

屋顶绿化候选植物——费菜的抗逆性研究

赵歌, 袁红艳, 魏灵芝, 汤睿谐, 张晓峰, 陆小平*

(苏州大学 金螳螂建筑与城市环境学院, 苏州 215123)

摘要: 以景天科植物的费菜为材料, 在模拟屋顶生境下, 研究了费菜对干旱、高温、低温逆境胁迫所产生的生理响应。结果表明, 在缺水 480 d 的条件下, 费菜的萎蔫系数达 3.97; 在 45 °C 条件下处理 12 h, 细胞膜伤害率只有 8.5%, 但超过 47 °C 时, 细胞膜伤害率明显升高; 地上部分在 -2 °C 下全部冻死, 但地下部分仍可恢复生长。由于费菜具有生长快、抗性强、既可观花也可食用的优点, 可以作为华东地区屋顶绿化植物资源对其进行开发利用。

关键词: 屋顶绿化植物; 费菜; 抗逆性; 电导率

中图分类号: S567.23 文献标志码: A 文章编号: 1000 - 2286(2011)02 - 0335 - 05

A Study of Stress Tolerance of a Candidate Plant ——*Sedum aizoon* L. for Green Roof

ZHAO Ge, YUAN Hong-yan, WEI Ling-zhi,
TANG Rui-xie, ZHANG Xiao-feng, LU Xiao-ping*

(Gold Mantis School of Architecture and Urban Environment, Soochow University, Soochow 215123, China)

Abstract: Taking *Sedum aizoon* L. as the experiment material, the physiological responses of *Sedum aizoon* L. to drought, heat and cold stress were studied in simulated roof habitat. The results showed that: under dry condition for 480 days, its wilting coefficient was 3.97; treated at 45 °C for 12 h, its membrane injury percentage was only 8.5%, but when the temperature exceeded 47 °C, its membrane injury percentage was significantly higher; the aerial parts of *Sedum aizoon* L. all froze to death at -2 °C, but the underground part could still recover growth. *Sedum aizoon* L. has many advantages, such as fast growth, strong resistance; in addition, it is not only ornamental but also edible. So *Sedum aizoon* L. can be developed and utilized as a kind of plant resources for green roof in east China.

Key words: green roof plants; *Sedum aizoon* L.; stress tolerance; electrical conductivity

近年来,随着城市热岛效应的日益加剧,屋顶绿化已引起人们的密切关注。屋顶绿化具有固定二氧化碳,释放氧气、减弱噪声、滞尘杀菌、改善建筑室内外环境、涵养雨水、丰富建筑景观等功能^[1]。在这一背景下,屋顶绿化相关理论和技术的研究也取得了一定成果,如屋顶绿化建筑承载力研究,轻质种植土的选择与配置,屋顶绿化施工技术。然而作为屋顶绿化的主体——植物,其相关内容的研究尚未完全展开。早在 19 世纪,德国就开始对“建筑物大面积植被化”进行探讨,并在植物种类选择、种植技术以及养护措施等方面进行了深入研究^[2]。此后捷克、西班牙、匈牙利等国家也相继对屋顶环境中的植物种类及其抗寒、抗旱性进行了研究,选出了景天属、长生草属的若干个种与矮种早熟禾、苔鲜等种类。

收稿日期: 2010 - 11 - 11 修回日期: 2011 - 02 - 16

基金项目: 国家住房和城乡建设部科技项目(2010 - K1 - 35) 和苏州大学大学生创新性实验计划项目

作者简介: 赵歌(1983—),女,硕士生,主要从事园林植物与观赏园艺研究, E-mail: xiaoge7908@163.com; * 通讯作者: 陆小平,教授,博士, E-mail: szlxp@yahoo.com.cn。

这些植物能承受各种恶劣气候,不需任何养护,而且其根部极小,不会对屋顶建筑结构产生破坏作用,是适合屋顶绿化的最佳植物种类。日本已开发近40余种景天科等多浆肉质植物应用于屋顶绿化的植物配置中^[3-4],如今在许多城市,将垂盆草和佛甲草作为屋顶绿化植物进行开发和应用。我国自20世纪60年代开始研究屋顶绿化及其建造技术,主要选择以蔬菜、瓜果等生产为目的的植物进行屋顶绿化^[5]。开展较早的城市有重庆、成都、上海、广州、深圳、武汉等城市。2001年,赵定国等首选推出佛甲草用于屋顶绿化,取得了较好的应用效果^[6]。何家骅等用垂盆草进行屋顶建坪尝试,获得了预期结果^[7]。但对景天科植物的费菜至今未见报道。费菜(*Sedum aizoon* L.)是景天科多年生草本植物,俗称“土人参”,又名“土三七”。除了具有很高的药用价值外,还有较好的食用价值和观赏价值。目前,已被列为新型保健蔬菜开发和利用^[8]。同时,该植物具有生长旺盛、适于刈割、抗逆性强等优点,作为地被植物在园林绿化中加以应用。为了提高费菜的利用价值,本研究对费菜的抗性进行了调查和分析,以求获得新型屋顶绿化植物资源,为丰富屋顶绿化植被种类的多样性提供素材。

1 材料与方法

1.1 材料

2年生费菜植株(由本研究室保存)。

1.2 材料培育

冬季自然枯萎的2年生盆栽植株(仅有地下部分),春季松土后自然发芽,并进行常规肥水管理,植株长到25~30 cm时开始进行抗旱、抗热、抗寒性测定。

1.3 抗旱性测定

选取长势相近的盆栽费菜植株同时浸盆,以保证在相同的土壤水分条件下开始试验。试验期间停止浇水,并保持其它生存环境(如温度、光照等)与自然状况相同,当植株出现暂时萎蔫和永久萎蔫时测其土壤含水率。土壤水分测定:准确称取土样100 g,(重复3次,精确到0.01 g),置105℃的烘箱中烘至恒重。两次的质量差即为失去的水分质量,由此计算出土壤水分百分数。

1.4 抗热性测定

选取生长状况一致的盆栽费菜,置温箱中进行不同温度(40、43、45、47、50℃)处理,以室温(25℃)为对照,每一处理温度设3个重复。处理12 h后取出立即进行相对电导率的测定。

1.5 抗寒性测定

选取生长状况一致的盆栽费菜置于可调式冰柜中进行低温处理,温度梯度分别为:室温(对照)、1℃、0℃、-1℃、-2℃、-3℃、-4℃、-6℃、-8℃。每一处理温度设3个重复。冷处理12 h后取出(叶片结冰时在冰柜中取叶盘),立即进行相对电导率的测定。

1.6 电导率的测定

测定方法参考徐传保^[9]、张文娟^[10]并作改进。剪取相近同叶位的费菜叶片,用自来水冲洗后,再用去离子水冲洗2~3次,最后用洁净滤纸吸净表面水分。避开大叶脉用打孔器打取圆片(图1),每处理重复3次,每重复取10个圆片,放入洁净的测定瓶中,加入10 mL重蒸去离子水,抽真空20 min。然后将测定瓶置室温下静置,期间每隔20 min晃动测定瓶1次。2 h后用DDS-11A型电导率仪测其初电导值 C_1 。置沸水浴中20 min,取出自然冷却至室温,摇匀,测其终电导值 C_2 。按照下列公式计算相对电导率:

$$\text{相对电导率}/\% = (\text{处理 } C_1 - C) / (\text{处理 } C_2 - C) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{伤害率}/\% = (\text{处理 } C_1 - \text{对照 } C_1) / (\text{处理 } C_2 - C) \times 100 \quad (2)$$

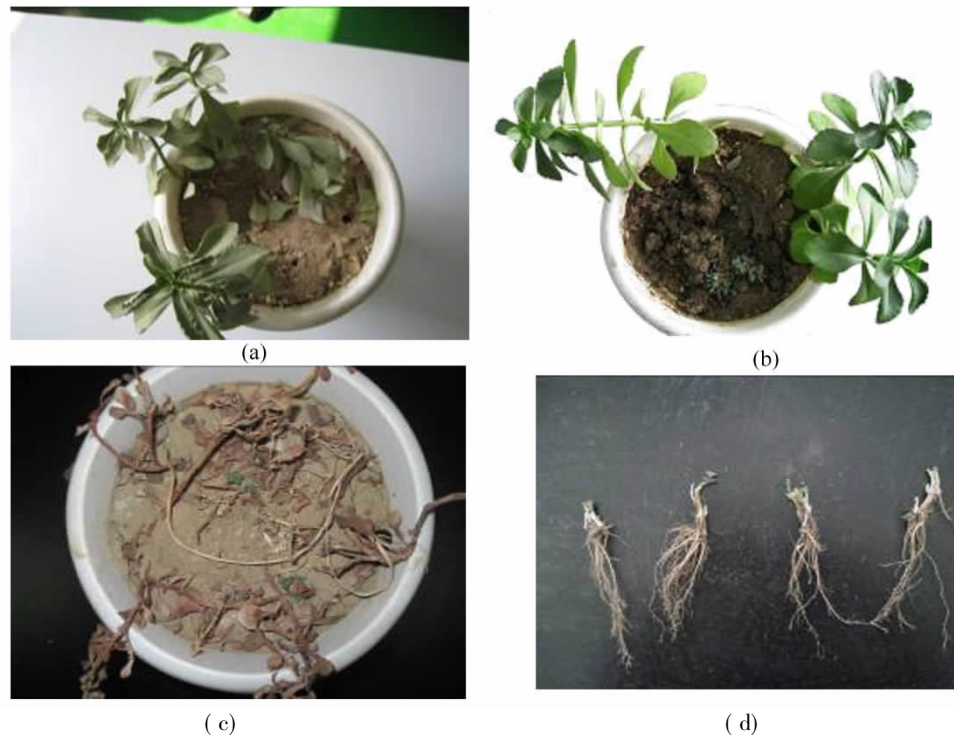
式中: C 为蒸馏水的导电值。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下的费菜不同表型

费菜受到轻度干旱胁迫(38 d)时,幼叶部分开始失水萎蔫。随着胁迫的加重(萎蔫后期97 d)时,有少部分植株从根颈部缢缩断裂,大部分植株还能顽强生长。茎上生出气生根,这种看似达到永久萎蔫

程度的植株,却能在复水后恢复正常。随着胁迫时间的延长,当胁迫严重时,地上部分枯萎,但是幼芽却能顽强生存,出现永久萎蔫时,饱满的肉质根失水干瘪,肥厚的地面芽也有萎缩表现(图1)。



(a) 缺水 97 d 后的表型; (b) 缺水 97 d 后的复水表型; (c) 缺水 480 d 后的表型; (d) 缺水 480 d 后的根系。

(a) water shortage for 97 days; (b) Rehydration after water shortage for 97 days; (c) water shortage for 480 days; (d) Rehydration after water shortage for 480 days.

图1 费菜缺水后的表型

Fig. 1 Manifestations of water shortage

2.2 干旱胁迫下费菜的萎蔫系数

在土壤含水量极少的情况下,费菜能忍受很长时间的干旱胁迫。从植株萎蔫的表型来看,38 d 不浇水(暂时萎蔫初期)的土壤含水量达 7.86%;97 d 不浇水(萎蔫后期),土壤含水量只有 3.25%,但供水后植株仍可恢复生长;当 480 d 不浇水时,土壤含水量只为 3.97%,说明植株完全是靠着肥大的肉质根储存的水分来维持生存。而土壤水分百分数的增加可能是吸湿水的缘故(表1)。

表1 不同萎蔫程度与土壤水分百分数的关系

Tab. 1 Relationship of different wilting degrees and the percentage of soil moisture

萎蔫程度 Different wilting degrees	胁迫时间/d Time treated	土壤水分百分数/% Percentage of soil moisture
暂时萎蔫(初期) Temporary wilting(Early)	38	7.86A
暂时萎蔫(后期) Temporary wilting(Late)	97	3.25B
永久萎蔫 Permanent wilting	480	3.97B

2.3 不同高温胁迫下费菜叶片电解质外渗率的动态变化

高温胁迫的实验结果(表2)表明,随着处理温度的增加,膜受到的伤害越大。但是电导率的增加幅度并不呈线性关系,处理温度低于 45 °C 时,相对电导率增加缓慢;而当处理温度高于 45 °C 时,随着胁迫程度的增加,膜的透性急剧增加。虽然 45 °C 的处理相对电导率变化不显著,但是将处理后的费菜置于室温中恢复一定时数后,叶片才出现灼烧状斑点。表明 45 °C 下的高温处理已经对费菜造成显著地伤害。当处理温度升高至 47 °C 以上时,这种伤害作用积聚性地表现出来,相对电导率从 23.5% 猛增到 56.9%。这一结果表明,45 °C 可能是费菜正常生长的临界高温。

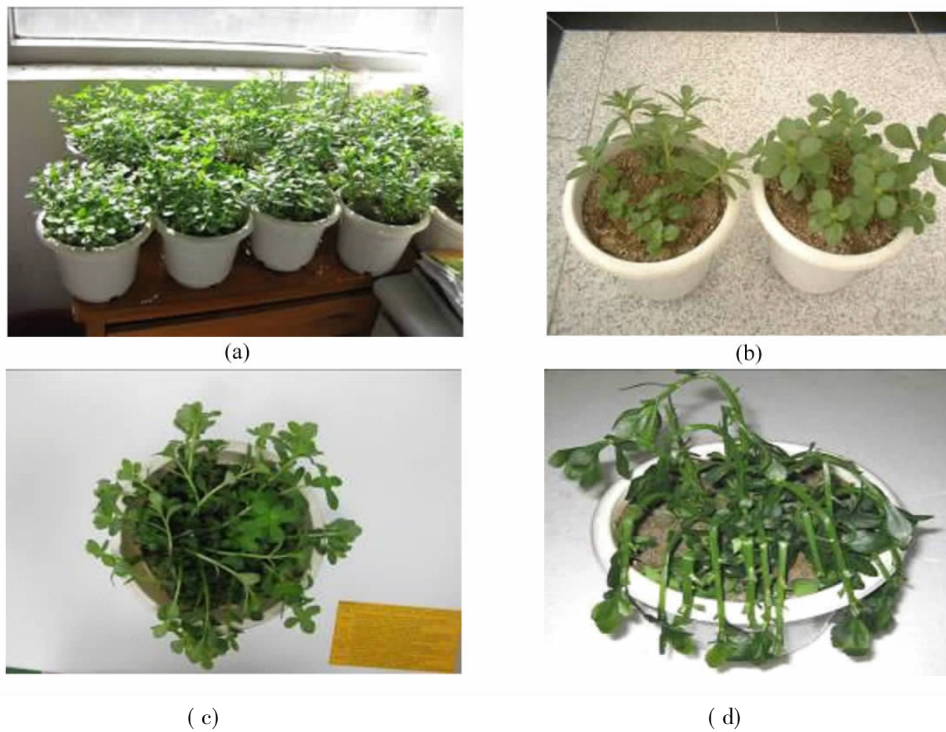
表2 高温胁迫对费菜膜透性的影响

Tab.2 The effects of membrane permeability of *Sedum aizoon* L. under high temperature stress

处理温度/℃ Temperature treated	相对电导率/% Electrolyte efflux percentage	细胞伤害率/% Cell membrane injury percentage
25	15.07De	—
40	18.3Dd	3.3Cd
43	21.6CDc	6.6Cc
45	23.5Cc	8.5Cc
47	56.9Bb	41.9Bb
50	66.0Aa	51.0Aa

2.4 不同的低温处理对费菜细胞膜透性的影响

对盆栽费菜进行抗冻性测定的结果表明,从室温(25℃)降至-1℃的过程中,植株的表型和相对电导率的变化均较小;当温度从-1℃降至-2℃时,叶片全部呈水渍状,茎干断裂。植株倒伏(图2),此时的相对电导率呈现急剧增加,增幅达到174%。而从-2℃降至-4℃时,相对电导率增加又趋于平缓。从-4℃降至-6℃时,相对电导率的增幅又加大,为44.3%。当温度低于-6℃时,相对电导率增加缓慢(表3)。



(a) 25℃条件; (b) 1℃处理; (c) -1℃处理; (d) -2℃处理。

(a) in 25℃; (b) treat in 1℃; (c) treat in -1℃; (d) treat in -2℃.

图2 费菜不同温度条件下处理12 h后的表型

Fig.2 Manifestations of *Sedum aizoon* L. by treating for 12 hours in different temperature conditions

3 讨论

本研究以费菜为材料,通过模拟屋顶生境,探讨费菜对干旱、高温、低温逆境胁迫所产生的生理响应,我们的抗旱试验发现,费菜有极强的抗旱能力,在长期(480 d)缺水条件下仍能存活发芽,缺水时数在一定范围内,费菜能产生少量气生根,可能是费菜抵御干旱胁迫的形态适应方式。费菜植株从根颈部缢缩断裂的自残方式,可能是耐旱植物在极端缺水的情况下,逃避逆境胁迫的一种自卫形式。在耐热性

表3 不同低温处理后费菜(地上部分)的相对电导率和细胞伤害率

Tab.3 The relative conductivity and cell damage rate of *Sedum aizoon* L. (aboveground) after different low temperature treatment

处理温度/℃ Temperature treated	相对电导率/% Electrolyte efflux percentage	细胞伤害率/% Cell membrane injury percentage
25	15.07D	—
1	21.75C	6.75C
0	20.66C	5.66C
-1	20.78C	5.78C
-2	57.08B	42.08B
-3	57.09B	42.09B
-4	57.13B	42.13B
-6	82.48A	67.48A
-8	83.63A	68.63A

方面,即使 45 ℃ 的高温对费菜尚未产生明显的生理影响,可见费菜和其它景天科植物一样,具有极强的抗热性,其半致死温度可达 60 ℃ 以上。在抗冻方面,费菜在 -2 ℃ 的条件下,虽然地上部分全部冻死,但地下部分几乎没有受太大影响,仍可恢复发芽。我们的调查发现,在露天生长的费菜,即使气温达 -7 ℃ (苏州地区的极端低温),翌春地下部分仍可正常发芽,这些数据表明,在华东地区,即使夏季出现极端高温(40 ℃)、冬季出现极端低温(-10 ℃),费菜仍然可以安全渡过恶劣气候环境。综上所述,在低养护、免灌溉、生长快、抗性强等方面,费菜的多项生理指标接近垂盆草、佛甲草等屋顶绿化草种^[6,11-15],如果再结合费菜的开花习性,在屋顶建植费菜花台,不仅可改变屋顶植物的色彩、形态单一性,还可利用费菜的保健作用^[8],在屋顶种植保健蔬菜。因此,费菜作为屋顶绿化植物资源进行开发更具有应用价值。

参考文献:

- [1] 张璐,张尚武. 浅谈城市屋顶绿化的功能与意义[J]. 城市与减灾,2006(1): 32-35.
- [2] 戎安. 德国城市建筑环境大面积植被化研究[J]. 环境保护,2003(10): 60-64.
- [3] 施韬,施惠生. 绿色种植屋面的研究[J]. 浙江工业大学学报,2006,34(2): 220-223.
- [4] 李金娜. 花园城市与屋顶绿化[J]. 山西建筑,2002,28(4): 152-153.
- [5] 殷丽峰,李树华. 屋顶花园的起源和发展[J]. 园林,2004(12): 24-25.
- [6] 赵定国,李桥,艾侠,等. 屋顶绿化的好材料—佛甲草初考[J]. 上海农业学报,2001,17(4): 58-59.
- [7] 何家骅,雷海清. 垂盆草屋顶切段撒播成坪初探[J]. 浙江农业科学,2008(5): 554-555.
- [8] 种高军. 新型保健类蔬菜—费菜的栽培及繁殖[J]. 中国园艺文摘,2009(9): 111-112.
- [9] 徐传保,赵兰勇,张廷强,等. 以电导法配合 Logistic 方程确定四种竹子的抗寒性[J]. 北方园艺,2009(2): 182-184.
- [10] 张文娟,姚云峰,李钢铁,等. 五种植物抗寒性的比较研究[J]. 广西植物,2009,29(2): 269-271.
- [11] 李若南,张纵. 景天科植物在城市立体绿化中的应用探析[J]. 广东农业科学,2010,37(8): 88-90.
- [12] 苏丹,张金政,孙国峰,等. 费菜和长药八宝叶形态结构及其与耐旱性关系的研究[J]. 植物研究,2007,27(4): 428-433.
- [13] 徐常青,陈君. 药食兼用特菜—垂盆草[J]. 北方园艺,2009(7): 220-22.
- [14] 屠国君,江杭燕. 选用多浆植物建设屋顶生态绿化[J]. 南方农业,2009(6): 72-75.
- [15] 马燕,白淑媛,梁芳,等. 北京城市屋顶绿化佛甲草养护管理技术[J]. 草业科学,2009,26(7): 158-164.