

## 屋顶薄层绿化对环境条件的影响

王春彦<sup>1</sup>, 陆信娟<sup>2</sup>, 吴锦华<sup>3</sup>, 裔 妹<sup>1</sup>, 陆 焯<sup>1</sup>

(1. 金陵科技学院 园艺系, 江苏 南京 210038; 2. 南京市农林局, 江苏 南京 210008;  
3. 南京市万荣园林绿化工程有限公司, 江苏 南京 210008)

**摘要:**以南京市薄层屋顶绿化为研究对象, 研究薄层屋顶绿化对屋顶环境条件的影响。结果表明: 在夏季, 所有薄层屋顶绿化均可大幅度降低顶层楼板的温度, 降幅为 12.5~18.0℃, 降温程度与种植层密度和厚度有直接关系, 密度越大, 厚度越大, 降温幅度越大。薄层屋顶绿化能强烈改善屋顶的眩光, 这主要与植物枝叶的颜色有关, 紫红色和墨绿色植物对夏季太阳辐射吸收能力较强。一年中, 各季节对屋顶的降温幅度不同, 夏季最强, 冬季较弱。对光照的调节能力主要与植物颜色和各季节的光照强度有关。薄层屋顶绿化对屋顶空气湿度改善不大。结合南京市气候特点, 薄层屋顶绿化应选冬季落叶的植物种类。

**关键词:**屋顶; 薄层绿化; 温度; 反射光强度; 空气湿度

中图分类号: S731.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2010)03-0192-04

### Effect of the Thin Roof Greening on Micro-environment

WANG Chun-yan<sup>1</sup>, LU Xin-juan<sup>2</sup>, WU Jin-hua<sup>3</sup>, YI Mei<sup>1</sup>, LU Ye<sup>1</sup>

(1. Department of Horticultural, Jinling Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 210038, China; 2. Nanjing Agriculture and Forestry Bureau, Nanjing, Jiangsu 210008, China; 3. Nanjing Wanrong Green Roof Ltd., Nanjing, Jiangsu 210008, China)

**Abstract:** Effects of greening on the thin roof of the building on microenvironment were investigated. It was found that the temperature of the top floorboard could be reduced by 12.5 to 18.0℃. The amplitude of temperature reduction was positively related to the density and thickness of the greening. The roof glare could be improve by greening, which was mainly related to the color of greening plants. Red-violet and dark green plants could absorb glare effectively. In a year, the amplitude of temperature reduction were different; bigger in summer, and less in winter. Light regulating effects were related to the colors of the greening plants and light intensity in the season. No significant improvement on humidity was found on roof greening. Deciduas herbaceous plants were recommended for the roof greening in Nanjing.

**Key words:** roof; thin greening; air temperature; reflection degree; air relative humidity

薄层屋顶绿化是指在各类建筑物屋顶、露台、天台、墙面等开辟绿化场地, 在较薄的基质层种植低矮的花草树木, 并使之具有园林艺术的感染力。屋顶绿化对增加城市绿地面积, 改善日趋恶化的人类生存环境, 改善城市高楼大厦林立, 改善众多道路的硬质铺装而日趋严重的热岛效应, 开拓人类绿化空间, 建造绿色城市, 美化城市环境, 改善生态效应, 有着极其重要的作用<sup>[1]</sup>。另外, 屋顶薄层绿化是对城市

建筑破坏自然的一种补偿, 使寸土寸金的城市用地得到很好的二次开发和利用。同时, 薄层屋顶绿化可以使城市众多的屋顶由平淡的景观转变为充满温馨的生机的勃勃的绿色世界。因此, 屋顶绿化是地面绿化所不能替代的, 是解决当今城市环境问题可以选择的一个最有创造性、最经济有效的方式<sup>[2]</sup>。

在德国, 36%的地区都要求只有当绿化比例达到一定要求时, 建筑提案才可能被批准, 欧美许多国

家都将屋顶绿化纳入城市新城区发展规划,或改善水质、或生态补偿、或减少非透性屋顶的面积<sup>[3-4]</sup>。目前,北京、上海、广州、武汉、成都等城市均已出台相应的政策,要求在一定高度以下的建筑物的屋顶平台必须进行植被绿化。南京市很早就开始实施“绿色南京”工程,使得南京市的绿地总量已提前进入“小康”,但包括屋顶绿化在内的立体绿化仍然是“绿色南京”工作的重点,从而进一步增加城市的绿量和绿视率,改善城市的生态平衡和人居环境。通过对南京几处屋顶薄层绿化工程的调查,研究屋顶薄层绿化对环境的影响,为南京市及周边地区进一步开展屋顶绿化工作提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

以南京万荣园林工程公司设计、施工的3处屋顶绿化为调查对象,薄层植物材料为佛甲草(*Sedum lineare*)、垂盆草(*S. sarmentosum*)、反曲景天(*S. reflexum*)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、蓝景天(*S. apoleiapon*)、红景天(*S. spurium*)、圆叶佛甲草(*S. makinoi*)、李叶景天(*S. diffusum*)等。地点分别为南京市鼓楼区湖南路30号的四层楼屋顶(楼层高约16 m,面积约400 m<sup>2</sup>,周围均是繁华的商务楼及街道)、南京市鼓楼区万荣园林工程公司的屋顶(楼层高约12 m,面积约300 m<sup>2</sup>,其中一部分用于植物材料的苗圃试验,周围均是繁华的商务楼及街道)、南京市雨花区虎距南路30号(楼层高约20 m,面积约30 m<sup>2</sup>,一侧是宽约10 m的外秦淮河道,其他部分是繁华的商务楼及街道)。

### 1.2 方 法

1.2.1 工程施工 在计算荷载的情况下,首先进行闭水实验,再铺设无纺布过滤层,宽度搭接5.0 cm以上,并向围挡处延伸,与围挡砖同高。然后铺设轻型营养基质,基质是园土与棉籽壳按1:1的比例混合,适当添加一定比例的缓释营养肥,厚度约3.0~

5.0 cm。最后,种植薄层植物材料,均采用直接在基质中栽植的方法,栽后浇一遍透水<sup>[5-8]</sup>。

1.2.2 工程养护 施工时,基质中添加适量的腐熟有机肥,工程完工后,加强肥水管理,促进植株生长,使植株尽快覆盖整个土面,尽早形成景观。待薄层绿化覆盖整个土面后,即可进行粗放管理,以景观保持为主<sup>[9]</sup>。

### 1.3 实验测定

待薄层绿化覆盖整个土面后,于2007年3月至2008年5月在上述3个试验点进行周年环境指标测量,所有测量均在晴天11:00—15:00进行,每次测定1次,同一季节的同等天气条件下,每个测试地点重复3次。对照点即楼顶裸地设定的位置均在测量屋顶的空白处。

1.3.1 温度 采用WKNM-01点温计测量<sup>[10]</sup>。

1.3.2 空气湿度 采用HM10型湿度表测量<sup>[10]</sup>。

1.3.3 反射光强度 采用DT-1300照度计测量<sup>[10]</sup>,将传感器放于测量面上方10 cm处,并平行于地面朝下测量。

## 2 结果与分析

### 2.1 薄层屋顶绿化对屋顶温度的影响

从表1知,在夏季,薄层屋顶绿化可大幅度降低屋顶楼板的温度,在气温为35.0℃时,薄层屋顶绿化对楼顶温度的降幅为18.0~12.5℃,其中垂盆草的最大降幅为18.0℃,因其种植层较厚,对于屋顶室内空间环境的调节效果最好,小叶麦冬的种植层厚度最薄,种植层底温度和种植层土面温度均最高,对于屋顶室内空间环境的调节效果较差。多数种类的草面表层温度为40.0~42.0℃,从种植层土面到植被表面的空间温度为34.0~42.0℃,在这样的温度下,植被未发现有任何灼伤,实验设计的6个用于屋顶薄层绿化的植物种类均可长时间忍受42.0℃以上的高温,在夏季,较适合作为薄层屋顶绿化使用。

表1 不同植物材料的薄层屋顶绿化对屋顶表层温度的影响<sup>①</sup>

Table 1 Effects of the thin roof greening with different plants on temperature

植物种类	颜色	种植层厚度/cm	薄层绿化楼板 <sup>②</sup> 温度/℃	基质表面温度/℃	草面温度/℃	裸地与薄层绿化楼板温差/℃	屋顶裸地温度/℃	气温/℃
佛甲草	黄绿色	5.0	32.0	36.0	42.0	16.0	48.0	35.0
麦冬	墨绿色	3.0	35.5	38.0	39.5	12.5		
反曲景天	绿色	5.0	32.5	39.0	41.5	15.5		
垂盆草	黄绿色	17.5	30.0	36.5	40.0	18.0		
红景天	紫红色	16.0	33.5	38.0	41.5	12.0		
圆叶佛甲草	黄绿色	15.0	33.5	36.5	40.0	13.0		

①数据为2007年7—8月份的平均值。

②薄层绿化楼板温度是基质薄层底与楼板接触面的温度;基质表面温度是薄层基质表面、植物根茎处的温度。

由表 2 可知,在晴天条件下,薄层屋顶绿化在夏季和秋季对高层建筑顶层温度的调节最强,屋顶裸地与薄层种植的屋顶温度差平均达 12.0~13.0℃,最高差值达 18.0℃;冬季,薄层种植后的屋顶温度也降低,温差为 3.0℃;春、秋季的草面温度与草面上方空气温度相差不大,夏季的草面温度比草面上方空气温度高 2.0~3.0℃,而冬季的草面温度比草面上方空气温度低 2.0~3.0℃。

表 2 薄层屋顶绿化对屋顶温度的影响<sup>①</sup>

Table 2 Effects of thin roof greening on temperature ℃

时间	屋顶裸地温度	薄层绿化楼板温度	裸地与薄层绿化楼板温差	草面温度	0.5 m 高处温度	1.0 m 高处温度	1.5 m 高处温度
春季	30.0	22.6	7.4	28.2	27.0	27.4	27.4
夏季	44.1	31.2	12.9	39.0	36.9	37.2	37.6
秋季	39.0	26.0	13.0	37.0	36.0	36.0	37.0
冬季	6.0	3.0	3.0	3.5	5.5	6.0	6.0

①材料为垂盆草。

## 2.2 薄层屋顶绿化对屋顶表面反射光的影响

根据 2007 年 7 月的实地测量,夏季晴天屋顶正面的光照强度约为 10 万 lx。从图 1 可知,屋顶的薄层绿化极大地减少了屋顶的反射光,楼顶裸地和四周女儿墙的贴壁等未做绿化处的反射光均在 12 000 lx 以上,而薄层绿化处的反射光均在 2 000~7 200 之间,薄层屋顶绿化对夏季的太阳光具有很强的吸收作用,减少了城市高层的光污染。在实验设计的品种范围内,对光反射的差异主要与植物色彩有关,紫色、绿色和蓝绿色的植物对太阳光的反射较少,而黄色和黄绿色的反射光均较强。因此,在确保景观和色块的基础上,尽量使用紫色或深绿色的植被用于屋顶薄层绿化。

图 1 不同材料表面的反射光强度

Fig. 1 Effects of thin roof greening with different plants on reflection degree

由表 3 可知,晴天条件下,薄层屋顶绿化对屋顶上方的反射光影响较大,四季均能很好地吸收太阳辐射,减少城市高层空间的眩光污染,且反射光强度

因植物种类自身的特点而不同。垂盆草表面对太阳辐射的吸收能力均弱于麦冬。屋顶裸地和女儿墙四周贴面的反射光四季均强于植物层表面,尤其是女儿墙周围的锡箔贴面和瓷砖贴面的反光强度非常大,在夏季形成了强烈的城市空间眩光污染,而薄层屋顶绿化均可不同程度地减弱屋顶的眩光。

表 3 薄层屋顶绿化对屋面反射光情况的影响

Table 3 Effects of thin roof greening on reflection degree

时间	植物种类	草面反射光强度/lx	水泥裸地反射光强度/lx	锡箔贴面反射光强度/lx
春季	垂盆草	2 250	4 300	13 800
	麦冬	1 040		
夏季	垂盆草	4 500	13 000	14 000
	麦冬	2 000		
秋季	垂盆草	3 700	4 100	6 600
	麦冬	1 200		
冬季	垂盆草	450	620	1 080
	麦冬	350		

## 2.3 薄层屋顶绿化对屋顶空气湿度的影响

由表 4 知,无论何种植物材料,薄层绿化对屋顶空气湿度的调节能力都较小,除紧临草面处的空气湿度较大外,薄层绿化屋顶的上方空气湿度变化很小,这可能是屋顶面积小,屋顶绿化厚度较薄(小于 20 cm),整个屋顶的绿量还比较小所致。

表 4 薄层屋顶绿化对屋顶空气湿度的影响<sup>①</sup>

Table 4 Effects of thin roof greening with different plants

on relative humidity %

植物种类	草面空气湿度	0.5 m 高空气湿度	1.0 m 高空气湿度	屋顶裸地表面的空气湿度
佛甲草	46	44	44	43
麦冬	46	47	44	45
垂盆草	66	59	58	45

①数据为 2007 年 7—8 月份的平均值。

晴天条件下,薄层屋顶绿化对屋顶上方空气湿度影响不大,尤其是在冬、春季节的影响更小;裸地表面、草面、0.5 m 高、1.0 m 高 4 个位置的空气湿度相差均不大(表 5),这可能是种植层太薄,整体绿量少,薄层屋顶绿化对气候的调节能力有限。而在空气比较干燥的夏秋季节,薄层屋顶绿化对周围空气湿度稍有调节,但对 50 cm 以上空间的空气湿度调节能力仍然很小。

表 5 薄层屋顶绿化对屋顶空气湿度的影响

Table 5 Effects of thin roof greening on relative humidity %

时间	裸地表面空气湿度	草面空气湿度	0.5 m 高空气湿度	1.0 m 高空气湿度
春季	41	41	40	40
夏季	44	49	46	47
秋季	44	51	44	44
冬季	51	48	49	48

### 3 结论与讨论

屋顶薄层绿化能很好地改善城市上方空间的环境条件,尤其在夏季,对屋顶楼板的温度及城市上方空间的反射光调节能力均很强<sup>[11-12]</sup>。

现在,广泛用于城市屋顶薄层绿化的植物材料以景天科地被植物为主,各种植物的生态习性及其形态特征不同,对屋顶各环境指标的调节能力存在差异。其中,佛甲草、麦冬、垂盆草、反曲景天、红景天、圆叶佛甲草均能忍受城市上空 50℃左右的高温,且能有效降低屋顶楼板的温度,最高降幅可达 18℃。研究表明,屋顶楼板温度的降幅主要与植物种植层的厚度有关,厚度越大,其对屋顶楼板温度的调节能力越强。南京市冬季温度低、光照弱,需要有光照和裸露楼面来提高屋顶楼板的温度,但屋顶的薄层绿化在冬季同样能降低屋顶楼板的温度,给生活在顶层的人们带来不便。因此,在今后的屋顶绿化中,应尽量选择冬季地上部分枯死、地下宿存的多年生植物。

对于屋顶反射光的调节中,佛甲草、麦冬、垂盆草、反曲景天、红景天、圆叶佛甲草均能忍受城市上空夏季近 10 万 lx 的光照强度,同时植物通过自身的生理生化作用,能有效降低屋顶的眩光,最高降幅可达 1.1 万 lx。研究发现,屋顶楼板反光降幅主要与屋顶薄层植物的颜色有关,黄色系反射率高,其次是墨绿色,紫红色反射率最小,实验设定的植物种类中,麦冬为墨绿色,但因种植密度较小,种植表面有大量的黑色裸露的基质层,因此,其反射光最弱,红景天为紫红色,反曲景天为篮绿色,反射光较弱,而佛甲草、垂盆草、圆叶佛甲草均为黄绿色,反射光较强,尤其是花期,金黄色的小花更加增加了植被表面的反射光强度。

屋顶薄层绿化对高层空气湿度的调节能力很小,若想进行空气湿度调节,可考虑栽植小乔木,或在屋顶建小水池或小喷泉来调节空气湿度。

在南京市屋顶绿化植物中,垂盆草是比较好的选择。佛甲草、麦冬、反曲景天、红景天、圆叶佛甲草均为国外引进,在屋顶景观建设时经常使用,这些引进种在屋顶绿化方面具有各自的优点,垂盆草在我国南北都均有分布,野生在山坡或岩石上,不育枝匍匐生根,结实枝直立,长 10~20 cm,用于屋顶绿化时,很快形成厚 10~15 cm 的种植层,因而适合用于屋顶绿化。

#### 参考文献:

[1] 王仙民. 屋顶绿化[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2007. 6-

15.

- [2] 张天宇,李杨. 屋顶绿化—构建生态城市的新途径[J]. 工业建筑,2009(9):58-61.  
ZHANG T Y, LI Y. Roof gardening: A new way to build anecological city[J]. Industrial Construction,2009(9):58-61.
- [3] 赵晓英,金晓玲,胡希军,等. 国外屋顶绿化政策对我国的启示[J]. 西北林学院学报,2008,23(3):204-207.  
ZHAO X Y, JIN X L, HU X J, *et al.* The enlightenment of foreign roof garden policies to China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(3): 204-207.
- [4] 吉文丽,李卫忠,王诚吉,等. 屋顶花园发展现状及北方屋顶绿化植物选择与种植设计[J]. 西北林学院学报,2005,20(3):180-183.  
JI W L, LI W Z, WANG C J, *et al.* A study on present situation of roof garden, plant select and planting design in northern roof garden[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(3): 180-183.
- [5] 吴锦华,王春彦. 长三角地区轻质屋面绿化的技术问题及对策[J]. 金陵科技学院学报,2008,24(4):73-77.  
WU J H, WANG C Y. Yangtze River delta areas of light roof greening technical problems and solutions[J]. Journal of Jinling Institute of Technology, 2008, 24(4): 73-77.
- [6] 徐峰,封蕾,郭子一. 屋顶花园设计与施工[M]. 北京:化学工业出版社,2007. 80-82.  
XU F, FENG L, GUO Z Y. Design and construction for the roof garden[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007. 80-82.
- [7] 中国建筑防水材料工业协会. 种植屋面工程技术规程(JGJ 155-2007)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2007. 4.  
China Building Waterproofing Material Industry Association. Guide of technology about roof garden (JGJ 155-2007)[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2007. 4.
- [8] 张杰,胡永红,李海英,等. 一次成型轻型屋顶绿化技术[J]. 西北林学院学报,2007,22(1):194-196.  
ZHANG J, HU Y H, LI H Y, *et al.* Compounded technique of lightweight roof greening[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(1): 194-196.
- [9] 宛成刚,赵九洲. 花卉学[M]. 上海:上海交通大学出版社,2008. 77-86.
- [10] 姜会飞. 农业气象学[M]. 北京:科学出版社,2008. 20-39.  
JIANG H F. Agrometeorology[M]. Beijing: Science Press, 2008. 20-39.
- [11] 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.  
WU Y Y, ZHANG X Y, LEI J L, *et al.* Effects of temperature-decreasing and humidity-increasing of intensive green-roof and extensive green-roof in Shenzhen City[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2008, 35(4): 124-129.
- [12] 唐鸣放,郑澍奎,冯雅. 屋顶绿化内表面对太阳辐射的反应特性[J]. 太阳能学报,2007,28(5):563-566.  
TANG M F, ZHENG S K, FENG Y. Response features to solar radiation on internal surface of roof greening[J]. Acta Energiæ Solaris Sinica, 2007, 28(5): 563-566.