

# 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄生理特性的影响

刘俊英, 石国亮, 崔辉梅

(石河子大学 农学院 新疆 石河子 832003)

**摘 要:** 研究了外源甜菜碱对加工番茄幼苗抗盐性的影响。结果表明: 外源甜菜碱可以显著提高加工番茄叶片中脯氨酸和可溶性糖含量, 可以提高加工番茄叶片 SOD 活性, 降低膜透性和 MDA 的含量, 从而有效的提高加工番茄的抗盐性。在该试验中叶面喷施高浓度的甜菜碱比低浓度的甜菜碱效果更明显。

**关键词:** 盐胁迫; 甜菜碱; 加工番茄; 膜透性; 脯氨酸  
**中图分类号:** S 641.206<sup>+</sup>.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)08-0243-04

近年来, 随着地球上淡水匮乏不断加剧, 地下水位下降, 海水倒灌, 地球上的盐碱地面积越来越大。如何提高植物的抗盐性, 合理利用盐碱地, 减少盐害对农业生产造成的损失, 已经成为人们密切关注的重大课题。研究发现, 植物在干旱、盐渍条件下, 细胞内主动积累一些渗透调节物质, 从而降低渗透势, 增强吸水能力<sup>[1]</sup>。甘氨酸甜菜碱(Glycinebetaine, N, N, N 2 三甲基甘氨酸, 简称甜菜碱)是积累的渗透调节物质之一。甜菜碱是一种广泛存在于动物、植物和微生物中的季铵类化合物<sup>[2]</sup>, 被认作是一种非常有效的渗透调节物质和胁迫抗性因子。试验还表明, 甜菜碱不仅是一种渗透调节物质, 在植物受到环境胁迫时在细胞内积累降低渗透势, 它还能作为一种保护物质维持生物大分子的结构和完整性, 维持其正常的生理功能<sup>[3]</sup>。外源甜菜碱能够提高多种农作物、果树及林木植物的抗性<sup>[4-5]</sup>, 如甜菜碱浸种能提高盐胁迫下桑种子的发芽率, 促进幼苗的生长发育<sup>[6]</sup>, 叶面喷施甜菜碱能缓解盐胁迫对桑树生长的抑制, 提高抗盐性<sup>[7]</sup>。目前, 甜菜碱与植物抗盐性关系主要集中在甜菜碱醛脱氢酶活性和转甜菜碱醛脱氢酶基因植物等方面的研究上<sup>[8-12]</sup>, 其目的都是为了增加植物体内甜菜碱的含量, 增强植物体的渗透调节能力和抗胁迫能力。这些研究主要集中在甜菜碱对藜科和禾本科植物的抗盐性、抗旱性及抗寒性的影响上, 对蔬菜, 尤其是对加工番茄抗盐性的研究甚少, 而其叶面喷施的适宜浓度也因植物种类不同而异。因此, 该研究以外源甜菜碱喷施处理加工番茄幼苗, 研究外源甜菜碱对加工番茄

幼苗耐盐性的影响, 从而为阐明加工番茄抗盐机制及栽培加工番茄提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 加工番茄材料

选用 K20、‘红霸’2 个加工番茄品种于 2008 年 3 月 29 日直播于石河子大学农学院试验站农学系温室的培养钵内, 采用蛭石培养, 然后用 Hoagland 营养液进行浇灌。

### 1.2 试验方法

采用完全随机方式进行试验设计, 在植株长到 5 片真叶时, 进行 NaCl 胁迫处理, 设 0、150 mmol/L 2 个盐浓度。在盐胁迫的同时, 分别对处理植株进行甜菜碱的喷施(每 3 d 喷施 1 次), 甜菜碱 2 个浓度: 1、5 mmol/L, 试验共设 6 个处理, 处理方式见表 1。

表 1 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄的处理浓度

处理	处理时间	持续时间
CK(Hoagland)	出苗后	直到采样
CK+1 mmol/L GB	5 片真叶	2 周
CK+5 mmol/L GB	5 片真叶	2 周
150 mmol/L NaCl	5 片真叶	2 周
150 mmol/L NaCl+1 mmol/L GB	5 片真叶	2 周
150 mmol/L NaCl+5 mmol/L GB	5 片真叶	2 周

### 1.3 取样测定

分别于盐胁迫 7、14 d 时, 取样测定膜透性、MDA 含量、脯氨酸含量、可溶性糖含量、SOD 活性等生理指标。膜透性测定参照宋松泉<sup>[13]</sup> 等方法; 脯氨酸含量测定参照张殿忠<sup>[14]</sup> 等方法; 丙二醛含量测定参照赵世杰<sup>[15]</sup> 等方法; 可溶性糖含量测定参照文献<sup>[16]</sup> 的方法; SOD 活性测定采用氮蓝四唑法<sup>[17]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄可溶性糖含量的影响

通过测定外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄可溶性

第一作者简介: 刘俊英(1983-)女, 河北人, 硕士, 研究方向为蔬菜种质与遗传育种。E-mail: liujun-ying@qq.com。  
通讯作者: 崔辉梅(1971-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail: chm\_agr@shzu.edu.cn。  
收稿日期: 2009-03-20

糖含量的影响, 结果表明, 在无盐胁迫条件下, 外源喷施甜菜碱提高了加工番茄叶片中可溶性糖含量, 2 个品种叶片中的可溶性糖含量与 CK 差异极显著(图 1)。盐胁迫条件下, 盐胁迫诱导加工番茄叶片中可溶性糖积累, 随着胁迫程度加深, 叶片中可溶性糖含量逐渐增加, 与同期正常处理间的差异达显著性水平。外源甜菜碱提高 2 个品种叶片中可溶性糖含量, 与 CK 差异均达极显著水平。盐胁迫引起加工番茄幼苗体内可溶性糖的积累, 因而产生渗透调节作用, 而外源甜菜碱处理可进一步促进可溶性糖的积累, 在胁迫 7 d 时, ‘K20’ 和 ‘红霸’ 的可溶性糖含量分别增加了 32.3% 和 32.5%, 胁迫 14 d 时, 可溶性糖含量有所下降, 并且在 150 mmol/L NaCl 胁迫下低于未经甜菜碱处理, 说明喷施甜菜碱提高了加工番茄叶片中的可溶性糖含量, 增强了可溶性糖的渗透调节能力, 减缓了盐分对植株的伤害程度。

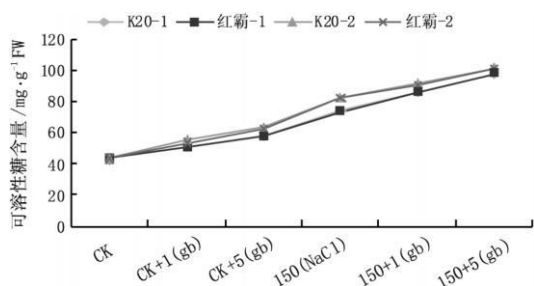


图 1 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄可溶性糖含量的影响

注: 图中 K20-1 表示胁迫 7 d, K20-2 表示胁迫 14 d。下同。

## 2.2 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄脯氨酸含量影响

通过研究外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄脯氨酸含量的影响, 结果表明, 盐胁迫后, 2 个加工番茄品种叶片中的脯氨酸含量均有增加, 喷施甜菜碱后能够进一步促使盐胁迫条件下加工番茄叶片合成脯氨酸(图 2), 2 个品种的脯氨酸含量显著高于对照, 在处理 7 d 时品种间差异不显著; 14 d 时, ‘K20’ 的脯氨酸积累量显著高于 ‘红霸’。随着盐胁迫时间和浓度的增加, 脯氨酸含量显著增加。喷施甜菜碱促使非盐胁迫条件下加工番茄叶片合成脯氨酸, 2 个品种在同一胁迫条件下脯氨酸含量都显著高于对照。

## 2.3 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄丙二醛含量影响

外源加入甜菜碱后, 加工番茄幼苗叶片内 MDA 含量的变化趋势与单独进行 NaCl 处理相同, 但其值低于 NaCl 处理。以 ‘K20’ 为例, 外源加入 5 mmol/L 甜菜碱, 幼苗叶片 MDA 含量是 NaCl 处理的 71.3%。结果表明, 甜菜碱能够降低膜脂过氧化作用水平, 缓解盐分胁迫对植物细胞膜系统的伤害, 增强其对盐逆境的适应性。在胁迫 14 d 时, 150 mmol/L NaCl 胁迫下加工番茄

幼苗叶片的 MDA 含量显著升高, ‘红霸’ 为对照的 2.51 倍, ‘K20’ 为对照的 2.58 倍, 两者差异显著(图 3)。这表明 ‘K20’ 对盐胁迫比较敏感。

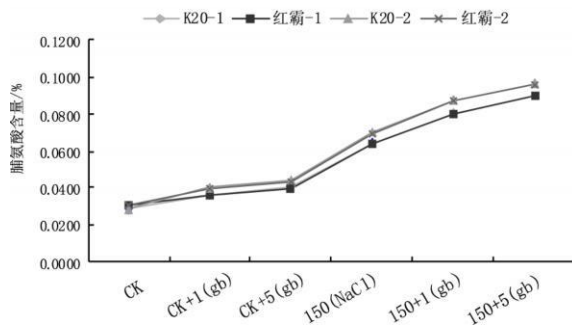


图 2 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄脯氨酸含量的影响

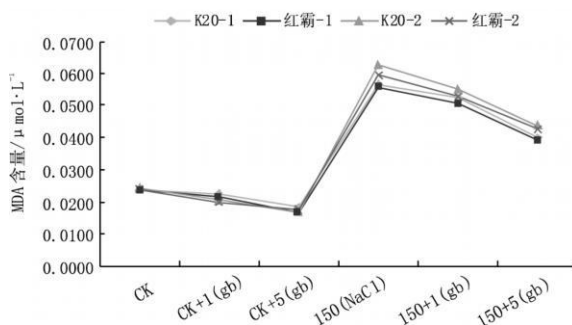


图 3 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄 MDA 含量的影响

## 2.4 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄膜透性的影响

持续盐胁迫会破坏细胞膜结构, 导致加工番茄细胞质膜透性升高, 并且随盐胁迫程度加深而逐渐增大。经甜菜碱处理后, 加工番茄叶片细胞质膜透性的变化趋势与未经甜菜碱处理基本一致, 但在整个处理过程中始终显著低于同期未经甜菜碱处理, ‘红霸’ 在 150 mmol/L NaCl 胁迫时降低了 30.7%, ‘K20’ 降低了 30%。说明喷施脯氨酸和甜菜碱对细胞膜有保护作用, 可以减轻细胞膜受害程度, 且具有浓度效应, 5 mmol/L 甜菜碱处理效果好于 1 mmol/L 的甜菜碱处理(图 4)。

## 2.5 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄 SOD 活性的影响

在盐胁迫条件下, 加工番茄叶片内 SOD 活性随盐胁迫程度的加深而降低。外源喷施甜菜碱后 SOD 的变化趋势与未喷施甜菜碱的一致, 但是显著高于未喷施的处理。‘K20’ 与 ‘红霸’ 之间差异显著。在正常条件下, 外源甜菜碱也能显著提高 SOD 的活性。甜菜碱处理的叶片 SOD 活性在 150 mmol/L NaCl 时低于对照(图 5)。这说明外源甜菜碱和脯氨酸处理在盐胁迫进程中对 SOD 具有明显的保护作用, 这一结果与张士功<sup>[7]</sup>等、钟国辉<sup>[8]</sup>等在小麦和白菜上的研究结果一致。

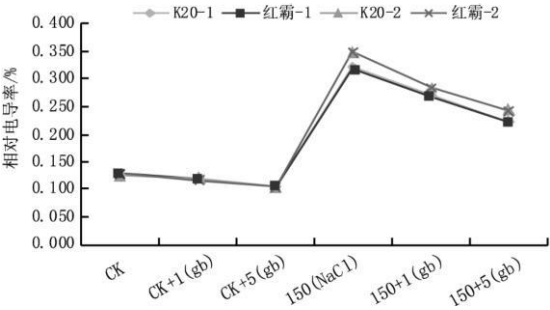


图 4 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄膜透性的影响

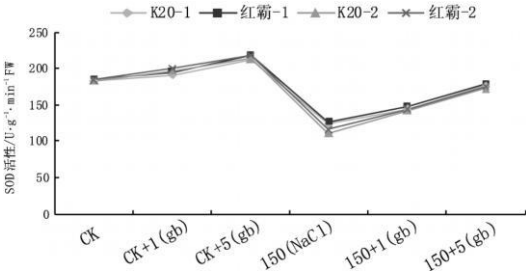


图 5 外源甜菜碱对盐胁迫下加工番茄 SOD 活性的影响

3 讨论

在 Huseman 和 Mame 首次从中宁枸杞中分离到甜菜碱以后, 甜菜碱就作为一种非毒性的渗透调节剂受到人们的关注<sup>[19-20]</sup>。后来的研究发现, 在逆境胁迫下, 甜菜碱除了作为渗透调节剂发挥渗透调节作用以外, 还具有其他的生理功能, 如保护光合放氧中心(PSII)的正常结构和功能, 保护 1, 5-二磷酸核酮糖羧化 II 加氧酶(Rubisco)活性, 维持正常的光合作用; 维持细胞膜的稳定性, 保护逆境下细胞膜的完整性和有序性; 减少 MDA 含量, 缓解膜脂过氧化对植物细胞膜的伤害, 并且可以对逆境下生物大分子产生保护作用<sup>[21]</sup>。

在植物产生过氧化的过程中, 膜脂过氧化是造成膜损伤的关键因素, 细胞膜透性的增加和胞内电解质大量渗漏是膜脂过氧化程度的重要标志。因此, 质膜相对透性能较好的说明膜是否具有较好的选择性。该试验的研究结果表明, 盐胁迫导致幼苗叶片的膜脂过氧化, 叶片的质膜相对透性逐渐升高。丙二醛是脂质过氧化的产物, 含量的多少可代表膜损伤程度的大小。外源施用 GB 与植物体内丙二醛含量关系的研究已有一些报道, 如外源施用 GB 能够削弱逆境胁迫下黄瓜幼苗<sup>[22]</sup>、小麦<sup>[23]</sup>、枸杞<sup>[24]</sup>、花生<sup>[25]</sup>等的丙二醛含量的积累, 具有缓解它们受逆境伤害的效应。试验结果也证明了这一点: GB 处理可以有效缓解盐胁迫对加工番茄幼苗叶片的膜伤害。盐胁迫导致叶片膜脂过氧化作用加强, MDA 含量继续呈上升的趋势。脯氨酸和可溶性糖作为另外 2

种重要渗透调节物质, 被认为是植物逆境胁迫的产物。逆境胁迫作用于植物时, 游离脯氨酸大量积累, 随胁迫时间的延长, 加工番茄受到的伤害加大, 从而使蛋白合成受阻, 影响谷氨酸的形成进而脯氨酸含量继续升高。该试验结果也证明了在盐胁迫 7~14 d 过程中, 加工番茄幼苗叶片的脯氨酸含量总体呈现不断增加的趋势。盐胁迫下, 抗氧化酶活性的提高是活性氧自由基增加和胁迫条件下减少氧伤害保护系统建立的标志<sup>[26]</sup>。植物在逆境条件下保持较高的抗氧化酶活性, 能有效地清除代谢过程产生的活性氧, 使生物体内活性氧维持一个低水平上, 从而防止了活性氧引起的膜脂过氧化及其它伤害过程, 提高了抗逆性。Gosset 等<sup>[27]</sup> 研究报道, 高水平的抗氧化剂与棉花的耐盐能力相关。代红军等<sup>[28]</sup> 研究报道, 在 NaCl 胁迫下甘薯的保护酶系统与其品种的耐盐性有关。该试验研究表明, 在 NaCl 胁迫下, 加工番茄 2 个品种的超氧化物歧化酶活性变化趋势相似, 均在 150 mmol/L 盐浓度下活性急剧下降的趋势, 但品种之间变化的幅度却存在显著的差异。

该试验的研究结果表明在盐分胁迫下, 外源甜菜碱可以显著提高胁迫过程中加工番茄叶片中脯氨酸和可溶性糖含量, 也可以提高加工番茄叶片 SOD 活性, 相对降低加工番茄叶片细胞质膜透性, 减少 MDA 含量。2 个品种之间虽然 K20<sup>0</sup> 在可溶性糖含量和脯氨酸含量高于‘红霸’, 但是在 MDA、SOD、膜透性方面, ‘红霸’受到的伤害要小于 K20<sup>0</sup>, 综合几个指标, 表明‘红霸’的抗盐性要强于 K20<sup>0</sup>。盐分胁迫下甜菜碱与其他渗透调节物质之间的关系还有待进一步深入研究。外源甜菜碱可能是通过减少盐分胁迫下氧自由基的积累, 对 SOD 及其他保护性酶产生保护作用, 提高保护性酶活力, 从而进一步抑制氧自由基含量的升高而起作用的, 这有待进一步试验的证明。

参考文献

[1] Blum A, Munn S R, Passioura J B, et al. Genetically engineered plants resistant to soil drying and salt stress; how to interpret osmotic relations[J]. Plant Physiology, 1996, 110: 1051-1053.

[2] Rhodes D, Han Son A D. Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants[J]. Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1993, 44: 357-384.

[3] Sakamotoa Muratan. Genetic engineering of glycinebetaine synthesis in plants: current status and implications for enhancement of stress tolerance[J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51: 81-88.

[4] 高秀萍, 闫继耀, 刘恩科. 水分胁迫下梨、枣和葡萄叶片中甜菜碱含量的变化[J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 268-270.

[5] 陈少良, 李金克, 毕望富. 盐胁迫条件下杨树盐分与甜菜碱及糖类物质变化[J]. 植物学通报, 2001, 18(5): 587-596.

[6] 张国英, 谈建中, 刘美娟. 外源甜菜碱增强桑种子抗盐性的研究[J]. 蚕业科学, 2005, 31(2): 199-202.

[7] 谈建中, 承建平, 孙丙耀, 等. 外源甜菜碱对桑树抗盐生理的影响及其作用机理的研究[J]. 蚕业科学, 2005, 31(4): 404-408.

- [8] McDonnell E. Glybetaine biosynthesis and accumulation in unstressed and salt stressed wheat[J]. J Exp Bot, 1988, 39: 421-430.
- [9] 梁峥. 甜菜碱和甜菜碱醛脱氢酶[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(1): 1-83.
- [10] Anakawa K. Leaves of betaine and BADH activity in the green leaves and entilated leaves and root of barely[J]. Plant Cell Physio, 1990, 31(6): 797-811.
- [11] Andreson PA. Molecular cloning, physical and expression of the bet gene governing the osmoregulation cholineglycine pathway of Escherichiacoli[J]. J Gener Microbiol, 1988, 134(5): 17-37.
- [12] 刘凤华, 陈受宜. 转甜菜碱醛脱氢酶基因植物的耐盐性研究[J]. 遗传学报, 1997, 24(1): 54-58.
- [13] 宋松泉, 王彦荣. Molecular response of plant to drought stress[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1037-1044.
- [14] 张殿忠, 汪沛洪, 赵会贤. Determination of the content of free proline in wheat leaves[J]. 植物生理学通讯, 1990, 26(4): 62-65.
- [15] 李合生. Principles and Techniques of Plant Physiological Biochemical Experiment[J]. Beijing: Higher Education Press, 2003.
- [16] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [17] 张士功, 高吉寅, 宋景芝. 外源甜菜碱对盐胁迫下小麦幼苗体内几种与抗逆能力有关物质含量以及钾吸收和运输的影响[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(1): 23-26.
- [18] 钟国辉, 王建林. 外源甜菜碱对氯化钠胁迫下白菜叶片的保护效应[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(5): 333-335.
- [19] 张立新, 李生秀. 甜菜碱与植物抗旱/盐性研究进展[J]. 西北植物学报, 2004, 24(9): 1765-1771.
- [20] 郭启芳, 马干全, 孙灿, 等. 外源甜菜碱提高小麦幼苗抗盐性的研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(9): 1680-1686.
- [21] 赵华, 曹云英, 周蓉, 等. 外源甜菜碱对盐胁迫下水稻幼苗光合功能的改善[J]. 华北农学报, 2006, 21(6): 72-74.
- [22] 李芸瑛, 梁广坚, 李永华, 等. 外源甜菜碱对黄瓜幼苗抗冷性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(6): 673-676.
- [23] 马干全. 外源甜菜碱提高小麦抗旱性的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [24] 惠红霞, 许兴, 李前荣. 外源甜菜碱对盐胁迫枸杞生长及膜质过氧化的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(7): 77-80.
- [25] 张艳侠. 外源甜菜碱改善花生抗旱性的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [26] Meloni D A, Oliva M A, Martinez C A, et al. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress[J]. Environ Exp Bot, 2003, 49: 69-76.
- [27] Gosset D R, Millhollon E P, Lucas M C. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton[J]. Crop Sci, 1994, 34: 706-714.
- [28] 代红军, 柯玉琴, 潘廷国. NaCl 胁迫下甘薯苗期叶片活性氧代谢与甘薯耐盐性的关系[J]. 宁夏农学院学报, 2001, 22(1): 15-18.

## Influence of Exogenous Application of Glycinebetaine on Physiology Characteristic of Salt-stressed Processing Tomato Plants

LIU Jun-ying, SHI Guo-liang, CUI Hui-mei

(Agricultural College of Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

**Abstract:** The effect of betaine on salt resistance of processing tomato seedlings was studied. The results showed that exogenous betaine could enhance the content of proline and soluble sugars, improve the activities of SOD in processing tomato seedlings and consequently improve its salt resistance. And a high concentration (5 mmol/L) exogenous betaine has better effect than low concentration (1 mmol/L) one.

**Key words:** Salt stress; Glycinebetaine; Processing tomato; Proline; Membrane permeability

## 欢迎订阅 2010 年《现代化农业》

《现代化农业》是由黑龙江省农垦总局主办的综合性农业技术月刊。她立足黑龙江垦区,面向全国,主要报道农业现代化实践中的新成果、新技术和新经验,普及现代化农业科学知识。主要读者对象为从事农业、农机、畜牧及工副业生产的科技人员、管理干部和技术工人,也适合科研和教学人员阅读。

大 16 开,48 页,定价 6 元/期,全年 72 元,国内外公开发行,全国各地邮局(所)收订,邮发代号 14-84。如错过订阅日期,可直接汇款向编辑部订阅,不另收邮费。

地址:黑龙江省佳木斯市安庆街 382 号

邮编:154007 电话:0454-8359326

E-mail:xdhny@163.com