

# 外源亚精胺对盐胁迫下黄瓜幼苗活性氧水平和抗氧化酶活性的影响

段九菊 郭世荣\* 康云艳

(南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095)

**摘 要:** 在营养液栽培、盐胁迫处理下, 研究了外源亚精胺 (Spd) 对黄瓜幼苗活性氧 (ROS) 水平和抗氧化酶活性的影响。结果表明, 外源 Spd 降低了  $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl 胁迫下幼苗叶片和根系内  $\text{O}_2^-$  产生速率、 $\text{H}_2\text{O}_2$  和 MDA 含量, 提高了 SOD、POD 和 CAT 活性; 与抗盐性较强的 ‘长春密刺’ 相比, Spd 处理对抗盐性较弱的 ‘津春 2 号’ 效果更明显。表明外源 Spd 通过提高盐胁迫下植株体内抗氧化酶活性, 降低 ROS 水平, 而缓解 NaCl 对黄瓜幼苗的伤害, 提高幼苗耐盐能力。

**关键词:** 亚精胺; 黄瓜; 幼苗; 盐胁迫; 活性氧; 抗氧化酶

**中图分类号:** S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 03-0639-03

## Effects of Exogenous Spermidine on Reactive Oxygen Species Levels and Antioxidant Enzymes Activities of Cucumber Seedlings under Salt Stress

Duan Jiuju, Guo Shirong\*, and Kang Yunyan

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

**Abstract:** The cucumber seedlings were investigated under salt stress, the results showed that Spd treatment decreased the  $\text{H}_2\text{O}_2$  and MDA contents, and  $\text{O}_2^-$  production rate, while the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) were promoted under  $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  NaCl stress. Spd treatment in ‘Jinchun 2’ seedlings (low salt-resistance) was more effective than the ‘Changchun Mici’ seedlings (high salt-resistance). It indicates that exogenous Spd treatment could mitigate the injuries caused by NaCl stress and enhance salt stress resistance of cucumber seedlings through promoting antioxidant enzymes activities and keeping low ROS levels under salt stress.

**Key words:** Spermidine; Cucumber; Seedling; Salt stress; Reactive oxygen species; Antioxidant enzyme

### 1 目的、材料与方法

日益严重的设施土壤次生盐渍化给黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 生产造成了巨大损失。活性氧 (ROS) 代谢失衡是盐胁迫导致植物细胞氧化损伤及细胞程序性死亡的重要原因<sup>[1]</sup>, 多胺 (PAs) 作为多聚阳离子可以直接或间接地清除植物组织中的 ROS 自由基<sup>[2]</sup>。本试验以抗盐性不同的两个黄瓜品种为试材, 采用人工控制盐浓度同时向营养液中施用亚精胺 (Spd) 的方法, 研究了外源 Spd 处理对盐胁迫下黄瓜植株体内 ROS 水平和抗氧化酶活性的影响, 探讨外源 PAs 对黄瓜幼苗盐伤害的缓解效应及其可能机制。

试验于 2004 年 9 月至 2005 年 6 月在南京农业大学玻璃温室内进行。以抗盐性较弱的 ‘津春 2 号’ 和抗盐性较强的 ‘长春密刺’ 为试材。选取饱满、大小整齐一致的种子, 经消毒、浸种后, 播

收稿日期: 2005-07-25; 修回日期: 2005-10-17

基金项目: 国家 ‘863’ 计划项目 (2004AA247010); 江苏省农业三项工程项目 [SX(2003)054]; 高等学校博士点科研基金项目 (20050307031)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: shirongguo@hotmail.com)

于装有石英砂的 8 cm × 8 cm 营养钵中育苗, 昼温 25 ~ 30 , 夜温 15 ~ 18 。子叶完全展开后浇灌营养液, 待幼苗第 2 片真叶展平时, 选整齐一致的植株定植于营养液水槽内, 营养液采用日本山崎黄瓜专用配方 (pH 6.5 ± 0.1, EC 2.2 ~ 2.5 mS · cm<sup>-1</sup>), 气泵通气 (40 min · h<sup>-1</sup>)。预培养 2 d 后, 开始处理: (A) 正常营养液栽培; (B) 添加 50 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl (分析纯); (C) 添加 50 mmol · L<sup>-1</sup> NaCl + 0.1 mmol · L<sup>-1</sup> Spd (Sigma 公司产品)。NaCl 和 Spd 均在开始处理时直接加入营养液中。分别于处理后 0、2、4、6、8 d 取生长点下第 2 片真叶和根系中部, 测定 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率, 蛋白质、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 MDA 含量, SOD、POD 和 CAT 活性, 每处理均重复 3 次, 处理 8 d 时分别测定 15 株幼苗地上部和地下部的鲜质量和干质量。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 外源 Spd 对盐胁迫下黄瓜幼苗鲜质量和干质量的影响

表 1 表明, 盐胁迫 8 d 时, 两品种地上部和地下部鲜质量、干质量均低于对照, ‘津春 2 号’ 下降幅度大于 ‘长春密刺’, 植株生长受到明显抑制; 外源 Spd 可显著提高盐胁迫下植株的鲜质量和干质量, 且对 ‘津春 2 号’ 提高的幅度大于 ‘长春密刺’。表明外源 Spd 可促进盐胁迫下黄瓜植株的生长, 对抗盐性较弱的品种效果更明显。

表 1 外源 Spd 对盐胁迫下黄瓜幼苗鲜质量和干质量的影响

Table 1 Effects of exogenous Spd on fresh mass and dry mass of cucumber seedlings under salt stress (g · plant<sup>-1</sup>)

品种 Cultivars	处理 Treatments	地上部 Shoot		地下部 Root	
		鲜质量 Fresh mass	干质量 Dry mass	鲜质量 Fresh mass	干质量 Dry mass
长春密刺 Changchun Mici	对照 Control	31.72 ± 0.98a	2.99 ± 0.03a	11.90 ± 0.92a	0.55 ± 0.04a
	盐胁迫 Salt stress	15.70 ± 0.91b	1.70 ± 0.07a	3.57 ± 0.75b	0.29 ± 0.02b
	盐胁迫 + Spd Salt stress + Spd	28.48 ± 0.99a	2.93 ± 0.06a	8.44 ± 0.52a	0.47 ± 0.08a
津春 2 号 Jinchun 2	对照 Control	36.35 ± 0.42a	3.40 ± 0.06a	12.57 ± 0.95a	0.59 ± 0.10a
	盐胁迫 Salt stress	11.52 ± 0.68c	1.34 ± 0.10b	2.95 ± 0.89c	0.26 ± 0.07b
	盐胁迫 + Spd Salt stress + Spd	27.14 ± 0.72b	2.77 ± 0.12a	7.09 ± 0.58b	0.44 ± 0.02a

注: 同列中不同字母表示在 5% 水平上差异显著。

Note: Values in each column with different letters are different significantly at  $P=0.05$  level

### 2.2 外源 Spd 对盐胁迫下黄瓜幼苗 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 MDA 含量的影响

从表 2 可以看出, 处理期间, 对照幼苗 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 MDA 含量均保持相对稳定, 而在盐胁迫处理过程中三者均呈先上升后下降的变化规律, ‘津春 2 号’ 升幅大于 ‘长春密刺’。外源 Spd 处理显著降低了两品种植株 ROS 水平和 MDA 含量, 且 ‘津春 2 号’ 的降低幅度大于 ‘长春密刺’, O<sub>2</sub><sup>-</sup> 产生速率两品种叶片和根系均在胁迫 2 d 时达最大值, 峰值处 ‘津春 2 号’ 叶片和根系与纯盐胁迫相比分别降低了 44.92% 和 33.53%, ‘长春密刺’ 降低了 40.31% 和 28.32%; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量峰值的出现滞后于 O<sub>2</sub><sup>-</sup>, 两品种叶片和根系均在处理 4 d 时达最大值, 峰值处 ‘津春 2 号’ 叶片和根系与纯盐胁迫相比分别降低了 17.02% 和 25.04%, ‘长春密刺’ 降低了 14.98% 和 24.37%; MDA 含量两品种叶片和根系均在处理 4 d 时达最大值, 峰值处 ‘津春 2 号’ 叶片和根系与纯盐胁迫相比分别降低了 39.80% 和 42.22%, ‘长春密刺’ 仅降低了 24.62% 和 27.08%。表明外源 Spd 可以显著降低盐胁迫下黄瓜植株体内 ROS 水平, 增强膜的稳定性, 缓解盐分胁迫对植株的伤害, 且对抗盐性较弱的 ‘津春 2 号’ 效果更明显。

### 2.3 外源 Spd 对盐胁迫下黄瓜幼苗 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

由表 2 可见, 处理期间, 对照幼苗 SOD、POD 和 CAT 活性基本保持不变, 而随盐胁迫时间的延长, 三者均呈先上升后下降的变化趋势, ‘长春密刺’ 升幅大于 ‘津春 2 号’, 表现出较高的耐盐性。外源 Spd 处理在一定程度上提高了盐胁迫下两品种植株 SOD、POD 和 CAT 活性, 且对 ‘津春 2 号’

表 2 外源 Spd 对盐胁迫下黄瓜幼苗叶片和根系  $\text{O}_2^-$  产生速率,  $\text{H}_2\text{O}_2$  和 MDA 含量, SOD、POD、CAT 活性的影响Table 2 Effects of exogenous Spd on  $\text{O}_2^-$  production rate,  $\text{H}_2\text{O}_2$  and MDA contents, and SOD, POD, CAT activities in leaves and roots of cucumber seedlings under salt stress

处理 Treat- ments	品种 Cultivars	天数 Days (d)	$\text{O}_2^-$ ( $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM}$ )		$\text{H}_2\text{O}_2$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM}$ )		MDA ( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FM}$ )		SOD ( $\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$ )		POD ( $\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$ )		CAT ( $\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$ )	
			叶片 Leaves	根系 Roots	叶片 Leaves	根系 Roots	叶片 Leaves	根系 Roots	叶片 Leaves	根系 Roots	叶片 Leaves	根系 Roots	叶片 Leaves	根系 Roots
对照 Control	长春密刺 Changchun Mici	0	0.274	0.538	4.679	10.588	1.892	8.178	20.466	80.336	1.420	25.720	17.640	3.966
		2	0.239	0.742	5.573	16.480	1.360	7.301	17.746	69.329	1.958	17.229	18.123	4.284
		4	0.232	0.850	4.262	13.388	1.752	8.146	20.209	72.307	2.275	22.418	17.845	4.503
		6	0.283	0.714	5.167	16.672	1.956	8.614	23.290	74.612	1.857	19.624	18.114	4.209
	津春 2号 Jinchun	8	0.274	0.778	5.666	12.585	2.338	9.267	23.280	82.147	1.571	20.018	17.514	3.932
		0	0.259	0.504	7.009	17.615	1.844	5.915	14.128	79.549	1.310	28.040	18.163	4.382
		2	0.221	0.574	6.921	18.482	1.038	7.158	13.681	74.503	1.950	21.355	17.820	4.264
		4	0.276	0.276	6.240	13.338	1.812	7.503	16.855	88.374	2.622	18.926	17.396	4.374
		6	0.262	0.321	7.220	14.824	1.761	10.018	13.505	91.389	1.206	17.626	18.164	4.074
		8	0.298	0.448	7.719	13.610	2.322	10.995	16.658	84.994	1.388	25.343	18.072	4.777
	盐胁迫 Salt stress	0	0.295	0.579	4.997	10.800	1.687	8.173	20.572	80.307	1.400	25.690	17.590	3.978
		2	0.686	2.974	9.019	25.648	2.822	11.747	20.549	85.315	4.536	42.030	19.092	5.102
盐胁迫 + Spd	Mici	4	0.538	1.639	12.514	42.077	5.525	22.426	40.130	109.919	5.010	48.436	19.585	7.838
		6	0.447	0.793	11.722	31.054	5.006	18.557	29.386	95.418	2.893	73.971	21.255	8.734
		8	0.439	0.797	9.766	26.572	4.525	15.519	28.369	71.975	2.548	53.010	20.410	5.376
		0	0.219	0.597	7.143	17.823	1.836	5.825	14.345	79.632	1.290	28.200	18.200	4.369
	Jinchun 2	2	0.786	3.181	12.521	34.537	2.802	11.493	19.409	97.118	3.473	34.018	19.086	4.650
		4	0.647	1.789	16.407	56.019	6.889	34.170	20.048	120.579	4.534	52.457	19.886	7.157
		6	0.576	0.971	13.618	44.524	6.234	22.256	30.252	109.819	2.029	63.099	20.033	8.287
		8	0.503	0.844	13.114	38.282	5.165	16.572	23.317	73.852	1.750	49.920	19.053	5.455
	+ Spd	0	0.251	0.521	4.760	10.423	1.726	8.087	20.831	80.410	1.390	25.780	17.685	3.899
		2	0.409	2.132	7.319	24.175	2.738	7.783	23.681	100.684	6.105	43.560	19.587	5.460
		4	0.327	1.270	10.640	31.821	4.165	16.353	49.091	116.330	7.253	74.768	21.396	9.997
		6	0.332	0.347	6.824	24.560	4.247	12.543	31.420	107.433	3.341	85.371	23.134	10.582
	+ Spd	8	0.277	0.371	6.507	22.758	4.180	10.099	30.528	91.681	3.045	76.295	22.627	6.777
		0	0.284	0.538	7.347	17.440	1.733	6.020	14.581	79.496	1.350	28.110	18.213	4.298
		2	0.433	2.114	10.816	26.297	2.791	8.484	22.276	125.156	5.175	36.890	20.370	5.710
		4	0.350	1.139	13.614	41.990	4.149	19.744	25.794	154.792	8.003	75.927	21.221	9.474
		6	0.353	0.693	9.468	35.186	4.177	13.333	44.308	118.600	3.307	96.240	22.400	10.201
		8	0.350	0.365	9.459	34.589	4.169	12.039	26.426	105.027	3.233	83.481	22.091	8.256

的提高幅度大于‘长春密刺’, SOD活性‘长春密刺’叶片在处理 4 d时达最大值, ‘津春 2号’ 6 d时达最大值, 根系均在 4 d时达最大值, 峰值处‘津春 2号’叶片和根系与纯盐胁迫相比分别提高了 46.46%和 28.37%, ‘长春密刺’分别提高了 22.33%和 5.83%; POD活性两品种叶片均在处理 4 d时达最大值, 根系均在 6 d时达最大值, 峰值处‘津春 2号’叶片和根系与纯盐胁迫相比分别提高了 76.50%和 52.52%, ‘长春密刺’分别提高了 44.77%和 15.41%; CAT活性两品种叶片和根系均于处理 6 d时达最大值, 其活性变化小于 SOD和 POD, 峰值处‘津春 2号’叶片和根系与纯盐胁迫相比分别提高了 11.81%和 23.10%, ‘长春密刺’分别提高了 8.84%和 21.16%。本试验结果与王学等<sup>[3]</sup>在苣荬菜重金属胁迫下的研究结果相一致, 表明外源 Spd处理可通过提高逆境胁迫下植株体内抗氧化酶的活性来增强对 ROS的清除能力, 提高幼苗抗逆性, 且对抗盐性较弱的‘津春 2号’黄瓜品种有更明显的效果。

## 参考文献:

- 1 Katsuhara M, Kawasaki T. Salt stress induced nuclear and DNA degradation in meristematic cells of barley roots Plant and Cell Physiology, 1996, 37 (2): 169 ~ 173
  - 2 Drollet G, Dumbroff EB, Legge RL, Thompson JE. Radical scavenging properties of polyamines Phytochemistry, 1986, 25 (2): 367 ~ 371
  - 3 王 学, 施国新, 徐勤松, 马广岳, 拉非克, 张小兰, 周红卫. 外源亚精胺缓解苣荬菜 (*Nymphoides peltatum*)  $\text{Cr}^{6+}$  毒害的生理研究. 环境科学学报, 2003, 23 (5): 689 ~ 693
- Wang X, Shi GX, Xu Q S, Ma G Y, Khaled R, Zhang X L, Zhou H W. Toxic effects of  $\text{Cr}^{6+}$  on *Nymphoides peltatum* mitigated by exogenous spermidine. Acta Scientiae Circumstantiae, 2003, 23 (5): 689 ~ 693 (in Chinese)