

Characteristics of the Microclimate in Residential Areas of the Different Building and Green Layout

Yimeng Gan, Tao Liang, Keke Chen, Ruizhen He*

College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou Henan
Email: *hrz_666@sina.com

Received: Sep. 30th, 2016; accepted: Oct. 14th, 2016; published: Oct. 20th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

In order to study the relations of the microclimate, and the building environment factors and the SVF, according to the difference in green space integration, the surrounding building environment, and plant configuration mode, selecting DiHu residential district of ZhengZhou as an typical research subject, on the 11 sample points, the microclimate data of temperature, humidity, wind speed and wind direction were measured in field. The correlation analysis and linear regression analysis of the air temperature and humidity and the building height, SVF, the green biomass of three-dimensional and the green vertical structure were made by SPSS19. The results showed that: the building height, SVF, the green biomass of three-dimensional and the green vertical structure were important factors to influence the temperature and humidity changes in residential area. The temperature was a significant positive correlation with SVF and was negatively correlated with the building height and the green biomass of three-dimensional. The relative humidity had significant negative correlation with the building height, SVF, and was positive correlated with the green biomass of three-dimensional. As SVF increased 10%, the temperature rose 1.01°C, while relative humidity was reduced by 1.8%. The results can be used as an evaluation reference for the ecological benefits of urban green space, and provide some scientific basis for urban residential green design, upgrade and management.

Keywords

Microclimate of the Residential Area, Building Height, SVF, The Green Biomass of Three-Dimensional, Green Vertical Structure, Linear Regression Analysis

*通讯作者。

居住区建筑和绿化布局对微气候影响特征研究

甘义猛, 梁 涛, 陈珂珂, 何瑞珍*

河南农业大学林学院, 河南 郑州

Email: *hrz_666@sina.com

收稿日期: 2016年9月30日; 录用日期: 2016年10月14日; 发布日期: 2016年10月20日

摘 要

为了研究建筑环境因素、SVF等因素对微气候的影响,以郑州市典型居住区帝湖花园为样区,根据绿地集成度、周边建筑环境、植物配置等指标选取了11个测点,实测风温湿度等微气候数据,并利用SPSS19对相关参数与风温湿的关系进行了相关性分析和线性回归分析。结果表明:建筑高度、SVF、三维绿量、绿地垂直结构等因素是影响居住区温湿度变化的重要因子;温度与SVF呈显著正相关性,与楼高、三维绿量呈负相关性;相对湿度与楼高、SVF呈显著负相关性,与三维绿量呈正相关;SVF每增加10%,气温上升1.01℃,相对湿度降低1.8%。研究结果可以作为城市绿地生态效益评价的参考,并为城市居住区绿地的设计、改造升级和管理提供科学依据。

关键词

居住区微气候, 建筑高度, SVF, 三维绿量, 绿地垂直结构, 线性回归分析

1. 引言

城市微气候指城市冠层以下的气候环境,主要由空气温度、相对湿度、风环境等因素构成。近十几年来,快速的城市化进程对城市微气候环境造成了重要影响,受到交通排热和建筑排热以及下垫面结构的改变等因素的综合影响,城市热环境逐渐恶化,“热岛现象”及其负面作用日渐凸显[1][2]。

居住区是城市居民户外活动的最主要场所,其环境质量的好坏切实关系到居民的身心健康。当前由于土地压力及其他方面原因,高层高密度形式的居住区越来越多,建筑密度和容积率逐渐加大,人均绿地面积日益减少,这些因素综合造成了复杂的居住区微气候环境。随着人居环境学的发展,室外微气候环境质量越发受到人们的重视,研究其他因素如何定性定量影响居住区微气候环境已经成为非常迫切的现实问题[3][4]。

众多学者对居住区微气候环境做了相关研究,包括翟炳哲[5]等通过2013~2014年对郑州市区14个居住区户外地面1.5 m高和楼顶微气候测量发现,小区居民活动高度的温度、相对湿度、风速、光照度等与楼顶有显著差异。秦俊[6]以上海居住区为例,利用实测,研究影响居住区气温的景观绿化指标,并建立居住区热环境指数及其模型。结果表明,绿化乔木比例、绿化覆盖率与居住区气温呈极显著负相关,平均斑块面积与居住区气温呈显著负相关。陈卓伦[7]等以广州某住宅小区为例,定点实测其中的温度、相对湿度及风速等数据,考察人工湖、树阴以及下垫面性质等对室外热环境的影响,定量分析景观设计因子的权重关系,探讨通过改变相应的因子来改良居住区热环境的方法。除了居住区绿化因素的影响作用外,国内外[8]-[10]相关实测研究发现,天空视域因子(Sky View Factor, SVF)是影响热环境分布的重要因素,与居住区建筑密度、容积率、建筑高度相关,共同影响居住区微气候环境。Liang Chen [11]等对香

港高层高密度的居住区进行研究得出当 $SVF < 0.35$ 时温度会增加 3°C ；当 $0.35 < SVF < 0.5$ 时温度会增加 2°C ；当 $0.5 < SVF < 0.65$ 时温度会增加 1°C 的结论。

本研究不同于以上学者单从建筑因素或从绿化角度居住区微气候问题，着重选择有多类型下垫面的高层、多层居住区为样区，搜集样区不同测点的风温湿数据，选取多种影响参数并结合 SPSS19 软件进行相关性分析和线性回归分析，综合研究不同绿地特征与绿地生态环境效应的关系，进一步明确影响居住区微气候变化的主要因子，阐明不同配置下居住区微气候的变化规律。研究可为城市居住区空间的设计、建设、改造和管理提供部分科学依据。

2. 研究区概况和方法

2.1. 研究区概况

河南省郑州市位于东经 $112^{\circ}42' \sim 114^{\circ}13'$ ，北纬 $34^{\circ}16' \sim 34^{\circ}58'$ ，属于北温带大陆性季风气候，春季干旱少雨，夏季炎热多雨，秋季晴朗日照长，冬季寒冷少雪。年平均气温在 $14^{\circ}\text{C} \sim 14.3^{\circ}\text{C}$ 之间；年平均降雨量为 640.9 mm ；无霜期 220 d 。

本次研究对象为帝湖花园小区(图 1)，位于郑州市中原区内，距离市中心 8.2 km 。该样区总规划用地 3100 亩，样区面积大，呈行列式布局排列，为郑州市大型综合居住小区。由于帝湖花园兼有高层和低层建筑，且两者在同一位置，建设年限、建筑材料等外部条件相同，有助于研究楼层高度对居住区微气候的影响。高层建筑绿化覆盖率 33% ，绿地率 30.8% ；多层建筑绿化覆盖率 29% ，绿地率 27.2% ，绿化情况较好，能在一定程度上代表新建小区重视绿化的趋势。下垫面类型有广场、水泥路面、树木、草地和水体，是多种下垫面混合组成的典型城市下垫面。选择该样区进行微气候特征研究，对于研究城市复杂下垫面和温带气候条件下的微气候特征具有一定的参考价值。

2.2. 测点空间分析

根据均匀设置的原则，从建筑高度、树阴遮挡情况、是否临近水面、不同下垫面等角度综合选择了 11 个测点(图 2、表 1)。笔者以测点为中心， 10 m 为半径，绘制了测点的微环境示意图(图 3)来描述测点周围的空间情况。 1 、 8 、 10 三个测点的植被布局相同， 1 、 10 号点在乔木的边缘， 8 号点在乔木的中心； 2 、 4 、 6 、 11 四点相似。它们的区别在于： 2 号点东西两侧临近建筑，位于沥青路上； 4 号点西侧临水，东侧为建筑； 6 号点南北两侧为建筑，也位于沥青路上； 11 号点西侧临近铺装广场，东侧为建筑，地面为水泥路面； 7 和 9 号测点两点的植物配置是相同的，只是 9 号点的封闭性高于 10 ； 3 号测点为集中布置的草坪； 5 号测点为硬质界面。本研究将无绿化覆盖的硬质铺装 5 号点作为对照点。

2.3. 参数的选择

影响居住区微气候的不可控影响因素主要是大气条件、季节变换、日间条件、风速、云层等。可控因素主要为居住区面积、容积率、建筑密度、建筑高度、天空视域因子、植被绿化体系等。每个因素都会部分影响太阳辐射、空气对流等过程，导致复杂的城市居住区微环境。文章因变量选择居住区内平均空气温度、相对湿度、风速，自变量的选择专注于可控的居住区建筑布局和绿化因素[12]。

综合性居住区大多呈高层建筑与多层建筑相混合的特点，建筑高度对微气候有直接的影响。高层拥有较高的容积率、较大的建筑间距，受建筑阴影和峡口效应的影响，高层居住区风温湿与多层有很大的不同。

天空视域因子反映了周围地物对天空的遮蔽程度，是一个 0 到 1 之间的无量纲测量参数，“ 0 ”代表完全封闭，“ 1 ”代表完全开敞空间。 SVF 实质上定义了城市建筑空间的封闭程度，是影响城市热岛效应



Figure 1. Location map of the sample district

图 1. 样区区位图

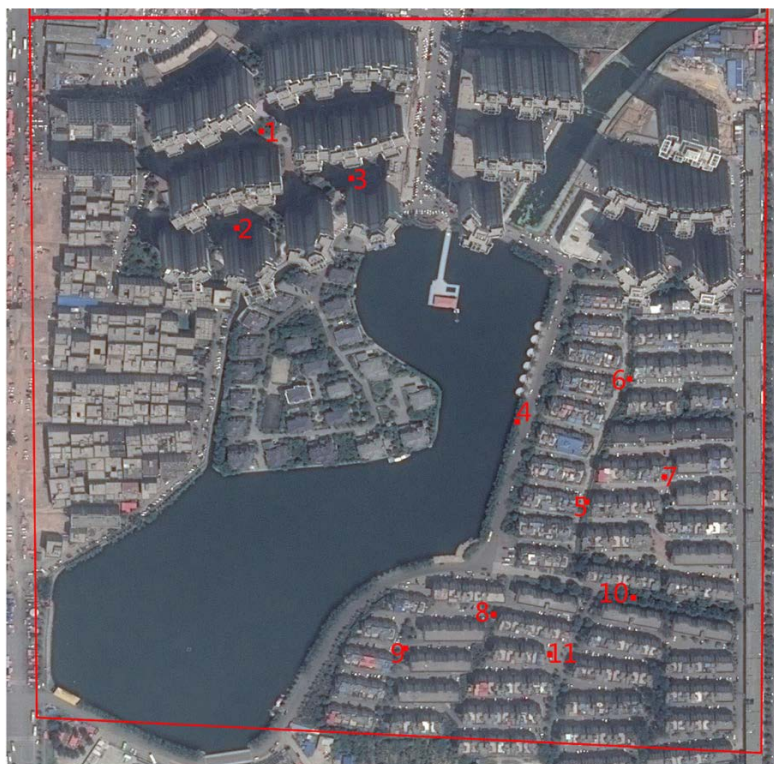


Figure 2. Distribution map of the measuring points

图 2. 样区测点分布图

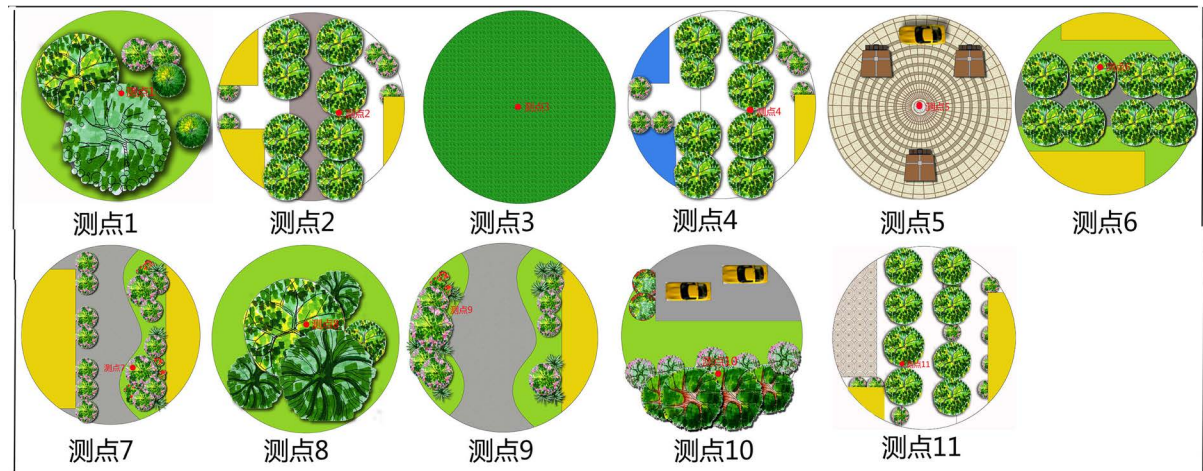


Figure 3. The buffer map of 10 m range around the measuring points of the environment

图 3. 测点周围 10 m 范围环境示意图

Table 1. Data of the sample points

表 1. 测点设置情况

测点编号	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	测点 5	测点 6	测点 7	测点 8	测点 9	测点 10	测点 11
层级	高层	高层	高层	多层	多层	多层	多层	多层	多层	多层	多层
具体位置	北部楼间块状绿地	北部主干道行道树下面	北部草坪, 临近人工水池	中部干道行道树下, 邻水	中部居民活动广场	中部主干道行道树下面	中部楼后基础绿化带	南部块状绿地, 主路旁边	南部楼后基础绿化带	南部楼间主干道行道树下面	南部楼间次干道行道树下面
树阴	树阴下	树阴下	无	树阴下	无	树阴下	无	树阴下	无	树阴下	树阴下
空间类型	乔灌木	纯乔木	草坪	纯乔木	硬质铺装	纯乔木	灌木	乔灌木	灌木	乔灌木	纯乔木

的重要因素。SVF 与天空和地面之间的辐射交换直接相关，它表达了整个辐射半球表面接收或发射的辐射的比值[13]-[15]。

在热岛效应最为显著的夏季高温天气条件下，城市绿地植被的生态效益表现更明显。绿化覆盖率的大小最直接也是最根本影响整体绿地生态效益。然而在现实居住区绿地面积有限的背景下，绿地结构在小尺度上更能体现绿地生态功能的强弱，绿地的三维绿量与植物的遮阳和蒸腾降温能力息息相关，绿量空间指标主要侧重于三维绿色空间，绿地自身的层次结构即垂直方向上的结构层次对绿地内部形成局部环流，实现热量交换的影响表现也尤为明显[16] [17]。

由此，本次研究综合选择影响居住区微气候的部分重要可控因素，包括建筑高度、天空视域因子植被群落三维绿量和绿地垂直结构类型。

2.4. 研究方法

场地内测点的空气温度变化受到如植被、建筑布局、地形、交通密度和其他人为热因素的综合影响，但主要取决于阴影区域强度和地表性质。在城市不同区域场地中各项因素是十分变化的，因此把不同场地中的风温湿度与某单一的外部参考点如城市的气象站进行比较，往往会得出不正确的结论。因此，本次研究中冷却效应被认为是现场不同测点测量的风温湿度与相应的参照点之间的差异。参照点的选择需符合以下两个标准：① 参照点要接近于实测测点的场地；② 参照点是没有树木的，且一天中的大部分

时间能接收到阳光，它代表了没有植被影响的场地的背景，如此定义的冷却效果。在某种程度上是周围的背景温度的函数。

测量时段选取为 2015.9.20~2015.9.25, 均为晴朗、静风天气。测量时间为所选时段内每天 8:00~19:00, 共 12 小时。测量工具包括路昌 LM-8000 温度相对湿度风速照度四合一环境测量仪, 该仪器具有测量参数多、精度高、便于携带的特点, 温度测量范围为 -100.0°C 至 1500.0°C , 精确度 $\pm 1\%$, 相对湿度测量范围为 $10\% \sim 95\%$, 精确度 $\pm 4\%$ 。还包括带有鱼镜头的 SONYnex7 相机以及测量卷尺等。测量方法: 针对风温湿度数据, 利用四合一环境测量仪测量每个样区内不同测点行人高度(距地 1.5 m)处温湿度数据, 每小时测 1 次, 每次同一测点分 4 个方向得出 4 组数据, 每组数据测量持续时间 1 min ~3 min, 每组数据读取最大值和最小值, 并取平均值作为每组最终的测量数值, 即每个测点得到 $5 \times 12 \times 4$ 测量结果。依据下列公式取空气风温湿度的算术平均值:

$$C = (C_1 + C_2 + \dots + C_n) / n \quad (1)$$

式中: C 为测定时段内某样区某测点空气风温湿度平均值, C_1, \dots, C_n 为测定时段测点空气风温湿度测定值, n 为测定值个数。使用带有鱼镜头的 SONYnex7 相机于地面高 0.8 m 处对各测点垂直于地面向上进行定点拍照以获取鱼眼图像, 结合采用 WinSCANOPY 专业分析软件(WinSCANOPY 是分析太阳辐射和树冠的数字图像分析仪, 工作原理是对数码相机拍摄的鱼镜头图像进行专门软件分析)进行不同测点 SVF 值的计算。针对植被数据, 以实地调研的方式获得样区各测点的植物优势种及其株高、冠幅等绿地特征参数。文章结合了郭雪艳[18]关于常见园林树种绿量计算方法, 研究计算了每个测点 10 m 范围内的植被绿量情况。最后, 用 MICROSOFT EXCEL 软件处理表格, 用 SPSS19.0 分析软件对数据进行显著性相关性分析和线性回归分析。

3. 结果与分析

3.1. 各样点观测数据

根据上述研究方法, 对各个样点的观测数据进行了相应的分析, 结果如表 2 所示。

3.2. 居住区微气候因子与各影响因素的相关性分析

采用统计学的皮尔逊(Pearson)相关系数检验了自变量对居住区风温湿的影响(表 3、表 4、表 5), 计算结果表明: 居住区内部平均气温与建筑高度、天空视域因子、三维绿量、绿地垂直结构类型之间存在极显著的相关关系, 其相关系数分别为 -0.815 、 -0.825 、 0.842 、 -0.960 ; 平均相对湿度与上述四个参数之间也存在显著相关性, 特别是与天空视域因子、三维绿量呈极显著相关, 其相关系数分别为 0.661 、 -0.204 、 -0.935 、 0.970 ; 居住区内部平均风速与四个影响参数之间, P 值都 >0.05 , 说明风速与建筑高度、天空视域因子、植被群落三维绿量、绿地垂直布局形式之间没有显著相关性, 也侧面反映了居住区风速变化的复杂性。

3.3. 天空视域因子 SVF、三维绿量与温度和相对湿度的线性拟合关系

利用 SPSS19 软件进行 SVF 值、三维绿量值与居住区平均温度和相对湿度之间的线性分析(图 4)。其中 SVF 值与温度呈正相关, 线性公式为 $Y_{svf} = 8.26X - 186.16$, X 为平均温度, $R^2 = 0.8998$, 具有较好的拟合度。SVF 值与相对湿度呈负相关, 线性公式为 $Y_{svf} = -5.039X + 199.47$, X 为平均相对湿度, $R^2 = 0.8732$, 也具有较好的拟合度; 三维绿量值与温度呈负相关, 线性公式为 $Y_{三维绿量} = -152.26X + 4403.3$, X 为平均温度, $R^2 = 0.921$ 。三维绿量值与相对湿度呈正相关, $Y_{三维绿量} = 95.35X - 2783.8$, X 为平均相对湿度, $R^2 = 0.9418$, 都具有较高的拟合度。

Table 2. The average air temperature, humidity and SVF, 3D green quantity of the measuring points
表 2. 各测点平均风温湿度及 SVF、三维绿量值

测点	平均温度/℃	平均相对湿度/%	平均风速 m/s	天空视域因子(SVF)%	三维绿量 m ³
测点 1	25.8	34.9	1.1	25.8	609.3
测点 2	26.1	32.8	1.0	27.6	378.2
测点 3	28.9	29.5	0.9	46.9	13.2
测点 4	26.9	32.3	1.3	42.0	291.5
测点 5	29.5	28.1	1.2	62.2	1.6
测点 6	26.8	32.7	1.1	39.1	287.6
测点 7	28.3	30.0	1.2	47.6	26.5
测点 8	25.6	34.7	1.6	23.8	530
测点 9	28.5	30.3	2.0	48.2	27.3
测点 10	25.7	34.3	1.1	28.0	463.1
测点 11	27.1	31.8	1.4	32.1	257

Table 3. The correlation analysis between the average temperature and other independent parameters
表 3. 各影响参数与平均温度相关分析

		建筑高度	绿地垂直布局形式	天空视域因子	三维绿量
平均温度	R	-0.815	-0.825	0.842	-0.960
	P	0.002**	0.002**	0.001**	0.000**
	N	11	11	11	11

注: R 为相关性系数, **表示在置信度为 0.01 时, 相关性是显著的。

Table 4. The correlation analysis between the average temperature and other independent parameters
表 4. 各影响参数与平均温度相关分析

		建筑高度	绿地垂直布局形式	天空视域因子	三维绿量
平均相对湿度	R	0.661	-0.204	-0.935	0.970
	P	0.027*	0.047*	0.000**	0.000**
	N	11	11	11	11

注: R 为相关性系数, *, **分别表示在置信度为 0.05、0.01 时, 相关性是显著的。

Table 5. The correlation analysis between the average value of wind speed and other independent parameters
表 5. 各影响参数与平均风速相关分析

		建筑高度	绿地垂直布局形式	天空视域因子	三维绿量
平均风速	R	-0.545	-0.064	0.077	-0.124
	P	0.083	0.852	0.823	0.717
	N	11	11	11	11

说明: 白天空气温度随着 SVF 的增加, 呈现出逐渐增加的趋势。原因是较大的 SVF 代表较大的空间开敞度, 同时可能伴随较小的植被覆盖, 受到太阳辐射影响更大, 引起空气升温更为迅速, 同时相对湿度降低。通过对标准系数的比较发现, 天空可视因子每增加 10%, 气温上升 1.01℃, 相对湿度降低 1.8%。

树木主要通过树冠的遮阳以及自身的蒸腾作用实现对温湿度和辐射的调节，叶面和泥土依靠自身吸收、反射太阳辐射以及蒸腾作用降低空气及绿地内部空间温度，增加相对湿度，进而综合改善局部区域的微气候。由此，区别以往强调绿化率的观点，重视提高植被的三维绿量更能提高居住区生态效益。

3.4. 建筑高度对居住区温湿度的日变化分析

笔者根据测点楼层高度情况将数据进行了分组，分为高层和多层及对照点3组(图5)。结果表明：3组测点温度日变化趋势相似，中午温度高，早晚温度低。参照点的温度变化走势波动较大，至11h达到温度最高值，比高层和多层最高温出现时间分别提前2h和3h。在温度均值上，高层 < 多层 < 对照点；相对湿度方面，对照点于8点至11点，湿度迅速下降，至11点到达最低值，而后开始回升。高层和多层在8点~15点相对湿度持续降低，分别在14点、16点湿度到达最低，相比对照点晚了3h、5h。在相对湿度均值上，对照点 < 多层 < 高层。说明建筑高度与居住区内部气温、相对湿度有显著相关性，其与温度呈负相关，与相对湿度呈正相关。原因是上午随着太阳辐射增强，由于高楼的相互遮阴，加之样区高层之间布置了集中式绿地，综合降低了空气温度，也说明了在一定条件下较高的楼层具有更好地降温增湿作用。

3.5. 绿地垂直结构类型对居住区温湿度的日变化分析

结合图6可知：各类型空间温度日变化大致为单峰曲线形状，呈早晚低中午高的特点。对照点由于缺乏植被冷却，温度上升最快，至11点达到最高温。乔灌木、纯乔木、灌木、草坪分别于16点、15点、

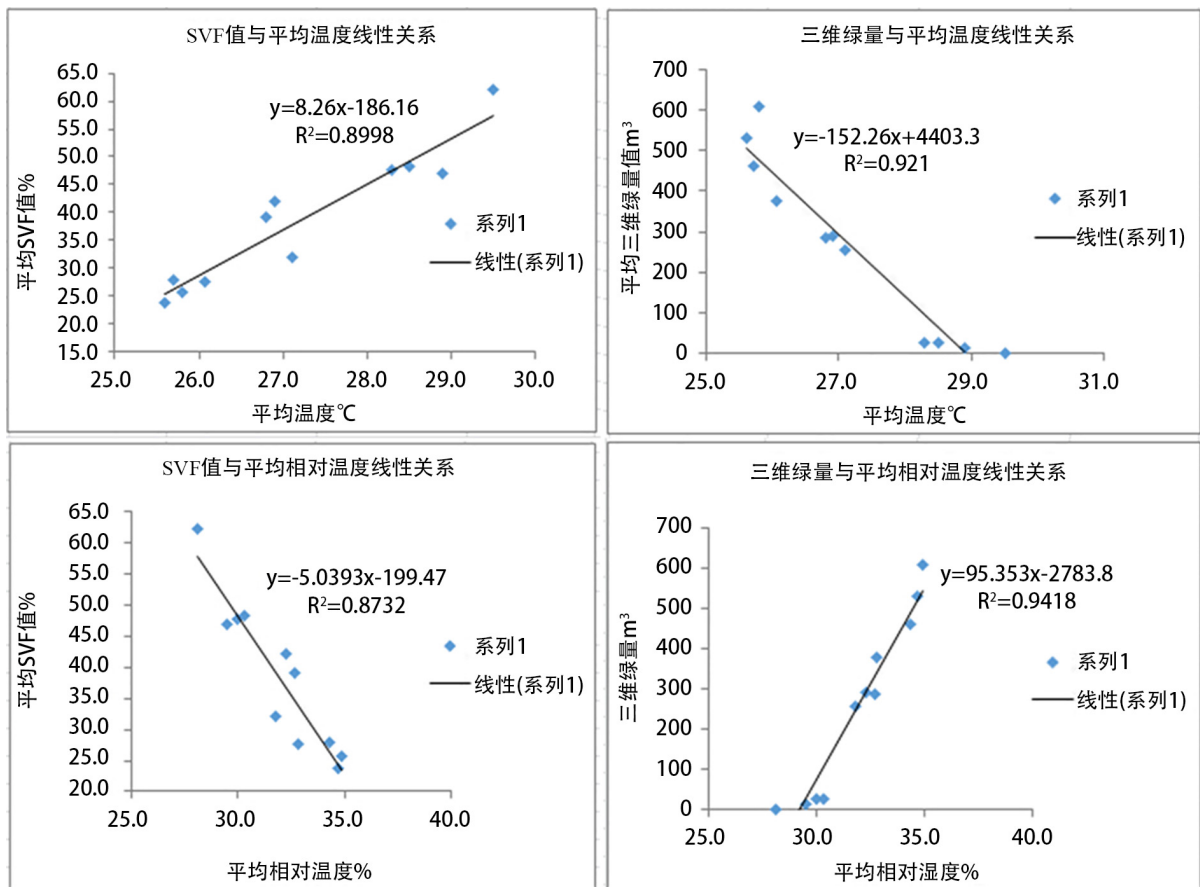


Figure 4. The linear fit map of temperature, relative humidity and SVF three-dimensional and green biomass
图4. SVF值、三维绿量与温度、相对湿度的线性拟合

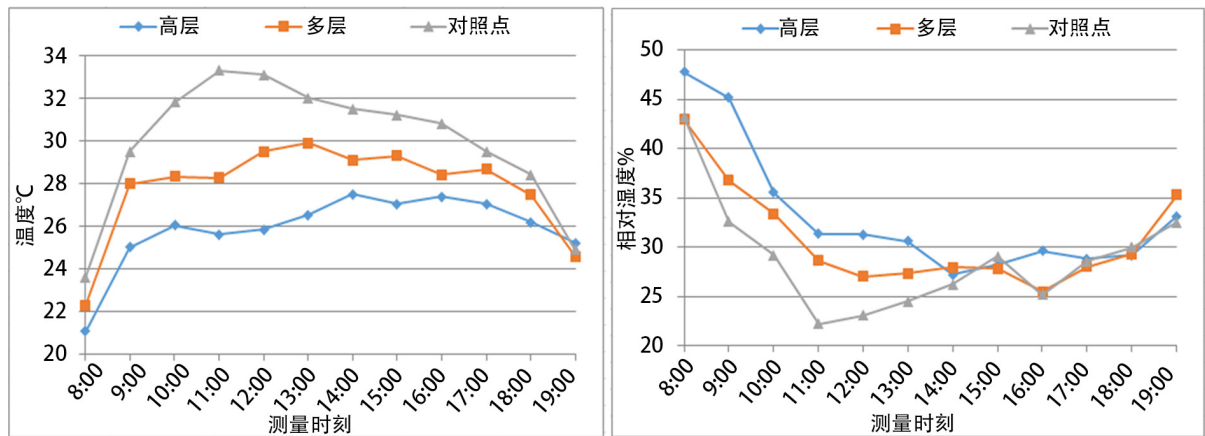


Figure 5. The change of temperature and humidity of the different residential building heights

图 5. 建筑高度对居住区温湿度日变化分析图

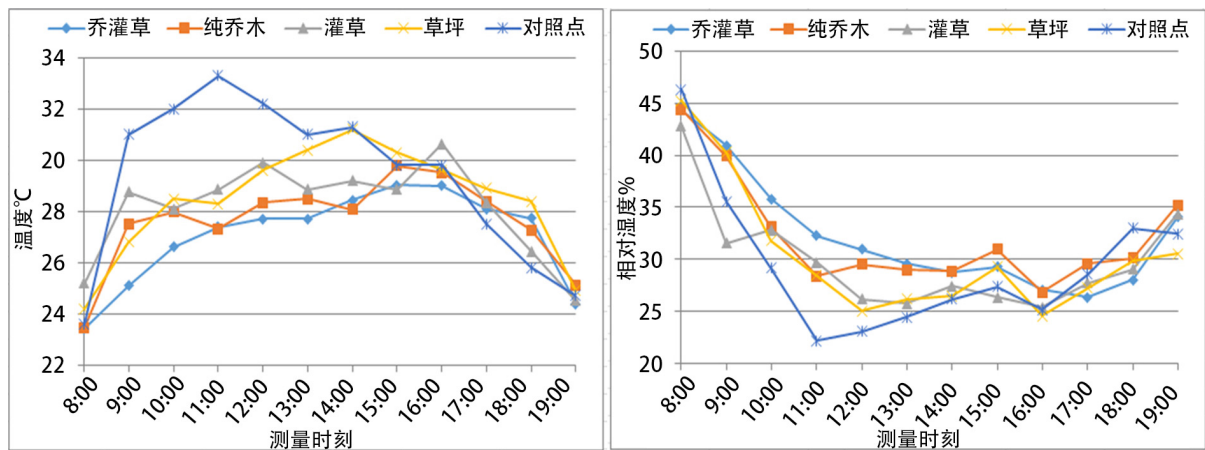


Figure 6. The diurnal variation of temperature and humidity on the Vertical structure variation

图 6. 垂直结构对温湿度的日变化分析

12 点、14 点到达最高温,较之对照点分别晚了 5 h、4 h、1 h 和 3 h,较之对照点白天平均降温分别为 2.2℃、1.7℃、1.2℃和 0.9℃;相对湿度方面,各空间变化趋势相似,呈现早晚高,中午低,近似“马鞍型”的特点;8 点~12 点间,各空间相对湿度都迅速下降,其中以对照点湿度下降幅度最为强烈,至 11 点到达湿度最低值,而后缓慢上升。乔灌木、纯乔木、灌草和草坪到达湿度最低值时间分别为 17 点、16 点、16 点、12 点,相比对照点晚了 6 h、5 h、5 h、1 h,四种绿地相比对照点白天平均增湿幅度分别为 2.8%、2.7%、0.5%和 0.9%,最大增湿幅度分别为 4.2%、4.7%、3.3%、2.9%。说明在居住区内部绿化布局中,乔灌木和纯乔木绿地空间具体更好的降温增湿效果。

4. 结论与讨论

4.1. 结论

微气候是城市环境设计的重要部分,研究的目标就是为城市人口提供舒适的居住环境。城市气候学不仅仅考虑所在的气候区,城市形态的变化应更加符合城市设计的需求。

通过本研究可以得出以下结论。

1) 居住区内部建筑高度、天空视域因子、植被群落的三维绿量及绿地垂直结构类型与居住区内部的

微气候有显著的相关性。

2) 居住小区的楼高对塑造微气候有重要影响。结果表明,在9月份,温度较高时,高层的日平均温度低于多层,且日最高温度出现的时间要晚于多层,具有更好的降温增湿能力。

3) 通过线性回归分析发现天空可视因子是影响温湿度变化的重要因子。SVF与温度呈正相关,与相对湿度呈负相关,SVF值每增加10%,空气温度上升1.01℃。

4) 三维绿量与居住区温湿度有极显著相关性,与温度呈负相关,与相对湿度呈正相关;绿地自身垂直方向上的结构层次对绿地内部局部环流,热量交换的影响表现尤为明显,乔灌草类型绿地具有更好的改善微气候生态效应。

4.2. 讨论

通过该研究发现,建筑和绿化布局对微气候的影响主要是通过改变城市的下垫面、植被群落的光合作用、蒸腾蒸发能力和太阳的入射量大小实现的。乔灌草及纯乔木植被结构的高低错落改变了太阳辐射和植物的光合以及蒸散作用,通过与周围环境进行的热交换,起到降温增湿效果,因此,不同绿地结构类型降温效果有很大差异。由此建议在居住区规划设计中,要重视控制内部SVF值,可通过多种植乔木降低SVF,降低温度;提高居住区内部植被群落的三维绿量,增加蒸腾降温。虽然本研究从9月的观测结果,得出高层具有降温增湿作用,但考虑到观测的时段较短,无法对增加楼层高度得到的冬天的微气候特征进行阐述,所以关于高层的最终结论还需进一步的研究,并最终得出有成效的建议。

研究受限于人力及时间的限制,结果具有一定的局限性,对于建筑平面和立面布局形式对微气候的影响方式和影响程度,还需在以后研究中,通过更详细的观测实验以及数据分析进行深入探讨。例如增加更多影响参数,将白天及夜晚情况进行对比等都是需要进一步的研究问题。

基金项目

国家自然科学基金资助项目,郑州市绿色空间布局对城市微气候的影响机制(31470029);河南省科技厅产学研资助项目(142107000101)。

参考文献 (References)

- [1] 周淑贞,张超.城市气候学导论[M].上海:华东师范大学出版社,1985.
- [2] 高凯,秦俊,胡永红.城市居住区景观绿化格局改善热环境变化的遥感监测分析[J].生态环境学报,2012,21(3):464-469.
- [3] 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,2011,31(23):7287-7300.
- [4] Yang, F., Lau, S.S. and Qian F. (2010) Summertime Heat Island Intensities in Three High-Rise Housing Quarters in Inner-City Shanghai China: Building Layout, Density and Greenery. *Building and Environment*, **45**, 115-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.010>
- [5] 翟炳哲,林波荣,毛其智,等.郑州小区形态与微气候的实验研究[J].动感(生态城市与绿色建筑),2014(3):119-124.
- [6] 秦俊.绿地缓解城市居住区热环境效应的研究[D]:[博士学位论文].上海:华东师范大学,2014.
- [7] 陈卓伦,赵立华,孟庆林,等.广州典型住宅小区微气候实测与分析[J].建筑学报,2008(11):24-27.
- [8] 丁沃沃,胡友培,窦平平,等.城市形态与城市微气候的关联性研究[J].建筑学报,2012(7):16-21.
- [9] 杜晓寒,石玉蓉,等.广州典型生活性街谷的热环境实测研究[J].建筑科学,2015,31(12):8-13,87.
- [10] Kalnay, E. and Cai, M. (2003) Impact of Urbanization and Land-Use Change on Climate. *Nature*, **423**, 528-531. <http://dx.doi.org/10.1038/nature01675>
- [11] Chen, L. (2012) Sky View Factor Analysis of Street Canyons and Its Implications for Daytime Intra-Urban Air Temperature Differentials in High-Rise, High-Density Urban Areas of Hong Kong: A GIS-Based Simulation Approach.

International Journal of Climatology, **32**, 121-136. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.2243>

- [12] Chen, H., Ooka, R., Huang, H., *et al.* (2009) Study on Mitigation Measures for Outdoor Thermal Environment on Present Urban Blocks in Tokyo Using Coupled Simulation. *Building and Environment*, **44**, 2290-2299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.03.012>
- [13] Lin, T.-P., Tsai, K.-T., Hwang, R.-L., *et al.* (2012) Quantification of the Effect of Thermal Indices and Sky View Factor on Park Attendance. *Landscape and Urban Planning*, **107**, 137-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.05.011>
- [14] 王频. 多尺度城市气象研究综述[J]. 建筑科学, 2013, 29(6): 107-114.
- [15] 杨俊宴, 马奔. 城市天空可视域的测度技术与类型解析[J]. 城市规划, 2015, 39(3): 54-58.
- [16] 刘滨谊, 梅歆, 匡纬, 等. 上海城市居住区风景园林空间微气候要素与人群行为关系测析[J]. 中国园林, 2016, 32(1): 5-9.
- [17] 杨振山, 张慧, 丁悦, 等. 城市绿色空间研究内容与展望[J]. 地理科学进展, 2015, 34(1): 18-29.
- [18] 郭雪艳. 南京市常见园林植物的绿量研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2009.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccl@hanspub.org