

不同浓度 NaCl 胁迫下 γ -氨基丁酸对黄瓜幼苗生长及矿质元素吸收的影响

王春燕, 郭玉佳, 张晓倩, 高洪波, 高雪梅, 郝玲玉

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

摘 要:以黄瓜品种“津春4号”幼苗为试材,采用营养液栽培法,研究了不同浓度盐(NaCl)胁迫下添加 γ -氨基丁酸(GABA)对黄瓜幼苗生长和矿质元素吸收、利用的影响。结果表明:与对照相比,NaCl 胁迫处理显著抑制了黄瓜幼苗的生长和 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的含量,而 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 Na^+ 的含量显著提高,其中 150 mmol/L NaCl 处理比 80 mmol/L NaCl 处理对黄瓜幼苗的伤害更严重;在 2 种不同浓度 NaCl 胁迫下,外源添加 γ -氨基丁酸(GABA)均有效缓解了 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗的抑制作用,其中植株地上部鲜重分别比 150 mmol/L NaCl 和 80 mmol/L NaCl 处理提高了 63.58% 和 117.21%;试验证明,NaCl 浓度越高对幼苗的伤害越重,外源 γ -氨基丁酸通过影响植株对矿质营养的吸收可缓解 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗的伤害。

关键词:黄瓜;盐胁迫; γ -氨基丁酸;生长;矿质元素

中图分类号:S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)03-0005-04

近年来,设施土壤次生盐渍化日益严重,已成为制约设施蔬菜生产的重要因素。黄瓜(*Cucumis sativus* L.)作为设施栽培的主要蔬菜作物,对盐胁迫抗性较弱,尤其是发芽期和幼苗期对盐胁迫更为敏感^[1],严重影响了

黄瓜的产量和品质的提高。

γ -氨基丁酸(GABA)作为一种四碳非蛋白质氨基酸,在调节植物细胞对逆境胁迫的反应和增强植物对逆境的适应性过程中发挥着重要的作用。已有研究表明,盐胁迫下玉米体内 GABA 含量显著提高,可通过拮抗作用缓解 Na^+ 对幼苗的伤害^[2];外源 GABA 可被植物根系吸收^[3],可通过对相关酶活性的调节影响氮素代谢,从而影响拟南芥^[4]和生菜^[5]幼苗对硝酸盐的吸收和利用,也可通过提高抗氧化酶活性和抗氧化剂含量,有效缓解盐胁迫对番茄^[6]幼苗生长的抑制作用,但是逆境胁迫下外源 GABA 与植物体矿质营养吸收的研究目前报导较

第一作者简介:王春燕(1985-),女,河北省沧州市人,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜逆境生理生态。E-mail: wangchunyan321@126.com.

责任作者:高洪波(1976-),女,河北省秦皇岛人,教授,现主要从事设施蔬菜和无土栽培等研究工作。E-mail: gaohb@hebau.edu.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30900994)。

收稿日期:2013-10-30

Effect of Ethephon and Fosetyl-aluminum on the Content of Resveratrol in the Wine Grape Peel

DAI Hong-jun¹, FAN Yong², ZHANG Yan¹

(1. College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. COFCO Great Wall Red Wine Co. Ltd, Yinchuan, Ningxia 750001)

Abstract: Taking the fruits of Carbernet-Sauvignon grapes as experimental material, the effect of CEPA, fosetyl-aluminium spraying on the changes of resveratrol in grape peel were discovered. The results showed that the induced effects of ethephon in inducing resveratrol generate was not obvious, although in the young fruit the content of resveratrol and PAL activity had increased. However, at subsequent analysis, it due to ethephon earlier the period of grapes turn color. The 30 mg/L Frostyl-aluminum could significantly improve Res content in mature grape fruit and leaf, and a longer effect time, and stimulated PAL activity increased in a short time.

Key words: resveratrol; ethephon; fosetyl-aluminium; induce; phenylalanine ammonia-lyase

少。为此,该试验以耐盐性较弱的黄瓜品种“津春4号”为试材,通过向营养液中添加 GABA,研究在不同浓度 NaCl 胁迫下 GABA 对黄瓜幼苗生长和矿质元素含量的影响,以进一步阐明 GABA 与植物体矿质营养吸收的关系及其与增强黄瓜耐盐性的作用机理。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以耐盐性较弱的“津春4号”黄瓜为试材,种子经消毒、催芽后选取整齐一致的种芽播于装有石英砂的塑料盆中,在昼温 27~30℃,夜温 16~8℃ 的智能温室内培养。幼苗子叶完全展开后浇灌 1/2 倍 Hoagland 营养液(pH 6.3±0.1,EC 值 1.0~1.2 mS/cm)。

1.2 试验方法

黄瓜幼苗培养至 4 叶 1 心时,分成 5 组,每组 24 株,定植于装有 18 L 1 倍 Hoagland 营养液的盆中。试验设 4 个处理:营养液中分别添加 80 mmol/L NaCl(80 NaCl)、150 mmol/L NaCl(150 NaCl)、80 mmol/L NaCl+5 mmol/L GABA(80 NaCl+G)、150 mmol/L NaCl+5 mmol/L GABA(150 NaCl+G),以正常营养液培养为对照(CK);培养期间用气泵维持营养液内溶氧浓度,分别于盐处理后 0、2、4、6 d,每处理选取 10 株幼苗,用卷尺测定幼苗第 3 片叶叶长和叶宽(cm),用叶面积仪测定叶面积;并于处理后第 6 天取样测定植株鲜重、干重及矿质元素含量。矿质元素含量指标的测定重复 3 次。

1.3 项目测定

黄瓜幼苗地上部和地下部鲜重、干重采用罗黄颖等^[6]的测定方法,并计算其含水量,矿质元素含量的测定参照宋锁玲等^[7]的测定方法。

1.4 数据分析

试验结果均采用 SAS 8.1 软件 Duncan's 多重比较法进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 外源 GABA 对不同浓度 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗叶片生长的影响

由图 1 可知,处理 0~6 d,对照处理的幼苗叶长、叶宽、叶面积呈持续上升的趋势,而 NaCl 处理的幼苗叶长、叶宽、叶面积显著降低,并且 150 mmol/L NaCl 处理对幼苗的伤害显著高于 80 mmol/L NaCl 处理;而 NaCl 胁迫下,添加外源 GABA 显著缓解了 NaCl 胁迫对幼苗的伤害,其中在处理 4 d 时,150 mmol/L NaCl+外源 GABA、80 mmol/L NaCl+外源 GABA 处理的幼苗叶面积分别比 150 mmol/L NaCl、80 mmol/L NaCl 处理提高了 45.45%、35.44%,表明 GABA 在一定程度上可缓解盐胁迫对黄瓜幼苗的伤害。

2.2 外源 GABA 对不同浓度 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗鲜重、干重和含水量的影响

由表 1 可知,与对照相比,NaCl 处理的黄瓜幼苗鲜重、干重和含水量均显著降低,其中 80 mmol/L NaCl 处理黄瓜幼苗地上、地下部鲜重比对照分别降低了 66.41%、65.12%,150 mmol/L NaCl 对幼苗的抑制作用更明显;在 80 mmol/L NaCl+外源 GABA 处理的黄瓜幼苗鲜重、干重、含水量均显著提高,在 150 mmol/L NaCl+外源 GABA 处理对地下部鲜重和干重的提高效果较明显,而对地上部的含水量提高效果更显著。这表明 GABA 在一定程度上通过促进幼苗地下部和地上部的吸水,可维持一定浓度盐胁迫下黄瓜幼苗的生长。

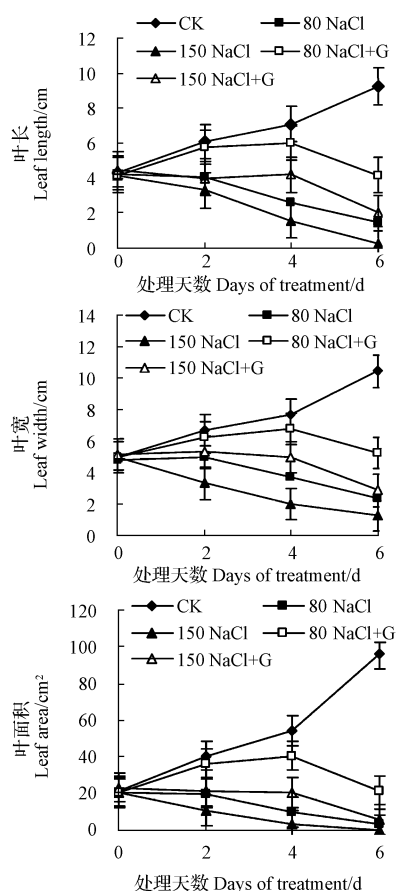


图 1 不同浓度 NaCl 胁迫下外源 GABA 对黄瓜幼苗叶片生长的影响

Fig. 1 Effects of exogenous GABA on the leaf growth of cucumber seedlings under different NaCl stress

2.3 外源 GABA 对不同浓度 NaCl 胁迫下黄瓜幼苗根系矿质元素含量的影响

由表 2 可知,与对照相比,NaCl 胁迫处理的幼苗根系 Na^{2+} 、 Cl^{-} 、 Fe^{2+} 含量显著增加,且与 NaCl 浓度呈正相关,150 mmol/L NaCl 处理的根系 Na^{2+} 、 Cl^{-} 、 Fe^{2+} 含量分别比 80 mmol/L NaCl 处理提高了 11.61%、46.51%、

45.65%; NaCl 胁迫下, 外源 GABA 处理显著降低了幼苗根系 Na^{2+} 、 Cl^{-} 、 Fe^{2+} 含量, 80 mmol/L NaCl+外源 GABA 处理的幼苗根系 Na^{2+} 、 Cl^{-} 、 Fe^{2+} 含量较 80 mmol/L NaCl 处理降低了 27.51%、15.50%、23.27%。

由表 2 还可以看出, NaCl 胁迫造成幼苗根系 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量显著低于对照, 且浓度越高下降越明

显; 外源 GABA 处理缓解了 NaCl 胁迫对根系 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收, 其根系 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量显著提高, 其中 80 mmol/L NaCl+外源 GABA 处理的幼苗根系 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量分别比未添加 GABA 的处理提高了 49.96%、38.48%、34.25%。

表 1 不同浓度 NaCl 胁迫下外源 GABA 对黄瓜幼苗鲜重和干重的影响

Table 1 Effects of exogenous GABA on fresh weight and dry weight of cucumber seedlings under different NaCl stress

处理 Treatment	地上部鲜重 Fresh weight of shoot /g·株 ⁻¹	地上部干重 Shoot dry weight /g·株 ⁻¹	地上部含水量 Water proportion of shoot /%	地下部鲜重 Fresh weight of root/g·株 ⁻¹	地下部干重 Dry weight of root /g·株 ⁻¹	地下部含水量 Moisture of root /%
CK	18.34±0.34 a	1.93±0.32 a	89.47±0.23 a	7.34±0.15 a	1.23±0.04 a	83.24±0.11 a
80 NaCl	6.16±0.13 c	1.05±0.08 c	82.95±0.10 b	2.56±0.05 c	0.65±0.08 c	74.61±0.23 c
150 NaCl	3.35±0.31 e	0.79±0.07 d	76.42±0.25 c	1.05±0.12 d	0.29±0.17 e	72.38±0.14 c
80 NaCl+G	13.38±0.12 b	1.41±0.19 b	89.46±0.30 a	5.38±0.02 b	1.13±0.10 b	79.00±0.08 b
150 NaCl+G	5.48±0.25 d	0.54±0.09 e	90.15±0.36 a	2.28±0.15 c	0.54±0.09 d	76.32±0.21 bc

注: 同列不同字母表示差异达到显著水平 ($P<0.05$), 下同。

Note: Different letters mean significant difference ($P<0.05$), the same below.

表 2 不同 NaCl 胁迫下外源 GABA 对黄瓜幼苗根系矿质元素含量的影响

Table 2 Effects of exogenous GABA on mineral elements content in roots of cucumber seedlings under different NaCl stress

处理 Treatment	钠离子含量 Na^{2+} content /mg·g ⁻¹ DW	氯离子含量 Cl^{-} content /mg·g ⁻¹ DW	铁离子含量 Fe^{2+} content /mg·g ⁻¹ DW	钾离子含量 K^{+} content /mg·g ⁻¹ DW	钙离子含量 Ca^{2+} content /mg·g ⁻¹ DW	镁离子含量 Mg^{2+} content /mg·g ⁻¹ DW
CK	8.95±0.60 e	4.86±0.24 e	20.26±2.38 d	45.01±2.94 a	32.55±0.65 a	2.17±0.29 b
80 NaCl	22.65±0.56 b	6.45±0.45 c	25.65±1.89 c	29.84±2.84 d	21.67±0.60 d	1.81±0.13 d
150 NaCl	25.28±0.39 a	9.45±0.42 a	37.36±1.55 a	21.58±1.39 e	19.24±1.46 e	1.02±0.11 e
80 NaCl+G	16.42±0.54 d	5.45±0.72 d	19.68±2.39 e	44.75±0.83 b	30.01±1.01 b	2.43±0.05 a
150 NaCl+G	20.54±0.73 c	7.33±0.13 b	29.68±0.68 b	37.44±2.55 c	25.89±1.69 c	2.04±0.29 c

3 讨论与结论

生理指标是确定盐胁迫耐性的常用指标同时也是对盐胁迫响应的综合体现, 非盐生植物在盐胁迫下最普遍和最显著的变化就是生长受抑制^[8]。该试验结果表明, NaCl 胁迫处理对黄瓜幼苗造成了不同程度的伤害, 表现为叶片生长缓慢, 植株地上部生长受到抑制, 其干重和鲜重显著降低, 而且 150 mmol/L NaCl 处理 4 d 后植株叶面积、地上部干重、鲜重分别比 80 mmol/L NaCl 处理降低了 70.00%、83.88%、32.99%, 说明盐浓度越高对植株生长的抑制作用越明显, 这与在樱桃番茄^[9]、甘草^[10]上的研究结果相符。

NaCl 对植物造成的伤害主要是由于离子胁迫, 主要包括离子过量和离子亏缺, 盐胁迫下植物细胞对 Na^{+} 、 Cl^{-} 的吸收量大大增加, 导致植物体内矿质营养元

素的含量发生较大变化, 影响了植物细胞内正常的生理代谢^[11]。该试验结果表明, NaCl 胁迫下, 幼苗根系 Na^{2+} 、 Cl^{-} 、 Fe^{2+} 含量显著提高, 但是 K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量却显著降低, 推测可能是由于 NaCl 胁迫下, 植物体内活性氧代谢系统发生紊乱, 产生 Fe^{2+} 毒害现象, 而且由于离子的拮抗作用导致对大量元素 (K^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 吸收的降低, 从而抑制了黄瓜幼苗的正常生长。这与前人在南瓜^[12]和茄子^[13]上研究结果相一致。

GABA 作为一种氨基酸态氮, 在逆境条件下, 植物通过启动 GABA 支路代谢, 维持细胞的正常代谢活动, 同时外源 GABA 可被幼苗根系吸收, 作为临时氮库直接参与植物体的生理代谢, 增强植株对逆境的抗性^[14]。已有研究表明盐胁迫下加入 5 mmol/L GABA 处理后浮萍的生长量可增加 2~3 倍, 并且伴有矿质元素吸收量的增加^[15]; 盐胁迫下, 外源 10 mmol/L GABA 处理后玉米

地上部 Na^+ 含量增加幅度减小, K^+/Na^+ 比值有所增加^[2]; 低氧胁迫下外源 GABA 被甜瓜吸收后, 可通过促进根系对硝酸盐的吸收和利用、增强对 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收, 而减缓 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 Na^{2+} 的毒害作用, 以最终缓解低氧胁迫对甜瓜幼苗的伤害^[7]。该试验结果表明, 外源 GABA 处理后, 幼苗根系 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量显著提高, 而 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 Na^{2+} 含量显著降低, 表明外源 GABA 对缓解 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗的伤害与其体内矿质元素的吸收和抑制关系密切, 外源 GABA 通过促进黄瓜幼苗根系对 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的吸收、抑制 Cl^- 、 Fe^{2+} 、 Na^{2+} 的吸收, 从而缓解盐胁迫对黄瓜幼苗生长量和植株鲜重、干重的抑制作用。

(该文作者还有杨未铎, 单位同第一作者。)

参考文献

- [1] Baysal G, Tipirdamaz R. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidative enzyme activities in two cucumber cultivars Hacettepe[J]. Journal of Biological and Chemistry, 2004, 33: 119-129.
- [2] 周翔, 吴晓岚, 李云, 等. 盐胁迫下玉米幼苗 ABA 和 GABA 的积累及其相互关系[J]. 应用与环境生物学报, 2005(4): 412-415.
- [3] 夏庆平, 高洪波, 李敬蕊. γ -氨基丁酸(GABA)对低氧胁迫下甜瓜幼苗光合作用和叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 999-1006.
- [4] Barbosa J M, Singh N K, Cherry J H, et al. Nitrate uptake and utilization is modulated by exogenous gamma-aminobutyric acid in *Arabidopsis thaliana* seedlings[J]. Plant Physiology and Biotechnology, 2010, 48(6): 443-450.
- [5] 弓瑞娟, 卢凤刚, 夏庆平, 等. γ -氨基丁酸对生菜硝酸盐含量和营养品质的影响[J]. 河北农业大学学报, 2012, 35(3): 31-35.
- [6] 罗黄颖, 高洪波, 夏庆平, 等. γ -氨基丁酸对盐胁迫下番茄活性代谢及叶绿素荧光参数的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(4): 753-761.
- [7] 宋锁玲, 李敬蕊, 高洪波, 等. γ -氨基丁酸对低氧胁迫下甜瓜幼苗氮代谢及矿质元素含量的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39(4): 695-704.
- [8] 罗庆云, 於丙军, 刘友良. 大豆苗期耐盐性鉴定指标的检验[J]. 大豆科学, 2001, 20(3): 177-182.
- [9] 孟长军. 不同浓度的 NaCl 胁迫对樱桃番茄幼苗生理生化指标的影响[J]. 北方园艺, 2011(14): 29-32.
- [10] 唐晓敏, 王文全, 张洪瑞, 等. 不同浓度 NaCl 处理对甘草叶片生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2008(1): 229-232.
- [11] 王宝山, 邹琦, 赵可夫. NaCl 胁迫对高粱不同器官离子含量的影响[J]. 作物学报, 2000, 26(6): 845-850.
- [12] 王冉, 陈桂林, 宋炜, 等. NaCl 胁迫对两种南瓜幼苗离子含量的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2006, 32(1): 94-98.
- [13] 魏国平, 朱月林, 刘正鲁, 等. NaCl 胁迫对茄子嫁接苗生长和离子分布的影响[J]. 西北植物学报, 2007, 27(6): 1172-1178.
- [14] Shelp B J, Mullen R T, Waller J C. Compartmentation of GABA metabolism raises intriguing questions[J]. Trends in Plant Science, 2012, 17(2): 57-59.
- [15] Alan M K, Fang L. Receptor modifiers indicate that 4-aminobutyric acid (GABA) is a potential modulator of ion transport in plants[J]. Plant Growth Regulation, 2000, 32: 65-76.

Effect of γ -aminobutyric Acid on Growth and Mineral Elements Contents in Cucumber Seedlings Under Different NaCl Concentration

WANG Chun-yan, GUO Yu-jia, ZHANG Xiao-qian, GAO Hong-bo, GAO Xue-mei, HAO Ling-yu, YANG Wei-duo
(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: Taking cucumber seedlings ‘Jinchun 4’ as material, under hydroponically culture, the effects of exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) on growth and mineral elements contents under different NaCl concentration stress were studied. The results showed that compared with the control, the growth of cucumber seedlings were significantly inhibited and the concentration of K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} reduced, but the concentration of Cl^- , Fe^{2+} , Na^{2+} increased with NaCl stress treatment. Meanwhile, 150 mmol/L NaCl treatment had more significant effect on cucumber seedlings than that of 80 mmol/L NaCl treatment. However, exogenous GABA could effectively alleviate the inhibitory role under different the NaCl concentration on cucumber seedlings, which manifested that the fresh weight of seedlings were increased 63.58% and 117.21% than 150 mmol/L NaCl and 80 mmol/L NaCl treatment respectively. The results suggested that the harm was aggravate with the NaCl concentration increasing and exogenous GABA could alleviate the damage of NaCl stress by influencing the absorption of mineral nutrition in cucumber seedlings.

Key words: cucumber; NaCl stress; GABA; growth; mineral elements