

PEG 胁迫下 Ca^{2+} 和钙调素拮抗剂 W7 对不同品种番茄幼苗抗氧化系统的影响

张春梅^{1,2}, 邹志荣¹, 黄 志¹, 张志新¹

(1.西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2.河西学院农学系, 甘肃 张掖 734000)

摘 要: 以耐旱性不同的 2 个番茄品种为试材, 采用营养液水培法, 研究了钙、钙调素拮抗剂 W7 [N-(6-aminohexyl)-5-chloro-1-naphthalene sulfonamide] 预处理对聚乙烯醇模拟干旱胁迫下番茄幼苗抗氧化系统的影响。结果表明, 钙调素拮抗剂 W7 浸种处理显著提高了番茄幼苗丙二醛(MDA)、 H_2O_2 含量和 O_2^- 产生速率, 抑制了超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性, 加剧了抗坏血酸(AsA)和还原型谷胱甘肽(GSH)的破坏; 而 Ca^{2+} 处理显著降低了 PEG 胁迫下番茄幼苗 MDA、 H_2O_2 含量和 O_2^- 产生速率, 提高了 SOD、POD 活性, 减轻了胁迫对 AsA 和 GSH 的破坏。相同处理条件下, 耐旱性强的品种‘毛粉 802’较耐旱性弱的品种‘皇冠’伤害程度轻, Ca^{2+} -CaM 信号系统对缓解番茄 PEG 胁迫具有重要作用。

关键词: 钙调素拮抗剂 W7; 干旱胁迫; 番茄; 抗氧化系统

中图分类号: S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0111-05

干旱胁迫是影响植物生长发育的主要因子。随着全球气温的升高, 干旱胁迫的影响越来越突出^[1]。 Ca^{2+} 作为生物膜的稳定剂, 参与调节植物细胞对逆境胁迫信号转导过程^[2], 也可能作为植物细胞偶联细胞外信息和细胞内生理生化反应的第二信使, 在植物细胞对干旱^[3]、低温^[4]、高温^[5,6]、盐害^[7]等环境胁迫信号转导过程中起着重要作用。 Ca^{2+} 的受体蛋白钙调素(Calmodulin, CaM)参与许多 Ca^{2+} 调节的生理生化反应^[8]。 Ca^{2+} -CaM 信使系统是目前研究较多和较清楚的一个钙信使系统, Ca^{2+} 通过与 CaM 结合而激活一系列的靶酶和非酶蛋白, 从而调控生理代谢及基因表达^[2]。W7 [N-(6-aminohexyl)-5-chloro-1-naphthalene sulfonamide] 作为一种新的 CaM 拮抗剂, 可导致 Ca^{2+} -CaM 信使系统功能发生障碍, 与 CPZ (氯丙嗪)、TFP (三氟拉嗪) 等其它 CaM 拮抗剂相比, W7 不影响细胞膜的结构和流动性^[9,10]。因此, 利用 W7 和 Ca^{2+} 处理阻碍和增强 Ca^{2+} -CaM 信使系统是目前探索活体植物 Ca^{2+} -CaM 信使功能的重要手段。目前国内外对植物 Ca^{2+} 和 CaM 的研究大多是以玉米、水稻等大田作物为主, 尚未见有关 Ca^{2+} 和 CaM 拮抗剂与番茄耐旱性的研究报道。本试验采用向营养液中加入聚乙烯醇(PEG-6000)模拟干旱胁迫的方法, 利用钙调素拮

抗剂 W7 和 Ca^{2+} 浸种处理, 研究 Ca^{2+} -CaM 信号对干旱胁迫下耐旱性不同的 2 个番茄品种幼苗膜脂过氧化作用、保护酶活性及保护性物质含量等方面的影响, 从阻碍和增强 Ca^{2+} -CaM 信号转导两个角度, 揭示 Ca^{2+} -CaM 信号在耐旱生理中的作用机理, 探讨 Ca^{2+} 与植株体内抗氧化系统间的关系, 为番茄幼苗抗旱机制研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2007 年 8~12 月在西北农林科技大学培养室内进行。采用营养液水培法, 以 PEG-6000 为渗透剂模拟干旱胁迫, 对分别购自陕西杨凌农城种业公司和广州农科院蔬菜所的 6 个具有地域性差异的番茄品种 (*Lycopersicon esculentum* Miller) 进行室内品种间耐旱性筛选, 确定耐旱性比较强的品种‘毛粉 802’和耐旱性弱的品种‘皇冠’为供试材料。

1.2 试验处理

2 个品种的种子经 55℃ 温水消毒 15 min (期间保持水温不变, 且不停搅拌) 后, 分成 3 份, 分别设 200 μ mol/L W7 (Sigma 公司生产)、20 mmol/L $CaCl_2$ 和重蒸馏水 (对照) 浸种 3 个处理, 浸种 12 h 后将种子置于铺有滤纸的培养皿中, 25℃ 催芽 72 h 后, 选

收稿日期: 2008-11-29

基金项目: 国家“十一五”攻关项目 (2007BAD79B04)

作者简介: 张春梅 (1978—), 女, 甘肃酒泉人, 讲师, 在读博士研究生, 主要从事设施园艺与逆境生理研究。E-mail: zazcm197828 @ 163.com。

通讯作者: 邹志荣 (1956—), 男, 陕西延安人, 教授, 博士生导师, 主要从事设施园艺工程与技术研究。E-mail: zouzhihong2005 @ 163.com。

取发芽一致的饱满种子点播在带孔的营养钵中育苗,培养室中控制昼温为 25℃~30℃,夜温为 15℃~18℃。光照强度为 130 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,每天光照 12 h,子叶展开后浇 1/2 的 Hoagland 营养液。第 4 片真叶展开时挑选整齐一致的幼苗定植到水培槽中,调节营养液的 pH 为 6.5 ± 0.1 ,营养液浓度(EC)为 2.2~2.5 ms/cm ,用通气泵间歇通气供氧(40 min/h),每隔 5 d 更换一次营养液,幼苗长到六叶一心时进行预培养。预培养 7 d 后进行处理,营养液中添加 10% PEG-6000^[11]。处理后,分别于 0、1、3、5、7 d 采集叶片,取第 4、5 片成熟叶,在根际不同方位取样,不同时间换株取样。用清水冲洗,吸干、称重,用液氮速冻后,贮存于 -72℃ 下备用。

1.3 测定项目及方法

O_2^- 产生速率、MDA 含量、SOD、POD、CAT 活性测定参照 Jiang 和 Zhang^[12] 的方法测定, H_2O_2 含量参照 Uchida 等^[13] 的方法测定。对 O_2^- 产生速率测定方法略做改进,将氧化产物 NO_2^- 在对氨基苯磺酸和 α -萘胺中显色后的偶氮染料转移到等体积的三氯甲烷中,测定水相液 OD_{530} 。抗坏血酸(AsA)和还原型谷胱甘肽(GSH)含量测定参照 Ma 和 Cheng^[14,15] 的方法,试验中 MDA、 H_2O_2 、AsA、GSH 含量均为单位鲜重含量。试验所用试剂 GSH、AsA、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADPH)等购自 Sigma 公司。

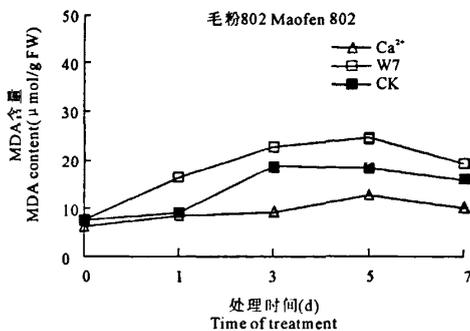


图 1 Ca^{2+} 和 W7 预处理对 PEG 胁迫下番茄幼苗叶中 MDA 含量的影响

Fig. 1 Effect of Ca^{2+} and W7 treatment of seeds on MDA content of tomato seedlings under PEG stress

2.2 PEG 胁迫下 Ca^{2+} 和 W7 对番茄幼苗叶中 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量的影响

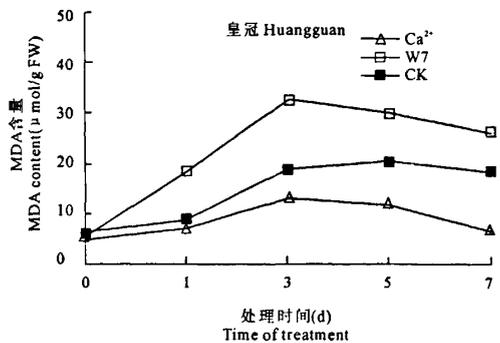
由图 2 可见,PEG 胁迫前,不同处理番茄幼苗叶片 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量无明显差异,胁迫 1 d 后,W7 处理与对照相比,显著加剧了 O_2^- 产生速率,提高了 H_2O_2 含量;而 Ca^{2+} 处理后, O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量明显低于对照。PEG 胁迫下,耐旱性弱的

每个处理 40 株苗,每处理每次取样 6 株,3 次重复,酶活性比色测定采用 UV-1700 分光光度计,数据统计分析采用 Excel 和 DPS 数据处理系统,结果为平均值 \pm 标准差。

2 结果与分析

2.1 PEG 胁迫下 Ca^{2+} 和 W7 对番茄幼苗叶中 MDA 含量的影响

由图 1 可见,不同处理番茄幼苗叶片中过氧化产物 MDA 含量对 PEG 胁迫的反应存在一定差异,其中 Ca^{2+} 处理的 MDA 含量始终低于对照。随胁迫时间的延长,2 个品种叶片 MDA 含量急剧上升,毛粉 802 的 W7 处理在胁迫 1 d 和 5 d 时分别比对照增加 44.1% 的 24.9%,而皇冠在胁迫 1 d 和 5 d 时分别比对照增加 52.1% 和 43.5%。与 W7 和对照相比, Ca^{2+} 处理显著降低了 2 个品种中 MDA 的含量。在胁迫 7 d 时,毛粉 802 Ca^{2+} 处理叶片 MDA 含量分别比 W7 处理和对照降低了 31.8% 和 36.4%,皇冠 Ca^{2+} 处理叶片 MDA 含量分别比 W7 处理和对照降低了 73.1% 和 61.5%,表明 W7 通过抑制 Ca^{2+} -CaM 的形成使幼苗体内 MDA 含量增加,加剧了 PEG 胁迫逆境对番茄幼苗细胞膜的损伤,而 Ca^{2+} 处理则通过促进 Ca^{2+} -CaM 的产生,增强了膜的稳定性,从而缓解了 PEG 胁迫对番茄植株的伤害。



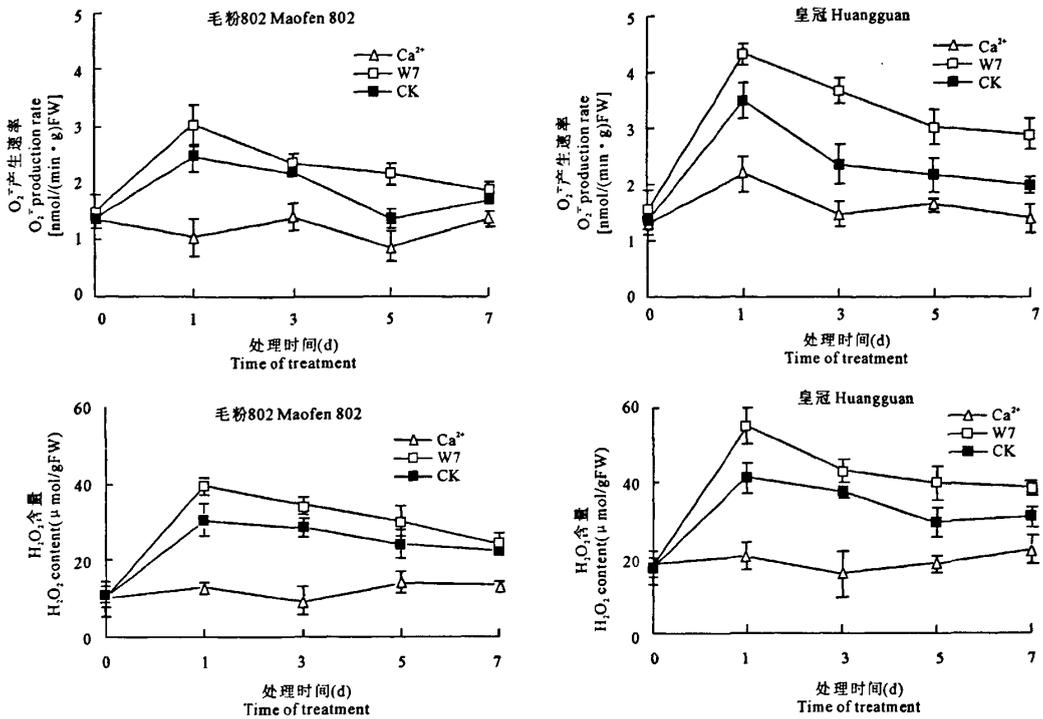


图 2 Ca^{2+} 和 W7 预处理对 PEG 胁迫下番茄幼苗叶中 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量的影响

Fig.2 Effect of Ca^{2+} and W7 treatment of seeds on O_2^- production rate and H_2O_2 of tomato seedlings under PEG stress

2.3 PEG 胁迫下 Ca^{2+} 和 W7 对番茄幼苗叶中抗氧化保护酶系统的影响

较高的 SOD 活性是植物抵抗逆境胁迫的生理基础。由图 3 可见,PEG 胁迫前, Ca^{2+} 和 W7 处理对番茄幼苗 SOD 和 POD 活性无显著差异。毛粉 802 和皇冠各处理的 SOD 活性于胁迫 3 d 迅速上升至峰值,POD 活性于胁迫 5 d 上升至峰值。随 PEG 胁迫处理时间的延长,W7 处理的 SOD 和 POD 活性呈下降趋势,显著低于 Ca^{2+} 处理和对照。在胁迫 3 d 时,毛粉 802 Ca^{2+} 处理分别比 W7 处理和对照的 SOD 活性升高 44.5% 和 24.4%,皇冠 Ca^{2+} 处理分别比 W7 处理和对照的 SOD 活性升高 32.1% 和 6.7%;在胁迫 5 d 时,毛粉 802 Ca^{2+} 处理的 POD 活性分别比 W7 处理和对照升高 45.5% 和 30.6%,皇冠 Ca^{2+} 处理的 POD 活性分别比 W7 处理和对照升高 54.2% 和 11.9%。相同处理条件下,皇冠 SOD 和 POD 活性下降程度高于毛粉 802。说明 W7 通过抑制 Ca^{2+} - CaM 形成降低了 SOD 和 POD 活性, Ca^{2+} 处理能显著促进 Ca^{2+} - CaM 形成并提高 SOD 和 POD 活性,并使之维持在较高的水平。

2.4 PEG 胁迫下 Ca^{2+} 和 W7 对番茄幼苗叶中抗氧化剂 AsA 和 GSH 含量的影响

抗坏血酸 AsA 是植物光合组织中重要的抗氧

化物质,而 GSH 是植物体内重要的抗氧化剂和氧化还原调节剂,能维持组织抗氧化能力,还可以直接清除 H_2O_2 ,修复自由基造成的伤害,防止逆境造成的膜脂过氧化伤害^[16]。PEG 胁迫过程中,毛粉 802 和皇冠 W7 处理的 AsA 和 GSH 含量始终保持下降趋势,对照 GSH 含量变化不大,而 Ca^{2+} 处理与对照相比,保持上升趋势,PEG 胁迫 7 d,毛粉 802 和皇冠 AsA 含量分别上升了 43.8% 和 22.7%,GSH 含量分别上升了 48.5% 和 34.9% (图 4)。表明外源 Ca^{2+} 处理能提高 PEG 胁迫下 AsA 和 GSH 的含量。

3 讨论

以 Ca^{2+} - CaM 为核心的钙信使系统在植物对逆境胁迫的信号感受与适应中起重要作用。CaM 是一种普遍存在于真核细胞内的多效钙受体蛋白,参与多种细胞代谢过程,是细胞信号转导系统的重要组成部分。CaM 作为 Ca^{2+} 受体,在 Ca^{2+} 信号系统传导中起着关键作用,当植物受到逆境胁迫时, Ca^{2+} 浓度上升,并与 CaM 结合激活一系列的靶酶和非酶蛋白,从而触发许多重要的细胞反应,调控着植物生命代谢及基因表达^[17-19]。 Ca^{2+} 通过其浓度的变化对稳定双脂层的基本结构、防止膜损伤和膜渗透、维持

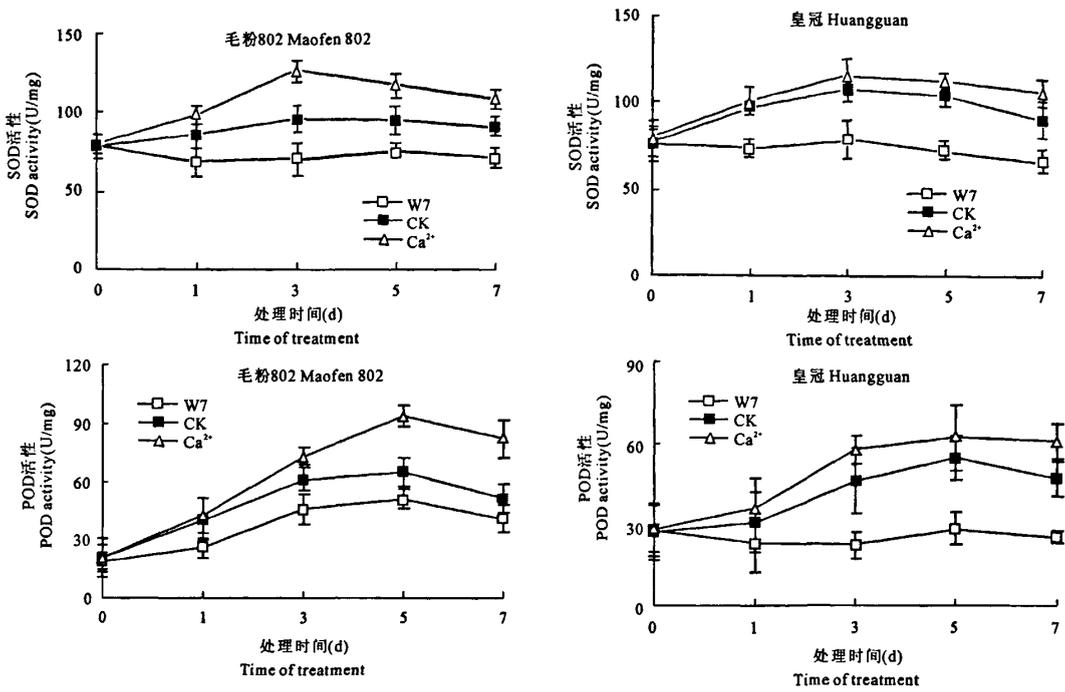


图 3 Ca²⁺ 和 W7 预处理对 PEG 胁迫下番茄幼苗叶中 SOD 和 POD 活性的影响

Fig.3 Effect of Ca²⁺ and W7 treatment of seeds on SOD and POD activities of tomato seedlings under PEG stress

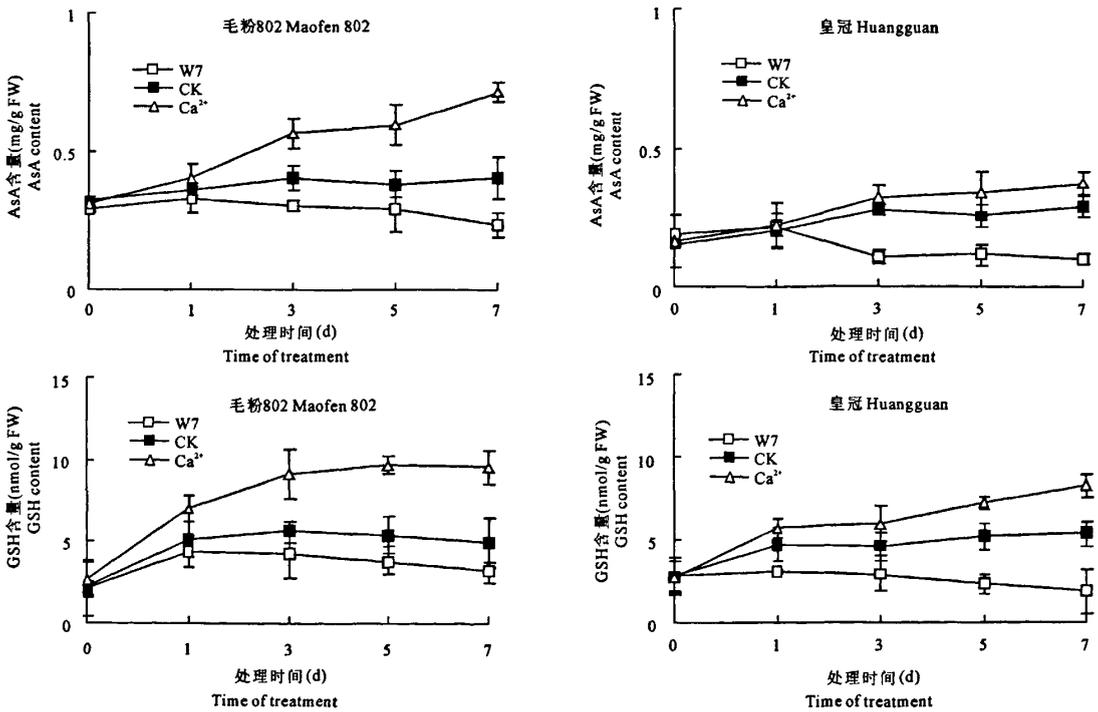


图 4 Ca²⁺ 和 W7 预处理对 PEG 胁迫下番茄幼苗叶中 AsA、GSH 含量的影响

Fig.4 Effect of Ca²⁺ and W7 treatment of seeds on AsA and GSH contents of tomato seedlings under PEG stress

膜的完整性起着积极作用^[20]。植物的抗氧化系统受 Ca^{2+} - CaM 信号系统的诱导和调控。有研究表明, Ca^{2+} 浸种能提高低温胁迫下茄子幼苗的 SOD 和 CAT 活性, 降低 MDA 的积累, 提高茄子幼苗耐寒性^[21]; Ca^{2+} 浸种预处理可显著提高玉米幼苗的 SOD 和 APX 活性, 从而提高玉米幼苗的耐热性^[6]。本试验结果表明, 用钙调素拮抗剂 W7 处理显著降低了 PEG 胁迫下保护酶 SOD 和 POD 的活性, 加快了 O_2^- 的产生速率和 MDA 在番茄幼苗体内的积累, 加剧了 PEG 胁迫对番茄幼苗造成的伤害, 说明 CaM 在番茄接受和传递干旱胁迫信号上具有重要作用; 而 Ca^{2+} 处理显著提高了 SOD 和 POD 活性, 延缓了 O_2^- 产生速率的上升和 MDA 在体内的积累, 表明 Ca^{2+} 处理延缓了 PEG 胁迫对番茄幼苗造成的伤害。

Ca^{2+} 处理能够提高高温胁迫下茄子幼苗 GSH 含量^[22]; Ca^{2+} 处理辣椒叶片能抑制热胁迫对 GSH 的破坏^[23]。本研究表明, Ca^{2+} 处理使 PEG 胁迫下番茄幼苗的 AsA 和 GSH 含量下降较慢, 由于 Ca^{2+} 对谷胱甘肽还原酶 (GR) 活性有直接的调控作用, GR 可促进氧化型谷胱甘肽 (GSSG) 向还原型谷胱甘肽 (GSH) 的转化^[24], 而钙调素拮抗剂 W7 处理则加剧了 GSH 的氧化分解, 这表明钙信使可能参与了 PEG 胁迫下番茄 GSH 的降解。 Ca^{2+} 处理能增强番茄幼苗抗氧化酶活性, 减轻了对膜系统的攻击和破坏。

综上所述, 20 mmol/L CaCl_2 浸种处理能有效缓解 PEG 胁迫对番茄幼苗细胞膜系统的伤害, 提高了番茄幼苗抗旱性, 而钙调素拮抗剂 W7 处理提高了 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量, 且导致抗氧化酶 SOD 和 POD 活性及抗氧化剂 AsA 和 GSH 含量有所下降, 说明 Ca^{2+} - CaM 信号传导途径受阻会加重对番茄幼苗的伤害, CaM 参与了 PEG 逆境胁迫下幼苗抗氧化系统的调节, Ca^{2+} 和钙调素拮抗剂 W7 处理对 PEG 模拟的干旱胁迫下番茄幼苗抗氧化系统具有重要的调控作用。相同处理条件下, 耐旱性强的品种‘毛粉 802’较耐旱性弱的品种‘皇冠’伤害程度轻。不同品种 Ca^{2+} - CaM 信使作用机理还有待进一步研究。

参考文献:

- Bohnert H J, Jensen R G. Strategies for engineering water stress tolerance in plants[J]. Trends Biotech, 1996, 14: 89—97.
- Xiong L M, Schumaker K S, Zhu J K. Cell signaling during cold, drought, and salt stress[J]. The Plant Cell, 2002, 14: 165—183.
- 贾虎森, 蔡世英, 李德全, 等. 土壤干旱胁迫下钙处理对芒果幼苗光合作用的影响[J]. 果树科学, 2000, 17(1): 52—56.
- Nayyar H, Kaushal S K. Chilling induced oxidative stress in germinating wheat grains as affected by water stress and calcium[J]. Biologia Plantarum, 2002, 45(4): 601—604.
- Gong M, vander Liut A, Knight MR, et al. Heat-shock induced changes in intracellular Ca^{2+} level in tobacco seedlings in relation to thermotolerance[J]. Plant Physiology, 1998, 116: 429—437.
- Gong M, Chen S N, Song Y Q, et al. Effect of calcium and calmodulin on intrinsic heat tolerance in relation to antioxidant systems in maize seedlings[J]. Aust. J. Plant Physiol., 1997, 24: 371—379.
- 马淑英, 赵明. 钙对拟南芥耐盐性的调节[J]. 作物学报, 2006, 32(11): 1706—1711.
- Bush D S. Regulation of cytosolic calcium in plants[J]. Plant Physiology, 1993, 103(1): 7—11.
- Hiro Yoshi Hidaka, Yasuharu Sasaki, Toshio Tanaka, et al. N-(6-aminohexyl)-5-Chloro-1-naphthalenesulfonamide, a calmodulin antagonist, inhibits cell proliferation[J]. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1981, 78(7): 4354—4357.
- 梁颖, 王三根. Ca^{2+} 对低温下水稻幼苗膜的保护作用[J]. 作物学报, 2001, 27(1): 59—64.
- 程智慧, 孟焕文, Julie D, 等. 水分胁迫对番茄幼苗转化酶表达及糖代谢的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 278—279.
- Jiang M Y, Zhang J H. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings[J]. Plant Cell Physiol, 2001, 42(11): 1265—1273.
- Uchida A, Andre T I, Takaashi H. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice[J]. Plant Sci, 2002, 163: 515—523.
- Ma F W, Cheng L L. The sun-exposed peel of apple fruit has higher xanthophyll cycle-dependent thermal dissipation and antioxidants of the ascorbate-glutathione pathway than the shade peel[J]. Plant Sci, 2003, 165: 819—827.
- Ma F W, Cheng L L. Exposure of the shaded side of apple fruit to full sun leads to up-regulation of both xanthophyll cycle and the ascorbate-glutathione cycle[J]. Plant Sci, 2004, 166: 1479—1486.
- 龚吉蕊, 赵爱芬, 张立新, 等. 干旱胁迫下几种荒漠化植物抗氧化能力的比较研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(9): 1570—1577.
- Sanders D, Brown I C, Harper J F. Communicating with calcium[J]. Plant Cell, 1999, 11: 691—706.
- Rudd J J, Frankling T V E. Unravelling response-specificity in Ca^{2+} signaling pathways in plant cells[J]. New Phytol, 2001, 151: 7—33.
- Snedden WA, Fromm H. Calmodulin as a versatile calcium signal transducer in plants[J]. New Phytol, 2001, 151: 35—66.
- 雷江丽, 杜永臣, 朱德蔚, 等. 低温胁迫下不同耐冷性番茄品种幼叶细胞 Ca^{2+} 分布变化的差异[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 269—275.
- 高洪波, 陈贵林. 钙调素拮抗剂与钙对茄子幼苗抗性的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 243—246.
- 陈贵林, 贾开志. 钙和钙调素拮抗剂对高温胁迫下茄子幼苗抗氧化系统的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(1): 197—202.
- 张宗申, 利容千, 王建波. 外源 Ca^{2+} 预处理对高温胁迫下辣椒叶片细胞膜透性和 GSH、AsA 含量及 Ca^{2+} 分布的影响[J]. 植物生态学报, 2001, 25(2): 230—234.
- 郭丽红, 陈善娜, 龚明. 钙对玉米幼苗谷胱甘肽还原酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(2): 115—117.

- [12] 黄占斌,万惠斌,邓西平,等.保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J].水土保持学报,1999,5(4):52—55.
- [13] 周世新,宁作斌,顾云杰,等.高效营养保水剂在大田玉米生产上的试验效果[J].中国农业气象,2001,22(4):43—46,35.
- [14] 赵敏,高会东.保水剂对花生生理特性及产量构成因素的影响[J].吉林农业科学,2002,27(6):15—18.
- [15] 黄占斌,朱书全,张铃春,等.保水剂在农业改土节水中的效应研究[J].水土保持研究,2004,11(3):57—60.
- [16] 刘子凡,梁计南,谭中文,等.土壤保水剂对甘蔗抗旱性的影响[J].甘蔗,2004,11(2):11—15.
- [17] 高凤文,罗盛国,姜佰文.保水剂对土壤蒸发及玉米幼苗抗旱性的研究[J].东北农业大学学报,2005,36(1):11—14.
- [18] 陆国盈,韩世健,裴铁雄,等.不同时期施保水剂对甘蔗抗旱性和产量及品质的影响[J].广西蔗糖,2005,(4):3—7,16.
- [19] 森林土壤渗透性测定.林业管理常用标准及政策法规汇编[M].吉林:吉林电子出版社,2003:1218—1999.

Effect of dosage of water-retaining agent on photosynthetic characteristics and water utilization in different growth stages of winter wheat

YANG Yong-hui^{1,2}, WU Ji-cheng¹, HE Fang¹, GUAN Xiu-juan¹

(1. Institute of Plant Nutrition & Resources Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, He'nan 450002, China; 2. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A study is made on the photosynthesis rate (P_n), transpiration rate (Tr), water use efficient (WUE) and water producing efficiency of crop in different growth stages of winter wheat (jointing, booting and filling stages) and different treatments with various amount of water-retaining agent, including 45.0, 52.5, 60.0 kg/hm² and 0 kg/hm² (CK). The result indicates that the P_n , Tr and WUE of winter wheat are ranged in order from higher ones to lower ones as follow: booting, filling and jointing during the growth stages. In each growth stage, the P_n , Tr and WUE all augment with the increase of water-retaining agent. In other treatments such as 45.0, 52.5 and 60.0 kg/hm², the water producing efficiency of winter wheat all excels that in CK by 5.4, 5.5 and 10.4 kg/(mm·hm²) respectively after harvest.

Key words: water-retaining agent; winter wheat; P_n ; WUE

(上接第 115 页)

Effects of calcium and calmodulin antagonist W7 on antioxidant systems of roots of tomato seedlings under drought stress

ZHANG Chun-mei^{1,2}, ZOU Zhi-rong¹, HUANG Zhi¹, ZHANG Zhi-xin¹

(1. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China;
2. Department of Agricultural Sciences, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: The effect of Ca²⁺ and calmodulin antagonist W7 on antioxidant systems of tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) seedlings under drought stress induced by 10% polyethylene glycol (PEG-6000) was studied in hydroponics culture. The results showed that pretreated seedlings with calmodulin antagonist W7 under PEG stress had lower SOD and POD activities, and higher production rate of O₂⁻, MDA and H₂O₂, in addition, aggravated the damage of AsA and GSH; On the contrary, Ca²⁺ treatment enabled the seedlings to keep relatively high activities of SOD and POD, lower production rate of O₂⁻ and MDA content, at the same time, alleviated the accumulation of AsA and GSH. These results indicated that Ca²⁺ - CaM signal transduction might regulate resistance of tomato seedlings to PEG stress of tomato seedlings by affecting the activity of some antioxidant enzymes and the content of antioxidant substance. The experiment shows that Ca²⁺ - CaM signal system plays an important regulating role in alleviating PEG stress induced by 10% polyethylene glycol (PEG-6000) in seedlings.

Key words: calmodulin antagonist W7; PEG stress; tomato; antioxidant system