

薰莨萌芽林改造中树种生长与林分结构的关系分析*

许伟兵¹ 李保彬¹ 庞晓峰² 王伟达²
潘俊光¹ 陈耀辉¹ 赵志刚³

(1. 广东省东江林场, 广东 紫金 517465; 2. 内蒙古大兴安岭重点国有林管理局, 内蒙古自治区 呼伦贝尔 021000;
3. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要 以薰莨 *Castanopsis fissa* 皆伐改造林分为研究对象, 分析薰莨萌芽林和改造树种的生长表现及其与林分结构的关系, 对改造效果进行综合评判。9年生时薰莨萌芽林生长显著高于套种树种, 占据林冠上层; 套种树种处于林冠下层, 受光照不足和发育空间限制, 胸径和树高等生长指标下降, 高径比偏高, 冠幅偏小。现有模式下树种间比较发现, 树种间的生长和适应性存在明显差异, 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris* 和灰木莲 *Magnoliaceae glanca* 属于生长较快的树种, 油桐 *Vernicia fordii*、红锥 *Castanopsis hystrix*、海南蒲桃 *Syzygium hainanense* 和香樟 *Cinnamomum camphora* 属于中等速生树种, 格木 *Eryophleum fordii* 属于生长较慢树种。改造效果综合分析显示, 该模式优势在于提高改造树种的干形和自然整枝高度、抑制格木和香樟等树种幼林期虫害发生, 不足之处在于薰莨萌芽林生长快、密度高, 套种树种的生长受到抑制, 长期来看面临较高的淘汰风险。根据改造树种生长、适应性和林分结构综合分析, 建议对改造树种进行针对性的空间释放, 降低竞争压力, 提高其生长潜力, 保障林分健康发展。

关键词 林分改造; 薰莨; 套种树种; 林分结构; 竞争

中图分类号: S725.2 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 03-0001-06

Analysis of the Relation between the Interplanted Tree Species Growth and Stand Structure in Stand Transformation of *Castanopsis fissa* Sprout Plantation

XU Weibing¹ LI Baobin¹ PANG Xiaofeng² WANG Weida²
PAN Junguang¹ CHEN Yaohui¹ ZHAO Zhigang³

(1. Dongjiang State Forest Farm, Zijin, Guangdong 517465, China; 2. Key State-owned Forestry Management Bureau of Greater Khingan Inner Mongolia, Hulun Buir, The Inner Mongolia Autonomous Region, 021000, China 3. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The growth performance of *Castanopsis fissa* sprout stand and interplanted tree species and their relationship with stand structure were analyzed, and the effect of stand transformation was evaluated comprehensively. At 9-year-old, the growth of *C. fissa* sprout stand was significantly higher than that of interplanted tree species, and occupying the upper canopy layer; interplanted tree species were in the lower canopy layer, restricted by insufficient light and development space, the growth index of DBH and tree height decreased, the ratio of height to diameter was higher, and the crown width was smaller respectively. In the current stand transformation model, there were obvious differences in the growth and adaptability among interplanted

*基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2018KJXC026)。

第一作者: 许伟兵 (1979—), 男, 助理工程师, 主要从事森林培育和森林资源调查工作, E-mail: 184442550@qq.com。

通信作者: 赵志刚 (1979—), 男, 副研究员, 主要从事森林培育研究, E-mail: zhaozhigang1979@126.com。

tree species. *Elaeocarpus sylvestris* and *Magnoliaceae glanca* were belong to the fast-growing tree species, while *Vernicia fordii*, *Castanopsis hystrix*, *Syzygium hainanense* and *Cinnamomum camphora* were belong to the medium-speed tree species, and *Eryrophleum fordii* were belong to the slow-growing tree species. The comprehensive analysis of the stand transformation effect showed that the advantages of the model were to improve the stem shape and natural pruning height of the modified tree species, to restrain the occurrence of pests in the young forests of *E. fordii* and *C. camphora*. The disadvantages of the model were that the growth of *C. fissa* sprout stand was fast, and the density was high, the growth of interplanted tree species were restrained seriously, and the risk of natural elimination was high in the long term. Based on the comprehensive analysis of the interplanted tree species growth and adaptability, and its relation with stand structure, it was suggested that the stand structure must be reformed to release interplanted tree species growth space to reduce the competitive pressure, and improve their growth potential and ensure the healthy development of the stand.

Key words stand transformation; *Castanopsis fissa*; interplanted tree species; stand structure; competition

我国森林面临生产力低下、结构单一、生态功能脆弱等问题, 必须转变林业发展方式, 实现提质增效^[1]。实施森林质量精准提升是培育木材资源, 增强森林生态功能的重要途径^[2], 关系到国家木材战略和生态安全。森林质量提升指通过采取科学、合理的经营措施, 改善林分结构和生长, 形成结构合理、系统稳定, 功能完备可持续、高效的森林生态系统, 实现生态、经济、社会效益最大化^[3]。从理论和技术上来看, 森林质量精准提升工程以多功能经营为支撑^[2], 从“管理”和“技术”两大模块进行强化和实施^[3], 根据林分改造树种选择方法和过程设计相应的技术路线^[4]。

鰲蒴 *Castanopsis fissa* 属先锋树种, 具有耐干旱、耐瘠薄、适应性强, 生长速度快, 萌芽力强等特点。鰲蒴多作为薪炭林树种推广种植, 也可作为短轮伐期小径材人工林和纸浆林培育^[5-7], 也是改良土壤和营造水源涵养林、生态公益林的优良乡土阔叶树种^[8-9]。但其人工林多为纯林, 且随着木材利用方式改变, 多地均将其人工林纯林进行改造, 引入价值更高的树种, 以改善林分组成与结构, 提升林分总体的经济和生态效益。

合理的树种选择、造林模式与林分管理对于提升森林质量尤为重要, 可以优化林分结构, 增加物种多样性, 改善森林景观^[10-11]。在林分改造实践中, 因模式和管理不当, 导致部分套种树种虽然早期生长较好, 但中期生长受到明显抑制的现象十分普遍, 严重影响森林质量提升效果。

本研究以广东省东江林场鰲蒴皆伐后, 保留其萌芽基础上, 进行套种阔叶树种改造 9a 后的混

交林为研究对象, 该林分涉及格木 *Eryrophleum fordii*、红锥 *Castanopsis hystrix* 等 7 个套种的阔叶树种, 按照各树种人工林发育阶段均进入速生期, 鰲蒴已达到短轮伐期经营收获期^[5-7]。通过分析鰲蒴和改造树种生长表现及与林分结构的关系, 探讨这类模式中改造树种的生长表现和适应性, 从林分组成与结构、树种适应性和响应等方面对现阶段林分改造效果及可能面临的问题进行综合评价, 并提出合理的优化措施, 提升林分质量。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地位于广东省河源市紫金县古竹镇广东省国营东江林场奎溪工区 (23° 25' 5" N, 114° 40' 0" E)。该地区属南亚热带季风气候, 年均气温 20.9~21.5 °C, 年均降水量 1 600~1 900 mm。地形属低山丘陵地形, 土壤主要由花岗岩及部分砂岩发育而成的赤红壤。

原有林分鰲蒴人工林于 1995 造林, 面积 40.67 hm²。由于鰲蒴人工林结构单一, 抗风险能力差, 因此对其进行改造。林分于 2008 年下半年进行皆伐, 2009 年清理整地, 株行距 2 m × 3 m, 2010 年进行造林。参试阔叶树种包括格木、红锥、山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*、樟树 *Cinnamomum camphora*、灰木莲 *Magnoliaceae glanca*、油桐 *Vernicia fordii*、海南蒲桃 *Syzygium hainanense*, 参试树种种子购于广东省林木种子储藏库, 在东江林场苗圃育苗, 造林采用 2 a 生苗木, 苗高 60~80 cm。造林采取列状混交模式, 即每个树种连续

种植 2 列即更换树种, 树种配置随机, 保证同一树种不相邻。该林分采取对薰莨萌芽不进行除萌处理套种阔叶树种的模式, 造林后前 3 a 进行常规抚育施肥。造林 3 a 时保存率在 95% 以上, 调查时海南蒲桃平均为 60%, 香樟为 80%, 其他树种在 90% 以上。

1.2 生长调查与数据分析

于 2019 年 3 月在中下坡、地形平缓且林分生长较好、保存率高的地点设置 8 个 20 m × 30 m 的典型样地, 选择样地内涵盖所有参试树种。调查指标包括树高、胸径、枝下高、冠幅, 以及虫害发生情况, 根据树高和活枝下高计算冠长、冠长比 (冠长 / 树高); 根据树高 (m)、胸径 (cm)、冠幅分别计算高径比 (树高 / 胸径、m/cm)、冠高比 (冠幅 / 树高、m/m)、冠径比 (冠幅 / 胸径、m/cm); 据观测, 多数树冠呈圆锥形, 因此根据冠幅和冠长按照圆锥形体积公式计算冠体积。

采用 SPSS13.0 软件进行方差分析、多重比较 (Duncan 法, $P < 0.05$), 根据欧氏平方距离应用 Ward 法进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 林分冠层结构

薰莨具有较强的萌芽能力, 萌芽更新是其人工林经营的重要方式。由于研究对薰莨萌芽未进行处理, 没有缓苗期, 所以林分生长较好, 树高、胸径和冠幅等生长指标均显著高于其他套种树种的生长指标 ($P < 0.01$), 胸径、树高和冠幅分别为 15.81 (± 3.73) cm、12.27 (± 1.15) m、2.95 (± 1.37) m。薰莨处于林冠上层, 占据绝大部分上层空间, 且其萌芽林密度高, 平均每公顷 1 350 (± 45) 株, 郁闭度达到 0.9, 遮荫程度极高, 导致林下光照不足。7 个套种阔叶树种的胸径、树高和冠幅平均分别为 5.25 (± 5.16) cm、6.37 (± 3.46) m、0.94 (± 1.07) m (图 1)。薰莨胸径和冠幅是套种树种平均值的 3 倍, 树高是其他树种平均值的 2 倍, 而且薰莨枝下高达到 7.04 (± 2.99) m, 树冠最宽处高度较枝下高提高 2~3 m, 高于树高生长较快的山杜英、灰木莲、油桐的平均树高, 仅少数个体可以高于冠幅最大位置, 因此, 在林分中, 套种树种均处于林冠下层, 生长受空间竞争压力和光照不足的双重影响。

2.2 套种树种生长及响应

2.2.1 树高和自然整枝 当前林分中, 套种树种与薰莨萌芽林主要是冠层空间竞争, 树高对于冠层竞争和光环境适应性反映最为直接。套种树种 9 年生时树高差异极显著 ($P < 0.01$)。其中山杜英、灰木莲、油桐、红锥高生长较快, 平均 7.42 m, 香樟和海南蒲桃次之, 平均树高 5.69 m, 格木生长最慢, 仅为 3.51 m (图 1)。

树种的天然整枝高度对林分空间竞争和光环境的反应明显区别。山杜英、灰木莲、油桐、红锥和海南蒲桃天然整枝强度较大, 枝下高平均为 4.61 m, 香樟和格木则天然整枝能力较差, 分别为 2.43 和 1.66 m (图 1)。从整枝比例来看, 山杜英、灰木莲和海南蒲桃整枝比例较高, 平均为 69%, 油桐和红锥平均为 61%, 香樟和格木较低, 平均为 45%。整枝高度和比例分析表明, 光照不足可以影响套种树种的天然整枝, 而且影响程度与树种生物学和生态学特性有关, 阳性树种、生长速度较快的树种对光照不足的响应更为敏感, 耐荫性较强、生长速度较慢的树种, 如樟树和格木, 则反应相对滞后。

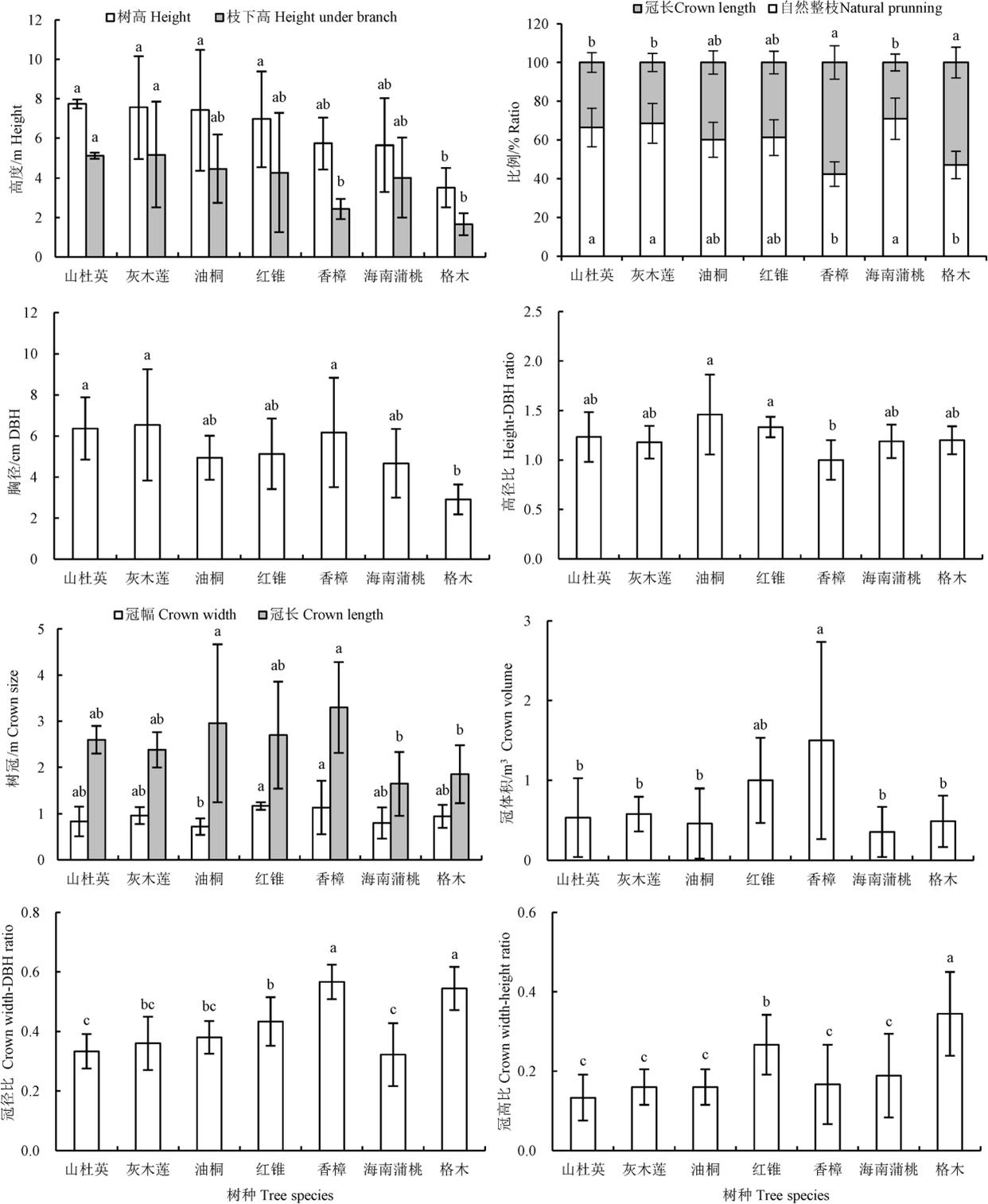
2.2.2 胸径和高径比 对于木材产量来说, 胸径所占的比重较树高要大, 而高径比不但与产量相关, 且能够反映林木对林分结构和环境的适应性。树种间胸径差异极显著 ($P < 0.01$), 山杜英、灰木莲、香樟的生长最好, 平均为 6.36 cm; 油桐、红锥、海南蒲桃次之, 平均 4.91 cm; 格木胸径最小, 平均为 2.91 cm (图 1)。油桐、红锥高生长较快 (图 1), 但胸径生长较慢, 因此高径比 (m/cm) 较大, 分别为 1.46 和 1.33, 香樟高生长中等, 胸径生长较快, 其高径比较低, 为 1.00, 其余树种高径比差异不显著, 平均为 1.20 (图 1)。

2.2.3 树冠特征 树冠是林木生产力的重要影响因素, 尤其是在混交林中更能够反映树种的生长潜力和适应性。套种树种间冠幅和冠长均差异极显著 ($P < 0.01$)。由于薰莨占据林冠上层, 套种树种冠幅均受到挤压和抑制。其中, 以红锥和香樟冠幅最大, 分别为 1.17 和 1.13 m; 山杜英、灰木莲、海南蒲桃和格木的次之, 平均为 0.88 m; 油桐冠幅最小, 仅为 0.72 (图 1)。冠长以香樟最大, 为 3.30 m; 山杜英、灰木莲、油桐、红锥冠长次之, 平均 2.66 m; 海南蒲桃和格木的冠长最小, 平均为 1.75 m。冠体积以香樟和红锥最大, 分别

为 1.50 和 1.00 m³, 其他平均为 0.48 m³ (图 1)。

冠长的变异高于冠幅, 平均分别为 24% 和 18%, 这主要是由于紫荆密度高, 宽幅较大 (约

3 m), 压缩了套种树种树冠扩展空间, 7 个树种平均冠幅为 0.94 m, 而冠长达到 2.49 m, 冠长比与整枝比例相反, 香樟和格木的冠长比最高, 分别



注: 不同小写字母表示不同树种间差异显著 ($P < 0.05$), 字母相同或无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)
 Note: The differences are significant when no same alphabet exists among tree species ($P < 0.05$), while no significant differences if same alphabet occurs ($P > 0.05$)

图 1 套种树种树高、自然整枝、冠长等比较

Fig.1 Comparison of tree height, natural pruning branch and crown width, etc of 7 interplanted tree species

为 57% 和 54%；红锥和油桐次之，为 39%，其他 3 个树种平均 31% (图 1)，这可能是树种适应这种空间压力和光照不足而产生的适应性响应。

冠径比一般可反映树木利用空间的程度，与冠高比结合可反映林木的空间竞争强度和适应能力。格木生长较慢，处于林冠最下层，但其冠径比和冠高比均较高，说明其对低光照具有较强的适应性，可以维持其生长。香樟也维持较大的冠径比，其他树种则较低，生长潜力受到严重抑制。另外除格木外，其他树种处于和薰莨树冠发育空间竞争较强的情况，冠高比较低 (图 1)，即在相同林分高度上，冠幅较小，同样反应出套种种树的生长潜力和发育空间受限严重。

2.2.4 病虫害 根据以往调查发现，格木和香樟属于幼林期虫害严重的树种，格木蛀梢害虫发生率在纯林可达 100%^[12]，香樟早期食叶害虫和蛀梢害虫也比较严重，该地区山杜英和红锥中幼林拟木蠹蛾 *Arbela* spp. 等蛀干为害对其影响较大^[13]。

本研究林分中，参试的改造树种均未发现虫害，尤其是受虫害影响严重的格木，推测其原因可能是复层林分结构和光照不足等因素抑制了虫害发生和扩散^[12]，因此初步可以推断这种模式有利于病虫害的生态控制，但机制尚需进一步研究。

2.2.5 树种生长聚类分析 根据生长指标进行聚类分析，在欧氏平方距离 7 时，7 个改造树种可分为 3 类，山杜英、灰木莲属于生长表现最优的一类，油桐、红锥、海南蒲桃和香樟属于生长和适应性中等的树种，格木属于生长较慢树种。其中，第二类内香樟与其他树种聚类的距离较大，主要是因为其具有较大的胸径、冠体积和较低的高径比，反映其具有较强的耐荫性 (图 2)。

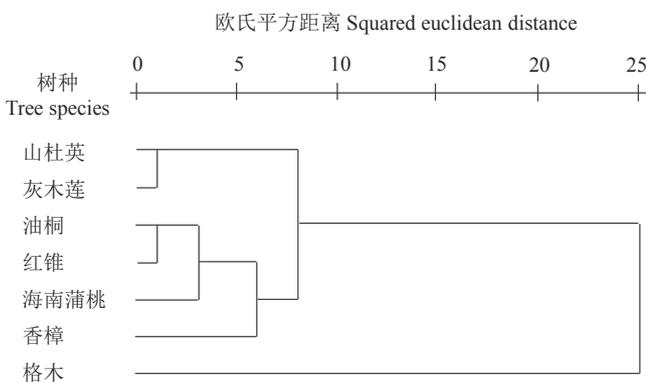


图 2 改造树种聚类分析

Fig.2 Cluster analysis of 7 interplanted tree species

3 结论与讨论

3.1 薰莨属先锋树种，适应性强，生长迅速，其萌芽更新没有缓苗期，生长较快，与当地相同年龄实生苗人工林生长表现最好的下坡比较，二者胸径类似^[7]，分别为 15.81 和 15.88 cm，但萌芽林树高较实生苗人工林提高约 25%，为 12.27 m，后者在下坡的树高为 9.78 m^[7]。薰莨在当前萌芽林改造林分中占有绝对高度优势，处于林冠上层且占据绝大部分空间。套种种树均有缓苗期，因此在竞争初期就处于劣势地位，当前所有套种种树均处于薰莨林冠下，均面临树冠的空间竞争和光照不足的压力。

胸径、树高、冠幅和冠长等生长指标聚类分析显示，山杜英和灰木莲属于在这种林分内生长较快的树种，油桐、红锥、海南蒲桃和香樟属于中等速生树种，格木属于生长较慢树种，与非林冠下造林生长表现一致，但生长均受到严重抑制。在研究区域附近相似立地上 7 年生灰木莲平均胸径和树高分别达到 13.32 cm、8.52 m^[14]，华南地区多地红锥 11 年生人工林平均胸径和树高分别为 9.49~13.35 cm、9.23~13.21 m^[15-16]，格木在与马尾松同龄混交时，二者处于同一林冠层，平均胸径和树高分别达到 5.5 cm、5.9 m^[12]，均显著高于本研究相应树种在林冠下的生长表现，即林冠下造林可能抑制林木生长，抑制程度与冠层结构和空间结构相关。

在光照不足情况下，林木通过加速高生长以获得更大的光照空间是一种常见适应性机制。在相同发育阶段，没有强烈竞争和光照充足情况下，灰木莲、红锥、格木的高径比一般小于或接近 1^[14-17]，本研究中，套种种树高径比平均为 1.23，属于偏高水平。薰莨高径比和自然整枝高度分别为 0.81 和 57%，而同龄实生苗人工林分别为 0.62 和 29%^[7]，薰莨的生长和质量也得到较大提升。

树冠是反映树种生长潜力和种间竞争的重要指标^[18]，除与树种本身特性有关外，还受到空间和资源竞争影响，可以反映其对光照不足的适应性。在林分改造过程中，冠幅与光照的关系对改造效果至关重要，不但关系到其生长，也影响到其对林下光环境的适应性。本研究中，套种种树冠幅均偏低，平均为 1.19 m，表明当前林分冠层空间竞争较强，套种种树树冠发育空间受到严重

抑制。相对而言,高径比和冠幅是套种树种对林分结构反映比较明显且直观的指标。

3.2 研究对象林分未进行薰莨除萌处理,类似的模式在杉木萌芽林改造中已有尝试,可提升生态系统碳储量^[19]。薰莨萌芽林生长迅速,密度高且占据上层林分,套种树种均处于林冠下,面临较大的空间竞争压力和遮荫影响,生长均受到不同程度抑制,其将来的生长和存活取决于薰莨的发育特点。根据当前林分结构和树种发育情况分析,该林分将来的组成和结构,生态功能、甚至经济效益存在较大的不确定性,不符合森林质量精准提升的目标,亟需进行阶段性结构调整。

当前林分结构的优势在于促进套种树种的干形和自然整枝,如灰木莲死枝宿存现象严重,死枝高度在1.78~4.57 m^[14],而在本研究林分中其枝下高部分死枝宿存数量极少,即自然整枝较纯林或同龄混交林有明显提升,有利于无节材的培育。另外,该模式有效控制了病虫害发生,套种树种均未发现虫害,如幼林期蛀梢害虫和食叶害虫严重的格木和香樟,而且相对于纯林格木顶端优势明显^[12],间接促进了二者的干形发育。因此,这种模式从自然整枝和虫害控制来看具有较明显的优势,今后要通过合理的结构调整继续保持这些优势。

森林质量精准提升是长期、动态管理过程^[2]。在分析当前模式的优缺点基础上,可初步认为林分结构调整模式选择要根据改造林分发育阶段和树种特性,合理设计改造模式和选择套种种,充分考虑林分竞争的影响和管理。当前薰莨木材价格较低,而采伐成本普遍偏高,所以要采取适宜的调整方式,实现产量和效益平衡,兼顾经济与生态效益。综述分析,建议借鉴目标树作业法,间伐掉套种树种周边的干扰树释放空间,促进其生长,同时保持一定的竞争压力,发挥其在自然整枝和干形培育方面的优势,切实提高森林质量。

参考文献

- [1] 盛炜彤. 人工林的生物学稳定性与可持续经营[J]. 世界林业研究, 2001, 14(6): 14-21.
- [2] 陆元昌. 以多功能经营技术 支撑森林质量精准提升工程[J]. 国土绿化, 2017(4): 22-25.
- [3] 邓海燕, 莫晓勇. 森林质量精准提升综述[J]. 桉树科技, 2017, 34(2): 41-48.
- [4] 陈红跃. 生态公益林林分改造树种选择的技术路线探讨[J]. 广东林业科技, 2008, 24(1): 83-87.
- [5] 黄清麟. 短伐期阔叶林经济成熟的研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(4): 344-347.
- [6] 詹怀宇, 岳保珍, 张旭坊, 等. 黎蒴栲纤维形态及制浆漂白性能的研究[J]. 广东造纸, 1998(2): 1-4.
- [7] 黎新宇. 不同坡位薰莨人工林的生长差异分析[J]. 广东林业科技, 2014, 30(3): 62-65.
- [8] 陈汉坤. 薰莨的生态价值及其造林技术探讨[J]. 防护林科技, 2008(2): 78-80.
- [9] 李映珍. 薰莨栲丰产栽培技术[J]. 广东林业科技, 2005, 21(4): 99.
- [10] 陈华成, 曾锋, 邱治军. 深圳凤凰山生态风景林林分改造效果[J]. 广东林业科技, 2004, 20(4): 35-38.
- [11] 陈耀辉. 广东省东江林场森林资源状况与森林质量精准提升技术探讨[J]. 林业勘查设计, 2017(1): 31-33.
- [12] 赵志刚, 王敏, 曾冀, 等. 珍稀树种格木蛀梢害虫的种类鉴定与发生规律初报[J]. 环境昆虫学报, 2013, 35(4): 534-538.
- [13] 陈耀辉, 赵志刚, 许伟兵, 等. 东江林场20个乡土阔叶树种拟木蠹蛾为害调查[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(6): 1269-1274.
- [14] 陈耀辉, 赵志刚, 李保彬, 等. 华南丘陵区坡向和坡位对西南桦和灰木莲生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(1): 33-37.
- [15] 欧萍萍, 黄川腾, 刘春燕, 等. 肇庆北岭山乡土树种生长及其生态效益[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(1): 87-93.
- [16] 易敬林, 韦长江, 吴木军, 等. 红锥地理种源在桂中的生长表现[J]. 林业与环境科学, 2019, 35(1): 29-35.
- [17] 韦善华, 覃静, 朱贤良, 等. 南宁地区灰木莲人工林生长规律研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5): 174-178.
- [18] 何国强, 谢良生, 戴耀良, 等. 100种园林树木冠径比的初步研究[J]. 广东农业科学, 2017, 44(5): 57-64.
- [19] 黄钰辉, 甘先华, 张卫强, 等. 南亚热带杉木林皆伐迹地幼龄针阔混交林生态系统碳储量[J]. 生态科学, 2017, 36(4): 137-145.