

喷施己酸二乙氨基乙醇酯对几种与番茄幼苗抗冷性相关生理指标的影响

邵玲*, 梁广坚, 蔡惠丽

肇庆学院生命科学学院, 广东肇庆 526061

摘要: 番茄幼苗叶面喷施适宜浓度(20~40 mg·L⁻¹)的己酸二乙氨基乙醇酯(DA-6)可有效提高冷胁迫下番茄幼苗植株的抗寒能力。冷胁迫下, 20~40 mg·L⁻¹ DA-6处理的番茄植株自由水/束缚水比值降幅较大, 叶中叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性也明显增大, 丙二醛(MDA)积累下降 25.8%~34.6%, 可溶性糖和可溶性蛋白质含量提高。

关键词: 己酸二乙氨基乙醇酯; 番茄; 抗冷性; 抗氧化酶

Influence of Hexanoic Acid 2-(Diethylamino) Ethyl Ester on Some Physiological Indexes Related to Cold Resistance of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Seedlings

SHAO Ling*, LIANG Guang-Jian, CAI Hui-Li

College of Life Sciences, Zhaoqing University, Zhaoqing, Guangdong 526061, China

Abstract: The results showed that applications of 20–40 mg·L⁻¹ hexanoic acid 2-(diethylamino) ethyl ester (DA-6) could efficiently enhance cold resistance in tomato seedlings. In contrast to unapplicated, the ratio in free water/bound water of treated seedlings with 20–40 mg·L⁻¹ DA-6 decreased in a wide range under cold stress. The chlorophyll content, activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and ascorbate peroxidase (APX) in leaves were obviously increased, malondialdehyde (MDA) content decreased by 25.8%–34.6%, the contents of soluble sugar and soluble protein were significantly improved.

Key words: hexanoic acid 2-(diethylamino) ethyl ester (DA-6); tomato; cold resistance; antioxidase

番茄属冷敏感性强的作物, 温度低于 10 时其生长发育受阻, 5 时生长基本停止(李树德 1993)。低温是影响番茄生长发育的主要因素, 早春育苗期间低温下栽植的番茄生长发育受阻, 严重时会影响到其成株期的生长发育、早期产量和果实的商品价值(王孝宣等 1998; 林多等 2000)。己酸二乙氨基乙醇酯[C₅H₁₁CO₂CH₂CH₂N(CH₂CH₃)₂, DA-6]是一种合成的叔胺类植物生长调节剂, 有促进植物生长、延缓衰老、提高作物产量和品质的作用(段留生和田晓莉 2005)。我们已有的工作(梁广坚等 1998)也表明, DA-6 能有效提高低照度光下棚膜中栽植的菠菜光合速率、叶中可溶性糖和维生素 C 含量以及地上部重量。据梁颖(2003)报道, 水稻种子经 DA-6 浸种后, 其在冷害下的幼苗存活率提高和植株的抗冷性增强。迄今为止, 有关 DA-6 提高植物抗冷性的报道不多, 其对番茄幼苗抗冷性的影响尚未见报道。为此, 本文探讨番茄幼苗叶片喷施 DA-6 对其抗冷性的影

响, 以供冬春季节培育番茄时参考。

材料与方法

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)品种‘新金丰 1 号’, 系广州长合种子有限公司生产。己酸二乙氨基乙醇酯[hexanoic acid 2-(diethylamino) ethyl ester, DA-6]纯度为 50% 的粉剂, 由厦门大学化学系提供。

试验于我院试验基地温室内进行。种子播种于 15 cm 口径的塑料盆中, 盆土为塘泥与泥炭的混合物(V/V=1:1), pH 6.5 左右。按常规方法管理, 昼夜温度为 25 /20 左右。幼苗长至四叶一心期时, 每盆保留 4 株长势基本一致的植株, 分别叶面喷洒 0、5、10、20、40、60 和 80 mg·L⁻¹ 等的 DA-6, 以叶片均匀附着一层小液珠

收稿 2007-10-15 修定 2007-11-01

* E-mail: shaoling@zqu.edu.cn; Tel: 0758-2716359

为度, 5 d后再喷1次。每个浓度处理9盆, 以非冷胁迫下正常生长的植株为对照。第2次喷后常规培养5 d后, 移入人工气候室(光照强度为 $80 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 光周期 16 h/8 h)进行低温胁迫处理。番茄以 20、15、10、6 和 4 逐日降温和冷锻炼后, 再放在 4 下冷胁迫 3 d后按相反的温差逐日回温至 20 , 并放在 20 下恢复生长 5 d。分别测定 4 下冷胁迫 3 d和 20 下生长恢复 5 d后幼苗第3~4位叶片的相关生理指标。重复 2 次。

丙二醛(MDA)含量测定用硫代巴比妥酸法(郝再彬等 2004)。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法(朱广廉等 1990)。以考马斯亮蓝 G-250 法(张志良和瞿伟菁 2003)测定可溶性蛋白质含量。叶组织中自由水和束缚水的含量测定参照刘向莉等(2005)文中的方法。叶绿素含量测定采用丙酮提取法(张志良和瞿伟菁 2003)。超氧化物歧化酶(SOD)活性按 Giannopolitis 和 Ries (1977)文中方法测定。过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法测定(郝再彬等 2004)。抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定用沈文飏等(1996)文中的方法。以上均重复测定 3 次, 用 Duncan's 新复极差法进行统计分析。

结果与讨论

1 DA-6对番茄幼苗中自由水和束缚水含量的影响

自由水和束缚水的比值是鉴定植物抗寒性的指标之一。一般来说, 抗寒性强的植株自由水和束缚水的比值较低(吴以德和何景 1980)。比较非冷胁迫下相同浓度 DA-6 处理的番茄植株(图 1)可

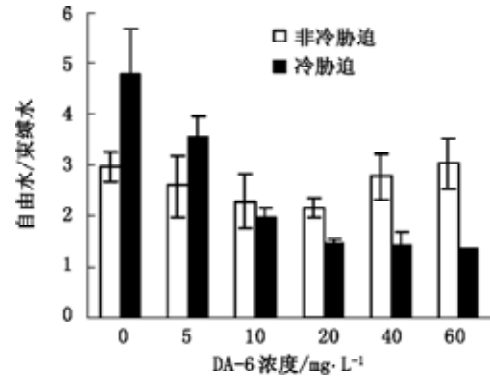


图 1 低温胁迫下 DA-6 对番茄幼苗中自由水与束缚水比值的影响

Fig.1 Effects of DA-6 on the ratio of free water/bound water of tomato seedlings under cold stress

见, 冷胁迫下未喷施 DA-6 的植株自由水/束缚水比值明显较高, 但喷施 $20\sim 60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ DA-6 后幼苗叶中自由水/束缚水的比值随着 DA-6 浓度的增大而下降。DA-6 浓度高于 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 两者比值均小于非冷胁迫的, 显示 DA-6 的良好作用有一定的浓度效应。

2 DA-6 对番茄幼苗叶中叶绿素、可溶性糖和蛋白质含量的影响

低温胁迫往往会造成许多冷敏感植物的叶绿素含量减少(Humbeck 等 1994)。但经喷施 $10\sim 60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ DA-6 的番茄幼苗, 不论在冷胁迫时或生长恢复后, 其叶绿素含量始终高于未喷 DA-6 的(表 1), 冷胁迫下喷 $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ DA-6 的植株叶绿素含量增幅明显, 生长恢复后的差异显著性达 $P < 0.01$ 。

表 1 DA-6 对番茄幼苗叶中叶绿素、可溶性糖和蛋白质含量的影响

Table 1 Effects of DA-6 on the chlorophyll, soluble sugar and the soluble protein contents in leaves of tomato seedlings

DA-6 浓度 / mg·L ⁻¹	叶绿素 /mg·g ⁻¹ (FW)		可溶性糖 /%		可溶性蛋白 /mg·g ⁻¹ (FW)	
	冷胁迫下	生长恢复后	冷胁迫下	生长恢复后	冷胁迫下	生长恢复后
0	1.23±0.11 ^{bc}	1.34±0.19 ^C	0.12±0.04 ^B	0.08±0.03 ^b	0.93±0.20 ^{ab}	0.89±0.11 ^{bc}
5	1.25±0.31 ^{bc}	1.86±0.28 ^{AB}	0.09±0.02 ^B	0.10±0.02 ^{ab}	0.94±0.01 ^{ab}	0.83±0.03 ^c
10	1.43±0.15 ^b	1.52±0.37 ^{BC}	0.13±0.06 ^B	0.13±0.04 ^{ab}	1.16±0.16 ^{ab}	0.95±0.13 ^{bc}
20	1.71±0.32 ^a	2.05±0.23 ^{AB}	0.21±0.04 ^{AB}	0.14±0.01 ^a	1.17±0.22 ^{ab}	1.20±0.21 ^a
40	1.65±0.27 ^{ab}	2.18±0.07 ^A	0.30±0.08 ^A	0.11±0.01 ^{ab}	1.32±0.33 ^a	1.12±0.07 ^{ab}
60	1.29±0.04 ^{bc}	1.47±0.09 ^{BC}	0.15±0.08 ^B	0.09±0.04 ^{ab}	1.26±0.06 ^a	1.01±0.09 ^{ab}
80	1.10±0.13 ^c	1.33±0.18 ^C	0.16±0.05 ^{AB}	0.11±0.03 ^{ab}	0.85±0.05 ^b	0.87±0.04 ^{bc}

同列数据中不同大、小写字母分别表示差异达 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 的显著水平。

喷施DA-6可提高番茄幼苗在冷胁迫下和尔后生长恢复后的可溶性糖和蛋白质含量(表1), 其中喷施 20 mg·L⁻¹ 和 40 mg·L⁻¹ DA-6 的叶中可溶性糖和蛋白质含量与未喷施的差异均显著($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。细胞中可溶性糖和蛋白质含量增加, 显示低温胁迫前适当喷施DA-6可增强番茄植株对抗低温胁迫的能力。

3 DA-6对番茄幼苗叶中抗氧化酶活性的影响

SOD、POD和APX是膜脂过氧化防御系统的

抗氧化酶。植物体内维持较高的SOD、POD和APX活性并与活性氧含量保持一定的动态平衡, 是植物抵御低温逆境胁迫的生理基础(李晶等2000; 杜朝昆等2005)。由表2可见, 在冷胁迫或冷胁迫后生长恢复期间, 喷20~40 mg·L⁻¹ DA-6的番茄幼苗叶中3种酶的活性均明显提高。但60~80 mg·L⁻¹ DA-6的效果与未喷DA-6的差异不明显, 冷胁迫时SOD和APX酶活性甚至呈现下降趋势, 显示喷施过高浓度的DA-6反而对幼苗的酶活

表2 DA-6对番茄幼苗叶中抗氧化酶活性的影响

Table 2 Effects of DA-6 on the activities of antioxidases in leaves of tomato seedlings

DA-6 浓度 / mg·L ⁻¹	SOD 活性 /U·g ⁻¹ (FW)		POD 活性 /U·g ⁻¹ (FW)		APX 活性 /Δ290·min ⁻¹ ·g ⁻¹ (FW)	
	冷胁迫下	生长恢复后	冷胁迫下	生长恢复后	冷胁迫下	生长恢复后
0	65.1 (100)	45.2 (100)	967.4 (100)	1 080.0 (100)	0.24 (100)	0.15 (100)
5	66.7 (102)	56.4 (125)	1 338.2 (138)	1 085.2 (100)	0.28 (117)	0.17 (113)
10	76.3 (117)	56.4 (125)	1 328.2 (137)	1 376.8 (127)	0.37 (154)	0.16 (106)
20	92.9 (143)	62.8 (139)	1 828.2 (189)	1 575.6 (146)	0.33 (138)	0.23 (153)
40	87.5 (134)	58.3 (129)	1 863.7 (193)	2 087.4 (193)	0.41 (171)	0.21 (140)
60	52.2 (80)	50.4 (112)	1 315.6 (136)	1 257.8 (116)	0.26 (108)	0.19 (126)
80	72.3 (111)	47.6 (105)	1 035.6 (107)	1 242.9 (115)	0.17 (71)	0.16 (106)

性起抑制作用。

4 DA-6对番茄幼苗叶中丙二醛含量的影响

丙二醛(MAD)是膜脂过氧化的产物, 其含量的多少与细胞膜受损程度呈正相关。由图2可见, 冷胁迫下喷施不同浓度DA-6的叶中MDA含量均大于生长恢复以后的, 表明低温胁迫加剧脂质过氧化, 因而MDA积累增多。喷低浓度(5~40

mg·L⁻¹) DA-6的番茄幼苗中MDA含量均较低, 但随着DA-6浓度的提高, MDA含量反而上升。这表明低浓度的DA-6可减轻冷胁迫对番茄幼苗膜系统的伤害, 浓度过高膜损伤即加重。

总之, 冷胁迫前适当喷施DA-6可在一定程度上提高番茄幼苗的抗冷性, 其中以喷施20~40 mg·L⁻¹ DA-6的效果最佳, 植株的抗冷能力明显增强。

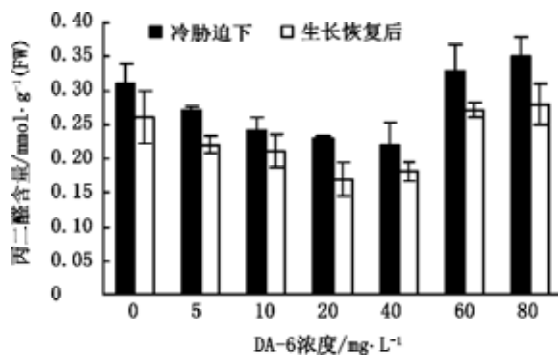


图2 DA-6对番茄幼苗冷胁迫下和生长恢复后叶中丙二醛含量的影响

Fig.2 Effects of DA-6 on MDA content in leaves of tomato seedling under cold stress and recovery period

参考文献

- 杜朝昆, 李忠光, 龚明(2005). 水杨酸诱导的玉米幼苗适应高温和低温胁迫的能力与抗氧化酶系统的关系. 植物生理学通讯, 41 (1): 19~22
- 段留生, 田晓莉(2005). 作物化学控制原理与技术. 北京: 中国农业出版社, 222~223
- 郝再彬, 苍晶, 徐伸(2004). 植物生理学实验. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 71~116
- 李树德(1993). 番茄育种和栽培的回顾与展望. 济南: 山东科学技术出版社, 35
- 李晶, 阎秀峰, 祖先刚(2000). 低温胁迫下红松幼苗活性氧的产生及保护酶的变化. 植物学报, 42 (2): 148~152
- 梁广坚, 李芸瑛, 邵玲(1998). DA-6和BR+GA₃对菠菜生长和光

- 合速率的影响. 园艺学报, 25 (4): 356~360
- 梁颖(2003). DA-6对水稻幼苗抗冷性的影响. 山地农业生物学报, 22 (2): 95~98
- 林多, 魏毓棠, 王世刚(2000). 番茄耐低温研究进展. 沈阳农业大学学报, 31 (6): 585~589
- 刘向莉, 高丽红, 刘明池(2005). 植物组织中自由水和束缚水含量测定方法的改进. 中国蔬菜, (4): 9~11
- 沈文飏, 徐朗莱, 叶茂炳, 张荣铤(1996). 抗坏血酸过氧化物酶活性测定的探讨. 植物生理学通讯, (3): 203~205
- 王孝宣, 李树德, 东惠茹(1998). 番茄品种耐寒性与ABA和可溶性糖含量的关系. 园艺学报, 25 (1): 56~60
- 吴以德, 何景(1980). 三叶橡胶树束缚水指标与抗寒性关系. 植物生理学报, 6 (2): 107~114
- 张志良, 瞿伟菁(2003). 植物生理学实验指导. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 52~159
- 朱广廉, 钟海文, 张爱琴(1990). 植物生理实验. 北京: 北京大学出版社, 226~228
- Giannopolitis CN, Ries SK (1977). Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiol*, 59: 309~314
- Humbeck K, Melis A, Krupinska K (1994). Effects of chilling on chloroplast development in barley primary foliage leaves. *J Plant Physiol*, 143: 744~749