

# 几种广州地区屋顶绿化植物耐热性的测定

汤 聪, 郭 微, 刘 念, 吴少吟

(仲恺农业工程学院 园艺园林学院, 广东 广州 510225)

**摘 要:**以广州地区野外引种及已引种驯化成功的鸭跖草科和景天科 8 种屋顶绿化植物为试材,采用电导率法并结合 Logistic 方程,计算出 8 种植物的高温半致死温度,比较其耐热性强弱,为在广州地区屋顶绿化中的应用提供理论依据。结果表明:8 种植物经过梯度高温处理后,处理温度与细胞伤害率之间呈“S”型曲线,经显著性检验,符合 Logistic 方程。根据公式计算得出 8 种植物的高温半致死温度分别为:牛鞭草 60.90℃、小蚌兰 59.13℃、佛甲草 57.07℃、紫竹梅 55.95℃、中华景天 55.23℃、凹叶景天 54.60℃、东南景天 54.08℃、华南铺地锦竹草 53.05℃,其耐热性强弱为:牛鞭草>小蚌兰>佛甲草>紫竹梅>中华景天>凹叶景天>黄花景天>华南铺地锦竹草,从耐热性角度考虑,筛选出的 8 种植物在广州地区屋顶绿化中应用成功率较高。

**关键词:**屋顶绿化;耐热性;Logistic 方程

**中图分类号:**S 688 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)11-0062-04

屋顶作为建筑的“第五立面”,近年来已越来越受到人们的重视。在当今“寸土寸金”的社会,屋顶绿化已成为人们缓解建筑面积和绿地面积之间矛盾的首要选择<sup>[1-2]</sup>。关于屋顶绿化植物选择、基质选择以及施工工艺等方面的研究有很多<sup>[3-5]</sup>,但在植物选择方面,由于自然环境条件的限制和植物生长的地域性差异,需要根据当地的自然环境条件和乡土植物资源进行屋顶绿化植物的选择。目前,景天属植物以其植株低矮、生长整齐,且综合抗性强、管理粗放等特点,在屋顶绿化中广泛应用<sup>[6]</sup>,尤其是景天属的佛甲草等(*Sedum lineare* Thunb)<sup>[7]</sup>。但是,屋顶绿化种类单一、色彩单调、群落多样性低等缺点,也带来了一些如病虫害、黄化斑点等负面问题,而且工程实践表明,佛甲草在广州地区夏季高温多雨的条件下易积水腐烂。因此,筛选出更多适合屋顶绿化的植物种类有利于丰富屋顶绿化植物多样性和稳定性。

耐热性是屋顶绿化必备指标之一,对耐热性评价的方法有很多,其中电导率法结合 Logistic 方程是常用并且较简便的一种方法<sup>[8]</sup>,用该法测定植物耐热性的有效性在一些农作物、蔬菜、花卉中已得到过证实<sup>[9-10]</sup>。该研

究通过对广州地区草坪乡土植物的大量引种筛选以及对已引种驯化成功的品种进行栽培观察,初步筛选出景天科景天属(*Sedum*)和鸭跖草科(*Commelinaceae*)中的 8 种植物,应用电导率法测定了 8 种植物的高温半致死温度,为在广州地区屋顶绿化中的应用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料、名称、种属关系及来源见表 1。部分为野外引种材料、部分为现有园艺栽培种。试验材料种植于仲恺农业工程学院科学楼屋顶荫棚内,当野外引种及栽培植株扩繁到一定数量时,选取生长健壮无病虫害的分蘖枝扦插,2011 年 7 月 1 日将所需供试材料种植于栽培容器为长×宽×高=50 cm×25 cm×6 cm 的育苗托盘中,种植基质为园林废弃物:珍珠岩=3:1,基质厚度为 5 cm。扦插后统一水肥管理,待苗生长稳定后开始试验。电导率仪(DDS-307A 型),上海雷磁仪器厂生产。

### 1.2 试验方法

于 2011 年 10 月 1 日,选取生长健壮的同部位成熟功能叶片,用去离子水洗净,吸干叶片表面水分,将叶片剪成 0.5 cm<sup>2</sup> 的小片,避开叶片中脉,每次称取 0.5 g 叶片放入装有 20 mL 去离子水的试管中,分别在室温、40、45、50、55、60、65、70℃ 下水浴加热 15 min,取出静置冷却至室温,用电导率仪测定电导率,记为  $T_a$ ,再入沸水浴 15 min,待冷却至室温后测电导率  $T_b$ ,每组重复 3 次,以室温下的电导率  $T_c$  为对照。相对电导率=( $T_a - T_c$ ) / ( $T_b - T_c$ ) × 100%。式中, $T_a$  为不同水浴温度下的电导

**第一作者简介:**汤聪(1988-),女,江西宜春人,硕士,研究方向为园林植物栽培与应用。E-mail:tangcong0715@163.com.

**责任作者:**刘念(1957-),男,硕士,教授,博士生导师,现主要从事观赏园艺的教学工作。E-mail:liunian678@163.com.

**基金项目:**广东高校优秀青年创新人才培养计划资助项目(2012LYM\_0076);东篱环境艺术有限公司资助项目。

**收稿日期:**2013-01-16

率值;  $T_b$  为沸水浴之后的电导率值;  $T_c$  为对照的电导率值。

### 1.3 数据分析

用 Excel 2003、SPSS 17.0 软件进行数据分析, 通过对 Logistic 方程的拟合, 求出拐点温度, 即为半致死温

度。Logistic 方程表达式为:  $y = k / (1 + ae^{-bt})$ , 通过直线回归的方法求得  $a$ 、 $b$  值及  $R^2$ , 在数学上, 拐点为  $d^2y/dt^2 = 0$ , 由 Logistic 求得二级导数得出  $t = \ln a / b$ , 其中  $t$  值为曲线拐点, 即半致死温度。

表 1

试验材料

Table 1

Test materials

序号	植物名称	科属	拉丁名	材料来源
1	佛甲草	景天科景天属	<i>Sedum lineare</i>	购于广州旷野屋顶绿化公司
2	中华景天	景天科景天属	<i>Sedum polytrichoides</i>	2011 年 7 月 20 日采自广州顺峰山
3	凹叶景天	景天科景天属	<i>Sedum emarginatum</i>	2011 年 4 月采自江西井冈山
4	东南景天	景天科景天属	<i>Sedum alfredi</i>	2011 年 6 月采自广东汕头
5	牛轭草	鸭跖草科水竹叶属	<i>Murdannia loriformis</i>	2011 年 6 月采自广东汕头
6	小蚌兰	鸭跖草科紫万年青属	<i>Tradescantia spathacea</i>	园艺栽培种, 采自仲恺农业工程学院
7	紫竹梅	鸭跖草科紫竹梅属	<i>Setcreasea purpurea</i>	园艺栽培种, 采自仲恺农业工程学院
8	华南铺地锦竹草	鸭跖草科锦竹草属	<i>Callisia repens</i>	园艺栽培种, 采自仲恺农业工程学院

## 2 结果与分析

### 2.1 处理温度与细胞伤害率之间的关系

当植物受到高温影响时, 细胞膜遭到破坏, 膜透性增大, 从而使细胞内的电解质外渗, 以至于植物细胞浸提液的电导率增大。因此, 可以通过测定电导率反映植物的受热伤害程度, 从而反映不同植物耐热性的差异。

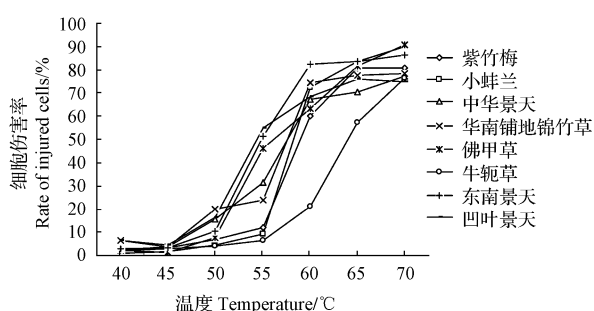


图 1 处理温度与细胞伤害率的关系

Fig. 1 Relationship between rate of injured cells and treatment temperature

由图 1 可以看出, 各植物在不同温度处理下叶片细胞伤害率呈“S”型变化, 即在温度为 40~50℃时细胞伤害率先缓慢上升, 随着温度升高至 50~60℃时, 细胞伤害率急剧增加, 60℃之后, 细胞伤害率增长平稳甚至下降, 其增长曲线符合 Logistic 方程规律。8 种植物叶片细胞伤害率均符合“S”型变化, 但不同植物之间仍存在差异。温度在 40~50℃时, 各植物细胞伤害率缓慢升高, 差异不大; 当温度升至 55℃时, 牛轭草的细胞伤害率最小, 仅为 6.3%, 小蚌兰、紫竹梅、华南铺地锦竹草分别为 9.1%、12.0%、24.1%, 中华景天、佛甲草、东南景天、凹叶景天细胞伤害率较大, 分别为 31.4%、46.2%、51.5%、55.0%; 当温度升至 65℃时, 牛轭草的细胞伤害

率为 57.3%, 中华景天、凹叶景天、华南铺地锦竹草均达到 70% 以上, 紫竹梅、佛甲草、东南景天、小蚌兰均达到 80% 以上。温度升至 70℃时, 细胞伤害率趋于平缓, 说明细胞脂膜透性已完成破坏, 不再随温度的变化而变化。

### 2.2 Logistic 方程参数的确定

将处理温度和细胞伤害率用 Logistic 方程:  $Y = k / (1 + ae^{-bt})$  拟合求出半致死温度, 其中  $Y$  代表细胞伤害率(%),  $t$  代表处理温度,  $k$  为细胞伤害率的饱和容量,  $a$ 、 $b$  为方程参数。为了确定  $a$ 、 $b$  的值, 将方程进行线性处理,  $\ln\{(k-y)/y\} = \ln a - bt$ , 令  $y' = \ln\{(k-y)/y\}$ , 则转化为  $y'$  与  $t$  之间的直线方程, 通过显著性测定, 均达到极显著水平, 并且转化细胞伤害率与处理温度之间存在显著的直线相关关系, 其线性关系见图 2、3。

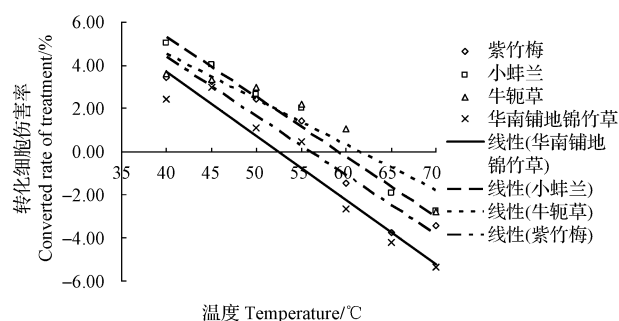


图 2 鸭跖草科转化细胞伤害率与处理温度的关系

Fig. 2 Relationship between converted rate of injured cells and treatment temperature

通过直线回归的方法求得半致死温度。由表 2 可以看出, 各植物之间高温半致死温度存在显著性差异, 牛轭草半致死温度最高, 为 60.90℃, 显著高于其它植物, 表明其耐热性最强, 其次为小蚌兰、佛甲草、紫竹梅、

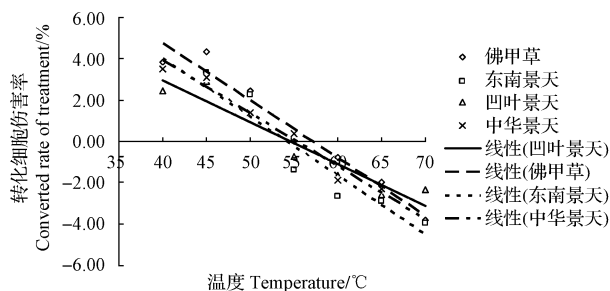


图3 景天科转化细胞伤害率与处理温度的关系

Fig. 3 Relationship between converted rate of injured cells and treatment temperature

中华景天、凹叶景天、东南景天,半致死温度分别为 59.13、57.07、55.95、55.23、54.60、54.08℃,华南铺地锦竹草高温半致死温度最低,为 53.05℃,表明其耐热性最差。

表2 方程参数及半致死温度

Table 2 Parameters of equation and semi-lethal temperature

植物名称 Tested plant	饱和容量 Saturation Capacity K 值	方程参数 Parameter of equation Ina	b	相关系数 Correlation coefficient $R^2$	半致死温度 Semi-lethal temperature LT <sub>50</sub> /℃
紫竹梅	82.74	15.45	0.27	0.92**	55.95±0.03cd
小蚌兰	95.87	16.45	0.28	0.90**	59.13±0.06b
牛鞭草	92.71	12.99	0.21	0.90**	60.90±0.53a
华南铺地锦竹草	78.83	15.59	0.30	0.93**	53.05±1.26f
佛甲草	78.73	15.85	0.28	0.96**	57.07±0.01c
东南景天	81.33	15.36	0.28	0.92**	54.08±0.08ef
凹叶景天	88.22	11.11	0.20	0.91**	54.60±0.10def
中华景天	77.82	14.21	0.26	0.97**	55.23±0.11de

注: \*\* 表示极显著性差异,不同字母表示显著性差异( $P<0.05$ )。

### 3 结论与讨论

该试验测定了 8 种景天科和鸭跖草科植物的电导率,其细胞伤害率与温度之间呈“S”型曲线变化,经显著性验证,符合 Logistic 方程,8 种植物的高温半致死温度分别为:牛鞭草 61.44℃、小蚌兰 59.07℃、佛甲草 57.07℃、紫竹梅 55.95℃、中华景天 55.24℃、凹叶景天 54.60℃、东南景天 54.08℃、华南铺地锦竹草 53.05℃,其耐热性强弱为牛鞭草>小蚌兰>佛甲草>紫竹梅>中华景天>凹叶景天>黄花景天>华南铺地锦竹草。

众多研究表明,景天科较能适应屋顶环境,关于景天科植物耐热性方面的报道也有很多,该试验中 4 种景天科植物所得结果与马进等<sup>[11]</sup>、张燕利等<sup>[12]</sup>、周伟伟<sup>[13]</sup>的研究结果相似,说明通过电导率法结合 Logistic 方程所得的高温半致死温度能较准确的反映植物间的耐热性差异。关于鸭跖草科植物在屋顶绿化中的应用,简曙光等<sup>[14]</sup>提出过,但是关于鸭跖草科耐热性方面却鲜见报

道。该试验通过引种方式选用了 4 种广州地区鸭跖草科的乡土种,探讨了其高温半致死温度,从试验结果可以看出,鸭跖草科的耐热性并不弱于景天科植物,其中牛鞭草耐热性最强,并且栽培观察中发现其繁殖能力强,在广州地区能四季常青;小蚌兰、紫竹梅色彩鲜艳,能很好地丰富屋顶植物色彩和多样性,华南铺地锦竹草耐热性较次之,但其繁殖能力很强,养护得当基本能四季常青,目前工程实践中也有试探性应用。广州地区夏季高温多雨,目前应用的景天科植物中,由于大多为肉质茎,在高温多雨的环境下容易产生根茎腐烂现象,所选用的鸭跖草科 4 种植物的根茎木质化程度较高,在高温高湿条件下不易发生根茎腐烂,在种类和色彩上都丰富了广州地区屋顶绿化多样性。

该试验通过耐热性的测定,为 8 种植物在广州地区屋顶绿化中的应用提供了理论性的参考,从耐热性试验结果来说,此 8 种植物在广州地区屋顶绿化中应用成功的可能性很大,当然,耐热性只是屋顶绿化植物必备指标之一,关于耐旱、耐涝等其它抗性,将在后续研究中进一步观察验证。

### 参考文献

- [1] Kolb W. Good reasons for roof planting: Green roofs and rainwater[J]. Acta Horticulturae, 2004, 643: 295-300.
- [2] Wong N H, Chen Y, Ong C L, et al. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment[J]. Building and Environment, 2003, 38: 261-270.
- [3] 赵玉婷. 屋顶绿化植物选择研究进展[J]. 山东林业科技, 2004(2): 27-29.
- [4] 殷丽峰, 李树华. 屋顶绿化基质的选择及绿化种植模式的建立[J]. 风景园林, 2006(4): 46-49.
- [5] 许荷. 屋顶绿化构造探析[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [6] 林夏珍. 论屋顶环境与屋顶绿化[J]. 浙江林学院学报, 1998(15): 91-95.
- [7] 赵定国, 旷小满. 佛甲草在北京越冬试验初报[J]. 草原与草坪, 2005(1): 71-72.
- [8] 赵玉宏. 应用 Logistic 方程测定冷地型草坪草抗热性研究[J]. 湖北农业科学, 2004(4): 108-110.
- [9] Ingram D L, Buchanan D W. Lethal high temperatures for roots of three citrus root stocks[J]. American Society for Horticultural Science, 2003, 109: 189-193.
- [10] Yeh D M, Lin H F. Thermo stability of cell membranes as a measure of heat tolerance and relationship to flower delay in chrysanthemum[J]. American Society for Horticultural Science, 2003, 128: 656-661.
- [11] 马进, 汤庚国, 郑钢. 5 种屋顶绿化景天属植物的耐热性的测定[J]. 林业科技开发, 2009, 23(3): 36-37.
- [12] 张燕利, 高捍东, 吴锦华. 4 种景天科植物耐热性测定[J]. 西南林学院学报, 2010, 30(6): 52-54.
- [13] 周伟伟. 北京地区屋顶绿化地被植物的抗逆性研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008.
- [14] 简曙光, 谢振华. 广州市屋顶自然生长的植物[J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(6): 35-37.

# 抗寒耐盐碱美国白蜡引种造林试验

魏忠平, 范俊岗, 高 军, 叶景丰, 潘文利

(辽宁省林业科学研究院, 辽宁 沈阳 110032)

**摘 要:**对不同种源地引进的抗寒耐盐碱美国白蜡进行了盐碱地造林试验研究,通过分析树木长势和改土效果来筛选出优良的白蜡种源。结果表明:中度盐碱地不同种源地引进的白蜡树木长势强弱依次为宾夕法尼亚>纽约>CK>威斯康星>田纳西>路易斯安那;轻度盐碱地则是明尼苏达>肯塔基>CK>亚拉巴马>密西西比。轻、中盐碱地不同种源地引进的白蜡对土壤改良作用与树木长势规律一致;中度盐碱地造林优选白蜡种源地为宾夕法尼亚和纽约,轻盐碱地则是明尼苏达和肯塔基 2 个种源地。

**关键词:**美国白蜡;盐碱地;种源地;引种;造林

**中图分类号:**S 687.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)11-0065-04

我国是世界盐碱地大国之一,盐渍土面积约  $9.913 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ,近 1/5 耕地发生盐碱化<sup>[1-2]</sup>。随着国民经济和社会的迅速发展,人口增长与耕地减少的矛盾日益突出,各类盐碱地成为重要的土地后备资源,若能充分利用盐碱地资源,营造大面积耐盐林分,对提高森林覆盖率,保障人民生产及改善脆弱生态环境会产生巨

大作用<sup>[3]</sup>。目前,盐碱地改良仍是一个复杂的工程,国内外对盐碱地治理技术有很多研究,主要集中在生物措施改良<sup>[4-5]</sup>、覆盖改良<sup>[6-7]</sup>、施加改良剂<sup>[8-9]</sup>等方面。近年来,对耐盐植物的筛选及选育栽培研究已引起国内外学者的关注<sup>[10-13]</sup>,通过培育耐盐的植物新品种,提高土地利用效率、降低盐碱灾害影响,是提高生态效益和经济效益的有效途径<sup>[14-15]</sup>。为改变北方泥质海岸盐碱地区生态环境,促进沿海经济发展,选育优良耐盐碱新品种,辽宁省林业科学研究院于 2007 年承担了国家林业局“948”“抗寒耐盐碱美国白蜡优良种源及盐碱地土壤改良技术引进”项目,开展了抗寒耐盐碱美国白蜡的引种研究,目前已在白蜡的播种育苗、扦插育苗及组培快繁技术等领域取得了一定的研究成果<sup>[16-18]</sup>。现通过对所引进的

**第一作者简介:**魏忠平(1981-),男,硕士,工程师,现主要从事土壤改良与林业生态工程建设研究工作。E-mail:weizp1981@126.com.

**责任作者:**范俊岗(1965-),男,硕士,教授,现主要从事森林生态研究工作。E-mail:fanjungang@yahoo.com.cn.

**基金项目:**国家林业局“948”资助项目(2007-4-15);国家“十一·五”科技支撑计划资助项目(2009BADB2B0503)。

**收稿日期:**2013-01-21

## Study on the Heat-tolerance of Several Roof-green Species in Guangzhou Area

TANG Cong, GUO Wei, LIU Nian, WU Shao-yin

(College of Horticultural and Landscape Architecture, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225)

**Abstract:** Taking 8 species of *Sedum* and *Commelinaceae* plants by wild-introduction and artificial screening in Guangzhou area as test materials, the heat tolerance of eight plants were measured by electrical conductivity method and Logistic equation, in order to provide theoretical foundation for roof-green in Guangzhou area. The results showed that the relationship between the temperature for leaf treatment of eight species and the relative electricity conductivity varied in the ‘S’ curve model, which was accorded with Logistic equation proved by significance test calculated with the formulas, the half lethal temperatures of the eight species were *Murdannia loriiformis* 60.90°C; *Tradescantia spathacea* 59.13°C; *Sedum lineare* 57.07°C; *Setcreasea purpurea* 55.95°C; *Sedum polytrichoides* 55.23°C; *Sedum emarginatum* 54.60°C; *Callisia repens* 53.05°C. According to the heat-tolerance, the article inquired into the successful possibility of the eight species in Guangzhou region.

**Key words:** roof-greening; heat-tolerance; Logistic equation