

不同造林密度对马尾松林木生长及林分结构的影响分析

邓云飞

龙庆彝族壮族农业农村发展中心, 中国·云南 曲靖 655706

摘要: 研究通过现场试验来深入了解不同的造林密度如何影响马尾松 (*Pinus massoniana*) 的生长和林木结构。设计了三种不同密度 (1000、1500、2000 株/公顷) 的样地, 并通过连续三年的观察和测量, 分析了树高、胸径、冠幅和林下植被盖度等生长指标。结果表明不同密度显著影响马尾松生长表现。在低密度样地内, 马尾松树高、胸径、冠幅生长迅速, 林下植被盖度较大, 说明竞争压力小, 资源较为丰富有利于单株生长和林下多样性的提高; 但高密度样地树木生长缓慢、林下植被盖度显著降低, 这可能与强烈资源竞争及遮阴效应对植被多样性及发展产生抑制作用有关。研究结论可为马尾松造林密度优化和林地管理效果促进提供科学依据, 有利于生态和经济效益兼顾。

关键词: 造林密度; 马尾松; 林木生长; 林分结构

Analysis of Different Afforestation Density on the Growth and Forest Structure of Masson Pine

Yunfei Deng

Longqing Yi and Zhuang Agricultural and Rural Development Center, Qujing, Yunnan, 655706, China

Abstract: Field experiments were conducted to understand how different afforestation densities affect the growth and tree structure of masson pine (*Pinus massoniana*). Three plots with different densities (1000, 1500, 2000 plants / ha) were designed, and the growth indicators such as tree height, Diameter, canopy size and vegetation cover were analyzed by observation and measurement for three consecutive years. The results show that different density significantly affect the growth performance of masson pine. In the low-density plots, masson pine height, breast diameter and crown growth are rapidly, and the understory vegetation cover is large, indicating that the competition pressure and abundant resources are beneficial to the growth of individual plants and understory diversity; but the slow tree growth and the understory vegetation cover decrease significantly, which may be related to the strong resource competition and shading effect on vegetation diversity and development. The conclusion can provide scientific basis for the optimization of afforestation density and the promotion of woodland management effect, and is conducive to both ecological and economic benefits.

Keywords: afforestation density; masson pine; tree growth; forest structure

0 前言

马尾松是中国南方主要的造林树种之一, 因其生长速度快、适应性强, 广泛用于水土保持和生态恢复。不同的造林密度对马尾松林木的生长、林分结构及林下植被多样性可能有重要影响^[1]。本研究通过设定不同造林密度, 分析其对马尾松生长及林分结构的影响, 以为合理密度选择提供科学依据。

1 不同造林密度对马尾松林木生长结构影响的重要性

1.1 造林密度与林木资源管理的关系

造林密度是森林资源管理中的关键因素之一, 不同的密度不仅直接影响到林木的生长状态, 还会间接作用于整个森林生态系统的健康与稳定性。合理的造林密度有助于优化林木资源的利用效率, 平衡树木之间的资源竞争, 从而提高整体的生长效益^[2]。在林业资源管理中, 通过调整造林密度, 能够实现对生长空间的合理分配, 避免过度密集导致的树木

生长受限或营养缺乏等问题, 同时也能防止过度稀疏带来的资源浪费。

高密度造林能够迅速覆盖地表, 为地面提供遮阴, 降低水土流失的可能性, 而低密度造林则有利于树木更最大限度地利用阳光、养分及水分, 从而促进单株的生长速度与质量^[3]。因此, 造林密度的科学管理在林木资源的长期规划中尤为重要, 不仅能提升资源产出, 还能够使森林生态环境更加稳定, 为可持续发展奠定基础。

1.2 造林密度对林木生长和生态系统的潜在影响

造林密度对林木生长快慢, 树木整体形态有着直接的影响。密度过大的林地可使树木间互相遮挡住, 使个体吸收阳光受到限制, 光合作用效率下降, 因而生长受到抑制。而且低密度能使每一棵树都有足够阳光照射, 竞争压力小, 使树木树冠发达, 胸径和高度生长更加平衡。造林密度对林地生态系统结构有一定影响。高密度林分常伴有林下植被盖度偏低, 这将减少地表水分蒸发和提高土壤含水量, 同时抑制草本植物等地表植被生长, 造成林地生物多样性下降^[4]。

1.3 研究造林密度对马尾松的特定需求和意义

马尾松作为中国南方重要的造林树种，其适应性广、生命力强，广泛应用于生态修复、荒山治理及防护林营造^[5]。不同密度的造林方式对马尾松的生长效果存在显著差异，影响其在林地中发挥的生态和经济效益。适当的造林密度不仅能提升马尾松的生长速度和树体质量，还能有效提高森林的整体抗逆性，减少病虫害的发生率。

2 实验设计

2.1 材料与仪器

为了研究不同造林密度对马尾松生长和林分结构的影响，本实验选用相似地理和气候条件的造林地作为实验场地。材料主要包括用于标记不同样地的栅栏和定位装置，以确保在未来三年内保持样地的原始密度。实验仪器包括测高仪、游标卡尺、冠幅测量尺和植被覆盖度记录表等。这些仪器能够保证实验数据的准确性与科学性。例如，测高仪用于测量树木的生长高度，游标卡尺用于测量胸径，冠幅测量尺则用来估算树冠的横向生长范围。为了确保实验的重复性和数据的真实性，每组样地的测量均需配备同类型、同规格的仪器，以避免由于仪器误差而影响最终的实验结果。

2.2 实验组和对照组的设置

本实验将造林密度划分为低密度（1000 株 / 公顷）、中密度（1500 株 / 公顷）和高密度（2000 株 / 公顷）三个等级，分别设置若干实验组，每组样地的面积为 500 平方米，以保持数据的一致性和对比性。每个密度组均设有相同条件的对试样地，确保数据能更准确地反映不同密度对林木生长的影响。通过这样的实验设置，不同密度组的实验数据能够在多次测量后进行横向对比，为评估造林密度对马尾松生长的影响提供科学依据。对照组作为标准组，将用来衡量不同密度间的差异，有助于揭示密度在林分生长结构上的重要性。

2.3 实验步骤

实验初期按预定密度栽植样地，以确保各样的造林密度满足设置要求。造林结束时定期测量并记录资料，资料包括树高、胸径、冠幅及林下植被盖度，以保证各组资料能体现不同密度生长差异。实验的周期被设定为三年，并且每年都会进行定期的测量活动，完成每一次测量后，都会对收集到的数据进行记录和初步的分析。在试验过程中需要对样地进行一致管理并避免人为干扰及外界影响保证数据精度。各组样地内测量人员基本恒定，尽量减小人为误差。试验结束时，对全部资料进行了整理与分析，以期为进一步造林密度对马尾松生长量与结构影响的研究奠定可靠基础。

3 实验结果与分析

3.1 不同密度样地的树高变化趋势

从数据中可以看出（见表 1），不同造林密度对马尾松的树高增长存在明显影响。低密度（1000 株 / 公顷）样地中，树木的平均高度最高，每年均有较快的增长；高密度（2000

株 / 公顷）样地中树木高度增长相对缓慢。原因可能是高密度样地内树木之间的空间资源竞争较大，影响了个体树木的光合作用与养分吸收。中密度（1500 株 / 公顷）则表现为树高增长居中。可以得出，较低的密度更有利于马尾松的高度生长（见图 1）。

表 1 不同密度样地的树高变化趋势

样地编号	造林密度（株 / 公顷）	第 1 年平均树高（m）	第 2 年平均树高（m）	第 3 年平均树高（m）
1	1000	1.2	2.5	3.8
2	1500	1.1	2.3	3.5
3	2000	1	2	3.2

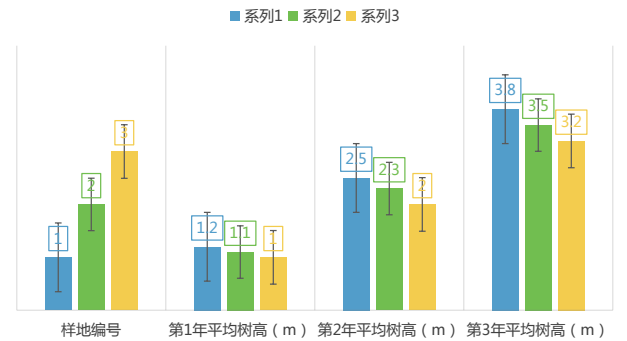


图 1 样地的树高变化趋势

3.2 胸径随密度变化的规律分析

实验结果显示，低密度样地的胸径增长显著高于中、高密度样地。第一年时，低密度样地的胸径为 3.0cm，至第三年增长至 6.1cm。高密度样地的胸径增长较为缓慢，这可能是由于密度增大会加剧树木之间对土壤养分的竞争，使得每株树的生长空间减少，从而导致胸径增长受到抑制。造林密度过高不利于胸径的增长，低密度则更适宜胸径的快速增长（见表 2、图 2）。

表 2 胸径随密度变化的规律分析

样地编号	造林密度（株 / 公顷）	第 1 年平均胸径（cm）	第 2 年平均胸径（cm）	第 3 年平均胸径（cm）
1	1000	3	4.8	6.1
2	1500	2.8	4.2	5.5
3	2000	2.5	3.7	5

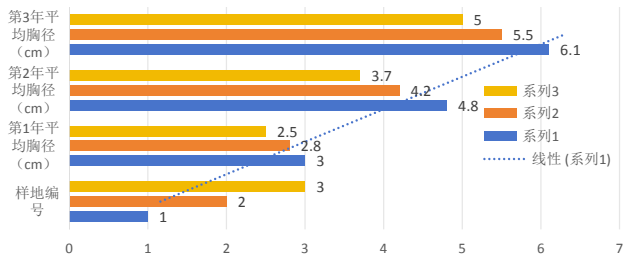


图 2 胸径随密度变化的规律分析

3.3 冠幅和林分密度的相关性

冠幅数据反映出，造林密度越低，树木的冠幅增长越快，冠幅面积也更大。低密度样地的平均冠幅从第一年的 1.0m² 增加到第三年的 2.0m²，高密度样地的冠幅增长较慢，第三年平均冠幅仅为 1.6m²。高密度下，树木相互遮挡，光照资源的获取受限，导致冠幅增长减缓。低密度造林有利于更广阔的冠幅发展，提高个体树木的光合作用效率(见表 3、图 3)。

表 3 冠幅和林分密度的相关性

样地编号	造林密度 (株/公顷)	第 1 年平均冠幅 (m ²)	第 2 年平均冠幅 (m ²)	第 3 年平均冠幅 (m ²)
1	1000	1	1.5	2
2	1500	0.9	1.3	1.8
3	2000	0.8	1.2	1.6

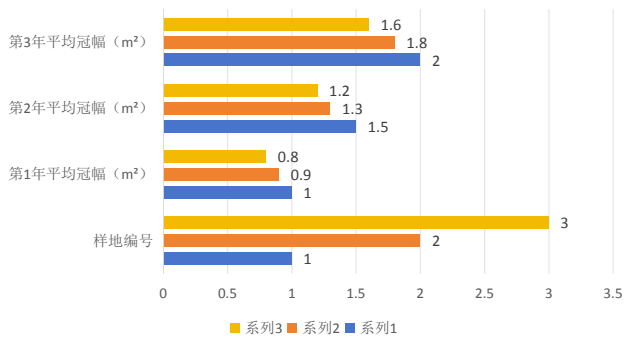


图 3 冠幅和林分密度的相关性

3.4 林下植被盖度的变化分析

林下植被盖度与造林密度呈现负相关关系，密度越高，林下植被的盖度越低。低密度样地的林下植被覆盖率较高，说明光照和空间条件较好，有利于林下植被的生长；而高密度样地中，林下植被的盖度较低，植被生长受到较大限制。这表明，高密度造林对林下生物多样性有一定的抑制作用，低密度则有助于维持较高的生物多样性（见表 4、图 4）。

表 4 林下植被盖度的变化分析

样地编号	造林密度 (株/公顷)	第 1 年林下植被盖度 (%)	第 2 年林下植被盖度 (%)	第 3 年林下植被盖度 (%)
1	1000	70	68	65
2	1500	60	58	55
3	2000	50	48	45

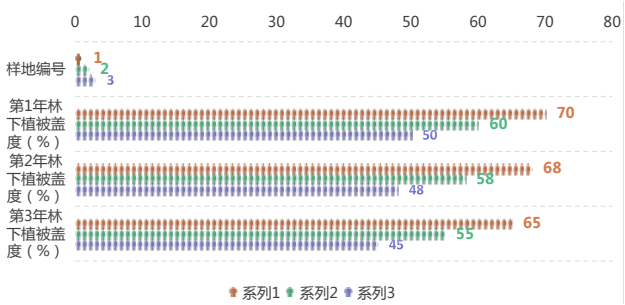


图 4 林下植被盖度的变化分析

3.5 各密度条件下的生长速率对比

表格数据显示，低密度样地的年均生长速率在树高、胸径和冠幅方面均高于高密度样地。这一结果表明，较低的造林密度为马尾松的生长提供了更优的环境条件，减少了对资源的竞争，促进了整体生长速率。高密度样地中，年均增长速率相对较低，树木生长受限。适当降低造林密度有助于提高马尾松的生长速率（见表 5、图 5）。

表 5 各密度条件下的生长速率对比

样地编号	造林密度 (株/公顷)	年均树高增长率 (m/年)	年均胸径增长率 (cm/年)	年均冠幅增长率 (m ² /年)
1	1000	0.87	1.03	0.33
2	1500	0.8	0.9	0.3
3	2000	0.73	0.83	0.27

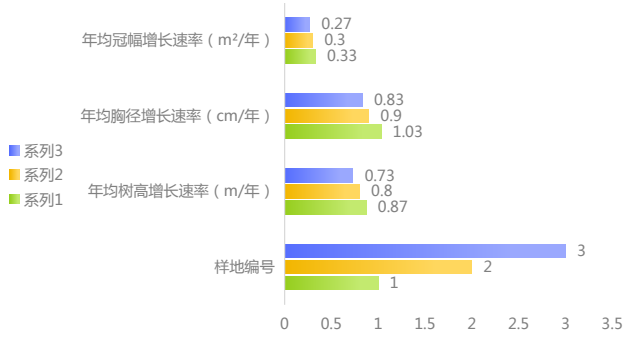


图 5 各密度条件下的生长速率对比

4 讨论

4.1 低密度造林的生长优势与林下植被多样性

试验结果表明低密度造林对马尾松生长有利，树高、胸径和冠幅年平均增长速率大于中等密度样地。其主要原因是低密度时个体树木的竞争压力较低，可以充分利用光照，水分和养分。林下植被盖度表现为低密度样地更高，表明更大空间及光照条件有利于地表植物生长并促进生物多样性。低密度造林对马尾松的生长具有促进作用，同时也为林下植物的生长提供了良好环境，对生态系统多样性与稳定性具有促进作用。

4.2 高密度造林的生长限制及其管理策略

高密度造林虽然能迅速形成林冠层，但树木生长受限，树高、胸径等指标增长较慢。密度过高会导致树木争夺阳光、土壤养分及水分，使得个体树木发育不良，且林下植被盖度低，影响了生态多样性。在高密度造林中，应采取合理的间伐措施，以降低过度密集带来的不利影响，改善生长环境。定期的疏伐和施肥措施也能缓解资源竞争，有助于提升整体生长质量，使林地更健康、稳定。

4.3 造林密度对生态效益的综合影响

造林密度对森林生态系统结构与功能有着直接的影响。低密度造林在光照，空气流通以及林下植被等方面效果更积极，有利于增加地表植物多样性和林地生态效益。但高密度

造林对于减少水土流失、促进水分保持有一定的优势，可以更快地达到生态修复的目的。密度不同，生态效益也不一样，管理者可以结合实际需要选择合适的密度来达到生态修复和经济林建设的不同生态目的。

4.4 不同密度对土壤肥力和水分的可能影响

造林密度也对土壤肥力和水分状况产生影响。高密度造林会导致较强的养分竞争，树木大量消耗土壤中的氮磷钾等养分，长期易导致土壤肥力下降。树冠较密集也减少了地表水分蒸发，增加土壤含水量。过低密度可能使地表暴露，增加水分流失。在不同密度下，对土壤水肥的管理措施也应有所不同，适当施肥和灌溉可以有效弥补密度对土壤养分的影响。

4.5 优化造林密度的建议

根据试验结果，造林密度的优化需寻求林木生长速率与生态效益的权衡。对关注树木质量及生长速率较大的地区，宜采取密度较小的造林方式，以利于个体生长和为林下植被提供较大的生长空间；并且在要求迅速绿化或者水土保持地区，可以选择密度较大，但是需要后续间伐措施来维护生态平衡。科学合理规划造林密度有利于增强林地生态服务功能和森林资源可持续经营。

5 结语

本项研究主要讨论不同造林密度对于马尾松生长量及林分结构之影响，结果显示造林密度显著影响林木之树高，

胸径与冠幅之成长及林下植被之多样性。低密度样地内林木生长速度较快，林下植被覆盖率高，有利于生态多样性；而且高密度造林时，树木生长受一定的限制，但是林冠层的形成速度很快，适宜于水土保持及快速绿化的需要。不同密度造林可达到不同的生态，经济目标。提出在实践中应考虑目标用途、合理规划密度、兼顾森林生长效益和生态效益、可持续管理资源。该结论可供马尾松等树种造林密度筛选时参考。

参考文献：

- [1] Lu Y, Ma R, Gao W, et al. Optimizing the nitrogen application rate and planting density to improve dry matter yield, water productivity and N-use efficiency of forage maize in a rainfed region[J]. *Agricultural Water Management*,2024(305):109125.
- [2] 郑平.造林密度对马尾松人工林分化特征的影响[J].*乡村科技*,2024,15(2):127-129.
- [3] 颜培栋,李鹏,杨章旗,等.不同造林密度马尾松人工林分化特征及其对生产力的影响[J].*林业科学*,2023,59(10):66-75.
- [4] 娄清.马尾松人工林密度调控动态变化过程及效应[D].贵阳:贵州大学,2022.
- [5] 陈旋.广西马尾松优良家系人工林密度效应及可持续经营研究[D].南宁:广西大学,2020.

作者简介: 邓云飞(1974-),男,瑶族,中国云南师宗人,工程师,从事园林、林业、技术报告研究。