

外源肌醇对玉米耐盐性的影响

袁红梅¹, 郭文栋², 赵丽娟¹, 吴建忠¹, 黄文功¹, 宋喜霞¹, 于莹¹

(1. 黑龙江省农业科学院 经济作物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省科学院 自然与生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为探究玉米的抗逆性,以玉米品种龙作2号为材料,采用生理指标检测的方法,通过比较叶绿素、丙二醛和脯氨酸等指标的变化,研究外源肌醇对盐胁迫下玉米幼苗耐盐性的影响。结果表明:盐胁迫24、48 h时,T3组(NaCl+肌醇)的叶绿素含量与T2组(NaCl)的相比分别上升了10.32%、29.29%,差异达到显著水平($P < 0.05$);盐胁迫48、72 h时,T3组的丙二醛含量与T2组相比分别下降了21.21%、38.84%,差异达到显著水平($P < 0.05$);盐胁迫24、48、72 h时,T3组的脯氨酸含量与T2组相比分别下降了25.00%、47.46%、35.10%,差异均达到显著水平($P < 0.05$)。说明:施加外源肌醇能够提高玉米幼苗叶绿素含量,降低丙二醛、脯氨酸含量,增强幼苗对盐渍环境的抵抗能力,缓解盐害。

关键词:玉米幼苗;盐胁迫;外源肌醇;耐盐性

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)01-0017-04

玉米是一种重要的农作物,在我国粮食作物生产中具有非常重要的地位。目前,我国玉米种植面积正呈逐年增加的趋势。玉米是对土壤盐渍化中度敏感的作物,盐害主要是通过离子胁迫和渗透胁迫对玉米植株造成伤害^[1]。我国盐碱土地的面积较多,很大程度上限制了玉米的产量,深入研究逆境胁迫下玉米的生理生化变化及其抗逆机理对提高玉米抗逆性具有重要的指导意义。

肌醇(inositol)学名环己六醇,广泛存在于动物、植物及微生物组织中。肌醇在植物细胞中是一种重要的调节性小分子,参与许多生理生化过程,包括形成植酸等储存物质、调节植物细胞抗逆、促进种子脱水、修饰生长素和参与细胞壁组成等。肌醇磷酸合酶(MIPS)是控制肌醇合成的限速步骤。瞿礼嘉等人研究可知 *mips1*、*mips3* 双突变体的膜运输出现异常,但在双突变体中过量表达 *mips 2* 基因,将有限的肌醇转化为膜系统所必需的磷脂酰肌醇,就可以在很大程度上减轻突变体的子叶和内膜系统缺陷。研究证明,植物细胞中肌醇的原初功能是作为底物合成磷脂酰肌醇以及磷脂酰肌醇磷酸维持内膜系统的结构完整和运输功能,而内膜系统的结构完整和运输功能又直接影响植物的生长发育过程及逆境信号

转导^[2]。

肌醇可促进细胞新陈代谢,植物在逆境环境下细胞内可分泌出内源性肌醇,增强植物对逆境的抵抗能力,但目前外源肌醇在植物抗逆性中的作用尚未见报道。前期试验中设置梯度浓度(1、5、10、20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)外施肌醇,通过表型观察确定 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的外源肌醇缓解盐害的效果较好。该研究以 $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl(中度盐害)处理玉米幼苗,使玉米幼苗处于盐害胁迫,同时施加 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的外源肌醇,通过检测叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量等生理指标,探究外源肌醇对玉米幼苗耐盐性的影响,旨在为玉米的抗逆栽培与实践提供新的思路和手段。

1 材料与方法

1.1 材料

供试玉米品种为龙作2号,由黑龙江省农业科学院作物育种研究所提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 盆栽玉米幼苗40盆,每盆3~4株幼苗,待幼苗长至三叶一心期时,选择其中生长一致的玉米幼苗27盆,分为3组分别进行处理。T1为对照组,每盆根施水500 mL, T2组每盆根施 $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl溶液500 mL进行盐害胁迫; T3组每盆根施 $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl与肌醇 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的混合溶液500 mL,分别在处理后24、48、72 h时取材测定相关指标,3次重复。

收稿日期:2013-08-14

第一作者简介:袁红梅(1979-),女,黑龙江省依安县人,博士,助理研究员,从事作物遗传育种研究。E-mail: yuan-hm1979@163.com。

1.2.2 测定项目及方法 叶绿素、丙二醛、脯氨酸的含量测定参照张志良^[3]等人的方法。

1.2.3 数据统计分析 运用 SPSS 软件进行数据分析。一维方差分析(One-way ANOVA)先进行组间比较,不同处理间的多重比较使用最小差数比较法(LSD)^[4]。数据以平均值±标准误差(Mean±SE)表示, $P<0.05$ 则代表差异显著。

2 结果与分析

2.1 叶绿素含量的变化

由表 1 可见,T2 组处理的玉米幼苗叶绿素含量在 24、48 和 72 h 较 T1 组分别下降了 17.11%、

35.71%、34.84%,差异显著($P<0.05$)。结果表明,盐胁迫作用破坏了叶绿体膜结构,导致叶绿素含量下降。T3 组处理的玉米幼苗叶绿素含量在 24、48 和 72 h 较 T2 组分别上升了 10.32%($P<0.05$)、29.29%($P<0.05$)、8.91%。结果表明,外源肌醇对玉米幼苗叶绿体膜结构起到了一定的保护作用,施加一定浓度的外源肌醇可以有效缓解玉米幼苗的盐害作用,增强玉米幼苗在盐胁迫下的抗逆性,提高幼苗叶绿素含量,在 48 h 效果最为显著。

表 1 外源肌醇对盐害胁迫下玉米幼苗叶绿素含量的影响

Table 1 Effect of exogenous inositol on chlorophyll content of maize seedling under salt stress

| 处理 Treatments | 叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$ Chlorophyll content | | |
|------------------|--|-------------|--------------|
| | 24 h | 48 h | 72 h |
| T1(CK) | 1.52±0.00 c | 1.54±0.02 b | 1.55±0.00 b |
| T2 | 1.26±0.02 a | 0.99±0.05 a | 1.01±0.01 a |
| T3 | 1.39±0.00 b | 1.28±0.01 c | 1.10±0.16 ab |

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercases indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 丙二醛含量的变化

在盐分胁迫下,细胞质膜首先受到盐离子胁迫影响而受到损伤,使膜透性增大,细胞可溶性内含物质大量外渗,外界的 Na^+ 和 Cl^- 等盐离子大量进入细胞,导致细胞伤害。丙二醛(MDA)是膜脂氧化的主要产物,MDA 含量越高说明植物遭受盐害作用越强,因此可通过 MDA 含量来判断植物盐害的程度。由表 2 可知,处理 24 h 后的玉米幼苗 T1、T2、T3 组 MDA 含量变化不大,MDA 的积累量较少,T1、T2、T3 组之间 MDA 含

量差异不显著($P>0.05$)。

当盐害时间达到 48 和 72 h 时,T2 组 MDA 含量较 T1 组分别上升了 65.00%($P<0.05$)、98.36%($P<0.05$),说明盐害程度随盐害时间逐渐加剧。经过外源肌醇处理的玉米幼苗 T3 组 MDA 含量在 48 和 72 h 较 T2 组分别下降了 21.21%($P<0.05$)、38.84%($P<0.05$),差异显著。说明施加的外源肌醇对玉米幼苗起到了一定的保护作用,有效降低了玉米幼苗中 MDA 含量。

表 2 外源肌醇对盐害胁迫下玉米幼苗 MDA 含量的影响

Table 2 Effect of exogenous inositol on MDA content of maize seedling under salt stress

| 处理 Treatments | MDA 含量/ $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$ MDA content | | |
|------------------|---|-------------|-------------|
| | 24 h | 48 h | 72 h |
| T1(CK) | 0.63±0.08 a | 0.60±0.08 b | 0.61±0.08 b |
| T2 | 0.84±0.12 a | 0.99±0.05 a | 1.21±0.03 a |
| T3 | 0.64±0.03 a | 0.78±0.00 b | 0.74±0.01 b |

2.3 脯氨酸含量的变化

由表 3 可见,玉米幼苗随着盐害时间的延长脯氨酸含量逐渐升高,T2 组盐害幼苗在处理 24、48 和 72 h 时脯氨酸含量较对照分别上升了 165.81% ($P < 0.05$)、228.16% ($P < 0.05$)、235.68% ($P < 0.05$)。盐害作用随时间加剧,幼

苗在 72 h 盐害最为严重。处理 T3 的玉米幼苗其盐害得到缓解,脯氨酸含量明显减少,在 24、48 和 72 h 时比 T2 处理分别下降了 25.00% ($P < 0.05$)、47.46% ($P < 0.05$)、35.10% ($P < 0.05$),差异均达到显著水平。

表 3 外源肌醇对盐胁迫下玉米幼苗脯氨酸含量的影响

Table 3 Effect of exogenous inositol on proline content of maize seedling under salt stress

| 处理 Treatments | 脯氨酸含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$ Proline content | | |
|------------------|--|-------------|-------------|
| | 24 h | 48 h | 72 h |
| T1(CK) | 1.55±0.02 a | 1.74±0.02 a | 1.85±0.02 a |
| T2 | 4.12±0.01 b | 5.71±0.03 b | 6.21±0.03 b |
| T3 | 3.09±0.03 c | 3.00±0.03 c | 4.03±0.01 c |

3 结论与讨论

光合作用是植物生命活动的基础,盐胁迫会抑制光合作用。从试验结果可以看出,一定浓度的外源肌醇处理有助于保护叶绿体膜结构,维持玉米幼苗中较高的叶绿素含量,从而维持盐胁迫下的光合速率。生物膜的过氧化作用是引起膜结构与功能破坏的重要原因,产生的丙二醛含量是检测膜过氧化程度的一个重要指标。该研究结果表明,适当浓度的外源肌醇处理降低了盐胁迫下玉米幼苗中的丙二醛含量,提高了膜的稳定性。盐胁迫下,由于外界渗透势较低,植物细胞会发生水分亏缺现象。为避免这种伤害,在盐胁迫下,植物细胞内会积累一些可溶性的渗透调节物质,如利用脯氨酸等来降低细胞的渗透势,以保证逆境条件下水分的正常供应,防止细胞脱水。该研究中,适当浓度的外源肌醇处理降低了盐胁迫下玉米幼苗中脯氨酸的含量,缓解了盐害。

植物的耐盐性是一个十分复杂的数量性状,其耐盐机制涉及植株到器官、组织、生理生化以及分子的各个水平。尽管学者们已从不同侧面开展了大量研究,但由于其机制十分复杂,植物抗盐中的许多重要问题仍有待探索^[5-6]。肌醇在植物细胞中是一种重要的调节性小分子,在渗透胁迫等逆境信号转导中起着重要作用^[7]。目前,尽管已有许多植物进行了肌醇合酶、肌醇磷脂代谢相关基因的转化,但转化植株耐盐性提高有限,离生产

应用还有一定距离^[8-9]。将外界刺激如逆境胁迫引起的肌醇磷脂代谢变化与相关基因表达变化及生理生化过程联系起来是今后研究的方向。随着分子生物学研究手段及基因工程技术在提高植物耐盐性中的广泛应用,随着对植物耐盐性的机制研究更为深入,有望推动我国盐碱地及次生盐碱地的开发利用。

参考文献:

- [1] 张永峰,殷波. 玉米耐盐性研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.
- [2] Luo Y, Qin G, Zhang J, et al. D-myo-inositol-3-phosphate affects phosphatidylinositol mediated endomembrane function in Arabidopsis and is essential for auxin-regulated embryogenesis[J]. The Plant Cell, 2011, 23: 1352-1372.
- [3] 张志良, 瞿伟菁, 李小方. 植物生理学实验指导[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2009: 54-59, 227-228, 208-210.
- [4] 李彦, 张英鹏, 孙明, 等. 盐分胁迫对植物的影响及植物耐盐激励研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 258-260.
- [5] 钮旭光, 陈其军, 王学臣. 植物体内肌醇磷脂代谢与渗透胁迫信号转导[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 199-202.
- [6] 刘礼翼, 史彩华. 关于如何提高植物耐盐性措施的探讨[J]. 企业技术开发, 2009(3): 31-33.
- [7] 马琳. NaCl 胁迫对牧草种子萌发与幼苗生理生化的影响及耐盐性评价[D]. 济南: 山东农业大学, 2010: 9-18.
- [8] 王春荣. 磷脂酶 C 基因的过表达对玉米转基因植株抗逆性的影响[D]. 济南: 山东大学, 2008: 13-28.
- [9] 孙海伟. 沙冬青肌醇半乳糖苷合成酶(AmGS)基因转化类茶植物红叶石楠的研究[D]. 济南: 山东农业大学, 2012: 7-9.

Effect of Exogenous Inositol on Salt Tolerance of Maize

YUAN Hong-mei¹, GUO Wen-dong², ZHAO Li-juan¹, WU Jian-zhong¹, HUANG Wen-gong¹,
SONG Xi-xia¹, YU Ying¹

(1. Institute of Industrial Crops, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Institute of Nature and Ecology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract: In order to explore the resistance of maize, taking maize hybrid Longzuo 2 as material, using physiological index detection methods, the effect of exogenous inositol on salt tolerance of maize seedling was studied by comparison of the content of chlorophyll, MDA and proline. The results showed that the chlorophyll content of T3 (NaCl and inositol) under the salt stress for 24 and 48 h rose 10.32% and 29.29% respectively compared with T2 (NaCl), and the difference was significant ($P < 0.05$). The MDA content of T3 under the salt stress for 48 and 72 h reduced 21.21% and 38.84% respectively compared with T2, and the difference was significant ($P < 0.05$). The proline content of T3 under the salt stress for 24, 48 and 72 h reduced 25.00%, 47.46% and 35.10% respectively compared with T2, and the difference was significant ($P < 0.05$). The results indicated that exogenous inositol could increase the content of chlorophyll and decrease content of MDA and proline, so it could strengthen salt tolerance of maize seedling and alleviate salt stress.

Key words: maize seedling; salt stress; exogenous inositol; salt tolerance

(该文作者还有姚玉波、程莉莉、赵东升、康庆华、姜卫东、刘岩, 单位同第一作者)

(上接第 6 页)

Comparison on Drought Resistance of Different Maize Hybrids During Seedling Stage

YIN Yue, WANG Zhen-hua

(Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: In order to clarify physiological response of maize roots and leaves for drought during seedling stage, physiological indexes of maize roots and leaves under drought stress during seedling stage were studied by artificial control moisture. The results showed that under moderate drought stress, roots and leaves of different maize hybrid had physiological response for drought stress, during seedling stage. Through comprehensive comparison, four varieties of A09925 × 1-5-4-4-1, A09921 × 1-5-CK, A09927 × 1-5-4-1-2, A09922 × 1-5-2-2 had good performance on drought resistance, and could be used as the northern maize breeding. The varieties of A09924 × 1-5-3-1-2, A09152 × 09 yin-2 ♂, A091292 × 09 yinbei had worse drought resistance. The minimum water requirement of A09924 × 1-5-3-1-2 was ascertained preliminary.

Key words: maize; hybrid; seedling stage; drought-resistance