

Study on the Relation of Urban Green Space Area and Ecological Response in Beijing City, China

Jiaomei Liu¹, Yuhong Tian², Linbo Zhang³

¹Environment simulation and contamination control country key union laboratory, Beijing Normal University, 100875, Beijing, China

^{1,3}Chinese Research Academy of Environmental Sciences 100012

²State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, 100875 Beijing, China

e-mail: ljm627@126.com; tianyuhong@ires.cn

Abstract: Urban green space can slow down Urban Heat Island Effect. In order to explore the ecological impact regular pattern of urban green space, the study began from June 2008 to August 2009, 30 selected parks in Beijing as respectively observation points, these parks are at different distances location, for temperature and humidity observations and meteorological factors, so the analysis of temperature and humidity differences in different monitoring sites. The results show that: (1) The results of the 30 parks observation tests showed that, the majority temperature of the inside park below the outside park, this proved be "cool island" effect. The humidity of the outside park is higher than that of the inside, to be "wet island" effect. However, there are several parks' surrounding temperature is higher than the temperature, humidity lower than the ambient temperature. During the summer, the smaller park's average temperature of inside is higher than the surrounding environment of the park; (2) The relationship between Beijing humidifier cooling of urban green space and park area of the role of the response has a positive correlation with the cooling intensity and the size of the park.. By regression analysis, the intensity of humidifier and the cool of park has a linear correlation to park area. The levels of the linear correlation was significant. The temperature of the park with different size and humidity were analyzed in this study, to the use for ecology, landscape ecology, urban ecology. And they will put forward for the smallest ecological patch area of urban green space in Beijing, and explore the ecological impacts domain. It is taken as the ecological assessment indicators of urban green space, provided a scientific basis of decision-making for urban planning, land management, the construction of human settlements and so on.

Key word: Temperature and humidity; Urban green space; Urban heat island; Patch

北京城市绿地面积与生态响应关系的研究

刘娇妹¹, 田育红², 张林波³

¹北京师范大学环境学院 环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 中国 100875

^{1,3}中国环境科学院 北京 中国 100012

²北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室 北京 中国 100875

e-mail: ljm627@126.com; tianyuhong@ires.cn

摘要 城市绿地可以减缓热城市热岛效应, 为探讨城市绿地的生态影响规律, 本研究于2008年6月至2009年8月, 选取北京市30个公园作为观测点, 分别在公园内、公园外不同距离的地点, 进行温、湿度气象因子的观测, 分析不同监测点温、湿度的差异。结果表明: (1) 30个公园绿地的观测结果表明, 公园内的温度大多数都低于公园外, 证明具有“冷岛”效应, 公园内的湿度高于公园外, 证明具有“湿岛”效应。然而, 有几个公园的温度高于周围的温度, 湿度低于周围的温度。在夏季, 面积较小的公园内的平均温度高于公园外环境的温度。(2) 城市公园绿地的降温增湿强度与公园面积呈正相关关系, 经回归分析, 面积与温度、湿度线性相关关系达显著。本研究对北京市不同面积的城市绿地的温湿度进行了分析, 旨在运用生态学、景观生态学、城市生态学原理, 提出适合北京市城市绿地的最小生态斑块面积, 探索绿地的生态影响域, 并以此作为城市绿地的生态评价指标, 为城市规划、土地管理、人居环境建设提供科学的决策依据。

关键词: 温湿度; 城市绿地; 城市热岛; 斑块

在城市化过程中, 由于人类活动等人为或自然因

基金项目:国家水体污染控制与治理(2008ZX07526-04);国家(973)重
点基础发展计划资助项目(2005CB724204)

素改变了原来的地表特征, 由此引起的地表辐射平衡和能量交换过程将会与其他地区有很大的不同, 这必

然影响着城市气候，同时也会在一定程度上作用于全球气候和大气环流的变化过程^[1,2]。Steve 等研究了土地利用，城市设计要素对城市热岛的影响^[3-6]；周淑贞研究过上海城市发展对气温的影响^[7]。随着城市热岛现象的日益严重化，关于北京市城市热岛的研究及城市绿地改善热岛效应等方面的研究愈来愈受一些学者及研究人员的关注^[8-10]。

城市绿地是自然或半自然的人工下垫面，城市绿地具有较高的生态服务功能，对改善城市生态环境及城市的可持续发展具有显著的改善作用^[11]。城市绿地在城市生态系统中发挥重要的生态功能，研究表明城市绿地具有减缓城市热岛效应的作用^[12]。近年来，一些学者在不同尺度上进行了关于城市绿地的生态功能，探讨地表温度与土地利用类型、植被覆盖、人为活动等因素的关系，特别是地表温度与城市植被覆盖（绿地）的相关研究引人关注^[13-15]。以生态学理论的指导下，以“网络”的布局原则进行规划设计，建立城市生态园林绿化的斑块—廊道—基质网络体系，在该体系的设计中强调城市绿化系统各构成要素合理均衡布局并相互联系、交织成网，最大发挥该系统的功能效益^[16]，台湾学者对城市冷岛的特征进行了研究^[17]，城市绿地面积与温湿效益关系的研究^[18]。

城市绿地可以减缓城市热岛效应，国内一些学者采用传统定点实验数据进行分析，其结果虽然能够较好地反映监测点及其周边的情况，还有一些学者从景观尺度上阐明城市绿地结构和格局差异与地表温度空间分异之间的关系^[19]，然而关于有效减缓城市热岛效应的城市绿地最小斑块面积，以及绿地面积对减缓城市热岛的生态影响规律的研究很少。本研究对北京城市园林绿地进行了调查的基础上，对城市不同城市绿地的降温增湿效应进行了分析，探寻城市绿地的生态影响规律，对提高城市绿地系统生态效益具有极为重要的意义，对促进城市规划、环境管理提供理论依据。

1 研究区概况

1.1 研究区域

北京市的东部和南部属于华北平原，北部和西部是山区。山区约占全面积的五分之三。山地大部海拔在 1000m 以下；最高峰为东灵山，海拔高达 2303m，是北京境内的最高峰。北京地区地处暖温带半湿润地区，气候受蒙古高压的影响，属大陆性季风气候，年降水量 644mm。北京四季分明，冬季干燥，春季多风，夏季多雨，秋季晴朗温和，年平均气温 10~12℃。北

京市土地面积 16807.8 km²，其中山地 10417.5 km²，占总面积的 62%；平原面积 6390.3 km²，占总面积的 38%。全市共辖 12 个区、6 个县。

1.2 北京城市绿地概况

城市园林绿地是指改善城市生态、景观环境，以树木、花草植物为主要内容的园林绿地。城市绿地分为公共绿地、道路绿地、居住区绿地、单位附属绿地、防护绿地、生产绿地。公共绿地包括各级各类公园、街旁绿地、居住区花园和隔离地区绿地内的公共绿地。在北京城市绿地中，公共绿地面积在所有城市绿地中最大，所占比例为 27%；其次为防护林绿地 25%，再次为单位附属绿地（见图 1）。城市公共绿地对城市生态、景观环境发挥的重要的作用。北京城市城近郊区（东城区、西城区、崇文区、宣武区、朝阳区、海淀区、丰台区、石景山区）公共绿地面积为 7803 公顷，城近郊区公园 119 个。

在北京市内八个区公园 119 个，经过调查，选择了 30 个公园作为研究对象，所选公园是市内开放型的公园，市民可以在公园绿地中进行休闲、健身、聚会等活动，这些绿地与居民的生活联系密切。

2 研究方法

2.1 调查方法

根据北京城市公园的特征，重点调查市内不同面积的公园绿地，以单个绿地为单位进行调查。为了选择不同面积的公园进行生态影响域的研究，本研究中的两个公园即双榆树公园、安华西里中心花园为居住区的公共绿地，太阳宫公园为隔离地区绿地，其他公园均为公园绿地。

选择北京市内建设较早、群落稳定的公园，以北京市城区的公园绿地为研究对象。本研究主要对东城、西城、宣武区、崇文区、海淀区、朝阳区、丰台、石景山等八个市区的公园绿地，30 个公园绿地进行了调查和观测，采样点分布于北京所调查各区的公园绿地等公共绿地中。本研究中调查的公园最小面积不到 1 公顷，最大面积将近 300 公顷。研究所选公园位置比较独立，远离河流、公园之间相互间隔，以客观、准确的反映不同面积公园的生态影响规律。

2.2 研究样点设计

据 2005 年普查的数据可知，北京市城市近郊的公园共有 119 个，远郊有 69 个，北京市近郊、远郊的

公园绿地共有 188 个。在北京市内八个区公园 119 个，经过调查，选择了 30 个公园作为研究对象，所选公园是市内开放型的公园，市民可以在公园绿地中进行休闲、健身、聚会等活动，这些绿地与居民的生活联系密切。

观测点设在北京市城区不同地理位置的公园，选择内部构成特征不同的公园。城市绿地结构特征与绿地生态功能的差异，我们将面积作为公园绿地的主要特征指标，其中面积最小的双榆树公园绿地面积为 0.86 hm²。观测的面积最大的公园是朝阳公园，位于四环以内，公园面积为 288.7 hm²，其中水域面积达为 68.2 hm²，水面占公园面积的 1/4，绿化覆盖率 70%，是北京市最大的城市公园。朝阳公园规划面积 320 万平方米，绿化覆盖率 70%，是北京市最大的城市公园。

2.3 观测方法

观测公园内外的温度和湿度，观测时间为 2008 年至 2009 年 7 月至 8 月，一天观测两次，观测时间是中午（12:00-15:00），观测日为晴天气，等到风速小于 2.0 m/s 时，且风速稳定时，开始记录每一个观测点的数据，风速采用数字风速仪进行风速的测定，温湿度采用 Testo 温湿度计观测，观测高度为 1.5m。

在每一个公园纪录十个数据，即公园内部设置一个观测点；在公园外的边缘设置一个观测点；公园外观测点的方向选在公园的东、南、西、北的四个方向，观测距离为公园外四个方向的一倍公园宽度距离，共四个；公园外观测点的方向选在公园的东、南、西、北的某一个方向设置四个不同间隔的观测点，观测距离以公园的宽度为观测间隔，设定四个宽度倍数的观测间隔，即公园直径一倍距离、二倍距离、三倍距离、四倍距离，共观测四组数据。公园外一倍距离观测点的温湿度作为计算热岛、湿岛强度（公园内外温湿度差值）的参照点。

2.4 数据处理与分析

数据处理：（1）分析公园内外温湿度特征，将公园内外三次重复测量的观测数据进行平均，作为该观测点的温度和湿度；（2）分析公园内外温湿度的差值，公园内的温湿度作为参照，公园外的四个方向的各观测点进行平均，其平均值与将公园内的温湿度进行对比。（3）分析公园温湿度影响范围和距离时，将沿公园某一方向的不同间隔的温湿度数据进行对比分析和差异显著性分析。数据处理的计算公式如下：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (i=1,2,3, \dots, n=27) \quad (1)$$

$$X = \bar{X}_i - \bar{X}_j \quad (j=1,2,3, \dots, n=4) \quad (2)$$

式（1）中 \bar{X} 是公园内、外各个观测点温湿度的平均值；

式（2）中的 \bar{X}_j 是公园内 j 个观测点的平均值， \bar{X}_i 是公园外的温湿度的平均值，X 是公园内外温湿度的差值。

3 结果与分析

3.1 绿地的降温增湿效应

一般而言，绿地内的平均温度低于公园外环境的温度。基于选择的 30 个城市绿地的温湿度的实测，在夏季的中午，公园内的温度比公园外的温度平均低 1.25℃，晚上园内的温度比公园外的温度平均低 0.70℃；公园内的湿度比公园外的湿度高 4.24%，晚上公园内的湿度比公园外的湿度高 3.61%。公园内比公园外的温度低，其最大的温差值为 6.05℃；公园内比公园外的湿度高，其最大的湿差值为 21.56%。不同面积的城市公园绿地具有改善周围环境的作用，本研究证明了城市公园绿地具有降温增湿的效应，具有调节城市气候、减缓热岛效应的“冷岛”效应和“湿岛”效应。

在 30 个公园中，只有 2 个公园的温度在中午高于公园外，这两个公园绿地的面积分别为 0.86 hm² 和 1.90 hm²，面积大于 2.0 hm² 的公园绿地均具有降温增湿的效应。本研究得出，北京市发挥降温增湿效应的绿地的最小面积是 2.0 hm²，面积大于 2.0 hm² 的公园绿地均具有不同程度的温湿效应。

3.2 绿地降温增湿强度与面积的响应关系

公园内外温度的差值随着公园面积的增大而增大（见图 1），试验的 30 个绿地的观测值，经去除奇异值得到 24 个绿地的数据。将去奇异值的数据进行线性分析，结果显示绿地面积与降温强度呈正相关关系，相关系数 $r=0.5339$ ($r_{0.02}=0.4921$, $r_{0.01}=0.5386$)，在显著水平 $a=0.02$ 的条件下，面积与温度是显著线性相关的。经回归方程的统计检验，公园内外温度与面积的线性关系是显著的（见表 1）。

公园内外的湿度差异强度随着公园面积的增大

而增大（见图 2），经的线性回归分析可知，绿地面积与降温强度呈正相关关系，相关系数 $r=0.6152$ ($r_{0.01}=0.5386$)，在显著水平 $\alpha=0.01$ 的条件下，面

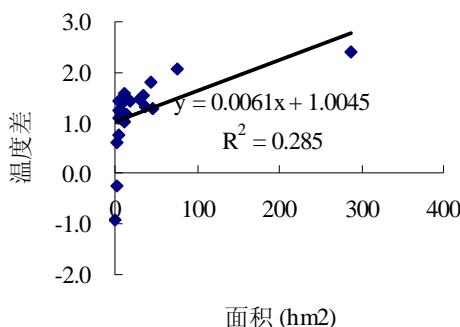


Fig.1 the of linear relationship between Park area with temperature difference intensity

图 1 公园绿地面积与温度差值强度的线性关系

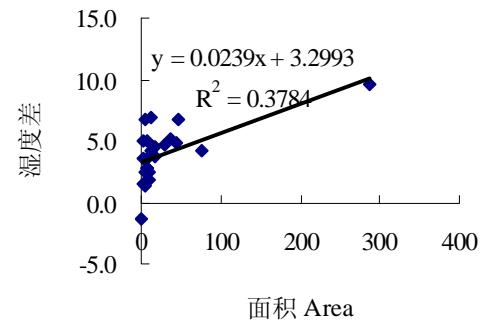


Fig.2 The of linear relationship between Park area with humidity difference intensity

图 2 公园绿地面积与湿度差值强度的线性关系

Tab.1 The temperature and the area of linear regression analysis
表 1 面积与温度的线性回归分析

项目	df	SS	MS	F	Sig.F
回归分析	1	22.9185	2.9185	8.7702	0.0072
残差	22	7.3209	0.3328		
总计	23	10.2394			

Tab.2 The humidity and the area of linear regression analysis

表2 面积与湿度的线性回归分析

项目	df	SS	MS	F	Sig.F
回归分析	1	44.2508	44.2508	13.3947	0.0014
残差	22	72.6792	3.3036		
总计	23	116.9300			

4 结论与讨论

以城市气候、社区规模是规划设计的基础和前提，在城市规划和绿地规划之前，应考虑城市热岛的分布特征，尽可能的减轻城市热岛程度，进而提出优化方案。

本研究在应用生态学研究方法，结合景观生态学原理，在大面积的调研的基础上，经数据分析得出以

下主要结论：

北京市公园面积大多数在 30 公顷以内，小于 10 ha 的公园占 50%以上，因此，在北京市中公园绿地的面积以面积小于 10 ha 的公园绿地为主。

公园降温增湿效应的程度随着公园面积的增大而增大，目前北京市发挥降温增湿效应的公园绿地的最小面积是 2.0 hm²，面积大于 2.0 hm² 的公园绿地均具有不同程度的温湿效应，且随着面积的增大其降温

增湿作用增大，降温增湿强度与绿地的面积呈显著线性关系。本研究得出的最小面积为 2.0 hm²，与吴菲、Chi-Ru Chan 等人的研究结果得出的降温作用公园绿地的最小面积是 3.0 hm² 的研究结果基本一致[17,18]，但略有差异，究其原因，可能是 2005 年北京市人口平均密度为每平方公里 937 人，其中，城区人口密度为每平方公里 22210 人，城区每平方公里人口密度虽然比 2000 年减少了 790 人，北京市城区人口密度下降了 3.4%，人口密度在空间分布上呈现外移的现象，但总的来说，2 万人以上的水平依然会给资源、环境带来较大压力。近年来，随着北京市绿地系统的规划与城市建设，北京市环境状况得到了较大的改善，热岛现象在空间分布上也出现新的动态变化。尤其是北京市为迎接 2008 年奥运会，兴建大面积的生态工程，整体提高城市园林绿化水平，从而提高了北京市的城市生态环境。

城市绿地降温增湿效应的影响范围是公园辐射直径的 3 倍，即绿地的生态缓冲区是绿地边缘之外三倍辐射直径距离。国外的学者初步得出绿地的影响范围围绿地宽度的一倍左右^[19]。

关于一个城市需要多少绿地才能满足它的需要，传统的城市绿地的评价指标主要有覆盖率、绿化率等，通过提高绿化覆盖率来提高城市的环境质量是目前很多城市实现园林城市、生态城市的途径。但是，绿化覆盖率这一指标，反映一个地区或城市平均绿化水平，往往忽略了城市市区的绿化水平及状况，这使得即使城市的绿化水平在逐渐升高，但是城市市区的环境质量由于城市建筑密集、人口稠密等地理、社会经济因素而没有多大的改善，反而随着人口的增加生态环境日益恶劣，因此，需要开展城市绿地的量化研究，本研究首次提出了城市绿地最小生态斑块这一生态指标，用来反映绿色空间生态服务功能的强弱，在方法上突破了绿化覆盖率和人均绿地等传统指标，弥补了传统城市绿量评价指标的不足。

由于城市环境的复杂性及近地层观测仪器的限制，城市热环境状况受天气条件、下垫面的局地特征影响较大，所以需要更多的观测资料进行深入研究。本研究只涉及了城市绿地的面积与其生态效应的相应关系，关于公园的其他特征（铺装、水体、植被覆盖率等）与生态响应之间的关系仍需要进一步研究，定量研究最佳生态效益的城市绿地特征，为城市绿地规划的提供科学依据。

致 谢

感谢为本研究的开展与实验数据的采集提供帮助的老师与同学！

References (参考文献)

- [1] Taha H. Meso-urban meteorological and photochemical modeling of heat island mitigation. *Atmospheric Environment*, 2008 (42): 8795–8809
- [2] Stone B, Norman J M. Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach. *Atmospheric Environment*, 2006(40): 3561–3573
- [3] T.R. Oke, G.T. Johnson, D.G. Steyn, I.D. Watson, Simulation of surface urban heat islands under “ideal” conditions at night. Part 2: Diagnosis of causation, *Boundary Layer Meteorology*, 1991 (56) :339 – 358
- [4] Stephanie K. Meyn, T.R. Oke. Heat fluxes through roofs and their relevance to estimates of urban heat storage. *Energy and Buildings*, 2009 (41) 745 – 752
- [5] Steve Kardinal Jusuf, N.H. Wong, Emlyg, Hagen, et al. The influence of land use on the urban heat island in Singapore. *Habitat International*. 2007(31): 232-242
- [6] R. Giridharan, S.S.Y. Lau, S. Ganesan, et al. Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise high-density environments of Hong Kong. *Building and environment*. 2007(42):3669-3684
- [7] Zhou Shu-Zhen. The influence of Shanghai Urban development on temperature. *Acta Geographica Sinica*. 1983, 38(4): 397-405
- [8] Yu SQ, Bian LQ, Lin XC. Beijing city thermal island scale change and urban development. *Science in China, Ser.D*, 2005, 35 (supplement): 97-106
- [9] Hu H L, Chen Y H, Gong A D. Advances in the application of remotely sensed data to the study of urban heat island, *Remote Sensing For Land & Resources*, 2005(3): 5-13
- [10] Zhang J H, Hou Y Y, Li G C. Beijing city and peripheral thermal island diurnal variation and season characteristic satellite remote sensing research and influence factorial analysis. *Science in China, Ser.D*, 2005, 35 (supplement): 187-194
- [11] Anna Chiesura. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and urban planning*, 2004(68):129-138
- [12] Li Yanming; Guo Jia; Feng Jiuying. Urban Green Space and its Effect on Urban Heat Island Effect. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2004,17(1):1-4
- [13] Ge Weiqiang, Zhou Hongmei; Yang Yinming, et al. The Study of City Green Reducing Thermal Island Effect Based on RS and GIS, *Remote Sensing Technology and Application*,2006,21 (5):433-435
- [14] Zhang xiaofei, Wang yanglin, wu jian-sheng, et al. Study on land surface temperature vegetation cover relationship in urban region:a case in Shenzhen City, *Geographical Research*, 2006,25(3):369-378
- [15] Luo Yangfan, Feng Zhongke, Zhang Yan. An efficient detection of urban vegetation using high resolution remote sensing data. *Journal of Beijing Forestry University* , 2007, 29(Supp2): 164-167
- [16] Chen Zhikai. Study on system of urban green network . Harbin Institute of Technology. Outstanding master's thesis database, 2001.
- [17] Chi-Ru Chang, Ming-Huang Li b., Shyh-Dean Changc. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and Urban Planning*, 2007 (80): 386–395
- [18] WU Fei; LI Shu-hua; LIU Jiao-mei; Research on the

Relationship between Urban Green Spaces of Different Areas and the Temperature and Humidity Benefit. *Chinese Landscape Architecture*, 2007(6): 71-74

- [19] Jauregui, E., Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy Build*, 1990, 16(15): 457-463