

# 密度调控对上海香樟林林木生长与林下更新的影响

朱靖

上海市嘉定区林业站

DOI:10.12238/eep.v7i10.2285

**[摘要]** 城市森林对改善城市生态环境具有重要作用。为探究林分密度对城市森林林木生长和林下更新的影响,以上海市分布最广的典型城市森林类型——香樟纯林为对象,开展了择伐抚育密度调控实验,对比分析了不同密度林分2017–2023年间乔木生长量变化趋势及其林下更新现状。结果表明:(1)乔木密度越低的林分,其乔木单株生长量越大,但林分生物量积累量越小;(2)择伐抚育显著地促进了林下个体的更新与生长,但没有显著的改变林下物种多样性。(3)将香樟纯林密度调控至中密度等级(33株/400m<sup>2</sup>),对乔木单株生长量、林分生物量累积和林下更新的综合促进作用最佳。因此,上海城市森林可以通过密度调控提升其生态质量。

**[关键词]** 城市森林; 抚育抽稀; 群落结构

**中图分类号:** P463.22 **文献标识码:** A

## The effects of thinning on tree growth and understory regeneration in urban forests dominated by *Cinnamomum camphora*, shanghai

Jing Zhu

Forestry Station in Jiading District

**[Abstract]** Urban forests play a crucial role in enhancing the urban ecological environment. To investigate the impact of stand density on the growth of urban forest trees and the regeneration of the understory, we conducted a selective thinning density regulation experiment in a forest dominated by *Cinnamomum camphora*, the most widely distributed urban forest type in Shanghai. We compared the growth trends of arboreal trees and the current state of understory regeneration across stands with varying densities from 2017 to 2023. Our findings show: 1) Lower tree density leads to greater individual growth for arboreal trees. However, this comes at the cost of smaller biomass accumulation for the entire stand. 2) Selective thinning significantly promotes the regeneration and growth of understory individuals. But, it does not significantly alter the species diversity of the understory. 3) Adjusting the pure forests to a medium density level (33 trees per 400 m<sup>2</sup>) yields the best overall results. This density level enhances individual tree growth, stand biomass accumulation, and understory regeneration. In summary, regulating tree density can enhance the ecological quality of urban forests in Shanghai.

**[Key words]** urban forest; thinning; stand structure

城市森林作为城市生态空间的主体,对提高城市生活水平、改善人类健康、维持城市生物多样性具有重要作用<sup>[1]</sup>。我国城市森林规模在过去的20年间迅速扩大,但在城市森林建设初期时,往往树种配置单一、群落结构简单<sup>[2]</sup>;后续的养护管理注重对林下植物的清理,不利于林下幼苗更新。因而很多城市森林表现为密度较高的乔木单层林<sup>[3]</sup>,树木生长缓慢,林下植被稀疏,不能充分发挥群落的生态功能<sup>[4]</sup>。

间伐常见的森林经营管理措施,可以通过改变林分密度影响林分生长发育和动态发展方向<sup>[4]</sup>。汤景明等<sup>[5]</sup>研究表明,高强

度间伐可以更有效地提高日本人工落叶松中龄林的胸径、树高,而林分蓄积量无显著差异。董凯丽等<sup>[6]</sup>研究发现间伐明显促进了江西湿地松人工林林木胸径和蓄积的生长,但对树高的影响不显著。周晓光<sup>[7]</sup>指出间伐能显著地促进马尾松平均胸径生长,但不同的间伐强度间差异不显著。此外,多数研究表明间伐通过降低林分密度改善了光热条件,增加了林下物种的多样性<sup>[8-9]</sup>,但也有少数研究认为强度间伐会降低物种多样性<sup>[10]</sup>。

近年来上海城市森林的面积快速增加,截至2023年底上海市森林覆盖率达到18.81%,其中香樟林面积占比最大,且多为纯

## Ecological Environment and Protection

林, 亟待通过间伐抚育进行密度调控以促进林木生长与林下更新<sup>[11]</sup>。本研究以上海城市森林的典型类型香樟纯林为对象, 开展基于间伐抚育的密度调控实验, 探讨不同密度条件下林分生长和林下更新层物种多样性及结构的影响, 为上海市香樟纯林的抚育改造提供科学参考。

### 1 研究区域概况

上海市位于中国东部沿海地区中部(20° 52′ -122° 12′ E, 30° 40′ -31° 53′ N), 属于北亚热带季风气候类型, 年均气温15.8℃, 年均降水量1200mm[33]。区内整体地势低平; 陆域范围内除佘山、天马山、小昆山等10余座百米以下的山丘, 其余均为平原<sup>[12]</sup>。上海城市森林以人工林为主。

### 2 研究方法

#### 2.1 样地设置与实验处理

2016年7月, 在嘉定区马陆镇大裕村水源涵养林设置20m×20m固定样方12个, 林分类型为中林龄香樟纯林。样地设置完成后对各样方的群落本底进行了调查, 对所有乔木个体(胸径大于55cm)进行编号并挂牌, 并进行每木检尺, 记录单木树高、胸径、冠幅等数据。

依据本底调查结果, 于2016年11月, 选择其中9个样方按照“去劣留优、去弱留强”的原则进行择伐抚育, 将乔木密度调控为3个等级, 分别为, 44株/400m<sup>2</sup>(1100株/hm<sup>2</sup>, 较高密度)、33株/400m<sup>2</sup>(825株/hm<sup>2</sup>, 中密度)、22株/400m<sup>2</sup>(550株/hm<sup>2</sup>, 低密度); 每个密度等级各3个样方。剩余3个样方作为实验对照, 不做择伐处理, 乔木密度为60株/400m<sup>2</sup>(1500株/hm<sup>2</sup>, 高密度)。

#### 2.2 乔木生长追踪调查与分析

2017年、2018年、2019年、2021年和2023年对所有样地进行了复查。每次复查对样方中的所有乔木个体进行每木检尺, 记录单木树高、胸径、冠幅等数据。按照调查年份统计每一样方所有个体胸径的平均值, 再统计每一间伐处理3个样方的平均值和标准偏差。采用t检验法分析不同密度等级间乔木个体胸径累积增长量是否存在显著差异。

#### 2.3 林下更新层调查与分析

所有样方在样地四个角及中心位置各设置了1个2m×2m的更新层调查样格。于2023年复查时记录了更新层调查样格中所有木本植物更新个体(高度小于6m)的名称、高度和胸径。

采用物种丰富度(S)、Shannon-winner多样性指数(H)和Simpson优势度指数(D)3个指数衡量更新层的物种多样性[13], 其计算公式分别为:

$$S = \text{出现在样方内的物种总数} \quad (\text{公式1})$$

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (\text{公式2})$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2 \quad (\text{公式3})$$

其中,  $P_i$  表示第*i*个物种的相对重要值。根据计算的物种

丰富度、Shannon-winner多样性指数和Simpson优势度指数。采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)分析, 检验不同密度等级间是否存在显著差异。

### 3 结果分析

#### 3.1 乔木层生长量动态

截止2023年, 12个样方中乔木层个体均为香樟, 其个体密度处在21~58株/400m<sup>2</sup>之间, 平均胸径为19.9~26.3cm, 平均树高14.6~16.5m, 胸高断面积为9661.0~21405.4cm<sup>2</sup>/400m<sup>2</sup>(表1)。

表1 2023年嘉定择伐抚育样地乔木层特征

密度等级	样地编号	密度(株/400m <sup>2</sup> )	平均胸径(cm)	平均树高(m)	总胸高断面积(cm <sup>2</sup> /400m <sup>2</sup> )
高密度	1	47	21.1	16.4	17263.2
高密度	2	58	21.3	16.4	21405.4
高密度	3	54	19.9	15.9	17540.5
较高密度	4	40	21.9	15.6	15565.3
较高密度	5	43	21.7	16.3	16111.4
较高密度	8	43	21.9	15.0	16697.6
中密度	7	31	23.5	14.6	13694.8
中密度	11	32	24.2	16.8	15048.0
中密度	12	33	24.0	16.4	15192.3
低密度	6	21	26.1	16.5	11313.4
低密度	9	22	23.5	15.0	9661.0
低密度	10	22	26.3	15.0	12194.3

自2016年秋季采取不同抚育措施后, 择伐抚育样方的乔木个体数量基本不变(2017-2023年); 而未进行择伐抚育的对照样方, 其个体数量逐年减少, 至2023年约8.5%的乔木个体死亡(图1)。

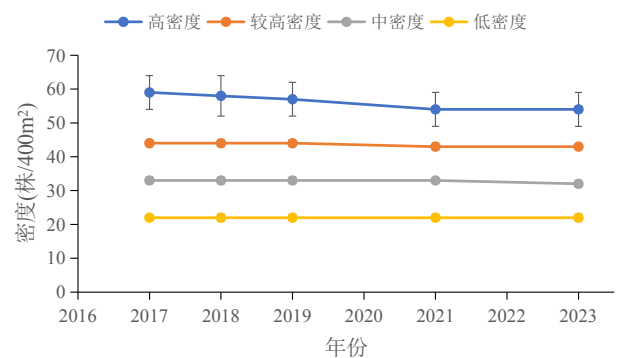


图1 嘉定择伐抚育样地乔木层个体数量的变化

各样方个体平均胸径均逐年增加,个体密度越低的样方其胸径增长量越大,但随着时间推移,各样方生长量逐渐放缓。至2023年,低密度样方胸径累积增长量平均为8.2cm,中密度样方胸径累积增长量平均为6.5cm,较高密度样方胸径累积增长量平均为5.3cm,高密度样方胸径累积增长量平均为5.1cm。 $t$ 检验结果表明,实验处理后各年份,较高密度样方胸径累积增长量与高密度样方胸径累积增长量之间不存在显著差异(图2)。

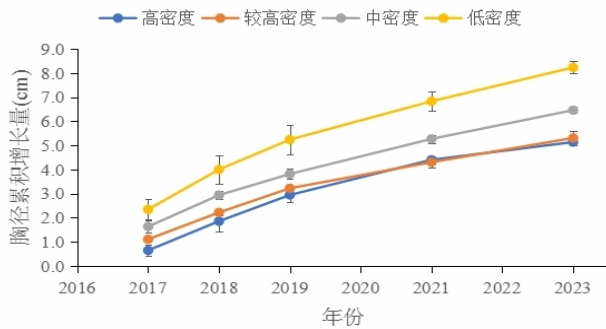


图2 嘉定择伐抚育样地乔木层个体的胸径累计增长量

样地乔木总胸高断面面积逐年增加,但随着时间推移,各样方增长量逐渐放缓。个体密度越高的样方,其总胸高断面面积增长量越大。 $t$ 检验结果表明,从2018年开始高密度与较高密度样方的总胸高断面面积增长量无显著差异;至2023年,较高密度样方与中密度样方的总胸高断面面积增长量无显著差异(图3)。

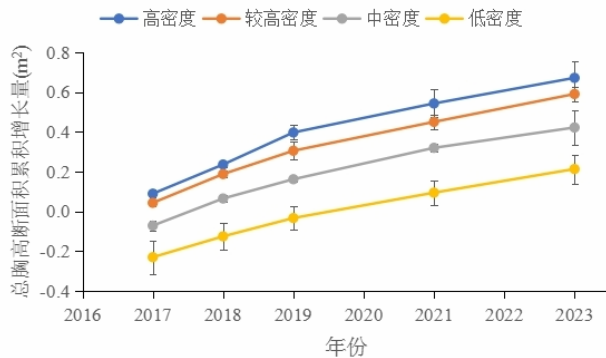


图3 嘉定择伐抚育样地乔木总胸高断面面积累计增长量

### 3.2更新层特征差异

各样方更新层的物种丰富度为7~13,Shannon-wiener指数为1.340~1.958,Simpson指数为0.605~0.821。其中高密度样方,物种丰富度为7~10,Shannon-wiener指数为1.340~1.801,Simpson指数在0.651~0.791;较高密度样方,物种丰富度为10~11,Shannon-wiener指数为1.780~1.922,Simpson指数在0.784~0.821;中密度样方,物种丰富度为8~13,Shannon-wiener指数为1.343~1.958,Simpson指数在0.605~0.817;低密度样方,物种丰富度为8~11,Shannon-wiener指数为1.742~1.917,Simpson指数在0.786~0.800(表2)。单因素方法分析表明,3个多样性指数在各密度等级之间均没有显著差异。

表2 2023年嘉定择伐抚育样地更新层物种多样性

密度等级	样地编号	丰富度	Shannon-wiener 指数	Simpson 指数
高密度	1	10	1.650	0.717
高密度	2	7	1.340	0.651
高密度	3	8	1.801	0.791
较高密度	4	11	1.922	0.821
较高密度	5	11	1.852	0.785
较高密度	8	10	1.780	0.784
中密度	7	8	1.882	0.817
中密度	11	13	1.958	0.810
中密度	12	10	1.343	0.605
高密度	6	11	1.917	0.797
高密度	9	8	1.800	0.800
高密度	10	9	1.742	0.786

随着择伐强度的增加,更新层个体数量呈现出逐渐增加的趋势,中密度样方更新层个体数量约为对高密度样方的2倍。从个体的高度分布来看,所有样方均以高度不大于0.5m的更新个体为主,其中中密度样方的更新个体数量最多;高度为0.5~1.5m的更新个体在较高密度样方中最多;高度大于1.5m的个体在低密度样方中最多(图4)。

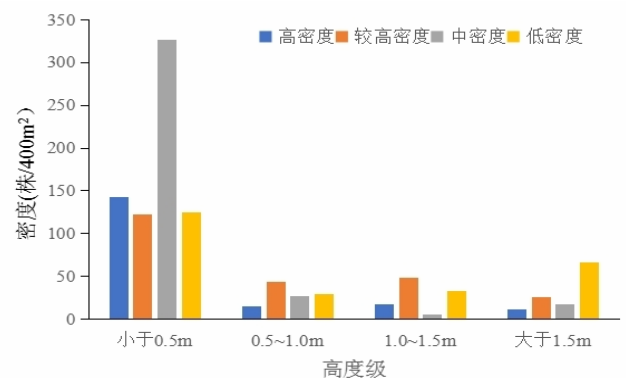


图4 2023年嘉定择伐抚育样地更新层个体的高度级分布

## 4 讨论

我国城市森林多为人工纯林<sup>[2]</sup>,种植密度偏高,后期林木生长受到密度制约。森林密度调控通过影响林木间的竞争和资源分配,对林木的生长速度以及整体林分的健康和生产力都有重要作用<sup>[7]</sup>。本研究中,降低乔木个体密度显著地促进了平原城市香樟纯林乔木个体的胸径生长,并且降低了乔木的死亡率。这与人前针对山地日本落叶松林<sup>[5]</sup>、马尾松林<sup>[7]</sup>、侧柏林<sup>[14]</sup>等人工林的研究结果一致。但由于择伐导致个体密度减少,密度调控强

度高的香樟纯林其总胸高断面积(生物量)积累相对偏低。因此城市森林密度调控需要综合考量其对单木生长和林分生物量积累的影响。

在本研究中,较高密度与高密度香樟林的单木胸径生长量和总胸高断面积的积累量没有显著差异,表明轻度的密度调控单木生长和生物量积累未产生显著影响。而重度的密度调控,虽然使得胸径生长量增加了1.6倍,但总胸高断面积的积累量减少了2/3。相较而言,中度的密度调控,不仅显著地促进了单木胸径生长,而且调控6年后总胸高断面积的积累量也与较高密度林分无显著差异。因此将高密度香樟林调控至中密度林分,可以兼顾单木生长和林分生物量积累的双向需求。

此外,择伐抚育显著的增加了林下更新个体的数量,促进了更新个体的生长。密度调控后6年,中密度样方拥有最多的幼苗(高度小于0.5m),低密度样方拥有最多的幼树(高度大于1.5m)。但与以往很多研究<sup>[15-17]</sup>不同的是,本研究中密度调控并没有显著地改变林下更新个体的物种多样性。这可能与上海城市森林物种组成简单,缺少林下自然更新种源有关。

## 5 结语

本研究针对上海城市森林中分布最广的香樟纯林开展了密度调控实验,利用长期追踪监测数据,对比了不同密度林分乔木生长量变化趋势及其林下更新现状,发现将香樟纯林密度调控至中密度等级(33株/400m<sup>2</sup>),对乔木单株生长量、林分生物量累积和林下更新的综合促进作用最佳。

## [参考文献]

- [1]王成.落实习近平总书记建设森林城市指示,推进城市绿化事业高质量发展[J].中国城市林业,2024,22(01):1-7.
- [2]达良俊,郭雪艳.生态宜居与城市近自然森林——基于生态哲学思想的城市生命地标建构[J].中国城市林业,2017,15(4):1-5.
- [3]张现武,李明华,张金池,等.上海市水源涵养林建设现状及发展对策研究[J].华东森林经理,2015,29(02):23-26.
- [4]Scott D.Roberts,Constance A.Harrington.Individual tree growth response to variable-density thinning in coastal Pacific Northwest forests[J].Forest Ecology and Management,2008,255(7).
- [5]汤景明,孙拥康,冯骏,等.不同强度间伐对日本落叶松人工林生长及林下植物多样性的影响[J].中南林业科技大学学

报,2018,38(06):90-93+122.

[6]董凯丽,张国湘,王瑞辉,等.抚育间伐对湿地松人工林生长及林下植被多样性的影响[J].林业资源管理,2019(04):59-68.

[7]周晓光.抚育间伐强度对马尾松公益林群落结构和生态服务功能的影响[D].中南林业科技大学,2014.

[8]Liu Q, Sun Y, Wang G, Cheng F, Xia F. Short-term effects of thinning on the understory natural environment of mixed broadleaf-conifer forest in Changbai Mountain area, Northeast China[J].PeerJ,2019,7:e7400.

[9]Xu X,Wang X,Hu Y,Wang P,Saeed S,Sun Y.Short-term effects of thinning on the development and communities of understory vegetation of Chinese fir plantations in Southeastern China[J].PeerJ,2020,8:e8536.

[10]柏广新,张命军.不同抚育间伐强度对长白山硬阔叶林林下植物多样性的影响[J].东北林业大学学报,2011,39(12):27-29+73.

[11]杨子欣,颜兵文,张庆费,等.基于树冠连续覆盖的香樟人工林群落结构优化研究[J].中国城市林业,2018,16(6):10-13.

[12]徐嘉艺,王小玲,宋坤,等.上海四种常见树种单株固碳能力的差异及影响因子[J].生态学报,2024,(13):1-10.

[13]罗心怡,郭雪艳,高志文,等.上海城市森林区系组成及不同植被类型物种多样性差异[J].园林,2021,38(10):19-26.

[14]李春义,马履一,等.抚育间伐对北京山区侧柏人工林林下植物多样性的短期影响[J].北京林业大学学报,2007,29(03):60-66.

[15]黄丹,彭志,韩玉洁.抚育间伐对上海水源涵养林林分生长及其林下植物多样性的影响[J].亚热带植物科学,2017,46(3):263

[16]李婷婷,陈绍志,吴水荣,等.采伐强度对水源涵养林林分结构特征的影响[J].西北林学院学报,2016,31(05):102-108.

[17]温晶,张秋良,李嘉悦,等.间伐强度对兴安落叶松林林下植被多样性及生物量的影响[J].中南林业科技大学学报,2019,39(05):101-106+124.

## 作者简介:

朱靖(1977-),女,汉族,上海嘉定人,园林专业,大学本科,高级农艺师、高级工程师。