6): 23-30+41. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2022394>
- [2] 陈晓安, 杨洁, 郑海金, 等. 赣南的水土流失及防治对策[J]. 中国水土保持, 2012(8): 58-59+68. <https://doi.org/10.14123/j.cnki.swcc.2012.08.024>
- [3] 张柔, 许建新, 薛立, 等. 低温胁迫和解除对 4 种阔叶幼苗生理特征的影响[J]. 生态科学, 2014, 33(3): 419-425.
- [4] 杜昊. 江西高速公路困难立地边坡生态恢复模式研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西农业大学, 2022. <https://doi.org/10.27177/d.cnki.gjxnu.2022.000161>
- [5] 仰永忠, 谷凤, 汪天, 等. 合肥地区桉树引种及抗寒性试验[J]. 安徽农业大学学报, 2006(4): 477-479. <https://doi.org/10.13610/j.cnki.1672-352x.2006.04.008>

- [6] 赖植添, 庄雪影, 邹寿明, 等. 10 种乡土阔叶树种在增城的早期生长[J]. 广东林业科技, 2003(3): 15-18.
- [7] 苏志强. 马尾松不同密集度对其林下火力楠生长的影响[J]. 林业勘察设计, 2022, 42(4): 44-45.
- [8] 林文欢, 詹潮安, 郑道序, 等. 粤东岩质海岸困难立地造林树种选择[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(5): 86-92.
- [9] 柴春燕, 冯林国, 董建国, 等. 经济生态树种杨梅的栽培技术[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(12): 145-147.
- [10] 罗在柒, 姜运力, 邓伦秀, 等. 贵州喀斯特山地主要造林树种生长状况及树种选择[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 190-191. <https://doi.org/10.13989/j.cnki.0517-6611.2011.01.153>
- [11] 贾忠奎, 徐程扬, 马履一. 干旱半干旱石质山地困难立地植被恢复技术[J]. 江西农业大学学报, 2004(4): 559-565.
- [12] 谭飞理. 保水剂在华北片麻岩石质山地造林中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2009.