

Spd 浸种对盐胁迫下番茄 (*Solanum lycopersicum*) 幼苗的保护效应

胡晓辉^{1,*}, 杜灵娟², 邹志荣¹

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 通过水培试验, 研究了 100 mmol/L NaCl 盐浓度下, 0.25 mmol/L Spd 浸种处理对两个番茄品种白果强丰(耐盐基因型)和江蔬 14 号(盐敏感基因型)植株干重、根冠比(R/T)、幼苗叶片和根系抗氧化酶活性及活性氧含量的影响。具体试验处理如下: (a) 对照(蒸馏水浸种 + 0 mmol/L NaCl), (b) NaCl (蒸馏水浸种 + 100 mmol/L NaCl), (c) Spd (0.25 mmol/L Spd 浸种 + 100 mmol/L NaCl)。结果表明, 在盐胁迫下, 两个番茄品种幼苗叶片和根系内超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性升高, H_2O_2 含量和 $O_2^{\cdot -}$ 产生速率增高, 幼苗生长受到抑制, 幼苗地上部、地下部干重均明显低于对照, R/T 增大, 且江蔬 14 号的变化幅度大于白果强丰。Spd 浸种处理降低了盐胁迫下番茄幼苗叶片和根系内 $O_2^{\cdot -}$ 产生速率和 H_2O_2 含量, 进一步提高了 SOD、POD 和 CAT 活性, 促进幼苗干重增加, 缓解了盐胁迫对植株的伤害。与耐盐基因型番茄品种白果强丰相比, Spd 浸种处理对盐敏感基因型番茄品种江蔬 14 号的作用效果更为明显。总之, Spd 浸种处理通过提高盐胁迫下植株体内抗氧化酶活性, 降低 ROS 水平来缓解盐胁迫对番茄幼苗的伤害, 提高幼苗耐盐能力。

关键词: NaCl 胁迫; 番茄; 亚精胺浸种; 抗氧化酶; 活性氧

文章编号: 1000-0933(2009)09-5152-06 中图分类号: Q142, Q948, S314, X171.1 文献标识码: A

Protective effects of pre-soaked seeds with Spd on tomato seedlings under NaCl stress

HU Xiao-Hui^{1,*}, DU Ling-Juan², ZOU Zhi-Rong¹

1 College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China

2 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 5152 ~ 5157.

Abstract: To evaluate the protective effects of exogenous spermidine (Spd) on tomato seedlings against salt stress, antioxidant enzymes activities in roots and leaves, dry weight of seedlings, and the ratio of root to shoot (R/T) were assayed in two tomato cultivars (*Cucumis sativus* cv. Baiguoqiangeng and cv. Jiangshu NO. 14) with different resistances to salt stress after their seeds were pre-soaked with Spd and their seedlings were treated with NaCl. Three experimental treatments from different concentrations of Spd and NaCl were used, (a) dd H_2O + 0 mmol/L NaCl, as the control, (b) dd H_2O + 100 mmol/L NaCl, and (c) 0.25 mmol/L Spd + 100 mmol/L NaCl. The results showed the activities of three antioxidant enzymes of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT), production rate of superoxide anion ($O_2^{\cdot -}$), and content of hydrogen peroxide (H_2O_2) in leaves and roots of tomato seedlings all increased under the salt stress. Dry weight of tomato seedlings reduced significantly, while the ratio of root to shoot (R/T) increased in both cultivars. The treatments of pre-soaked seeds with Spd can increase antioxidant enzymes of SOD, POD, and CAT, and decrease contents of $O_2^{\cdot -}$ and H_2O_2 in the seedlings. Pre-soaked seeds with Spd had better effects to the salt sensitive cultivar 'Jiangshu NO. 14' than to the resistant cultivar 'Baiguoqiangeng'. These results indicated that pre-soaked seeds

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2007BAD79B04-03)

收稿日期: 2008-10-27; 修订日期: 2009-02-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hxx1977@163.com

with Spd can alleviate salt stress injury resulting from an increase of antioxidant enzymes activities and maintenance of low ROS level in the seedlings.

Key Words: NaCl stress; tomato; spermidine; seed germination; antioxidant enzyme; reactive oxygen

番茄(*Solanum lycopersicum*)是茄科番茄属,以成熟多汁浆果为产品的草本植物,也是一种重要的蔬菜和水果,其果实营养丰富,风味特殊,富含碳水化合物、微量元素、胡萝卜素、矿物质及有机酸等,是我国设施栽培的主要作物之一。然而土壤盐渍化日益严重,严重影响了设施蔬菜栽培的可持续发展^[1]。

多胺是生物体代谢过程中产生的一类次生物质,在调节植物生长发育、控制形态建成、提高植物抗逆性、延缓衰老等方面具有重要作用^[2]。植物体在受到逆境胁迫时,体内多胺浓度迅速发生变化,并且不同种类、不同形态的多胺可以相互转化,提高植物的抗逆性^[2~4]。目前,大多研究是在植株苗期进行多胺处理(喷施或是营养液中添加)^[5,6],关于种子期多胺处理是否可以提高植物苗期耐盐性的研究报道较少。因此,本试验结合选择两个番茄品种(白果强丰和江蔬 14 号)为材料,探讨亚精胺(Spd)浸种对 NaCl 胁迫下番茄幼苗生长及根系、叶片内抗氧化酶系统的影响,以期探讨 Spd 浸种处理对植株耐盐性的调节机制,为寻求提高植株耐盐性措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以白果强丰(耐性品种)和江蔬 14 号(敏感品种)两个番茄品种为试验材料^[7]。

1.2 试验设计

选取大小一致、饱满的番茄种子经消毒后,分别用蒸馏水和 0.25 mmol/L Spd 浸种 10h,然后在 27℃ 的恒温培养箱内催芽。挑选露白一致的种子播于装有珍珠岩的 50 孔穴盘中,置于昼夜温度(25 ± 5)℃/(13 ± 5)℃条件下培养,自然光照。当子叶展平后,每 3d 浇 1 次 1/2 剂量的山崎番茄专用营养液。待番茄 3 叶一心时移到水培种植槽内,当具备 7~8 片真叶时,开始盐处理,即营养液中 NaCl 浓度为 100 mmol/L。每个处理 3 次重复,具体 3 个试验设计如下:

- (1) 蒸馏水浸种 + 幼苗 0 mmol/L NaCl
- (2) 蒸馏水浸种 + 幼苗 100 mmol/L NaCl
- (3) 0.25 mmol/L Spd 浸种 + 幼苗 100 mmol/L NaCl

盐处理 9d 时取样测定番茄地上部和地下部干重、根冠比(R/T)及幼苗叶片、根系中抗氧化酶活性和活性氧含量。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 干重的测定

在处理 9d 时取整株幼苗,用去离子水冲洗干净,将地上部和地下部分开,擦干水分后测定其鲜重,然后 115℃ 杀青,70℃ 下烘干测定其干重。

1.3.2 抗氧化酶活性的测定

按照李璟等^[5]的方法测定超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性。酶活性以 $U \cdot mg^{-1}$ 蛋白表示。

1.3.3 活性氧的测定

超氧阴离子($O_2^{\cdot-}$)产生速率参照王爱国等^[8]的方法测定,以 $nmol \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$ 表示;过氧化氢(H_2O_2)含量参照 Uchida 等^[9]的方法测定,以 $\mu mol \cdot g^{-1}$ 表示。

1.4 数据处理

数据通过 SAS 软件 Duncan's 多重比较法($p < 0.05$)进行统计分析。

2 结果

2.1 Spd 浸种对盐胁迫下番茄幼苗干重和根冠比的影响

纯盐胁迫下,两番茄品种的地上部和地下部干重均显著低于对照,而 R/T 显著升高;与江蔬 14 号相比,白果强丰的地上部、地下部干重及 R/T 的变化幅度较小。Spd 浸种处理增加了江蔬 14 号和白果强丰的地上部和地下部干重,降低了 R/T ,与对照处理无显著差异,且 Spd 对江蔬 14 号的作用效果显著于对白果强丰的作用效果(表 1)。

表 1 Spd 浸种对盐胁迫下番茄幼苗干重和根冠比的影响

Table 1 Effects of pre-soaked seeds with Spd on dry weight and ratio of root to shoot of tomato seedlings under salt stress

处理 Treatment	江蔬 14 号 Jiangshu NO. 14			白果强丰 Baiguoqiangfeng		
	地上部干重	地下部干重	根冠比	地上部干重	地下部干重	根冠比
	Shoot Dry Weight (g·plant ⁻¹)	Root Dry Weight (g·plant ⁻¹)	R/T	Shoot Dry Weight (g·plant ⁻¹)	Root Dry Weight (g·plant ⁻¹)	R/T
对照 CK	5.20a	0.38a	0.07b	5.31a	0.40a	0.07b
NaCl 胁迫 NaCl stress	1.04c	0.13c	0.125a	2.17c	0.21c	0.10a
NaCl 胁迫 Spd 浸种 NaCl stress Spd treated	3.83b	0.24b	0.06b	4.03b	0.34b	0.08b

同列中不同字母表示差异达 0.05 显著水平 Different letters within the same column indicate significant different at 0.05 level

2.2 Spd 浸种对盐胁迫下番茄幼苗抗氧化酶活性的影响

图 1 表明,纯盐胁迫下,两番茄品种幼苗叶片和根系的 SOD、POD 和 CAT 活性均显著上升,且白果强丰的增高幅度明显大于江蔬 14 号。盐胁迫下,Spd 浸种处理进一步提高了两品种幼苗叶片和根系的 SOD、POD 和 CAT 活性,且对江蔬 14 号的提高幅度大于白果强丰。Spd 浸种处理后,江蔬 14 号幼苗叶片和根系的 SOD 活性较纯盐胁迫下分别提高了 42.87% 和 66.18%;白果强丰幼苗叶片和根系的 SOD 活性分别提高了 20.56% 和 46.20%;江蔬 14 号幼苗叶片和根系的 POD 活性较纯盐胁迫下分别提高了 84.77% 和 85.74%;白果强丰幼苗叶片和根系的 POD 活性分别提高了 19.81% 和 34.22%;江蔬 14 号幼苗叶片和根系的 CAT 活性较纯盐胁迫下分别提高了 87.50% 和 90.63%;白果强丰幼苗叶片和根系的 CAT 活性分别提高了 25.67% 和 53.08%。

2.3 Spd 浸种对盐胁迫下番茄幼苗 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量的影响

由图 2 可以看出,纯盐胁迫下,两番茄品种幼苗叶片和根系内的 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量均显著升高,且江蔬 14 号升高幅度明显大于白果强丰。盐胁迫下,Spd 浸种处理显著降低了番茄幼苗叶片和根系内的 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量,且江蔬 14 号降低幅度大于白果强丰。Spd 浸种处理的江蔬 14 号幼苗叶片和根系内 O_2^- 产生速率较纯盐胁迫下分别降低了 26.06% 和 22.30%, H_2O_2 含量分别降低了 25.91% 和 22.25%;Spd 浸种处理的白果强丰幼苗叶片和根系内 O_2^- 产生速率分别降低了 10.63% 和 29.60%, H_2O_2 含量分别降低了 19.47% 和 19.82%。

3 讨论

植物的耐盐性是受多基因控制的数量性状,生长量是植物对盐胁迫响应的综合体现及对盐胁迫的综合反应,也是确定胁迫耐性时的常用指标。盐胁迫下,两个番茄品种幼苗干重显著降低,而 R/T 增高,表明盐胁迫抑制幼苗的生长,且对地上部生长的抑制作用强于对根系生长的抑制作用,与在黄瓜上的研究结果一致^[10]。番茄幼苗叶片和根系内 O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量均显著增加,同时 SOD、POD 和 CAT 活性与对照相比显著提升,表明番茄幼苗可以通过提高自身的抗氧化酶活性来减少和消除 ROS,以适应盐胁迫。本试验中,不同耐盐能力的番茄品种对盐胁迫逆境的生理反应存在差异。白果强丰幼苗叶片、根系内的 SOD、POD 和 CAT 活性升高幅度明显大于江蔬 14 号,ROS 积累量相对较低,幼苗生长受抑制作用较小,进一步证实了白果强丰番茄品种具有较强的耐盐胁迫能力。

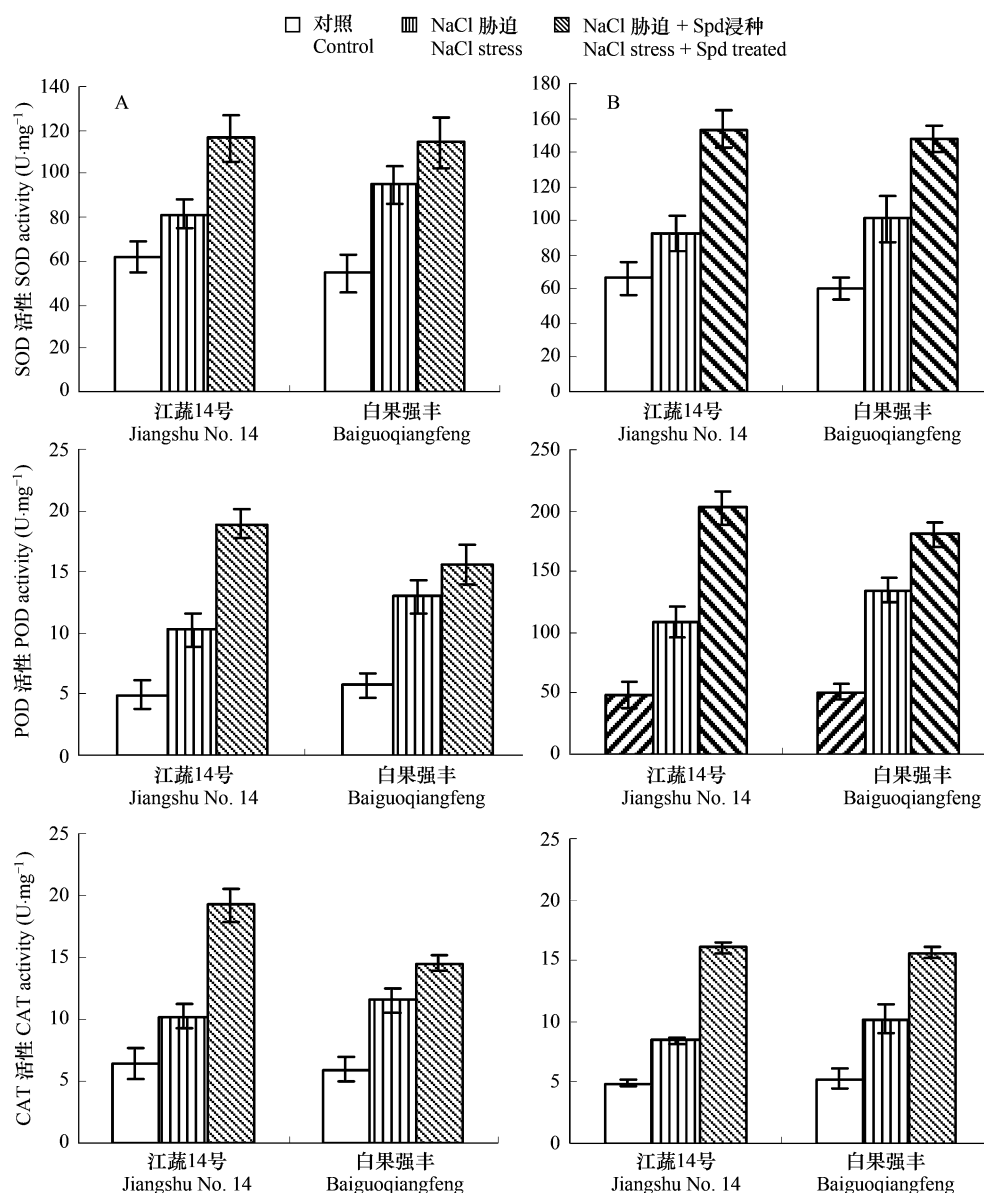


图1 Spd 浸种对盐胁迫下番茄叶片(A)和根系(B)抗氧化酶活性的影响

Fig. 1 Effects of pre-soaked seeds with Spd on antioxidant enzymes activities in tomato leaves(A) and roots(B) under salt stress

多胺作为一种生物活性物质,被认为在生物体内信号传递过程中起“第二信使”的作用,与植物的生长、形态建成和胁迫的反应密切相关。在逆境胁迫下,多胺含量改变可以稳定膜结构,调节生物大分子合成,提高抗氧化酶活性,清除活性氧,对提高植物逆境下的抗性起重要作用^[2]。本试验结果表明,NaCl 胁迫下,Spd 浸种处理的番茄幼苗叶片和根系内保护酶活性提升, H_2O_2 含量和 $O_2^{\cdot-}$ 产生速率降低,这可能是由于多胺能增加蛋白质的合成,又能结合到酶分子上直接调节酶的活性,诱导胁迫下植物体内酶活性提高^[11];同时,多胺不仅是阳离子,而且是 H^+ 的载体,它可以部分代替 SOD 的作用,通过歧化反应来有效清除活性氧,稳定生物膜,提高植株抗盐性^[12]。由此表明,种子萌发期多胺处理能够促进苗期植株提高自身的抗氧化酶活性,降低 ROS 水平,进而提高苗期植株的抗盐胁迫能力。

综上所述,盐胁迫下,番茄幼苗生长受到抑制,体内 ROS 增加,抗氧化酶活性增高,且变化幅度在品种间存在差异。Spd 浸种处理可提高番茄幼苗抗氧化酶活性,降低了 $O_2^{\cdot-}$ 产生速率和 H_2O_2 含量,减轻盐胁迫对番茄幼苗生长的抑制作用,且对盐敏感品种作用效果更为显著。因此,在盐渍地带,可以通过播前对种子进行

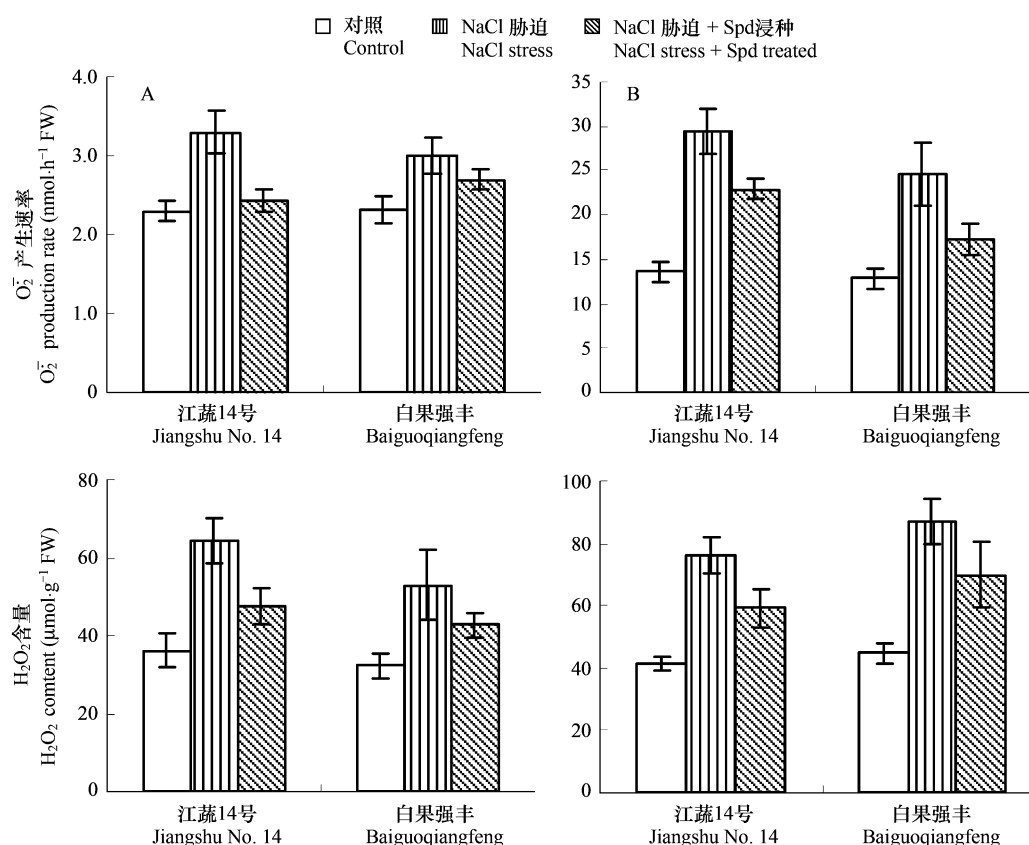


图2 Spd 浸种对盐胁迫下番茄叶片(A)和根系(B) O_2^- 产生速率和 H_2O_2 含量的影响

Fig. 2 Effects of pre-soaked seeds with Spd on O_2^- production rate and H_2O_2 content in tomato leaves (A) and roots (B) under salt stress

Spd 处理, 可望提高番茄的出苗率, 增加幼苗的抗盐能力。Spd 处理的番茄对盐分和矿质元素吸收利用的影响有待进一步研究。

References:

- [1] Tong Y W, Chen D F. Study on the cause and control of secondary saline soils in greenhouse. *Acta Horticultrae Sinica*, 1991, 18(2): 159–162.
- [2] Bouchereau A, Aziz A, Larher F, Martin-Tanguy J. Polyamines and environmental challenges; recent developments. *Plant Science*, 1999, 140(2): 103–125.
- [3] Groppa M D, Benavides M P. Polyamines and abiotic stress: recent advances. *Amino Acids*, 2008, 34(1): 35–45.
- [4] Majerus V, Bertin P, Lutts S. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). *Plant Science*, 2007, 173(2): 96–105.
- [5] Li J, Hu X H, Guo S R, et al. Effect of exogenous spermidine on polyamine content and antioxidant enzyme activities in roots of cucumber seedlings under root-zone hypoxia stress. *Journal of Plant Ecology* (Formerly *Acta Phytocologica Sinica*), 2006, 30(1): 118–123.
- [6] Ndayiragije A, Lutts S. Do exogenous polyamines have an impact on the response of a salt-sensitive rice cultivar to NaCl? *Journal of Plant Physiology*, 2006, 163(5): 506–516.
- [7] Wu X X, Zhu Y L, Zhu W M, et al. The comparison of salt tolerance between tomato cultivars tissue-cultured plantlets. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2006, 22(3): 59–62.
- [8] Wang A G, Luo G H. Quantitative relation between the reaction of hydroxylamine and superoxide anion radicals in plants. *Plant Physiology Commun*, 1990, 26(6): 55–57.
- [9] Akio U, Andre T J, Takashi H, et al. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*,

2002, 163(3): 515—523.

- [10] Wang S P, Guo S R, Li J, *et al.* Effects of salt stress on the root growth and leaf water use efficiency of cucumber seedlings. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10): 1883—1888.
- [11] Liu H P, Dong B H, Zhang Y Y, *et al.* Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings. *Plant Science*, 2004, 166(5): 1261—1267.
- [12] Wang X, Shi G X, Ma G Y, *et al.* Effects of exogenous spermidine on resistance of *Nymphaea peltatum* to Hg^{2+} stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2004, 30(1): 69—74.

参考文献:

- [1] 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. *园艺学报*, 1991, 18(2): 159~162.
- [5] 李璟, 胡晓辉, 郭世荣, 等. 外源亚精胺对根际低氧胁迫下黄瓜幼苗根系多胺含量和抗氧化酶活性的影响. *植物生态学报*, 2006, 30(1): 118~123.
- [7] 吴雪霞, 朱月林, 朱为民, 等. 组织培养条件下不同番茄品种幼苗期的耐盐性比较. *上海农业学报*, 2006, 22(3): 59~62.
- [8] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧自由基与羟胺反应的定量关系. *植物生理学通讯*, 1990, 26(6): 55~57.
- [10] 王素平, 郭世荣, 李璟, 等. 盐胁迫对黄瓜幼苗根系生长和水分利用的影响. *应用生态学报*, 2006, 17(10): 1883~1888.
- [12] 王学, 施国新, 马广岳, 等. 外源亚精胺对苜蓿抗 Hg^{2+} 胁迫能力的影响. *植物生理与分子生物学学报*, 2004, 30(1): 69~74.