

# 营养液添加 NaCl 对番茄果实品质和叶片氮代谢影响

樊怀福 杜长霞 朱祝军\*

(浙江农林大学 农业与食品科学学院 浙江 临安 311300)

**摘要:**以樱桃番茄金珠为材料,采用基质盆栽的方式,研究营养液添加 NaCl 提高 EC 值对基质盆栽番茄果实品质和叶片氮代谢的影响。结果表明:采用添加 NaCl 的方式提高营养液 EC 值栽培番茄,可提高果实可溶性固形物、维生素 C 和可滴定总酸含量,单果重下降。各指标中对维生素 C 含量影响最小;对第 3 穗果实影响大于第 1 穗和第 2 穗;营养液添加 NaCl 还提高了番茄叶片硝酸还原酶活性和可溶性蛋白含量,降低了硝态氮含量。

**关键词:**番茄; EC 值; 品质; 氮代谢

中图分类号: S641.2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)01-0022-05

## Influence of Nutrient Solution Supplement with NaCl on Tomato Fruit Quality and Nitrogen Metabolism

FAN Huai-fu, DU Chang-xia, ZHU Zhu-jun\*

(College of Agriculture and Food Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, China)

**Abstract:** The study was conducted in a substrate culture with pots to investigate the effect of nutrient solution EC regulation on *Lycopersicon esculentum* 'Jin Zhu' cherry tomato fruit quality and nitrate metabolism. The results showed that enhancing nutrient solution EC value by nutrient solution salt supplement could improve the soluble solid content, vitamin C content and titrable acid content. However, the effect on the vitamin C content was the least in all indexes. At the same time, influence on the third cluster fruit was bigger than that on the first cluster fruit or the second cluster fruit. Nutrient solution salt supplement also improved the nitrate reductase activity, soluble protein content, and decreased the nitrate concentration.

**Key words:** tomato; EC value; quality; nitrogen metabolism

番茄(*Lycopersicon esculentum*)属茄科番茄属,是世界范围内一种重要的蔬菜和经济作物,因其营养丰富而深受人们喜爱,它的消费量仅次于马铃薯成为世界第二大蔬菜<sup>[1]</sup>。我国是三大主产国之一,年产量在 3 000 万 t 以上,全球番茄生产量已超过 1 亿 t<sup>[2]</sup>。近几年我国番茄总产量增长较快,而对品质重视不够,栽培过程中养分投入过大、肥料利用率低、盐害滋生、土壤活性下降,而引起番茄风味降低、品质较差<sup>[3]</sup>。随着人民生活水平的不断改善和国内外市场的需求变化,人们对蔬菜的消费观念和 demand 发生了根本转变,已从简单的数量满足发展到对营养、风味、外观及食用安全卫生状况的追求<sup>[4]</sup>。高品质

收稿日期: 2011-10-09 修回日期: 2011-11-29

基金项目: 浙江省科技厅重大科技专项(优先主题)农业项目(2008C12002-1)和浙江农林大学创新团队支持计划(B类)

作者简介: 樊怀福(1977—),男,副教授,博士,主要从事蔬菜栽培生理研究, E-mail: wwgff@126.com; \* 通讯作者: 朱祝军,教授,博士, E-mail: zhujun.zhu@zjfc.edu.cn。

番茄虽然价格较高,但受到人们的普遍青睐。在国际市场上,品质好的番茄也有较强的竞争力,品质不佳已成为制约世界各国番茄打入国际市场的瓶颈。因而,在现有高产的基础上,如何进一步提高番茄品质水平已成为当前亟待解决的问题<sup>[5]</sup>。

番茄的品质取决于品种、生长环境、条件、栽培方式和成熟度等多种因素<sup>[6]</sup>。通过生产技术措施或开发新的生产方式来提高番茄的品质是其中有效途径之一。如通过限根栽培、亏缺灌溉等方法进行栽培均可使番茄的品质有不同程度的提高,且取得了不错的效果。国内外的许多研究表明,对于无土栽培,可以通过改变营养液的成分或浓度的方法来达到改善品质的目的。因此,本试验采用营养液添加 NaCl 提高 EC 值的方法栽培番茄,研究了营养液添加低浓度 NaCl 对盆栽番茄产量、品质和叶片氮代谢的影响,以期对高品质番茄栽培提供理论依据和指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以樱桃番茄“金珠”为材料。种子由台湾农友股份有限公司生产。

### 1.2 材料培养与处理

试验于 2010 年 2—9 月在浙江农林大学农学院玻璃温室进行。种子在 28 °C 恒温箱催芽,露白后播种于盛有 V(泥炭):V(蛭石)=1:1 的 50 孔穴盘中,置于人工气候室中育苗,昼温 25 °C,夜温 20 °C。待幼苗 3 叶 1 心时,选择无病虫、无损伤、整齐一致、长势良好的幼苗定植于容积为 5 L 的栽培容器中,基质采用 V(泥炭):V(蛭石)=1:1,每容器 1 株。苗高 35~40 cm 时用绳子吊蔓,植株采用单干整枝。第 1 穗花序座果后开始处理。

试验共设 2 个处理,分别为(1)对照(CK):定植初期至缓苗前浇灌 EC=1 ms/cm 1/2 倍营养液(采用浙江杭州龙山化工厂提供的原料和配方配制),缓苗后至收获结束浇灌 EC=2 ms/cm 全量营养液;(2)处理(T):定植初期至缓苗前浇灌 EC=1 ms/cm 1/2 倍营养液,缓苗后至收获结束浇灌 EC=4 ms/cm 的营养液(1 倍营养液添加 NaCl 使 EC 值达到 4 ms/cm)。每个处理 3 个重复,每重复 10 株。

### 1.3 测定指标及方法

分别采收前 3 穗番茄果实,选择一致性好无损伤的果实用于测定可溶性固形物、维生素 C、可滴定总酸含量和单果重。可溶性固形物含量测定采用折射仪法(手持式糖度计 N-20E,日本)测定;维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯靛酚法(GB/T 6195-86);酸碱指示剂法测定总酸含量(GB/T 12293-90)。取各处理节位一致的上部功能叶测定硝态氮( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )和可溶性蛋白含量及硝酸还原酶(NR)活性。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量按照陈因的方法测定<sup>[7]</sup>;NR 的活性按照 Tachibana 等的方法测定<sup>[8]</sup>;可溶性蛋白含量按照 Bradford 的方法测定<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据分析方法

所有数据用 SAS 软件进行单因素方差分析,并对平均数用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

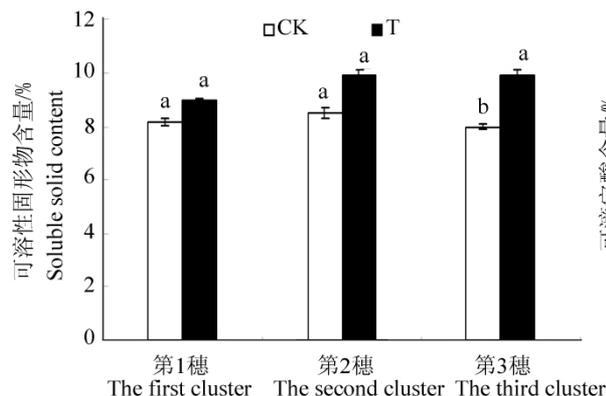


图 1 营养液添加 NaCl 对番茄果实可溶性固形物含量的影响

Fig. 1 Effect of nutrient solution salt supplement on solublesolid content of tomato fruit

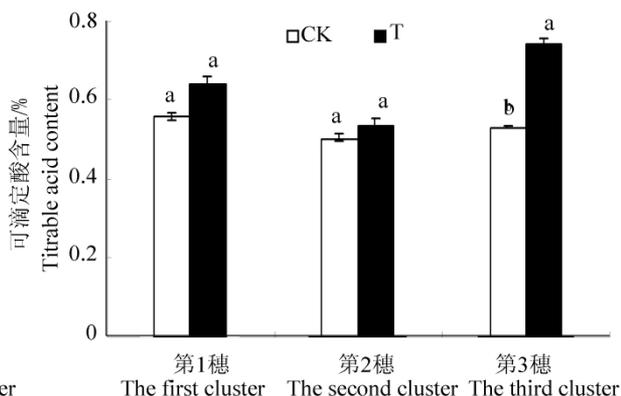


图 2 营养液添加 NaCl 对番茄果实可滴定酸含量的影响

Fig. 2 Effect of nutrient solution salt supplement on titrable acid content of tomato fruit

## 2 结果与分析

### 2.1 营养液添加 NaCl 对番茄果实品质的影响

2.1.1 营养液添加 NaCl 对番茄果实可溶性固形物含量的影响 番茄果实中可溶性固形物的含量间接反映了果实的甜度。从图 1 可以看出,通过营养液添加 NaCl 提高了番茄果实可溶性固形物的含量,处理第 1 穗果实和第 2 穗果实可溶性固形物含量分别是对照的 109.35% 和 116.81%,但差异不显著;处理第 3 穗果实可溶性固形物含量比对照提高 24.16%,显著高于对照。

2.1.2 营养液添加 NaCl 对番茄果实可滴定酸含量的影响 由图 2 可知,营养液添加 NaCl 使番茄果实的可滴定酸含量升高,3 穗果实的可滴定酸含量均高于对照。其中处理第 1 穗、第 2 穗果实可滴定酸含量分别是对照的 1.15 倍、1.07 倍,但处理与对照间未达到显著水平。处理第 3 穗果实可滴定酸含量较对照有显著的升高,为对照的 139.43%。

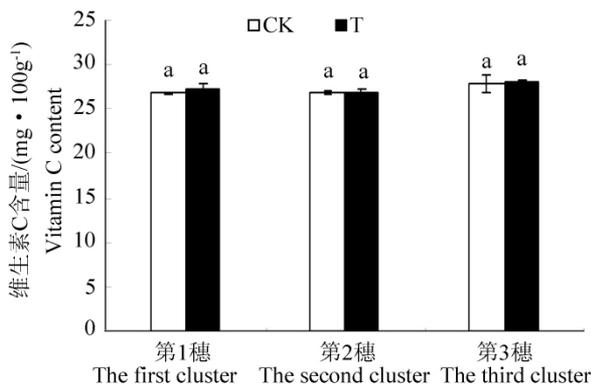


图 3 营养液添加 NaCl 对番茄果实 Vc 含量的影响

Fig. 3 Effect of nutrient solution salt supplement on vitamin C content of tomato fruit

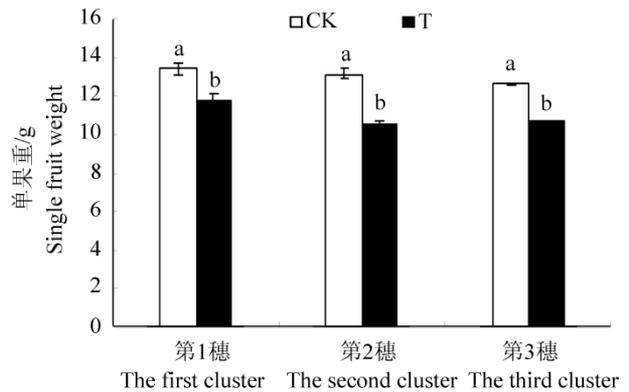


图 4 营养液添加 NaCl 对番茄果实单重的影响

Fig. 4 Effect of nutrient solution salt supplement on single fruit weight of tomato fruit

2.1.3 营养液添加 NaCl 对番茄果实 Vc 含量的影响 Vc 含量是果蔬品质的重要指标之一。由图 3 可见,营养液添加 NaCl 提高了番茄果实 Vc 含量。处理第 1、2、3 穗果实 Vc 含量较对照略有所提高,但提高幅度不明显,无显著性差异。

### 2.2 营养液添加 NaCl 对番茄单果重的影响

由图 4 可以看出,通过营养液添加 NaCl 对番茄果实单果重产生了影响,处理组果实单果重与对照比较,第 1、2、3 穗果实均有显著的下降,分别为对照的 87.61%、79.90% 和 85.00%。

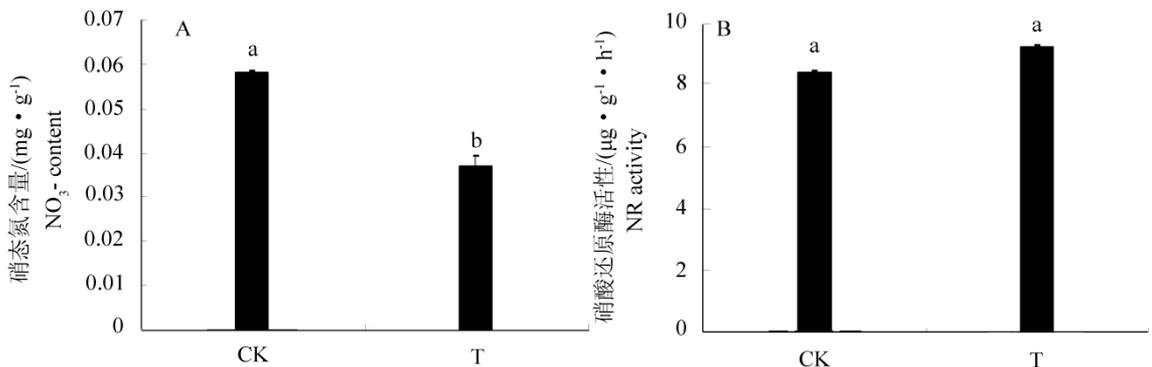


图 5 营养液添加 NaCl 对番茄植株叶片硝态氮含量和硝酸还原酶活性的影响

Fig. 5 Effect of nutrient solution salt supplement on NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content and NR activity in tomato leaves

### 2.3 营养液添加 NaCl 对番茄植株叶片硝态氮含量和硝酸还原酶活性的影响

由图 5A 可以看出,营养液添加 NaCl 条件下,番茄叶片的硝态氮含量与对照比较,显著下降,仅为对照的 63.79%。由图 5B 可知,营养液添加 NaCl 对番茄植株叶片硝酸还原酶活性较对照升高,比对照提高 9.8%。

## 2.4 营养液添加 NaCl 对番茄植株叶片可溶性蛋白含量的影响

由图 6 可知,营养液添加 NaCl 对番茄植株叶片可溶性蛋白含量较对照升高,与对照有显著性差异,是对照的 1.21 倍。

## 3 讨 论

### 3.1 营养液添加 NaCl 对番茄果实品质和单果重的影响

番茄的品质主要是由可溶性糖、有机酸、Vc 和番茄红素等组成,对番茄的果实品质有重要的决定作用。从本试验结果可以看出,采用营养液添加 NaCl 的方法栽培

番茄使番茄可溶性固形物、维生素 C 及可滴定总酸含量升高。果实可溶性固形物、维生素 C 和可滴定总酸含量提高与根系对水分和养分的吸收密切相关,根系是活跃的吸收器官和合成器官,也是植物感受环境因子的信号器官。本试验中通过提高营养液添加无机盐类使营养液 EC 值提高,在一定程度上提高了渗透压,从而适当地抑制了番茄根系对物质的吸收、运输以及合成;同时,番茄根际周围离子浓度的增加对地上部物质的分配也会产生一定的影响,从而促使果实的可溶性固形物、维生素 C 和可滴定总酸等代谢改变而影响到番茄的品质,但具体影响机理需从生理生化角度进一步探讨。番茄的产量跟矿质元素的吸收有着密切关系,N、K 比例在失调时就会影响作物的正常发育,对作物的产量产生不良影响。本研究通过营养液添加 NaCl,番茄单果重会有不同程度的下降,这可能是由于添加 NaCl 营养液 EC 值提高,影响到植物对矿质元素的吸收,营养液 EC 值改变导致 N、K 比例失调最终导致单果重减少,产量降低。

### 3.2 营养液添加 NaCl 对番茄叶片氮代谢的影响

N 是作物生长和产量品质形成所不可或缺的元素。N 代谢是植物最基本的生理代谢过程之一,与碳代谢等协调统一共同成为植物生命活动的基本过程。已有的研究表明,在植物体内 N 元素以各种不同形式存在着,其中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  就是一种贮藏形式的 N, $\text{NO}_3^- - \text{N}$  进入细胞后,不仅诱导 NR 的合成,还对其起着稳定的作用<sup>[10]</sup>, $\text{NO}_3^- - \text{N}$  还是植物体内的信号分子,调控植物的生长发育<sup>[11]</sup>。植株叶片中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量是  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  向叶片的流入和在叶片中被还原的结果,本研究结果表明,营养液添加 NaCl 减少了叶片的  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量并提高了 NR 活性。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量提高可能与上述原因有关,营养液添加 NaCl 降低了植株根系对  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  吸收比率而减少  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  向叶片的流入。NR 是高等植物体内控制代谢的关键酶,也是植物体内同化硝酸盐过程的限速酶<sup>[12]</sup>,它可以催化  $\text{NO}_3^-$  还原,最终生成  $\text{NH}_4^+$  和各种含氮化合物,同时将 NADH 氧化生成  $\text{NAD}^+$  以传递电子,并将  $\text{NAD}^+$  补充至糖酵解途径,保证糖酵解途径顺利进行,其活性的强弱对植物生长发育、产量形成和蛋白质含量都有重要的影响<sup>[13]</sup>,常用来表示 N 代谢的强度<sup>[14]</sup>,营养液添加 NaCl 提高了 NR 活性,NR 活性的提高有利于植物体内氮的转化和利用。蛋白质作为 N 素代谢的终极产物,其生物合成主要在 NR 等一系列酶的催化下完成,NR 活性与蛋白质含量密切相关<sup>[15]</sup>。本研究中营养液添加 NaCl 提高了叶片中可溶性蛋白的含量,其变化趋势与 NR 活性呈正相关,这与张丽莹等<sup>[16]</sup>的研究结果相一致。可溶性蛋白是植物体内的一种渗透调节物质,植株叶片可溶性蛋白含量的提高有利于植株从基质中吸收更多的水分和提高植株的抗逆能力。

综上所述,营养液添加 NaCl 提高了番茄的品质,单果重有一定程度的下降,同时,营养液添加 NaCl 还提高了叶片 NR 活性和可溶性蛋白含量,而叶片中  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  含量下降。

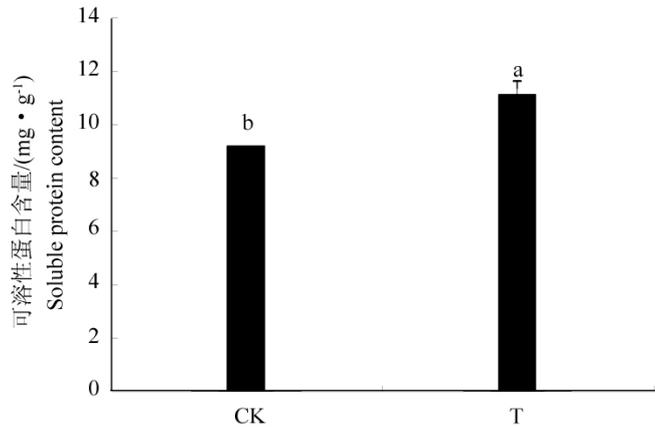


图 6 营养液添加 NaCl 对番茄植株叶片可溶性蛋白含量的影响

Fig. 6 Effect of nutrient solution salt supplement on soluble protein content in tomato leaves

## 参考文献:

- [1] Altan A, McCarthy K L, Maskan M. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing [J]. *Journal of Food Engineering* 2008 84(2): 231-242.
- [2] 马越, 李远新, 赵晓燕. 樱桃番茄的营养品质及其抗氧化活性研究 [J]. *食品研究与开发* 2007 28(7): 133-136.
- [3] 姜慧敏, 张建峰, 杨俊诚, 等. 不同施氮模式对日光温室番茄产量、品质及土壤肥力的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2010 16(1): 158-165.
- [4] 王丽娟, 马刚, 张岚翠. 利用水分亏缺处理鉴定番茄品种抗旱性 [J]. *华北农学报* 2011 26(2): 203-206.
- [5] 李梅兰, 吴俊华, 李远新, 等. 不同供硼水平对番茄产量及风味品质的影响 [J]. *核农学报* 2009 23(5): 875-878.
- [6] Ramandeep K T, Geoffrey P S. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes [J]. *Food Research International*, 2005, 38(5): 487-494.
- [7] 上海市植物生理学学会. 现代植物生理学实验指南 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 138-140.
- [8] Tachibana S, Konishi N, Kanda H. Diurnal variation of in vivo and in vitro reductase activity in cucumber plants [J]. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 1991 60(3): 593-599.
- [9] Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein - dye binding [J]. *Analysis of Biochemistry* 1976 72(1-2): 248-254.
- [10] Guerrero M G, Vega J M. The assimilatory nitrate - reduction and its regulation [J]. *Annual Review of Plant Physiology*, 1981 32: 369-402.
- [11] 罗雪华, 邹碧霞, 吴菊群, 等. 氮水平和形态配比对巴西橡胶树花药生长及氮代谢、光合作用的影响 [J]. *植物营养与肥料学报* 2011 17(3): 693-701.
- [12] 李东方, 李紫燕, 李世清, 等. 施氮对不同品种冬小麦植株硝态氮和硝酸还原酶活性的影响 [J]. *西北植物学报*, 2006 26(1): 104-109.
- [13] 龚明, 赵方杰, 吴颂如, 等. NaCl 胁迫对大麦硝酸盐吸收和有关的酶活的影响 [J]. *植物生理学通讯*, 1990 2: 13-16.
- [14] 高慧璟, 肖能文, 李俊生, 等. 不同氮素水平下 CO<sub>2</sub> 倍增对转 Bt 棉花氮素代谢的影响 [J]. *生态学杂志*, 2009 28(11): 2213-2219.
- [15] 张智猛, 万书波, 戴良香, 等. 施氮水平对不同花生品种氮代谢及相关酶活性的影响 [J]. *中国农业科学* 2011 44(2): 280-290.
- [16] 张丽莹, 王荣莲, 张俊生, 等. 水肥耦合对温室无土栽培黄瓜氮代谢的影响 [J]. *园艺学报* 2011 38(5): 893-902.