

# NaCl 胁迫对黄瓜嫁接苗耐盐性的影响

姜涛<sup>1</sup>, 霍秀文<sup>1</sup>, 王淑英<sup>2</sup>, 刘建文<sup>1</sup>, 徐宝平<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 呼和浩特市赛罕区蔬菜局, 内蒙古 呼和浩特 010020)

**摘要:**为阐明嫁接对黄瓜耐盐性的影响。对日光温室黄瓜嫁接苗和自根苗在 150 mmol/L 的 NaCl 胁迫下的保护酶活性、渗透调节物质及光合特性进行测定和比较。结果表明, 黄瓜嫁接苗叶片中过氧化氢酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性以及抗坏血酸(AsA)、叶绿素(Chl.)含量均明显高于自根苗; 游离脯氨酸、可溶性蛋白质、可溶性糖含量均明显高于自根苗; 净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均明显高于自根苗; 丙二醛(MDA)含量和气孔限制值低于自根苗。以上结果表明, 嫁接苗能提高黄瓜的耐盐性。

**关键词:** 黄瓜; 嫁接苗; 耐盐性

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)02-0034-04

## Effects of NaCl Stress on Salt Tolerance of Grafted Cucumber Seedlings

JIANG Tao<sup>1</sup>, HUO Xiu-wen<sup>1</sup>, WANG Shu-ying<sup>2</sup>, LIU Jian-wen<sup>1</sup>, XU Bao-ping<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010020, China;

2. Huhhot Saihan District Vegetable Bureau, Huhhot 010019, China)

**Abstract:** For clarifying the effect of grafting on cucumber salt tolerance, the activities of protective enzymes, contents of osmotic adjustment substances and photosynthetic characteristics were analysed respectively between grafted and scion-root cucumber seedlings under NaCl stress of 150 mmol/L in sunlight greenhouse. The results showed activities of peroxidase(POD), superoxide dismutase(SOD), ascorbate-specific peroxidase(APX), and content of ascorbic acid(AsA), chlorophyll in leaves of grafted seedlings were significantly higher than those of scion-root seedlings. The content of free proline, soluble protein, soluble sugar in the leaves of grafted seedlings were significantly higher than those of scion-root seedlings. Net photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration of grafted seedlings were significantly higher than those of scion-root seedlings. Malondialdehyde(MDA) content and stomata unitation of grafted seedlings were lower than those of scion-root seedlings. These results indicated that grafted seedlings could, improve cucumber salt tolerance under NaCl stress.

**Key words:** Cucumber; Grafted seedlings; NaCl tolerance

土壤盐渍化对农业的威胁是一个全球性的问题, 10 亿 hm<sup>2</sup> 的盐渍土壤占世界陆地总面积近 7.6%, 占世界总耕地面积的 20%~27%<sup>[1]</sup>。在我国约有 0.2 亿 hm<sup>2</sup> 盐碱地, 主要分布在西北、华北、东北内陆和海滨沿海地<sup>[2]</sup>。近些年来, 随着设施栽培生产的广泛应用, 和人们盲目施肥, 不合理灌溉, 缺少雨水淋溶, 土壤盐渍化已成为蔬菜设施栽培中常见的问题, 它可导致作物生长发育受到抑制, 产量逐年下降, 病害也日益严重, 不少温室因之废弃。黄瓜

设施栽培中同样存在这一问题, 据统计, 黄瓜、蕃茄、西葫芦、甜椒等作物在 3 年以上的日光温室内栽培, 每年产量降低 10%~20%, 病害逐年加重<sup>[3, 4]</sup>。而近几年间, 土壤次生盐渍化又日趋严重, 使用 5 年后不得不废弃而改做大田蔬菜栽培<sup>[5]</sup>。

黄瓜属于耐盐性较弱的作物, 定植盐碱地后缓苗慢、叶色变深、叶片变小。缓苗后生长速度也较正常土壤慢, 积盐严重时, 黄瓜叶片边缘干枯呈“镶金边”状, 龙头有“花打顶”症状, 果实有明显的苦

收稿日期: 2007-10-12

作者简介: 姜涛(1982-), 男, 内蒙古包头人, 在读硕士, 主要从事蔬菜种质资源与育种研究。

通讯作者: 霍秀文(1968-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副教授, 博士, 主要从事蔬菜种质资源与育种研究。

味<sup>[5]</sup>。因此,解决土壤盐渍化的问题,是现代农业面临的一大课题。现在的设施生产上对土壤盐渍化的应对措施主要是对土壤进行改良和对品种进行抗逆性选育<sup>[6,7]</sup>。而其中实施嫁接栽培是克服设施土壤盐渍化的一条有效途径<sup>[8]</sup>。现在人们常用的砧木是黑籽南瓜,对日本南瓜的研究较少,而朱进等<sup>[9]</sup>的研究发现,日本南瓜的抗盐性优于黑籽南瓜,因此本试验采用了日本南瓜做砧木,通过对黄瓜嫁接苗和自根苗耐盐性的比较研究,为阐明嫁接提高黄瓜耐盐性的机制提供理论基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料选择

供试砧木选用耐盐强的日本杂交南瓜 F<sub>1</sub>, 黄瓜接穗是北方地区常用品种津优二号。

试验在内蒙古农业大学大观园温室内进行。2007 年 4 月 10 日对砧木种子日本南瓜浸种催芽, 4 月 11 日对接穗种子津优二号进行浸种催芽, 第 2 天将南瓜和黄瓜种子穴播于直径为 13 cm, 高 15 cm 的黑塑料钵内, 以沙子为基质, 然后进行遮光处理。待子叶完全展开, 开始浇 1/4 浓度的日本山崎营养液, 每株 50 mL, 每隔 2 d 浇 1 次营养液, 期间每天浇水 1 次, 每株为 50 mL。4 月 27 日进行嫁接, 浇 100 mL 营养液。嫁接后扣小拱棚, 保持较高的空气湿度, 并加遮阳网遮荫, 3 d 后早晚要进行小通风, 10 d 后撤掉遮阳网。嫁接苗成活后, 每隔 2 d 对嫁接苗和自根苗浇 1/4 浓度日本山崎营养液, 每株 100 mL。

待嫁接苗长到 4~5 片真叶时, 进行 NaCl 胁迫处理, 浓度为 150 mmol/L NaCl 溶于 1/4 浓度日本山崎营养液中均匀浇入基质中, 每天浇 1 次, 每盆浇 100 mL, 连续浇 5 d; 对照嫁接苗只浇营养液, 用量和次数与处理组相同。自根苗亦设浇营养液及浇营养液+NaCl 2 种处理, 每处理 10 株, 3 次重复, 随机排列。

### 1.2 指标测定和数据分析

1.2.1 生理指标的测定 NaCl 胁迫结束后第 5 天, 取上数第 3 片叶子进行测定, 每处理 3 次重复。愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性<sup>[10]</sup>; 比色法测定抗坏血酸过氧化物酶活性(APX)<sup>[11]</sup>; 氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性<sup>[12]</sup>; 2, 6-二氯酚靛酚滴定法测定抗坏血酸(ASA)含量<sup>[12]</sup>; 硫代巴比妥酸法(TBA)测定丙二醛(MDA)含量<sup>[12]</sup>; 磺基水杨酸法测定游离脯氨酸含量<sup>[12]</sup>; 苯酚-硫酸法测定可溶性糖含量<sup>[12]</sup>; G-250 考马斯亮蓝法测定可溶性蛋

白质含量<sup>[8]</sup>; 乙醇比色法测定叶绿素含量<sup>[12]</sup>。

1.2.2 光合特性指标的测定 NaCl 胁迫结束后第 5 天, 用 LI-6400 光合测定仪于上午 10:00 对植株进行测定。每处理选取 3 株, 每株选取 3 片叶, 每片叶测定 5 次。

1.2.3 数据分析 数据均用 SAS 9.0 进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl 胁迫对黄瓜自根苗和嫁接苗保护酶活性的影响

由表 1 可知, 未经 NaCl 胁迫的黄瓜嫁接苗叶片中的 POD, APX 活性均高于自根苗。而经 NaCl 胁迫后, 自根苗和嫁接苗叶片中的 POD, APX 活性均升高, 且嫁接苗显著高于自根苗; 未经 NaCl 胁迫的黄瓜嫁接苗叶片中 SOD 活性低于自根苗, 而经 NaCl 胁迫后, 自根苗的 SOD 活性下降, 而嫁接苗的 SOD 活性升高, 嫁接苗显著高于自根苗。以上结果表明, 嫁接苗的酶的活性较高, 有着较强的清除活性氧的能力, 从而减少其对膜结构和功能的破坏, 其耐盐性优于自根苗。

### 2.2 NaCl 胁迫对黄瓜自根苗和嫁接苗渗透调节物质含量的影响

由表 1 可知, 未经 NaCl 胁迫, 嫁接苗叶片中的游离脯氨酸、可溶性蛋白质、可溶性糖含量均高于自根苗; 在 NaCl 胁迫后, 嫁接苗和自根苗叶片中的这 3 项指标均有增加, 但是自根苗增加缓慢, 嫁接苗增加迅速, 嫁接苗叶片中的这 3 项指标均高于自根苗。由于脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白质等能调节细胞内的渗透势, 维持水分平衡, 保护细胞内许多重要代谢活动所需的酶类活性。因此, 嫁接苗的耐盐性优于自根苗。

### 2.3 NaCl 胁迫对黄瓜自根苗和嫁接苗丙二醛和抗坏血酸含量的影响

MDA 是膜脂氧化的主要产物之一, 其积累量反映了膜脂氧化程度的高低。由表 1 可知, 未经 NaCl 胁迫, 嫁接苗叶片中的 MDA 显著低于自根苗; NaCl 胁迫后, 嫁接苗和自根苗中的 MDA 均升高, 嫁接苗中的 MDA 仍显著低于自根苗。

抗坏血酸是重要的非酶促活性氧清除剂, 由表 1 可知, 未经 NaCl 胁迫, 嫁接苗叶片中的 AsA 含量显著高于自根苗; NaCl 胁迫后, 嫁接苗和自根苗中的 AsA 含量均有增加, 嫁接苗仍显著高于自根苗。以上 2 项指标说明嫁接苗的耐盐性优于自根苗。

表 1 NaCl 胁迫对黄瓜自根苗和嫁接苗叶片部分生物指标的影响

| 处理<br>Treatment               | POD<br>/( U/ ( g•min ) ) | SOD<br>/( U/ g ) | APX<br>/( U/ g ) | 游离脯氨酸<br>/( μg/ g )<br>Free proline | 可溶性蛋白质<br>/( mg/ g )<br>Soluble protein | 可溶性糖<br>/( mg/ g )<br>Soluble suger | MDA<br>/( μmol/ g ) | AsA<br>/( mg/ g ) |
|-------------------------------|--------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------|-------------------|
| 自根苗对照<br>Self- root control   | 27. 825d                 | 38. 544ab        | 82. 27c          | 4. 260 8b                           | 1. 708 3b                               | 17. 238 5b                          | 1. 782 0ab          | 2. 074 2c         |
| 自根苗+ NaCl<br>Self- root+ NaCl | 34. 958cd                | 24. 674b         | 93. 17c          | 6. 079 8a                           | 1. 709 9b                               | 17. 610 2ab                         | 1. 912 6a           | 2. 390 0b         |
| 嫁接苗对照<br>Grafted control      | 45. 300b                 | 32. 558ab        | 99. 80c          | 5. 620 3b                           | 1. 740 7b                               | 18. 472 3a                          | 1. 443 0c           | 2. 365 4ab        |
| 嫁接苗+ NaCl<br>Grafted+ NaCl    | 60. 632a                 | 45. 849a         | 246. 60b         | 10. 636 7a                          | 1. 806 3a                               | 18. 710 9a                          | 1. 573 6bc          | 2. 508 4a         |

2.4 NaCl 胁迫对黄瓜自根苗和嫁接苗光合特性和光合色素含量的影响

由表 2 可知, 未经 NaCl 胁迫, 嫁接苗叶片的净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均高于自根苗; NaCl 胁迫后, 嫁接苗和自根苗这 3 项指标均有下降, 但下降后嫁接苗的值仍显著高于自根苗。

未经 NaCl 胁迫, 嫁接苗叶片的气孔限制值显著

低于自根苗, NaCl 胁迫后, 嫁接苗和自根苗气孔限制值均有所升高, 嫁接苗仍显著低于自根苗。

由表 2 可知, 未经 NaCl 胁迫, 嫁接苗叶片中的总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量均显著高于自根苗; NaCl 胁迫后, 嫁接苗和自根苗这 4 项指标均下降, 嫁接苗仍明显高于自根苗。

表 2 NaCl 胁迫对黄瓜自根苗和嫁接苗光合特性和光合色素含量的比较

| 处理<br>Treatment               | 净光合速率<br>/( μmol/ ( m <sup>2</sup> •s ) )<br>Pn | 气孔导度<br>/( mol/ ( m <sup>2</sup> •s ) )<br>Gs | 胞间 CO <sub>2</sub> 浓度<br>/( μL/ L )<br>Ci | 气孔限制值<br>Ls | 叶绿素<br>/( mg/ g )<br>Chl. | 叶绿素 a<br>/( mg/ g )<br>Chla. | 叶绿素 b<br>/( mg/ g )<br>Chlb. | 类胡萝卜素<br>/( mg/ g )<br>Carotenoids |
|-------------------------------|---|---|---|-------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 自根苗对照<br>Self- root control   | 11. 866 7c                                      | 0. 324 7c                                     | 154. 867 0c                               | 0. 534 0b   | 1. 446 2bc                | 1. 088 8bc                   | 0. 357 4bc                   | 0. 293 3bc                         |
| 自根苗+ NaCl<br>Self- root+ NaCl | 7. 556 7d                                       | 0. 110 9d                                     | 117. 000 0d                               | 0. 596 6a   | 1. 230 5c                 | 0. 914 5c                    | 0. 316 0c                    | 0. 243 0d                          |
| 嫁接苗对照<br>Grafted control      | 18. 593 3a                                      | 0. 576 9a                                     | 194. 733 0a                               | 0. 325 1d   | 2. 129 9a                 | 1. 590 9a                    | 0. 539 0a                    | 0. 388 6a                          |
| 嫁接苗+ NaCl<br>Grafted+ NaCl    | 15. 100 0b                                      | 0. 385 0c                                     | 172. 600 0b                               | 0. 404 8c   | 1. 498 2b                 | 1. 133 7b                    | 0. 364 6bc                   | 0. 300 2bc                         |

3 讨论

3.1 保护酶与嫁接苗耐盐性

SOD, POD, APX 通称保护酶<sup>[13]</sup>, 在植物体内具有清除活性氧, 防止过氧化伤害的作用。活性氧的积累, 会在植物细胞膜上诱发膜脂过氧化作用, 破坏膜结构, 发生膜物质向外渗漏, 从而使植物遭受盐害。Davenport 等的研究证明, 采用 175 mmol/L NaCl 胁迫处理向日葵, 其 SOD, POD, APX 活性升高<sup>[14]</sup>, 耐盐品种比盐敏感品种具有较高的保护酶活性和抗氧化剂量, 耐盐植物通过消除活性氧来减轻膜的伤害<sup>[15]</sup>。本试验结果表明, 盐胁迫下, 日本南瓜嫁接苗叶片中的 SOD, POD, APX 活性均高于自根苗; 虽然都受到伤害, 但是嫁接苗受害程度轻, MDA 含量低于自根苗, 而 AsA 含量高于自根苗, 说明嫁接苗的耐盐性优于自根苗。

3.2 渗透调节物质与嫁接苗耐盐性

在盐胁迫下, 植物细胞中常积累一些物质, 如脯

氨酸、甜菜碱、可溶性蛋白、可溶性糖等多种无机离子, 以维持较高的细胞质渗透压, 便于植物在盐渍条件下的水分吸收<sup>[16]</sup>。脯氨酸是水溶性最大的氨基酸, 在发生干旱、盐渍时, 许多植物都积累了较高水平的脯氨酸, 起着调节渗透的作用<sup>[17]</sup>。土壤中高浓度的盐分会使植物可利用的水分减少, 吸水困难, 渗透调节是植物适应盐渍胁迫的重要机理之一<sup>[19, 20]</sup>。阮成江等<sup>[20]</sup>的研究表明, 盐胁迫下沙棘叶内脯氨酸含量升高, 可溶性糖含量增加, 渗透势降低, 渗透调节能力增强。Elsamad 等<sup>[21]</sup>研究表明, 大豆品种 Clark 和 Fsoirret 的耐盐性与可溶性蛋白质、脯氨酸的积累有关。本研究表明, 盐胁迫后, 嫁接苗叶片中的脯氨酸、可溶性蛋白质、可溶性糖含量均高于自根苗, 说明嫁接苗的渗透调节能力优于自根苗。

3.3 光合特性指标与嫁接苗耐盐性

盐胁迫能提高叶绿素酶的活性, 促进叶绿素酶分解, 使其含量降低, 从而影响植物光合作用和植物生长。本试验结果表明, 盐胁迫后, 嫁接苗和自根苗

叶片的光合色素含量均下降,但是嫁接苗叶片中的光合色素均高于自根苗。

盐胁迫下,植物光合速率降低。一般认为导致光合速率降低的因子包括气孔限制和非气孔限制。判断依据主要是根据  $G_s$  和  $L_s$  的变化方向,  $G_s$  值降低和  $L_s$  值升高,气孔因素是主要的;  $G_s$  值升高和  $L_s$  降低则非气孔因素是主要的<sup>[22]</sup>。陈淑芳等用耐盐品种‘影武者’嫁接番茄,结果表明,非盐胁迫和盐胁迫下,嫁接苗叶绿素含量、 $P_n$  值均显著高于自根苗。盐胁迫下,嫁接苗和自根苗的  $G_s$  均降低,显著低于未经胁迫的对照;嫁接苗和自根苗的胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 均降低,嫁接苗显著高于自根苗<sup>[23]</sup>。本试验结果表明,盐胁迫后,嫁接苗和自根苗的净光合速率、气孔导度、胞间  $CO_2$  浓度均有所下降,但是嫁接苗仍高于自根苗;嫁接苗的气孔限制值低于自根苗,说明嫁接苗耐盐渍的能力强于自根苗。

## 参考文献:

- [1] Ghassemi F, Jakeman A J, Nk H A. Salinisation of land and water resources [M] // Human Causes, Extent, Management and Case Studies. Sydney: University of New South Wales Press, 1995: 169– 172.
- [2] 童有为, 陈淡飞. 温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究 [J]. 园艺学报, 1991, 18(2): 159– 162.
- [3] 韩 城. 临河市青椒种植中存在的问题及对策 [J]. 内蒙古农业科技, 2003(3): 38– 39.
- [4] 张 霞. 温室蔬菜病虫害为害的特点及综合防治技术 [J]. 内蒙古农业科技, 2006(7): 27– 28, 31.
- [5] 王学军. 日光温室土壤次生盐渍化分析 [J]. 北方园艺, 1998(4): 12– 13.
- [6] 张振石, 张 岩, 蒋凤芹. 哲盟盐碱土、盐渍化土类型利用现状及改良利用对策 [J], 内蒙古农业科技, 1999(增刊): 217– 218.
- [7] 李建设, 柴良义. 河套土壤次生盐渍化的成因特点及改良措施 [J]. 内蒙古农业科技, 2000(增刊): 157– 158.
- [8] 冯永军, 陈为峰, 张黄娜, 等. 设施园艺土壤的盐渍化与治理对策 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 111– 114.
- [9] 朱 进, 别之龙, 李娅娜. 黄瓜种子萌芽及嫁接砧木幼苗期耐盐力评价 [J]. 中国农业科学, 2006, 39(4): 772– 778.
- [10] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 123– 124.
- [11] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002: 35– 36.
- [12] 李合生, 孙 群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 167– 169.
- [13] 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害 [J]. 植物生理学通讯, 1989(2): 12– 16.
- [14] Davenport S B, Gallego S M, Benavides M P, et al. Behaviour of antioxidant defense system in the adaptixer esponse to salt stress in *Helianthus annuus* L. cells [J]. Plant Growth Regulation, 2003, 40(1): 81– 88.
- [15] Shalata A, Tal M. Effects of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *lycopersicon pennilli* [J]. Physiologia Plantarum, 1998, 104: 169– 174.
- [16] 李玉全, 张海艳, 沈法富. 作物耐盐性的分子生物学研究进展 [J]. 山东科学, 2002, 15(2): 8– 15.
- [17] 赵可夫. 植物抗盐生理 [M]. 北京: 中国技术出版社, 1993.
- [18] Ashraf M. Organic substances responsible for salt tolerance in *Eruca sativa* [J]. Biol Plant, 1994, 36: 255– 259.
- [19] Volkmar K M, Hu Y, Steppuhun H. Physiological responses of plants to salinity [J]. Can J Plant Sci, 1997, 78: 19– 27.
- [20] 阮成江, 谢庆良. 盐胁迫下沙棘的渗透调节效应 [J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11(2): 45– 47.
- [21] Elamad H M A. Salt tolerance of soybean cultivars [J]. Biologia Plantarum, 1997, 39(2): 263– 269.
- [22] Farquhar G D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317– 345.
- [23] 陈淑芳, 朱 琳, 刘友良, 等. NaCl 胁迫对番茄嫁接苗保护酶活性, 渗透调节物质含量及光合特性的影响 [J]. 园艺学报, 2005, 32(4): 609– 613.