

兰州市屋顶绿化 3 种植物配置模式生态效益研究

赵峰, 吴永华, 张瑜, 张建旗, 黄蓉

(兰州市园林科学研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为研究屋顶绿化的生态效益,以兰州市御景东方住宅小区活动中心三楼绿化屋顶为研究对象,以无绿化植物的裸露屋顶为对照,进行乔-灌、灌-草和地被 3 种植物配置模式的气温、空气相对湿度和空气负氧离子含量测定。结果表明:与对照相比,乔-灌和灌-草配置模式均有极显著的降温效果,平均降低温度为乔-灌(10.36°C)>灌-草(6.27°C)>地被(3.92°C),乔-灌和地被两种配置模式增湿效果没有显著差异,而灌-草配置模式能显著提高环境的相对湿度,增湿幅度灌-草(3.15%)>乔-灌(2.81%)>地被(2.80%),乔-灌和地被配置模式有显著地增加空气负氧离子的效果。空气负氧离子分子浓度为:乔-灌(63.42 个/ cm^3)>灌-草(52.13 个/ cm^3)>地被(37.59 个/ cm^3)>对照(33.98 个/ cm^3)。

关键词:屋顶绿化;气温;空气相对湿度;空气负氧离子;植物配置模式;兰州市

中图分类号: TU985 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2020)05-0124-05

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2020.05.018

近年来,兰州城市园林绿化建设取得了长足发展,截止到 2019 年年底,城市建成区园林绿地面积达到 $7\,660\text{ hm}^2$,绿地率达到 33.92% ,绿化覆盖面积达 $8\,753\text{ hm}^2$,绿化覆盖率达到 37.35% ,人均绿地面积为 11.19 m^2 。但随着城市人口密度快速增加,中心城区建筑密度非常大,可供绿化的土地面积越来越少,难以满足生态环境改善的需求。加之兰州降水稀少,分布不均,最近几年城市内涝时有发生,给市民的生产生活带来了严重的影响^[1-2]。

建筑物的屋面是承接阳光、雨水并与大气接触的重要界面,被称为城市建筑的“第五面”,城市屋顶面积大约为一座城市面积的 $20\%\sim 30\%$ ^[3]。屋顶绿化是缓解城市特别是中心城区用地紧张、拓展城市绿化空间的有效途径。其在提高城市绿化覆盖率、美化城市环境、缓解城市热岛效应、节约土地资源和改善城市生态环境等方面具有重要作用^[4-5]。屋顶绿化的生态效

益远大于其经济效益,定量测定屋顶绿化的生态效益更有意义。

目前,有关屋顶绿化生态效益的研究主要集中在屋顶绿化对周围环境的影响、降温增湿以及节能效益等方面^[6-9],研究选择兰州市城关区御景东方住宅小区活动中心三层楼顶的花园式绿化屋顶进行调查,通过对不同植物配置模式及其生态效益的比较分析,定量评价不同植物配置模式对周围环境的生态效益。

1 材料和方法

1.1 试验点概况

甘肃省兰州市位于青藏高原与黄土高原的过渡地带, $E\ 102^{\circ}36'\sim 104^{\circ}34'$, $N\ 35^{\circ}34'\sim 37^{\circ}07'$,兰州市属于北温带半干旱性大陆性气候,冬无严寒,夏无酷暑;市区平均海拔 $1\,518\text{ m}$,年均气温 9.8°C ;年均降水量 324.58 mm ,主要集中在 6~9 月;年蒸发量 $1\,468\text{ mm}$ 以上,是降水量的 4~6 倍;全年日照时数为 $2\,424\text{ h}$,无霜期 185 d 以上;主要土壤类型为黄绵土和灰钙土^[10-11]。

试验点位于兰州市城关区天水北路 3111 号的御景东方住宅小区活动中心三层楼顶, $E\ 103^{\circ}51'46''$, $N\ 36^{\circ}04'21''$,试验点东西长 35 m ,南北长 45 m ,呈长方形,屋顶总面积 $1\,575\text{ m}^2$,其东侧为天水北路,西侧为

收稿日期:2019-09-12; 修回日期:2019-11-14

基金项目:兰州市人才创新创业项目(2015-RC-39);兰州市人才创新创业项目(2018-RC-41)

作者简介:赵峰(1980-),男,甘肃天水人,工程师,硕士,主要从事园林生态方面研究工作。

E-mail:308020975@qq.com

张瑜为通讯作者。E-mail:gansuyl@126.com

小区公共绿地,南北两侧为小区高层住宅,屋顶绿化类型为花园式,屋顶绿化面积约 1 200 m²,种植土壤为黄绵土,土层厚度 50 cm。

1.2 研究方法

试验观测点植物群落的调查方法参照《生态学常用实验研究方法与技术》^[12]。根据试验地现状,设置 3 个观测样点,植物配置模式分别为乔-灌(观测点面积

280 m²,乔灌比例为 1∶4)、灌-草(观测点面积 300 m²,灌草比例为 3∶1)和地被(观测点面积 250 m²),并设无绿化植物的裸露屋顶(观测点面积 240 m²)为对照进行生态效益观测试验,3 个处理观测点及对照观测点均位于同一屋顶,统计观测点植物种类,并测量植物高度、胸径和冠幅,3 种配置模式中植物种类见表 1。

表 1 试验观测点植物种类现状
Table 1 Plant species at experimental site

配置模式	植物名称	拉丁学名	科	属	高度/m	胸径/cm	冠幅/cm
乔-灌	太阳李	<i>Prunus ceraifera</i> ‘Pissardii’	蔷薇科	李属	2.4	4	130
	紫薇	<i>Lagerstroemia indica</i>	千屈菜科	紫薇属	1.8	3.2	90
	紫荆	<i>Cercis chinensis</i>	豆科	紫荆属	2	3	98
	日本晚樱	<i>Cerasus serrulata</i> var. <i>lannesiana</i>	蔷薇科	李属	2	3.9	120
	铺地柏	<i>Sabina procumbens</i>	柏科	圆柏属	0.56	/	40.3
	榆叶梅	<i>Amygdalus triloba</i>	蔷薇科	李属	1.8	/	103.8
	小叶黄杨	<i>Buxus microphylla</i>	黄杨科	黄杨属	0.45	/	30.3
	丰花月季	<i>Rosa cvs</i>	蔷薇科	蔷薇属	0.5	/	29.4
	詹姆士景天	<i>Sedum Vera</i> ‘Jameson’	景天科	景天属	0.14	/	13.8
	金叶女贞	<i>Ligustrum vicaryi</i>	木犀科	女贞属	0.25	/	37.2
灌-草	小叶黄杨	<i>Buxus microphylla</i>	黄杨科	黄杨属	0.50	/	30.3
	丰花月季	<i>Rosa cvs</i>	蔷薇科	蔷薇属	0.45	/	29.9
	紫叶小檠	<i>Berberis thunbergii</i> var. <i>atropurpurea</i>	小檗科	小檗属	0.30	/	38.7
	紫叶矮樱	<i>Prunus cistena</i>	蔷薇科	李属	2.0	/	50.5
	三叶草	<i>Trifolium repens</i>	豆科	车轴草属	0.1	/	6.8
	鼠尾草	<i>Salvia japonica</i>	唇形科	鼠尾草属	0.15		7.9
	鸢尾	<i>Iris tectorum</i>	鸢尾科	鸢尾属	0.25		8.9
	三叶草	<i>Trifolium repens</i>	豆科	车轴草属	0.1	/	7.7
地被植物	鼠尾草	<i>Salvia japonica</i>	唇形科	鼠尾草属	0.15		7.5
	鸢尾	<i>Iris tectorum</i>	鸢尾科	鸢尾属	0.25		9.9
	萱草	<i>Hemerocallis fulva</i>	百合科	萱草属	0.25		10.3

2018 年 8 月选择晴好无风的天气连续测定 3 d,数据采集时间为 9:30~18:30。

温度、湿度数据采用 kestrel5000 手持气象站测定,温度测量精度为±0.5℃,温度分辨率为 0.1℃,相对湿度测量精度为±2%,温度分辨率为 0.1%。观测时将仪器安装在平稳的三脚架上,测定时将设备置于地面 1.5 m 处,仪器每 1 h 记录一次,为避免阳光直射而产生误差,仪器上方用锡箔遮挡。

空气中负氧离子分子浓度采用 AIC-1000 负氧离子测定仪测定,每 1 h 记录 1 次^[13]。

1.3 数据处理

试验数据处理使用 EXCEL 2007 和 SPSS 22.0 数据分析软件。结合方差检验和 LSD 两两比较检验,分析不同配置模式处理的降温、增湿和增加空气负氧

离子分子浓度的生态效益。

2 结果与分析

2.1 不同配置模式下降温效果比较

3 种配置模式与裸露屋顶的气温都呈“单峰”分布,9:30~15:30 气温逐渐上升,在 15:30 达到峰值后缓慢降低,16:30~18:30 太阳辐射减弱,气温下降幅度较 15:30~16:30 时大,裸露屋顶气温峰谷差达 16.7℃,而 3 种配置模式下屋顶峰谷差均小于 16℃(图 1)。一天中 9:30~18:30(9 h),3 种配置模式平均气温分别为乔-灌(30.42℃)<灌-草(34.51℃)<地被(36.86℃)<对照(40.78℃)(图 2)。与对照相比,乔-灌、灌-草和地被的降温幅度分别 25.4%、15.4%、9.6%,其中乔-灌和灌-草与对照均差异极显著($P<$

0.01),表明这两种配置模式有极显著的降温效果。3种配置模式中,乔-灌与地被间有极显著差异($P<0.01$),但乔-灌与灌-草间以及灌-草和地被间均无显著差异($P>0.05$)。

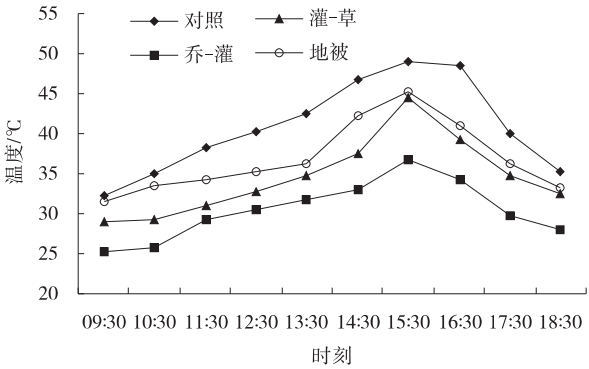


图 1 不同配置模式气温日变化

Fig. 1 Daily temperature variation under different patterns

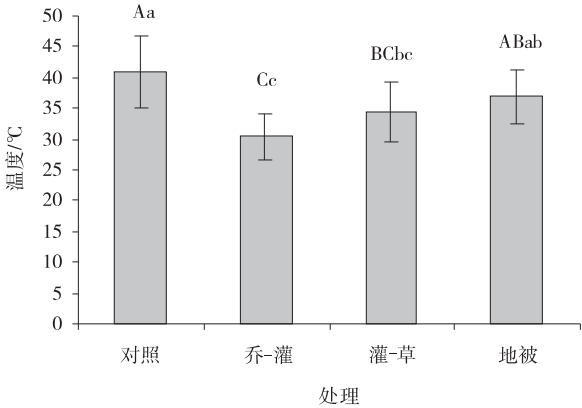


图 2 不同配置模式温度

Fig. 2 Temperature difference of different patterns

2.2 不同配置模式下空气相对湿度比较

3种植物配置模式和对照空气湿度日变化总体呈现先下降后上升的趋势,9:30最高,在12:30~15:30急剧下降,在14:30~16:30时达到最低值,之后又缓慢上升(图3)。一天中9:30~18:30(9h),平均空气相对湿度为灌-草(42.72%)>乔-灌(42.38%)>地被(42.37%)>对照(39.57%)。与对照相比,灌-草、乔-灌和地被的增湿幅度分别为:7.96%、7.10%、7.08%,均无显著性差异($P>0.05$),仅灌-草配置模式达到边际显著($P=0.051\approx 0.05$)(图4)。

2.3 不同配置模式下空气负氧离子分子浓度比较

3种配置模式下空气负氧离子分子浓度日变化总体呈现先升后降的趋势,且均高于对照(图5)。10:30负氧离子分子浓度最高,10:30~13:30下降,在13:30

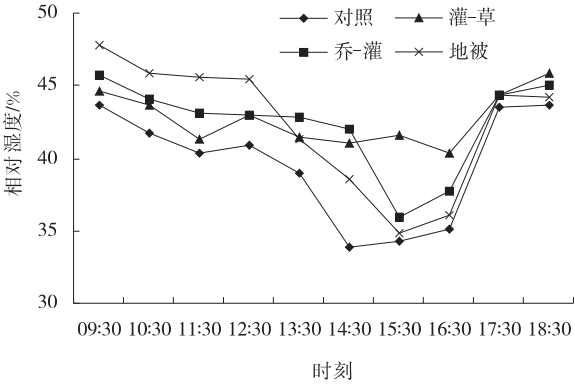


图 3 不同配置模式空气相对湿度日变化

Fig. 3 Daily variation of relative air humidity under different patterns

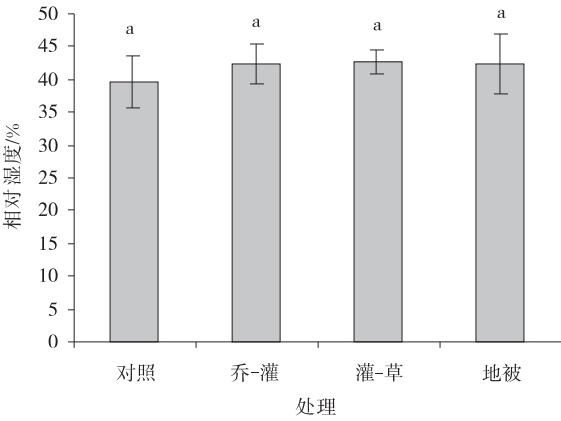


图 4 不同配置模式空气相对湿度日变化

Fig. 4 Air relative humidity difference of different patterns

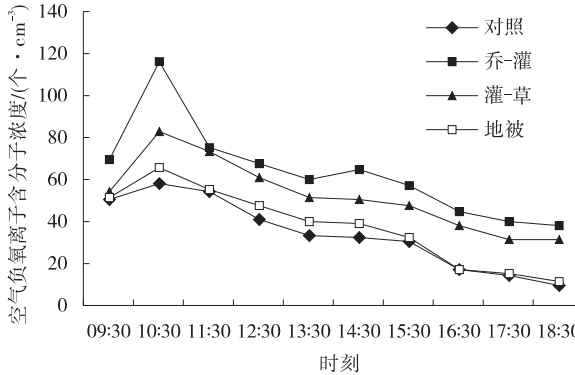


图 5 不同配置模式空气负氧离子日变化

Fig. 5 Daily variation of air negative oxygen ions under different patterns

~14:30又缓慢上升,14:30以后整体呈下降趋势。一天中9:30~18:30(9h),平均负氧离子含量为乔-灌(63.42 C)>灌-草(52.13 C)>地被(37.59 C)>对照(33.98 C)。与对照相比,乔-灌、灌-草和地被配置模式下空气负氧离子分子浓度分别增加86.64%、

53.41%、10.62%。其中,乔-灌和灌草2种配置模式与对照间均有显著差异($P<0.05$)。3种配置模式中,乔-灌和地被间差异显著($P<0.05$),乔-灌和灌-草、灌-草和地被间无显著差异(图6)。

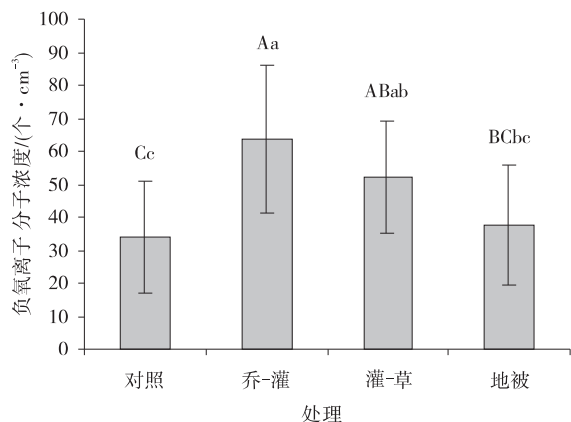


图6 不同配置模式空气负氧离子差异性

Fig. 6 Air negative oxygen ions difference of different patterns

3 讨论

相关学者的研究表明^[13-16],绿化的降温增湿主要得益于植物的遮挡太阳辐射和蒸腾作用。郁闭度是指森林中乔木树冠遮蔽地面的程度,反映植物对太阳辐射的遮挡程度。表1的屋顶绿化植物群落调查显示,灌-草和地被两试验样地的郁闭度相近,而乔-灌试验样地块的郁闭度明显高于其他两块试验样地,其遮挡太阳辐射和降温效果会更好。蒸腾作用是水分从活的植物体表面(主要是叶子)以水蒸汽状态散失到大气中的过程。董泽军等^[17]提出蒸腾作用的速率的分析需要植物气孔下腔蒸发表面积、气孔下腔微环境中饱和差、气压、温度、气孔内外气压差、植物体内特别是细胞间隙中水溶液浓度、植物生长期蒸腾作用等植物生理学试验数据来支撑。由此看来,绿化植物的降温增湿效益与蒸腾作用、呼吸作用等生理活动的关系,应从植物生理学方面进行更加深入、微观的定量研究^[18]。负氧离子是指空气中带负电荷的氧气离子,被誉为“空气维生素”,是衡量空气清新的指标之一。研究发现,负氧离子分子浓度越高对人体越有益^[19]。本试验结果表明,屋顶绿化具有一定的降温、增湿以及增加负氧离子分子浓度的效果,这与其他研究一致^[9]。乔-灌配置模式的降温效果最好,空气中负氧离子分子浓度最高,明显优于其他两种屋顶配置模式,灌-草配置能显著提

高环境的相对湿度。灌-草和地被植物容易养护,灌木生长状况良好,但乔木因生长受到基质厚度和土质等环境因素的限制,不能充分发挥它的生态效益^[20],因此建议在屋顶条件有限的情况下,屋顶绿化不适宜栽植过多乔木,而应多栽植适应性强的灌木^[21]。

4 结论

通过对兰州市御景东方小区3种配置模式下绿化屋顶的温度、湿度和负氧离子分子浓度进行研究,结果表明,屋顶绿化具有显著的生态效益。

(1)乔-灌和灌-草两种配置模式降温效果极显著,降温幅度乔-灌>灌-草>地被,其中灌-草和地被这两种配置模式降温效果差异不显著,乔-灌与地被配置模式相比差异极显著,乔-灌配置模式的降温效果最好,明显优于其他两种屋顶绿化形式。

(2)种配置模式的增湿幅度为:灌-草>乔-灌>地被,其中乔-灌和地被两种配置模式增湿效果差异不显著,而灌-草配置模式能显著提高周围环境的相对湿度。

(3)乔-灌配置模式和对照以及地被配置模式相比空气负氧离子分子浓度差异显著,空气负氧离子分子浓度为:乔-灌>灌-草>地被>对照,乔-灌配置模式下空气负氧离子分子浓度最高,明显优于其他两种配置模式。

参考文献:

- [1] 黄蓉,吴永华,赵峰.兰州市屋顶绿化现状调查及存在问题[J].甘肃林业科技,2016(4):41-45.
- [2] 洗丽铎,鲍海泳,陈红跃,等.屋顶绿化研究进展[J].世界林业研究,2013,26(2):37-42.
- [3] Akbari H, Rose S L, Taha H. Analyzing the land cover of an urban environment using high-resolution orthophotos[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 63(1):1-14.
- [4] 周迪.海绵城市在现代城市建设中的应用研究[J].安徽农业科技,2015,43(16):174-175.
- [5] 陈辉,任珺,杜忠.屋顶绿化的功能及国内外发展状况[J].环境科学与管理,2007,32(2):162-165.
- [6] 杨志强,刘滔,宋勇军,等.长沙市立体绿化降温节能效益分析[J].中南林业科技大学学报,2010(9):152-156.
- [7] 吴志能,邹敏,陈祥,等.重庆市屋顶绿化的降温增湿效应[J].福建林业科技,2015(1):87-91+99.
- [8] 王丽勉,秦俊,陈必胜,等.屋顶花园对建筑微气候的影响[J].中国农学通报,2006(2):236-238.

[9] 殷丽峰,李树华. 清华大学超低能耗示范楼绿化屋面的温度分布特征[J]. 林业科学,2007(8):143—147.

[10] 张莉萍. 兰州市南北两山人工林结构特征及生长状况研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007:21—25

[11] 王万鹏,俞诗源,钟芳,等. 兰州市南北两山植物动物资源[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2010:10—23.

[12] 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:83—90.

[13] 吴志能,陈祥,冯义龙. 重庆花园式屋顶绿化生态效益的初步研究[J]. 南方农业,2013(11):1—4+8.

[14] 徐瑞. 屋顶绿化生态化研究[D]. 北京:北京林业大学,2013:10—12.

[15] 王丽勉,秦俊,陈必胜,等. 屋顶花园对建筑微气候的影响[J]. 中国农学通报,2006(2):236—238.

[16] Gabriele Battista, Eleonora Pastore, Luca Mauri. Green roof effects in a case study of Rome[J]. Energy Procedia,2016:1058—1063.

[17] Seyedehzahra Mirrahimia, Mohd Farid Mohamedb. The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot humid climate[J]. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 2016,53:1508—1519.

[18] 董泽军. 植物蒸腾作用高速率之原因[J]. 中国农学通报,2010(21):131—135.

[19] Yueer Heabcd, Meng Liuabc, Thomas Kvand. An enthalpy-based energy savings estimation method targeting thermal comfort level in naturally ventilated buildings in hot-humid summer zones[J]. Applied Energy, 2017,187:717—731.

[20] 吴艳艳,庄雪影,雷江丽等. 深圳市重型与轻型屋顶绿化降温增湿效应研究[J]. 福建林业科技,2008,35(4):124—129.

[21] 席仁静,狄育慧,郑松. 西安市几种不同屋顶绿化形式的降温增湿效益[J]. 制冷与空调,2018(3):331—337.

Study on ecological benefits of roof greening with three plant combination patterns in Lanzhou

ZHAO Feng, WU Yong-hua, ZHANG Yu, ZHANG Jian-qi, HUANG Rong

(Lanzhou Institute of Landscape Gardening ,Lanzhou 730070,China)

Abstract: The ecological benefits of roof greening with tree-shrub, shrub-grass and ground-cover plant patterns were studied in Lanzhou. The temperature, relative air humidity and air negative oxygen ions under different patterns were determined. The results showed that tree-shrub and shrub-grass pattern had extremely significant cooling effect, and cooling effect ranking was tree-shrub (10.36℃) > shrub-grass (6.27℃) > ground-cover plant (3.92℃). No significant difference in humidification effect was found between tree-shrub and ground-cover, and the shrub-grass pattern could significantly increase the relative humidity of the environment. The humidification ranking was shrub-grass (3.15%) > tree-shrub (2.81%) > ground-cover plant (2.80%). Tree-shrub and ground-cover plant patterns showed significant improving effect on air negative oxygen ions, and the ranking for improving air negative oxygen ions was tree-shrub (63.42 ions/cm³) > shrub-grass (52.13 ions/cm³) > ground-cover plant (37.59 ions/cm³) > CK (33.98 ions/cm³).

Key words: roof greening; temperature; relative air humidity; air negative oxygen ion; plant combination pattern; Lanzhou City