

# 园林植物配置对城市微气候调节作用的量化研究

## ——以夏季降温增湿效应为例

胡国魁

锦州市园林集团, 辽宁 锦州 121000

DOI:10.61369/UAID.2025020044

**摘要 :** 本文聚焦园林植物配置对城市夏季降温增湿效应的量化研究, 构建了量化指标体系, 确定了效应指标及相应筛选原则。通过整合文献数据、遥感数据、公开气象数据及城市绿地规划资料, 经标准化处理、时空匹配和异常值剔除后形成统一数据集, 系统分析了不同植物配置类型的效应差异、关键参数与效应的相关性及空间尺度上的效应规律。研究旨在揭示植物配置特征与微气候调节作用的内在关联, 为城市绿地规划提供科学依据。

**关键词 :** 园林植物配置; 城市微气候; 夏季降温增湿; 量化研究

## Quantitative Study on the Regulation Effect of Garden Plant Configuration on Urban Microclimate – Taking the Cooling and Humidifying Effect in Summer as an Example

Hu Guokui

Jinzhou Garden Group, Jinzhou, Liaoning 121000

**Abstract :** This paper focuses on the quantitative study of the cooling and humidifying effects of garden plant configuration in urban areas during summer. A quantitative index system is constructed, and the effect indicators and corresponding screening principles are determined. By integrating literature data, remote sensing data, public meteorological data, and urban green space planning materials, a unified dataset is formed after standardization, spatio-temporal matching, and outlier elimination. The study systematically analyzes the effect differences of different plant configuration types, the correlation between key parameters and effects, and the effect laws on spatial scales. The research aims to reveal the intrinsic relationship between plant configuration characteristics and microclimate regulation, providing a scientific basis for urban green space planning.

**Keywords :** garden plant configuration; urban microclimate; summer cooling and humidifying; quantitative research

## 引言

近年来国内外学者围绕植物配置与微气候的关系展开探索, 证实了不同物种、群落结构对降温增湿效应的影响差异。本研究以夏季降温增湿效应为切入点, 聚焦园林植物配置的量化分析, 通过构建科学的指标体系, 整合多源数据并进行规范化处理, 系统探究不同配置类型的效应差异、关键参数的影响权重及空间尺度上的效应规律。研究旨在明确植物配置对夏季微气候的调节机制, 提炼“高效配置”的核心特征, 为优化城市园林设计、提升生态服务功能提供量化依据, 助力低碳宜居城市建设。

## 一、夏季降温增湿效应的量化指标体系构建

### (一) 植物配置特征量化指标

园林植物以其多样的形态和生态功能, 在城市微气候调控中扮演着不可或缺的角色, 其生态特性不仅涵盖了对环境适应性的基本要求, 还包含了对城市生态系统服务功能的显著贡献<sup>[1]</sup>。植

物配置特征的量化需从物种个体、群落结构、空间格局三个层面展开, 以全面反映植物的组成、形态及分布对微气候的潜在影响。物种层面, 按叶片属性、蒸腾能力、生长型划分功能型, 涵盖树高、冠幅、胸径、叶片特征及单株蒸腾速率等参数; 群落层面, 结构指标有层次丰富度、郁闭度、密度、盖度, 功能指标含叶面积指数、群落平均蒸腾速率、物种多样性; 空间格局层面,

包括绿地斑块面积、形状指数、破碎度及与硬质下垫面的距离。

### （二）降温增湿效应量化指标

结合夏季微气候特征，从降温效果、增湿效果、综合舒适度三个维度设计量化指标，确保能精准反映植物配置的实际调节作用<sup>[2]</sup>。降温效应指标有绝对降温值（ $\Delta T$ ，植物配置区域与对照区的瞬时温度差）、日均降温幅度（（对照区日平均温度 - 配置区日平均温度）/ 对照区日平均温度  $\times 100\%$ ）、降温持续时间（配置区温度低于对照区的时长）、降温影响半径（绿地边缘外温度较对照区显著降低的最大水平距离）；增湿效应指标包括绝对增湿值（ $\Delta RH$ ，植物配置区域与对照区的瞬时相对湿度差）、日均增湿幅度（（配置区日平均相对湿度 - 对照区日平均相对湿度）/ 对照区日平均相对湿度  $\times 100\%$ ）、湿度稳定性指数（配置区内相对湿度的变异系数）；综合效应指标为温湿指数（THI）改善值（配置区与对照区的 THI 差值， $THI=0.81 \times \text{气温} + 0.01 \times \text{相对湿度} \times (0.99 \times \text{气温} - 14.3) + 46.3$ ) 和人体感知舒适度等级（基于  $\Delta T$  和  $\Delta RH$  划分）。

### （三）指标筛选原则

为确保指标体系的科学性与实用性，筛选时需遵循一定的原则<sup>[3]</sup>。科学性原则，指标要与植物配置和降温增湿的内在机理直接关联，如叶面积指数关联遮荫和蒸腾作用；可获性原则，数据通过非实验手段获取，如利用绿地普查资料、公开气象数据等；敏感性原则，能对植物配置细微变化有显著响应，如叶面积指数对群落结构变化更敏感；独立性与互补性原则，避免冗余且覆盖多维度信息，如绝对降温值与日均降温幅度结合描述降温效应；适用性原则，适配城市园林实际需求，如降温影响半径适用于道路绿化设计。

## 二、数据来源与处理方法

### （一）数据来源

为全面支撑园林植物配置对夏季降温增湿效应的量化分析，数据采集需覆盖植物配置特征、微气候参数及关联环境信息，具体来源包括文献数据、遥感数据、公开气象数据、城市绿地规划资料四类<sup>[4]</sup>。文献数据取自学术论文等，提取不同植物配置的降温增湿观测结果，含植物配置描述、观测时段等信息；遥感数据如 Landsat 的地表温度数据、MODIS 的植被覆盖度数据等，用于获取微气候、植被特征及空间格局指标；公开气象数据含城市及区域自动气象站的夏季温湿度记录，需匹配周边环境描述；城市绿地规划资料来自园林局相关报告等，含植物配置信息及微气候评估记录。

### （二）数据处理方法

为确保不同来源数据的兼容性与分析精度，需通过标准化处理、时空匹配及异常值剔除构建统一数据集<sup>[5]</sup>。数据标准化旨在消除指标单位与尺度差异，对于温度、湿度等微气候参数，需将不同研究的观测结果转换为相同基准；植物配置指标中，郁闭度、盖度等百分比数据需统一保留两位小数，树高、冠幅等长度指标需转换为米制单位；对于遥感反演数据，需通过辐射定标消

除大气干扰，将值归一化至 [-1,1] 区间。时空匹配是关联植物配置特征与微气候效应的关键步骤，时间维度上，需将植物配置数据与对应观测时段的微气候数据匹配；空间维度上，采用 ArcGIS 的空间叠加分析，将绿地斑块的矢量数据与栅格化的地表温度数据叠加，通过缓冲区分析提取不同距离范围内的温度、湿度平均值，建立空间衰减模型；对于点状气象站数据，需通过克里金插值生成面状分布图层，确保与植物配置区域的空间范围精准对应<sup>[6]</sup>。异常值处理需排除数据采集与记录过程中的误差，首先通过箱线图法识别极端值，结合原始观测日志判断是否为仪器故障或突发环境干扰；对于文献数据中存在的矛盾结果，需核查样本量、观测方法等关键信息，剔除样本量不足（ $n < 30$ ）或观测时间过短（ $< 3$  天）的数据。数据整合阶段需构建结构化数据库，将植物配置指标与微气候效应指标按“区域 - 时间 - 指标”三维框架分类存储，便于后续通过 SPSS 或 Python 进行统计分析，为量化模型构建奠定数据基础

## 三、植物配置对夏季降温增湿效应的量化分析

### （一）不同植物配置类型的效应差异

不同植物配置类型因物种组成、层次结构及功能特征的差异，对夏季降温增湿效应的调节能力存在显著分化<sup>[7]</sup>。乔灌木复层组合作为结构最复杂的配置类型，通常表现出最优的综合效应，平均降温值可达 3.5-5℃，增湿幅度维持在 8%-12%，这得益于乔木层的遮荫作用、灌木层的气流阻滞效果以及草本层的地表覆盖功能的协同作用。相比之下，纯乔木林的降温能力稍弱，但增湿效应与复层组合接近（7%-10%），其短板在于缺乏下层植被对近地表空气的保湿作用，导致湿度波动较大。灌木组合的降温效果进一步降低，平均降温值为 1.5-3℃，增湿幅度约 5%-8%，其核心优势在于灌木与草本的密集覆盖能有效减少地表热反射，但因缺乏高大乔木的垂直遮荫，正午时段（12:00-14:00）的降温效率较复层组合低 30%-40%。草坪的效应最弱，平均降温仅 0.5-2℃，增湿幅度 3%-5%，且受草种类型影响显著——冷季型草坪（如高羊茅）因蒸腾速率较高，其降温增湿效果比暖季型草坪（如结缕草）高 20%-30%，但需频繁灌溉才能维持功能，在干旱地区的实用性受限。通过对不同配置类型的综合评估可发现，“高效配置类型”普遍具备多层结构（ $\geq 3$  层）、高叶面积指数（ $LAI \geq 4$ ）、乔灌木比例协调（约 5:3:2）的共性特征，这些特征可作为城市绿地设计的参考模板。

### （二）关键配置参数与效应的相关性分析

植物配置参数与降温增湿效应之间存在复杂的关联，通过单因素与多因素耦合分析可揭示其内在规律，为配置优化提供量化依据<sup>[8]</sup>。在单因素层面，叶面积指数（LAI）与降温幅度呈现显著正相关（ $R^2=0.65-0.80$ ），当 LAI 从 2 增加到 6 时，降温幅度从 10% 提升至 35%，但超过 6 后增幅趋于平缓，这是因为过密的冠层会阻碍气流交换，反而削弱散热效率。郁闭度对增湿效果的影响更为直接，当郁闭度低于 50% 时，增湿值随郁闭度升高而快速上升；当郁闭度达到 50%-70% 时，增湿效果达到峰值（8%-

12%)；超过 70% 后，因林下光照不足导致草本层退化，增湿效果反而下降 5%–10%<sup>[9]</sup>。物种多样性与效应的关联呈现“单峰曲线”特征：当 Shannon–Wiener 指数从 1 增加到 3 时，降温增湿效应同步提升（增幅约 40%），这源于不同物种在资源利用上的互补性；但指数超过 3 后，物种间的竞争加剧导致群落稳定性下降，效应提升停滞甚至轻微回落。树高与降温影响半径呈显著正相关 ( $R^2=0.55-0.70$ )，乔木高度每增加 5 米，降温影响半径扩展 8–12 米，这是因为高大乔木的冠层能将冷却空气通过气流输送至更远区域。多因素耦合分析显示，各参数的贡献权重存在差异：LAI 对降温效应的解释度最高（30%–40%），其次是层次丰富度（20%–25%）和物种多样性（15%–20%）；而增湿效应中，郁闭度的贡献最大（35%–45%），群落平均蒸腾速率次之（25%–30%）。交互效应分析发现，LAI 与郁闭度的协同作用尤为显著——当二者分别处于 4–6 和 50%–70% 的区间时，降温增湿的综合效率比单一参数优化提升 20%–30%，这表明参数的合理搭配比单一指标最大化更重要。

### （三）空间尺度上的效应量化

植物配置的降温增湿效应在空间上呈现梯度衰减特征，其影响范围与强度随尺度变化而显著不同，量化这种空间规律对绿地布局规划具有重要指导意义<sup>[10]</sup>。在斑块尺度（100–10000 m<sup>2</sup>），绿地面积与降温范围呈幂函数关系 ( $y=ax^b$ ,  $b=0.3-0.5$ )，当面积从 100 m<sup>2</sup> 增加到 1000 m<sup>2</sup> 时，降温影响半径从 15–20 米扩展至 30–40 米；面积超过 1000 m<sup>2</sup> 后，扩展速率放缓，每增加 1000 m<sup>2</sup> 仅使半径增加 5–10 米，这表明小面积绿地的边际效益更高，适合分散布局以覆盖更多区域。形状指数对效应的空间分布影响显著，不规则形状（指数 > 1.5）的绿地因边缘线更长，与周边环境的热交换更充分，其降温增湿的空间均匀性比规则形状（指数 <

1.2）高 20%–30%，但核心区域的效应强度降低 10%–15%。在区域尺度（1–100 km<sup>2</sup>），绿地的空间连续性是关键因素：连续分布的绿地（破碎度 < 0.3）能形成相互连通的“冷岛网络”，其整体降温幅度比破碎化绿地（破碎度 > 0.6）高 1–2℃，且效应可持续性更强。绿地与硬质下垫面的距离每增加 50 米，降温增湿效应衰减 30%–40%，因此在道路、建筑群等高温区域周边 50 米范围内布局绿地，能获得最佳的调节效率。垂直空间上，植物配置的效应随高度呈现分层特征：近地表（0–2 米）的降温增湿主要受草本和灌木影响，温度比裸地低 2–4℃，湿度高 5%–8%；2–10 米高度受乔木冠层主导，降温幅度达 3–5℃，湿度高 8%–12%；10 米以上高度效应快速衰减，降温值不足 1℃，这与城市居民活动的主要空间（0–5 米）高度高度匹配，验证了植物配置对人居环境的直接改善作用。通过空间插值与缓冲区分析可绘制效应等值线图，为不同功能区的绿地布局提供精准的空间指引。

## 四、结束语

本研究围绕园林植物配置对城市夏季降温增湿效应的量化关系展开系统探讨，通过构建多维度指标体系、整合多源数据并进行规范化处理，明确了不同植物配置类型的效应差异、关键参数的影响权重及空间尺度上的效应规律。然而本研究仍存在一定局限，例如数据来源的异质性可能影响结论的普适性，未充分考虑土壤类型、灌溉条件等环境因素的交互作用。未来研究可进一步拓展长期观测数据，结合机器学习模型提升量化预测精度，并纳入更多微气候效应进行综合评估，以更全面地支撑城市绿地生态系统的优化与管理。

## 参考文献

- [1] 郭梦斓. 园林植物对城市微气候的改善作用探究 [J]. 现代园艺, 2024, 47(14): 150–152. DOI: 10.14051/j.cnki.xddy.2024.14.004.
- [2] 宋鹏远, 钱柏林, 朱琳. 园林植物配置与城市微气候调节的关系研究 [J]. 居舍, 2024, (26): 120–123.
- [3] 杨云云. 城市园林景观生态学微气候因素的调节设计 [D]. 南京工业大学, 2013.
- [4] 张莉. 园林树木对调节局部小气候和改善空气质量的作用 [J]. 农技服务, 2008, (08): 119+139.
- [5] 王渝竣. 园林植物景观设计对微气候环境改善的研究 [J]. 现代园艺, 2023, 46(20): 19–21. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4958.2023.20.007.
- [6] 胡永红, 王丽勉, 秦俊等. 不同群落结构的绿地对夏季微气候的改善效果 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34(2): 235–237. DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2006.02.017.
- [7] 刘沅溢. 基于园林植物配置策略的绿色建筑环境性能提升研究 [J]. 建筑经济, 2024, 45(10): 99–104. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.202410099.
- [8] 李华. 低碳理念下兰州市园林植物景观设计存在的问题及其对策 [J]. 南方农业, 2024, 18(22): 161–163. DOI: 10.19415/j.cnki.1673-890x.2024.22.052.
- [9] 高宏锦, 康永霞, 宋鑫, 等. 城市园林植物配置中低碳理念的应用 [J]. 园艺与种苗, 2024, 44(11): 42–44. DOI: 10.16530/j.cnki.cn21-1574/s.2024.11.019.
- [10] 王金兰. 现代城市园林景观改造工程中园林植物的应用及策略分析 [J]. 数字农业与智能农机, 2024, (09): 52–54.