第45卷 第1期 华 中 农 业 大 学 学 报 Vol.45 No.1
2026年 1月 Journal of Huazhong Agricultural University Jan. 2026,84～92

吴奇,蒋亚蓉,李秋月,等.不同树种配植类型树下光照强度的空间分异特征[J].华中农业大学学报,2026,45(1):84-92.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2026.01.008

不同树种配植类型树下光照强度的空间分异特征

吴奇,蒋亚蓉,李秋月,白婷,戴新城,汪敬选

华中农业大学园艺林学学院,武汉 430070

摘要 为探究城市孤植及群植树下的光照强度分异特征,指导树下空间合理利用,选取华中农业大学校园绿地中孤植和群植树作为研究对象,于2023年夏季对树下光照强度进行梯度测定,检验2种配植类型不同空间梯度树下光照强度的差异,并建立光强-距离非线性回归方程,分析不同树种下光强随距离变化规律与趋势。结果显示,无论孤植还是群植,桂花(*Osmanthus fragrans*)树下的光照强度均为最低,而复羽叶栾树(*Koelreuteria bipinnata*)等树种的光照强度处于较高水平。孤植树下的光照强度平均为8 885.36 lx,约为群植树的1.7倍,且2种配植类型落叶树下的光照强度都约为常绿树的1.7倍,为典型阴生生境。孤植树树冠中心、树冠边缘与无树冠遮盖对照点的光照强度比值为1∶1.9∶18.5,而群植树树冠中心、中部、边缘与对照点的光照强度比值为1∶2.07∶5.46∶38.35,群植树树冠中心的光照强度仍能满足较多耐阴植物正常存活。群植树光强-距离非线性回归方程显示,其林冠中部至林冠中心下降幅度较缓,而从林缘到林冠中部骤降。结果表明,树木冠层对光照强度的遮蔽效应显著,且2种配植类型树下光照强度均存在明显的梯度差异。

关键词 城市绿地;园林树木;植物配植;光照强度;遮阴

中图分类号 S688 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2026)01-0084-09

城市树木具有重要的遮阴降温效应[1]。在城市绿地高质量建设和极端高温频发的背景下,园林树木的遮阴功能愈发重要[2-3]。城市树木作为城市生态系统的核心组成要素,其树下植被是城市绿地物种多样性的关键保育层,承载了植物群落超过80%的生物多样性[4]。然而,受树冠覆盖等因素制约,树下光照强度较低,这对下层植被物种多样性的维持以及植被更新构成了挑战。另一方面,树下空间是公众休憩活动的绝佳场地,其光照强弱直接影响林地的舒适度和公众健康。既有研究显示,适度的光照暴露对于预防母婴心理抑郁具有积极作用[5],且树荫下约10 000 lx的光照强度有助于青少年防控近视[6]。

然而,目前城市树木下的光照强度分布仍不明确,这在很大程度上制约了城市绿荫的规划设计以及树下空间的开发利用。于盈盈等[7]对白蜡树(*Fraxinus pennsylvanica*)及建筑阴影下的光照强度及光照质量进行了测定,发现白蜡树冠层的遮光效应显著。汪瑞军等[8]研究表明,乔木冠层遮光效果受不同层次冠层空间特征的影响。因此,有必要深入研究不同配植方式及树种类型树下光照强度空间分异特征。孤植和群植是城市绿地中最常用的2种树木配植方式之一。孤植树下的光照强度通常高于群植树,但是不同树种对日照的荫蔽程度存在差异,例如常绿树种桂花(*Osmanthus fragrans*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)树下的光照强度显著低于其他落叶树种[9],常绿树和落叶树对光照强度的遮蔽作用并不相同。此外,树下光照还会随着冠层边缘的距离逐渐衰减。Gao等[10]通过无患子(*Sapindus saponaria*)孤植树下光照梯度观测发现,树冠外缘的光照强度显著高于树冠中部和内部。刘美[11]对3种孤植树下的光照强度进行观测,发现随着冠层边缘距离的增加,光照强度呈线性和抛物线式下降。因此,针对不同配植类型树下光照的空间分异规律开展精准解析仍十分必要。

为此,本研究以武汉华中农业大学校园绿地的典型树种为例,对孤植和群植树下光照强度进行梯度测定,探究不同树种配植类型及空间位置对树下光照的影响,以期为城市林下绿地设计和管理提供理论指导。

收稿日期:2025-09-05
基金项目:中央高校基本科研业务费专项(2662021YLQD005);武汉市花木有限公司资助项目
吴奇,E-mail:915200258@qq.com
通信作者:蒋亚蓉,E-mail:jiangyarong@mail.hzau.edu.cn

1　材料与方法

1.1　研究区域概况

研究地位于湖北武汉，该区域日照充足，年日照总时数 1 810～2 100 h，年总辐射 4 354.3～4 773 MJ/m^2，气候冬冷夏热，植被兼具东西渗透、南北交汇过渡带的特征。而华中农业大学校园建成区建筑高度（平均约14.4 m）和密度（26.1%）较低，并且林荫遍布，树种多样，绿化覆盖率高，经过70余年建设与发展，形成以香樟（*Camphora officinarum*）、复羽叶栾树（*Koelreuteria bipinnata*）等50余种乔木为优势种的稳定植物群落[12-13]，为开展城市树下植物光照特征研究提供了理想场地。

1.2　样地选择及树种选择

1）样地选择。根据前期预实验，孤植树样地选择校园建成区内周围无明显乔木的场地；群植树则选取围合面积约10 m×10 m的样地，主要为单种群植，且其树种与孤植树保持对应，所选样地均远离建筑。而对照样地设置为距离每个样地30 m以内的无植被覆盖硬质场地。观测样地共计21处，主要位于狮子山广场、博物馆等地。基于优势种生活型特征，将群植树样地植被分为常绿林、落叶林、常绿落叶混交林3种林分类型。

2）树种选择。观测树种共10种，分别为桂花、香樟、雪松（*Cedrus deodara*）、杜英（*Elaeocarpus decipiens*）、日本晚樱（*Prunus serrulata* var. *lannesiana*）、复羽叶栾树、水杉（*Metasequoia glyptostroboides*）、无患子、榉树（*Zelkova serrata*）、悬铃木（*Platanus acerifolia*），其中4种为常绿树，6种为落叶树，均为武汉地区最为常见的园林绿化树种，且观测树种健康状况良好，冠幅基本一致，每个树种及种植方式至少3个重复。

1.3　数据收集

于2023年夏至日（6月21日）前后10 d对树下光照强度进行测定（后文缩略为夏季）。采用DECEM-DLMH2手持式数字照度计，于晴朗无风天气的9：00—11：00对样地及对照样地进行光照强度测定[14]。测量点位设在离地面高度1.3 m处，每个测量点测量3次，树荫测定中避免阳光直射，待仪器稳定后读取数值，取其平均值[15]。孤植树光照测量点是树冠中心以及树冠中部东、西、南、北4个方向，而群植树测量点是群落样地中心及林冠中部4个方向，所有测量点的数据采集均在10 min内完成。

为探求树下光照强度的空间分异特征，参照刘美[11]及样地树种冠幅规格，孤植树选择树冠中心（D_0）、离树冠边缘2 m（D_1）、对照处（D_{CK}）3个测量点进行光照强度测定，分别代表了树冠中心、树冠中部以及树冠外的光照情况（图1）。群植树测量点选取5个，分别是样地中心（D'_0）、离林缘3 m（D'_1）、林缘（D'_2）、对照处（D'_{CK}），代表了林冠中心、林冠中部、林缘以及林外的光照情况（图1）。

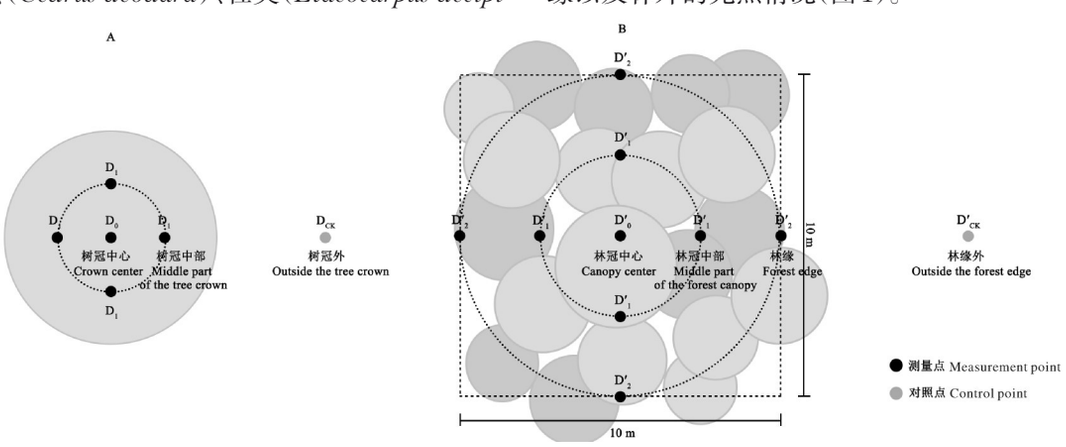


图1　孤植（A）与群植（B）的测量点示意图

Fig. 1　Schematic diagram of measurement points for isolated planting（A）and colonial planting（B）

1.4　数据计算及统计分析

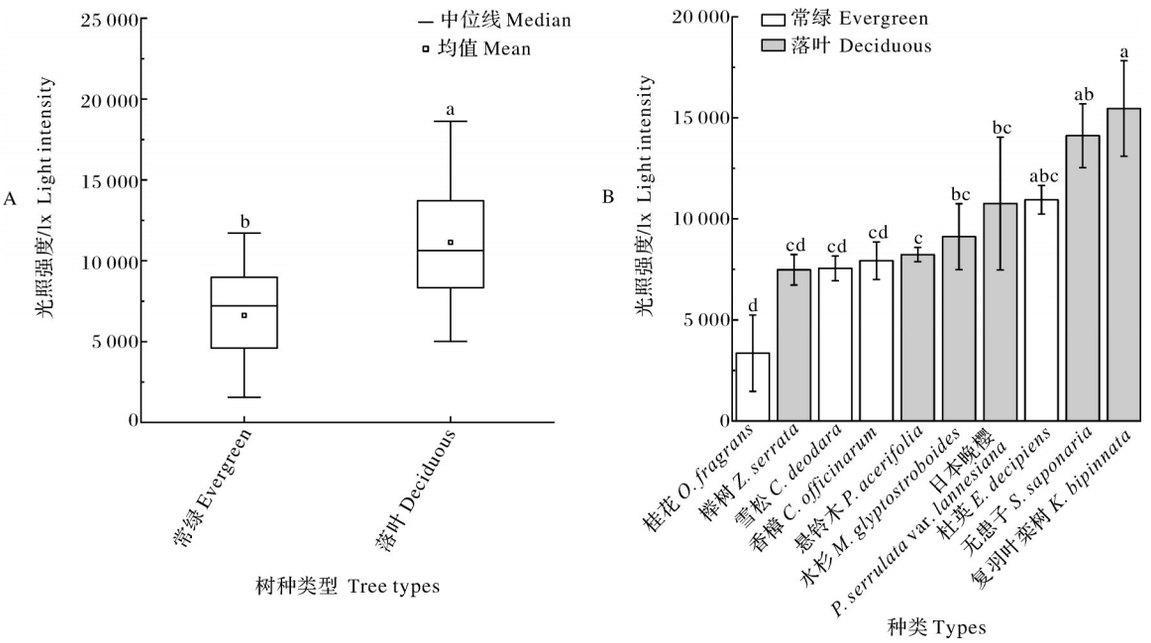
所有数据均通过SPSS 26进行统计分析。采用单因素方差分析（ANOVA）检验2种配植类型树下光照强度差异、孤植树冠层内外光照强度对比以及群植树下的光照变化。通过Duncan's多重比较进行差异显著性分析。建立光强-距离非线性回归方程分析不同树下光强随距离变化规律与趋势，可视化结果由Origin 2024b绘制。

2　结果与分析

2.1　孤植树下的光照强度

孤植常绿树与落叶树下光照强度表现出显著差

异($P<0.001$),其中落叶树下的光照强度是常绿树的1.68倍,常绿树下的光照强度平均为6 628.21 lx,而落叶树下则达到11 142.50 lx(图2)。在观测树种中,桂花树下的光照强度相对较低(2 353.44 lx),而无患子和复羽叶栾树下的光照强度则相对较高,复羽叶栾树的光照强度为桂花的4.61倍,平均差值达到12 105.16 lx。70%孤植树下的光照强度集中在7 500~10 000 lx的范围内。此外,多数孤植树下植被较为单一,雪松、桂花下方则出现了秃裸的现象。



A:不同种类的孤植树下光照强度;B:不同树种下的光照强度。不同小写字母表示不同孤植树下光照强度差异显著($P<0.05$)。
A: Light intensity under different types of isolated-planted trees; B: Light intensity under specific tree species. Different lowercase letters indicate significant differences in light intensity under different isolated-planted trees ($P<0.05$).

图2 孤植树下光照强度比较

Fig. 2 Comparison of light intensity under isolated-planted trees

2.2 群植树下的光照强度

群植落叶林下光照强度明显大于常绿林($P=0.004$),且是常绿林的1.74倍,而常绿落叶混交林介于两者之间(图3)。桂花林下光照强度最低,仅为346.15 lx,水杉林下的光照强度最高,达到8 381.4 lx。其他树种林下光照强度多集中在4 000~6 000 lx。香樟纯林与混交林下光照强度没有明显差异($P=0.06$,图3)。此外,群植林下植被多为单一的吉祥草(*Reineckea carnea*)和草坪草,或者片植小叶女贞(*Ligustrum quihoui*)、红叶石楠、大叶黄杨(*Buxus megistophylla*)等灌木,而雪松林、桂花林、榉树林等下方则出现了明显的秃裸,植物生长不佳。

2.3 不同配植类型树下光照强度

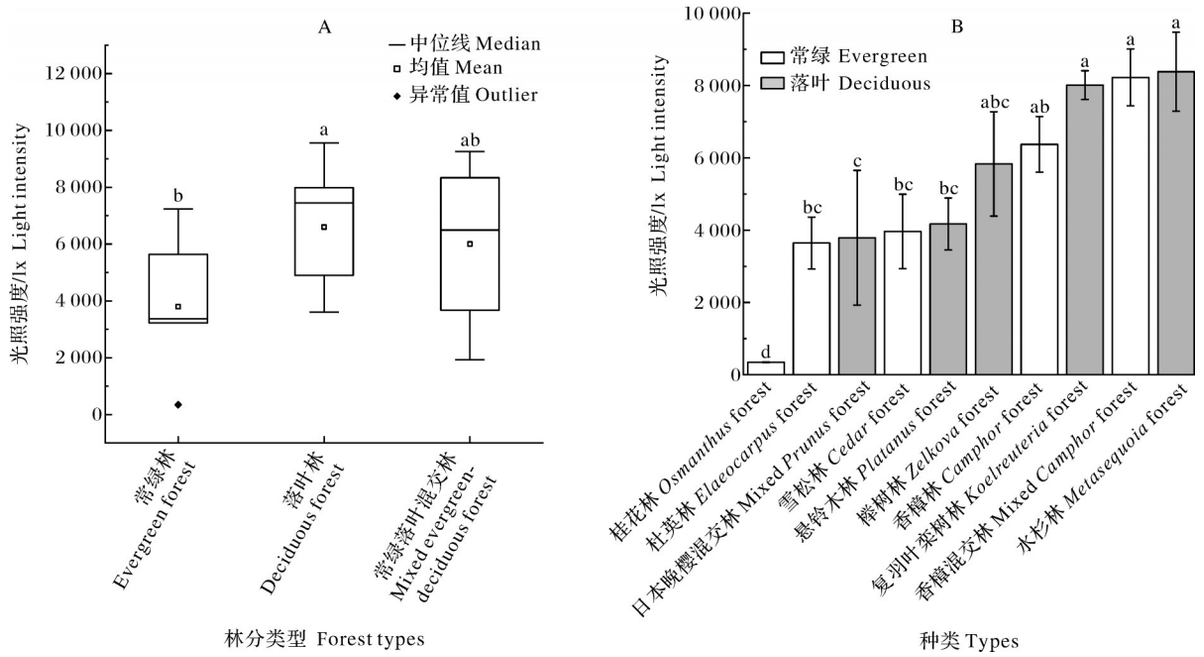
孤植与群植树下的光照强度存在显著差异($P<0.001$),其中孤植树下光照强度是群植树下的1.74倍,平均差值达到4 028.15 lx(图4)。孤植条件下的光照强度分布广泛,而群植条件下的光照强度则较为集中。在对比同一种植物在群植与孤植条件下的光照强度时,复羽叶栾树的光照强度差值最大,而水杉的光照强度差值最小。此外,无论是孤植还是群植,桂花树下的光照强度都很低,而当桂花群植时,光照强度下降幅度最为显著,达到89.68%。

2.4 孤植树下的冠内外光照分异特征

孤植树下光照强度呈现D_{CK}(对照处)>D_1(树冠中部)>D_0(树冠中心),比值为D_0:D_1:D_{CK}=1:1.9:18.5。与D_{CK}相比,D_1的光照强度显著降低了89.7%,而D_0的光照强度显著降低了94.6%。复羽叶栾树、日本晚樱、无患子、杜英、榉树这5种植物在D_1处的光照强度明显大于D_0(图5),其中,复羽叶栾树从树冠中部到树冠中心的下降幅度最大,而日本晚樱最小。桂花、水杉、香樟、雪松、悬铃木在D_1与D_0处的光照强度未表现出显著差异。

2.5 群植树下的冠内外光照强度

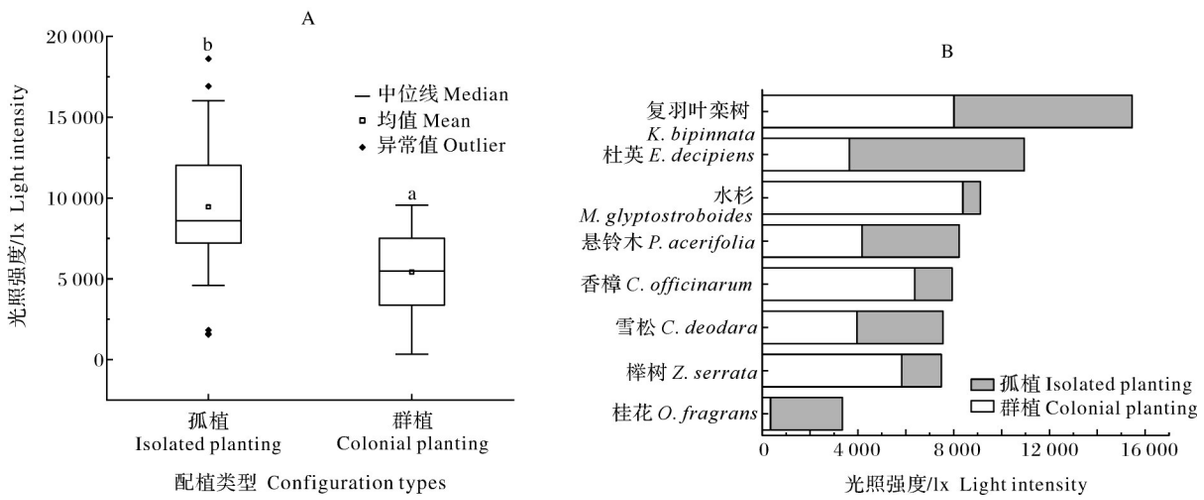
群植中D'_{CK}的光照强度最高,D'_0(林冠中心)的光照强度最低,而D'_1(林冠中部)和D'_2(林缘)的光照强度介于两者之间,比值为D'_0:D'_1:D'_2:D'_{CK}=



A：不同林分类型的群植树下光照强度；B：不同种类群植树下的光照强度。不同小写字母表示不同群植树下光照强度差异显著（$P<0.05$）。A：Light intensity under colonial-planted trees of different forest types. B：Light intensity under specific tree species. Different lowercase letters indicate significant differences in light intensity under different colonial-planted trees ($P<0.05$).

图 3　群植树下光照强度比较

Fig. 3　Comparison of light intensity under colonial-planted trees

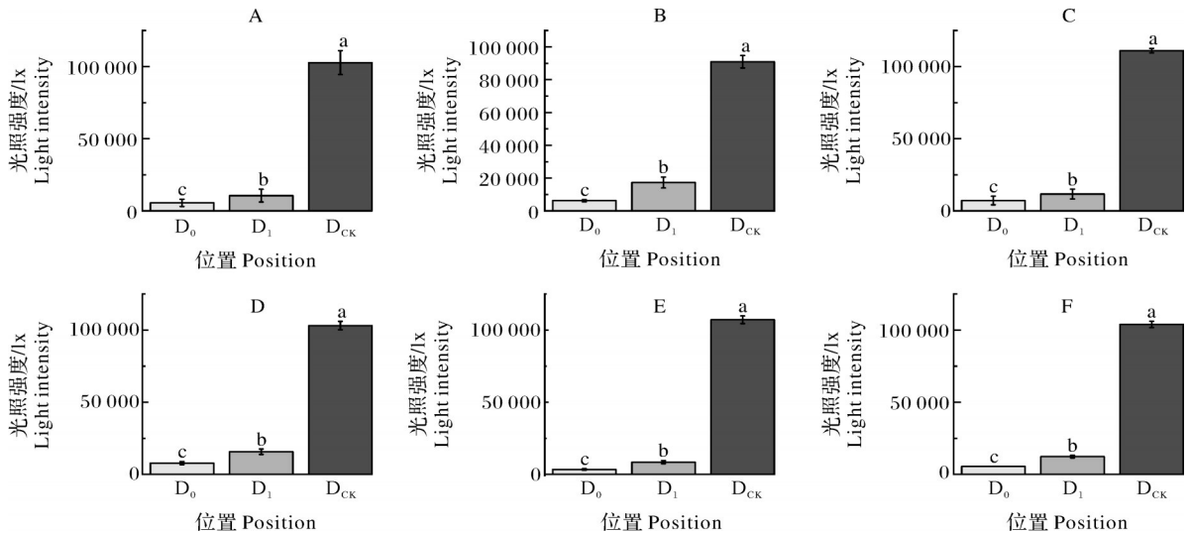


A：不同配植类型树下光照强度。不同小写字母表示不同配植类型树下光照强度差异显著（$P<0.05$）。B：同一树种下不同配植类型的光照强度均值。A：Light intensity under different configuration types of trees. Different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$) in light intensity under different configuration types of trees. B：Mean light intensities under different configuration types of the same tree species.

图 4　孤植与群植树下光照强度比较

Fig. 4　Comparison of light intensity under isolated-planted and colonial-planted trees

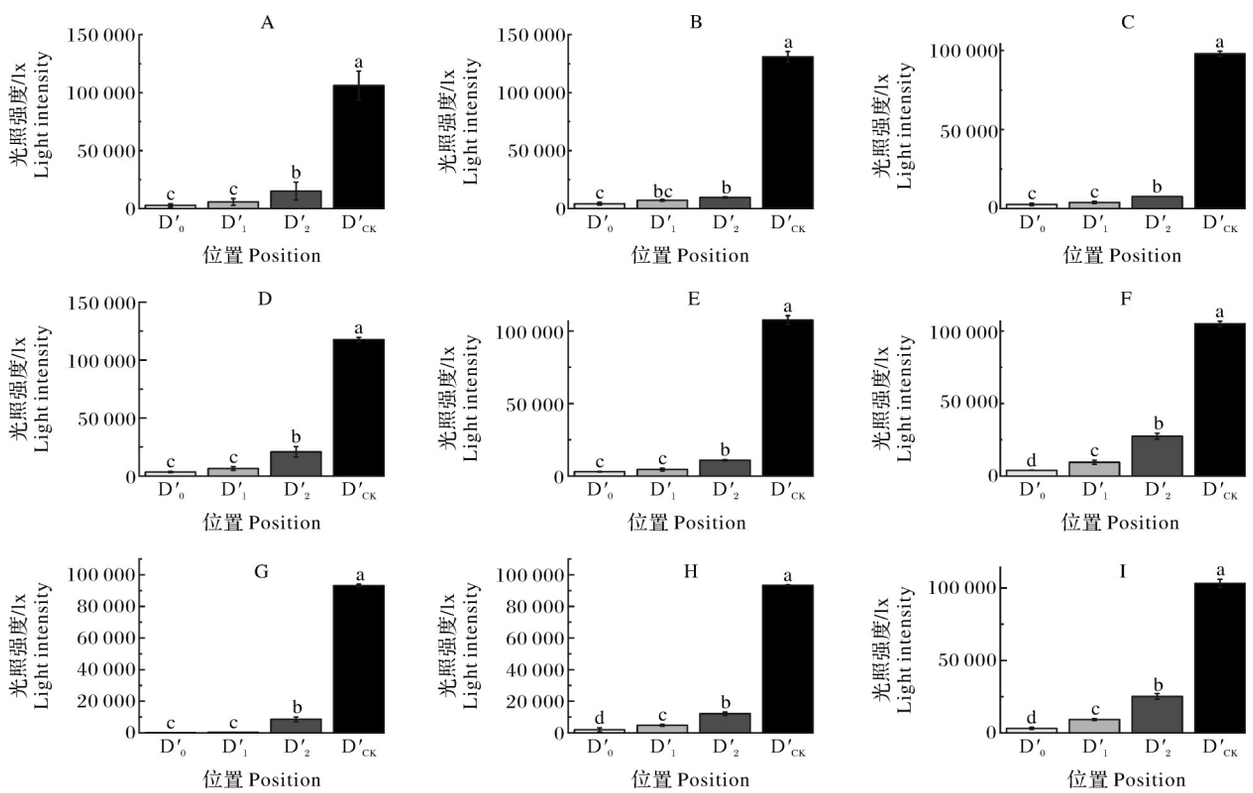
1∶2.07∶5.46∶38.35，群植林冠中心的光照强度仅为林冠外对照点的 2.6%。水杉、复羽叶栾树、悬铃木中 D'_0、D'_1、D'_2 的光照强度呈现显著差异，其他 5 种群植树中仅有 D'_2 分别与 D'_1、D'_0 的光照强度呈现显著差异，D'_1 与 D'_0 的光照强度差异不显著（图 6）。总体而言，群植树下的光照强度随林缘向内距离的增加呈现为开口向下的抛物线，表达式为：$y=327.86x^2-4104.7x+15093$（其中，$x$ 表示从林缘向内的距离，单位为 m；y 表示光照强度，$R^2=0.557\,8$，$P<0.001$），即群植树林冠中部至林冠中心区域，光照强度下降幅



A:总体;B:复羽叶栾树;C:日本晚樱;D:无患子;E:杜英;F榉树;不同小写字母表示不同位置光照强度差异显著($P<0.05$)。A: Overall; B: *K. bipinnata*; C: *P. serrulata* var. *lannesiana*; D: *S. saponaria*; E: *E. decipiens*; F: *Z. serrata*; Different lowercase letters indicate significant differences in light intensity at different locations ($P<0.05$).

图5 孤植树下的冠内外光照强度差异

Fig. 5 Differences of light intensity inside and outside the isolated-planted trees

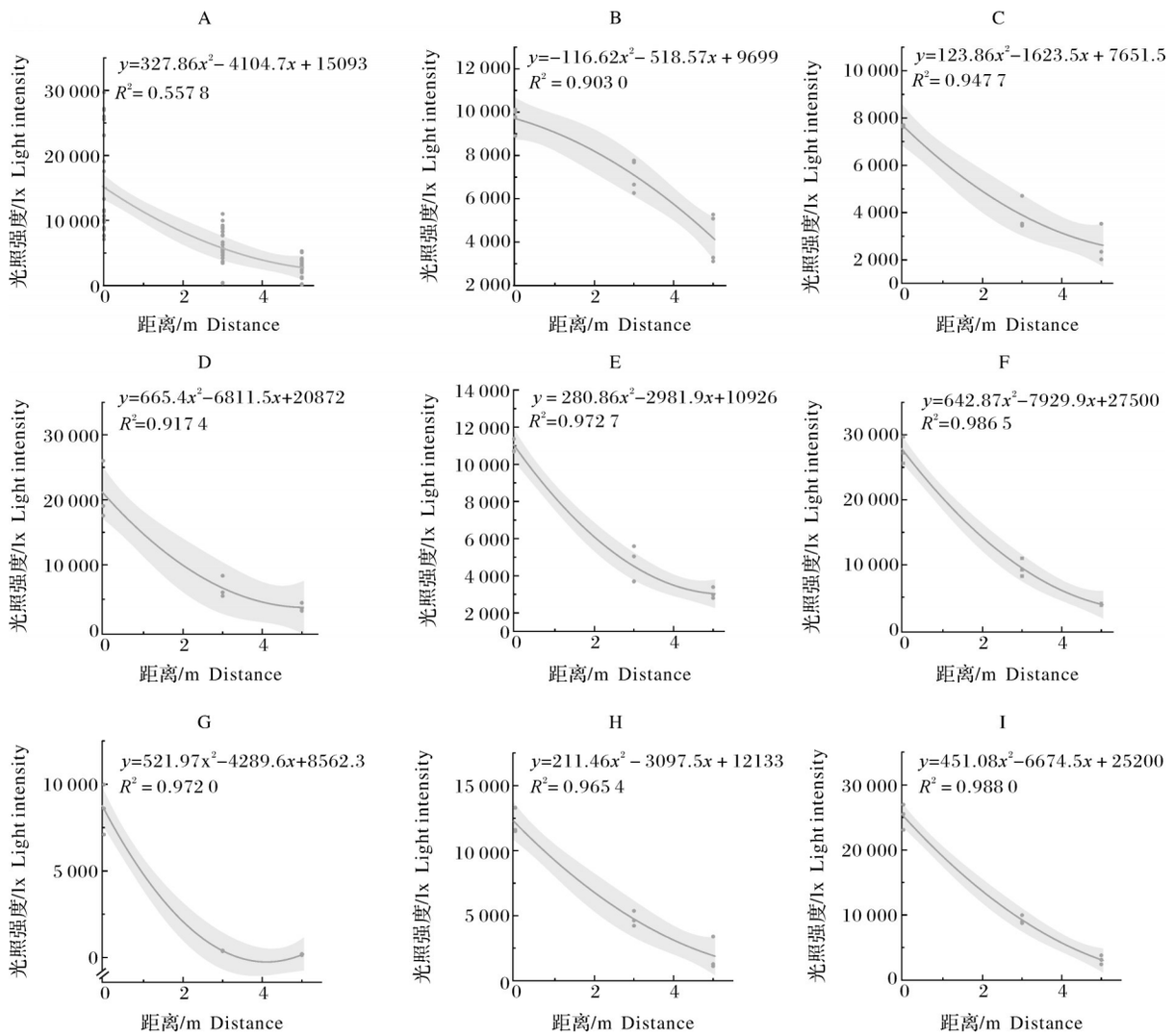


A:总体;B:香樟;C杜英;D:榉树;E:雪松;F:水杉;G:桂花;H:悬铃木;I:复羽叶栾树。A: Overall; B: *C. officinarum*; C: *E. decipiens*; D: *Z. serrata*; E: *C. deodara*; F: *M. glyptostroboides*; G: *O. fragrans*; H: *P. acerifolia*; I: *K. bipinnata*.

图6 群植林冠内外光照强度比较

Fig. 6 Comparison of light intensity between internal and external of colonial planting

度较为平缓;而自林缘至林冠中部,光照强度呈急剧下降态势(图7)。从抛物线中可以看出,随着林缘向内的距离的增加,香樟、桂花等树种林下的光照强度趋向于0,不利于植物的存活。



A：总体；B：香樟；C 杜英；D：榉树；E：雪松；F：水杉；G：桂花；H：悬铃木；I：复羽叶栾树。由于同一距离各测点的光照强度较为接近或相同，因此散点存在重叠现象。A：Overall；B：*C. officinarum*；C：*E. decipiens*；D：*Z. serrata*；E：*C. deodara*；F：*M. glyptostroboides*；G：*O. fragrans*；H：*P. acerifolia*；I：*K. bipinnata*. Intensity at the same distance is relatively close or the same，there is an overlap of the scattered points.

图 7　群植树冠内外距离与光照强度的回归曲线

Fig. 7　The regression curve of the distance inside and outside the colonial-planted trees with the light intensity

3　讨　论

武汉地区气候冬冷夏热，对城市树荫需求大、要求高。本研究以此区域典型校园绿地为例，通过系统测定与分析孤植与群植树下的光照强度，揭示了不同树种配植类型光照强度的空间分异特征，发现树荫覆盖对于光照强度的遮蔽效益显著，尤其是桂花、雪松树下的光照强度微弱；孤植树下的光照强度约为群植树的 1.7 倍，且 2 种配植类型落叶树下的光照强度都约为常绿树的 1.7 倍。群植树下光照强度随林缘向内距离的增加呈抛物线下降，体现为林冠中部至林冠中心下降幅度较缓，林缘到林冠中部骤降的规律，合理开辟林窗并增大林缘空间，可有效提升林冠中心的光照强度。

3.1　不同树种配植类型树下的光照强度差异

孤植树下的光照强度平均为 8 885.36 lx，约为群植树的 1.7 倍，且无论是孤植还是群植，落叶树下的光照强度都约为常绿树的 1.7 倍。汪瑞军等[8]指出南京地区孤植落叶树与常绿树下的光照强度之比为 1.4，以及刘美[11]对长沙市常绿树香樟和落叶树复羽叶栾树树下透光率的比值都与本研究相近。在实践应用中，可借鉴此比值进行不同类型树下光照的初

步评估。针对需要更多光照以满足市民休闲活动(如阅读、棋牌等)的区域,建议适度提高孤植树的种植比重,尤其如复羽叶栾树等树下光照强度相对较高的树种;而对于遮光防晒需求较高的场地,如休憩区,可以适当增加常绿树种的比例进行群植。本研究对树下光照强度进行了精准测定,可为儿童友好、孕妇友好等主题公园的绿地设计提供指导。

落叶树叶片单薄、叶脉密度较低,而常绿树常为厚革质叶片,且具备致密角质层[16],导致常绿树比落叶树更加荫蔽。桂花冠层因叶片密集排列且枝下高较低,其群植树下光照强度仅346.15 lx,显著低于多数植物的光补偿点,导致下层植被秃裸。而复羽叶栾树为羽状复叶结构,叶片排布分散且枝下高较高,因此树冠透光率较高(孤植达15 458.6 lx),可支持需光量较大的林下植物。

根据冯嘉星[17]对日照因子生境分区的研究,群植和孤植常绿树下光照强度基本均在10 000 lx以下,为典型阴生生境,适应的植物种类较少。本研究发现树下植被秃裸较为严重,未来可通过修剪、降低种植密度等措施增加光照强度,并且后续应加强不同配植类型树下植物多样性的研究,探索在不同配植和林分类型树下适生的植物以及合理的空间利用方式。此外,群植树树冠中心的光照强度最为微弱,但其平均光照强度仍达到了2 467 lx,能满足较多耐阴植物正常存活。

3.2 树下光照强度的分异特征

孤植树冠中心的光照强度较无树冠覆盖的对照点降低了94.6%,而群植树则达到了97.4%,这充分证明树荫覆盖对光照强度的遮蔽效益显著,且其对光合有效辐射的遮蔽高于城市高层建筑[7]。因此,未来城市树荫的设计和规划中有必要考虑不同配植类型和树种的遮光效益,根据场地对光照的需求选取适宜的树种和配植类型。孤植和群植树下光照强度呈现出显著的梯度差异,因此,应参考光强分区进行种植和空间利用。根据群植树中各树种光照强度与林缘向内距离的线性关系,以及阳性植物光补偿点约为1 000 lx的特性[18],可推算从群植林缘向内种植阳性植物的距离,并且多数群植树下能采用植物进行软化处理;而对于部分群植树种,如桂花林、杜英林下,其林冠中心区域光照非常微弱,植物难以存活或正常开花,仅能选择有机覆盖物(如凋落物、树皮)或硬质铺装等方式进行林下空间处理,如桂花林缘处可选种耐阴植物,而林冠中部及中心处则推荐覆盖物或硬质铺装。此外,本研究揭示了群植树下光照强度从林冠中部至林冠中心下降幅度较缓,而从林缘到林冠中部骤降的规律,意味着合理开辟林窗空间并增大林缘,可有效改善林冠中心的光照强度,且孤植树下透光率与离树冠边缘的距离,以及室内光照强度与外窗距离的梯度变化趋势均与此保持一致[11, 19]。

本研究对典型校园绿地孤植和群植树下的光照强度进行了定量评估,而对于其他类型城市绿地以及配植类型,尤其是列植树下的光照强度、光合有效强度、紫外线透过率等相关光照指标的动态变化规律,有必要开展更为深入研究。同时,在城市环境中构筑物、地形等环境因素对树下光照强度的影响也不容忽视。最后,本研究结果可应用于城市林荫绿地高质量建设与更新,有助于推动以光环境调控为重点的低维护、高生物多样性林地管养模式的应用。

参考文献 References

[1] WANG C C, REN Z B, CHANG X Y, et al. Understanding the cooling capacity and its potential drivers in urban forests at the single tree and cluster scales[J/OL]. Sustainable cities and society, 2023, 93: 104531 [2025-09-05]. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104531.

[2] KELLY TURNER V, MIDDEL A, VANOS J K. Shade is an essential solution for hotter cities [J]. Nature, 2023, 619 (7971): 694-697.

[3] CHEN B, KONG F H, YIN H W, et al. Advancing urban shade mapping for planning: Integrating shade demand and greening potential [J/OL]. Urban forestry & urban greening, 2025, 111: 128888 [2025-09-05]. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128888.

[4] DENG J J, FANG S, FANG X M, et al. Forest understory vegetation study: current status and future trends [J/OL]. Forestry research, 2023, 3: 6 [2025-09-05]. https://doi.org/10.48130/FR-2023-0006.

[5] HE X G, SANKARIDURG P, WANG J J, et al. Time outdoors in reducing myopia: a school-based cluster randomized trial with objective monitoring of outdoor time and light intensity[J]. Ophthalmology, 2022, 129(11): 1245-1254.

[6] BAIS B, KAMPERMAN A M, BIJMA H H, et al. Effects of bright light therapy for depression during pregnancy: a randomised, double-blind controlled trial [J/OL]. BMJ open, 2020, 10 (10): e038030 [2025-09-05]. https://doi.org/

10.1136/bmjopen-2020-038030.

[7] 于盈盈，胡聃，王晓琳，等．城市不同遮阴环境下光强和光质特征[J]．生态学报，2015，35(23)：7748-7755. YU Y Y，HU D，WANG X L，et al.Characteristics of light intensity and light quality in different types of shade environments in urban areas [J]. Acta ecologica sinica，2015，35(23)：7748-7755 (in Chinese with English abstract).

[8] 汪瑞军，杨静，成玉宁．南京地区城市绿地乔木遮光率[J]．中国城市林业，2020，18(3)：40-45. WANG R J，YANG J，CHENG Y N.Tree shading rate in urban green spaces of Nanjing[J].Journal of Chinese urban forestry，2020，18(3)：40-45 (in Chinese with English abstract).

[9] 汪瑞军，吕晓倩，巩松平，等．面向适宜性植物选择的南京市绿地日照因子分析[J]．园林，2025，42(2)：23-30.WANG R J，LÜ X Q，GONG S P，et al. Analysis of sunshine factor in green spaces of Nanjing City for suitable plant selection [J]. Landscape architecture academic journal，2025，42(2)：23-30 (in Chinese with English abstract).

[10] GAO Y，GAO S L，JIA L M，et al.Canopy characteristics and light distribution in *Sapindus mukorossi* Gaertn. are influenced by crown architecture manipulation in the hilly terrain of South-East China[J].Scientia horticulturae，2018，240：11-22.

[11] 刘美．三种园景树对光的响应及其植物配置研究[D]．长沙：中南林业科技大学，2020.LIU M.Three kinds of garden tree light response and plant configuration [D]. Changsha：Central South University of Forestry & Technology，2020(in Chinese with English abstract).

[12] 姚家玲．狮山兰芷[M]．北京：科学出版社，2015.YAO J L. Shishan orchids and angelica [M]. Beijing：Science Press，2015(in Chinese).

[13] 邓丹．武汉市四所高校校园植物配置比较与景观效果分析[D]．荆州：长江大学，2017.DENG D.Comparison of plant disposition and landscape effect analysis of several university campuses in Wuhan [D]. Jingzhou：Yangtze University，2017 (in Chinese with English abstract).

[14] 谭锦豪，于耀泓，罗晓茼，等．应用仿生模式分析光环境对蜘蛛抱蛋光合特性及生物量分配的影响[J]．东北林业大学学报，2022，50(11)：1-9.TAN J H，YU Y H，LUO X T，et al.Effect of different light environment on photosynthetic characteristics and biomass allocation of *Aspidistra elatior* blume using wild imitated-cultivation [J]. Journal of Northeast Forestry University，2022，50(11)：1-9 (in Chinese with English abstract).

[15] 张亚琴，郭其强，罗丝琼，等．不同马尾松林下光环境中油茶叶片和光合特征比较及其与主要环境因子的相关性[J]．植物资源与环境学报，2022，31(6)：25-33.ZHANG Y Q，GUO Q Q，LUO S Q，et al.Comparisons on leaf and photosynthetic characteristics of *Camellia oleifera* in different understory light environments of *Pinus massoniana* and their correlations with major environmental factors[J].Journal of plant resources and environment，2022，31(6)：25-33 (in Chinese with English abstract).

[16] QIN Y Z，WANG C R，ZHOU T Y，et al.Interactions between leaf traits and environmental factors help explain the growth of evergreen and deciduous species in a subtropical forest[J/OL]. Forest ecology and management，2024，560：121854[2025-09-05].https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.121854.

[17] 冯嘉星．基于软件模拟的日照因子生境分区研究：以西安建大校园建筑环境绿地为例[D]．西安：西安建筑科技大学，2017. FENG J X. Study on habitat zoning of sunshine factor based on software simulation：a case study of building environment green space in Xi′an University of Architecture and Technology[D]. Xi′an：Xi′an University of Architecture and Technology，2017(in Chinese with English abstract).

[18] 陈有民．园林树木学[M]．2版．北京：中国林业出版社，2021. CHEN Y M.Landscape dendrology[M]. 2nd ed. Beijing：China Forestry Publishing House，2021 (in Chinese).

[19] 段元梅．基于儿童视力健康视角下的室外空间光环境设计策略研究[D]．合肥：安徽建筑大学，2025.DUAN Y M.Research on outdoor space lighting environment design strategies from the perspective of children's visual health[D].Hefei：Anhui Jianzhu University，2025(in Chinese with English abstract).

Spatial heterogeneity of light intensity under trees with different planting dispositions of tree species

WU Qi, JIANG Yarong, LI Qiuyue, BAI Ting, DAI Xincheng, WANG Jingxuan

College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract The isolated-planted trees and colonial-planted trees within the campus green spaces of Huazhong Agricultural University were used to study the spatial heterogeneity of light intensity distribution under trees with different planting dispositions to guide the rational utilization of space under trees in urban city. Gradient measurements of light intensity under trees were conducted in the summer of 2023. The differences in light intensity across different spatial gradients under the two planting dispositions were tested. A non-linear regression equation between light intensity and distance was established to analyze the variation and trend of light intensity with distance under different tree species. The results showed that the light intensity under *Osmanthus fragrans* was consistently the lowest, while that under the trees including *Koelreuteria bipinnata* remained at a relatively high level regardless of the isolated-planted trees and colonial-planted trees. The average light intensity under isolated-planted trees was 8 885.36 lx, approximately 1.7 times higher than that under colonial-planted trees. The light intensity under deciduous trees of both planting dispositions was about 1.7 times higher than that of evergreen trees, making it a typical habitat of shade. The ratio of light intensity between the canopy center, canopy edge, and the open (control) point of isolated-planted trees was 1∶1.9∶18.5. In contrast, the ratio for colonial-planted trees among the canopy center, mid-canopy, edge and the control point was 1∶2.07∶5.46∶38.35. The light intensity at the center of the tree crowns can still meet the survival requirements of many shade-tolerant plants. The results of non-linear regression equation between light intensity and distance showed that the decrease in light intensity from the mid-canopy to the center of the cluster was relatively gradual, whereas a sharp decline occurred from the forest edge to the mid-canopy area. It is indicated that the canopy of trees has significant effect of shading on light intensity, and there is a significant gradient difference in light intensity under both isolated-planted trees and colonial-planted trees.

Keywords urban green spaces; landscape trees; planting dispositions; light intensity; shade

(责任编辑:葛晓霞)