

盐胁迫对番茄幼苗生长及保护酶活性的影响

李 妍

(德州学院生物系, 山东 德州 253023)

摘 要: 测定了 0、100、200、300 mmol/L NaCl 浓度处理下番茄幼苗地上及地下部分的干鲜重; 叶绿素含量、光合特性; SOD、POD、CAT、APX 活性及 O_2^- 产生速率。结果表明: 随 NaCl 处理浓度的增加, 番茄幼苗的 FW、DW、Pn、Gs 呈现降低趋势; Ci、chl、SOD、POD、CAT、APX 活性及 O_2^- 产生速率随盐处理浓度的增加而增加。NaCl 处理对番茄幼苗的生长具有抑制作用, 非气孔因素是引起光合下降的主要因素, 抗氧化酶活性不断增加以清除盐胁迫产生活性氧类, 使番茄幼苗可以在盐胁迫条件下生存。

关键词: 番茄; 光合; 保护酶

中图分类号: S 641.203.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)06-0018-03

盐胁迫是影响植物生长、发育和农作物产量的主要环境胁迫因子之一。全世界约有 20% 的土地盐渍化, 还有近一半的灌溉土地受次生盐渍化的影响^[1]。我国也有 2 000 万 hm^2 土地盐渍化, 约占可耕地面积的 25%。随着我国人口的剧增及工农业的快速发展, 小城镇建设步伐加快, 可耕地面积急剧下降, 而不合理的农业措施又造成了大量耕地次生盐渍化^[2-3]。盐渍化对可耕地的

破坏一直严重影响着远古文明和现代文明^[4], 盐渍化已成为最重要的影响社会经济发展的环境因素之一^[5]。番茄是果菜类园艺作物, 其果实不但可作为色拉及配菜, 而且可鲜食, 是一种极其重要的常用果蔬。

1 材料与方法

1.1 植物材料的培养与处理

番茄(*Lycopersicon esculentum*)种子: 中蔬 5 号购自中国农业科学院。经 0.1% $HgCl_2$ 消毒 10 min, 用自来水充分冲洗后, 挑选子粒饱满的种子播种于装有细砂的塑料盆中。3 d 后萌发, 置于温室中, 用 Hoagland 营养液浇灌, 温室的昼夜温度为 30/20 $^{\circ}C$, 每天光照 15 h, 光强

作者简介: 李妍(1975-), 女, 山东陵县人, 硕士, 讲师, 研究方向为植物生理与分子生物学。E-mail: lylyxy0524@163.com.

收稿日期: 2008-02-03

[13] Zhao F J. Influence of Sulphur and Nitrogen On Composition of Glucosinolate of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)[J]. J Sci Food Agric, 1994, 64: 295-304.

[14] 唐新莲, 顾明华, 潘丽梅, 等. 氮、磷、钾、锌配施对小白菜产量和品质的效应[J]. 中国土壤与肥料, 2007(3): 47-51.

Effect of Nitrogen and Sulfur Application on Growth and Nutrition Quality Indices in Turnip (*Brassica rapa* L.)

GAO Xiang-yu¹, LI Shu-min^{1,2}, ZHANG Hong-yan², MA Feng-ming³

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 3. Agronomy College North east Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Effect of nitrogen and sulfur application on growth and nutrition quality indices in turnip (*Brassica rapa* L. HY., BY.) was studied. The results showed that yields of two HY. did significantly increase in response to N application, respectively. In this experiment, we got the highest yields at 160 $kg \cdot ha^{-1}$ N supply. Vc concentration and soluble sugar concentration that were in roots of HY. did significantly decrease by N application. The average of Vc concentration in leaf was 2.73 folds of the root. There were no significant difference to Vc concentration of BY. leaves, soluble sugar of BY. roots and Vc concentration of HY. at S levels. Increasing N fertilization resulted in higher Fe, Ca, B and Zn concentrations. And Increasing S fertilization could not improve the uptake of microelement in HY. and BY. There were significant difference to Fe, Zn, Ca, B concentrations of HY. and Mn, Ca, B concentrations of HY. at N and S interaction.

Key words: Turnip; Nitrogen; Sulfur; Yield; Nutrition quality

约700~900 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，相对湿度为 70%~80%。20 d 后，待苗长至 4~5 片真叶时，移栽入装有干净细砂的盆中，每盆 4 株，用 Hoagland 营养液浇灌。

继续培养 1 个月后，选生长一致的幼苗进行处理，采用每 12 h 递增 50 mmol/L NaCl 的方式处理直至终浓度，分别为 0、100、200、300 mmol/L NaCl，达到终浓度后，每天浇灌 1 次，浇灌量为细砂持水量的 2 倍，处理 1 周后测定相关生理指标。

1.2 试验方法

1.2.1 鲜重、干重的测定 到达处理时间当天，将植株从小盆中完整取出，用自来水将根部细砂轻轻漂去，用蒸馏水快速冲洗干净地上部分表面的灰尘，并小心地将根部冲洗干净。用吸水纸吸干表面水分，称取鲜重。将鲜材料置 110℃烘箱杀青 20 min 后 80℃烘干至恒重，称得干重。

1.2.2 叶绿素含量的测定 参考 Sebastiano Delfine 的丙酮法^[6]。

1.2.3 光合指标的测定 选取植株展开心叶下第 3~4 叶，在 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强度、21℃下利用 LI-6400 光合仪(美国 LI-COR 公司生产)测定不同处理番茄的光

合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、叶肉细胞间隙 CO₂浓度(Ci)等一系列指标。

1.2.4 抗氧化酶活性测定 SOD 活性按照李合生的方法^[7]，以抑制 NBT 光化学还原的 50%为一个酶活力单位；CAT 活性参照李合生的方法^[7]，酶活性大小以每克鲜重每分钟分解 H₂O₂的量表示；POD 活性参照张志良的方法，以每分钟 OD 值降低 0.01 定义为一个酶活力单位^[8]；抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的测定按照 Nakano 和 Asada^[9]的方法；O₂⁻产生速率的测定参照王爱国等^[11]的方法。

2 试验结果

2.1 盐胁迫对番茄生长的影响

在不同盐处理中，番茄的生长呈现出明显的不同，植株的生长都受到抑制，且抑制程度随盐浓度的增加而加强。300 mmol/L NaCl 处理后，野生型植株叶色发黄，受害更重，生长几乎停止。

2.2 盐胁迫对番茄叶绿素含量的影响

随胁迫程度的增加，叶绿素 a、b、a+b 含量均有增加，其中叶绿素 a 增加最明显。

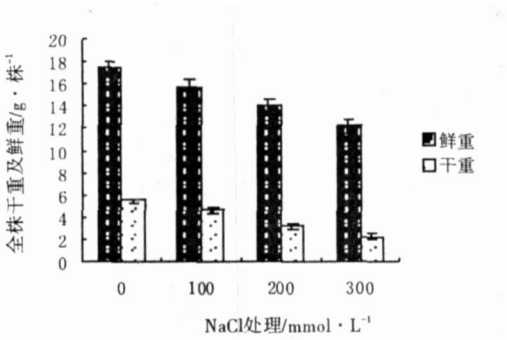


图 1 盐胁迫对番茄鲜重和干重的影响

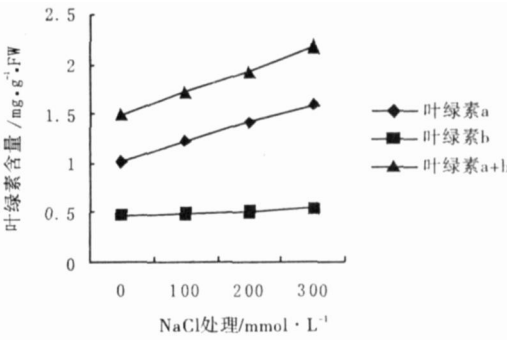


图 2 盐胁迫对番茄叶绿素含量的影响

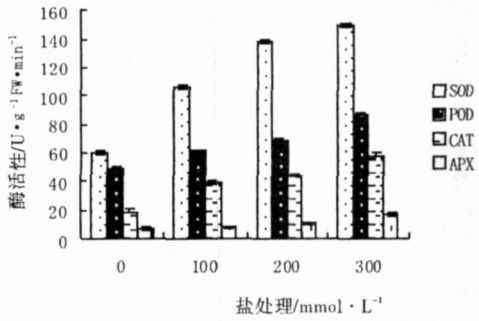


图 3 盐胁迫对番茄保护酶活性的影响

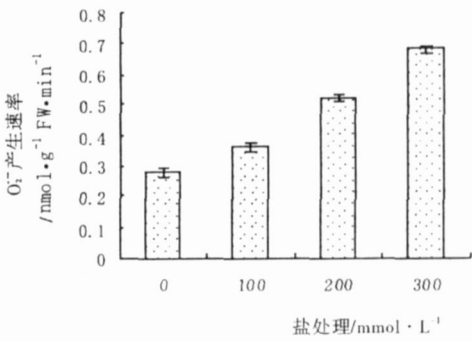


图 4 盐胁迫对番茄 O₂⁻产生速率的影响

2.3 盐胁迫对番茄光合特性的影响

净光合速率(Pn)、叶片气孔导度(Gs)随盐处理浓度的增加均有所下降，Gs 的变化趋势与 Pn 几乎一样。叶

片细胞间隙 CO₂的浓度(Ci)随盐处理的增加升高，盐胁迫下，Pn、Gs 下降，Ci 略有升高，说明可能非气孔因素是引起它们光合下降的主要因素。

表 1 盐胁迫对番茄光合特性的影响

处理/ mmol·L ⁻¹	光合速率	气孔导度	胞间 CO ₂ 浓度
0	6.8	0.66	198
100	4.32	0.41	214
200	1.77	0.17	286
300	0.61	0.07	329

2.4 盐胁迫对番茄保护酶活性的影响

如图 3 显示, 随盐浓度的增加, 番茄幼苗叶片抗氧化酶活性均呈上升趋势, 其中 SOD 活性上升比较和缓 分别比对照株上升了 76.7%、130%和 148.3%。而 APX 活性上升趋势在低盐处理条件下较弱, 高盐处理时上升明显, 分别比对照株上升了 22.1%、64.71%和 147.1%。POD 和 CAT 活性随盐处理浓度的增加先是升高幅度较大, 随后上升缓慢。

叶片中 O₂⁻ 的产生速率随培养液中盐浓度的增加而增加, 分别比对照株上升了 28.6%、85.7%和142.86%。

3 讨论

Zhu J K^[11] 认为, 盐胁迫包括渗透胁迫和离子胁迫以及由这两种胁迫产生的次级胁迫即氧化胁迫。在植物体内存在着自由基生成与清除反应, 正常情况下处于平衡状态。一旦植物受到环境胁迫, 这种平衡体系就会受到破坏, 自由基积累, 膜透性差别丧失, 以致膜的孔隙变大、通透性增加、代谢紊乱, 致使植物受伤害^[12]。植物细胞内存在清除氧自由基的酶促保护系统 SOD、POD、CAT、APX 是酶保护系统中的重要组成^[13]。在这个系统中, SOD 能够歧化 O₂⁻ 为 O₂ 和 H₂O₂。

组织中高浓度 H₂O₂ 主要通过 CAT 清除, 从而使 H₂O₂ 控制在较低水平; 而低浓度的 H₂O₂ 主要靠 POD 在氧化相应基质时被消化。只有 SOD、POD、CAT、APX 协调一致, 才能使植物体内活性氧自由基维持在较低的水平, 使植物进行正常的生长和代谢^[2]。

研究表明, 随 NaCl 处理浓度的增加, 番茄幼苗的 FW、DW、Pn、Gs 呈现降低趋势; Ci、chl、SOD、POD、CAT、

APX 活性及 O₂⁻ 产生速率随盐处理浓度的增加而增加。NaCl 处理对番茄幼苗的生长具有抑制作用, 非气孔因素是引起光合下降的主要因素, 抗氧化酶活性不断增加以清除盐胁迫产生活性氧类, 使番茄幼苗可以在盐胁迫条件下生存。

参考文献

[1] Tanji K K. Nature and extent of agricultural salinity. In: Tanji KK , Agricultural Salinity Assessment and Management[M] . New York: American Society of Civil Engineers 1990: 1-7.

[2] Tester M, Davenport R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants[J] . Ann Bot, 2003, 91(5): 503-507.

[3] 赵可夫, 李法曾. 中国盐生物植物[M] . 北京: 科学出版社 1999.

[4] Blumwald E, Grover A, Allen G. Good Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities[C]// Proceedings of the 4th international crop science congress. Brisbane, Australia 2004.

[5] Shono M, Wada M, Hara Y, et al. Molecular cloning of Na⁺-ATPase cDNA from a marine alga, *Heterosigma akashiwo*[J] . Biochim Biophys Acta, 2001, 1511: 193-199.

[6] Sebastiano Delfino, Arturo Alvino, Maria Concetta Villani, Francesco Loreto. Restrictions to Carbon Dioxide Conductance and Photosynthesis in Spinach Leaves Recovering from Salt Stress[J] . Plant Physiol 1999; 110:1-1106.

[7] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M] . 北京: 高等教育出版社 2000: 165-167, 167-169.

[8] 张志良. 植物生理学实验指导[M] . 3 版. 北京: 高等教育出版社, 154-155.

[9] Nakano Y, Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant and Cell Physiology, 1981, 22: 867-880.

[10] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系[J] . 植物生理学通讯, 1990, 26(6): 55-57.

[11] Zhu J K. Plant salt tolerance[J] . Trends Plant Sci. 2001, 6: 66-71.

[12] 赵可夫, 邹琦, 李德全. 盐分和水胁迫对盐生和非盐生植物细胞膜脂过氧化作用的效应[J] . 植物学报, 1993, 35(7):519-525.

[13] 蒋明义. 水分胁迫下植物体内的 OH⁻ 产生与细胞的氧化损害[J] . 植物学报, 1999, 41(3): 229-234.

Effects of Salt Stress on the Photosynthesis and the Antiox Idant Enzyme Activity of Tomato

LI Yan

(Department of Biology, Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023, China)

Abstract: Tomato was treated with different concentrations of NaCl (0、100、200、300 mmol/L), Growth , chlorophyll contents, photosynthesis, SOD, POD、CAT, APX, O₂⁻ contents were determined. The result showed the FW, DW, Pn, Gs decreased with salt content increase; Ci, chl, SOD, POD, CAT, APX, O₂⁻ contents reverse to FW. Salt content was one of stresses to growth of tomato. It was not the main factor of photosynthesis decline of stoma, it make tomato grow of antioxidant enzyme activity increase.

Key words: Tomato; Photosynthesis; Antioxidant enzyme