

# 外源硒对盐胁迫下加工番茄幼苗叶片 抗氧化系统的调控效应

马 龙<sup>1</sup>, 喻晓强<sup>2</sup>, 樊新民<sup>1</sup>, 王建伟<sup>1</sup>, 刘慧英<sup>1</sup>

(1. 石河子大学 农学院, 新疆 石河子 832000; 2. 江西农业大学 科技处, 江西 南昌 330045)

**摘 要:**以耐盐性不同的 2 个加工番茄品种(‘双丰 87-5’和‘佳禾 9 号’)为试材,研究了外源硒( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  0.05 mmol/L)对 NaCl(100 mmol/L)胁迫下加工番茄叶片中活性氧清除系统的影响。结果表明:加硒显著降低了盐胁迫下加工番茄叶片的  $\text{H}_2\text{O}_2$  和丙二醛(MDA)含量,提高了加工番茄叶片中谷胱甘肽(GSH)和抗坏血酸(AsA)含量,降低了过氧化氢酶(CAT)活性,提高了超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)、谷胱甘肽还原酶(GR)活性,说明硒能增强盐胁迫下加工番茄活性氧清除能力,降低膜脂过氧化作用,减少盐胁迫对植株的伤害。耐盐性强的加工番茄品种‘佳禾 9 号’具有强的活性氧清除能力,有效缓解了盐胁迫对加工番茄幼苗的毒害作用。

**关键词:**硒;加工番茄;盐胁迫;抗氧化系统

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)03-0004-05

新疆是我国加工番茄主产区,总产量占全国加工番茄制品产量的 90%以上。但新疆丰富的含盐母质、特殊

的气候条件和地理格局导致新疆加工番茄现有耕地土壤的盐碱含量过高,土壤盐渍化日益严重,已成为新疆当前发展绿色产业的主要障碍。如何减轻盐胁迫环境对加工番茄的不良影响和提高番茄的抗逆性是当前新疆红色番茄产业的核心问题之一。盐胁迫下,植物膜脂过氧化作用加强,自由基积累,活性氧产生与清除之间的动态平衡被破坏,能够启动膜脂过氧化和膜脂脱脂作用,质膜透性加大,造成膜蛋白和膜脂损伤,从而破坏膜结构。因此,植物耐盐性的提高应包括盐胁迫期间对维持细胞膜系统完整性起重要作用的活性氧清除能力的

**第一作者简介:**马龙(1987-),男,新疆伊宁人,硕士,现主要从事设施园艺与无土栽培等研究工作。E-mail:414441064@qq.com.

**责任作者:**刘慧英(1970-),女,新疆伊宁人,博士,教授,现主要从事蔬菜生理生化与设施园艺等研究工作。E-mail:liuhy\_bce@shzu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31160391)。

**收稿日期:**2012-10-24

## Research on Physiological Property Variation on Wild Fern Under Different Storage Conditions

LI Rong-feng, MA Bo, GONG Xiu-cui

(Department of Chemistry and Life Science, Baise College, Baise, Guangxi 533000)

**Abstract:** Taking wild bracken as experimental material, freshly picked fresh samples as CK, two treatments that indoor place for 3 days and the refrigerator for 3 days were conducted, protein content, chlorophyll content, MDA content and activities of peroxidase(POD) in terminal bud, young leaves, mature leaves and stems of wild bracken were measured, in order to reveal physiological characteristics of wild bracken postharvest. The results showed that the various parts of the fresh wild bracken were rich in protein and chlorophyll content. With the extension of storage time after picking, the decline in protein and chlorophyll content, POD activity decreased, and MDA content continued to rise. Compared to indoor natural depot, placed in the refrigerator could make fern maintain higher protein and chlorophyll content, but had low POD activity and MDA content. The results suggested that the refrigerator could better keep various nutrients of the bracken than indoor placed.

**Key words:** wild fern; physiological characteristics; storage

提高。

硒是环境中的一种重要生命元素,虽然没有充分证据证明硒是植物生长发育必需的微量营养元素。但作为一种有益元素,近年来硒在植物抗逆上的作用及抗性机理日益受到关注和重视。目前许多研究已初步证实硒主要通过提高愈创木酚过氧化物酶(GPX)及过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)等抗氧化酶活性在丝瓜、黄瓜、大白菜、番茄、小麦、玉米、大豆和油菜中具有抗氧化作用。Stadtman<sup>[1]</sup>和刘元英等<sup>[2]</sup>在植物抗氧化研究中发现,硒参与了植物体内氧化还原反应以及清除自由基的过程,降低了逆境胁迫对生物膜造成的氧化伤害。盐胁迫下施硒可以显著提高小白菜体内谷胱甘肽(GSH)、维生素C(VC)、硒(Se)3种抗氧化物质的含量,显著提高小白菜体内谷胱甘肽还原酶(GR)、过氧化物酶(POD)、超氧化物歧化酶(SOD)3种抗氧化酶活性,使小白菜抗氧化功能得到提高<sup>[3]</sup>。但目前硒对盐胁迫下加工番茄幼苗叶片活性氧清除能力的影响尚不清楚。该试验以耐盐性不同的2个加工番茄品种为材料,研究硒对盐胁迫下加工番茄叶片膜脂过氧化和活性氧清除系统的影响,探讨外源硒对番茄幼苗盐伤害的保护效应及其可能机制,以期在硒在加工番茄上的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试加工番茄品种为2个耐盐性不同的加工番茄品种:‘双丰87-5’(耐盐性弱)和‘佳禾9号’(耐盐性强)。

### 1.2 试验方法

试验在新疆石河子大学农学院试验站温室中进行。设置:(1)对照(不加硒和氯化钠,CK);(2)加硒( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  0.05 mmol/L, Se);(3)加氯化钠( $\text{NaCl}$  100 mmol/L, NaCl);(4)加硒加氯化钠( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  0.05 mmol/L+ $\text{NaCl}$  100 mmol/L, Se+NaCl)4个处理,每处理重复3次,每个重复9株。硒由亚硒酸钠( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )提供,用去离子水配制。

种子发芽后播种于草炭:蛭石=1:1的基质中。待二叶一心时,挑选形态长势整齐一致的番茄幼苗移入带泡沫盖板的12 L塑料箱中,装入10 L用去离子水配制的Hoagland营养液(pH 6.2)。试验期间,每3 d调1次pH至6.2,6 d更换1次营养液并全天通气。白天气温22~30℃,夜间17~20℃。待幼苗长至六叶一心时进行不同处理。处理后第10天取植株顶部向下第1完全展开功能叶进行试验的测定。

### 1.3 项目测定

抗氧化酶的提取与测定:取番茄叶片0.5 g,加3 mL 50 mmol/L(含0.2 mmol/L EDTA) pH 7.8 PBS,再加2%的PVP研磨,12 000 r/min离心20 min,取上清测定SOD(超氧化物歧化酶)、POD(过氧化物酶)、CAT(过氧

化氢酶)、APX(抗坏血酸过氧化物酶)、GR(谷胱甘肽还原酶)活性及MDA(丙二醛)和可溶性蛋白含量。SOD的活性测定按照Giannopolitis等<sup>[4]</sup>的方法;POD、CAT的活性测定按照Cakmak等<sup>[5]</sup>的方法;APX的活性测定按照Nakano等<sup>[6]</sup>的方法;GR的活性测定按照Foyer等<sup>[7]</sup>的方法。

$\text{H}_2\text{O}_2$ 含量测定参照林植芳等<sup>[8]</sup>的方法。MDA含量的测定参照Cakmak等<sup>[5]</sup>的方法测定。AsA含量测定参考Turesnyi等<sup>[9]</sup>及Takahama等<sup>[10]</sup>的方法。GSH含量测定参照Cohn等<sup>[11]</sup>的荧光法。

### 1.4 数据分析

所有试验数据均采用SPSS软件进行方差分析,并进行最小显著差异性检验(LSD法)。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源Se对盐胁迫下番茄叶片 $\text{H}_2\text{O}_2$ 和MDA含量的影响

在盐环境胁迫下,植物体内 $\text{H}_2\text{O}_2$ 平衡遭到破坏,导致自由基含量的增加,进而产生大量的 $\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{H}_2\text{O}_2$ 是强氧化剂,通过Haber-Weiss反应能产生攻击力更强的 $\cdot\text{OH}$ ,启动膜脂过氧化,造成膜脂过氧化产物MDA的增加<sup>[12]</sup>。由图1可知,CK和Se处理下2个加工番茄品种叶片的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 和MDA的含量无显著差异,且2个品种间亦无显著差异;在盐胁迫条件下,2个品种叶片中 $\text{H}_2\text{O}_2$ 和MDA含量分别较CK和Se处理显著提高,其中耐盐性弱的加工番茄品种‘双丰87-5’叶片中 $\text{H}_2\text{O}_2$ 含量较耐盐性强的‘佳禾9号’高15.36%;而Se+NaCl处理下2个品种幼苗叶片的 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的含量分别显著低于盐胁迫处理下的,其中‘双丰87-5’叶片中 $\text{H}_2\text{O}_2$ 含量比‘佳禾9号’品种高13.04%。此外,2个加工番茄品种叶片的MDA含量在4个处理中的变化与GSH含量的变化具有极好的一致性,说明盐胁迫引起加工番茄幼苗叶片活性氧积累,膜脂过氧化加剧。加硒可以降低盐胁迫下活性氧 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的积累,减轻膜脂过氧化程度。并且硒降低盐胁迫下活性氧 $\text{H}_2\text{O}_2$ 含量与加工番茄品种的耐盐性密切相关。耐盐性强的品种‘双丰87-5’在盐胁迫下膜脂过氧化程度高于‘佳禾9号’,同时加硒缓解盐胁迫膜脂过氧化程度低于‘佳禾9号’。

### 2.2 外源Se对盐胁迫下番茄叶片抗氧化酶活性的影响

SOD、CAT和APX被认为是调节植物 $\text{H}_2\text{O}_2$ 水平的抗氧化酶<sup>[13]</sup>。由图2可知,Se处理下‘双丰87-5’与‘佳禾9号’幼苗叶片的SOD活性分别与CK无明显差异且2个品种间亦无显著差异;盐胁迫下2个加工番茄品种叶片中SOD活性提高;而加硒显著提高了盐胁迫下加工番茄叶片中SOD的活性,2个品种中尤以‘佳禾9号’提高的幅度较大。在NaCl处理下,2个加工番茄品种叶片的CAT和APX活性较高,均显著高于对照(CK),加硒提高了盐胁迫下APX活性,降低了CAT活性但仍显

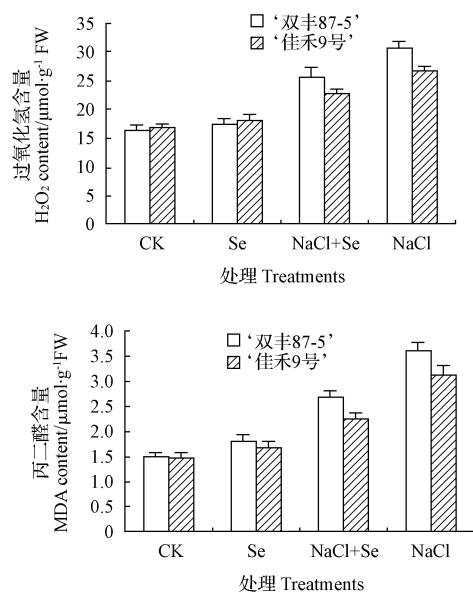


图1 Se对NaCl胁迫下番茄叶片中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>和MDA含量的影响

Fig. 1 Effects of Se on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and MDA contents in leaves of tomato under salt stress

注: Vertical bars indicate +SD of mean (n=4). 下同。

著高于CK。比较2个品种发现,‘双丰87-5’叶片中CAT活性在所有4个处理下均显著高于‘佳禾9号’,而在NaCl处理和Se+NaCl处理下,‘双丰87-5’幼苗叶片中APX活性显著低于‘佳禾9号’。

在植物叶片中POD参与H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的水解及酚类物质的氧化<sup>[14]</sup>。由图2可知,CK处理下2个加工番茄品种叶片的POD活性较低且无显著差异;在未加盐胁迫的条件下,Se处理后2个加工番茄品种叶片内POD活性较CK有所增加。在NaCl处理下,2个加工番茄品种叶片内的POD活性均提高并分别显著高于CK和Se处理,而盐胁迫下加硒(Se+NaCl处理)使得POD活性显著高于NaCl处理。2个品种中,在NaCl处理和Se+NaCl处理下,‘佳禾9号’叶片中的POD活性均显著高于‘双丰87-5’,分别提高25.12%和23.16%。

在抗坏血酸-谷胱甘肽(AsA-GSH)循环中,脱氢抗坏血酸还原酶(DHAR)利用谷胱甘肽(GSH)提供的电子,将抗坏血酸(APX)还原H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>时产生的脱氢抗坏血酸(DAsA)还原为AsA,GSH同时被氧化成小鼠氧化型谷胱甘肽(GSSG),GSSG在谷胱甘肽还原酶(GR)催化下利用还原型辅酶II(NADPH)的电子再将GSSG还原为GSH,因此GR是GSH-AsA循环的重要酶。由图2可知,2个加工番茄品种幼苗叶片中GR活性与POD活性的表现较一致。Se处理下2个品种的GR活性显著高于对照组。在盐胁迫条件下,2个加工番茄品种叶片GR活性均较CK和Se处理显著增加,但显著低于Se+NaCl处理下叶片GR的活性。其中,‘佳禾9号’叶片中

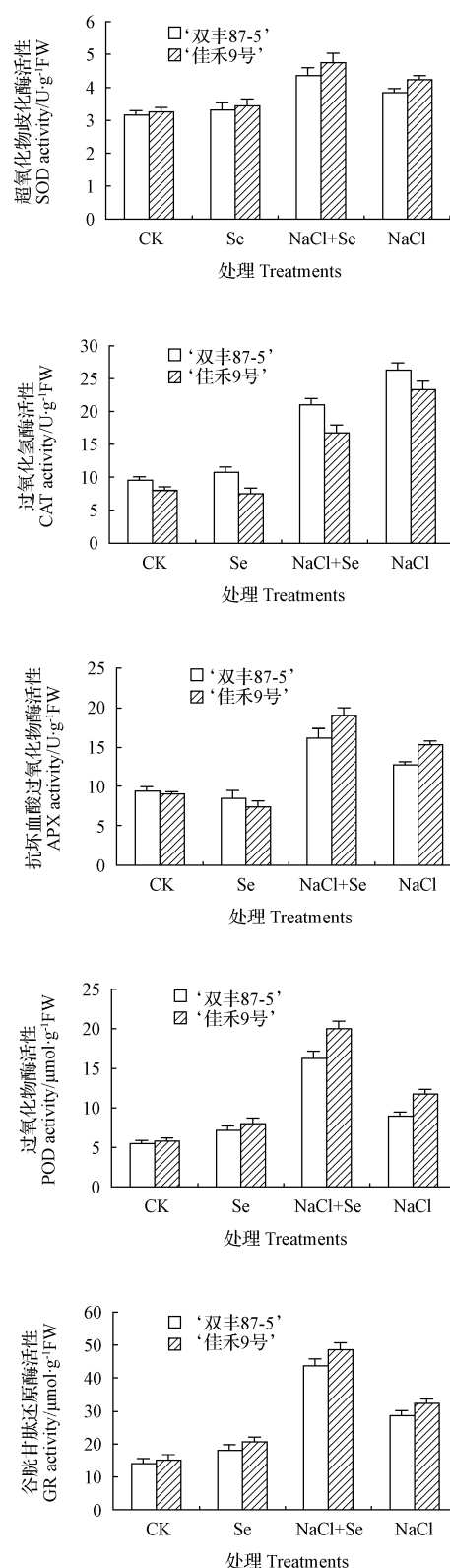


图2 Se对NaCl胁迫下番茄叶片中SOD、CAT、APX、POD和GR活性的影响

Fig. 2 Effects of Se on SOD, CAT, APX, POD and GR activity in leaves of tomato under salt stress

的 POD 活性在 NaCl 处理和 Se+NaCl 处理下,均显著高于‘双丰 87-5’。

### 2.3 外源 Se 对盐胁迫下番茄叶片抗氧化物质含量的影响

GSH 是植物中含量最丰富的含巯基的低分子肽,为机体内的重要抗氧化活性物质,能清除生物体内的自由基从而解除毒害。由图 3 可知,不加硒不加氯化钠处理(CK)下,2 个加工番茄品种叶片 GSH 含量较低,加硒处理后,2 个品种叶片 GSH 含量分别显著高于 CK,在 CK 和 Se 处理下 2 个品种间均无显著差异,说明 Se 具有提高叶片 GSH 含量的作用;在 NaCl 处理下,2 个加工番茄品种叶片中 GSH 含量较 CK 和 Se 处理显著提高,但显著低于 Se+NaCl 处理下加工番茄幼苗叶片中 GSH 含量;‘佳禾 9 号’叶片中的 GSH 含量在 Se+NaCl 处理下显著高于‘双丰 87-5’。

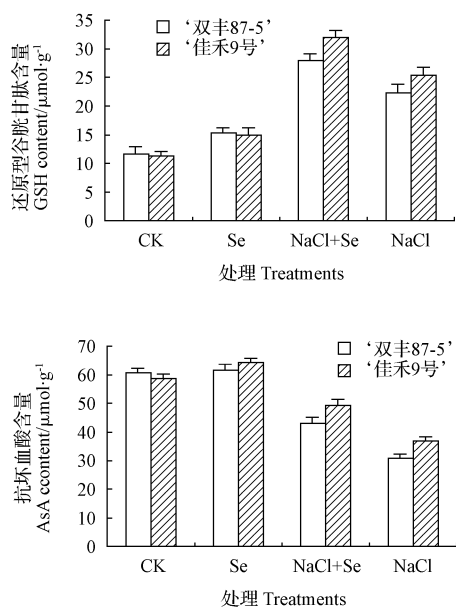


图 3 Se 对 NaCl 胁迫下番茄叶片中 GSH 和 AsA 含量的影响

Fig. 3 Effects of Se on GSH and AsA contents in leaves of tomato under salt stress

AsA 是植物体内非酶促保护系统的重要成员之一,参与植物体内的氧化还原过程,可还原  $O_2^-$ 、清除  $\cdot OH$ 、淬灭  $O_2^-$  及歧化  $H_2O_2$ ,此外还可再生另一种强抗氧化剂维生素 E。由图 3 可知,在 NaCl 处理下,2 个加工番茄品种叶片中 AsA 含量均较 CK 显著下降,说明盐胁迫降低了加工番茄叶片中 AsA 含量;硒处理显著提高了盐胁迫下 2 个加工番茄品种叶片中 AsA 含量但仍分别显著低于 CK;Se 处理下 2 个加工番茄品种叶片中 AsA 含量略高于 CK,但与 CK 无显著差异。2 个加工番茄品种相比,在 NaCl 处理和 Se+NaCl 处理下,‘佳禾 9 号’叶片中的 AsA 含量均显著高于‘双丰 87-5’。

### 3 结论与讨论

RD、光合器官及许多生物功能分子均有破坏作用,活性氧代谢失调是逆境下需氧生物受害的普遍表现,也是逆境损伤的重要原因之一。魏国强等<sup>[15]</sup>研究表明,盐胁迫使黄瓜幼苗叶片活性氧  $O_2^-$  和  $H_2O_2$  积累,MDA 上升,细胞膜脂过氧化加剧。李登超等<sup>[16]</sup>研究表明,适宜浓度的硒可以提高菠菜的抗氧化能力,降低  $H_2O_2$  的水平。李彦等<sup>[17]</sup>研究表明,盐胁迫下外源硒显著降低了白菜体内氧自由基和丙二醛的含量,降低膜脂过氧化作用。该研究结果表明,NaCl 胁迫下加工番茄叶片中活性氧  $H_2O_2$  积累,MDA 增加,加硒处理显著降低了 NaCl 胁迫下叶片活性氧  $H_2O_2$ 、MDA 含量。说明加硒可以降低盐胁迫下活性氧  $H_2O_2$  的积累,减轻膜脂过氧化程度。并且硒降低盐胁迫下活性氧  $H_2O_2$  含量与加工番茄品种的耐盐性密切相关。耐盐性强的加工番茄品种‘佳禾 9 号’在 NaCl 处理和 Se+NaCl 处理下  $H_2O_2$  和 MDA 含量均显著低于耐盐性弱的‘双丰 87-5’,说明耐盐性强的加工番茄品种在逆境下受到的膜脂过氧化作用相对较轻。该研究结果与前人研究结果基本一致。

植物体内存在着酶促和非酶促 2 类防御活性氧毒害的保护系统。在正常条件下植物借助于体内活性氧清除系统来清除不断产生的有害的活性氧,保护光合器官、膜及生物功能分子等。SOD、CAT、POD、APX 和 GR 则是重要的抗氧化酶。AsA 和 GSH 作为非酶促的抗氧化物质亦参与清除自由基,排除过氧化物,淬灭活性氧和保护 SH 基。李彦等<sup>[17]</sup>研究表明,盐胁迫下施硒显著提高了小白菜和黄瓜叶片、SOD、APX、GR 等酶的活性和 GSH、AsA 含量,降低盐胁迫下自由基的积累。杨晓慧<sup>[18]</sup>研究发现,盐胁迫下施硒,可以提高生菜叶片中的 SOD、CAT、POD 活性。郭静成等<sup>[19]</sup>的研究表明,硒处理增加小麦、水稻、丝瓜、黄瓜和大白菜幼芽、子叶中 GSH 含量。该试验结果表明,盐胁迫导致 2 个加工番茄品种叶片中的 GSH 含量升高,AsA 含量下降。加硒显著提高了加工番茄叶片中 GSH 和 AsA 含量,降低了 CAT 活性,提高了 SOD、POD、APX、GR 活性,说明硒能增强盐胁迫下加工番茄活性氧清除能力,减少盐胁迫对植株的伤害。同时在 NaCl 处理和 Se+NaCl 处理下,耐盐性强的‘佳禾 9 号’叶片的 SOD、POD、APX 和 GR 的活性也均显著高于‘双丰 87-5’,表明耐盐性强的加工番茄品种‘佳禾 9 号’具有强的活性氧清除能力,能有效缓解盐胁迫对加工番茄幼苗的毒害作用。该结果与前人研究结果基本一致,但该试验表明 CAT 的活性下降,CAT 作为一种抗氧化的保护酶主要存在于过氧化物体中,因为 CAT 和 POD、APX 等都有共同的底物  $H_2O_2$ ,推测由于 POD、APX 活性的提高,清除了较多的  $H_2O_2$ ,以致减少了进入过氧化物



体中的  $H_2O_2$  而导致 CAT 活性下降,但具体原因还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] Stadman T G. Selenium-dependent enzymes[J]. Ann Rev Biochem, 1990,49:93-99.
- [2] 刘元英,罗盛国,赵久明,等. 谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性与连作大豆的抗逆性[J]. 东北农业大学学报,1998,29(1):1-6.
- [3] 李彦. 硒对小白菜盐胁迫的缓解效应及其机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2009.
- [4] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977,59:309-314.
- [5] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of super-oxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiol, 1992,98:1222-1227.
- [6] Nakano Y, Asada K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts[J]. Plant Cell Physiol, 1981,22(5):67-88.
- [7] Foyer C H, Halliwell B. The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts. A proposal role in ascorbic acid metabolism[M]. FL: CRC Press: Boca Raton, 1976:31-58.
- [8] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 衰老叶片和叶绿体中  $H_2O_2$  的积累与膜脂过氧化的关系[J]. 植物生理学报, 1988,14(1):16-22.
- [9] Turcsnyi E, Lyons T, Plchl M, et al. Does ascorbate in the mesophyll cell walls from the first line defence against ozone. Testing the concept using broad bean (*Vicia faba* L.)[J]. Journal of Experimental Botany, 2000,51(346):901-910.
- [10] Takahama U, Oniki T. Regulation of peroxidase dependent oxidation of phenols in the apoplast of spinach leaves by ascorbate[J]. Plant and Cell Physiology, 1992,33(4):379-387.
- [11] Cohn V H, Lyle J. A fluorometric assay for glutathione[J]. Anal Biochem, 1966,14:434-440.
- [12] 徐志防,罗广华,王爱国,等. 光合作用的光抑制与光合器官的活性氧代谢[J]. 植物生理学通讯, 1999,35(4):325-332.
- [13] Pedreo M A, Ferrer M A, Gaspar T H, et al. The polyfunctionality of cell wall peroxidases avoids the necessity of independent  $H_2O_2$ -generating system for phenolic coupling in the cell wall[J]. Plant Perox Newslet, 1995(5):3-8.
- [14] Asada K. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons[J]. Annu Rev Physiol Mol Biol, 1999,50:601-639.
- [15] 魏国强,朱祝军,钱琼秋,等. 硅对黄瓜幼苗生长及活性氧清除系统的影响[J]. 中国蔬菜, 2003(5):10-12.
- [16] 李登超,朱祝军,徐志豪,等. 硒对菠菜抗氧化系统及过氧化氢含量的影响[J]. 园艺学报, 2002,29(6):547-550.
- [17] 李彦,史衍玺,张英鹏,等. 盐胁迫条件下硒对小白菜抗氧化酶活性及膜脂过氧化作用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008,14(4):749-753.
- [18] 杨晓慧. 盐胁迫下硒对生菜生长及生理代谢的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
- [19] 郭静成,尹顺平. 硒对高等植物中谷胱甘肽过氧化物酶活性及谷胱甘肽含量的影响[J]. 西北植物学报, 1998,18(4):533-537.

## Regulation Effect of Exogenous Selenium on Antioxidative System in Leaves of Processing Tomato Seedling Under Salt Stress

MA Long<sup>1</sup>, YU Xiao-qiang<sup>2</sup>, FAN Xin-min<sup>1</sup>, WANG Jian-wei<sup>1</sup>, LIU Hui-ying<sup>1</sup>

(1. Department of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000; 2. Science and Technology Department, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

**Abstract:** The effects of exogenous selenium ( $Na_2SeO_3$  0.05 mmol/L) on the scavenging system of activated oxygen in leaves of two processing tomato varieties ('Shuangfeng 87-5' and 'Jiahe No. 9') with different salt tolerance under salt stress (100 mmol/L) were studied. The results showed that exogenous selenium significantly decreased the contents of hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and malondialdehyde (MDA) and the activity of hydrogen peroxidase (CAT), enhanced the contents of glutathione (GSH) and ascorbic acid (AsA) and activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), ascorbate peroxidase (CAT) and glutathione reductase (GR) in leaves of two processing tomato varieties under salt stress. Those results indicated that selenium could enhance active oxygen scavenging ability and abatement the lipid peroxidation of cell membrane of processing tomato seedlings under salt stress and mitigate the damage of salt stress on processing tomato seedlings under salt stress. The processing tomato variety 'Jiahe No. 9' with stronger salt-tolerance had highly active oxygen scavenging ability, which could effectively alleviate the toxic effects of salt stress on processing tomato seedling.

**Key words:** selenium; processing tomato; salt stress; antioxidative system