

绿色屋顶植物景天属与水苏降温能力对比研究

李 宇

(河南省林业科学研究院, 河南 郑州 450008)

摘要: 为研究具有不同叶片形态的屋顶植物的降温能力,以景天属植物、水苏和裸土为供试材料,在不同天气和水分条件下,分析景天属植物、水苏和裸土的基质含水量、表面净太阳辐射吸收值、表面温度、基质温度和空气温度 5 组参数。结果表明:在同等天气和水分条件下,叶形较宽且密被白色绒毛的水苏有较高的基质含水量;较少的表面净太阳辐射吸收值,在晴天、阴天的表面净太阳辐射吸收值分别为 523.64、151.56 W/m²,与景天属植物和裸土差异显著($P < 0.05$);较低的表面温度,晴天旱处理和正常浇水处理的水苏分别比同等条件的景天属植物降低 12.0 °C 和 4.2 °C,阴天旱处理的水苏比景天属植物低 3.1 °C,但正常浇水的景天属植物比水苏低 2.5 °C;较低的基质温度,正常浇水和旱处理条件下,水苏的基质温度分别为 20.24 °C 和 24.07 °C,与景天属植物和裸土差异明显;较低的空气温度(高于表面 100 mm 处),正常浇水处理和旱处理水苏的空气温度分别为 24.82、25.14 °C。正常浇水的景天属植物的入风口空气温度和出风口空气温度差异明显,其平均空气温度差为 1.21 °C。由此可见,水苏有较好的降温能力,而景天属植物在正常水分条件下有利于上层空气流动。

关键词: 景天属; 水苏; 基质含水量; 表面净太阳辐射吸收值; 表面温度; 基质温度; 空气温度

中图分类号: S852.72 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)01-0112-04

Comparison of Cooling Ability between *Stachys byzantina* and *Sedum* for Roof Greening

LI Yu

(Henan Academy of Forestry, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: In order to investigate the cooling ability of different roof greening plants, the performance of *Stachys byzantina*, *Sedum* and bare soil was analyzed with 5 aspects (substrate moisture content, absorption value of net solar radiation, surface temperature, substrate temperature and aerial temperature). The results showed that compared with *Sedum* and bare soil, there was higher soil moisture content for *Stachys byzantine*; less absorption value of net solar radiation with 523.64 W/m² on sunny day and 151.56 W/m² on cloudy day respectively; lower surface temperature, which were 12.0 °C and 4.2 °C lower for rain-fed and irrigated *Stachys byzantine* on sunny day, while which was 3.1 °C lower for rain-fed *Stachys byzantine* on cloudy day; lower substrate temperature, which were 20.24 °C and 24.07 °C for irrigated and rain-fed *Stachys byzantine* respectively; lower air temperature, the air temperatures 100 mm above the canopy of irrigated and rain-fed *Stachys byzantine* were 24.82 °C and 25.14 °C. There was significant difference in air temperature between incoming side and outgoing side for *Sedum*, and the difference in average temperature was 1.21 °C. Therefore *Stdchys byzantina* provided a better cooling effect, *Sedum* could have a role in moving air above them under normal condition.

Key words: *Sedum*; *Stachys byzantine*; substrate moisture content; absorption value of net solar radiation; surface temperature; substrate temperature; air temperature

收稿日期: 2013-07-26

作者简介: 李 宇(1986-), 女, 河南洛阳人, 硕士, 主要从事绿色屋顶及城市热岛效应研究。E-mail: shakaly86@hotmail.com

由于城市人口不断递增,促使城市中高楼大厦等非自然表面(artificial surface)不断增加,吸收大量的太阳辐射,产生城市温度比周边郊区温度高的现象,即城市热岛效应。最有效的解决方法就是增加城市自然表面(natural surface)——绿色植物^[1]。绿色屋顶被认为是一种较有效削弱热岛效应的方法。

景天属植物抗逆性强,生长迅速,并能在恶劣条件下(屋顶)有效减少水土流失,因此,景天属植物被广泛应用于屋顶绿化^[2],例如在西方国家,普遍用的是白景天(*Sedum album*)、高加索景天(*Sedum spurium*)和石景天(*Sedum acre*),而在中国则是佛甲草(*Sedum lineare* Thunb.)。随着屋顶绿化的发展,对屋顶绿化植物的选择已不仅仅只关注于成活率,而更多的关注于对小环境的改善能力,例如降温能力。全球都在努力寻找能够替代景天属并能够更好地改善环境的屋顶绿化植物,例如德国试用球根类和草类^[3];日本在小型灌木、草类、观赏花卉中寻找^[4];而加拿大则大量试用多肉植物^[5]。

绿色植物叶片的生态学特征(例如叶大小、形状等)与其降温能力有直接关系,本研究选取2种叶片形态学特征完全不同的植物(景天属和水苏)和表面没有任何植物覆盖的裸土为研究对象,通过对比分析基质含水量、表面净太阳辐射吸收值、表面温度、基质温度和空气温度,比较绿色屋顶植物的降温能力,为绿色屋顶植物的研究提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地点和材料

试验地位于英国雷丁大学园艺学院试验基地。基地东临一个开放性的公园,其余三面被教学楼围合。设定试验基地东为入风口,西为出风口。

供试材料:①景天属植物(白景天、高加索景天和石景天),叶针形,肉质;②水苏(*Stachys byzantina*),叶较宽(长8 cm,宽2 cm),整株被白色绒毛覆盖。

1.2 试验设计

2011年5月27日所有植物随机栽种在6个长2.2 m、宽2.2 m、深10 cm的木质容器中,基质采用英国Jhon Innes NO.2基质,深10 cm。以没有栽种任何植物的裸土为对照。5 d后(即6月1日)植物生长良好,100%覆盖容器表面,开始进行浇水处理。正常浇水处理是1周2次,每周三和周日12:00浇水,共浇7次;旱处理是1周1次,每周三浇水,共4次。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 基质含水量 用英国AT Delta-T有限公司的HH2湿度计,从6月1日开始,固定周三和周日浇水前测定基质含水量,共测试7次。每次每个容器重复测量12次,计算平均值。

1.3.2 表面净太阳辐射吸收值 分别于6月3日、6月4日、6月19日(天气晴朗,天空蔚蓝,无云,无风,定为晴天)和6月11日、6月12日、6月23日(无阳光,云层较厚,无风,定为阴天)用澳大利亚墨尔Middleton & CO有限公司的净辐射计CN1/919对正常浇水的景天属植物、水苏和裸土分别测定表面净太阳辐射吸收值,每个对象每次测定时间为15.5 min,得出的平均值分别代表晴天和阴天的表面净太阳辐射吸收值。

1.3.3 表面温度 所有表面的热图像均由日本东京NEC San-ei仪器有限公司生产的TH7800外热成像摄像机取得,记录图像四角和中心点数据并取平均值作为各种研究对象的表面温度。

1.3.4 基质温度 热电传感器埋于每个容器表面下1 cm处,用于测量基质温度,每隔10 min记录1个数值,最后取平均值作为基质温度。

1.3.5 空气温度 分别在每个容器的入风口和出风口高于表面100 mm处安置1个热传感器,测试两侧温度。每隔10 min记录1个数值,最后得平均值。设定每个容器的入风口温度为整个容器的空气温度,其空气温度差为入风口空气温度与出风口空气温度差值。晴天(6月4日)条件下,监测景天属植物、水苏和裸土的空气温度,比较各处理空气温度差。

1.4 数据处理

使用Excel软件和英国数据分析软件GenStat 13.0进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理基质含水量比较

由图1可知,在正常浇水条件下景天属植物的基质含水量在 $0.054\sim 0.270\text{ m}^3/\text{m}^3$ 、水苏的基质含水量在 $0.104\sim 0.430\text{ m}^3/\text{m}^3$,裸土的基质含水量在 $0.053\sim 0.175\text{ m}^3/\text{m}^3$;在旱处理条件下,景天属植物的基质含水量在 $0.027\sim 0.169\text{ m}^3/\text{m}^3$,水苏的基质含水量在 $0.070\sim 0.250\text{ m}^3/\text{m}^3$,裸土的基质含水量在 $0.005\sim 0.124\text{ m}^3/\text{m}^3$ 。在同样浇水条件下基质含水量表现为水苏>景天属植物>裸土,6月17日之后,在同等条件下,三者差异显著($P<0.05$),同时旱处理比正常浇水处理条件下的基质含水量低。

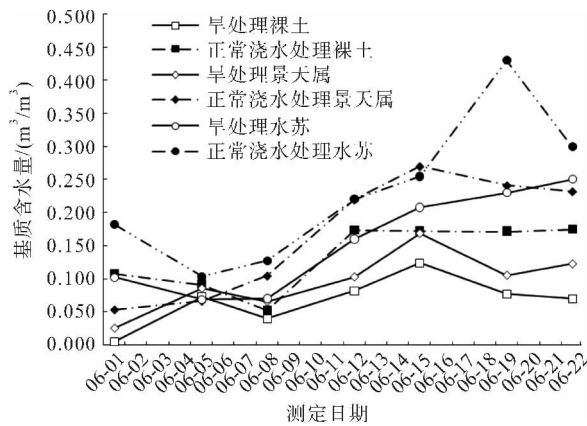


图 1 不同浇水处理对基质含水量的影响

2.2 不同处理表面净太阳辐射吸收值比较

由图 2 可知,在同等条件下,景天属植物、水苏和裸土的表面净太阳辐射吸收值均表现为阴天<晴天,差异极显著($P<0.01$)。在晴天,景天属植物和水苏叶表面净太阳辐射吸收值分别为 552.72、523.64 W/m²,裸土为 665.06 W/m²,最大差异达 141.42 W/m²;在阴天,景天属植物和水苏叶表面净太阳辐射吸收值分别为 162.24、151.56 W/m²,裸土为 200.00 W/m²,最大差异达 48.44 W/m²。在相同天气和浇水处理条件下表面净太阳辐射吸收值均表现为水苏<景天属植物<裸土,其中水苏与其余两者之间差异显著($P<0.05$)。

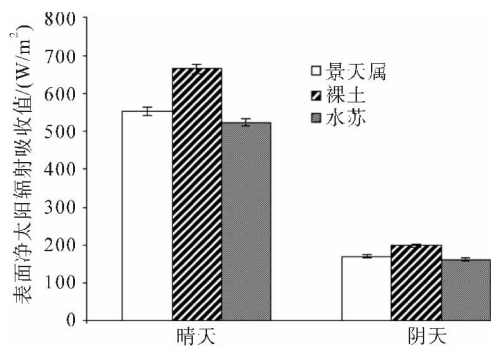


图 2 不同天气对景天属植物、水苏和裸土的表面净太阳辐射吸收值的影响

2.3 不同处理表面温度比较

由图 3 可知,在晴天,正常浇水处理的表面温度均低于旱处理,水苏旱处理和正常浇水处理的表面温度差异不明显($P>0.05$),其余两者差异显著,其中景天属植物在 2 种浇水处理条件下的表面温度相差 8.0℃。在同样浇水条件下表面温度均表现为:水苏<景天属植物<裸土,旱处理和正常浇水处理的水苏分别比同等条件的景天属植物低 12.0、4.2℃。

在阴天,旱处理条件下表面温度均表现为水

苏<景天属植物<裸土;正常浇水处理下,景天属植物<水苏<裸土。旱处理的水苏表面温度(20.1℃)比景天属植物低 3.1℃,正常浇水处理景天属植物比水苏(23.1℃)低 2.5℃。裸土和水苏正常浇水处理的表面温度大于旱处理,但景天属植物旱处理的表面温度(23.2℃)大于正常浇水处理(20.6℃),其温度差为 2.6℃。

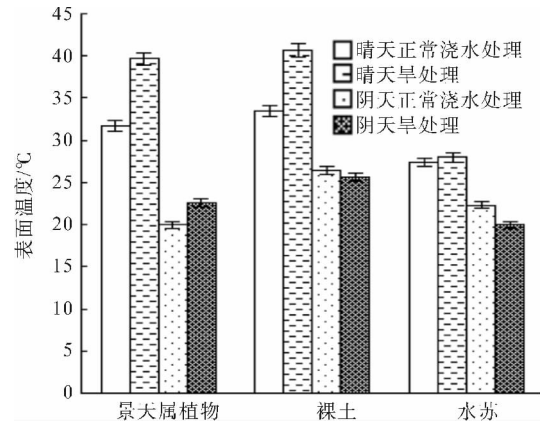


图 3 不同天气和浇水处理对表面温度的影响

2.4 不同处理基质温度比较

由表 1 可知,正常浇水处理各材料的基质温度均低于旱处理。正常浇水条件下,水苏的基质温度为 20.24℃,比景天属植物低 13.54℃,比裸土低 15.28℃;旱处理条件下,水苏的基质温度为 24.07℃,比景天属植物低 10.64℃,比裸土低 14.66℃。在同样浇水处理下基质温度表现为水苏<景天属植物<裸土。

表 1 不同浇水处理下各材料的基质温度、空气温度以及空气温度差

材料	处理	基质温度	空气温度	空气温度差
水苏	正常浇水	20.24	24.82	0.12
	干旱	24.07	25.14	0.07
景天属植物	正常浇水	33.78	24.93	1.21
	干旱	34.71	25.16	0.12
裸土	正常浇水	35.52	25.02	-0.33
	干旱	38.73	25.59	-0.45

2.5 不同处理空气温度比较

由表 1 可知,正常浇水处理的空气温度低于旱处理;在 2 种浇水处理下空气温度均表现为水苏<景天属植物<裸土。正常浇水处理下水苏的空气温度(24.82℃)比同等条件下的景天属植物(24.93℃)和裸土(25.02℃)分别低 0.11℃和 0.2℃,旱处理水苏的空气温度(25.14℃)比景天属植物(25.16℃)低 0.02℃,比裸土(25.59℃)低 0.45℃。此外,正常浇水处理下水苏的平均空气温度差

是 0.12°C , 而景天属植物的平均空气温度差为 1.21°C , 差异明显。

3 结论与讨论

本研究结果表明, 景天属植物、水苏和裸土的基质含水量表现为正常浇水>旱处理, 且同等浇水条件下, 基质含水量表现为水苏>景天属植物>裸土。在相同的浇水条件下, 景天属植物、水苏和裸土的表面净太阳辐射吸收值和表面温度均表现为阴天<晴天, 差异极显著, 且表面净太阳辐射吸收值表现为水苏<景天属植物<裸土, 其中水苏在晴天和阴天的表面净太阳辐射吸收值分别为 523.64 、 151.56 W/m^2 , 与其余两者之间差异显著。在晴天, 正常浇水处理的表面温度均低于旱处理, 但在阴天, 景天属植物却表现为旱处理的表面温度大于正常浇水处理, 其温度差为 2.6°C ; 在阴天正常浇水处理下表面温度表现为景天属植物<水苏<裸土, 景天属植物比水苏降低了 2.5°C , 其他情况下表面温度均表现为水苏<景天属植物<裸土。基质温度和空气温度都表现为正常浇水<旱处理; 同等浇水条件下, 其表现为水苏<景天属植物<裸土。水苏的入风口和出风口空气温度差不明显, 正常浇水的景天属植物的空气温度差明显, 其平均空气差为 1.21°C 。

相对于景天属植物, 一方面, 水苏通过较宽的叶片阻挡了大量的直射光, 从而减少了基质水分的散失^[6], 促使水苏的基质含水量较高; 另一方面, 白色的叶绒毛增加了水苏的叶表面反射率, 无论晴天还是阴天水苏都吸收了较少的净太阳辐射, 从而导致水苏有较低的表面温度以及较低的基质温度和空气温度, 具有较强的降温能力。相比而言, 正常浇水的景天属植物入风口和出风口空气温度有较大的差异, 能促进植物上层空气的流动, 有利于改善小

环境。在阴天水分充足情况下, 植物的蒸腾作用受阻, 正常浇水处理的水苏和裸土的表面温度高于旱处理, 而景天属植物的表面温度却低于旱处理。推测当其他植物蒸腾作用受阻时, 景天属植物的蒸腾作用更旺盛。降低城市热岛效应已成为全球的热门话题, 本试验中由于选取的植物种类较少, 需要进一步选择更多叶片形态的植物来进行对比研究。

参考文献:

- [1] Owen T W, Carlson T N, Gillies R R. An assessment of satellite remotely sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(9): 1663-1681.
- [2] Monterusso M A, Rowe D B, Rugh C L. Establishment and persistence of *Sedum* spp. and native taxa for green roof applications[J]. Hort Science, 2005, 40(2): 391-396.
- [3] Liesecke H J. Zwiebel- und Knollenpflanzen für extensive Dachbegrünungen[J]. Stadt Grün, 2001, 50: 133-139.
- [4] Sendo T, Kanechi M, Uno Y, et al. Evaluation of growth and green coverage of ten ornamental species for planting as urban rooftop greening[J]. Jpn Soc Hortic Sci, 2010(79): 69-76.
- [5] Lundholm J, MacIvor J S, MacDougall Z, et al. Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions[J]. PLoS One, 2010: 9675-9677.
- [6] Wallace J S, Jackson N A, Ong C K. Modelling soil evaporation in an agroforestry system in Kenya[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1999, 94: 189-202.