

NaCl 胁迫对玉米幼苗脯氨酸和可溶性蛋白质含量的影响

杜 锦, 向春阳^{*}
(天津农学院 农学系, 天津 300384)

摘要: 通过砂培试验, 研究了不同耐盐性玉米品种在 NaCl 胁迫下的脯氨酸和可溶性蛋白质含量的变化。结果表明, NaCl 胁迫下, 脯氨酸和可溶性蛋白质含量在 2 个玉米品种间、NaCl 质量分数间和 NaCl 胁迫时间间的差异均达到极显著水平。NaCl 胁迫下, 2 个玉米品种的脯氨酸和可溶性蛋白质含量均高于对照, 耐盐品种郑单 958 的脯氨酸含量($121.5 \mu\text{g/g}$)极显著高于盐敏感品种齐单 1 号($36.2 \mu\text{g/g}$); NaCl 胁迫 7~15 d, 郑单 958 可溶性蛋白质含量呈先升高后降低的趋势, 而齐单 1 号可溶性蛋白质含量呈逐渐下降趋势。可见, 脯氨酸和可溶性蛋白质含量可以作为玉米耐盐性鉴定的依据。

关键词: 玉米; 幼苗; NaCl 胁迫; 脯氨酸; 可溶性蛋白质

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)08-0072-04

Effects of Different NaCl Concentration Stresses on the Contents of Proline and Soluble Proteins of Maize Seedlings

DU Jin, XIANG Chun-yang^{*}
(Department of Agronomy, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384, China)

Abstract: Variance of proline and soluble protein contents of different salt tolerant maize cultivars under NaCl stress was studied by sand culture experiment. Maize seeds of a salt tolerant cultivar Zhengdan 958 and a salt sensitive cultivar Qidan 1 were germinated and grown in sand with 0, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1.0% NaCl, respectively, and then the contents of proline and soluble protein in leaves were measured. The results showed that variance between varieties, NaCl concentrations and days of NaCl stresses reached a significant level of the contents of proline and soluble protein. The contents of proline and soluble protein in two maize varieties were higher under NaCl stress than the control. The proline content of Zhengdan 958 ($121.5 \mu\text{g/g}$) was significantly higher than Qidan 1 ($36.2 \mu\text{g/g}$). From the 7th to the 15th days under NaCl treatment, the soluble protein content of Zhengdan 958 exhibited a trend to increase first and then decrease, while the soluble protein content of Qidan 1 gradually declined. It concluded that the contents of proline and soluble protein could be used for maize salt-tolerance identification.

Key words: Maize; Seedlings; NaCl stress; Proline; Soluble protein

盐害常导致植物叶片黄萎、变小, 生长受到抑制, 造成农作物大面积减产^[1]。在我国, 盐渍化土壤占耕地的 10%^[2-3], 加强作物盐胁迫下的生理生化

机制研究, 具有重要的理论和实践意义。前人对 NaCl 胁迫下玉米苗期的农艺性状、生理生化指标变化的研究比较多^[4-10], 但都集中在玉米萌发或苗期

收稿日期: 2011-02-11

基金项目: 天津市科技攻关项目(06YFGZNC01200)

作者简介: 杜 锦(1984-), 男, 山西阳泉人, 助理实验师, 硕士, 主要从事玉米遗传育种的研究。E-mail: 401558171@qq.com

^{*}通讯作者: 向春阳(1965-), 男, 湖北武汉人, 教授, 博士, 主要从事玉米遗传育种和种子检验方面的研究。

E-mail: xxccyy2000@sohu.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

的固定天数,很少有人从一个阶段研究盐胁迫下玉米幼苗生长情况。为此,本试验以通过苗期耐盐性鉴定筛选出的 2 个玉米杂交种郑单 958 和齐单 1 号为材料,测定了在 NaCl 胁迫下玉米苗期脯氨酸和可溶性蛋白质含量的变化规律,以期为深入研究玉米的耐盐机制提供借鉴。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试玉米品种为郑单 958(耐盐品种)、齐单 1 号(盐敏感品种)。

1.2 试验方法

将筛选出的耐盐、盐敏感的杂交种,在室内用砂培法做发芽试验,NaCl 质量分数分别为:0(CK)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%,3 次重复。发芽盒中加入 600g 灭菌的砂子,再加入 120 mL NaCl 溶液,随机选取玉米种子,用 0.1% HgCl₂ 消毒 15 min,然后将种子置于发芽盒中在人工气候箱 25℃培养。分别于 7、9、11、13、15 d 取样,采用考马斯亮蓝 G-250 法测定玉米可溶性蛋白质含量^[1],分光光度法测定游离脯氨酸含量^[12]。

1.3 统计分析

数据采用 Excel 和 DPS 数据处理系统分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫下玉米幼苗脯氨酸和可溶性蛋白质含量的方差分析

对 NaCl 胁迫下玉米脯氨酸和可溶性蛋白质含量的方差分析表明(表 1),脯氨酸和可溶性蛋白质含量在 2 个品种间、NaCl 质量分数间和 NaCl 胁迫时间间差异均达到极显著水平。品种和 NaCl 质量分数,品种和胁迫时间,品种、NaCl 质量分数和 NaCl 胁迫时间间均存在显著的互作效应。

表 1 NaCl 胁迫下玉米脯氨酸和可溶性蛋白质含量的方差分析(F 值)

变异来源	df	脯氨酸	可溶性蛋白质含量
区组	2	2.33	3.40
品种	1	100.22*	157.83*
NaCl 质量分数	5	17.56*	84.09*
胁迫时间	4	63.04*	105.17*
品种×NaCl 质量分数	5	7.94*	3.99*
品种×胁迫时间	4	32.50*	14.61*
NaCl 质量分数×胁迫时间	20	5.04*	1.52
品种×NaCl 质量分数×胁迫时间	20	3.66*	1.83*
误差	118		
总变异	179		

2.2 NaCl 胁迫对玉米幼苗脯氨酸含量的影响

脯氨酸是一种小分子的渗透物质,在植物受到逆境胁迫时,其含量迅速增加,有助于保持细胞的持水能力,维持一系列生理活动的需要。从图 1 可以看出,NaCl 胁迫下的 2 个玉米品种的脯氨酸含量明显高于对照;在相同天数同一 NaCl 质量分数胁迫下,耐盐品种郑单 958 的脯氨酸含量明显高于盐敏感品种齐单 1 号,当 NaCl 质量分数达到 1.0% 时,郑单 958 脯氨酸平均含量为 171.58 μg/g,是对照的 4.02 倍;齐单 1 号的脯氨酸含量平均为 43.95 μg/g,是对照的 1.87 倍,说明,郑单 958 较齐单 1 号在 NaCl 胁迫下能诱导出较多的脯氨酸来抵御盐胁迫,以维持植物幼苗正常的生长发育。在 7~15 d NaCl 胁迫期间,2 个玉米品种的脯氨酸含量变化有所差异,郑单 958 脯氨酸含量呈逐渐降低的趋势,说明耐盐品种郑单 958 脯氨酸含量峰值出现在 NaCl 胁迫第 7 天或早于第 7 天;齐单 1 号在 7~9 d 脯氨酸含量有所增加,9~15 d 期间其含量逐渐降低,说明齐单 1 号对 NaCl 胁迫的反应较慢,而耐盐品种郑单 958 能迅速作出反应来抵御盐害,维持幼苗的正常生长。

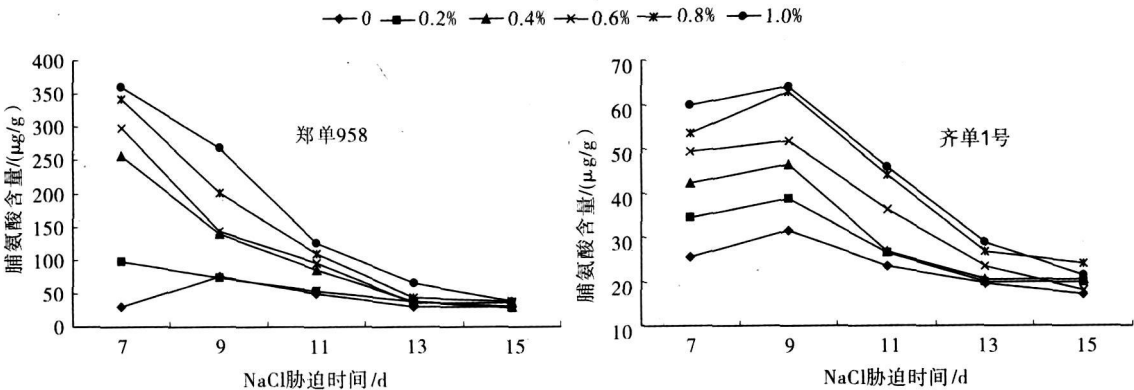


图 1 NaCl 胁迫对 2 个玉米品种幼苗脯氨酸含量的影响

2.3 NaCl 胁迫对玉米幼苗可溶性蛋白质含量的影响

如图 2 所示, NaCl 胁迫下郑单 958 和齐单 1 号的可溶性蛋白质含量均高于对照, 随着 NaCl 胁迫时间的延长, 耐盐品种郑单 958 可溶性蛋白含量在 7~11 d 呈上升趋势, 11 d 后逐渐下降; 盐敏感品种齐单 1 号可溶性蛋白含量在 7~15 d 呈逐渐下降趋势。从图 2 可知, 耐盐品种郑单 958 可溶性蛋白质含量在 NaCl 胁迫第 11 天达到最大值, 而盐敏感品种齐单 1 号可溶性蛋白质含量峰值出现在 NaCl 胁迫第 7 天或早于第 7 天。盐胁迫第 15 天时, 郑单 958 在 1% 的 NaCl 胁迫下可溶性蛋白质含量为 42.01 mg/g, 比对照增加了 54%; 而齐单 1 号的可溶性蛋白质含量为 35.51 mg/g, 比对照增加了 37%, 说明随着盐胁迫时间的延长, 盐敏感玉米生长受到抑制, 蛋白质合成速度下降。可见, NaCl 胁迫下, 植物细胞中蛋白质的合成能力增强, 使其适应高盐环境; 随着 NaCl 胁迫时间的延长, 耐盐品种相比盐敏感品质能合成较多的蛋白质来抵御盐害, 以促进植株的正常生长和代谢。

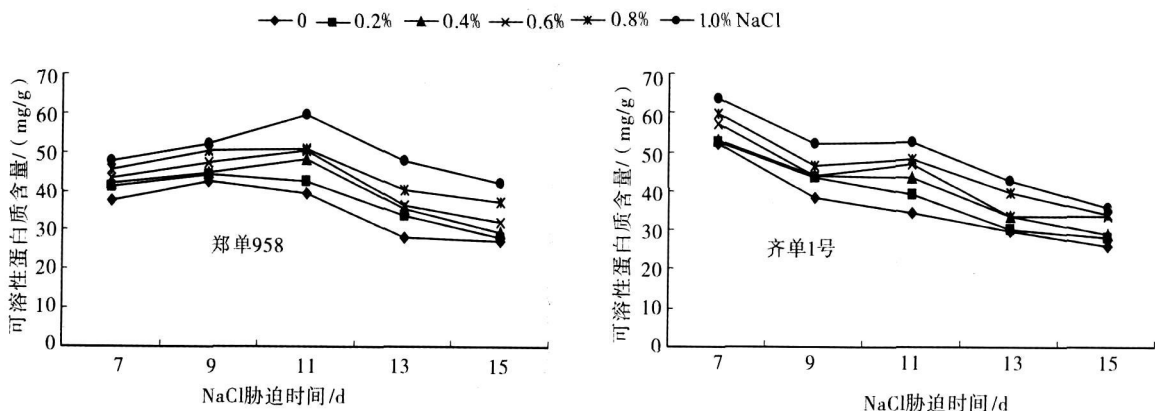


图 2 NaCl 胁迫对 2 个玉米品种幼苗可溶性蛋白质含量的影响

3 讨论与结论

在渗透胁迫下, 植物通过降低渗透势进行调节是一种极其重要的方式。降低渗透势在植物体内可通过细胞内水分减少、细胞体积缩小和细胞内溶质增加 3 条途径实现。渗透调节是植物忍耐和抵御盐胁迫的一种适应性反应, 是一种重要的耐盐生理机制。盐胁迫下, 植物细胞可通过积累可溶性物质来维持一定的膨压, 使细胞生长、气孔运动和光合作用等生理过程正常进行^[13-14]。

赵福庚等^[15] 研究认为, 盐碱胁迫使大麦体内脯氨酸含量上升, 并且随着盐度的增高, 脯氨酸对渗透势的贡献提高。而也有研究表明, 在盐胁迫下, 游离脯氨酸的含量出现了 2 个高峰, 在中低质量分数的盐胁迫下, 含量先增后降是对盐胁迫产生诱导性适应的结果, 而中高质量分数的盐胁迫下其含量的再次波动(先升后降)则是由于胁迫强度超出了胁迫范围^[16]。本试验结果表明, 在低盐胁迫下, 玉米幼苗脯氨酸的含量变化甚微, 脯氨酸随着 NaCl 质量分数的增加而增加, 耐盐品种郑单 958 在盐胁迫下脯氨酸含量高于盐敏感品种齐单 1 号, 说明抗盐品种在 NaCl 胁迫下能迅速作出反应诱导出较多的脯氨酸, 使得细胞内的水势低于外界水势, 保证玉米从外

界吸水的能力, 维持幼苗的正常生长发育。本试验研究还发现, 随着 NaCl 胁迫时间的延长, 玉米叶片脯氨酸含量大幅下降, 可能由于细胞膜受损所致, 从而减缓了脯氨酸的积累, 也可能是由于细胞内一些物质的渗出, 使脯氨酸分解加速。

可溶性蛋白与调节植物细胞的渗透势有关, 高含量的可溶性蛋白可帮助维持植物细胞较低的渗透势, 抵抗逆境带来的胁迫^[17]。本试验中, 耐盐品种郑单 958 在 NaCl 胁迫 7~11 d 可溶性蛋白含量呈上升趋势, 盐敏感品种齐单 1 号可溶性蛋白含量在 7~15 d 呈逐渐下降趋势, 说明短期的 NaCl 胁迫促进了蛋白质的合成; 随着 NaCl 胁迫时间的延长, 可溶性蛋白质含量开始下降, 这可能是由于长时间的 NaCl 胁迫使植物合成蛋白质的一些调节酶受到了抑制。本试验结果也表明, 耐盐品种相比盐敏感品种能长时间保持较高的可溶性蛋白质含量, 用以调节、加强对盐胁迫的抵御, 更好地促进玉米幼苗的生长和发育。作物耐盐是一个极为复杂的生理过程, 不同玉米品种耐盐性也不尽相同, 本试验对耐盐和盐敏感玉米在 NaCl 胁迫下一段时间内的脯氨酸和可溶性蛋白质含量变化进行了研究, 品种间表现出一定的差异, 以后的试验要加强对玉米在盐胁迫下的生理生化指标的综合研究。(下转第 83 页)

3 讨论

对于旱稻而言, 很多组织或器官均可作为外植体成功地诱导愈伤组织并再生植株, 但成熟种子是诱导愈伤组织的常用材料。成熟种子的来源广, 取材不受季节和地理环境限制; 而且接种操作方便, 出愈率较高, 分化再生所需要的周期较短^[3]。为提高研究应用的普遍性, 在试验中选用了旱稻的成熟种子作为外植体来诱导愈伤组织, 这样更有利于试验的进行。

植物组织培养中, 影响愈伤组织的因素是多方面的, 而植物激素是愈伤组织诱导的关键性因素^[4]。2, 4-D 与 6-BA 配合使用对提高旱稻成熟种子愈伤组织诱导率有显著作用, 因此, 在实际工作中, 选择合适的培养基和适当的激素配比, 是旱稻转基因育种过程中提高转化率的重要前提。从本研究结果可以看出, 在旱稻成熟种胚愈伤组织诱导中, 愈伤组织诱导率及愈伤组织的质量取决于品种基因型、诱导培养基及激素等多种因素相互影响、相互作用。首先, 选择适宜的培养基是提高愈伤组织诱导频率, 获得高质量愈伤组织的基础。在诱导培养基中添加一定质量浓度配比的 2, 4-D 和 6-BA 对提高稻类成熟胚的愈伤组织诱导率有一定的作用, 但这种作用又因品种的基因型和所选用的培养基不同而异^[5]。旱

1 和夏旱 51 在激素同样配比的 NB 培养基上比在 MS 培养基上出愈率要高。夏旱 51 在 NBD4B1 上的出愈率最低, 而旱 1 则在 NBD4B1 上的出愈率最高, 达到 76.8%。较高质量浓度的 2, 4-D 提高旱稻成熟种胚愈伤组织诱导率的机制目前还不清楚, 一般认为, 可能是通过抑制胚芽生长, 减少胚芽与盾片愈伤组织的营养竞争, 而最终提高了愈伤组织的诱导率^[6]。

参考文献:

- [1] 薛全义. 略论我国旱稻的生产和发展[J]. 中国稻米, 2002, 8(4): 5-7
- [2] 李冠. 陆稻抗旱与某些生理化特征的关系[J]. 新疆大学学报, 1990, 7(1): 65-67
- [3] 潘向群, 梁海曼. PEG 浸种对成熟胚愈伤组织诱导的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯, 1990, 10(2): 148-151.
- [4] 向太和. 不同类型水稻成熟胚培养和悬浮细胞系建立的初步研究[J]. 农业生物技术学报, 1991, 4(2): 124-128
- [5] 石太渊. 水稻组织培养与突变体筛选[J]. 辽宁农业科学, 1996(1): 38-40.
- [6] Kenjiro O, Hiroyuki, Toshiaki K, *et al.* Drought-induced changes in rooting patterns and assimilate partitioning between root and shoot in upland rice[J]. Plant Science, 2003, 165: 395-402
- [9] Asif Ali Khan, Sajjad Ali Rao, Thomas McNeilly. Assessment of salinity tolerance based upon seedling root growth response functions in maize (*Zea mays* L.)[J]. Euphytica, 2003, 131: 81-89.
- [10] Radic V, Beatovic D. Salt tolerance of corn genotypes (*Zea mays* L.) during germination and later growth [J]. Journal of Agricultural Sciences, 2007, 52: 115-120.
- [11] 张云贵, 刘祥云, 李天俊. 生物化学实验指导[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2005, 31: 44-45.
- [12] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004: 106.
- [13] 李霄. 不同高粱品种抗旱耐盐生理生化响应研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [14] 张敏. 不同小麦品种耐盐差异的生理生化机制研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.
- [15] 赵福康, 刘友良, 章文华. 大麦幼苗叶片脯氨酸代谢及其耐盐性的关系[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(2): 7-10.
- [16] 桂枝, 高建明, 袁庆华. 6 个紫花苜蓿品种的耐盐性研究[J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 133-137.
- [17] 张木清. 作物抗旱分子生理与遗传改良[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 272.
- [1] 张烈, 杜锦. 氯化钠胁迫对玉米幼苗代谢的影响[J]. 杂粮作物, 2009, 29(5): 328-331.
- [2] 马春平, 崔国文. 10 个紫花苜蓿品种耐盐性的比较研究[J]. 种子, 2006, 25(7): 53-56.
- [3] 张永峰, 殷波. 玉米耐盐性研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.
- [4] Gzik A. Accumulation of proline and pattern of amino acids in sugar beet plants in response to osmotic water and salt stress[J]. Environ Exp Bot, 1996, 36(1): 29-38.
- [5] Sachs M M, Ho T H D. Alteration of gene expression during environmental stress in plant[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1986, 37: 363-376.
- [6] 秦雪峰, 高扬帆, 吕文彦. NaCl 胁迫对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2007, 26(5): 24-26.
- [7] 王玉凤. 玉米苗期对 NaCl 胁迫的相应与耐盐性调控机理的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008.
- [8] 商学芳, 董树亭, 郑世英, 等. 玉米萌发过程中 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 含量变化与耐盐性的关系[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 333-336.

(上接第 74 页)

参考文献:

- [1] 张烈, 杜锦. 氯化钠胁迫对玉米幼苗代谢的影响[J]. 杂粮作物, 2009, 29(5): 328-331.
- [2] 马春平, 崔国文. 10 个紫花苜蓿品种耐盐性的比较研究[J]. 种子, 2006, 25(7): 53-56.
- [3] 张永峰, 殷波. 玉米耐盐性研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.
- [4] Gzik A. Accumulation of proline and pattern of amino acids in sugar beet plants in response to osmotic water and salt stress[J]. Environ Exp Bot, 1996, 36(1): 29-38.
- [5] Sachs M M, Ho T H D. Alteration of gene expression during environmental stress in plant[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1986, 37: 363-376.
- [6] 秦雪峰, 高扬帆, 吕文彦. NaCl 胁迫对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2007, 26(5): 24-26.
- [7] 王玉凤. 玉米苗期对 NaCl 胁迫的相应与耐盐性调控机理的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008.
- [8] 商学芳, 董树亭, 郑世英, 等. 玉米萌发过程中 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 含量变化与耐盐性的关系[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 333-336.