

盐胁迫下玉米自交系几个生理指标的变化

朱永兴, 郭生虎, 关雅静* (宁夏农林科学院农业生物技术研究中心, 宁夏银川 750002)

摘要 [目的]了解玉米盐胁迫后其体内的生理机制变化。[方法]对4个玉米自交系(S145、S295、S377、B73)盐胁迫后的生理指标变化进行研究。[结果]盐胁迫后,4份材料的脯氨酸含量、脯氨酸累积量、丙二醛含量、丙二醛累积量都有明显变化;其中,S295在盐胁迫后,其地上、地下部分脯氨酸含量明显升高,且其脯氨酸在盐胁迫前后的累积量最高,丙二醛含量没有明显变化;其次是S145,其地上部分在盐胁迫后脯氨酸含量也表现出明显的上升,但其地下部分脯氨酸含量无明显变化,丙二醛含量及累积量在盐胁迫前后无明显变化;而S377、B73在盐胁迫前后脯氨酸含量及累积量较低。盐胁迫后,玉米自交系S295、S145积累了较多的脯氨酸,具有较强的耐盐性,而S377、B73脯氨酸的累积量较少,耐盐性相对较弱。[结论]该研究可为今后玉米耐盐品种的选育提供理论依据。

关键词 玉米;盐胁迫;脯氨酸;丙二醛

中图分类号 S513 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)23-0048-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.011



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Changes of Several Physiological Indexes of Maize Inbred Lines under Salt Stress

ZHU Yong-xing, GUO Sheng-hu, GUAN Ya-jing (Research Center of Agro-biotechnology, Ningxia Academy of Agricultural Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002)

Abstract [Objective] In order to understand the physiological mechanism changes of maize after salt stress. [Method] The changes of physiological indexes of four maize inbred lines (S145, S295, S377, B73) after salt stress were studied. [Result] After salt stress, the proline content, proline accumulation, malondialdehyde content and malondialdehyde accumulation of the four materials had obvious changes; among them, the proline content in the above-ground and underground parts of S295 increased significantly after salt stress, and the proline accumulation was the highest before and after salt stress, but the malondialdehyde content was not. The content of proline in the above-ground part of S145 increased significantly after salt stress, but the content of proline in the underground part did not change significantly, and the content and accumulation of malondialdehyde did not change significantly before and after salt stress, while the content and accumulation of proline in S377 and B73 were the lower before and after salt stress. After salt stress, maize inbred lines S295 and S145 accumulated more proline and had stronger salt tolerance, while S377 and B73 had less accumulation of proline and relatively weak salt tolerance. [Conclusion] The research can provide a theoretical basis for the selection of maize salt-tolerant varieties in the future.

Key words *Zea mays* L.; Salt stress; Proline; Malondialdehyde

土壤盐渍化及次生盐渍化问题已成为世界农业生产面临的主要问题。据不完全统计,全球盐渍化土地面积约9.54亿 hm^2 ,亚洲约为3.99亿 hm^2 ,而我国盐渍化土壤面积约为0.35亿 hm^2 [1]。目前,土地盐碱化已成为日益严重的环境问题之一,也是农业生产面临的重要问题[2]。开发利用盐碱荒地是解决这一问题最主要的方法,而筛选及培育耐盐植物是解决这一问题的最关键途径。

玉米(*Zea mays* L.)作为我国第一大作物,主要是因其生物量大,但其耐盐碱性相对较差,属于中度盐敏感作物。当土壤中全盐含量达到0.3%时,玉米的生长发育就会受到抑制;当土壤中全盐含量超过0.4%时,玉米的生长发育就会受到较大影响,造成玉米减产甚至颗粒无收。由于不同玉米自交系的遗传背景有较大差异,其耐盐碱性差异也很大。因此,选育耐盐玉米种质,对于提高玉米产量、促进玉米产业发展以及开发利用盐碱荒地都具有重要意义。

有研究表明,在盐胁迫下,植物体内的脯氨酸及丙二醛含量会发生明显的变化,这是植物应对盐逆境是直接反应。束良佐等[3]研究指出,在盐胁迫条件下,通过分析植物叶片

中丙二醛的含量可以判定植物对盐逆境的反应。张云起等[4-7]对盐胁迫下旋覆花、西瓜、皂角等多项生理指标进行测定,结果显示,盐胁迫下植物叶片中的脯氨酸含量明显增加,当盐害程度逐渐增大时,叶片中的脯氨酸含量也随之增大。为研究盐胁迫下玉米的耐盐机制,笔者以4份玉米自交系为研究对象,在盐胁迫下研究其生理指标变化,初步预测其耐盐机理,为今后进一步了解其内在机制提供帮助。

1 材料与方法

1.1 材料 所用玉米自交系均为该实验室保存,挑选籽粒饱满、大小均匀种子用于该试验的后续操作。

1.2 方法 挑选籽粒饱满的玉米自交系S145、S295、S377、B73的种子,用蒸馏水浸泡1d后播种于装满营养土(草炭土和蛭石3:1)的营养钵中(高12cm、口径12cm),每个材料种植6盆,其中3盆浇水作为对照,另外3盆浇灌200mmol/L NaCl进行胁迫处理,置于光照强度3000~5000lx、光照时间16h/8h、温度20~25℃条件下进行种子萌发。14d后选取长势一致的材料,取其地上、地下部分进行脯氨酸含量、丙二醛含量的测定,3次重复。

1.3 测定方法 脯氨酸含量、丙二醛含量的测定严格按照南京建成生物工程研究所的脯氨酸、丙二醛试剂盒的测定方法进行。

1.4 数据分析 各样本脯氨酸含量、丙二醛含量之间的相关性运用DPS 7.05软件进行分析。

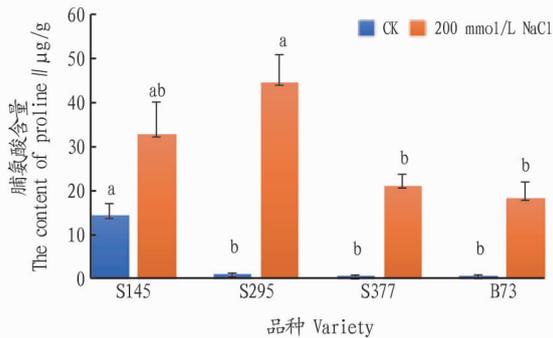
基金项目 宁夏农林科学院对外合作项目和先导基金项目(DWHZC2017001);宁夏农林科学院创新团队项目(NKYG-18-06)。

作者简介 朱永兴(1979—),男,宁夏灵武人,副研究员,从事玉米抗逆机理方面研究。*通信作者,副研究员,从事玉米分子育种研究。

收稿日期 2019-09-16; **修回日期** 2019-10-08

2 结果与分析

2.1 盐胁迫下玉米自交系地上部分脯氨酸含量的变化 图 1 显示,盐胁迫后,与对照相比,4 份自交系地上部分脯氨酸含量急剧上升;其中,S295 盐胁迫后地上部分脯氨酸含量最高,其次是 S145 和 S377。S295 盐胁迫后地上部分的脯氨酸含量与 S145、S377 的地上部分脯氨酸含量呈显著差异,S145、S377、B73 盐胁迫后地上部分的脯氨酸含量差异不显著。说明盐胁迫后 S295、S145 的地上部分脯氨酸含量明显升高,具有较强的耐盐性,而 S377、B73 相对较弱。

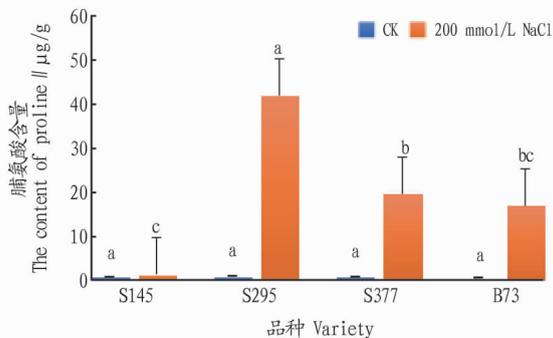


注:图中不同小写字母表示不同材料在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different inbred lines at 0.05 level

图 1 盐胁迫下玉米地上部分脯氨酸含量变化

Fig. 1 Changes of proline content in above-ground parts of maize under salt stress

2.2 盐胁迫下玉米自交系地下部分脯氨酸含量的变化 图 2 显示,盐胁迫后,与对照相比,4 份玉米自交系地下部分的脯氨酸含量急剧上升;其中,S295 盐胁迫后地下部分的脯氨酸含量最高,其次是 S377 和 B73。S295 盐胁迫后地下部分的脯氨酸含量与 S377、B73 的地下部分脯氨酸含量呈差异显著,S377、B73 盐胁迫后地下部分的脯氨酸含量间差异不显著。说明 S295 地下部分在盐胁迫后积累较多的脯氨酸,具有较强的耐盐性,S377、B73 耐盐性相对较弱,S145 地下部分脯氨酸含量几乎没有变化,推测其响应盐胁迫的机理有所不同。

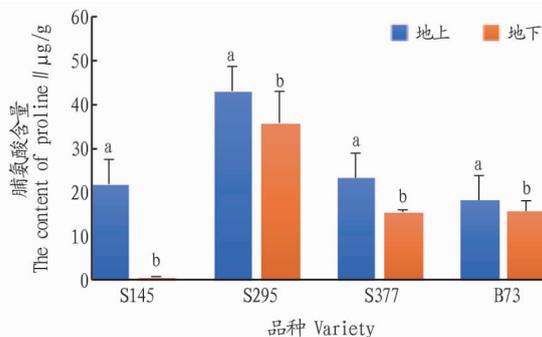


注:图中不同小写字母表示不同材料在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different inbred lines at 0.05 level

图 2 盐胁迫下玉米地下部分脯氨酸含量变化

Fig. 2 Changes of proline content in underground parts of maize under salt stress

2.3 盐胁迫下玉米自交系地上、地下部分脯氨酸累积量的变化 图 3 显示,盐胁迫后,4 份玉米自交系地上、地下部分的脯氨酸累积量都有升高,其中,S295 的地上、地下部分的脯氨酸累积量最高,其次是 S377、S145。说明 S295 在盐胁迫后地上、地下部分都积累了较多的脯氨酸,具有较强的耐盐性,S377 的耐盐性次之,而 S145、B73 耐盐性较弱。



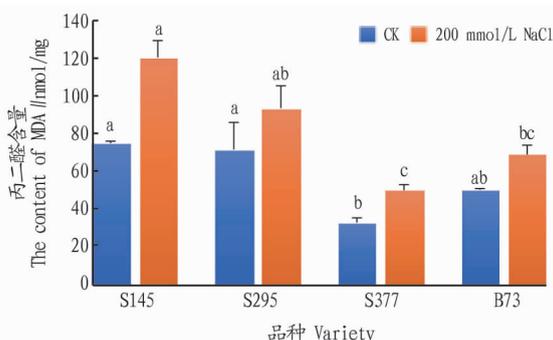
注:图中不同小写字母表示不同材料在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different inbred lines at 0.05 level

图 3 盐胁迫下玉米地上、地下部分脯氨酸累积量变化

Fig. 3 Changes of proline accumulation in above-ground and underground parts of maize under salt stress

2.4 盐胁迫下玉米自交系地上部分丙二醛含量的变化 图 4 表明,盐胁迫后,与对照相比,4 份玉米自交系地上部分的丙二醛含量都升高;其中,S145 中的丙二醛含量最高,其次是 S295、B73 最低。S145、S295 盐胁迫后地上部分的丙二醛含量与 S377 的地上部分的丙二醛含量呈差异显著,S295、B73 盐胁迫后地上部分的丙二醛含量差异不显著。说明 S145 地上部分的细胞膜损伤最严重,其次是 S295、B73、S377 地上部分细胞膜损伤最小。



注:图中不同小写字母表示不同材料在 0.05 水平差异显著

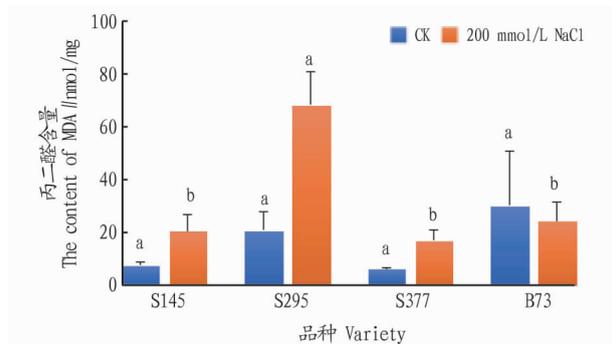
Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different inbred lines at 0.05 level

图 4 盐胁迫下玉米地上部分丙二醛含量变化

Fig. 4 Changes of malondialdehyde (MDA) content in above-ground parts of maize under salt stress

2.5 盐胁迫下玉米自交系地下部分丙二醛含量的变化 图 5 表明,盐胁迫后,与对照相比,S145、S295、S377 地下部分丙二醛含量升高,而 B73 地下部分丙二醛含量稍有下降。其中,S295 盐胁迫后地下部分的丙二醛含量最高,其次是 B73、S145。S295 盐胁迫后地下部分的丙二醛含量与 S145、S377、

B73 地下部分的丙二醛含量差异显著, S145、S377、B73 盐胁迫后地下部分的丙二醛含量间差异不显著。说明 S295 地下部分细胞膜损伤最严重, 损伤最小的是 S377。



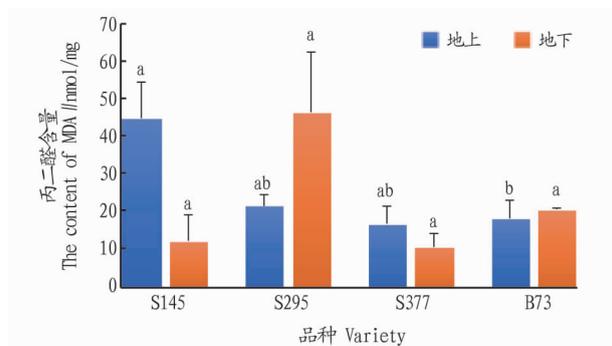
注: 图中不同小写字母表示不同材料在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different inbred lines at 0.05 level

图 5 盐胁迫下玉米地下部分丙二醛含量变化

Fig. 5 Changes of malondialdehyde (MDA) content in underground parts of maize under salt stress

2.6 盐胁迫下玉米自交系地上、地下部分丙二醛累积量的变化 图 6 表明, 盐胁迫后, 与对照相比, 4 份玉米自交系地上、地下部分中丙二醛累积量都表现出较大差异; S145、S377 中丙二醛累积量地上部分高于其地下部分, 且 S145 高于 S377; S295、B73 中丙二醛累积量地下部分高于地上部分, 且 S295 高于 B73。S145 地上部分丙二醛累积量与 S377、B73 间差异显著, 而 S377 与 B73 地上部分丙二醛累积量差异不显著。说明地上部分细胞膜损伤最严重的是 S145, 地下部分损伤最严重的是 S295, 而 S377 地上、地下部分细胞膜损伤最小。



注: 图中不同小写字母表示不同材料在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters in the figure stand for significant differences between different inbred lines at 0.05 level

图 6 盐胁迫下玉米地上、地下部分丙二醛累积量变化

Fig. 6 Changes of malondialdehyde (MDA) accumulation in above-ground and underground parts of maize under salt stress

3 讨论

当植物遭受盐胁迫后, 会面临 2 个阶段的生理挑战, 即渗透调节及离子毒害, 盐胁迫下, 植物体内渗透调节物质积累, 从而在没有改变水分含量的基础上降低水势^[8], 脯氨酸

是植物体内重要的渗透调节物质。正常生长条件下, 脯氨酸含量在植物体内的含量极低, 但在盐胁迫条件下, 脯氨酸含量会显著提高, 这主要是植物为了应对盐胁迫而自我调节产生的一种保护方式, 保护生理代谢过程中酶和细胞膜结构免受逆境伤害。该研究表明, 在盐胁迫后, S295 地上、地下部分脯氨酸含量急剧上升, 与其他 3 个玉米自交系相比, 表现出较强的优势, 且其地上、地下部分脯氨酸累积量最高, 说明 S295 在盐胁迫下需要积累更多的脯氨酸来减少盐逆境对自身的伤害, 这与商学芳等^[9-10]的研究结果基本一致。盐胁迫后, S145 的地上部分脯氨酸含量也呈上升趋势, 但其地下部分在盐胁迫后脯氨酸含量几乎没有增加, 而丙二醛含量与其他几个材料没有明显差异, 推测 S145 的耐盐机制可能与 S295 不同。

丙二醛含量是植物细胞膜质过氧化程度的体现, 丙二醛含量高, 说明植物细胞膜质过氧化程度高, 细胞膜受到的伤害严重。该研究表明, 盐胁迫后, 与对照相比, 4 份自交系地上、地下部分丙二醛累积量都表现出较大差异; S145、S377 丙二醛累积量地上部分高于其地下部分, 且 S145 高于 S377; S295、B73 丙二醛累积量地下部分高于地上部分, 且 S295 高于 B73。说明地上部分细胞膜损伤最严重的是 S145, 地下部分损伤最严重的是 S295, 而 S377、B73 地上、地下部分细胞膜损伤较小。该研究表明, 在盐胁迫后玉米各自交系丙二醛的含量明显上升, 其中 S295 最为明显, 这与付艳等^[11]的研究结果基本一致。

玉米的耐盐机制比较复杂, 而每个玉米自交系在盐胁迫下其生理反应也比较复杂, 存在多种代谢途径, 对盐胁迫的响应机制也存在较大差异。因此, 该研究的几个自交系应对盐胁迫的生理响应机制各有不同, 可能都存在不同的耐盐特性, 要深入了解其耐盐机理以及生理响应, 还需进行大量的研究。

参考文献

- [1] 杨真, 王宝山. 中国盐渍土资源现状及改良利用对策[J]. 山东农业科学, 2015, 47(4): 125-130.
- [2] MAHAJAN S, TUTEJA N. Cold, salinity and drought stresses: An overview [J]. Arch Biochem Biophys, 2005, 444(2): 139-158.
- [3] 束良佐, 刘英慧. 硅对盐胁迫下玉米幼苗叶片膜脂过氧化和保护系统的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2001, 40(6): 1295-1300.
- [4] 张云起, 刘世琦, 杨凤娟, 等. 耐盐西瓜砧木筛选及其耐盐机理的研究[J]. 西北农业学报, 2003, 12(4): 105-108.
- [5] 杨树军, 张柏习, 张学利. 美国皂角不同种源耐盐碱评价与筛选[J]. 防护林科技, 2008(2): 7-8, 14.
- [6] 李永进, 刘玉艳. 盐胁迫对旋覆花幼苗生长和生理指标的影响[J]. 分子植物育种, 2017, 15(8): 3261-3266.
- [7] 武春霞, 吴海燕, 朱文碧, 等. 盐生植物在不同盐碱土壤中的生理反应及耐盐性[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8450-8452.
- [8] MUNN R, TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance [J]. Annual review of plant biology, 2008, 59: 651-681.
- [9] 商学芳. 不同基因型玉米对盐胁迫的敏感性及其耐盐机理研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.
- [10] 汤华, 柳晓霖. 盐胁迫下玉米苗期农艺性状和脯氨酸含量变化的研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(3): 244-249.
- [11] 付艳, 高树仁, 杨克军, 等. 盐胁迫对玉米耐盐系与盐敏感系苗期几个生理生化指标的影响[J]. 植物生理学报, 2011, 47(5): 459-462.