

# “星白”勋章菊耐寒性研究

王永亮, 王 韡, 戴 斌, 陆小平

(苏州大学 金螳螂建筑与城市环境学院, 江苏 苏州 215123)

**摘 要:**通过对日本引进的“星白”勋章菊进行不同温度(5、3、1、-1、-3、-5、-7℃)处理,测定了低温胁迫后叶片生理生化指标的变化。结果表明:“星白”勋章菊具有较强的抗寒能力,是一种适宜在城市园林广为推广应用的优秀园林植物。随着温度的降低,“星白”勋章菊叶片叶肉细胞的电解渗透率在-1℃以上处理时变化不大,-3℃时略微上升,在-3~-5℃范围内陡然上升。以电解质渗透率为参数,用 Logistic 方程求得拐点值,确定了勋章菊的低温半致死温度(LT<sub>50</sub>)为-4.37℃;丙二醛(MDA)含量先降低后上升;叶绿素含量变化不大;脯氨酸含量呈先降低后上升再下降的趋势,在-1℃时含量达到最大值。

**关键词:**“星白”勋章菊;耐寒性;低温胁迫;生理指标;园林植物

**中图分类号:**S 682.1<sup>+</sup>1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)02-0073-03

勋章菊(*Gazania rigens* L.)为菊科勋章菊属多年生草本花卉,别名非洲太阳菊,性喜温暖、光照充足的环境,花单头,长花梗,白天在阳光下开放,晚上闭合。勋章菊具有四季常绿、三季现花及抗性强的特性,既可观叶也可观花,既能地栽也可盆栽的新优地被植物。勋章菊对 30℃以上的高温适应性较差,叶片会生长迟缓,开花减少。冬季温度应不低于 5℃,但短时间能耐 0℃低温,如时间长则易发生冻害。苏州地区属于亚热带气候,冬季气候温和,因此对“星白”勋章菊进行耐寒性生理测定后,经短期驯化可直接应用于苏州庭院的绿化。现探讨了不同低温条件下,勋章菊叶片中细胞膜透性、丙二醛含量、脯氨酸含量以及叶绿素含量的变化等指标及其与耐寒性的关系,探明了“星白”勋章菊低温致伤的生理特性和临界致死温度,为“星白”勋章菊的景观应用提供了科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料“星白”勋章菊由日本引进,在苏州白糖植物园扦插繁殖,成苗后移于直径为 20 cm 有瓦钵花盆内,每钵种 3 株,并统一肥水管理。

### 1.2 试验方法

选择长势相近的盆栽勋章菊,用自来水和蒸馏水清洗干净,吸水纸吸干表面水分后,置于不同温度(-7、-5、-3、-1、1、3、5℃)下处理 12 h,每区处理 3 株。并以 25℃室温做为对照,处理好的叶片无需解冻,直接用

0.3 cm 打孔器打成圆片,测定叶片电导率、丙二醛、叶绿素、脯氨酸等抗寒生理指标。

### 1.3 项目测定

细胞膜透性采用电导法,DDS-11A 型电导仪测定<sup>[1]</sup>。半致死温度采用电导法,配合 Logistic 方程,应用 DPS 9.5 统计软件进行非线性回归分析以确定<sup>[2]</sup>。丙二醛含量采用巴比妥酸显色法测定;游离脯氨酸含量采用茚三酮比色法测定;叶绿素含量采用丙酮乙醇法测定<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温胁迫下细胞膜透性的变化

低温胁迫时首先发生膜脂的物相变化,从液晶相变为凝胶相,膜脂上的脂肪酸链由无序排列变为有序排列,膜产生孔道或龟裂,并且,胞外形成的冰晶刺伤细胞壁或细胞膜引起细胞破裂,细胞内离子大量外渗<sup>[4]</sup>。此外,当温度降到 0℃以下时,因细胞间液体比细胞内的冰点高(细胞间的溶液浓度低),冰晶先在细胞间的空隙形成,水势下降,胞内液体顺化学式梯度流入胞间隙。细胞的脱水对膜造成一系列伤害,引起膜的破裂,膜片层向晶相的转变及结构的损伤<sup>[5]</sup>。

由表 1 可知,随着温度降低,勋章菊叶片细胞的相对电导率随之增加,但增加的幅度并不均匀,从室温(25℃)降至-1℃的过程中,相对电导率起伏变化缓慢。当温度从-1℃降至-3℃时,相对电导率的增幅加大。从-3℃降至-5℃时,相对电导率呈现急剧增加的趋势,增幅达到 240%。而从-5℃降至-7℃时,相对电导

表 1 “星白”勋章菊经 12 h 不同低温处理后的  
相对电导率和细胞伤害率

测定指标	测定温度/℃							
	室温	5	3	1	-1	-3	-5	-7
相对电导率/%	14.88D	13.31D	16.02C	15.97C	15.89C	33.65B	80.86A	89.95A
伤害率/%	—	—	1.34C	1.28C	1.19C	22.05B	77.51A	88.19A

**第一作者简介:**王永亮(1986-),男,在读硕士,研究方向为园林建筑与植物保护。E-mail:wangyl0097@126.com。

**责任作者:**陆小平(1958-),男,博士,教授,现主要从事园林植物相关方面研究工作。E-mail:szlxp@yahoo.com.cn。

**基金项目:**苏州市科技支撑(农业)资助项目(SNG0908)。

**收稿日期:**2011-09-21

率增加又趋于平缓。“星白”叶片细胞经不同低温处理后伤害率的变化趋势与相对电导率相似。各处理组相对电导率的大小和对照差异极显著,一个相对电导率的跃升点处膜透性的差异达到极显著水平。



图1 -7°C处理12 h后的  
勋章菊

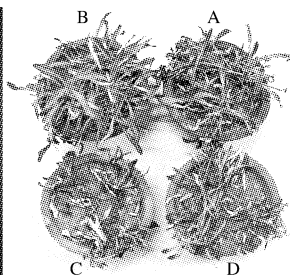


图2 -5°C不同土壤含水量  
处理12 h后的冻害情况

后续试验观察发现,“星白”经低温处理后,放置于室温进行恢复时,在-3~-7°C条件下冻害情况,由图2可知,A、B为生长旺盛土壤含水高,处理12 h后,经2 d恢复后的情况。C、D为土壤缺水条件下相同处理后的情况。试验表明,勋章菊“星白”品系在-3°C时可以露地越冬,在-5°C时浇足水后可慢慢恢复,而在-7°C时“星白”系列冻死。后续试验也证明了一3~-5°C的低温对“星白”的生长造成显著的伤害。当温度降至-7°C以下时,膜的损伤与修复之间的平衡被打破,损伤的细胞膜已不能恢复,叶片呈水渍状,恢复至室温后,“星白”植株全部死亡。应用 DPS 9.5 统计软件进行非线性回归分析结合 Logistic 曲线拟合求出拐点温度(LT50),“星白”勋章菊半致死温度为-4.37°C。与试验结果相一致。

## 2.2 低温胁迫对“星白”勋章菊叶片丙二醛含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的产物,它的积累会加剧膜脂过氧化,破坏细胞膜系统,植株在遇逆境伤害时,其含量会增加,这是植物体受到逆境伤害的重要指标<sup>[6]</sup>。由图3可知,“星白”勋章菊 MDA 含量变化趋势从低温胁迫开始 MDA 含量表现出先下降后上升的趋势。-5°C时,MDA 含量达到最小值,其后开始上升,说明“星白”品种在低温逆境下 MDA 积累较少,膜质过氧化程度小,耐寒性较强。因此,低温处理后 MDA 含量可以作为勋章菊耐寒性评价的指标。试验结果表明,“星白”品种的耐寒性较强,与电导率试验测得结果相符。

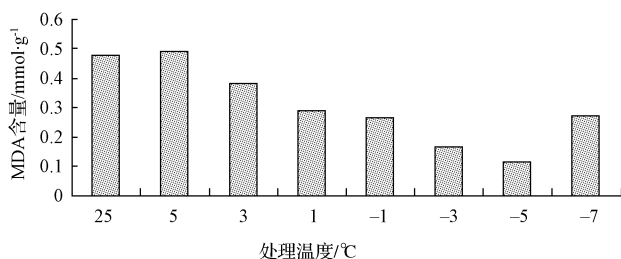


图3 “星白”经12 h不同低温处理后的丙二醛含量变化

## 2.3 低温胁迫对“星白”勋章菊叶片叶绿素含量的影响

叶绿素在光合作用中起着吸收光能的作用,其含量

的大小直接影响到植株光合作用的强弱<sup>[7]</sup>。低温影响叶绿素的含量,这是由于叶绿素的生物合成过程绝大部分都有酶参与,低温影响酶的活动,也就影响叶绿素的合成<sup>[8]</sup>,更造成叶绿素降解加剧。由图4可知,随着温度的不断降低,“星白”叶片叶绿素含量起伏变化不大。低温下叶绿素含量相对含量与耐性之间表现为不显著负相关<sup>[9]</sup>。研究结果表明,低温处理“星白”叶片对其叶绿素的合成影响不大,叶绿素与“星白”品种的耐寒性没有明显的相关性,与前人研究相一致。因此,该试验中叶绿素含量变化不能作为“星白”抗耐寒鉴定的指标。

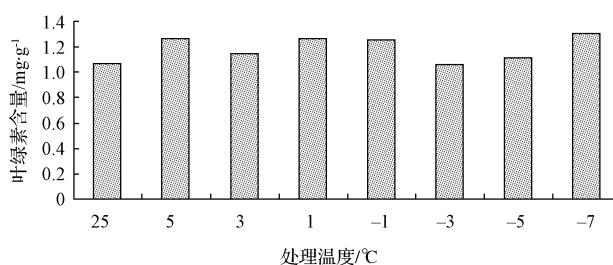


图4 “星白”经12 h不同低温处理后的叶绿素含量变化

## 2.4 低温胁迫对“星白”勋章菊叶片脯氨酸含量的影响

脯氨酸是植物体内一种渗透调节物质,可以提高渗透压,增强保水力,提高体内抗氧化酶的活性和维持生物大分子的结构的功能。当植物处于低温胁迫时,植物体内游离脯氨酸使植物具有一定的抗寒性和保护作用,脯氨酸含量高的植物抗寒性强<sup>[10]</sup>。

由图5可知,随着处理温度的降低,“星白”叶片中脯氨酸含量的变化趋势先升高,在-1°C达到最大值0.43 μg/mL后降低,-5°C以后含量相对稳定,说明脯氨酸含量的变化呈良好的低温保护反应。随着温度降低脯氨酸含量减少。在自然越冬过程中,植物随温度的降低经历不同的休眠阶段,但叶片中脯氨酸含量持续升高,在休眠末期时达到最高。这是对自然的一种适应调节能力。

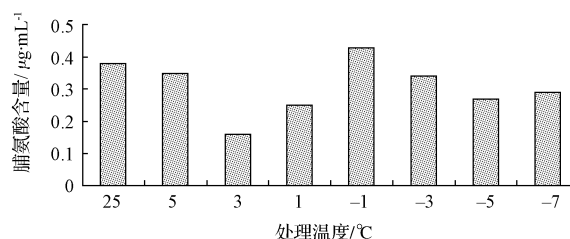


图5 “星白”经12 h不同低温处理后的脯氨酸含量变化

## 3 讨论

植物在遭受低温胁迫时体内的生理状况会发生相应的变化以抵抗外界环境对其生长发育造成的不良影响<sup>[11-12]</sup>,这种变化是相互影响的,对耐寒性的评价需同时采用几种指标鉴定,才能得出正确的结论<sup>[13]</sup>。该研究利用“星白”勋章菊,进行人工控制条件下各种生理生化指标的测定和比较,从不同角度反映其耐寒能力,从而

为“星白”勋章菊在长江以南地区的应用提供了科学依据。

### 3.1 低温胁迫下勋章菊的半致死温度

在1970年, Lyons等<sup>[14]</sup>提出了植物低温伤害来自“膜脂相变”的假说。植物受冻时, 由于保护酶活性降低导致自由基的积累和不能及时清除, 首先破坏细胞膜体系, 使细胞膜透性增大, 外渗物质增多。相对电导率越大, 说明细胞膜在受到低温损害后的电解质外渗越多, 植物受到的低温伤害就越严重<sup>[15]</sup>。在该温度变化过程中, 都有一个急剧增加的区间, 此区间内有一个点即为拐点温度。以相对电渗率50%为组织受冻温度(LT<sub>50</sub>)标准, 以电导法配合 Logistic 方法确定“星白”勋章菊的低温半致死温度为-4.37℃。后续试验也证明了一5℃以下的低温对勋章菊的生长造成显著的伤害。当温度降至-5℃以下时, 膜的损伤与修复之间的平衡被打破, 损伤的细胞膜已不能恢复, 叶片呈水渍状, 恢复至室温后, 勋章菊植株地上部分全部死亡。

### 3.2 丙二醛变化与植物抗冻能力的关系

在低温胁迫下, 植物细胞易发生膜脂过氧化, 造成细胞膜系统的损伤。丙二醛是植物细胞膜脂过氧化产物之一<sup>[16]</sup>, 在低温胁迫试验中, “星白”勋章菊叶片中的MDA含量在6~12 h内迅速增加, 说明“星白”勋章菊的膜脂过氧化作用主要发生在低温胁迫的前期, 之后随着“星白”勋章菊对低温环境逐步或部分适应后, 叶片中的MDA含量逐渐下降。表明“星白”对不利环境的适应比较强。

### 3.3 脯氨酸变化与植物抗冻能力的关系

脯氨酸能增加胞内溶质浓度, 降低细胞冰点, 防止细胞过度脱水, 例如竹类叶中的脯氨酸含量可随自然气温的下降而逐渐上升, 以减少低温对细胞的伤害。该试验中脯氨酸含量在-1℃时含量最高, 但其含量仅仅比25℃高0.05 μg/mL, 可见勋章菊在脯氨酸含量方面调节能力比较差。-1℃以上处理, 叶肉细胞受低温影响较小, -1℃时脯氨酸含量达到最高值, 但此时并没有在植物的外观有明显的反映。-5℃时受到较为严重的低温

伤害, 叶片呈水渍状、叶片褐化。

综上所述, 通过 Logistic 方程拟合和抗冻试验, 确定了勋章菊冻害的临界温度为-3~-5℃。该结果为勋章菊的抗冻性评价提供了科学依据, 同时, 对勋章菊的引种和应用也带来了问题, 如苏州地区的极端低温可达-6℃, 这样的低温条件下, 野外种植的勋章菊能否安全越冬将是景观应用的瓶颈, 可在冬寒期间对旷野地带的勋章菊喷施植物抗冻剂, 以期保证安全越冬。

### 参考文献

- [1] 常福辰, 陆长梅, 沙莎. 植物生理学实验[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2007.
- [2] 房义福, 吴晓星, 李长贵, 等. 电导法对11种常绿阔叶树种抗寒性的测定[J]. 东北林业大学学报, 2007(12): 11-12.
- [3] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [4] 吴广霞, 唐献龙, 杨德光. 植物低温胁迫生理研究进展[J]. 作物杂志, 2008, 17-19.
- [5] 孙洪波. 低温胁迫对‘粗枝’大叶黄杨生理特性的影响及冷诱导基因的分选[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [6] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [7] 朱为民. 光合特性作为番茄设施专用品种选育指标的效应[J]. 上海农报, 2001, 17(4): 45-48.
- [8] 马德华. 黄瓜耐低温研究进展[J]. 天津农业科学, 1997, 3(4): 1-7.
- [9] 庞金安, 沈文云. 黄瓜幼苗耐低温指标研究初报[J]. 天津农业科学, 1998, 4(2): 53-56.
- [10] 陈钰, 郭爱华, 姚月俊, 等. 低温胁迫下杏花器官内 POD、相对电导率和可溶性蛋白含量的变化[J]. 山西农业科学, 2007, 35(3): 30-32.
- [11] 杨盛昌, 谢潮添, 张平, 等. 低温胁迫下弓葵幼苗膜脂过氧化及保护酶活性的变化[J]. 园艺学报, 2003, 30(1): 104-106.
- [12] 陈禅友, 汪汇东, 丁毅. 低温胁迫下长豇豆幼苗可溶性蛋白质和细胞保护酶活性的变化[J]. 园艺学报, 2005, 32(5): 911-913.
- [13] 王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用[J]. 植物生理学通讯, 1987(3): 49-55.
- [14] Lyons J M, Raison J K. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissue sensitive and resistant to chilling injury[J]. Plant Physiol, 1970(45): 386.
- [15] 金研铭, 徐惠风, 李亚东, 等. 牡丹引种及其抗寒性的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21(2): 37-39.
- [16] 曾广文. 植物生理学[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1998.

## Study on Cold Hardiness of *Gazania rigens* L. ‘White Star’

WANG Yong-liang, WANG Wei, DAI Bin, LU Xiao-ping

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

**Abstract:** The physio-biochemical index of the leaves of *Gazania rigens* L. from Japan ‘White Star’ were tested under different low temperature (5, 3, 1, -1, -3, -5, -7℃). The results showed that ‘White Star’ with a strong cold hardiness, which was a widely suitable for application of the best in the city. With the temperature decreasing, ‘White Star’ chrysanthemum mesophyll cells above the electrolytic permeability -1℃ treatment changed little, at -3℃ increased slightly, but from -3℃ to -5℃, the permeability of cell had a sharply rising. Using Logistic equation determine LT<sub>50</sub> was -4.37℃. The quantity of Malondialdehyde (MDA) descended at first and then increased; The quantity of chlorophyll changed little; The quantity of proline decreased first, then decline, at last increased, when at -1℃, the content reached the maximum. The quantity of proline showed drop-rise-drop trend.

**Key words:** ‘White Star’ *Gazania rigens* L.; cold hardiness; low-temperature stress; physiological index; garden plants