

# Ca<sup>2+</sup> 处理对岩报春在北京温室越夏栽培的影响

黄 祯 强<sup>1</sup>, 张 启 翔<sup>1,2</sup>, 潘 会 堂<sup>1,2</sup>

(1. 北京林业大学 园林学院, 北京 100083; 2. 国家花卉工程技术研究中心 北京 100083)

**摘 要:** 为提高岩报春植物在北京地区夏季的耐热性, 从 5 月 30 日开始, 分别向其待测植株叶表面喷施 CaCl<sub>2</sub> 溶液, 每隔 3 d 喷施 1 次, 浓度梯度为 5、10、20 mmol/L。每隔 15 d 测定 1 次岩报春植株的形态指标和生理指标, 试验进行到 8 月 30 日。结果表明: 低浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液 (5 mmol/L) 施用比高浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液 (10、20 mmol/L) 施用更能增强岩报春植株耐热性, 使其能在北京温室顺利越夏。

**关键词:** 岩报春; Ca<sup>2+</sup>; 越夏栽培; 形态指标; 生理指标

**中图分类号:** S 682.1<sup>+</sup>5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)09-0067-04

研究表明 在植物体中, Ca<sup>2+</sup> 不仅是 1 种必需的营养元素, 更重要的是作为偶联胞外信号与胞内生理生化反应的第二信使<sup>[1]</sup>。在植物耐受高温胁迫研究方面, 有报告认为 Ca<sup>2+</sup> 参与了通过热锻炼而获得耐热性的诱导过程<sup>[2]</sup>。近年来还发现, Ca<sup>2+</sup> 参与多种逆境胁迫过程如低温胁迫、盐胁迫、氧胁迫, 施用外源钙能有效提高植物抗逆性<sup>[3-5]</sup>。但目前研究多用于农业经济作物, 研究用于园林花卉的试验相对较少。

岩报春 (*Primula saxatilis*) 是报春花科报春花属多年生草本植物, 分布于我国黑龙江、河北、陕西等省部分地区, 是原产我国的著名观花植物, 其早春粉红色花序具有良好的观赏价值。岩报春目前在自然分布区内已很罕见, 故将其引种繁殖到城市园林应用中是很有意义的一件事。由于报春花属植物多分布于中高海拔山区, 多半不耐热, 故引种到城市中越夏栽培是关键。

岩报春自然分布在我国华北地区, 引种到北京相对容易, 该试验就利用野生采种的岩报春在北京温室条件下进行播种繁殖, 用不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液对其幼苗进行定时处理, 并测定其在整个越夏过程中的形态和生理变化, 为其成功引种并进行温室越夏栽培提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

**第一作者简介:** 黄祯强 (1984), 男, 在读硕士, 研究方向为园林植物与观赏园艺。E-mail: huangzhenq\_2003@163.com。

**通讯作者:** 张启翔 (1956), 男, 博士, 教授, 现主要从事园林植物种质资源与育种方面研究工作。E-mail: zqx@bjfu.edu.cn。

**基金项目:** 国家林业局 948 重大资助项目 (2006-4-C08); “十一·五”

国家科技支撑计划资助项目 (2006BAD01A18)。

**收稿日期:** 2010-02-22

所用岩报春植株均为野外采收其种子 (采种于河北雾灵山), 并在北京林业大学胖龙温室播种繁殖。采收的岩报春种子于 2009 年 2 月 17 日在北京林业大学胖龙温室穴盘播种, 2 周后移栽至直径 8 cm 的营养钵, 6~8 片真叶时移苗上盆, 盆基质为草炭土: 珍珠岩 (3: 1)。期间根据不同的季节和温室的条件进行常规的养护管理和病虫害防治, 并适时用 Hogland 配方的标准营养液进行施肥, 一般 15 d 施肥 1 次。从 5 月份开始, 进入夏季管理, 期间每天早晚喷水以增加温室湿度, 水分管理以见干见湿为主。

### 1.2 试验方法

从 5 月 30 日开始, 分别在下午 5 时开始向待测植株叶表面喷施清水 (对照) 和 CaCl<sub>2</sub> 溶液, 每隔 3 d 喷施 1 次, 浓度梯度为对照组 (CK), 5、10、20 mmol/L, pH 6.5。每隔 15 d 测定 1 次岩报春植株的形态指标, 包括叶片长度、植株高度和热害指数, 并取样测定生理指标包括电导率、丙二醛含量 (MDA) 和叶绿素含量。试验一直进行到 8 月 30 日, 一共测得每种数据 7 次。

### 1.3 形态指标测定

测定叶片长度和植株高度时每种植物固定取样 10 盆, 每盆测定 3 片叶片, 取中间值为记录数据, 并求出每株待测植株指标的平均值。

热害指标测定试验是将高温伤害程度划分为如下 5 级: 0 级为无热害伤害症状; 1 级为 10% 叶片焦黄、卷缩或脱落; 2 级 50% 叶片焦黄、卷缩或脱落; 3 级 90% 叶片焦黄、卷缩或脱落; 4 级整株枯死。热害指数由公式 (1) 计算, 其中  $x$  代表热害级数,  $x_i$  代表该  $x$  热害级数下植株的数量,  $A$  代表出现热害的最高级数,  $N$  代表调查的总株数。

$$\text{热害指数} = \frac{\sum (x \times x_i)}{A \times N} \quad (1).$$

## 1.4 生理指标测定

生理指标采用植株成熟叶片为样本测定。相对电导率试验是取 0.1 g 叶片, 剪碎, 用去离子水冲洗干净, 取 20 mL 去离子水置于锥形瓶中, 测定电导率( $EC_0$ ), 盖好锥形瓶, 在 150 r/min 的摇床中震荡 30 min, 测定电导率( $EC_1$ ), 之后煮沸 10 min 杀死组织, 测定终电导率( $EC_2$ )。  $E = (EC_1 - EC_0) / (EC_2 - EC_0)$ 。丙二醛测定参照汤章城的方法<sup>[6]</sup>。叶绿素测定采用乙醇丙酮法(50%乙醇+50%丙酮), 测定 663、645、470 nm 处的吸光光度值<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 温室温度和湿度变化

2009 年 5 月 30 日~8 月 29 日, 温室内共进行了温湿度测试 14 次(见图 1、2)

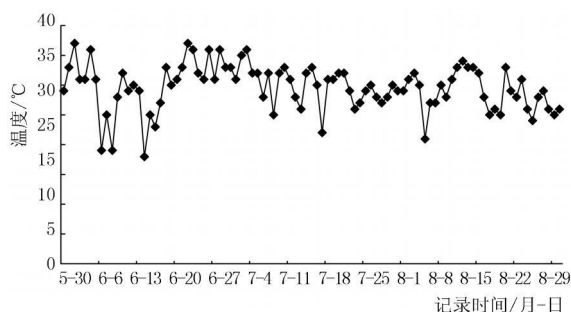


图 1 温室温度记录

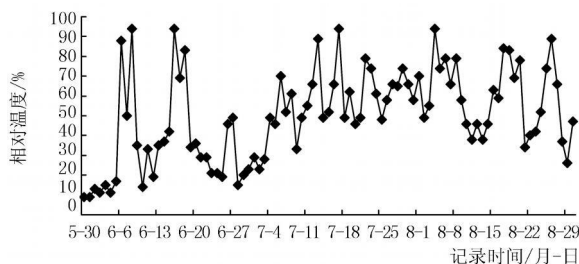


图 2 温室相对湿度记录

### 2.2 岩报春耐热锻炼过程中植株的形态指标分析

2.2.1  $Ca^{2+}$  处理下岩报春叶片长度变化 从图 3 可看出, 4 种处理下岩报春的叶片长度均缓慢增加, 且清水对照组和 5 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下的岩报春叶片长度增加值较大。其中清水对照组处理植株叶片长度增幅为 29.3%, 5 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下植株叶片长度增幅为 44.8%, 10 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下植株叶片长度增幅为 28.4%, 20 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下植株叶片长度增幅为 28.7%。

2.2.2  $Ca^{2+}$  处理下岩报春植株高度变化 从图 4 可看出, 4 种处理下岩报春植株高度变化大致相同, 均在 8 月 15 日左右出现了 1 个低谷, 是因为那时有部分成熟叶片

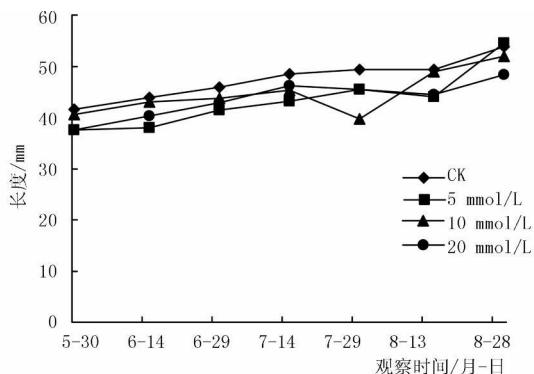


图 3  $Ca^{2+}$  处理下岩报春叶片长度变化

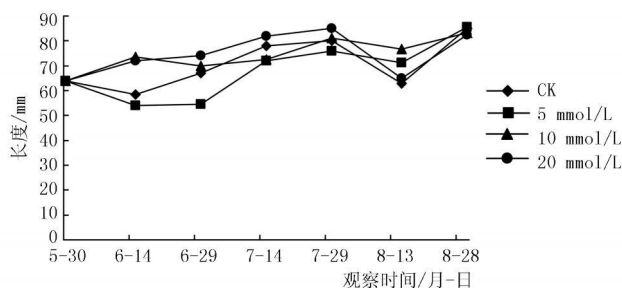


图 4  $Ca^{2+}$  处理下岩报春植株高度变化

已枯萎, 后又萌发新叶片使植株高度又继续上升, 且最终高度趋于一致。

2.2.3  $Ca^{2+}$  处理下岩报春植株热害指数变化 从图 5 可看出, 4 种处理下岩报春热害指数均呈上升趋势, 20 mmol/L 处理后的植株热害指数增幅最大, 10 mmol/L 处理后的植株热害指数升幅次之, 低浓度 5 mmol/L 处理后的植株和清水对照组施用的植株热害指数增幅最小。其中清水对照组处理植株热害指数增幅为 400%, 5 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下植株热害指数增幅为 400%, 10 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下植株热害指数增幅为 620%, 20 mmol/L 浓度  $CaCl_2$  溶液施用下植株热害指数增幅为 900%。

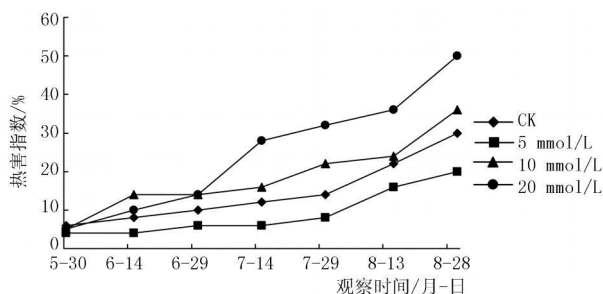


图 5  $Ca^{2+}$  处理下岩报春植株热害指数变化

### 2.3 岩报春耐热锻炼过程中植株的生理指标分析

2.3.1  $\text{Ca}^{2+}$  处理下岩报春叶片电导率变化 从图 6 可看出, 4 种处理下岩报春电导率均呈上升趋势, 其中清水对照组处理植株电导率数值增幅为 250%, 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株电导率数值增幅为 140%, 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株电导率数值增幅为 150%, 20 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株电导率数值增幅为 260%。可见  $\text{CaCl}_2$  溶液施用对岩报春植株电导率呈现低促高抑的现象, 即 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液和 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液能降低岩报春植株电导率的上升幅度。

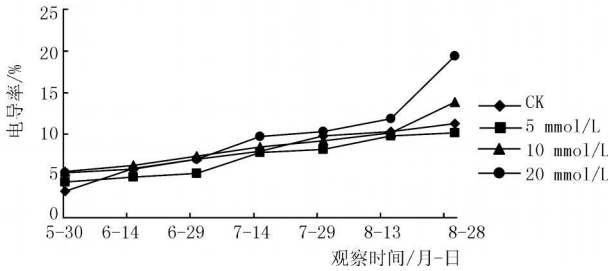


图 6  $\text{Ca}^{2+}$  处理下岩报春叶片电导率变化

2.3.2  $\text{Ca}^{2+}$  处理下岩报春叶片丙二醛含量变化 从图 7 可看出, 4 种处理下岩报春丙二醛含量均呈上升趋势, 其中清水对照组处理植株丙二醛含量增幅为 83.6%, 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株丙二醛含量增幅为 133%, 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株丙二醛含量增幅为 123%, 20 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株丙二醛含量增幅为 273%。可见  $\text{CaCl}_2$  溶液施用对岩报春植株丙二醛含量也呈现低促高抑的现象, 即 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液和 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液能降低岩报春植株丙二醛含量的上升幅度。

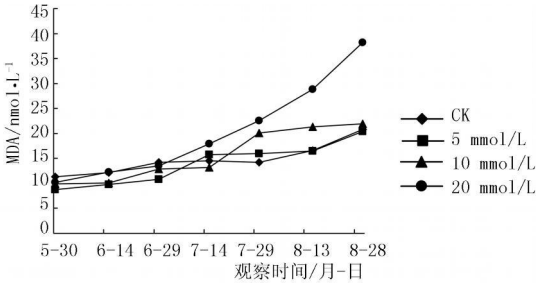


图 7  $\text{Ca}^{2+}$  处理下岩报春叶片丙二醛含量变化

2.3.3  $\text{Ca}^{2+}$  处理下岩报春叶片叶绿素含量变化 从图 8 可看出, 4 种处理下岩报春叶绿素含量均呈下降趋势, 其中清水对照组处理植株叶绿素含量降幅为 27.7%, 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株叶绿素含量降幅为 20.1%, 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下植株叶绿素含量降幅为 30.2%, 20 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用

下植株叶绿素含量降幅为 41.3%。可见 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液能有效抑制岩报春植株叶绿素含量降低幅度。

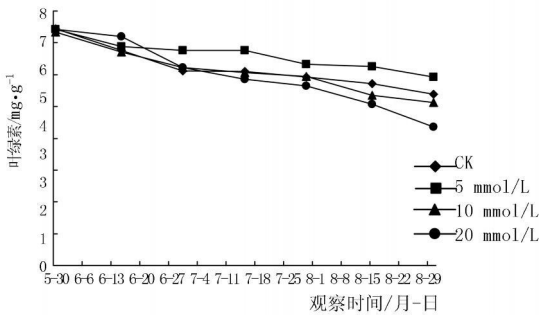


图 8  $\text{Ca}^{2+}$  处理下岩报春叶片叶绿素含量变化

3 讨论与结论

该研究分别讨论了  $\text{Ca}^{2+}$  处理对岩报春在北京温室越夏栽培的形态指标和生理生化指标的影响。形态指标中, 岩报春叶片长度在不同浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下均呈现增长趋势, 但清水对照组和 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液施用下的岩报春叶片长度增加值较大, 说明低浓度的  $\text{CaCl}_2$  溶液施用岩报春叶片能有效抑制热害对其生长的负面影响。热害指数的变化也同样呈现出的特点是低浓度的  $\text{CaCl}_2$  溶液施用岩报春叶片能有效抑制温室内高温高湿气候对植株的热害效应, 使其有效的在温室栽培中越夏。

生理生化指标中, 电导法用于测定植物细胞膜的热稳定性, 细胞膜是细胞与外界环境交换信息的屏障, 热胁迫首先作用于细胞膜, 破坏其完整性, 从而导致细胞膜原则性吸收能力的丧失和细胞内电解质的渗透。因此, 细胞膜的热稳定性反映了植物耐热能力, 电导率试验中其测定数值增加幅度越大证明其热稳定性越差, 数据说明  $\text{CaCl}_2$  溶液施用对岩报春植株电导率呈现低促高抑的现象, 即 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液和 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液能降低岩报春植株电导率的上升幅度从而在一定程度上保护了细胞膜的稳定性。

植物在逆境条件下生物膜的受损是因积累的氧自由基引发膜脂过氧化, 导致酶蛋白失去活性所致。丙二醛是膜脂过氧化的产物而被应用于衡量植物细胞膜受损程度。一般来说, 在高温胁迫下, 抗热性强的植株丙二醛的含量低于抗热性弱的植株。从试验数据来看,  $\text{CaCl}_2$  溶液施用对岩报春植株丙二醛含量呈现低促高抑的现象, 即 5 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液和 10 mmol/L 浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液能降低岩报春植株丙二醛含量的上升幅度, 从而在一定程度上提高其耐热性。

叶绿素的生物合成过程, 绝大部分都有酶的参与, 高温影响酶的活性和叶绿素的合成, 并加速叶绿素分解, 导致叶绿素含量明显下降<sup>[8]</sup>。相关研究表明热胁迫

下耐热性强的品种叶绿素分解较少<sup>[9]</sup>。从试验数据来看, 5 mmol/L 浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液能有效抑制岩报春植株叶绿素含量的降低幅度, 从而增加其耐热性。

综上试验数据可得出, 低浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液(5 mmol/L)施用比高浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液(10、20 mmol/L)施用更能增强岩报春植株耐热性, 使其能在北京温室顺利越夏。

### 参考文献

- [1] 龚明, 李英. 植物体内的钙信使系统[J]. 植物学通报, 1990, 7(3): 19-29.
- [2] Gong M, LI Y J. Involvement of calcium and calmodulin in the acquisition of heat-shock induced thermotolerance in Maize[J]. Plant Physiol, 1997, 150: 615-621.
- [3] 李卫, 孙中海, 章文才, 等. 钙和钙调素对柑橘原生质抗冻性的影响[J]. 植物生理学报, 1997, 23(3): 262-266.
- [4] 赵可犬, 卢元芳, 衣建龙, 等. Ca<sup>2+</sup> 对小麦幼苗降低盐害效应的研究[J]. 植物学报, 1993, 35(1): 51-56.
- [5] 袁清昌, 许长成, 邹琦. 钙信使系统在百草枯诱导小麦幼苗膜脂过氧化中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(1): 13-16.
- [6] 王学奎. 植物生理生化实验原理技术[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 238-281.
- [7] 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.

- [8] 刘金译, 谭杏婵, 刘家琼. 高温胁迫对香根草含水量、膜透性、脯氨酸和叶绿素含量的影响[J]. 草原与草坪, 2005, 113(6): 58-61.
- [9] 张施君, 周厚高, 钟云娟, 等. 高温胁迫对观赏百合苗期的生理影响研究[J]. 中国农业生态学报, 2006, 14(3): 103-104.
- [10] 梁树乐. 我国西南地区部分野生报春的引种与杂交育种研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [11] 张宗申, 利容千, 王建波. 外源 Ca<sup>2+</sup> 预处理对高温胁迫下辣椒叶片细胞膜透性和 GSH、ASA 含量及 Ca<sup>2+</sup> 计分布的影响[J]. 植物生态学报, 2001, 250: 230-234.
- [12] 王光, 钦佩, 宰学明. 叶面喷施 Ca<sup>2+</sup> 增加海滨锦葵对高温的适应能力[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(3): 41-44.
- [13] 宰学明, 吴国荣, 钦佩, 等. Ca<sup>2+</sup> 对花生幼苗耐热性的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2006, 30(3): 47-50.
- [14] Erica E. Benson, J E D anaher. In vitro micropropagation of Primula scotic; a rare Scottish plant[J]. Biodiversity and Conservation, 2000, 9: 711-726.
- [15] HAO Gang, H U C M, LEE, et al. Circumscriptions and Phylogenetic Relationships of Primula Sects. Auganthus and Ranunculoides: Evidence from nrDNA ITS sequences[J]. Acta Botanica Sinica, 2002, 44(1): 72-75.
- [16] Tacina A. Some cytotoxonomical considerations on Primula auricula ssp. serratifolia(Ruch)[J]. Revue roumaine de biologie. serie de Biologie Vegetale, 1996, 41(2): 97-99.

## Effects of Ca<sup>2+</sup> on Cultivating During Summer of *Primula saxatilis* in Greenhouse of Beijing

HUANG Zhen-qiang<sup>1</sup>, ZHANG Qi-xiang<sup>1,2</sup>, PAN Hui-tang<sup>1,2</sup>

(1. College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. China National Engineering Research Center for Floriculture, Beijing 100083)

**Abstract:** From May the 30th, *Primula saxatilis* were dealt with foliar sprayed with 5、10、20 mmol/L CaCl<sub>2</sub> solution every 3 days for 3 months. *Primula saxatilis* were gauged with morphological indexes and physiological indexes every a half months. Results showed that Ca<sup>2+</sup> 5 mmol/L could improve the tolerance of *Primula saxatilis* to heat stress in some extent. Be dealt with the 5mmol/L CaCl<sub>2</sub> solution, *Primula saxatilis* could be cultivated in greenhouse of Beijing during summer more easily.

**Key words:** *Primula saxatilis*; Ca<sup>2+</sup>; cultivating during summer; morphological indexes; physiological indexes

## 参考文献的书写规范

文献序号请按在文中出现的先后排序, 并在正文引用处加注左上角标, 需符合著录规范。引用期刊著录顺序为:

[序号] 作者(列前三位作者, 中间用逗号“, ”, 3人以上列出前3人后加等). 文题[J]. 刊名, 年, 卷(期): 起止页. .

例如: [1] 张君, 王萍, 李丽彦, 等. 中国兰花种子资源研究[J]. 北方园艺, 2005(6): 26-29.

引用普通图书[M] 著录顺序(包括会议论文集[C]、资料汇编[G]、学位论文[D]、报告[R]、参考工具书[K]等)为:

[序号] 作者. 文题[文献标识类型]. 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码(可选). .

例如: 李西开. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 22-25.