

外源 ALA、CaCl₂ 和水杨酸对盐胁迫下甜瓜幼苗 一些生理特性的影响

周贺芳, 邹志荣, 孟长军, 郭海涛, 杨兴娟

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 幼苗为材料, 采用单因素试验设计, 研究了 5-氨基乙酰丙酸 (ALA)、水杨酸 (SA) 及氯化钙 (CaCl₂) 三种外源物质对 1% NaCl 胁迫下甜瓜幼苗生理生化指标的影响。结果表明, 三种外源物质均对缓解盐胁迫下甜瓜幼苗的伤害起到一定的作用, 其中以 6~12 g/100m² ALA 处理的缓解效果最好, 可显著提高植株干鲜重、叶面积、根系活力和叶片可溶性糖含量; 显著降低叶片丙二醛 (MDA) 含量和电解质渗出率, 增强了甜瓜幼苗对盐胁迫逆境的抵抗能力, 减轻和缓解盐伤害。

关键词: 甜瓜; 盐胁迫; ALA; CaCl₂; 水杨酸

中图分类号: S652.034 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)04-0212-04

5-氨基乙酰丙酸 (5-aminolevulinic acid, ALA) 是所有卟啉化合物生物合成的关键前体, 作为植物叶绿素合成研究的一个部分, 很早就受到重视^[1]。研究表明, 它不单纯是一种植物体代谢中间产物, 而且可能参与植物生长发育的调节过程。在高浓度时, 外源 ALA 可以作为无污染、无残留的光敏除草剂; 在低浓度下大幅度地提高多种作物产量, 并明显提高植物的抗冷性和耐盐性^[2]。但 ALA 提高植物对逆境胁迫适应性的机理还不是很清楚。

近年来, 张士功等^[3~5]分别研究了 SA 对盐胁迫条件下小麦、黄瓜、大豆的萌发及幼苗生长的缓解作用, 发现盐胁迫下 SA 能改善种子发芽状况, 减轻膜伤害程度, 降低根系 Na⁺ 并提高根系对 K⁺ 向上运输的选择性, 所以有效缓解了盐胁迫对小麦的伤害^[6]。而钙在抗盐性方面的研究在番茄等作物上也已有报道, 但是在众多的抗盐物质中, 其效果差异性的报道还较少。本研究利用三种在植物抗逆性特别是在抗盐性方面有一定作用的外源物质对甜瓜幼苗进行处理, 比较 5-氨基乙酰丙酸 (ALA)、水杨酸 (SA) 及氯化钙 (CaCl₂) 在缓解甜瓜盐胁迫方面的效果。

1 材料与方法

1.1 试验设计

甜瓜品种选用西北地区主栽厚皮甜瓜“优选早

蜜”, 由杨凌千普农业种子有限公司提供, 该品种具有高产、抗逆性强和生态适应性广的特点。本试验于 2006 年 8~10 月在西北农林科技大学园艺学院试验场连栋温室内进行。种子播种前温汤浸种 4 h, 催芽 24 h, 8 月 20 日播种于 9 cm × 9 cm 塑料营养钵中, 播种基质为草炭: 蛭石 = 2: 1 (V/V), 每立方米基质中加入复合肥 (N: P₂O₅: K₂O = 1: 1: 1) 2 kg, 常规管理。待幼苗长到第三片真叶露心时进行处理。其中 ALA 为日本 Cosmo 公司生产, SA、CaCl₂ 和 NaCl 为分析纯由上海国药集团生产。共设 10 个处理 (见表 1), CaCl₂、水杨酸 (SA) 采用灌根, 用 150 mmol/L NaCl 溶液配制, 每株约 40 ml。ALA 采用叶面喷施, 同时浇 150 mmol/L 的 NaCl 溶液约 40 ml。每周处理一次, 连续处理两周, 每次处理均在傍晚进行。单因素随机区组设计, 3 次重复, 每处理小区 25 株。所用幼苗形态、长势、大小基本一致。

1.2 观察记载项目与方法

1.2.1 形态指标 处理后第 20 天测定幼苗茎粗 (子叶节下 1 cm 处粗度)、株高 (子叶节到生长点之间的距离)、叶面积、全株干鲜质量, 计算壮苗指数。计算公式: 壮苗指数 = 茎粗/茎高 × 全株干质量 × 100。

1.2.2 生理生化指标 盐胁迫后第 17 天取 5 株幼苗 2、3 片真叶进行测定, 3 次重复。叶面积用叶面积仪及称重法测定; 根系活力用 TTC 法测定; 细胞

收稿日期: 2006-12-15

基金项目: 陕西省科技攻关项目 (2001BA503B-10)

作者简介: 周贺芳 (1980-), 女, 山西大同人, 硕士研究生, 主要从事设施栽培与生理研究, E-mail: zhf003200@163.com.

通讯作者: 邹志荣, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事设施农业理论与技术, E-mail: zouzhirong2005@163.com.

膜透性的测定采用相对电导率法;丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸法测定;可溶性糖用蒽酮法测定;蛋白质含量用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[7]。

表 1 试验设计与处理

Table 1 Design and treatments of the experiment

		处理 Treatments	
CK		150 mmol/L NaCl	
CaCl ₂	低浓度 Low	150 mmol/L NaCl + 5 mmol/L CaCl ₂	
	中浓度 Mid	150 mmol/L NaCl + 10 mmol/L CaCl ₂	
	高浓度 High	150 mmol/L NaCl + 20 mmol/L CaCl ₂	
SA	低浓度 Low	150 mmol/L NaCl + 50 mg/L SA	
	中浓度 Mid	150 mmol/L NaCl + 100 mg/L SA	
	高浓度 High	150 mmol/L NaCl + 200 mg/L SA	
ALA	低浓度 Low	150 mmol/L NaCl + 3 g/100m ² ALA	
	中浓度 Mid	150 mmol/L NaCl + 6 g/100m ² ALA	
	高浓度 High	150 mmol/L NaCl + 12 g/100m ² ALA	

表 2 外源化学物质对盐胁迫下甜瓜幼苗地上部干鲜重、叶面积及叶绿素含量的影响

Table 2 Effect of exogenous chemicals on dry/fresh weight area of leaf and Chlorophyll of muskmelon seedlings under different salt stress

处理 Treatments	株高 Stem height (cm)	茎粗 Stem diameter (cm)	叶面积 Area of leaf (cm ²)	总鲜重 Fresh weight (g)	总干重 Dry weight (g)	壮苗指数 Index of sound seedling
CK	11.125 aA	0.381 bcdABC	44.790 bcdBC	2.13 bcB	0.252 bcBC	0.903 bBC
低 Ca Low Ca	11.125 aA	0.379 cdBC	47.943 abAB	2.44 abAB	0.276 abAB	0.975 bB
中 Ca Mid· Ca	10.650 aA	0.382 bcdABC	41.263 defCD	2.30 bcAB	0.260 bABC	0.963 bB
高 Ca High Ca	10.500 aA	0.376 dBC	37.680 fgDE	2.39 abAB	0.271 bABC	1.005 bB
低 SA Low SA	11.325 aA	0.38 cdABC	40.203 efCDE	2.17 bcAB	0.255 bcBC	0.940 bB
中 SA Mid· SA	10.650 aA	0.372 dC	34.620 gE	1.92 cB	0.215 cC	0.692 cC
高 SA High SA	10.975 aA	0.396 abcAB	43.203 cdeBCD	2.27 bcAB	0.267 bABC	0.943 bB
低 ALA Low ALA	11.725 aA	0.396 abcAB	41.917 cdefCD	2.44 abAB	0.280 abAB	0.863 bBC
中 ALA Mid· ALA	10.800 aA	0.398 abAB	45.853 bcBC	2.78 aA	0.295 aA	1.294 aA
高 ALA High ALA	10.700 aA	0.403 aA	51.73 aA	2.24 bcAB	0.238 bcBC	0.914 bBC

注:小写字母表示 $P<0.05$ 差异水平,大写字母表示 $P<0.01$ 差异水平。下同。

Note: Small letters mean difference at $P<0.05$ level and capital letters mean $P<0.01$. The same as below.

2.2 外源化学物质对盐胁迫下甜瓜幼苗根系活力和叶片蛋白质含量的影响

由表 3 看出,由于盐胁迫致使甜瓜幼苗根系受到伤害,根系活力受到一定的影响。三种外源物质都极显著提高了植株的根系活力,其中中 ALA 和低 ALA 处理提高的幅度最大,分别为 CK 的 2.16 倍

1.3 数据分析

利用 Excel、DPS 软件对试验数据进行差异显著性分析、相关分析和作图。

2 结果与分析

2.1 外源化学物质对盐胁迫下甜瓜幼苗形态指标的影响

150 mmol/L 的 NaCl 处理使甜瓜幼苗的生长受阻,外源 ALA、SA、CaCl 三处理可不同程度缓解盐胁迫对甜瓜幼苗生长的抑制作用。由表 2 可以看出,中 ALA 处理的干鲜重均极显著高于 CK,而其它处理虽然起到了一定的缓解作用,但差异不显著。与对照相比,高 ALA 处理的茎粗、叶面积分别提高了 5.8%、15.5%,差异达到显著水平,明显促进了甜瓜幼苗的生长发育;同时低 Ca 和中 ALA 处理的效果也较好,其叶面积分别提高了 7.1%和 2.4%,而 SA 处理对增加叶面积的效果不明显。

和 2.14 倍。逆境条件下,蛋白的分解大于合成,分析表 3 可知,盐胁迫后高 ALA、中 SA 和高 Ca 处理叶片蛋白质含量均显著低于 CK,分别为 CK 的 83.0%、83.9%和 85.9%,差异达极显著水平,其它处理叶片的蛋白质含量则与 CK 差异不显著。可见外源物质对于减缓可溶性蛋白分解的效果不明显。

表 3 外源化学化学物质对盐胁迫下甜瓜幼苗根系活力、叶片蛋白质含量、叶片 MDA 含量及可溶性总糖含量的影响

Table 3 Effect of exogenous chemicals on root activity, protein content, MDA content, dissolved sugar content of muskmelon seedlings under salt stress

处理 Treatments	根系活力 Root activity [mg/(g·h)]	叶片蛋白质 含量 Protein content (%)	MDA [mmol/(g FW)]	可溶性糖含量 Dissolved sugar content (%)	细胞膜相对透性 Permeability of cell (%)
CK	0.125 dD	21.018 abAB	5.234 cC	4.422 hF	44.001 aA
低 Ca Low Ca	0.222 abcABC	19.202 cdBC	4.055 fEF	5.432 fDE	28.946 cB
中 Ca Mid. Ca	0.214 bcABC	20.436 bcAB	8.268 aA	5.695 efD	34.345 bB
高 Ca High Ca	0.198 cBC	18.047 deC	4.345 deDE	5.049 gE	44.036 aA
低 SA Low SA	0.262 abAB	22.453 aA	5.953 bB	6.196 cdC	46.853 aA
中 SA Mid. SA	0.199 cBC	17.628 deC	4.110 efEF	7.437 aA	28.255 cB
高 SA High SA	0.226 abcABC	20.968 abAB	4.511 dD	6.877 bB	44.655 aA
低 ALA Low ALA	0.268 aA	21.920 abA	5.347 cC	6.391 cC	46.124 aA
中 ALA Mid. ALA	0.270 aA	20.333 bcAB	8.121 aA	7.319 aAB	28.998 cB
高 ALA High ALA	0.194 cC	17.450 eC	3.828 gF	5.919 deCD	28.125 cB

2.3 外源化学物质对盐胁迫下甜瓜幼苗叶片 MDA 含量、细胞膜相对透性和叶片可溶性糖含量的影响

MDA 是膜脂过氧化作用的最终产物,是膜系统受害的重要标志之一^[8]。由表 3 可以看出,高 ALA、低 Ca、高 Ca、中 SA、高 SA 处理的 MDA 含量都极显著低于 CK,分别为 CK 的 73.1%, 77.5%, 83.0%, 78.5%, 86.2%, 表明这些处理虽然会引起甜瓜幼苗叶片一定程度的膜脂过氧化,但能增强其对盐胁迫的适应能力。

甜瓜叶片细胞膜相对透性(表 3),在盐胁迫后以高 ALA 处理最低,为 CK 的 63.9%;中 SA、高 Ca、中 ALA 和中 Ca 处理也显著低于 CK,分别为 CK 的 64.1%, 65.8%, 65.9%和 78.1%。

可溶性糖参与渗透调节作用,它是合成有机物质的碳架和能量来源,对细胞膜和原生质胶体也有重要的稳定作用,可以缓解盐离子大量进入细胞造成植株失水而带来的伤害,以及由此引发的一系列次生伤害^[9,10]。可溶性糖含量在盐胁迫后,各处理之间含量差异显著,三种不同的外源物质都极显著增加了叶片可溶性糖的含量,其中以中 SA 和中 ALA 含量最高,为 CK 的 1.68 倍和 1.66 倍。

3 讨论

盐害是植物组织的一种重要胁迫因子,它能干扰植物组织的正常生理代谢,导致植物细胞受到伤害从而使植株生长缓慢或死亡^[11]。本研究结果表明,三种外源物质都起到不同程度的缓解作用,同时也存在较大的差异性。

3.1 ALA 处理对盐胁迫下甜瓜生长的影响

Watanabe 等^[12]在比较 12 种植物生长调节物

质对棉花耐盐性影响的试验中观察到,以 1.5% NaCl 处理的植株全部死亡,而经 100~300 mg/L ALA 处理的受害率仅为 20%~30%,且植株干重和鲜重与未经 NaCl 处理的差异不显著,这暗示 ALA 在提高植物耐盐性中有一定的应用前景。从以上试验结果可以看出,施用外源 ALA 可以显著增强甜瓜幼苗的抗盐能力,降低盐害指数,促进甜瓜幼苗的健壮生长。其途径可能通过调节叶绿素的合成,提高叶绿素和捕光系统 II 的稳定性、提高植株的光合效率、影响呼吸作用、促进生物体内物质运输来实现的,从而为植物生长奠定了雄厚的物质和能量基础^[13]。其中以 6~12 g/100m² 的 ALA 效果最好。

3.2 SA 处理对盐胁迫下甜瓜生长的影响

SA 被认为是植物在逆境胁迫反应中产生的一种信号分子^[14]。试验表明,100~200 mg/L 的 SA 在缓解甜瓜盐害中的作用较明显,这与宋士清^[15]等在黄瓜幼苗中的研究结果相符合。而 50 mg/L 的 SA 对于缓解甜瓜幼苗根系所受到的伤害起到了良好的效果,显著提高根系活力,究其原因是因为低浓度的 SA 溶液具有诱导不定根形成和促进根系生长的作用,且在一定范围内随 SA 浓度的增加,效应加强,但高浓度的 SA 溶液不但会抑制生根,而且对幼苗有伤害作用^[16]。

3.3 Ca²⁺ 处理对盐胁迫下甜瓜生长的影响

在一定范围内 Ca²⁺ 的存在能消除盐胁迫造成的生长抑制。作物可以通过吸收土壤中的 Ca²⁺ 或释放细胞中储藏的 Ca²⁺ 来减少对 Na⁺ 的吸收,适量的钙离子能降低质膜透性,阻止胞内钾离子的外渗和钠离子的进入,从而提高植物的耐盐性,促进植物

生长^[17]。从以上的分析可以看出,5 mmol/L CaCl₂ 可以显著提高植株根系活力,促进可溶性糖的合成和降低质膜相对透性,优于另外两种浓度的处理效果。究其原因 CaCl₂ 虽能提供钙,但也增加了 NaCl 胁迫中所形成的 Cl⁻ 含量。而 Cl⁻ 可以促进核糖核酸的释放和增加该酶的活性,从而加速 RNA 的分解,不利于蛋白质的合成。同时 Cl⁻ 的进入明显抑制植物的光合作用、加深盐对植物的伤害^[18]。

综上所述,本试验中所采用的三种物质在一定生理生化指标方面对甜瓜幼苗的盐胁迫起到了缓解作用,但相比较以 6~12 g/100m² 的 ALA 处理效果最好,优于其它两种外源物质,有效地缓解了甜瓜盐害,但 ALA 提高植物抗逆性的机制尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] Castel franco P A, Beale S I. Chlorophyll biosynthesis: recent advances and areas of current interest [J]. *Ann Rev Plant Physiology*, 1983, 34: 241-278.
- [2] Bindu R C, Vivekanandan M. Hormonal activities of 5-aminolevulinic acid in callus induction and micro propagation [J]. *Plant Growth Regul*, 1998, 26: 15-18.
- [3] 张士功,高吉寅,宋景芝.水杨酸对小麦种子萌发和幼苗生长过程中盐害的缓解作用[J].*中国农业科学*,1998,31(4):90-91.
- [4] 王艳,杨晓杰.水杨酸对大豆幼苗盐伤害的缓解效应[J].*中国农业科学通报*,2005,21(8):172-174.
- [5] 孙丽娜,曲敏,任广涛,等.水杨酸对盐胁迫下黄瓜种子萌发和幼苗生长发育的影响[J].*东北农业大学学报*,2006,37(4):

- 449-453.
- [6] 张士功,高吉寅,宋景芝,等.水杨酸和阿斯匹林对小麦幼苗生长过程中盐害的缓解效应[J].*西北植物学报*,1998,18(4):549-554.
- [7] 高俊凤.植物生理学试验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.
- [8] Larc D A, Tottempudi K P, Cecil R S. Changes in is cymes profiles of catalane peroxides and glutathione reduces during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedling[J]. *Plant Physiology*, 1995, 109: 1247-1257.
- [9] 刘祖祺,张石城.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1994.222-290.
- [10] 林栖凤.耐盐植物研究[M].北京:科学出版社,2004.144-146.
- [11] CRISTINA L M, MICHELA S M, FLAVIA N L. Ant oxidative enzymes in wheat subjected to increasing water deficit and dewatering[J]. *J Plant Physiol*, 2000, 157: 273-279.
- [12] Watanabe K, Tanaka T, Hotta Y, et al. Improving salt tolerance of cotton seedlings with 5-aminolevulinic acid[J]. *Plant Growth Regul*, 2000, 32: 99-103.
- [13] 汪良驹,姜卫兵.ALA提高植物抗逆性的研究[A].李玲.2002年全国植物生长物质会议论文集[C].广州:华南师范大学出版社,2002.36.
- [14] 李兆亮,原永兵,刘连成,等.黄瓜细胞中水杨酸的信号传递研究[J].*植物学报*,1998,40(5):430-436.
- [15] 宋士清,郭世荣,尚庆茂,等.外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗的生理效应[J].*园艺学报*,2006,33(1):68-72.
- [16] 阎莉瑾,于继洲,郭艳,等.水杨酸在园艺植物中的应用[J].*广西园艺*,2006,17(2):50-51.
- [17] 戴高兴,彭克勤,皮灿辉.钙对植物耐盐性的影响[J].*中国农业通报*,2003,19(3):97-100.
- [18] 徐颖.盐胁迫下不同的钙盐对小麦幼苗耐盐特性的研究[J].*山东教育学院学报*,2003,6:91-96.

The effect of exogenous ALA、CaCl₂ and SA on physiological characteristics of muskmelon seedling under salt stress

ZHOU He-fang, ZOU Zhi-rong, MENG Chang-jun, GUO Hai-tao, YANG Xing-juan
(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Effects of different kinds of exogenous chemicals ALA, SA and CaCl₂ on seedlings of muskmelon (*Cucumis melo* L.) were studied and physiological and biochemical characteristics were measured under 150 mmol/L NaCl stress. The results showed that the three kinds of exogenous chemicals alleviated the inhibition of muskmelon seedlings' growth under salt stress. ALA treatments worked best and fresh/dry weight, area of leaf, root activity, dissolved sugar content increased; MDA content and cell membrane decreased after exogenous 6~12 g/100m² ALA treatments. It could induce salt resistance, salt tolerance and decrease and alleviate damage degree of salt of muskmelon seedlings.

Key words: muskmelon; salt stress; 5-aminolevulinic acid; CaCl₂; SA