

# Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统与水稻 幼苗抗逆性研究初报

宗 会, 刘娥娥, 郭振飞, 李明启

(华南农业大学生物技术学院, 广东 广州 510642)

**摘要:**用 LaCl<sub>3</sub> 和 CPZ(氯丙嗪)对水稻幼苗根系预处理以阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM(钙调素)信使传导后,降低干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗存活率、相对含水量(RWC)、相对生长量,同时增大其质膜透性。表明 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统参与水稻幼苗抗逆性调控,阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使传导后,水稻幼苗抗逆性下降。

**关键词:**水稻;抗逆性;Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统

**中图分类号:**Q 945

**文献标识码:**A

自从植物中发现 CaM(钙调素)以来,Ca<sup>2+</sup>作为植物生长发育的第二信使日益受到关注<sup>[1]</sup>,Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统是目前研究较多、了解最清楚的一个 Ca<sup>2+</sup>信使系统<sup>[2]</sup>。已有研究表明,Ca<sup>2+</sup>信使参与调控植物抗逆反应,如调节酶的活性<sup>[3]</sup>、调节蛋白质磷酸化和基因表达<sup>[4,5]</sup>等。在水稻抗逆研究中,对胞外 Ca<sup>2+</sup>在水稻抗逆性中的作用研究较多,但对胞内 Ca<sup>2+</sup>即 Ca<sup>2+</sup>信使在水稻抗逆性中的作用鲜见报道,而且多限于单一逆境的研究。本文研究了以 LaCl<sub>3</sub> 和 CPZ 对水稻进行根际预处理以阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使传导后水稻抗旱、抗盐和抗冷性的变化,以期探讨 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统是否参与水稻幼苗抗逆性调控。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及培养

选用 3 个水稻(*Oryza sativa* L.)品种:湘 1 号(较耐低温)、湘 2 号(较抗旱)和大黄谷(较耐盐),均由华南农业大学分子植物生理室提供。将种子以 1 g/L HgCl<sub>2</sub>消毒后置恒温箱(28℃)中催芽 2 d 后,播种于尼龙网上,以木村 B 培养液进行培养,自然条件下生长至三叶期(约 13 d)备用。

### 1.2 实验处理

取三叶期‘湘 2 号’和‘大黄谷’幼苗,以 500 μmol/L LaCl<sub>3</sub>(购自 sigma 公司,货号 L-4131,为分析纯试剂)或 50 μmol/L CPZ 对水稻幼苗进行根际预处理 15 h 后分别进行胁迫处理,所设处理如下:对照,

预处理;预处理+干旱,干旱;预处理+盐,盐。取三叶期‘湘 1 号’和‘湘 2 号’幼苗,以 500 μmol/L LaCl<sub>3</sub> 或 50 μmol/L CPZ 对水稻幼苗进行根际预处理 15 h 后分别进行胁迫处理,所设处理如下:对照,预处理;预处理+冷,冷。其中干旱胁迫以含 -0.6 MPa PEG-6000 的培养液根际处理,盐胁迫以含 0.15 mol/L NaCl 的培养液根际处理,冷胁迫 6~7℃,光强 6 000 Lx。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 存活率和相对生长量** 干旱胁迫 8 d,盐胁迫 5 d,冷胁迫 4 d(湘 2 号冷胁迫 3 d)后,恢复正常培养条件 3 d 后取 30 株幼苗统计水稻幼苗存活率,6 d 后取水稻幼苗 20 株称干质量,按(处理苗干质量/对照苗干质量)×100%计算相对生长量,均 3 次重复。

**1.3.2 质膜相对透性** 胁迫 2 d(湘 2 号低温胁迫 1 d)时取水稻幼苗地上部,参照李锦树等<sup>[6]</sup>方法测定,3 次重复。

**1.3.3 相对含水量(RWC)** 胁迫 2 d(湘 2 号低温胁迫 1 d)时取水稻幼苗地上部,称鲜质量、饱和鲜质量和干质量,按张宪政等<sup>[7]</sup>方法计算,3 次重复。

## 2 结果与分析

### 2.1 预处理对水稻幼苗存活率的影响

正常生长条件下 CPZ 和 LaCl<sub>3</sub> 预处理对水稻幼苗存活无影响,但明显降低在干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗的存活率(表 1)。这说明 CPZ 和 LaCl<sub>3</sub> 预处理后水稻幼苗抗旱性、抗盐性和抗冷性均下降。

收稿日期:1999-07-22 作者简介:宗 会(1970~),男,讲师,博士

基金项目:农业部“九五”基础研究资助项目(03-01-02)

表1 预处理对胁迫下水稻幼苗存活率的影响

%

Tab. 1 Effect of pretreatment on survival rate of rice seedling under stresses

| 预处理               | 品种  | 存活率   |       |           |                    |           |                   |          |                   |
|-------------------|-----|-------|-------|-----------|--------------------|-----------|-------------------|----------|-------------------|
|                   |     | 对照    | 预处理   | 干旱        | 预+干旱 <sup>1)</sup> | 盐         | 预+盐 <sup>1)</sup> | 冷        | 预+冷 <sup>1)</sup> |
| CPZ               | 大黄谷 | 100±0 | 100±0 | 43.5±11.3 | 18.5±3.2           | 87.4±11.2 | 53.3±5.8          | -        | -                 |
|                   | 湘2号 | 100±0 | 100±0 | 100±0     | 88.1±10.6          | 83.2±9.9  | 54.7±3.7          | 82.1±2.0 | 49.8±8.9          |
|                   | 湘1号 | 100±0 | 100±0 | -         | -                  | -         | -                 | 100±0    | 84.0±9.0          |
| LaCl <sub>3</sub> | 大黄谷 | 100±0 | 100±0 | 33.9±5.7  | 7.3±2.0            | 97.7±3.9  | 83.7±3.7          | -        | -                 |
|                   | 湘2号 | 100±0 | 100±0 | 92.5±7.7  | 77.8±10.3          | 78.8±7.8  | 53.3±3.3          | 82.1±2.0 | 42.3±9.3          |
|                   | 湘1号 | 100±0 | 100±0 | -         | -                  | -         | -                 | 100±0    | 69.6±8.1          |

1)表中‘预+干旱’指‘预处理+干旱’,‘预+盐’指‘预处理+盐’,‘预+冷’指‘预处理+冷’.

## 2.2 预处理对胁迫下水稻幼苗质膜透性的影响

质膜透性可反映植物体所受伤害程度.图1表明,胁迫下水稻幼苗质膜透性大幅增大,CPZ和LaCl<sub>3</sub>预处理对正常生长条件下水稻幼苗质膜透性无明显的影响,但却大幅增加干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗的质膜透性.此结果表明CPZ和LaCl<sub>3</sub>预处理加大干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗的伤害程度.

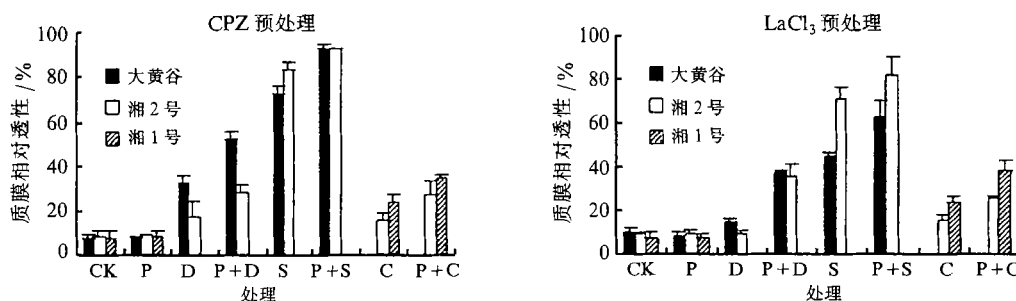
## 2.3 预处理对胁迫下水稻幼苗RWC的影响

RWC是反映植物体水分状况的重要指标.干旱、盐和低温都可对植物产生水分胁迫,使植物体失

水.图2表明,胁迫下水稻幼苗相对含水量下降,CPZ和LaCl<sub>3</sub>预处理对正常生长条件下水稻幼苗RWC无显著影响,但却降低干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗RWC.表明CPZ和LaCl<sub>3</sub>预处理降低干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗保水能力.

## 2.4 预处理对胁迫下水稻幼苗生长的影响

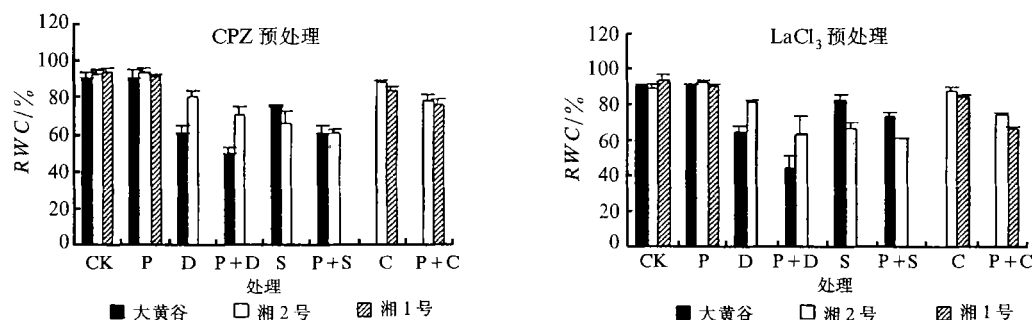
相对生长量可反映胁迫下植株的生长情况.CPZ和LaCl<sub>3</sub>预处理降低干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗相对生长量(表2).这与CPZ、LaCl<sub>3</sub>处理降低水稻幼苗抗旱、抗盐和抗冷性相一致.



CK:对照,P:预处理,D:干旱,P+D:预处理+干旱,S:盐,P+S:预处理+盐,C:冷,P+C:预处理+冷

图1 预处理对胁迫下水稻幼苗质膜透性的影响

Fig. 1 Effect of pretreatment on membrane permeability of rice seedling under stresses



CK:对照,P:预处理,D:干旱,P+D:预处理+干旱,S:盐,P+S:预处理+盐,C:冷,P+C:预处理+冷

图2 预处理对胁迫下水稻幼苗相对含水量的影响

Fig. 2 Effect of pretreatment on relative water content of rice seedling under stresses

表2 预处理对胁迫下水稻幼苗生长的影响

%

Tab. 2 Effect of pretreatment on growth of rice seedling under stresses

| 预处理               | 品种  | 相 对 生 长 量 |       |      |                    |      |                   |      |                   |
|-------------------|-----|-----------|-------|------|--------------------|------|-------------------|------|-------------------|
|                   |     | 对照        | 预处理   | 干旱   | 预+干旱 <sup>1)</sup> | 盐    | 预+盐 <sup>1)</sup> | 冷    | 预+冷 <sup>1)</sup> |
| CPZ               | 大黄谷 | 100       | 100.0 | 69.1 | 60.9               | 56.7 | 48.7              | —    | —                 |
|                   | 湘2号 | 100       | 97.7  | 85.7 | 80.2               | 89.8 | 71.4              | 68.6 | 46.4              |
|                   | 湘1号 | 100       | 100   | —    | —                  | —    | —                 | 78.2 | 73.8              |
| LaCl <sub>3</sub> | 大黄谷 | 100       | 102.0 | 56.0 | 47.0               | 53.8 | 48.6              | —    | —                 |
|                   | 湘2号 | 100       | 100.0 | 59.5 | 54.5               | 54.5 | 51.0              | 68.6 | 44.7              |
|                   | 湘1号 | 100       | 101.7 | —    | —                  | —    | —                 | 78.2 | 47.4              |

1)表中‘预+干旱’指‘预处理+干旱’,‘预+盐’指‘预处理+盐’,‘预+冷’指‘预处理+冷’.

### 3 讨论

外界刺激可改变膜透性和开启 Ca<sup>2+</sup> 通道,使细胞内 Ca<sup>2+</sup> 浓度迅速增加,Ca<sup>2+</sup> 与 CaM 结合后活化 CaM 然后激活相应的靶酶,引起相应的生理生长过程,这就是 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统的功能<sup>[1,2]</sup>.

CPZ 和 LaCl<sub>3</sub> 都可阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使传导. CPZ 通过与 CaM 结合使 CaM 功能丧失而起作用<sup>[8]</sup>, LaCl<sub>3</sub> 则通过阻止 Ca<sup>2+</sup> 通道而阻碍 Ca<sup>2+</sup> 内流而起作用<sup>[3]</sup>. 阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统传导是目前探索活体内 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使功能常用手段<sup>[1]</sup>.

已有研究表明,环境胁迫如干旱、盐、低温、热击等都可诱发植物细胞产生 Ca<sup>2+</sup> 信号,产生相应的生理生化反应<sup>[5,9,10]</sup>. Gong 等<sup>[3]</sup> 研究表明 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使参与调节玉米幼苗中抗氧化酶活性而提高玉米幼苗抗热性. Monroy 等<sup>[5]</sup> 研究表明苜蓿冷驯化过程中, Ca<sup>2+</sup> 信使通过调节蛋白磷酸化而诱导冷驯化基因表达,提高苜蓿抗冷性. 李卫等<sup>[11]</sup> 在柑桔原生质体抗冻性研究方面也有类似的结果. 本研究中,用 CPZ 和 LaCl<sub>3</sub> 阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信号传导后,降低干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗的存活率、RWC 和相对生长量,同时增大其质膜透性. 这表明 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使系统参与水稻幼苗抗逆反应,阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 传导后,降低干旱、盐和低温胁迫下水稻幼苗抗逆性. 很可能干旱、盐和低温胁迫诱发水稻幼苗产生钙信号,通过 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使启动了增强水稻幼苗抗逆性的保护反应,因此阻碍 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使传导则减弱相应的保护反应而降低水稻幼苗抗逆性. 由于不同胁迫所引起的 Ca<sup>2+</sup> 信号在时空上存在差异,其作用也不尽相同,尽管其机制尚不清楚,但植物细胞具有识别不同 Ca<sup>2+</sup> 信号的能力<sup>[9]</sup>. 至于不同胁迫下 Ca<sup>2+</sup>·CaM 信使作用的深一步机制有待进一步研究,这将对阐明

水稻幼苗抗逆生理机制提供重要参考依据.

#### 参考文献:

- [1] 宗会,胡文玉. 植物钙调素(CaM)研究进展[J]. 园艺学年评,1996, 2:177~196.
- [2] 孙大业. 植物细胞信号转导研究进展[J]. 植物生理学通讯,1996, 32(2):81~91.
- [3] Gong M, Chen S N, Song Y, et al. Effect of calcium and calmodulin on intrinsic heat tolerance in relation to antioxidant system in maize seedling[J]. Aust J Plant Physiol, 1997, 24: 371~379.
- [4] Monroy A F, Dhindsa R S. Low - temperature signal transduction: Induction of cold acclimation - specific genes of alfalfa by calcium at 25°C [J]. Plant Cell, 1995, 7:321~331.
- [5] Monroy A F, Sangwan V, Dhindsa R S. Low temperature signal transduction during cold acclimation: Protein phosphates 2A as an early target for cold - inactivation[J]. Plant J, 1998, 13(5):653~660.
- [6] 李锦树,王洪春. 干旱对玉米叶片细胞透性及膜脂的影响[J]. 植物生理学报,1983, 9:223~228.
- [7] 张宪政,陈凤玉,王荣富. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1994, 20~21.
- [8] Leshem Y Y, Halevy A H, Frenkel C. 植物衰老过程和调控[M]. 胡文玉等译, 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1990, 69.
- [9] Gong M, Luit A H, Knight M R, et al. Heat - shock - induced changes intracellular Ca<sup>2+</sup> level in tobacco seedlings in relation to thermotolerance[J]. Plant Physiol, 1998, 116: 429~437.
- [10] Knight H, Trewavas A J, Knight M R. Calcium signaling in Arabidopsis thaliana responding to drought and salinity[J]. Plant J, 1997, 12(5):1 067~1 078.
- [11] 李卫,孙中海,章文才,等. 钙与钙调素对柑桔原生质体抗冻性的影响[J]. 植物生理学报, 1997, 23(3): 262~266.

(下转第67页)

broadly ovate, ca. 1 mm × 1 mm, apex rounded, corolla rotate, ca. 5 mm in diam., green; tube 1 mm long, lobes oblong, ca. 2 mm × 1 mm. Corona annular at base, 5-lobed, lobes white, linear, ca. 1.5 mm long, glabrous, apex inflexed. Filaments free, anthers broadly ovate, acute, pollen apparatus elliptic-spatulate. Ovary ovoid, style short, stigma conical-pentagonal.

*Periploca caudatifolia* resembles *P. angustifolia* Labillardiere in habit but differs by its ovate-lanceolate leaves with caudate-acuminate apex and glabrous corolla 5 mm in diam. and without a spot inside. In contrast, *P. angustifolia* has oblong to elliptic leaves with acute or obtuse apex and larger corolla 1 cm in diam. and with an interior spot near the middle.

## 马达加斯加产萝摩科一新种——尾叶杠柳

李秉滔<sup>1</sup>, 李镇魁<sup>1</sup>, 黄辉宁<sup>2</sup>

(1 华南农业大学林学院, 广东广州 510642; 2 斗门县井岸园林绿化管理处, 广东 斗门 519100)

摘要: 文章记述了马达加斯加萝摩科杠柳属一新种——尾叶杠柳 (*Periploca caudatifolia*).

关键词: 萝摩科; 杠柳属; 尾叶杠柳

【责任编辑 柴 焰】

(上接第 65 页)

## Preliminary Report on Relationship Between $\text{Ca}^{2+}$ · CaM Messenger System and Stress Resistance of Rice Seedling

ZONG Hui, LIU E-e, GUO Zhen-fei, LI Ming-qi

(College of Biotechnology, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642, China)

**Abstract:** After blocking  $\text{Ca}^{2+}$  · CaM messenger transduction by pretreating rhizosphere of rice seedling with  $\text{LaCl}_3$  or CPZ (chlorpromazine), survival rate, relative water content and relative biomass of rice seedlings subjected to drought, salt and chilling stresses decreased, at the same time membrane permeability increased. These results suggested that  $\text{Ca}^{2+}$  · CaM messenger system was involved in controlling stress resistance of rice seedling, blocking messenger transduction, drought resistance, salt resistance and chilling resistance decreased.

**Key words:** rice;  $\text{Ca}^{2+}$  · CaM messenger system; stress resistance

【责任编辑 李 玲】