

# NaCl 胁迫下番茄若干生理指标的变化

孟庆英<sup>1</sup>, 张必弦<sup>2</sup>, 张海玲<sup>2</sup>, 徐香玲<sup>1</sup>, 李新玲<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨师范大学 生命与环境科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:** 植物抗盐性指标是研究植物抗盐机理和抗盐能力的基础, 研究以番茄为材料在 0、50、100、150、200 mmol/L NaCl 胁迫下分别于 0、2、4、6、8 d 取番茄叶片进行生理指标的测定。结果表明: 随 NaCl 浓度升高, 植株叶片受影响加强, 表现为: 电导率、MDA 含量先升高后降低; POD 活性升高; 叶绿素含量先降低后升高; 游离脯氨酸含量升高, 可溶性蛋白, 可溶性糖含量先升高再降低。研究为深入改善番茄的胁迫耐受能力提供依据。

**关键词:** 生理指标; 番茄; NaCl

**中图分类号:** S 641.203.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)11-0030-04

高盐、低温、干旱是影响植物生长和生产力最主要的非生物胁迫因子。据统计, 因非生物环境不适宜造成的主要农作物减产约为总生物潜力的 2/3<sup>[1]</sup>。土壤的盐害又是阻碍植物生长和减少农业产量主要原因<sup>[2]</sup>。植物的抗盐性是一种综合性状的表现, 不同植物由于其耐盐方式和耐盐机理的不同, 其组织或细胞内的生理代谢和生化变化也不同, 所以对植物抗盐性生理指标的研究具有重要意义。

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 为茄科番茄属 1a 生草本植物, 是一种重要的世界性蔬菜, 具有很高的经济价值和科学价值<sup>[3]</sup>。番茄栽培广泛, 遗传理论

上的研究较为深入, 在基因工程拓宽种质资源上有很大的发展潜力。目前有关番茄 NaCl 胁迫的生理指标检测的报道较少, 如已经发表关于 NaCl 胁迫对番茄生理指标影响的报道, 所研究番茄材料苗龄较小<sup>[4-5]</sup>, 番茄在各个生长发育阶段的耐盐机理并不一致<sup>[6]</sup>。该研究材料苗龄较长, 与已报道的品种也有所不同, 基因型对于番茄抗盐性有重要影响<sup>[7]</sup>, 因此为深入研究番茄的耐盐机理提供有用的资料, 并为转耐盐基因番茄与非转基因番茄在生理上的差异提供数据, 具有一定的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

番茄品种 03HN31(黑龙江省农业科学院园艺分院提供)。种子消毒处理后播种于营养土(土壤 pH 值经测定为 6.27): 蛭石=4:1 花盆中, 每盆种植 3 株。25℃ 黑暗中发芽, 3 d 后转入光照培养室, 生长条件为白天 23~25℃, 夜晚 18~20℃, 光照时间 16 h/d, 光照强度 6 000 lx。

**第一作者简介:** 孟庆英(1982-), 女, 黑龙江省佳木斯人, 硕士, 研究方向为植物基因工程。E-mail: mengqingying1256@163.com.

**通讯作者:** 李新玲。E-mail: lixinling2002@126.com.

**基金项目:** 黑龙江省科技攻关资助项目(GA06B103-10); 哈尔滨师范大学博士科研启动基金资助项目。

**收稿日期:** 2008-06-10

## Influence of Heavy Metal to Germination Growth of Dandelion Seed and Leaf Osmoregulation Substance

HU Chun-Xia, TANG Jie

(Fushun Teachers College, Fushun, Liaoning 113006, China)

**Abstract:** Used emergence and germination test by water culture. Studied the influence of different concentrations of the heavy metals mercury, lead ion, chromium, cadmium, copper, zinc to dandelion seed germination and seedling growth. The result indicated that when heavy metals in a low concentration had a promoting effect and when it in high concentration it had inhibitory effect to germination growth of dandelion seed. When the heavy metal density was very low, it does not affect seed germination index along with the increase of concentration of heavy metals, germination index, the germination potential, germination rate will be reduced, Proline content in the leaves were significantly increased. Soluble sugar content had increased after the first downward trend. Overall, Most toxic was mercury. The influence to dandelion seed was followed by mercury> cadmium> lead> chromium> copper> zinc ion.

**Key words:** Heavy metal; Dandelion seed; Germination growth; Proline; Soluble sugar

1.2 方法

1.2.1 植株 NaCl 处理 待苗龄为 50 d 时进行 0、50、100、150、200 mmol/L NaCl 的盐水浇灌, 为避免盐冲击效应, 采用每天递增 1/4 浓度的方式加盐, 直至预定的处理浓度。为减小 NaCl 浓度的变化幅度, 浇灌量为土壤持水量, 分别于 0、2、4、6、8 d 取材并进行各项生理指标的测定。取材部位为番茄植株叶面积最大但未衰老的叶片, 各项生理指标的测定设 3 次重复。

1.2.2 生理指标测定 电导率测定<sup>[8]</sup>。三氯乙酸比色法测定丙二醛(MDA)含量<sup>[8]</sup>。愈创木酚比色法进行过氧化物酶(POD)活性<sup>[9]</sup>。丙酮法测定叶绿素 a、叶绿素 b 含量<sup>[10]</sup>。蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[10]</sup>。考马斯亮蓝(G-250)法测定可溶性蛋白含量<sup>[10]</sup>。酸性茚三酮法测定游离脯氨酸含量<sup>[11]</sup>。

2 结果与分析

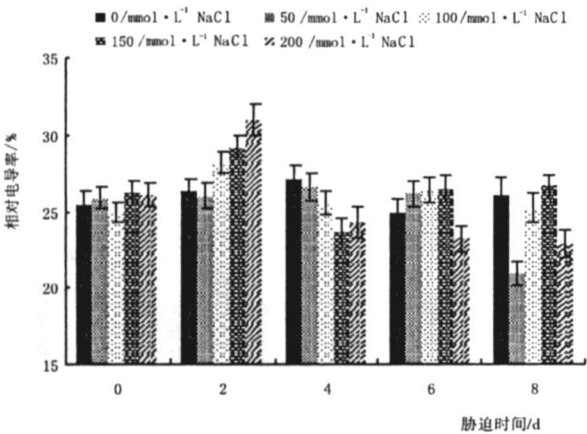


图 1 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄相对电导率变化

2.2 不同浓度 NaCl 胁迫下对番茄丙二醛(MDA)含量影响

植物器官衰老时或在逆境条件下, 往往发生膜质过氧化作用, MDA 是其产物之一, 通常利用它作为脂质过氧化指标, 表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应强弱。测定结果如图 2 所示, 随处理时间延长在

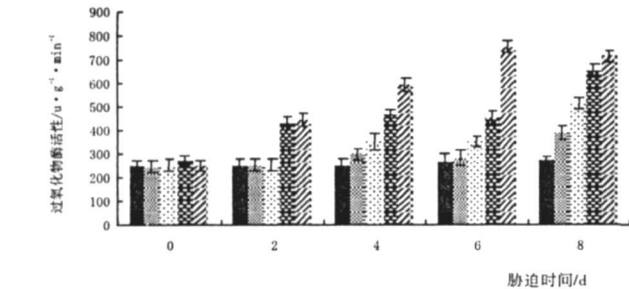


图 3 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄 POD 活性变化

2.1 不同浓度 NaCl 胁迫下对番茄相对电导率影响

当植物受到逆境胁迫时, 细胞膜遭到破坏, 膜透性增大, 从而使细胞的电解质外渗, 以致植物细胞浸提液的电导率增大。用测定组织外渗液电导率变化表示质膜透性的变化和质膜受伤害的程度。测定结果如图 1 所示, 随处理时间延长在 0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄电导率变化不明显, 随盐胁迫时间的延长番茄叶片相对电导率表现为先升高后降低并趋于平稳。随着盐浓度升高相对电导率变化幅度加大, 在低浓度盐胁迫下番茄相对电导率变化较小。说明随盐胁迫天数的增加, 番茄电解质的外渗增加到一定值时又下降并趋于平稳, 在盐胁迫条件下虽然对番茄质膜造成了一定的伤害, 这种伤害随 NaCl 浓度升高而升高, 但随胁迫时间增加细胞膜在一定程度上被修复。

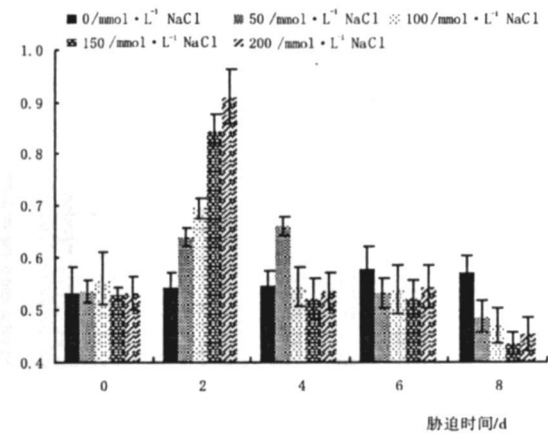


图 2 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄丙二醛含量变化

0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄 MDA 含量变化不明显, 随盐胁迫时间的延长番茄叶片 MDA 含量表现为先升高后降低并趋于平稳。随着盐浓度升高变化幅度加大, 在低浓度盐胁迫下番茄 MDA 含量变化较小。说明随盐胁迫天数的增加, 番茄膜脂过氧化作用增加, 膜受到一定伤害。但随胁迫时间增加细胞膜在一定程度上被修复。

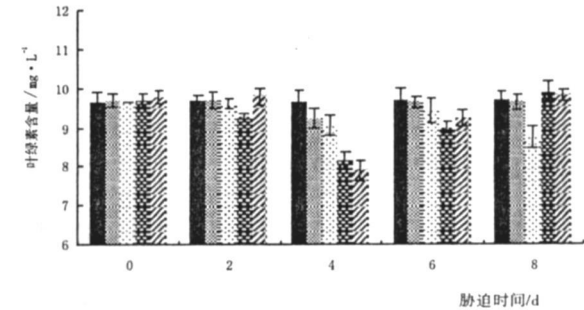


图 4 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄叶绿素含量变化

## 2.3 不同浓度 NaCl 胁迫下对番茄过氧化物酶(POD)活性影响

不良环境诱发植物体产生自由基,这对植物细胞膜有所伤害,但在长期进化过程中,植物体自身产生一种抗氧化防御系统(膜保护酶系统)来清除产生的自由基,维持体内的自由基平衡,减轻有毒物质对细胞的伤害,POD 就是此系统主要成员之一。POD 活性高低反映了植物受逆境胁迫程度。测定结果如图 3 所示,随处理时间延长在 0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄 POD 活性变化不明显,随盐胁迫时间的延长番茄叶片 POD 活性表现为升高,随着盐浓度升高变化幅度加大,在低浓度盐胁迫下番茄 POD 活性变化较小。说明在盐胁迫条件下,番茄体内启用了抗氧化防御系统(膜保护酶系统),番茄体内产生的大量自由基及过氧化产物,可被 POD 所清除,因此试验结果 POD 的活性有所增加。

## 2.4 不同浓度 NaCl 胁迫下对番茄叶绿素含量影响

在逆境胁迫的条件下可以引起植物叶绿体色素含量的变化,进而引起植物光合作用。测定结果如图 4 所示,随处理时间延长在 0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄叶绿素含量变化不明显,随盐胁迫时间的延长番茄叶片叶绿素含量表现为先降低再升高后趋于平稳。随盐胁迫浓度升高叶绿素含量变化幅度加大。试验结果说明盐胁迫条件下对番茄的光合作用起到一定抑制作用,后由于植物自身调节,光合作用有所提高。

## 2.5 不同浓度 NaCl 胁迫对番茄游离脯氨酸含量影响

脯氨酸积累是植物体抵抗渗透胁迫的有效方式之一。脯氨酸的增高能够降低叶片细胞渗透势,防止细胞脱水。测定结果如图 5 所示,随处理时间延长在 0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄游离脯氨酸含量变化不明显,随盐胁迫时间的延长番茄叶片游离脯氨酸含量表现为整体升高。说明番茄在一定浓度 NaCl 胁迫下体内游离脯氨酸有所积累以改善由于盐胁迫给植物体带来的伤害。

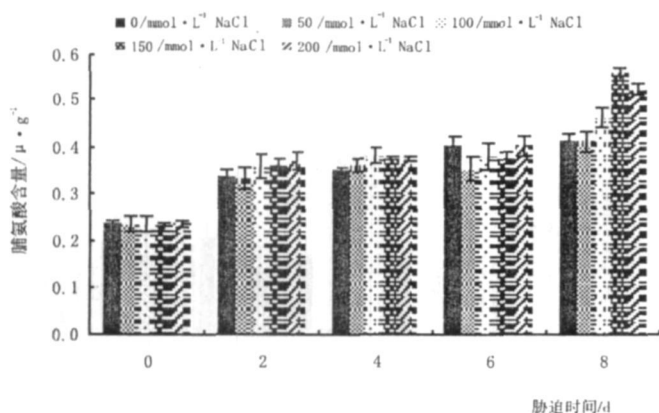


图 5 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄脯氨酸含量变化

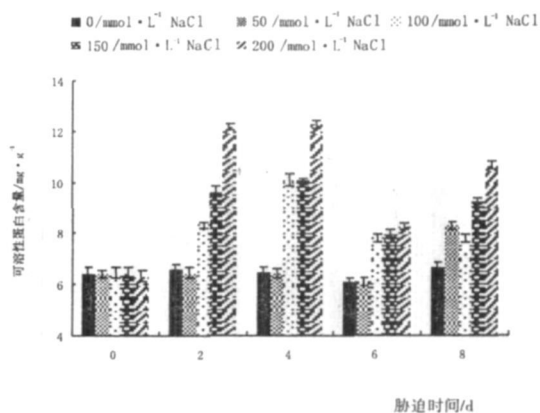


图 6 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄可溶性蛋白含量变化

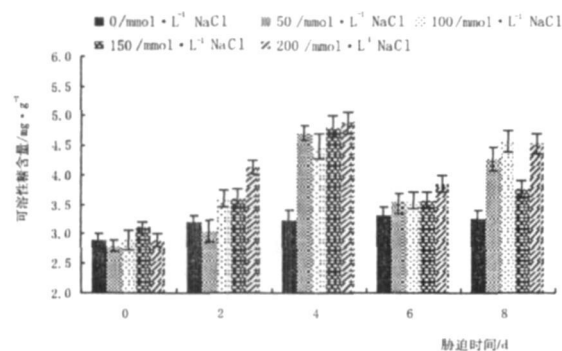


图 7 不同浓度 NaCl 胁迫下番茄可溶性糖含量变化

## 2.6 不同浓度 NaCl 胁迫对番茄可溶性蛋白含量影响

测定结果如图 6 所示,随处理时间延长在 0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄可溶性蛋白含量变化不明显,随盐胁迫时间的延长番茄叶片可溶性糖含量表现为先升高再降

低后趋于平稳但整体比胁迫前可溶性蛋白含量有所增加。随盐胁迫浓度升高可溶性蛋白含量变化幅度加大。在 50 mM NaCl 处理条件下,可溶性蛋白含量变化幅度不大。

## 2.7 不同浓度 NaCl 胁迫对番茄可溶性糖含量影响

可溶性糖是一种重要的渗透调节物质,植物在逆境胁迫条件下,可溶性糖含量增加,它对细胞膜和原生质体有一定保护作用,还起到保护酶类的作用。测定结果如图 7 所示,随处理时间延长在 0 mmol/L NaCl 浇灌下番茄可溶性糖含量变化不明显,随盐胁迫时间的延长番茄叶片可溶性糖含量表现为先升高再降低后趋于平稳但整体比胁迫前可溶性糖含量显著增加。

## 3 讨论

通过对不同浓度 NaCl 胁迫下番茄生理指标的测定表明,不同浓度 NaCl 对番茄生理指标影响不同,表现为高浓度 NaCl 对番茄的伤害较大,而低浓度 NaCl 对番茄

伤害较小。在实验中采用 0 mmol/L NaCl 作为对照, 结果表明在处理时间内, 对照各项生理指标变化不明显。在 NaCl 胁迫下番茄相关生理指标有一定的变化, 表现为电导率先升高后降低之后趋于平稳, MDA 含量先升高后降低然后趋于平稳; POD 活性升高; 叶绿素含量先降低后升高并趋于平稳; 游离脯氨酸含量升高、可溶性蛋白含量先升高再降低并趋于平稳、可溶性糖含量先升高后降低然后趋于平稳。其中大多数生理指标在胁迫初期变化较明显, 随胁迫时间延长变化趋于平缓, 说明番茄在一定浓度 NaCl 胁迫下自身有一定调节能力以减少 NaCl 对其生理生化带来的伤害。通过对其生理指标的研究从生理生化层面揭示了 NaCl 胁迫下对番茄生长的伤害。盐渍土是全球陆地上分布广泛的一类土壤, 是制约作物生长的主要逆境因素之一。在我国, 粮食和蔬菜生产受到土地盐碱化的严重威胁。番茄作为一种蔬菜作物, 在基因工程拓宽种质资源上得到了极大的发展。一方面是因为它栽培广泛, 另一方面是因为它在遗传理论上的研究较为深入, 为基因工程的拓宽研究打下了坚实的基础。番茄已经成为基因工程研究的重要模式植物, 其遗传转化研究较多, 目前通过基因工程提高番茄抗盐性报道很多, 对于这些转基因植物, 应特别关注与基因的特性相关的生理和生化指标, 以期更深入探讨番茄的耐盐机制<sup>[12-15]</sup>。

### 参考文献

- [1] Xu W F, Shi W M. Mechanisms of salt tolerance in transgenic *Arabidopsis thaliana* constitutively over expressing the tomato 14-3-3 protein TFT7[J]. *Plant and Soil* 2007, 301: 1-2.
- [2] Koc N K, Kayim M, Yetisir H, et al. The improvement of resistance to bacterial speck in transgenic tomato plants by *Agrobacterium tumefaciens* mediated transformation[J]. *Russian Journal of Plant Physiology*, 2007, 54: 89-96.

- [3] 余延年, 吴定华, 陈竹君. 番茄遗传学[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1999: 1-3.
- [4] 于爽, 李春艳. 盐分胁迫对不同番茄品种生理生化指标的影响[J]. 北方园艺, 2004(4): 10-13.
- [5] 王学征, 韩文灏, 于广建. 盐分胁迫对番茄幼苗生理生化指标影响的研究[J]. 北方园艺 2004(3): 48-49.
- [6] Fooland M R, Lin G Y. Absence of a genetic relationship between salt tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato[J]. *Plant Breeding* 1997, 116: 363-367.
- [7] Bokari M G, Fernandez F G, Cruz V L. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield-salinity response curves[J]. *J Amer Soc Hort Sci* 1991, 116: 286-289.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 260-261.
- [9] 张志良, 瞿伟青. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 88-91, 154-155.
- [10] 张治安, 张美善, 蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 65-67, 75-76.
- [11] 中国科学院上海植物生理研究所上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 303.
- [12] Muñoz-Mayor A, Pineda B, García-Abellán J O, et al. The HAL1 function on Na<sup>+</sup> homeostasis is maintained over time in salt-treated transgenic tomato plants but the high reduction of Na<sup>+</sup> in leaf is not associated with salt tolerance[J]. *Physiol Plant* 2008, 133(2): 288-297.
- [13] Villalta I, Reina-Sánchez A, Bolaín M G, et al. Genetic analysis of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> concentrations in leaf and stem as physiological components of salt tolerance in Tomato[J]. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 2008, 116(6): 869-880.
- [14] Seong E S, Cho H S, Choi D, et al. Tomato plants overexpressing CaKRI enhanced tolerance to salt and oxidative stress[J]. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2007, 363(4): 983-988.
- [15] He Z, He C, Zhang Z, et al. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress[J]. *Biochem Biophys Res Commun.* 2007, 59(2): 128-133.

## Changes of Several Physiological Indicators in Tomato under NaCl Stress

MENG Qing-ying<sup>1</sup>, ZHANG Bi-xian<sup>2</sup>, ZHANG Hai-ling<sup>2</sup>, XU Xiang-ling<sup>1</sup>, LI Xin-ling<sup>1</sup>

(1. Life Science and Technology Institute, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025, China; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Harbin, Heilongjiang 150080, China)

**Abstract:** The salt index of the plant is the basis which study indicator and capacity of the plant salt-resistant. This paper study on measures physiological indicators of tomato leaves at 0, 50, 100, 150, 200 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl stress in 0, 2, 4, 6, 8 days, the results show that, with NaCl Elevated, the affection of plant leaves was more strengthen. It expressed as: electric conductivity, MDA content first increase, and then decrease; POD activity increase; Chlorophyll content was from reduce to increase; Proline content increase, soluble protein, and soluble sugar Content increase at first, and then decrease. This study provided the basis for further improve the ability of tomato stress tolerance. This study could provide the basis for further improve the ability of tomato stress tolerance.

**Key words:** Phyiological indicators; Tomato; NaCl