

# 高温胁迫下甜菜硷和甘露醇对仙客来的保护效应<sup>\*</sup>

曲复宁<sup>1</sup>, 尤翠荣<sup>1</sup>, 康黎芳<sup>2</sup>, 李立新<sup>2</sup>, 王云山<sup>2</sup>

(1 烟台大学 生物化学系, 山东 烟台 264005; 2 山西省农业科学院 园艺研究所, 山西 太原 030001)

**[摘 要]** 用仙客来幼苗作试材, 对高温胁迫前后的根系活力、叶内游离脯氨酸、叶绿素、丙二醛及叶片渗透液电导率进行测定。结果表明, 在 35 °C 高温下, 仙客来幼苗根系活力下降, 叶绿素破坏, 叶内游离脯氨酸、丙二醛及叶片渗透液电导率上升, 且随着高温程度加强, 其伤害程度加重。在 45 °C 高温胁迫前用甜菜硷(100 mg/L)或甘露醇(50 mg/L)处理仙客来叶片, 可减轻高温对根系活力和叶绿素的影响, 同时可使高温胁迫下叶片游离脯氨酸、丙二醛及叶片渗透液电导率上升幅度降低。

**[关键词]** 仙客来; 高温胁迫; 甜菜硷; 甘露醇; 根系活力

**[中图分类号]** S682.2<sup>+</sup>62

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2002)05-0060-03

仙客来是冬季重要的盆栽花卉, 原产地中海沿岸, 为报春花科。仙客来属半耐寒性植物, 性喜夏季凉爽的环境。在生产栽培中, 夏季的高温对仙客来的生长发育有着至关重要的影响。高温可以造成植株停止生长、叶片失绿脱落, 进入强迫性夏季休眠<sup>[1, 2]</sup>, 直接影响着植株的生长发育和产品质量。前人工作显示<sup>[3, 4]</sup>, 某些化学试剂可以明显提高植物对高温胁迫的抗性, 减轻高温胁迫对叶片的伤害。但大多数研究集中于粮食作物中, 并采取叶片离体的方法。鉴于此, 作者以仙客来非离体情况下的植株为试材, 研究甜菜硷和甘露醇对植株高温胁迫下的保护效应。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及处理方法

供试材料为仙客来(*Cyclamen persicum* Mill), 品种为“大红”。播种 6 个月后选生长一致的植株, 每 20 株栽于育苗盘中为 1 组, 共 45 组。分别设置不同的温度处理(25, 30, 35, 40, 45, 50 °C)及高温 45 °C + 蒸馏水(CK), 高温 45 °C + 甜菜硷(10, 50, 100, 200 mg/L), 高温 45 °C + 甘露醇(5, 10, 50, 100 mg/L)等处理。每处理重复 3 次, 分别在人工气候箱中进行。高温处理每天 2 h, 其余时间保持白天 25 °C, 夜晚 10~15 °C 的正常温度。全部试样以泥炭和腐叶混合基质栽培, 基质含水量  $\geq 400$  g/kg。每天保持 10 h 光照, 光子[物质的]量照度为 40  $\mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 。处理 7 d 后测定有关生理指标, 对

所有数据进行统计分析。

### 1.2 测试方法

根系活力的测定参照邹琦<sup>[5]</sup>的方法, 叶绿素含量用丙酮乙醇混合液提取法测定<sup>[6]</sup>, 脯氨酸含量用磺基水杨酸提取、茚三酮显色法测定<sup>[7]</sup>, 叶片渗透液电导率测定参照张志良<sup>[8]</sup>的方法, 丙二醛(MDA)测定参照赵世杰等<sup>[9]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同温度对仙客来的影响

对不同温度处理的仙客来幼苗根系活力及叶片部分生理生化指标的测定结果见表 1。从表 1 可以看出, 随着处理温度的升高, 仙客来根系活力逐步降低, 在 35 °C 时与对照有显著差异, 在高于 35 °C 时与对照有显著和极显著差异。根系活力反映根系的生长发育状况, 是根系生命力的综合指标。根系活力直接影响植株对水分及矿质营养的吸收, 随着温度升高, 根系活力下降, 导致吸收功能减弱, 从而影响到植株各部分。叶绿素含量在 30 °C 时比 25 °C 稍有升高, 高于 30 °C 后叶绿素含量急剧下降, 在 40 °C 时与对照组有显著差异, 高于 45 °C 时与对照组有极显著差异。叶片中脯氨酸含量、丙二醛含量和叶片渗透液电导率亦随温度的升高而升高, 在高于 40 °C 时与对照组有显著或极显著差异, 表明该温度条件已对仙客来幼苗生理造成明显的胁迫效应。在逆境条件下植株体内常有游离脯氨酸的积累, 其积累量与逆境

<sup>\*</sup> [收稿日期] 2002-04-10

[基金项目] 山东省科技攻关项目(012010121)

[作者简介] 曲复宁(1959-), 女, 山东烟台人, 副教授, 主要从事植物生理和生物技术研究。

程度以及植物对逆境的抗性有关, 因而测定植物体的逆境<sup>[10]</sup>。  
内游离脯氨酸含量在一定程度上可以了解植株遭受

表 1 不同温度处理下仙客来叶片生理生化指标

Table 1 Physiological and bio-chemical indexes of leaves of cyclamen under the condition of different temperature treatments

| 温度/°C<br>Temperature | 根系活力/<br>( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>Root vitality | 脯氨酸/<br>( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )<br>Proline level | 叶绿素/<br>( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ )<br>Chlorophyll level | 丙二醛/<br>( $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>Malonaldehyde level | 渗漏液电导率/<br>( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )<br>Conductivity of<br>leaking liquid |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 25                   | 0.098 a                                                                             | 248.54 d                                                       | 242.33 a                                                         | 0.084 a                                                                                  | 61.45 d                                                                                |
| 30                   | 0.087 a                                                                             | 675.63 c                                                       | 254.95 a                                                         | 0.101 a                                                                                  | 74.81 d                                                                                |
| 35                   | 0.068 b                                                                             | 722.73 b                                                       | 235.14 a                                                         | 0.131 b                                                                                  | 100.07 c                                                                               |
| 40                   | 0.056 b                                                                             | 763.20 b                                                       | 202.86 b                                                         | 0.140 c                                                                                  | 102.23 c                                                                               |
| 45                   | 0.053 c                                                                             | 787.94 b                                                       | 182.06 c                                                         | 0.148 c                                                                                  | 105.60 b                                                                               |
| 50                   | 0.047 c                                                                             | 881.27 a                                                       | 157.82 c                                                         | 0.153 c                                                                                  | 113.60 a                                                                               |

注: 每列数据中不同字母表示 5% 显著性差异。下表同。

Note: Different letters in each column represent significant difference at 5% level. The same is to the following tables.

2.2 高温胁迫下甜菜硷处理对仙客来的影响

在 45 °C 高温胁迫前喷施不同质量浓度的甜菜硷, 经高温处理 7 d 后测定各项指标(表 2)。由表 2 可以看出, 甜菜硷不同程度地减弱了高温对仙客来的影响。其中根系活力明显升高, 尤其在 50~100 mg/L 时效果最为明显, 而 10 mg/L 甜菜硷处理的根系活力有所降低。不同质量浓度甜菜硷处理对仙

客来叶片生理生化指标也有不同的影响, 其中叶绿素含量明显提高; 叶绿素含量的变化是叶片衰老的一个重要特征<sup>[11]</sup>, 在 45 °C 高温处理下叶绿素含量都有降低, 但经甜菜硷处理后下降的幅度明显比对照低。不同质量浓度甜菜硷处理后叶内脯氨酸和叶片渗漏液电导率及丙二醛均有不同程度的下降。

表 2 不同质量浓度甜菜硷处理仙客来叶片的生化指标

Table 2 Physiological and bio-chemical indexes of leaves of cyclamen under the concentrations of different betaine

| 甜菜硷质量浓度/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )<br>Betaine<br>concentration | 脯氨酸/<br>( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )<br>Proline<br>level | 叶绿素/<br>( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ )<br>Chlorophyll<br>level | 根系活力/<br>( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>Root vitality | 渗漏液电导率/<br>( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )<br>Conductivity<br>of leaking liquid | 丙二醛/<br>( $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>Malonaldehyde level |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| CK                                                                          | 787.94 a                                                          | 182.06 b                                                            | 0.053 b                                                                             | 105.60 a                                                                               | 0.148 a                                                                                  |
| 10                                                                          | 728.32 b                                                          | 217.79 a                                                            | 0.022 9 c                                                                           | 92.37 b                                                                                | 0.082 b                                                                                  |
| 50                                                                          | 680.34 c                                                          | 220.14 a                                                            | 0.063 7 a                                                                           | 69.95 c                                                                                | 0.064 c                                                                                  |
| 100                                                                         | 655.44 c                                                          | 229.73 a                                                            | 0.064 8 a                                                                           | 66.07 c                                                                                | 0.050 d                                                                                  |
| 200                                                                         | 651.87 c                                                          | 228.56 a                                                            | 0.062 0 a                                                                           | 65.67 c                                                                                | 0.051 d                                                                                  |

2.3 甘露醇对仙客来的影响

在高温 45 °C 处理前喷施不同质量浓度的甘露醇, 高温处理后的结果见表 3。由表 3 可见, 甘露醇对仙客来也有明显的保护效应。其中 50, 100 mg/L 甘露醇对根系活力的保护效应较为明显。与对照相比, 甘露醇处理显著降低了叶内游离脯氨酸的增加量。而叶绿素含量与对照相比亦有所增加; 叶片渗漏

液电导率有明显降低, 在 10~100 mg/L 下最为明显; 丙二醛在 5 mg/L 质量浓度处理下即大幅度下降, 丙二醛的产生是植株器官破坏和衰老、细胞膜结构破坏、膜脂中不饱和脂肪酸发生氧化所致, 叶内丙二醛含量的多少在一定程度上可以代表膜损伤的程度。

表 3 不同质量浓度甘露醇处理仙客来叶片的生化指标

Table 3 Physiological and bio-chemical indexes of leaves of cyclamen under the concentrations of different mannitol

| 甘露醇质量浓度/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )<br>Mannitol | 脯氨酸/<br>( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )<br>Proline<br>level | 叶绿素/<br>( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ )<br>Chlorophyll level | 根系活力/<br>( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>Root vitality | 渗漏液电导率/<br>( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )<br>Conductivity of<br>leaking liquid | 丙二醛/<br>( $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>Malonaldehyde level |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| CK                                                          | 787.94 a                                                          | 182.06 c                                                         | 0.053 b                                                                             | 105.60 a                                                                               | 0.148 a                                                                                  |
| 5                                                           | 725.03 b                                                          | 201.57 b                                                         | 0.023 4 c                                                                           | 100.57 a                                                                               | 0.071 b                                                                                  |
| 10                                                          | 713.45 b                                                          | 210.88 a                                                         | 0.054 8 b                                                                           | 86.94 b                                                                                | 0.068 b                                                                                  |
| 50                                                          | 695.31 b                                                          | 213.93 a                                                         | 0.072 1 a                                                                           | 72.20 c                                                                                | 0.054 c                                                                                  |
| 100                                                         | 693.08 b                                                          | 214.75 a                                                         | 0.069 2 a                                                                           | 71.00 c                                                                                | 0.050 c                                                                                  |

### 3 讨 论

仙客来最适宜的生长温度为 25℃左右,高于此温度会对仙客来的生长发育形成不良影响,造成仙客来在高温胁迫下的休眠。本研究发现,当温度高于 35℃ 7 d 后,即会对仙客来幼苗造成高温胁迫伤害,表现为根系活力显著下降,使吸收活动受阻,水分代谢失调;叶绿素破坏,叶内游离脯氨酸、丙二醛及渗漏液电导率上升,仙客来正常的代谢活动紊乱。并且随着高温程度加强,其伤害程度加重。植株表现

为停止生长、叶片失绿、萎蔫、脱落,进入强迫性休眠状态。为维护仙客来幼苗的正常生长,必须通过遮光降温,人为地控制环境温度,或者利用各种方法提高仙客来植株的耐热性。而喷施甜菜碱和甘露醇对高温胁迫下的仙客来均有一定的保护效应,可以明显提高根系活力,保证根系的吸收作用,减轻高温对叶绿素的破坏,使高温胁迫下叶片游离脯氨酸、丙二醛含量及渗漏液电导率上升程度降低,在一定程度上减轻高温胁迫对仙客来植株的伤害。

#### [参考文献]

- [1] 徐 欣 中国花经[M]. 上海: 上海文化出版社, 1990 473
- [2] 金子黎次 シクラメンの栽培技术[J]. 农耕と园艺, 1990, 10: 178- 181
- [3] 李亚男, 陈大清, 马自超 高温胁迫下甘露醇对离体小麦叶片生理特性的影响[J]. 湖北农学院学报, 1995, (4): 301- 304
- [4] 陈大清, 王 健 高温胁迫下谷胱甘肽对离体玉米叶片的保护效应[J]. 湖北农学院学报, 1997, (4): 254- 256
- [5] 邹 琦 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [6] 张宪政 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992 148- 149
- [7] 朱广廉, 邓兴旺, 左卫能 植物体内游离脯氨酸的测定[J]. 植物生理学通讯, 1993, (5): 35- 37
- [8] 张志良 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990 256- 257
- [9] 赵世杰, 许长成, 邹 琦, 等 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, (3): 207- 210
- [10] 汤章诚 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能意义[J]. 植物生理学通讯, 1984, (1): 15- 21
- [11] 陆定志 叶片的衰老及其调控[A]. 北京植物生理学会编 植物生理生化进展[C]. 北京: 科学出版社, 1983 21- 25

### Protective effect of betaine and mannitol on cyclamen under the condition of high temperature stress

QU Fu-n<sup>ing</sup>1, YOU Cui-rong<sup>1</sup>, KANG L i-fang<sup>2</sup>, L IL i-x i<sup>n</sup>2, WANG Yun-shan<sup>2</sup>

(1 Department of Biochemistry, Yantai University, Yantai, Shandong 264005, China;

2 Institute of Horticulture, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

**Abstract:** Root vitality before and after high temperature stress, free proline in leaves, chlorophyll, malonaldehyde and conductivity of leaking liquid from leaves were tested using cyclamen seedlings as test material. The results showed that, under the condition of high temperature stress, the vitality of root system decreased, chlorophyll was damaged, free proline and malonaldehyde in leaves as well as conductivity of leaking liquid from leaves were increased. With the increase of temperature, damage became severer. Treating leaves of cyclamen with betaine (200 mg/L) and mannitol (100 mg/L) could alleviate the influence of high temperature on the vitality of root system and chlorophyll, thus inhibiting the increase of free proline, malonaldehyde and conductivity of leaking liquid from leaves.

**Key words:** cyclamen; high temperature stress; betaine; mannitol; root vitality