外源 ALA 对 NaCl 胁迫下不同品种西葫芦生理特性及产量的影响

童金珠，邹志荣
（西北农林科技大学园艺学院，陕西 杨凌 712100）

摘 要：以 2 个耐盐性不同的西葫芦品种翡翠二号（耐盐性较强）和新早青一代（耐盐性较弱）为材料，研究了叶面喷布 5－氨基乙酰丙酸（ALA）对 200 mmol/L，400 mmol/L NaCl 胁迫下西葫芦生长某些生理特性及果实产量的影响。结果表明，外源 ALA 对 200 mmol/L NaCl 胁迫下盐敏感品种的生长及生理特性的缓解作用较好，而在 400 mmol/L NaCl 胁迫下 ALA 对耐盐性较强的翡翠二号的缓解作用显著。ALA 处理可提高 NaCl 胁迫下西葫芦叶片的叶绿素、可溶性蛋白及脯氨酸含量，降低细胞膜透性，抑制 MDA 产生，增加西葫芦植株对盐胁迫的抵抗能力，显著提高盐胁迫下西葫芦产量。

关键词：5－氨基乙酰丙酸（ALA）；NaCl 胁迫；西葫芦；生理特性；产量
中图分类号：S642.6 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-7601(2009)04-0116-05

5-氨基乙酰丙酸（5-aminolevulinicacid，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]。近年来，这种化合物引起人们很大的兴趣，并在叶绿素或亚铁血红素生物合成方面开展了大量的研究工作，发现它不仅可以调节叶绿素的合成，提高光合效率[2]，而且在低浓度时能够调节植物生长发育，促进作物增产，提高抗冷性、耐盐性，并被视为一种新的具有多种生理功能的内源生长调节物质[3]，另外高浓度的外源 ALA 可以作为无污染、无残留的光敏除草剂[4]。Hotta 等[5]系统报道了低浓度 ALA 对多种作物生长及产量的效应，从而证明了 ALA 可促进作物生长并提高产量。Watanabe 等[6]证明了 ALA 在提高植物耐盐性中有一定的应用前景。

随着我国蔬菜生产的不断发展，当代蔬菜生产逐渐转向设施栽培。而设施栽培中由于施肥量大，低温高，蒸发旺盛，无雨水淋溶，且盐分不易流失，使土壤次生盐渍化日益严重[7]，导致蔬菜生长发育受到抑制，产量和品质降低，严重影响设施生产的可持续发展。针对这一问题，本试验选用栽培面积大的西葫芦为试验材料，研究 ALA 对盐胁迫下西葫芦的某些生理特性及产量的影响，以期为西葫芦耐盐性的研究提供现实依据，同时为设施农业生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种：翡翠二号和新早青一代，系杂交一代品种。ALA 由日本 COSMO 公司提供。取两个品种成熟饱满的种子各 100 粒于发芽盒内，加入 0.1% NaCl 溶液，以蒸馏水处理为对照（CK），在培养箱内（28℃）发芽，重复 3 次，3 天后调查种子发芽率，验证两个西葫芦品种的耐盐性[8]。

1.2 试验方法

1.2.1 *试材培育及处理* 试验于 2008 年 3 月至 6 月在西北农林科技大学园艺场大棚内进行。选取籽粒饱满、整齐一致的种子，55℃温汤浸种 15 min 后，在 28℃培养箱内催芽。待种子发芽后播入 9 cm×9 cm 的塑料营养钵中，育苗基质为田园土/充分腐熟牛粪＝3/1(V:V)，常规管理。待幼苗长到三叶一心时，选择长势一致的幼苗定植在日光温室内，小区面积 7.0 m×0.6 m，随机区组排列，并设有保护区，小区之间埋深 0.4 m 的塑料薄膜以防水分及盐分互渗，每小区定植 10 株，株距为 60 cm。定植前土壤的基本状况：有机质含量：14.87 g/kg；速效氮：158.46 mg/kg；速效磷：21.10 mg/kg；速效钾：143.22 mg/kg；pH 值 7.54，EC 值 0.59 ms/cm，田间持水量 25%。

定植缓苗后进行盐胁迫处理，盐处理 3 d 后叶

收稿日期：2008-10-15
基金项目：西安市农业攻关项目“设施蔬菜精准肥水智能控制技术研究”（CG06104）
作者简介：童金珠（1982—），女，陕西西安人，硕士研究生，主要从事设施园艺研究。E-mail:tjz0512@yahoo.com.cn。
通讯作者：邹志荣（1956—），男，陕西延安人，教授，博士生导师。E-mail:zouzhirong2005@163.com。

万方数据

面喷施 ALA。本实验采用的土壤盐胁迫环境模拟实际大田环境,但又与实际大田环境不同。本实验中的土壤环境只受到单一的 NaCl 胁迫,且人为灌入 NaCl 后,土壤也有一定的缓释效应,与灌入的最初浓度相比会有所偏低。本试验每个品种设 5 个处理。CK,只供清水,作对照处理;CK_1,根际(距离主茎约 2 cm)注入 250 ml 200 mmol/L NaCl;CK_2,根部注入相同量 400 mmol/L NaCl;A,NaCl 胁迫(方法同 CK_1)基础上,叶面喷施 0.06 g/m^2 ALA(添加 0.01% Triton 展着剂),作 200 mmol/L NaCl + ALA 处理;B,作 400 mmol/L NaCl + ALA 处理(方法同 A)。每个处理重复 3 次,共 30 个小区。每隔 14 d 进行一次处理,整个生育期共处理 6 次。由于 ALA 在 pH = 6.5 时发挥较大作用且见光易分解,于是用磷酸调 pH 值后稀释,傍晚进行叶面喷布。同时定期测量土壤含水量(田间持水量的 75% ~ 90%,保持各处理土壤含水量基本一致)。试验结束后测得西葫芦根系分布范围内土壤电导值(200 mmol/L: EC = 0.85 ~ 0.95 ms/cm:400 mmol/L: EC = 1.37 ~ 1.45 ms/cm)。

小区分为取样株和测产株两个部分,取样株 4 株,测产株 6 株,每次从取样株中随机选取 3 株取样,进行各项指标的测定。

1.2.2　测定项目与方法　土壤 EC 值采用 DDS - 307 型数字式电导仪测定,土壤含水量用土壤水分张力计(Moisture Plot V2)进行测定,并定期用烘干法校正。叶片中可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝 G - 250 染色法[9],叶绿素含量的测定用丙酮浸提法[9],细胞膜透性采用相对电导率法[9],丙二醛(MDA)含量用硫代巴比妥酸法[9],脯氨酸含量的测定采用茚三酮比色法[9]。测定西葫芦平均单果重、果实数及产量。

1.3　统计分析

所有数据的处理和相关性分析用 Microsoft Excel2007 软件,DPS2.0 数据处理软件对平均数用 Duncan's 新复极差法进行多重比较完成。

2　结果与分析

2.1　外源 ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫下西葫芦叶片叶绿素含量的影响

从表 1 可以看出,随盐浓度的增加,两个品种西葫芦叶片叶绿素 a(chla)、叶绿素 b(chlb)和叶绿素 a + b[chl(a + b)]含量均显著降低。在相同浓度盐胁迫下,盐敏感品种新早青一代叶片的 Chla,Chlb 和 Chl(a + b)均比耐盐品种翡翠二号要高。ALA 处理显著提高了盐胁迫下西葫芦叶片的叶绿素含量。CK_2 与 CK_1 相比,翡翠二号叶片的 Chla,Chlb 和 Chl(a + b)增加了13.51%,13.39%和13.46%;新早青一代叶片的 Chla,Chlb 和 Chl(a + b)分别增加了30.13%,31.90%和30.80%。B 与 CK_2 相比,翡翠二号叶片的 Chla,Chlb 和 Chl(a + b)分别增加了40.58%,56.98%和46.80%;新早青一代叶片的 Chla,Chlb 和 Chl(a + b)分别增加了 13.80%,10.86%和12.68%。由此说明,喷施 ALA 可提高 NaCl 胁迫下西葫芦植株叶片中叶绿素含量,且 200 mmol/L NaCl 胁迫下盐敏感品种的缓解作用显著,400 mmol/L NaCl 胁迫下耐盐品种的缓解作用显著。

表 1　不同处理对 NaCl 胁迫下西葫芦叶片叶绿素含量的影响

Table 1　Effect of different treatment on the chlorophyll contents in leaves of pumpkin under NaCl stress

品种 Cultivars	处理 Treatments	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content (mg/gFW)	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content (mg/gFW)	叶绿素 a + b 含量 Chlorophyll a + b content (mg/gFW)
翡翠二号 Feicui 2	CK	1.3695a	0.8708b	2.2970b
	CK_1	1.2371b	0.7909c	2.0280c
	CK_2	1.0480c	0.6400d	1.6880d
	A	1.4042a	0.8968b	2.3010b
	B	1.4733a	1.0047a	2.4780a
新早青一代 Xinzaoqing 1	CK	1.6895a	1.1737a	2.8632a
	CK_1	1.2845d	0.7900c	2.0745c
	CK_2	1.1475e	0.7047d	1.8522d
	A	1.6715b	1.0420b	2.7135b
	B	1.3058c	0.7812c	2.0870c

注:不同小写字母表示 5%显著水平,下同。

Note: The different lowercase letters mean significant differences at $P < 0.05$, and they are the same in the follows.

万方数据

2.2 外源 ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫下西葫芦叶片 MDA 含量及细胞膜透性的影响

丙二醛是脂质过氧化作用的产物，其含量的多少可代表细胞膜受损伤程度的大小。它通过影响细胞膜透性及膜蛋白而影响细胞对离子的吸收和积累及活性氧代谢系统的平衡，破坏植物细胞膜的透性，影响植物各种生理代谢，最终影响它的生长。

图 1A 所示，随着盐浓度的增加，耐盐品种翡翠二号丙二醛含量逐渐增加，且低盐条件下，增加不明显，高盐条件下，其增加量较明显。同样条件下，喷施 ALA 均可以降低盐胁迫下西葫芦叶片中 MDA 的含量。在低盐条件下，喷施 ALA 使叶片中的 MDA 含量减少 5.79%，减少不明显；在 400 mmol/L NaCl 处理下，喷施 ALA 使叶片中的 MDA 含量减少了 17.80%。从图 1B 可以看出，对于盐敏感品种新早青一代来说，随着盐浓度的增加，其丙二醛含量逐渐增加，同样，喷施 ALA 亦可降低 MDA 的含量，在低盐和高盐胁迫下分别减少 6.31% 和 14.52%。

结果表明，在盐胁迫条件下，外源 ALA 可抑制两个耐盐性不同品种西葫芦植株叶片 MDA 的产生，且对 400 mmol/L NaCl 胁迫下植株叶片 MDA 含量的缓解作用效果较好。

由图 2 可以看出，西葫芦相对电导率随盐胁迫浓度的增加而明显升高，在高盐胁迫下达到最大。ALA 处理可明显降低胁迫下西葫芦叶片的相对电导率，减轻盐胁迫对西葫芦的伤害。在低盐条件下，翡翠二号和新早青一代相对电导率分别减少了7.19% 和 13.97%。高盐条件下分别减少 15.91% 和 3.85%，表明在高盐胁迫下盐敏感品种新早青一代喷施 ALA 相对电导率降低不显著。

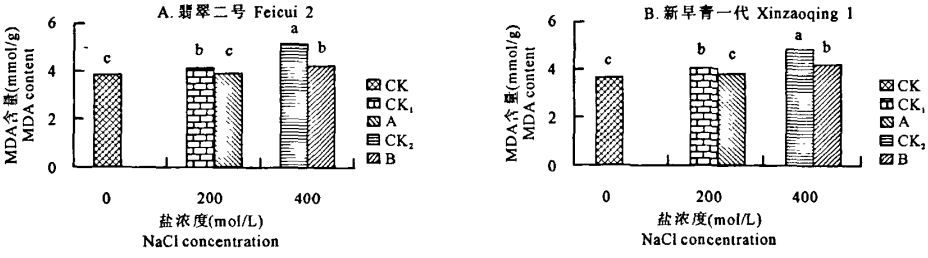

图 1 ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫下西葫芦叶片 MDA 含量的影响

Fig.1 Effects of ALA on MDA content in leaves of pumpkin under NaCl stress of different concentration

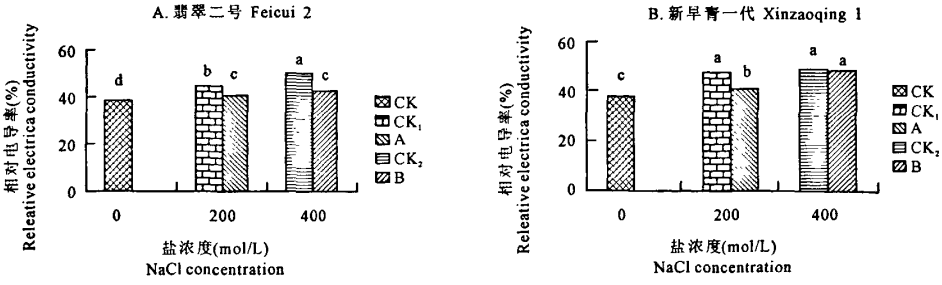

图 2 ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫下西葫芦叶片细胞膜透性的影响

Fig.2 Effects of ALA on permeability of cell in leaves of pumpkin under NaCl stress of different concentration

2.3 外源 ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫下西葫芦叶片可溶性蛋白及脯氨酸含量的影响

由图 3、4 可以看出，随着盐浓度的增加，可溶性蛋白和脯氨酸含量均逐渐升高，且都在高盐条件下升高明显。在盐胁迫条件下，ALA 处理后，两个品种可溶性蛋白及脯氨酸含量均比 NaCl 单独作用时要高。在低盐胁迫下，ALA 处理后新早青一代可溶性蛋白及脯氨酸增加量较翡翠二号显著，其可溶性蛋白及脯氨酸含量分别增加了41.23% 和51.26%，翡翠二号可溶性蛋白及脯氨酸含量分别增加了 18.37% 和 16.04%。400 mmol/L NaCl 胁迫下，经 ALA 处理后，也使两个西葫芦品种的可溶性蛋白及脯氨酸含量有所增加，而翡翠二号的增加量更为显著，分别增加 42.17% 和 43.67%，新早青一代的可溶性蛋白及脯氨酸含量分别增加 13.21% 和 24.38%。由此说明，喷施 ALA 可提高 NaCl 胁迫下西葫芦植株叶片中可溶性蛋白及脯氨酸含量，且 200 mmol/L NaCl 胁迫下盐敏感品种的缓解作用显

万方数据

著,400 mmol/L NaCl 胁迫下耐盐品种的缓解作用显　　著。

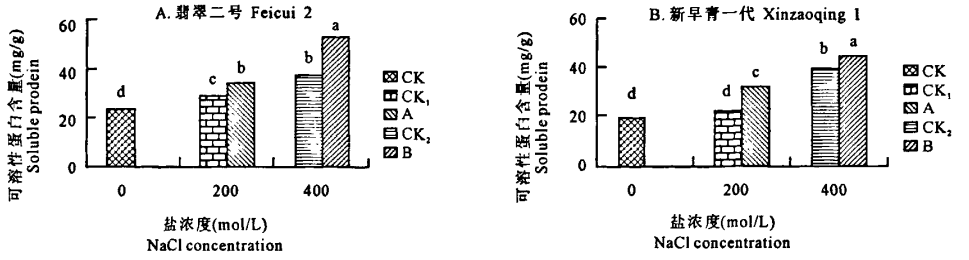

图 3　ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫西葫芦叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig.3　Effects of ALA on soluble protein in leaves of pumpkin under NaCl stress of different concentration

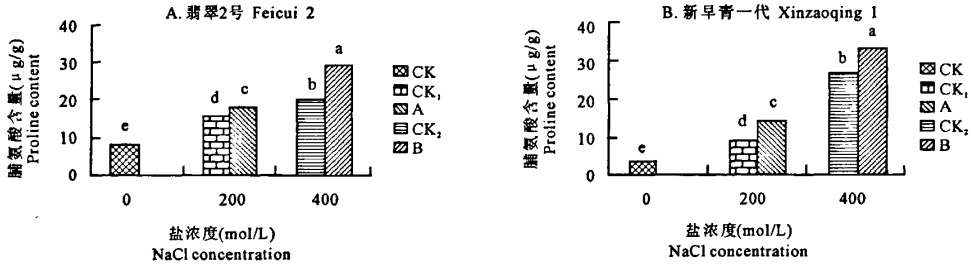

图 4　ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫西葫芦叶片脯氨酸含量的影响

Fig.4　Effects of ALA on proline content in leaves of pumpkin under NaCl stress of different concentration

2.4　外源 ALA 对不同浓度 NaCl 胁迫下西葫芦产量的影响

由表 2 可以看出,对于两个耐盐性不同的西葫芦品种,在盐胁迫条件下,随着盐浓度的增加果实数目和产量均显著降低。

表 2　不同处理对西葫芦 NaCl 胁迫下西葫芦小区产量的影响

Table 2　Effects of different treatments on pumpkin yield under NaCl stress

品种 Cultivars	处理 Treatments	单果重(g) Single fruit weight	果实数目 Number of fruit	产量(kg/6 株) Yield(kg/6 plant)
翡翠二号 Feicui 2	CK	648.94a	47.0a	30.50a
	CK_1	657.22a	36.0d	23.66c
	CK_2	656.67a	27.0e	17.73d
	A	655.71a	42.0b	27.54b
	B	652.11a	38.0c	24.78bc
新早青一代 Xinzaoqing 1	CK	645.23a	44.0a	28.39a
	CK_1	607.04b	27.0d	16.39d
	CK_2	567.31c	26.0d	14.75e
	A	607.43b	35.0b	21.26b
	B	593.55b	31.0c	18.40c

CK_1 与 CK 相比,翡翠二号、新早青一代果实数目分别减少 23.40%、38.64%;产量分别降低 22.43%、42.27%;CK_2 与 CK 相比,翡翠二号与新早青一代果实数目与产量分别降低 42.55%,40.91% 与 41.87%,48.05%。ALA 处理可显著增加果实数目和产量。A 与 CK_1 相比,ALA 处理使翡翠二号、新早青一代果实数目分别增加 16.67%、29.63%,产量分别提高了 16.40%、29.71%;B 与 CK_2 相比,ALA 处理使翡翠二号、新早青一代果实数目分别增加了 40.74%、19.23%,产量分别提高了 39.76%、24.75%。由表 2 可以看出两个品种平均单果重变化不显著。由此说明,施用 ALA 后可以增加植株产量,这种产量的增加主要是通过增加结果数来实现的。

3　结　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[10]。本试验结果表明,外源 ALA 对 NaCl 胁迫下西葫芦的生长起到了一定的缓解作用。

叶绿素是参与光合作用光能吸收、传递和转化的重要色素[11],Downton 等[12]发现,西葫芦叶绿素含量降低是引起光合速率降低的主要原因。盐胁迫下,植物细胞叶绿体和线粒体电子传递中泄漏的电子增加,活性氧大量产生[13]。本试验表明,盐胁迫使西葫芦叶片的叶绿素含量下降,喷施 ALA 有利于

万方数据

维持叶片中叶绿素的含量,进而促进西葫芦的光合速率。这与Hotta等[5]提出的ALA具有调节叶绿素合成的作用相一致。

本试验表明,在盐胁迫条件下,喷施ALA可降低膜质过氧化作用水平,减少膜质过氧化产物MDA的生成,降低细胞膜透性,缓解盐分胁迫对植物细胞膜系统的伤害,增加西葫芦对盐逆境的适应性。渗透调节物质在盐胁迫条件下的积累,已有证据表明起到了胞质渗透压调节剂的作用,保护膜与酶的结构,还可以保护细胞内许多重要代谢活动所需的酶类活性,缓解了胁迫压力[14]。本试验结果表明,ALA处理促进了NaCl胁迫下西葫芦叶片可溶性蛋白和脯氨酸的积累,从而提高西葫芦盐胁迫条件下的渗透调节能力。

研究发现,施用ALA后可以增加植株产量,这种产量的增加主要是通过增加结果数来实现的,这与Hotta等[5]在其他作物上的研究结果一致。

综上所述,ALA能明显提高西葫芦的抗盐性,但这种缓解作用是有限的,并不能达到完全消除盐害影响的目的,因此对ALA的作用机理的研究还有待深入。

参考文献:

[1] Castelfranco P A, Beale S I. Chlorophyll biosynthesis: recent advances and areas of current interest[J]. Annu Rev Plant Physiol, 1983,34:241—278.

[2] 汪良驹,姜卫兵,章 镇,等.5-氨基乙酰丙酸的生物合成和生理活性及其在农业中的潜在应用[J].植物生理学通讯,2003,39(3):185—192.

[3] 汪良驹,姜卫兵,黄保健.5-氨基乙酰丙酸对弱光下甜瓜幼苗光合作用和抗冷性的促进效应[J].园艺学报,2004,31(3):321—326.

[4] 阎宏涛,李汉杰,王邦法.光活化除草剂ALA作用机理初探[J].植物保护,1994,20(1):44—45.

[5] Hotta Y, Tanaka T, Takaoka H, et al. New physiological effects of 5-aminolevulinic acid in plants: the increase of photo synthesis chlorophyll content, and plant growth[J]. Biosci Biotech Biochem 1997, 61:2025—2028.

[6] Watanabe K, Tanaka T, Hotta Y, et al. Improving salt tolerance of cotton seedlings with 5-aminolevulinic acid[J]. Plant Growth Reoul, 2000,32:99—103.

[7] 史庆华,朱祝军,刘慧英,等.渗盐胁迫对番茄抗氧化酶和ATP酶及焦磷酸酶活性的影响[J].植物生理及分子生物学报,2004,(3):311—316.

[8] 张恩平,张淑红,司龙亭,等.NaCl胁迫对黄瓜幼苗子叶膜脂过氧化的影响[J].沈阳农业大学学报,2001,32(6):446—448.

[9] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版社,2000.

[10] Cristinalm, Michelasm, Flavianl. Ant oxidative enzymes in wheat subjected to increasing water deficit and dewatering[J]. J PlantPhysiol,2000,157:273—279.

[11] Sasaki K, Marquez F J, Nishio N, et al. Promotive effects of 5-aminolevulinic acid on the growth and photosynthesis of Spirulina platensis[J]. Ferm Bioeng, 1995,79:453—457.

[12] Downton W J S, Grant W J, Robinson S P. Stomatal closure fully accounts for the inhibition of photosynthesis by abscisic acid[J]. Plant Physiol, 1985,77:85—88.

[13] 吴雪霞,朱月林,朱为民,等.外源一氧化氮对NaCl胁迫下番茄幼苗生理影响[J].中国农业科学,2006,39(3):575—581.

[14] 费 伟,陈火英,曹 忠,等.盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2005,23(1):5—9.

Effects of exogenous ALA on some physiological characteristics and yield of pumpkin under NaCl stress

TONG Jin-zhu, ZOU Zhi-rong

(*College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: Tow pumpkin cultivars, Feicui 2 (salt tolerant) and Xinzaoqing 1 (salt sensitive) were employed to study the effect of ALA on some physical characteristics and yield of pumpkin under the stress resulted from 200 mmol/L, 400 mmol/L NaCl. The results showed that under 200 mmol/L NaCl stress, the alleviate role of ALA on the salt-sensitive species' growth and physiological characteristics is quite good, and under 400 mmol/L NaCl stress, the alleviate role of ALA on the salt-tolerant Feicui 2 is much more obvious. ALA could increase chlorophyll, soluble protein and proline content, reduce Permeability of cell and MDA content remarkably, and increase the ability of pumpkin to resist salt, at last improve production under salt stress.

Key words: ALA; NaCl stress; pumpkin; physiological characteristics; yield

万方数据