

城市绿地降温作用的研究进展

王 斐, 刘艳红
(山西农业大学, 山西 晋中 030801)

摘要:绿地有降温的作用,同时能减轻城市化带来的热岛效应。概括总结了绿地影响温度的一些因素以及它们之间的关系,并且讨论了目前研究的不足和未来的展望。

关键词:绿地;降温;尺度;格局;模拟;公园;绿色屋顶

中图分类号:S731.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)08-0151-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.08.0151

由于植物的蒸腾作用,绿地能够有效降低城市的高温。蔺银鼎对太原市灌木林、杨士弘对广州树木的研究表明,树木对周围的环境有降温增湿的作用,其中不同的树木的降温效果不一样,同一树木在不同空间、不同时间段的降温增湿效果也不一样^[1-3]。

1 不同绿地的降温效应

城市中结构比较复杂的绿地的降温效果较强。比如,何介南对长沙市的绿地研究表明乔木林、乔灌木、灌丛、草地的降温增湿效果依次降低,唐罗忠对南京市的四种绿地研究表明,热岛效应的缓解作用强度强弱依次是树林、行道树、草坪,

王娟的研究表明树林、复合绿地、草地的降温效果依次减弱^[4-6]。

按照城市绿地的形状分类,有研究者研究了带状绿地对温度的影响。带状绿地的郁闭度、宽度对温度的影响起积极的作用。朱春阳的研究表明郁闭度和宽度影响降温效果,10%~30%郁闭度的降温效应不显著,44%郁闭度的降温效应强,67%的郁闭度降温效果显著并趋于稳定,带状绿地的宽度影响着降温的效果,6 m宽的绿地有一定的降温效应,16~27 m宽的绿地降温效应较明显,34 m宽的绿地降温效果明显,40 m宽的效果明显趋于稳定,纪鹏对夏季的河流绿地研究也表明河流绿地宽8 m有一定的增湿降温效果、14~33 m效果明显,40 m趋于稳定^[7-9]。两者之间的研究趋于一致。

热岛效应对人类危害巨大,许多研究表明绿地能减缓城市的热岛效应,张昌顺对北京的绿地研究中利用不同的时段的研究表明合理的群落结构、管理措施和绿地布局可减弱热岛效应^[10]。除了这些,绿地植被的遮荫度也影响着城市温度。

收稿日期:2016-07-11
基金项目:太原市园林局委托资助项目(k481511012)
第一作者简介:王斐(1989-),男,山西省五台县人,在读硕士,从事城市绿地与热岛效应研究。E-mail: wf615x@163.com。
通讯作者:刘艳红(1978-),女,山西省临汾市人,博士,副教授,硕士生导师,从事城市绿地景观规划及其环境效应等方面研究。E-mail: liuyhwqs@163.com。

Present Situation, Problems and Countermeasures of Potato Industry Development in Heilongjiang Province

YOU LI
(Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In 2016 the ministry of agriculture released the guidance about advancing the development of potato industry, potato as a staple food product to industrialization development, it brought new opportunities to the development of Heilongjiang province potato industry. The present situation, problems of development of potato industry in Heilongjiang province were analyzed, and the corresponding countermeasure and suggestions were put forward to promote the potato industry development of Heilongjiang province, in nutritional guidance consumption, and to guide production with consumption.

Keywords: potatoes; industry development; staple food; Heilongjiang province

2 绿地覆盖度、遮荫度与温度的关系

研究者们对不同地区的研究表明绿地覆盖率与温度呈线性关系,有些已经量化。李延明研究了北京绿化率与热岛效应的关系,绿化覆盖率与热岛强度呈负相关性,当绿化率达到30%时对热岛强度有明显的减弱影响,缓解现象极其明显的绿化覆盖率为50%^[11]。张正栋对广州的绿地规划研究表明有明显的降温作用的绿地为覆盖率在60%以上且集中布置^[12]。胡道生对喀斯特城市的研究表明植被、行道树等绿地覆盖对降温的作用很大^[13]。杨春华对重庆的绿地研究表明热岛效应消失的条件是绿地覆盖率达到50%以上^[14]。Li对上海的研究表明NDVI值和地表温度有极强的线性关系^[15]。Siti Nor Afzan Buyadi等人对马来西亚莎亚南的城市研究表明绿地能显著减弱热岛现象,文章选取了18a的数据,结果表明NDVI值和地表温度呈负相关性^[16]。说明不同地区绿地覆盖率与温度之间的关系不一样,但基本呈线性关系。肖湘东选取苏州市20个研究样本,结果表明在夏季时,植物遮荫度较大时,局部区域有较大的降温增湿效果^[17]。

3 绿地格局与温度

绿地格局包括组成和配置。在有限的城市绿地中,当覆盖率等一定时,可以通过调节绿地的空间位置来达到降温的作用。所以在未来的绿地建设中,绿地格局对于城市绿地建设有重要的影响。

许多研究者基于不同尺度研究了绿地格局与温度之间的关系。绿地格局包括组成和配置^[18]。研究者们通过实测和模拟手段来实现研究目的。对于测定小范围绿地的温度可以利用实测的方法,但是对于大范围即时的温度研究者们都通过遥感影像来反演地表温度,并且许多研究者已经验证了其可靠性^[19-20]。

城市格局与地表温度之间的研究结果还未达成一致,不同研究者之间存在一些差异,这可能是由于地区之间、城市化进程之间、不同尺度的影响。实际研究与模拟研究也存在一些差异。所以有必要研究不同地区、不同尺度、不同季节甚至一天当中不同时间段,格局指数与地表温度之间的关系。另外还应研究气象温度与格局之间的关系,这样才能结合人们的舒适度。

3.1 城市尺度下绿地格局与温度的研究

3.1.1 尺度对研究结果的影响 城市尺度下研

究绿地格局与温度的关系,大多研究者选用景观格局指数来构建与温度之间的关系。格局指数受尺度、粒度的影响。格局指数和温度之间的关系也受季节和天气状况的影响。臧卓研究了长沙市的绿地格局,结果显示不同粒度下,格局指数不同^[21]。任志彬在其博士论文中研究了不同尺度下绿地对温度的影响,结果表明不同尺度下,格局与温度之间都有联系,尺度越大,相关性越强^[22-23]。地表温度的反演也受地表种类和植被特点的影响^[24]。

3.1.2 粒度对两者的影响 影像的分辨率影响着绿地格局与温度之间的关系,据有关研究30 m×30 m和90 m×90 m的TM影像是研究地表温度和景观格局的关系的合适选择。Juer Song研究了北京市景观组成与地表温度之间的关系,结果显示,用660 m和720 m分辨率的影像是最合适的^[25]。Li研究了上海市的绿地表明不同分辨率的影像图测得的绿地格局与地表温度之间的关系不同。面积小的斑块绿地需要分辨率大的影像才能获取。格局指数受空间分辨率的影响。比如斑块密度随空间分辨率的下降而下降,使用TM影像发现斑块尺寸和地表温度没有显著性的线性关系^[24]。

3.1.3 格局指数与温度的关系 绿地斑块的格局指数与温度有联系,格局包括组成和配置两部分。研究者们进行了定性与定量的研究。斑块密度与温度呈正相关。破碎度越高,温度越高^[22]。Jian Peng等研究了北京大都市温度与景观绿地格局之间的关系,文章选取了几年的数据,发现夏季热岛效应的强度大于春季、秋季和冬季,结果表明景观的配置对温度的影响大于空间布局,当绿地超过70%时,城市的降温效果明显,形状指数和破碎指数有显著的正相关性,也就是说当绿地面积是一个最重要的指标,当考虑面积一定时形状指数比破碎度重要一些^[26]。Li研究了美国亚利桑那州凤凰城,然而结果发现土地格局比组成对地表温度的影响大^[27]。刘艳红用1986-2001年的数据对太原市的绿地格局指数研究表明破碎化程度加剧,热环境效益程度增强^[28]。王勇提取了青岛市的绿地信息,然后利用遥感影像反演地表温度,结果表明,绿地斑块密度和分维数与热岛强度在给定的尺度上呈正相关性^[29]。陈辉对成都市森林绿地格局的研究表明当绿地覆盖率一定时,大面积集中的绿地的降温效应明显高于面积

小的绿地^[30]。周志翔以宜昌为例,当绿地覆盖率小于 40%时,绿地内部的结构格局影响温度更大一些。绿地斑块的平均面积越大、破碎指数低产生的环境效益高^[31]。程好好分析了深圳绿地聚集度、均匀度、破碎度的格局指数。结果显示 NDVI 值、聚集度指数和热岛强度指数呈正相关,均匀度指数和破碎化指数与热岛强度指数呈负相关,结果显示集中绿地的降温效果较好^[32]。

然而有的研究也表明斑块密度、绿地组分、边缘密度与地表温度呈负相关性。Matthew 等人研究了新疆阿克苏地区的绿地对地表温度之间的关系,文章研究了绿地组成与配置和地表温度的关系,组成选用绿地的组分(Pland),配置选用斑块密度(Patch density)和边缘密度(edge density)。斑块密度、绿地组分、边缘密度与地表温度呈负相关性。结果表明 Ed 与 PD 的结合比单一变量起的作用巨大,也就是说在一定的绿地组分下,增加斑块密度和边比密度的绿地空间可以改善温度^[33]。

随着时间的变化,绿地与地表温度之间的关系也在变化。Li 研究了上海市绿地结构与热岛效应之间的关系,结果表明绿地在夏季比在春季减缓热岛的作用大。NDVI、Fv 与地表温度有强烈的负相关性,ISA 与地表温度有强烈的关系。选择 pLAND、ed、pd、shdi、shei 等景观指数来研究与温度之间的关系,结果前三者是正相关的,后两者是负相关,这些研究结果都表明散置绿地斑块能减弱地表温度^[34]。Dugord 研究德国柏林的结果表明绿色空间的冷效应在早上比在晚上明显,并且发现在十大大斑块、复杂边界的绿地能显著减弱热岛^[35]。

3.1.4 数值模拟 景观格局指数等都是基于统计学的原理来分析,研究者们利用数学方法来模拟生态过程。常用的气候模型分为两类,一类是基于地表热量平衡方程而建立的,一类是流体动力学模型,第一类成本低,第二类精度高^[23]。王晓光等以成都市的绿地规划为例,选择了集中型和分散型两种绿地布局,利用气象模型模拟了不同布局对气象环境的影响。结果表明当绿地面积在 32%的情况下,分散型布局比集中布局降温效果好,达到 60%时能消除热岛效应^[36]。刘艳红等利用 CFD 软件模拟了楔状、放射状、条带状点状、环状格局的绿地,结果表明楔形绿地具有良好的降温效果^[37]。Skelhorn 利用模拟软件 envi-met

研究了英国曼彻斯特地区,结果发现每增加 10%的绿地,地表温度会降低 1.5℃。另外还发现叶面积和地表温度有线性关系^[38]。

3.2 公园、居住区绿地、绿色屋顶与温度

城市公园一般由水体、绿地、硬质铺装构成。许多研究表明城市公园是减轻热岛效应的冷源。大多研究表明时间尺度影响降温效果。公园的面积、内部的植物群落结构、绿量等是影响降温效应的因素。

公园的特征影响着降温效果。吴志能等研究了公园绿地的面积、结构类型以及绿量等与降温效果的相关性^[39-44]。吴志能等选择夏季 5 个公园,利用实地观测的方法,测量了不同植物配置下温度的变化,结果表明降温效果与郁闭度、乔木胸高断面面积和三维绿量呈正相关关系^[44]。张波研究太原市的绿地斑块表明,绿地面积和绿量影响着降温效果^[43]。陈朱等选取上海市 15 个公园,利用实地测量研究了秋季时节公园面积以及植被的群落结构对温度的影响,结果表明面积与降温呈定量关系,群落类型与温度有一定的相关性,乔灌木类型的降温效果最好^[42]。冯晓刚利用遥感手段在夏季时研究了 7 个城市公园对周边降温效果的影响,公园中的水体和绿地面积对降温范围呈非线性关系,当公园水体面积大于 30%时,降温范围和幅度要高一些^[41]。苏泳娴选取了广州市的 17 个公园,利用遥感影像和实测法研究了对周边环境的降温效果,并定量分析了公园面积与降温范围之间的关系,长宽比与降温效果的定量关系,当长宽比大于 2 时,效果较好,实测法与遥感反演温度存在一些误差^[40]。冯悦怡利用遥感反演温度,选取北京市 24 个公园,研究了公园斑块内部景观构成、斑块形态和空间布局,研究了与它内部温度,以及对周围的降温范围和降温幅度的影响,结果表明公园中的水体是影响公园内部和外部温度的关键因子,而内部温度与绿地的面积相关性不大,主要受三维绿量和硬质铺装的影响,而对外部的影响范围受绿地面积的影响;绿地斑块的边界复杂度对内部温度有影响,但对外部温度影响不大;硬质铺装的空间分布对内外温度影响、以及外部的降温幅度都有影响,但绿地的空间分布对降温范围有影响,对降温幅度影响不明显^[39]。研究者对影响公园内部降温效果和外部降温范围的因子还存在一些不同点,可能是由于地区气候的影响,也可能是由于公园周围用地的

影响。陈方敏研究了上海市公园绿地与温度的关系,公园周围不同的用地温度有差别,不同的城市化公园周围的温度也有区别^[45]。

绿地的降温效果也受时间的影响。Doick 等研究了伦敦一块绿地在夜间对热岛效应的影响,实验利用实测温度的手法,结果表明这块绿地在不同夜间能对周围 20~440 m 的范围内有影响,在夏天降温幅度能达到 1.1℃,然而在夜间可以达到 4℃^[46]。

全球不同地区的研究者取得的成果不一样。日本的 60 hm² 的一公园降温距离达 1 km,降温幅度达 1.5℃。瑞典 156 hm² 的公园降温幅度达 4℃,距离是 775 m。所以造成这些不同研究结果的可能原因是不同区域、不同季节气候不一样、公园周围的用地不一样、城市化进程不一样。

秦俊研究了居住区绿地与温度之间的关系,结果发现乔木比例、覆盖率、斑块面积是影响降温的关键因子^[47]。

绿色屋顶也是城市绿地的一部分。Speak 研究了英国曼彻斯特绿色屋顶一天之中的降温作用,结果发现比周围 300 m 的气温低 1.06℃^[48]。

4 结论

前人研究表明,绿地有降温效应,并且也对不同绿地有着不同的降温效应、绿地覆盖度和遮荫度与温度之间的关系达成了共识,但是绿地格局和公园与温度之间关系的研究结果还不一致,并且与模拟结果也不一致。例如,有研究表明集中斑块、复杂边界绿地降温能力强,而有的研究发现分散的绿地降温效果好。研究也受尺度和影像分辨率的影响,比如不同分辨率的地表温度不一样。这些可能与气候、城市化差异等因素有关。在以后的研究中,应综合考虑这些因素。

公园的降温作用也是研究者的方向,然而也没有一致的结果,并且一些简单地定量结果无法用于规划实践。今后应该模拟公园绿地的降温作用,并且应量化公园内部的结构组分来指导实践。例如利用叶面积来模拟植物群落,可以将公园当中的植被组合定量化,研究它们与公园当中的其它组分所产生的降温效应。

居住区绿地和屋顶绿地也是城市绿地中的一部分。有些国内外的研究者已经做出研究,并且证明了其降温作用,但是研究范围仍不太广,应加大研究力度。

所有都是单独利用空气温度和地表温度研

究,然而没有结合人体舒适度来研究。随着气候变化加剧,绿地起的作用越来越大。需要带着人类的感觉去适应气候变化,为人类提供舒适的城市热环境。

参考文献:

- [1] 蔺银鼎,梁锋.城市灌木群落小气候效应的时空分布[J]. 中国农学通报, 2007(3):313-317.
- [2] 杨士弘.城市绿化树木的降温增湿效应研究[J]. 地理研究, 1994(4): 74-80.
- [3] 郭太君,林萌,代新竹,等.园林树木增湿降温生态功能评价方法[J]. 生态学报, 2014(19):5679-5685.
- [4] 何介南,肖毅峰,吴耀兴,等. 4 种城市绿地类型缓解热岛效应比较[J]. 中国农学通报, 2011,7(16):70-74.
- [5] 唐罗忠.不同类型绿地对南京热岛效应的缓解作用[J]. 生态环境学报, 2009,18(1):23-38.
- [6] 王娟,蔺银鼎,刘清丽.城市绿地在减弱热岛效应中的作用[J]. 草原与草坪, 2006(6):56-59.
- [7] 朱春阳,李树华,纪鹏.城市带状绿地结构类型与温湿效应的关系[J]. 应用生态学报, 2011(5): 1255-1260.
- [8] 朱春阳.城市带状绿地宽度与温湿效益的关系[J]. 生态学报, 2011(2):383-394.
- [9] 纪鹏,朱春阳,李树华.夏季城市河流宽度对绿地温湿效益的影响[J]. 应用生态学报, 2012,23(3):679-684.
- [10] 张昌顺,谢高地,鲁春霞,等.北京城市绿地对热岛效应的缓解作用[J]. 资源科学, 2015,37(6):1156-1165.
- [11] 李延明,张济和,古润泽.北京城市绿化与热岛效应的关系研究[J]. 中国园林, 2004(1):77-80.
- [12] 张正栋,蒙金华.基于城市热岛效应的城市降温通道规划研究——以广州市为例[J]. 资源科学, 2013(6): 1261-1267.
- [13] 胡道生,王修信,秦丽梅,等.植被、不透水面、水体对喀斯特城市地表热场影响[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2014(10): 125-129.
- [14] 杨春华,雷波,张晟.重庆市主城区热岛效应与植被覆盖关系研究[J]. 人民长江, 2013(7):51-55.
- [15] Li Junxiang, Song Conghe, Lu Cao, et al. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China[J]. Remote Sensing of Environment, 2011,115(12):3249-3263.
- [16] Buyadi S N A, Mohd W M N W, Misni A. Green spaces growth impact on the urban microclimate[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013,105: 547-557.
- [17] 肖湘东,王波,马建武,等.植物遮荫度对城市热岛效应的影响研究——以苏州市为例[J]. 中南林业科技大学学报, 2014(12):117-123.
- [18] 余兆武,郭青海,孙然好.基于景观尺度的城市冷岛效应研究综述[J]. 应用生态学报, 2015,26(2):636-642.
- [19] 苏泳娴,黄光庆,陈修治,等.城市绿地的生态环境效应研究进展[J]. 生态学报, 2011(23): 302-315.
- [20] 孔繁花,尹海伟,刘金勇,等.城市绿地降温效应研究进展与展望[J]. 自然资源学报, 2013(1):171-181.
- [21] 臧卓,张亚男.不同尺度下城市绿地景观格局与连通性研

- 究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(25): 49-55.
- [22] 任志彬. 城市森林对城市热环境的多尺度调节作用研究——以长春市为例[D]. 长春: 中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2014.
- [23] 陈爱莲, 孙然好, 陈利顶. 基于景观格局的城市热岛研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(14): 4553-4565.
- [24] Li Xiaoma, W Z Z O. Relationship between land surface temperature[J]. landscape and urban Planning, 2013.
- [25] Song J, Du S H, Feng X, et al. The relationships between landscape compositions and land surface temperature: Quantifying their resolution sensitivity with spatial regression models[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 123: 145-157.
- [26] Jian Peng, PXYL. Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern[J]. Remote Sensing of Environment, 2016, 173: 145-155.
- [27] Li X. Remote sensing of the surface urban heat island and land architecture in Phoenix, Arizona: Combined effects of land composition and configuration and cadastral-demographic-economic factors[J]. Remote Sensing of Environment, 2016, 174: 233-243.
- [28] 郭晋平, 刘艳红. 基于植被指数的太原市绿地景观格局及其热环境效应[J]. 地理科学进展, 2009, 28(5): 798-804.
- [29] 王勇, 李发斌, 李何超, 等. RS 与 GIS 支持下城市热岛效应与绿地空间相关性研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(4): 81-87.
- [30] 陈辉, 古琳, 黎燕琼, 等. 成都市城市森林格局与热岛效应的关系[J]. 生态学报, 2009(9): 4865-4874.
- [31] 周志翔, 邵天一, 唐万鹏, 等. 城市绿地空间格局及其环境效应——以宜昌市中心城区为例[J]. 生态学报, 2004(2): 186-192.
- [32] 程好好, 曾辉, 汪自书, 等. 城市绿地类型及格局特征与地表温度的关系——以深圳特区为例[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2009(3): 495-501.
- [33] Maimaitiyiming M, Chulam A, Tiyp T, et al. Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2014, 89: 59-66.
- [34] Li J, Song C, Lu C, et al. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China [J]. Remote Sensing of Environment, 2011, 115(12): 3249-3263.
- [35] Dugord P, Lauf S, Schuster C, et al. Land use patterns, temperature distribution, and potential heat stress risk - The case study Berlin, Germany[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2014, 48: 86-98.
- [36] 蒋维楣, 苗世光, 王晓云, 等. 城市规划中绿地布局对气象环境的影响——以成都城市绿地规划方案为例[J]. 城市规划, 2013(6): 41-46.
- [37] 刘艳红, 郭晋平. 绿地空间分布格局对城市热环境影响的数值模拟分析——以太原市为例[J]. 中国环境科学, 2011(8): 1403-1408.
- [38] Skelhorn C, Lindley S, Levermore G. The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK [J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 121: 129-140.
- [39] 冯悦怡, 胡潭高, 张力小. 城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响[J]. 生态学报, 2014(12): 3179-3187.
- [40] 苏泳娴, 黄光庆, 陈修治. 广州市城区公园对周边环境的降温效应[J]. 生态学报, 2010, 30(18): 4905-4918.
- [41] 冯晓刚, 石辉. 基于遥感的夏季西安城市公园“冷效应”研究[J]. 生态学报, 2012, 32(23): 7355-7363.
- [42] 陈朱, 陈方敏, 朱飞鸽, 等. 面积与植物群落结构对城市公园气温的影响[J]. 生态学杂志, 2011(11): 2590-2596.
- [43] 张波, 郭晋平, 刘艳红. 太原市城市绿地斑块植被特征和形态特征的热环境效应研究[J]. 中国园林, 2010(1): 92-96.
- [44] 吴志能, 邹敏, 艾丽皎, 等. 重庆市公园绿地夏季的热岛调控效应[J]. 中国农学通报, 2014(22): 238-245.
- [45] 陈方敏. 上海市公园绿地对城市热岛效应影响的多尺度研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
- [46] Doick K J, Peace A, Hutchings T R. The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island[J]. Science of The Total Environment, 2014, 493: 662-671.
- [47] 秦俊. 绿地缓解城市居住区热环境效应的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2014.
- [48] Speak A F, Rothwell J J, Lindley S J, et al. Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage[J]. Urban Climate, 2013, 3: 40-55.

Research Progress on the Cooling Effect of Urban Green Space

WANG Fei, LIU Yan-hong

(Shanxi Agricultural University, Jinzhong, Shanxi 030801)

Abstract: Green space has the effect of cooling, at the same time it can reduce the heat island effect on urbanization. The green space generalized by some factors were summarized, which affect the temperature and the relationship between them, and the lack of current research and future outlook were discussed.

Keywords: green space; cool; scale; pattern; simulation; park; green roof