

精胺对氯化钠胁迫下黄瓜幼苗根系活性氧代谢的影响

王 学

(山东理工大学 生命科学学院 山东 淄博 255049)

摘 要:以盐敏感黄瓜品种津春 2 号为试材,采用营养液水培方法,研究了外源精胺对盐胁迫下黄瓜幼苗根系活性氧代谢的影响。结果表明:盐胁迫提高了根系内 O_2^- 的产生速率和 H_2O_2 含量,刺激了抗氧化酶 SOD、POD 和 CAT 活性;外施精胺则进一步增强了盐胁迫下 SOD、POD 和 CAT 活性,降低了 O_2^- 的产生速率和 H_2O_2 含量。由此可见,外源精胺可通过提高盐胁迫下植株根系内抗氧化酶活性,降低 ROS 水平,从而缓解 NaCl 对黄瓜幼苗的伤害,提高幼苗的耐盐能力。

关键词:精胺;NaCl 胁迫;黄瓜;抗氧化酶;活性氧

中图分类号:S 642.2;Q 945 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2009)04-0012-03

盐害是植物逆境伤害中的主要因素之一。近年来,随着设施栽培面积的迅速扩大,温室土壤次生盐渍化已成为国内外设施栽培中普遍存在的技术难题。根系是植物生命活动中的重要器官,与植物的生长和产量的形成有密切的关系。盐胁迫下根是最先感受的器官。因此,研究设施栽培植物根的耐盐机制及寻找提高其耐盐性的有效方法,在理论和实践上都有重要意义。

多胺是广泛存在于原核和真核生物细胞内的一类具有生物活性的低分子量脂肪族含氮碱,包括腐胺(Putrescine, Put)、亚精胺(Spermidine, Spd)和精胺(Spermine, Spm)等^[1]。生理 pH 值下,多胺充分质子化而带正电荷,可以与生物体内带负电荷的生物大分子如酸性蛋白质、膜磷脂和核酸等靠静电结合,从而在植物生长、发育、形态建成中起重要作用^[2-3]。近年来的研究表明外源多胺在提高植物对逆境胁迫的抵抗力中有着广泛的生物学功能^[3,4]。然而对于外源多胺缓解设施植物盐胁迫的研究则相对薄弱,特别是精胺,由于它是多胺中胺基数目较多的一种(四胺),生理活性大于腐胺(二胺)和亚精胺(三胺),因此研究精胺对设施植物盐胁迫的缓解效应意义更为重大。

1 材料与方 法

1.1 材料培养

以盐敏感黄瓜品种津春 2 号(*Cucumis sativus* L.)为试材。选取饱满、大小整齐一致的种子,经 HgCl₂ 消毒后,用自来水冲洗干净,25℃下浸泡吸胀,萌芽后,播于

装有石英砂的营养钵中育苗,光照周期 12 h/12 h,光暗温度 25℃/20℃,光照强度 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。当黄瓜长至两叶一心时,选取长势一致的黄瓜幼苗定植于营养液水槽内,营养液采用日本山崎黄瓜专用配方,气泵通气。预培养 3 d 后,开始处理。对照:正常营养液栽培;NaCl 处理:正常营养液中添加 50 mmol/L NaCl;NaCl+Spm 处理:正常营养液中添加 50 mmol/L NaCl 和 0.1 mmol/L Spm。分别于处理 0、2、4、8 d 后取根系中部,测定各项生理指标,每处理均重复 3 次。

1.2 方 法

O_2^- 产生速率采用王爱国和罗广华的方法^[5]测定。 H_2O_2 含量采用南京建成生物工程研究所的试剂盒测定。MDA 含量的测定采用 Heath 和 Parker^[6] 的硫代巴比妥酸(TBA)比色法。SOD 活性的测定采用潘瑞焯等^[7]的方法,1 个酶单位相当于引起反应液达到半抑制时的酶用量。CAT 及 POD 活性测定采用 Cakmak 和 Marschner^[8]的方法。以上所有测定均采用黄瓜的第 2 片真叶,每次重复测定 3 株幼苗。

2 结果与分析

2.1 Spm 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量的影响

O_2^- 和 H_2O_2 都是氧化能力很强的活性氧, O_2^- 产成速率的提高和 H_2O_2 含量的增加都会对植物的细胞结构和功能造成不可逆的伤害^[4]。由图 1 可知,在整个处理期间,对照组的 O_2^- 产成速率和 H_2O_2 含量都变化不大,NaCl 和 NaCl+Spm 处理的幼苗根系的 O_2^- 产成速率和 H_2O_2 含量均呈先上升后下降的变化趋势,其中单一 NaCl 胁迫处理升高幅度最大,在整个处理过程中均显著高于对照;而外施 Spm 可明显的降低 O_2^- 产成速率和 H_2O_2 含量,在处理 2.4 和 8 d 后 O_2^- 产成速率分别比单

作者简介:王学(1974),女,山东淄博人,汉族,博士,讲师,研究方向为植物逆境生理。E-mail: xue_wang @163.com。

基金项目:山东理工大学博士科研启动基金资助项目(4041-406027)。

收稿日期:2008-10-25

— NaCl 处理降低 32.6%、48.0%和 53.9%， H_2O_2 含量

则降低 28.6%、33.7%和 30.4%。

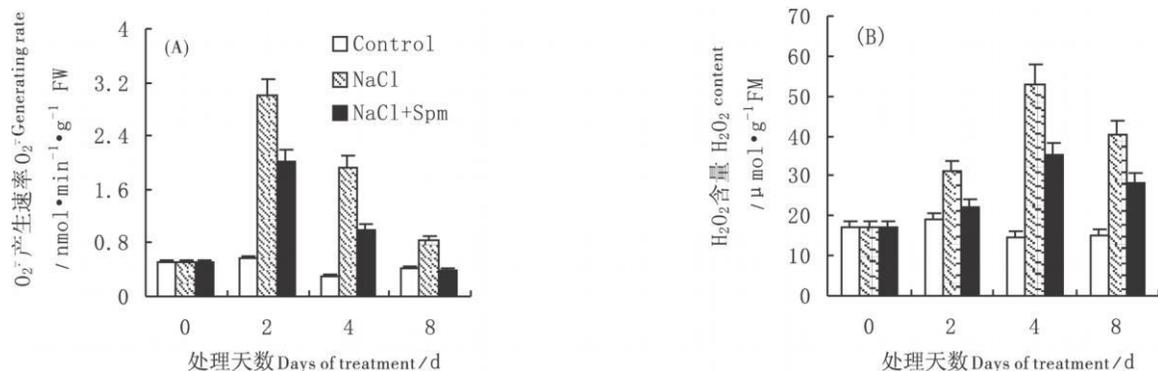


图 1 Spm 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系 H_2O_2 含量和 O_2^- 产生速率的影响

Fig. 1 Effects of spm on H_2O_2 content and O_2^- generation rate in the roots of cucumber seedling under NaCl stress

2.2 Spm 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系抗氧化酶活性的影响

SOD、CAT 和 POD 是植物体内的 3 种主要的抗氧化酶，在逆境胁迫下三者协调一致共同作用，能有效地清除代谢过程产生的活性氧，从而防止活性氧引起的膜

脂过氧化及其它伤害³。由图 2A 可见，在整个试验期间对照黄瓜根系 SOD 活性基本保持不变，NaCl 处理的 SOD 活性呈先上升后下降的变化趋势，并在 2~8 d 均显著高于对照处理。NaCl 胁迫下，营养液添加 Spm 处理的黄瓜幼苗根系中的 SOD 活性显著提高。

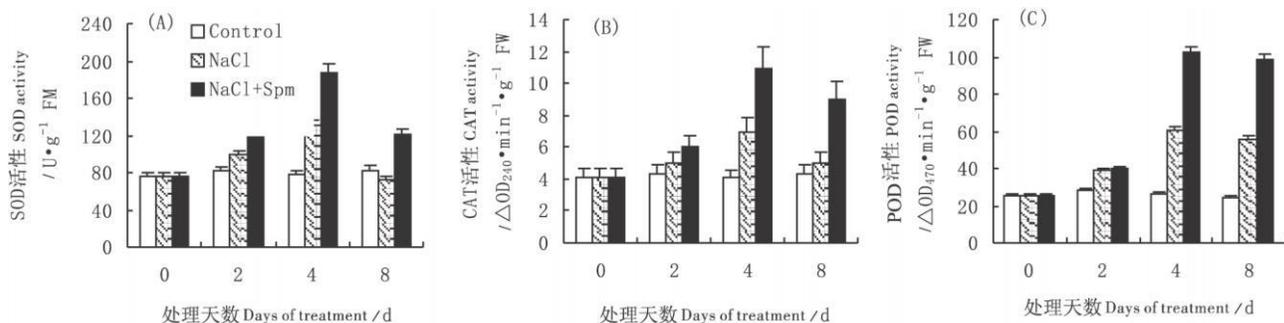


图 2 Spm 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系抗氧化酶活性的影响

Fig. 2 Effects of spm on the activities of antioxidant enzymes in the roots of cucumber seedling under NaCl stress

在整个处理过程中，NaCl 和 NaCl+Spm 处理的幼苗根系中 CAT 活性均呈先升后降的变化趋势，并且在处理第 4 天达最大值(图 2B)。其中 NaCl 处理 CAT 活性升高幅度较小，仅在处理第 4 天显著高于对照处理；而 NaCl+Spm 处理的 CAT 活性升高幅度较大，CAT 活性均在 4~8 d 时显著高于 NaCl 和对照处理；在处理第 4、8 天 NaCl+Spm 处理的 CAT 活性分别比单一 NaCl 处理升高了 56.0%和 79.6%。

从图 2 C 可以看出，NaCl 处理的幼苗根系中的 POD 活性在整个处理过程中均高于对照处理。NaCl 胁迫下，营养液添加 Spm 处理的根系 POD 活性升高，并在处理 4~8 d 时均显著高于 NaCl 胁迫处理；与单一 NaCl 处理相比，营养液中添加 Spm 在处理第 4、8 天 POD 活

性分别提高了 69.0%和 76.0%。

2.3 Spm 对 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系 MDA 含量的影响

MDA 是膜脂过氧化作用的主要产物，其在植物体内积累的高低是活性氧毒害强弱的重要表现⁹。图 3 表明，NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系中的 MDA 含量呈先增加后降低的变化趋势，在处理第 4 天达最大值，并且在整个处理过程中均高于对照。与 NaCl 胁迫相比，营养液中添加 Spm 的根系内 MDA 含量升高幅度较小，但在整个处理过程中也均高于对照。在处理第 4、8 天单一盐害使 MDA 含量分别比对照升高 313.4%、106.3%，而营养液中添加 Spm 则使 MDA 含量下降 31.3%和 36.3%。

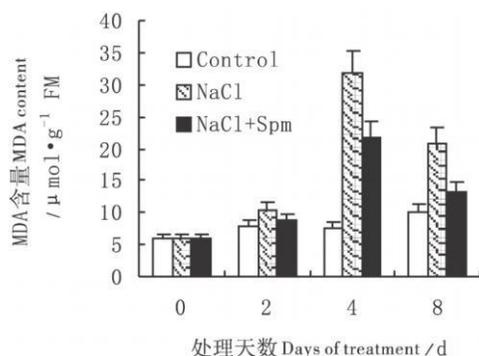


图3 Spm对NaCl胁迫下黄瓜幼苗根系MDA含量的影响

Fig. 3 Effects of spm on MDA content in the roots of cucumber seedling under NaCl stress

3 讨论

黄瓜属于浅根性作物,根系娇嫩,对盐胁迫、低温、低氧等根环境胁迫因素非常敏感。在正常情况下,黄瓜根细胞内ROS的产生和清除是平衡的。但是当植物根遭受外来胁迫时,ROS的产生和清除则失去平衡,会产生过量的ROS,导致氧胁迫^[10]。在该试验中,盐胁迫导致了O₂⁻、H₂O₂等ROS在根系内迅速积累,引起膜脂过氧化,从而破坏了细胞的结构和功能。SOD、CAT、POD是保护酶系统的重要组成部分,它们能有效维持正常情况下根系内活性氧产生和清除的动态平衡,从而防止自由基的毒害,对维持细胞正常代谢、提高植物抗性发挥重要的作用^[11]。该试验表明,随着NaCl处理时间的增加,黄瓜幼苗根系内活性氧积累的同时,SOD、CAT和

POD三种抗氧化酶活性也应激性的升高,但仍难以清除过多的活性氧,从而导致MDA过度积累,造成了膜脂的破坏,损伤生物膜的结构与功能。而外施精胺则进一步增强了抗氧化酶SOD、CAT和POD的活性,有效阻止了活性氧(O₂⁻和H₂O₂)的过度积累,从而降低了MDA的含量,保护了生物膜的结构和功能,有效的缓解了NaCl对黄瓜幼苗的伤害,提高了幼苗的耐盐能力。

参考文献

- [1] Slocum R D, Kaur-Sawhney R, Galston A W. The physiology and biochemistry of polyamines in plants[J]. Arch Biochem Biophys, 1984, 235: 283-303.
- [2] Wang X, Shi G X, Xu Q S, et al. Exogenous polyamines enhance copper tolerance of *Nymphaea peltatum*[J]. J Plant Physiol, 2007, 164: 1062-1070.
- [3] 王学, 施国新, 徐勤松, 等. 外源亚精胺缓解苜蓿(*Nymphaea peltatum*) Cr⁶⁺ 毒害的生理研究[J]. 环境科学学报, 2003, 23(5): 689-693.
- [4] 王学, 施国新, 马广岳, 等. 外源亚精胺对苜蓿抗 Hg²⁺ 胁迫能力的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(1): 69-74.
- [5] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990(6): 55-57.
- [6] Heath R L, Parker L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch Biochem Biophys, 1968, 25: 189-198.
- [7] 潘瑞焱, 豆志杰, 叶庆生. 茉莉酸甲酯对水分胁迫下花生幼苗SOD活性和膜脂过氧化作用的影响[J]. 植物生理学报, 1995, 21(3): 221-228.
- [8] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1222-1227.
- [9] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯, 1991, 7(2): 84-90.
- [10] 胡慧芳. 外源海藻糖对黄瓜幼苗抗冷性的影响[J]. 北方园艺, 2008(2): 11-13.
- [11] 谷巍, 施国新, 张超英, 等. Hg²⁺、Cd²⁺和Cu²⁺对苜蓿光合系统及保护酶系统的毒害作用[J]. 植物生理与分子生物学报, 2002, 28(1): 69-74.

Effects of Spermine on Reactive Oxygen Species Metablism in the Roots of Cucumber Seedlings under NaCl Stress

WANG Xue

(College of Life Science, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of spermine on reactive oxygen species (ROS) metablism in the roots of "Jingchun 2" (salt sensitive) cucumber seedlings under NaCl stress in hydroponics. The results showed that: The activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) was stimulated, O₂⁻ producing rate and H₂O₂ content were increased in the roots of cucumber seedlings under NaCl stress. Exogenous spermine application further enhanced the activities of SOD, POD and CAT, and decreased O₂⁻ producing rate and H₂O₂ content. Thus it can be seen, exogenous spermine application decreased the levels of ROS by increasing the activities of antioxidant enzymes, spermine involved in the process of ROS metablism and played an important role in alleviating the injury of cucumber seedlings under NaCl stress.

Key words: Spermine; NaCl stress; Cucumber; Antioxidant enzyme; Reactive oxygen species