

浅谈城市树木对缓解城市热岛效应的作用

冯 霜

科进柏诚工程技术(北京)有限公司上海分公司, 上海

收稿日期: 2023年5月22日; 录用日期: 2023年6月23日; 发布日期: 2023年6月30日

摘 要

全球城市化的加快以及城市热岛效应的存在, 不仅严重影响了人们的正常生活及地球上其他生物的生存, 还加速了全球气候变暖, 因此采取不同的措施来缓解城市热岛效应带来的不良影响, 对城市可持续发展具有重要的意义。本文通过查阅文献资料, 从树木的遮挡作用、蒸腾作用及对风速的影响等方面探讨了城市树木对缓解城市热岛效应的作用。

关键词

城市热岛效应, 缓解措施, 城市树木, 全球变暖, 环境气温

A Brief Introduction to the Impacts of Urban Trees on Mitigating the Urban Heat Island Effects

Shuang Feng

WSP Engineering Technology (Beijing) Co., Ltd., Shanghai Branch, Shanghai

Received: May 22nd, 2023; accepted: Jun. 23rd, 2023; published: Jun. 30th, 2023

Abstract

The acceleration of global urbanization and the existence of the urban heat island not only seriously affect human beings and other organisms living on the earth, but also speed up global warming. Therefore, it is of great significance for the sustainable development of cities to take multiple measures to mitigate the adverse effects of the Urban Heat Island. In this paper, the cooling abilities of urban trees like shielding, transpiration and altering wind speed will be briefly discussed regarding the effects of urban trees on mitigating the urban heat island effect.

Keywords

Urban Heat Island Effect, Mitigation, Urban Tree, Global Warming, Ambient Air Temperature

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球人口数量的不断增加, 世界各国的城市化进程正在不断加快, 然而各大城市都已出现城市热岛效应, 如美国洛杉矶市、日本东京、以及我国许多大中城市, 如北京, 上海, 重庆等[1] [2] [3]。城市热岛效应是指由于高蓄热体增加、绿地土壤减少、以及热排放等人为活动导致一个城市区域中的气温明显高于其周边区域的一种气候现象[1] [2] [3] [4] [5]。在城市化过程中, 为了满足人口需求及经济发展, 高蓄热体如城市建筑物越来越密集, 道路多为柏油或水泥路面, 反之, 城市区域内的植被、水域面积则逐渐减少。同时, 较之城市周边区域, 人类活动如交通运输、工业生产、及居民生活等往往在城市区域内排放更多的热量, 从而使得城市区域升温较快, 散热较慢, 形成一个明显的高温区域[4] [5] [6]。在全球温室效应的影响下, 城市热岛效应变得更为严重, 同时城市热岛效应又进一步加剧了全球变暖的速度, 成为城市可持续发展的环境问题之一[1]。近几年, 为了解决城市热岛效应这一环境问题, 有诸多国内外科学家或学者就城市热岛效应的成因、危害、发展趋势、以及对生态环境的影响等方面进行研究, 并提出通过合理规划城市区域、增加绿化面积、推动节能减排等措施来缓解城市热岛效应及其带来的不良影响[1]-[24]。其中, 城市树木就在缓解城市热岛效应中起着十分重要的作用。然而, 在过去, 城市树木主要是作为增加城市区域内的绿化面积的一种手段被国内外的科学家或学者进行研究, 针对城市树木是如何起到缓解城市热岛效应的作用的相关研究并不是很多。本文将分别从城市树木对缓解城市热岛效应的不同作用, 包括遮挡作用、蒸腾作用及对风速的影响等方面进行探讨。

2. 城市热岛效应的危害

作为在城市化过程中受到广泛关注的环境问题, 城市热岛效应所带来的不良影响是不可忽略的。首先, 城市热岛效应会引起如暖冬, 高温, 暴雨等异常气象。澳大利亚联邦科学与工业研究组织(CSIRO)多次指出, 澳大利亚的气温将持续升高, 预计到 2030 年将升高 1.5°C, 将略高于全球平均温度, 同时英国的相关组织也提出, 英国夏季的平均温度预计将于 2080 年上升 3.7°C [7] [8] [9]。我国大部分主要城市如北京, 广州, 重庆等同样面临着城市热岛效应并仍呈现明显增加的趋势[2], 例如重庆市主城区的城市热岛效应以 0.71 摄氏度/100 年的上升倾向率呈逐年增强趋势[10], 在广州市则不仅热岛效应的分布面积有较为明显的增加, 而且城市热岛效应的强度亦有明显的增大趋势[11]。联合国气候变化大会发布的《战胜高温: 城市可持续降温指南手册》指出, 如当前的高温持续下去, 预计至本世纪中叶, 全球夏季平均温度将普遍超过 35 摄氏度, 遭受高温灾害的城市人口数量达到 16 亿人口[1]。城市热岛效应造成的强空气对流, 还会在局部地区形成强降雨现象[2]。空气污染也是城市热岛效应的危害之一, 由于城市热岛效应的存在, 城市区域内的气流带着大量烟尘等微粒上升, 在城市上空积聚成云团, 使得城市区域内的自然通风条件变差, 空气流通受阻。此外, 人类活动中产生的大气污染物如氮氧化物、二氧化硫等, 在热岛效应的影响下, 经光化学反应生产二次污染物, 进一步导致城市空气质量的恶化[2] [12]。最终, 城

市热岛效应不仅给城市居民带来了相当大的身体健康影响，还带来了一定程度上的经济负担。除了遭受着城市热岛效应所引起的极端高温和空气污染等不良影响，城市居民通常还会使用空调、制冷器等降温设备以缓解这些热岛效应对生活和健康带来的不良影响，并大力采购电力，从而增加了生活的成本，也进一步加剧了温室气体的排放以及全球变暖[14] [15] [16]。

3. 城市树木对城市热岛效应的缓解作用

城市热岛效应的形成是由多方面因素互相作用下而引起的，因此缓解城市热岛效应采取多管齐下的策略，如减少人为热的排放，增加绿化面积、控制城市人口及建筑物密度等[1] [2] [11]。提高城市树木的覆盖率是缓解城市热岛效应最常见的方法之一，也是最具成本效益的方式之一。城市树木具有很强的荫蔽遮阳、蒸腾作用及降低风速的能力，可以通过对太阳辐射的反射、吸收和遮挡，加上自身的蒸腾作用，起到降温、增湿、调节气温的作用，从而缓解城市热岛效应[2] [6] [16] [17]。

3.1. 蒸腾作用

树木可以通过蒸腾作用，不断地从周围环境中吸收大量的热量，从而降低空气温度。全球共有 22% 的有效日照量是通过蒸腾作用而被消耗的[18]。树木冠层在光合作用过程中，能有效地吸收约 90% 以上的入射能量，以获得更高的光合速率和生产力[19]。冠层所吸收的一部分光能以长波辐射的方式释放，一部分以热传导的显热方式释放，但大部分的能量以蒸腾作用的方式释放并降低冠层温度[2] [19]。对于一颗发育较好且足够大的树冠，可以通过吸收或反射约 40% 的太阳辐射从而达到降低周围环境温度或地面温度的效果[20]。同时，由于空气中的烟尘等微粒能大量吸收太阳辐射热，树木能够滞留空气中的微粒，是空气中的含尘量降低并缓解城市热岛效应[14] [19]。树木在进行光合作用的时候，可以大量吸收空气中二氧化碳、氮氧化物等大气污染物，进而可以有效地减缓温室效应。然而，同有关研究的结果一致，城市树木的蒸腾效果在一定程度上是有差异的。在阳光充足的炎热气候下，树木的遮挡作用比蒸腾作用更为重要[20] [21]。比如，在沙漠城市中，树木的蒸腾能力会受到极端高温的抑制，而在温带国家则不同，树木的蒸腾能力所起到的降温效果远没有比遮挡能力的高[21]。此外，不同品种的树木甚至树木的分布情况，都会导致蒸腾速率的不同。比如，有落叶树种比常绿树种的蒸腾速率更高，其降温能力更好[19]。这也意味着，如何选取最佳的树木品种以及如何进行最佳的分布种植，对于是否能最大限度地发挥树木的蒸腾作用从而缓解城市热岛效应也是十分重要的。

3.2. 遮挡作用

就城市整体而言，热辐射交换是影响一个城市整体环境温度的主要因素之一。在城市区域内，存在着大量的建筑物、黑色柏油、水泥路面等热容量大、反射率小的高蓄热物，将大量的太阳辐射热存储在城市区域内，然后这些热量又被释放到环境中，这使得城市环境中所含的热能比其周边区域更高，最终形成了城市热岛现象[2] [19]。植被树木一方面可以通过光合与蒸腾作用实现与周围空气的热量互换，另一方面可以通过遮蔽长短波辐射，降低周围地物的表面温度，并进一步降低邻近空气温度。与此同时，国内外的多项研究实验也验证了城市树木及其遮挡作用对城市环境温度起着较为明显的降温作用。Coutts 等通过分析环境空气温度、湿度、太阳辐射度、风速、以及由多个微气候监测站探测的平均辐射温度，研究了澳大利亚墨尔本市增加树木策略的有效性。研究结果预测，如果 2040 年墨尔本的树冠覆盖率增加到 40%，城市区域的地表温度将可能大大降低[22]。Wang 在研究中预测，每增加 10%~20% 的植被覆盖面积，可以使城市热岛效应降低约 0.38~0.78 摄氏度[13]，同样地，Middel 等通过 ENVI 微气候模型评估预测了美国菲尼克斯市发布一项增加树冠覆盖面积的措施，结果发现，如果树冠覆盖面积由原来的 10%

增加到 25%，那么城市内的气温可以降低约 2.0 摄氏度[24]。Sung 则通过对比七个城市区域的地表温度，其中两个区域采取了保护树木的策略，另外五个区域没执行相关策略，来探讨保护树木对缓解城市环境气温地影响。结果表明采取了保护树木策略的区域的地表温度，比未采取的区域，平均低了约 1.5 至 3.9 摄氏度[23]。再者，树冠冠幅与其降温能力也有着显著的正向相关关系，包括冠层的形状和厚度也是影响树木降温能力的重要因素。相较于独立的树木冠幅，交错重叠的树木冠层可以更好的遮挡太阳辐射，冠层下方的土壤及植被蒸腾出来的水汽不易被扩散，使其降温能力更强[19]。

3.3. 风速

风对于降低城市气温有着非常重要的作用，而树木除了遮挡能力和蒸腾能力之外，还可以在在一定程度上通过影响风速来缓解城市热岛效应。对于沿海城市，可以通过种植树木来改变海岸线附近的温度梯度，而从改变海风的强度和速度，进而降低陆地表面温度。有关研究表明，当树木被种植在风道中时，具有较为明显的降温能力，可以将气温降低 0.6 至 0.8 摄氏度[16]。但是，即使多项研究表明树木与风速和城市热岛效应是有关联的，对于树木是如何通过改变风速来缓解城市热岛效应，国内外学者们持有不同的观点。具体来说，树木仅能在顺风区域具有降温的效果，同时在风速较低的区域，树木的降温能力并不明显[25]。也就是说，通过种植城市树木或改变树木的排列来改变风速，是有一定的局限性的，对于沿海城市，是可以达到缓解城市热岛效应的目的。

4. 结论

城市热岛效应，作为城市化过程中的一个产物，对人类生活及生态环境的影响是不可小觑的。植被树木在全球气候变化行动中，包括缓解城市热岛效应，发挥着非常重要的作。城市树木可以通过其自身作用，即通过蒸腾作用以降低周围环境的温度、通过遮蔽太阳辐射、通过改变沿海城市内风速的强度和方向等，来有效地降低城市环境中的温度，达到缓解城市热岛效应的作用。因此，为了可持续发展城市并缓解城市热岛效应，应加快提高城市树木的覆盖率并优化城市绿化结构。

参考文献

- [1] Iain, C., Sneha, S., Julia, M. and Rushad, N. (2021) *Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities*. The Cooling Coalition, UN Environment Programme, RMI, Global Covenant of Mayors for Climate & Energy, Mission Innovation and Clean Cooling Collaborative.
- [2] 温娟, 包景岭, 沈伟然. 缓解城市热岛效应的生态措施分析[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会 2006 年学术年会优秀论文集: 2006 年卷. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 490-494.
- [3] 李宇, 周德成, 闫章美. 中国 84 个主要城市大气热岛效应的时空变化特征及影响因子[J]. 环境科学, 2021, 42(10): 5037-5045.
- [4] Oke, T.R. (1982) The Energetic Basis of the Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **108**, 1-24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- [5] Soltani, A. and Sharifi, E. (2017) Daily Variation of Urban Heat Island Effect and Its Correlations to Urban Greenery: A Case Study of Adelaide. *Frontiers of Architectural Research*, **6**, 529-538. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.08.001>
- [6] Wang, Y. and Akbari, H. (2016) The Effects of Street Tree Planting on Urban Heat Island Mitigation in Montreal. *Sustainable Cities and Society*, **27**, 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.04.013>
- [7] CSIRO (2018) *State of the Climate 2018*. CSIRO, Canberra.
- [8] CSIRO (2014) *State of the Climate 2014*. CSIRO, Canberra.
- [9] United Nations (2014) *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision-Highlights*. United Nations, New York.
- [10] 单丽静. 城市如何应对热浪袭击-国内首个城市热岛效应系统在重庆业务化运行[N]. 重庆市气象局, 2018. http://cq.cma.gov.cn/sqxj/xwdt/sjdt/201807/t20180724_470310.html, 2018-07-24.
- [11] 广州市城市热岛监测公报[R]. 广州人民政府, 2020.

- [12] 张昊, 张宁, 潘志华. 北京地区不同城市热岛指标和城市效应研究方法的对比分析[J]. 南京大学学报(自然科学), 2023, 59(2): 198-200.
- [13] Wang, W. and Shu, J. (2020) Urban Renewal Can Mitigate Urban Heat Islands. *Geophysical Research Letter*, **47**, e2019GL085948. <https://doi.org/10.1029/2019GL085948>
- [14] 刘际超, 李国庆. 浅谈城市热岛效应的危害和改善方法[C]//中国环境科学学会. 2010 中国环境科学学会学术年会论文集: 2010 年卷. 北京: 中国环境科学出版社, 2010: 417-420.
- [15] 胡天昕. 城市环境对园林植物的负面影响及应对措施[J]. 新疆林业, 2019(2): 25-27.
- [16] Zhao, Q., Sailor, D.J. and Wentz, E.A. (2018) Impact of Tree Locations and Arrangements on Outdoor Microclimates and Human Thermal Comfort in an Urban Residential Environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, **32**, 81-91. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.03.022>
- [17] Tan, Z., Lau, K.K.-L. and Ng, E. (2016) Urban Tree Design Approaches for Mitigating Daytime Urban Heat Island Effects in a High-Density Urban Environment. *Energy and Buildings*, **114**, 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.031>
- [18] Gunawardena, K.R., Wells, M. and Kershaw, T. (2017) Utilising Green and Bluespace to Mitigate Urban Heat Island Intensity. *Science of the Total Environment*, **584-585**, 1040-1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- [19] 崔凤娇, 邵锋, 齐峰, 等. 植被对城市热岛效应影响的研究进展[J]. 浙江农林大学学报, 2020, 37(1): 171-181.
- [20] Shashua-Bar, L. and Hoffman, M. (2004) Quantitative Evaluation of Passive Cooling of the UCL Microclimate in Hot Regions in Summer, Case Study: Urban Streets and Courtyards with Trees. *Building and Environment*, **39**, 1087-1099. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2003.11.007>
- [21] Rahman, M.A., Smith, J.G., Stringer, P. and Ennos, A.R. (2021) Effect of Rooting Conditions on the Growth and Cooling Ability of *Pyrus calleryana*. *Urban Forestry & Urban Greening*, **10**, 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.05.003>
- [22] Coutts, A.M., White, E.C., Tapper, N.J., Beringer, J. and Livesley, S.J. (2016) Temperature and Human Thermal Comfort Effects of Street Trees Across Three Contrasting Street Canyon Environments. *Theoretical and Applied Climatology*, **124**, 55-68. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1409-y>
- [23] Sung, C. (2013) Mitigating Surface Urban Heat Island by A Tree Protection Policy: A Case Study of the Woodland, Texas, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, **12**, 474-480. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.05.009>
- [24] Middel, A., Chhetri, N. and Quay, R. (2015) Urban Forestry and Cool Roofs: Assessment of Heat Mitigation Strategies in Phoenix Residential Neighborhoods. *Urban Forestry & Urban Greening*, **14**, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.09.010>
- [25] Bruse, M. and Fleer, H. (1998) Simulating Surface-Plant-Air Interactions Inside Urban Environments with a Three Dimensional Numerical Model. *Environmental Modelling & Software*, **13**, 373-384. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5)