

广东云浮郁南地区江南油杉小种群特征分析*

罗熠^{1,2} 王润辉² 陈聪³ 谢振飞³
李文刚³ 欧阳昆唏¹ 郑会全²

(1. 华南农业大学林学与风景园林学院, 广东 广州 510642; 2. 广东省森林培育与保护利用重点实验室/
广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 3. 云浮市国有同乐林场, 广东 云浮 527199)

摘要 为探明广东省云浮市郁南地区的江南油杉 *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* 人工小种群的种群结构特征及动态变化趋势, 明确其自然更新潜力与衰退风险, 该研究结合实地调查, 采用 SLAM100 手持激光雷达扫描仪对江南油杉种群进行全林扫描, 通过 SLAM GO POST 软件重建三维点云模型, 提取单木胸径、树高及冠幅参数, 划分径阶并统计各级个体占比, 同时对林下自然更新幼苗的地径和苗高进行分析。结果表明, 江南油杉种群 60 cm 径阶分布树木数量最多, 占比 18.52%; 树木胸径最大达到了 73.3 cm, 最小为 25.4 cm, 变异系数为 26.86%; 林下有许多自然更新的幼苗, 最小地径为 0.09 cm, 最大地径为 0.26 cm, 最小苗高为 4.20 cm, 最大苗高为 28.70 cm, 地径和苗高的变异系数分别为 21.03% 和 27.84%; 种群整体上呈现出衰退的形势, 若种群中幼树数量得不到及时补充, 种群在未来有消失的风险。建议采取人工干预的手段促进其形成稳定发展的异龄复层种群, 以实现种群自我维持的稳定发展状态。

关键词 江南油杉; 径阶结构; 苗高; 地径

中图分类号: S791.15 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2025) 02-0067-05

DOI: 10.20221/j.cnki.2096-2053.202502009

Characteristics Analysis of Small Population of *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* in Yunfu Yunan Area of Guangdong Province

LUO Yi^{1,2} WANG Runhui² CHEN Cong³ XIE Zhenfei³
LI Wengang³ OUYANG Kunxi² ZHENG Huiquan²

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2. Guangdong Academy of Forestry, Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 3. Yunfu State owned Tongle Forest Farm, Yunfu, Guangdong 527199, China)

Abstract To investigate the population structure characteristics and dynamic trends of the small artificial population of *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* in the Yunfu Yunan area of Guangdong province, and to clarify its natural regeneration potential and decline risk, this study combined field surveys with 3D point cloud modeling using a SLAM100 handheld LiDAR scanner. The SLAM GO POST software was employed to reconstruct forest models and extract individual tree parameters (DBH, height, and crown width). Diameter classes were categorized, and the proportions of individuals in each class were analyzed. Ground diameter and seedling

* 基金项目: 广东省省级科技计划项目 (2024A1111120014) 资助。

第一作者: 罗熠 (2000—), 男, 硕士研究生, 主要从事人工林的多态性研究。E-mail: 18818305730@163.com

通信作者: 郑会全 (1982—), 男, 教授级高级工程师, 从事林木遗传育种与森林培育研究。E-mail: zhenghq@sinogaf.cn

height of natural regeneration under the forest were analyzed. The results showed that the *K. fortunei* var. *cyclolepis* population had the highest number of trees in the 60 cm diameter class, accounting for 18.52%. The maximum DBH reached 73.3 cm, and the minimum was 25.4 cm, with a coefficient of variation (CV) of 26.86%. Naturally regenerated seedlings were observed under the forest canopy, with minimum and maximum ground diameters of 0.09 cm and 0.26 cm (CV=21.03%), and minimum and maximum seedling heights of 4.20 cm and 28.70 cm (CV=27.84%). The population overall exhibited a declining trend, and if the number of saplings is not replenished in time, the population faces a risk of disappearance in the future. It is recommended to implement artificial intervention to promote the formation of a stable uneven-aged, multi-layer population structure, thereby achieving a self-sustaining development state.

Key words *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis*; diameter structure; height of seedlings; ground diameter of seedlings

植物种群是指在群落中或在一定空间范围内,由同种植物所形成的植物集合体,其分布常受到地形、气候等多重因素的影响^[1]。对植物种群进行研究的方法丰富多样,其中对年龄结构的分析是研究植物种群的一个重要方面,其可以揭示种子萌发及生长、种群的现状以及受干扰的状况以及未来的发展趋势等。由于树木年龄的获取比较难,且生长锥或解析木等方法会对树木造成伤害,因此许多学者采用树木径级结构来代替年龄结构的方式来进行研究^[2]。

江南油杉 *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* 为松科油杉属常绿针叶乔木,为中国特有种,属国家二级重点保护野生植物,主要分布在我国云南东南部、贵州、广西西北部及东部、广东北部、湖南南部、江西西南部、浙江西南部等地,常生于海拔 340~1 400 m 的山地^[3],其主干挺拔,侧枝疏散,冠形优美,呈宝塔状,兼具用材和观赏价值^[4]。该种是油杉 *K. fortunei* 的一个变种,其特点是种鳞为斜方形或斜方状圆形,而种翅通常中部或中下部较宽,1年生枝颜色较深,呈红褐色、褐色或淡紫褐色^[5]。由于江南油杉生物学的独特性,其天然更新受到诸多因素的影响,再加上人为采伐的破坏导致江南油杉自然资源数量分布有限,种群数量日渐稀少,江南油杉已经处于渐危的状态^[6-8]。已有不少学者对江南油杉开展了各项研究,涵盖了幼苗生长^[9-12]、育苗技术^[13-14]、种子萌发^[15-16] 等各方面,而在群落及种群方向,有学者对福建君子峰国家级自然保护区江南油杉种群的年龄结构进行了分析,发现其存在种群发展稳定性低,幼苗死亡率高的问题^[17];李强等人^[18] 对广西南丹县里湖乡的江南

油杉天然林群落进行了研究,发现江南油杉在群落中占据了绝对优势;何国生^[19] 对4种江南油杉天然林的物种特征进行了分析,发现由于灌木草本盖度较大,限制了江南油杉的天然更新,群落发展受到限制。对江南油杉的种群特征进行研究,可以对种群的生长现状有更细致的了解,且更有利于对其进行长期有效的保护与可持续利用。

据此,本文针对广东云浮市郁南地区分布的一个江南油杉人工小种群开展调查分析,利用 SLAM100 手持激光雷达扫描仪对江南油杉种群树体进行扫描测定并分析其径阶结构,同时开展林下更新幼苗的生长测评,以期对江南油杉小种群的系统保育提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查地概况

调查地位于广东省云浮市郁南县,位于北回归线南侧,地处西江中游南岸,属于亚热带季风气候,季风明显,四季分明。年均气温 21.6 °C,年均降水量为 1 399 mm,年均日照时数为 1 679 h,年均霜冻 2.4 d。地貌以山地和丘陵为主,此外还有盆地和平原,土层深厚,土壤以赤红壤为主。所调查江南油杉人工种群位于郁南县平台镇同乐林场同乐管护站古榕坑区域,海拔 340 m,地理坐标信息为 23.21°N、111.41°E,种群面积大概为 0.17 hm²。

1.2 调查方法

2024年7月,对江南油杉人工种群进行了实地踏查,摸清种群分布基本情况后,利用 SLAM100 手持激光雷达扫描仪对江南油杉种群

进行多层次多次数扫描，扫描时持设备于腰部高度，按 0.5~0.8 m/s 的行进速度在林地中穿梭，对每株树体进行环向移动扫描以确保获取到完整的树木点云数据，随后对采集到的原始点云数据进行预处理，提取出江南油杉点云数据并去除掉杂木及杂灌、杂草点云数据，以减少数据量并提高处理效率，随后利用 SLAM GO POST 点云处理软件，对预处理后的点云数据进行解算，自动识别并提取出江南油杉种群的树干部分，进而计算出胸径数据和树高数据。在对林分进行扫描的同时，同步采集了 1 000 株林下幼苗进行迁地种植保存，随机抽取其中 200 株测定苗高和地径。

1.3 统计分析

采用径阶整化来统计江南油杉成年树体径阶分布。采用上限排外法，考虑到此处江南油杉种群胸径最大达到了 70 cm 以上，所以采取 4 cm 为 1 个径阶进行整化，以组中值表示该径阶并参与计算^[20]。利用 Microsoft Excel 2013 软件对所得数据进行处理分析，利用 R 4.3.0 里 moments 包的 skewness () 函数和 kurtosis () 函数分别计算胸径的偏度和峰度值，利用 Origin 2024 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 江南油杉种群概况

调查发现的江南油杉种群属人工栽培小种群 (图 1)，栽培于 1976 年前后，推测林龄达到了 48 a，主要沿山脊边缘近列状分布，种群林相清晰可辨，郁闭度达到了 0.80。成年树体呈近层林，个体干形通直、圆满，处生长旺盛期，占据主要生态位。伴生树种有杉木 *Cunninghamia lanceolata*、鹅掌柴 *Heptapleurum heptaphyllum* 等，林下植被包括多种本地野生小灌木，主要有黄毛榕 *Ficus esquiroliana*、粗叶榕 *F. hirta*、毛冬青 *Ilex pubescens*、锈毛莓 *Rubus reflexus*、鲫鱼胆 *Maesa perlaris*、九节 *Psychotria asiatica* 等，草本植物有乌毛蕨 *Blechnopsis orientalis*、半边旗 *Pteris semipinnata*、淡竹叶 *Lophatherum gracile*、箬竹 *Indocalamus tessellatus*、芒萁 *Dicranopteris pedata*、金毛狗 *Cibotium barometz* 等，藤本植物有三叶崖爬藤 *Tetrastigma hemsleyanum* 等。林分内有人为开辟的登山小径，此外未见有人为抚育痕迹。值得注意的是，林下有自然更新的幼苗，但高度基本在 30 cm 以下，未见有维持种群更新的异龄幼树。



注：调查时间为 2024 年 6 月 19 日，图 A 为江南油杉成年树体生长现状，图 B 为林下幼苗生长现状。

图 1 云浮市郁南县江南油杉种群现状

Figure 1 Present situation of the *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* population in Yunan county, Yunfu city

2.2 种群成年个体生长分析

利用 SLAM100 手持激光雷达扫描仪系统获取了江南油杉的树高和胸径数据，其中发现胸径数

据与实地调查数据基本一致，遂对其进行研究，重点对其径阶分布进行统计分析 (图 2)，该种群成年树体共有 27 株。可以看出，60 cm 径阶树木

分布最多, 占到 18.52%, 72 cm 径阶分布较少, 占到 3.70%, 在许多径阶如 4~20 cm、28 cm、40 cm 以及 64~68 cm 均没有林木分布。种群中最小胸径为 25.4 cm, 最大胸径为 73.3 cm, 平均胸径为 47.0 cm, 胸径变异系数为 26.86%, 胸径偏度值为 -0.013 6, 说明种群中小于平均胸径的树木较多, 峰度 2.12, 说明胸径分布的峰态比较平缓。小径阶林木的缺乏, 表明此处江南油杉种群的自然更新能力较弱, 呈现出衰退趋势, 随着成年树木的衰老死亡, 成熟树木体自然衰亡速率与幼树补充速率失衡, 导致种群有消失的风险。

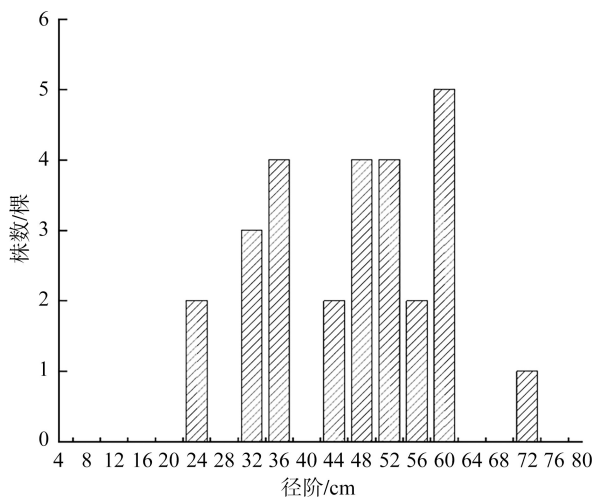


图2 江南油杉种群径阶分布
Figure 2 Diameter class distribution of *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* population

2.3 种群自然更新幼苗的生长分析

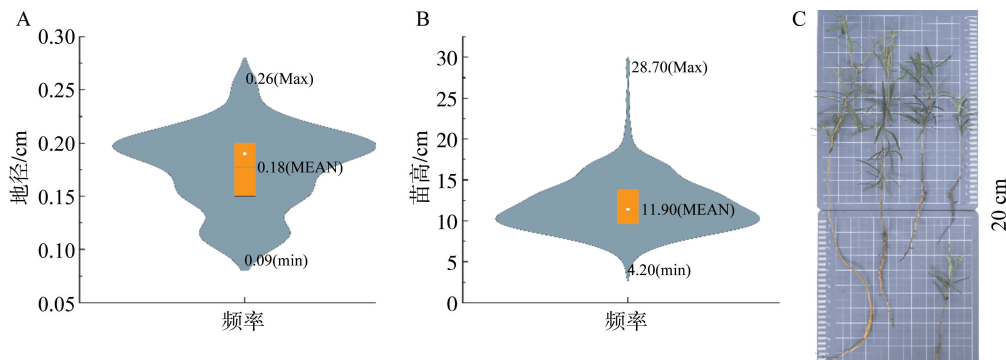
对江南油杉种群下 200 棵自然更新幼苗进行了地径与苗高分析, 结果如图 3 所示。江南油杉幼苗地径变异系数为 21.03%, 中位数为 0.19 cm, 最

小地径为 0.09 cm, 最大地径为 0.26 cm, 上四分位数和下四分位数范围为 0.15~0.20 cm, 绝大多数幼苗地径分布在 0.20 cm 左右, 平均地径为 0.18 cm。地径分布图具有 2 个峰, 且峰扁而宽, 说明江南油杉幼苗地径差异程度较大, 具有多极分化现象。

江南油杉幼苗苗高变异系数为 27.84%, 中位数为 11.40 cm, 最小苗高为 4.20 cm, 最大苗高为 28.70 cm, 上四分位数和下四分位数范围为 9.60~13.80 cm, 绝大多数幼苗苗高分布在 11.50 cm 左右, 平均苗高为 11.90 cm。苗高分布图表现为单峰高而窄, 极大值 (28.70 cm) 是极小值 (4.20 cm) 的 6.8 倍, 说明苗高无两级分化, 但江南油杉幼苗个体间差异较大, 这可能源于林下微生境异质性导致的光照、水分及养分资源分配不均。

3 结论与讨论

本研究发现, 位于广东省云浮市郁南县的此处江南油杉人工小种群整体保存情况良好, 成年树木有 27 株, 且个体干形通直、圆满, 处于生长旺盛期, 林下分布着天然更新的大量幼苗。然而, 种群呈现衰退态势, 尤其是, 成年树木径阶主要分布在 32~60 cm 之间, 过渡径阶级别如 4~20 cm、28 cm、40 cm 以及 64~68 cm 都没有林木分布, 表明种群发展出现了明显断层。值得一提的是, 江南油杉种子的萌发以及幼苗的成活对温度、养分、光照、水分等各种环境因子要求较高^[21], 且江南油杉幼苗自然更新受林下植被的盖度影响较大, 当灌木层和草本层盖度大于 80% 时, 会导致江南油杉幼苗成活率下降^[19]。还有报道称江南



注: 图 A 为江南油杉幼苗的地径分布图, 图 B 为苗高分布图, 图 C 为部分幼苗实拍图; 其中, 图 A 和图 B 中的橙色箱体上边线和下边线分别表示上下四分位线, 中线表示平均数, 白点表示中位数。

图3 江南油杉幼苗地径和苗高分布
Figure 3 Distribution of ground diameter and seedling height of *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* seedlings

油杉在初期(1~6 a)生长缓慢,胸径、树高的增长都较慢^[22]。江南油杉种子及幼苗这些方面的特性势必会导致其在林分下的自然更新受到限制,而幼苗阶段的高死亡率是导致江南油杉种群呈衰退趋势的重要原因。本研究所调查的此处江南油杉种群林分基本呈近层林,且郁闭度高,林下幼苗生长明显受限。还值得注意的是,这片江南油杉种群的龄级结构呈现衰退型,说明种群在幼树生长阶段遇到了瓶颈,林分中只有成年树体,没有幼树存在,虽然林分下层存在着大量江南油杉幼苗,但种群中没有幼树存在,幼苗到幼树的转化率非常低甚至接近为零,种群结构极为脆弱。

李强^[18]在对广西南丹县江南油杉天然林群落的研究中发现,虽然江南油杉是群落中绝对的优势种,有一定数量的幼苗,但因其幼苗存活率低,幼树数量有限,随着群落的进一步演替,其优势地位必将会被取代。本研究所调查的江南油杉种群发展也存在着类似的风险。

针对本文研究区域江南油杉种群的危急现状,建议采取人工干预的手段促进其形成稳定发展的异龄复层种群,从而摆脱种群消失的危险。一方面,可以对林地进行抚育,清除幼苗周围的杂灌杂草,以提高林分内的透光度,并适当对幼苗进行追肥,促进幼苗群体复壮,提高江南油杉幼苗到幼树的转化率,从而增强种群的更新能力。另一方面,可以采取人工繁育江南油杉幼苗的方式,在林分空窗位置种植异龄种苗,人工促进异龄异层种群的形成。鉴于该人工种群个体树体高大,且丰歉年周期长,采果制种难,但其林下有许多自然更新幼苗,可考虑移植林下幼苗,异地(苗圃)培育形成异龄群体,随后再人工野外回归的方式,从而提高江南油杉种群的幼树数量与质量,使种群的年龄结构朝更加健康的方向发展。

参考文献

- [1] 吴二焕,李东海,杨小波,等.海南苏铁野生种群分布特点及种群动态研究[J].林业资源管理,2021,43(4):130-137.
- [2] 蒋迎红,项文化,何应会,等.极小种群海南风吹楠种群的数量特征及动态[J].中南林业科技大学学报,2017,37(8):66-71,80.
- [3] 王勇,蒋焱,黄荣林,等.广西江南油杉人工林冠幅与胸径相关性研究及应用[J].广东农业科学,2014,41(6):62-65.
- [4] 曹基武,邓云飞.江南油杉引种造林试验初报[J].湖南林业科技,1994,21(4):40-42.
- [5] 林建勇,蒋焱,梁瑞龙.江南油杉及中国油杉属植物的形态特征识别[J].广西林业科学,2014,43(4):431-434.
- [6] 姜英,蒋焱,黄荣林,等.广西江南油杉天然林种群分布特征[J].广西林业科学,2016,45(3):322-327.
- [7] 张焯,韦钰星,蒋焱,等.27年生江南油杉人工林天然更新及其幼苗生长特征[J].广西林业科学,2016,45(3):334-337.
- [8] LIU X, XIAO Y, WANG Y, et al. The in vitro germination and storage characteristics of *Keteleeria fortunei* var. *cyclolepis* pollen provide a reference for cross breeding[J]. Protoplasma, 2020, 257(4): 1221-1230.
- [9] 张培,庞圣江,杨保国,等.抚育间伐对江南油杉林分生长的影响[J].西北林学院学报,2020,35(4):84-88,147.
- [10] 何应会,蒋焱,李娟,等.轻基质复配功能菌对江南油杉苗生长的影响[J].中南林业科技大学学报,2016,36(8):15-19.
- [11] 常冀原,张斌,许琪,等.氮,磷,钾对江南油杉形态及生理变化的影响[J].中南林业科技大学学报,2015,35(5):46-50.
- [12] 庞艳萍,刘菲,潘淑民,等.干旱胁迫下江南油杉幼苗生长与耗水特性[J].广西林业科学,2024,53(1):33-41.
- [13] 彭玉华,郝海坤,曹艳云,等.江南油杉容器育苗基质筛选[J].林业科技开发,2014,28(2):78-81.
- [14] 麻建强,翁春余,李江燕.江南油杉轻基质容器育苗试验[J].浙江林业科技,2010,30(4):90-93.
- [15] 王鸿彬,刘雄盛,李志辉,等.温度对江南油杉种子萌发特性的影响[J].种子,2018,37(1):46-51.
- [16] 刘雄盛,王鸿彬,晏巢,等.不同种源江南油杉种子基本生物学特性差异比较[J].西部林业科学,2017,46(4):1-6.
- [17] 林碧华,陈绪辉,罗敏贤,等.珍稀濒危植物江南油杉群落区系与种群动态分析[J].西北林学院学报,2024,39(4):71-78.
- [18] 李强,黄荣林,刘雄盛,等.广西南丹县江南油杉天然林群落结构特征[J].广西林业科学,2019,48(2):183-189.
- [19] 何国生.福建江南油杉4种天然林群落物种结构特征[J].西南林业大学学报,2011,31(5):1-5.
- [20] 雷淑香,成克武.秦皇岛白桦人工林群落结构特征研究[J].西部林业科学,2020,49(3):1-6,13.
- [21] 陈翠丽.泰宁江南油杉群落调查分析[J].福建林业科技,2023,50(4):113-119.
- [22] 刘菲,黄荣林,江珊鸿,等.江南油杉人工林生长规律研究[J].中南林业科技大学学报,2020,40(3):39-52.