

墙面绿化降温增湿效应对人体舒适度影响的研究

宋双双,李骄娴,陈 宇

(南京农业大学 园艺学院,江苏 南京 210095)

摘要:为研究墙面绿化的降温增湿效应,对绿化墙面进行连续测量,并以无绿化墙面作为对照,探讨温湿度对人体舒适度的影响。结果表明:当采用墙面绿化后,绿化墙体比对照墙体室内平均温度降低 0.66℃;绿化墙体内外墙面温差为 1.08℃;绿化墙体外墙面比对照墙体外墙面平均温度降低 0.79℃;温湿度日变化中,温度最高点出现在 13:00 左右,14:00 温度有所下降,湿度最低值出现在 13:00 左右,温湿度变化呈现出负相关的关系。墙面绿化一定程度上可降低 THI 指数,提高人体舒适度,缩小室内外温度差。

关键词:墙面绿化;生态效应;降温增湿;人体舒适度

中图分类号:TU985.19 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2017)01-0082-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.01.0082

随着城市热岛效应越来越显著,城市绿化发挥的生态效益越来越受到学者的关注。城市公园绿地中,不同下垫面产生的降温增湿效应有所不同^[1];刘光立等通过测算植物叶面积指数发现,不同垂直绿化植物产生的降温增湿等生态效益也有所差异^[2]。人体舒适度受到很多因素的综合影响,而从各个角度探讨人体舒适度也是当前学者的研究热点。刘滨谊等通过研究居住区的小气候

和人群行为关系,进而探索人体舒适度的影响因素^[3];曹家寅等从高校宿舍的热环境角度,通过调查问卷和软件模拟,探讨宿舍的人体舒适度以及改善策略^[4]。本文将从墙面绿化的降温效应、增湿效应和人体舒适度三个方面进行调查测量和研究,以期丰富城市绿化形式和构建生态城市提供科学依据。

1 研究内容与方法

1.1 研究地概况

本研究以绿色建筑和建筑节能示范园区南京紫东创意园的墙面绿化作为测试点,其墙体材质为水泥,墙面绿化丰富,植物选择包括大吴风草、八角金盘、金边黄杨、金森女贞等。同时选择无绿化,墙体材质相同的房间作为对照。

收稿日期:2016-12-12
第一作者简介:宋双双(1991-),女,湖北省襄阳市人,在读硕士,从事园林植物造景与运用研究。E-mail: 869178527@qq.com。
通讯作者:陈宇(1975-),女,江苏省江阴市人,博士,副教授,硕士生导师,从事园林规划设计、风景园林历史与理论等研究。E-mail: qomoo@163.com。

Analysis on Time and Space Performance and Landscape Construction of Zhanghe Village

HUANG Yan-fang, YIN Dong-dong, LI Sen, KANG Xiu-ping, XING Guo-ming
(College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

Abstract: In order to make the standardization and characterization of beautiful rural construction work for Zhanghe village, through the investigation of the first batch of existing plants in the most beautiful villages for Zhanghe village of Jincheng city, existing deficiencies and reasons of the plants landscape were analyzed from the aspects of plants in the seasonal landscape and vertical landscape, and the landscape plant species were increased according to the climatic conditions of Zhanghe village to enrich the seasonal and vertical changes, and provided some feasibility of the reference for the project of beautiful villages of Zhanghe village and the mountain of southern Taihang area.

Keywords: plant landscape; time and space performance; seasonal landscape; vertical landscape

1.2 研究方法

选择夏季南京地区晴朗无风(风速 $<2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)天气,2016年8-9月共测量10 d,并选取其中天气状况最优的5 d作为基础数据进行分析。采用空气温湿度测量仪(型号 Testo610),测量为每日9:00-18:00 每隔1 h手动记录,每天观测10 h,测量内容包括距地面1.5 m处,墙体外墙0、1.0、1.5 m处温湿度、绿化墙体和对照墙体内部温湿度及房间内温湿度、室外空气温湿度等数据(距对照墙体1.0 m处的数据不做分析,仅用对照墙体无绿化条件下的外墙面和空气温度与绿化墙体做对比,即0和1.5 m处温湿度,此处不研究对照墙体水平距离的温湿度变化)。

测量结果运用 Excel 进行统计分析,并采用 SPSS19.0 软件对不同水平、垂直距离的温湿度进行方差分析和配对样本检验,并通过相关系数和差异值进行分析。相关系数 $R>0.9$ 时,相关性高; $0.9>R>0.8$,相关性较高; $0.8>R>0.7$,相关性可接受; $R<0.7$ 则相关性低,需重新配对和检验分析。差异值 $P>0.05$ 时,无显著差异或差异不明显;差异值 $P<0.05$,则样本具有显著差异^[5]。

1.3 人体舒适度评价

人体舒适度就是以“舒适指数”来量化反映不同的温度、湿度、风速等气象环境下人体的舒适感觉。而对于南京的夏季,日均风速较小,因此主要考虑空气温度和空气湿度两个气象要素对人体的影响。本研究选用美国国家气象局用于夏季舒适度及工作时数预报的温湿指数(Thermal Humidity Index, THI),将其作为反映人体舒适度的指数。其计算公式为: $\text{THI} = T - 0.55(1 - 0.01\text{Rh})(T - 14.5)$, 其中, THI 表示人体舒适度指数, T 为空气温度($^{\circ}\text{C}$), Rh 为空气湿度(%), THI 数值越大,人体越不舒适。THI 与人体舒适度的等级划分标准: $\text{THI} \geq 29.5$, 酷热, 无降温措施难以工作; $29.5 > \text{THI} \geq 26.7$, 很热, 很不舒适; $26.7 > \text{THI} \geq 23.9$, 热, 不舒适; $23.9 > \text{THI} \geq 21.1$, 较热, 较不舒适; $\text{THI} < 21.1$, 凉爽, 舒适^[6]。

2 结果与分析

2.1 温湿度日变化分析

根据测量结果发现,夏季南京地区温度变化范围在 $32\sim44\text{ }^{\circ}\text{C}$, 早晚温差较大,温度变化幅度为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。而距离绿化墙体水平距离 0、1.0、

1.5 m 处的温度,整体呈现出绿化 0 m 温度 $<$ 绿化 1.0 m 温度 $<$ 绿化 1.5 m 温度,墙体绿化降温效应随着水平距离的增加而减弱(见图 1)。室外温度最高点出现在 13:00 左右,达到 $44\text{ }^{\circ}\text{C}$, 14:00 温度有所下降。室内温度一天中的最高点出现在 11:00 左右和 13:00 左右,室内温度波动较小,室内绿化墙体整体温度比对照墙体低 $2\sim4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这也与墙面绿化一定程度上可遮挡太阳辐射,延缓墙体热惰性,降低室内温度有关(见图 2)。

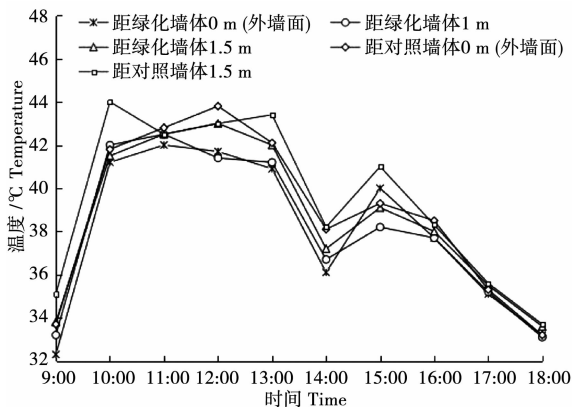


图 1 室外温度对比

Fig. 1 Outdoor temperature contrast

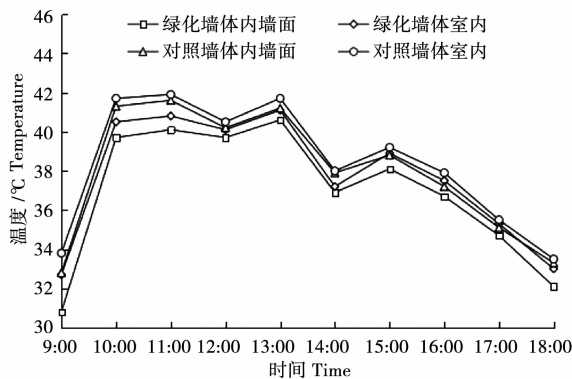


图 2 室内温度对比

Fig. 2 Indoor temperature contrast

湿度方面,绿化墙体外墙湿度整体高于其它样点湿度,增湿幅度最高达 15%;距离绿化墙体水平距离 1.0、1.5 m 处空气湿度和对照墙体空气湿度无明显差异;一天中湿度最低值出现在 13:00 左右,与温度最高点出现的时间较吻合(见图 3)。

2.2 室内外温湿度对比分析

通过方差分析,绿化墙体与对照墙体温湿度比较见表 1,绿化墙体外墙湿度比对照墙体外墙湿度平均低 $0.79\text{ }^{\circ}\text{C}$, 差异显著($P=0.017$);绿化

墙体内外温度相比,具有较高相关性和明显的差异性($R=0.970,P=0.004$),绿化外墙面比绿化内墙面平均温度低 $1.08\text{ }^{\circ}\text{C}$;对照墙体房间和绿化墙体房间也有极显著差异,对照墙体房间整体温度比绿化房间温度高 $0.66\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。墙面绿化一定程度上降低了室内外温度差异,削减了人体的不舒适性。

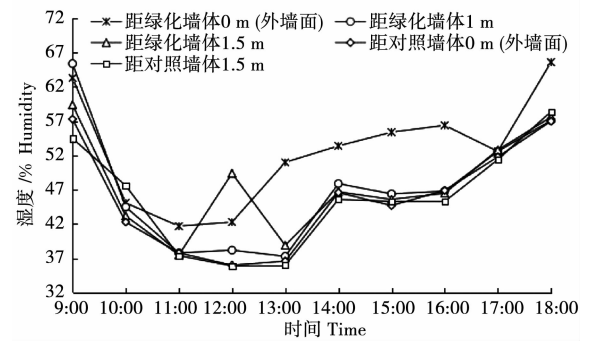


图 3 室外湿度对比
Fig. 3 Outdoor humidity contrast

室内外湿度方面,绿化墙体外墙面比对照墙

体外墙面平均湿度增加 6.98% ,增湿效应明显;而绿化墙体内外湿度变化幅度较小,仅为 1.29% ;绿化墙体和对照墙体室内湿度差异明显($P<0.05$),绿化墙体内外墙面比对照墙体内外墙面平均湿度高 5.9% ,绿化墙体比对照墙体房间平均湿度高 5.39% 。这一结果显示,墙面绿化在增湿方面也发挥着重要作用,室内外增湿幅度为 $5.39\%\sim 6.98\%$ 。

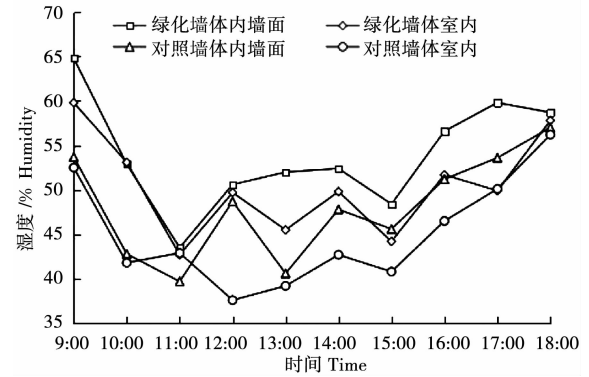


图 4 室内湿度对比
Fig. 4 Indoor humidity contrast

表 1 温湿度对比分析
Table 1 Temperature and humidity analysis

项目 Items	温度 Temperature				湿度 Humidity			
	均值 Average	标准差 SD	相关系数 Correlation coefficient	P	均值 Average	标准差 SD	相关系数 Correlation coefficient	P
绿化墙体外墙面 & 对照墙体外墙面	-0.79	0.85	0.976	0.017	6.98	4.00	0.874	0.001
绿化墙体外墙面 & 绿化墙体内外墙面	1.08	0.89	0.970	0.004	1.29	5.46	0.738	0.015
绿化墙体内外墙面 & 对照墙体内外墙面	1.00	0.55	0.987	0.000	5.90	3.72	0.810	0.005
绿化墙体房间 & 对照墙体房间	0.66	0.36	0.994	0.000	5.39	4.32	0.728	0.017

2.3 人体舒适度对比分析

根据人体舒适度指数 THI 公式计算出绿化和无绿化条件下,不同时刻的人体舒适度指数,THI 指数越高,人体感觉越不舒适^[7]。由图 5 可以看出,白天中 THI 指数在酷热很不舒适界限($THI\geq 29.5$)以上的时间占大多数,即夏季南京地区人体舒适度整体较低,绝大部分人感受到不舒适;12:00-13:00,THI 指数处于一天中最高点,人体不舒适度最强,极端的高温高湿易引发中暑危险;10:00 之前和 17:00 之后的 THI 指数相对较低;同时,绿化房间的 THI 指数整体低于无绿化对照房间,墙面绿化降低 THI 指数幅度最高时可达 4.4% ,一定程度上可降低夏季人体不舒适度,缓解高温导致的热不舒适性。

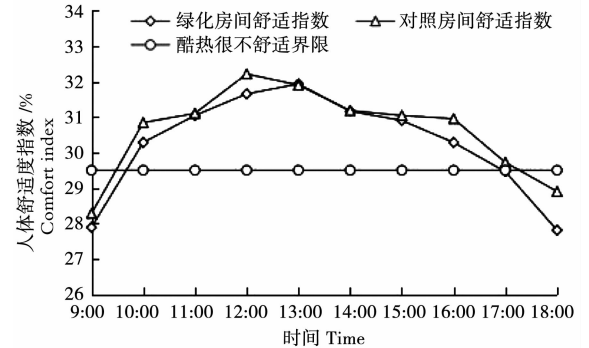


图 5 人体舒适度指数
Fig. 5 Human comfort index

3 结论与讨论

在温度较高的夏季,墙面绿化降温效应随着

距离墙体水平距离的增加而减弱;绿化墙体外表面平均温度比对照墙体外表面平均温度低 0.79°C ,对照墙体房间整体平均温度比绿化房间高 0.66°C ;绿化墙体内外平均温度相差 1.08°C ,墙面绿化一定程度上可降低室内外温度差异,削减人体不舒适性。

湿度方面,绿化外墙面湿度整体高于其它样点地湿度,增湿幅度最高达 15% ;而一天中湿度最低值出现在 $13:00$ 左右,与温度最高点出现的时间较吻合,温湿度变化呈现出负相关的关系,而负相关的相关性程度还需要做进一步的探索。本研究关注的是夏季降温增湿效应,而降温增湿的季节性和墙面绿化植物选择的差异性也有待深入探究。

墙面绿化可缓解人体不舒适性,提高人体舒适度。本研究结果发现,在夏季长且较热的南京,被调查者的整体舒适度感受较不理想。白天中 THI 指数持续偏高的时间较长,即人体感受到不舒适的时间较长,绝大部分人体舒适度较低。 $12:00-13:00$ 时,THI 指数处于一天中最高点,人体不舒适程度最强。 $10:00$ 之前和 $17:00$ 之后的 THI 指数相对较低, $18:00$ 之后太阳辐射明显减弱,温度明显下降,适宜人体户外活动。绿化房间的 THI 指数整体低于无绿化对照房间,降低幅度 4.4% 。

综上所述,提出墙面绿化改进建议,以提高人

体舒适度。(1)加大室内室外墙面绿化实施力度,利用植物的蒸腾作用和基质中水分的蒸发效应达到降温增湿的效果;墙面绿化可吸收环境中的热量,并提升墙体保温性能;同时植物可以疏散气流,能够降低风对室内舒适环境的影响;(2)墙面绿化植物配置,应选择叶片覆盖率较高,叶片层总体厚度较厚的植物。由于南京为夏热冬冷地区,夏季长,温度高,而叶面积指数越大,植物层叶片厚度越厚,降温效果越明显,环境调节效果越好,对人体舒适度的改善越佳;(3)从植物栽植方位角度,应选择太阳辐射多的墙面,可减少太阳光辐射和长时间暴晒,降低室内温度,提高人体舒适度。

参考文献:

- [1] 晏海.城市公园绿地小气候环境效益及其影响因子研究[D].北京:北京林业大学,2014.
- [2] 刘光立,陈其兵.成都市四种垂直绿化植物生态学效应研究[J].西华师范大学学报:自然科学版,2004(3):259-262.
- [3] 刘滨谊.上海城市居住区风景园林空间小气候要素与人群行为关系测析[J].中国园林,2016(12):5-9.
- [4] 曹家寅.夏季热舒适研究—以武汉某高校宿舍楼为例[J].武汉勘察设计,2016(4):49-52.
- [5] 吴艳艳.深圳市垂直绿化降温增湿效应研究[J].现代农业科技,2010(13):215-217.
- [6] 黄海霞,李建龙,黄良美.南京市小气候日变化规律及其对人体舒适度的影响[J].生态学杂志,2008,27(4):601-606.
- [7] 刘艳峰,陈迎亚,王登甲,等.垂直绿化对室内热环境影响测试研究[J].西安科技大学学报,2015(6):423-426.

Influence of Temperature and Humidification Effect on Human Comfort in Metope Greening

SONG Shuang-shuang, LI Jiao-xian, CHEN Yu

(Horticultural College of Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

Abstract: In order to study the effects of temperature and humidification, for continuous measurement of metope greening, with no green wall as a comparison, the influence of temperature and humidity on the human comfort was discussed. The results showed that when using metope greening, the indoor average temperature of green wall was 0.66°C lower than no green wall; green wall was 1.08°C temperature difference between indoor and outdoor; outdoor temperature of green wall was 0.79°C lower than outdoor temperature of no green wall; daily variation of temperature and humidity, high temperature appeared around $13:00$, then temperature decline at $14:00$, minimum humidity appeared around $13:00$, temperature and humidity change presented a negative correlation relationship. To some extent, metope greening could decrease the THI index, improve human comfort, and reduce indoor and outdoor temperature difference.

Keywords: metope greening; ecological effect; cooling and humidification; human comfort