

钾对番茄果实番茄红素合成的影响

任彦, 丁淑丽, 朱凤仙, 卢钢

(浙江大学园艺系, 杭州 310029)

摘要: 在营养液栽培条件下, 研究不同的供钾水平对番茄果实番茄红素含量以及其他品质性状的影响。研究表明, 随着营养液中钾离子浓度的提高, 叶片和果实中钾含量呈线性增加, 且不同品种表现趋势一致。营养液中不同供钾水平对番茄果实单果重也有显著的影响, 在一定范围内番茄单果重随钾离子浓度的提高而显著增加, 但过高的钾浓度使得单果重不升反降。提高营养液中钾离子浓度, 果实中的番茄红素含量也随之增加。在正常供钾水平下, T87-5A 自交系果实番茄红素的含量显著地高于 T9176 果实的番茄红素含量。

关键词: 番茄; 钾元素; 番茄红素; 果实品质

中图分类号: S143.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2006)06-0007-03

番茄是我国最重要的园艺作物之一, 也是人类膳食营养主要来源之一, 提高番茄的商品与营养品质是近年来番茄栽培和育种研究的重点。番茄红素是近年来发现的具有良好保健作用的类胡萝卜素, 番茄红素的抗氧化性很强, 是维生素 E 的 100 倍, 是 β -胡萝卜素的 2 倍以上, 它能高效猝灭人体中的单线态氧和清除自由基, 从而起到抗癌、抑癌的作用, 同时可以预防和治疗心脑血管、动脉硬化等疾病, 有增强机体免疫功能和抗衰老等重要作用^[1~3]。同许多膳食类胡萝卜素不同, 番茄红素的来源十分有限, 我们饮食中 85% 的番茄红素来源于番茄及其制品。许多环境因子例如光照、温度等会影响番茄红素的生物合成以及在番茄果实中的含量。田间试验也表明, 番茄果色与果实中钾的含量显著性相关^[4]。钾元素同番茄产量以及果实品质的关系已有报道, 在缺钾的土壤中番茄果型变小, 易发生落果, 果实着色不均等现象。在大田试验下, 增施钾肥可以提高产量, 减少果实着色障碍^[5,6], 但现有报道中并没有对番茄红素直接测定。钾如何调控番茄红素的合成目前尚不清楚。所以本研究利用盆栽试验在可控环境下研究不同供钾水平下, 果实番茄红素含量的变化以及与其他果实品质性状的相关关系, 为番茄生产钾肥的使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料



第一作者简介: 任彦, 女, 1981 年生, 2003 年毕业于上海交通大学农业与生物技术学院获学士学位, 2006 年 7 月浙江大学农业与生物技术学院获硕士学位, 学习期间, 曾发表过多篇学术论文。

* 基金项目: 国家自然科学基金(30571268)和国家(863)资助项目
(2002AA207013)

收稿日期: 2006-06-23

番茄自交系 T9176 及 T87-5 由浙江省农科院杨悦俭研究员提供。T9176 为大果型品系, T87-5 为番茄红素含量较高的中小果型自交系。

1.2 试验材料培育

利用蛭石:珍珠岩(3:1)混合基质在穴盘里育苗至 3 叶期, 冲去根部基质后利用 Hoagland 完全营养液进行水培。营养液 pH 控制在 5.8~6.0 之间。EC 控制在 1.8~2.0 mS/cm。植株长至 2 穗花后留 2~3 片叶打顶。待植株第一穗果长至 10 mm 大小时进行供钾试验。

1.3 试验处理

提供不同钾营养水平的营养液(60, 120, 180, 240, 300 mg/L K_2SO_4), 每升营养液中还含有 708 mg $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, 228 mg $NH_4H_2PO_4$, 492 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 25.1 mg EDTA-Fe, 1.88 mg H_3BO_3 , 1.13 mg $MgCl_2 \cdot 4H_2O$, 0.22 mg $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.08 mg $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0.06 mg Na_2MoO_4 。pH 控制在 5.8~6.0 之间。果实生长前期 EC 控制在 2.0~2.2 mS/cm, 果实成熟阶段 EC 控制为 2.2~2.5 mS/cm。每个处理 20 个番茄植株, 3 次重复, 随机区组排列。

1.4 样品处理及分析

由于果实成熟度对番茄红素含量影响很大, 所以果实都是在完熟期采收。T9176 与 T87-5 分别在转色后 12 d 及 18 d 取样。样品冷冻保存直至分析。每个处理取 20 个果实。10 个果实用于测定 SSC、pH 及其钾离子浓度、番茄红素含量等。

SSC 分析: 10 个果实切片混合取样 50 g 打碎, 取 20 mL 离心, 分层后取上层液相用折射仪测定 SSC 含量。酸度计测定果汁的 pH 值。

番茄红素: 每个处理取 10 个番茄果实, 每个果实取 2 cm 厚的切片用于番茄红素的分析, 加液 N 磨碎成匀浆, 取 10 mL 匀浆用正己烷浸提番茄红素, 在 503 nm 波长处测定吸光值, 计算番茄红素的含量^[7]。

果实和叶片中 K 含量分析: 取 1.5 cm 厚果实切片, 混合

后取样,干燥。另在收获时取第二穗果实下部 1~2 片叶样混合取样,70℃干燥,研磨过筛。以上样品经灰化后,利用原子吸收分光光度计(日立 180—50)分析果实中钾离子浓度,钾元素分析在浙江大学分析测试中心完成。

2 结果与分析

2.1 不同供钾水平对植株叶片以及果实中钾含量的影响

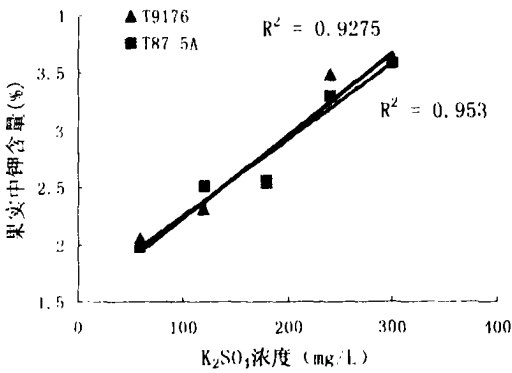
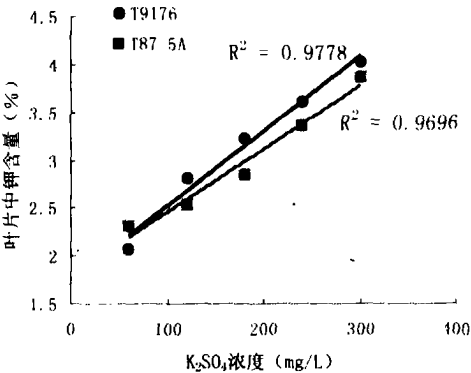


图1 营养液中不同钾浓度对果实中钾含量的影响

值得注意的是,在正常供钾水平下,番茄红素含量高的自交系 T87—5A 与含量较低的自交系 T9176 相比无论是叶片以及果实中钾含量并没有显著差异。而我们通常认为 T87—5A 番茄红素含量高,应该积累更高浓度的钾。

2.2 不同供钾水平对番茄果实单果重以及可溶性固形物含量的影响

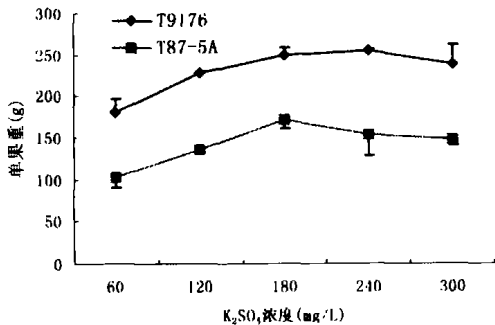


图2 营养液钾浓度对单果重的影响

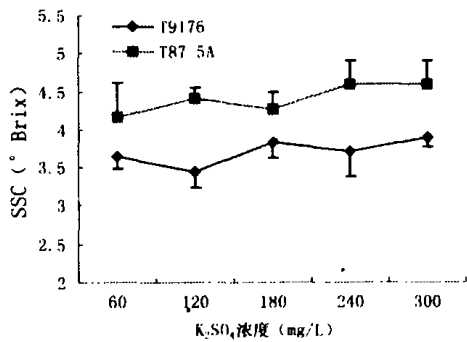


图3 营养液钾浓度对番茄果实 SSC 的影响

由图2可见,随着钾离子浓度的增加,番茄果实的单果重显著增加。T9176 与 T87—5A 的平均单果重分别由 180 g 和 103 g 增加到 284 g 和 185 g。但进一步增加硫酸钾的浓度反而使单果重下降。两个品种对钾的适宜浓度要求有所区别。

从图1可以看出,随着营养液中钾离子浓度的提高,叶片中以及果实中钾元素的含量显著增加。且两个品种对营养液中钾浓度反应趋势相似,叶片与果实中钾含量都呈显著地线性相关。在叶片中 T9176 和 T87—5A 的相关系数分别为 0.9778 和 0.9696;在果实中的相关系数也分别达到 0.9275 和 0.953。

T9176 最高钾离子浓度可达 240 mg/L,而 T87—5A 为 180 mg/L。

总体而言,随着营养液的钾离子浓度的增加,番茄果实的可溶性固形物有一定的增加趋势,但并没有呈现线性的变化关系(图3)。T87—5A 的可溶性固形物含量显著地高于 T9176 这同 T87—5A 为中小果型番茄密切相关。但两个自交系内各处理间差异不显著,尽管两个品种的变化趋势不尽相同。

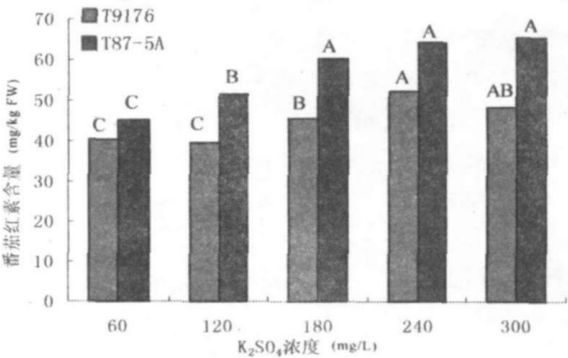


图4 营养液不同钾离子浓度对番茄果实番茄红素含量的影响

2.3 不同供钾水平对番茄果实番茄红素含量的影响

提高营养液中钾离子浓度,果实中的番茄红素含量显著地增加。T9176 和 T87—5A 分别从 40.5 mg/kg 与 45.2 mg/kg 增加到 53.4 mg/kg 与 64.6 mg/kg。但对钾元素的反应存在基因型差异,T9176 自交系在 K₂SO₄ 浓度提高到 180 mg/L 时,各处理间果实番茄红素的含量差异不显著。而 T87—5A 在 K₂SO₄ 浓度提高到 240 mg/L 以上时,果实番茄红素含量达到最高值。在 120 mg/L 及以上供钾水平下,番茄自交系 T87—5A 果实番茄红素的含量显著地高于 T9176 果实的番茄红素含量。

3 讨论

钾肥已广泛地应用于番茄生产,施用钾肥可以提高产量,改善番茄品质^[5,6,8]。在水培条件下,随着营养液中钾离子浓度的提高,叶片和果实中钾含量呈线性地增加,且不同品种表现趋势十分一致。番茄红素含量较高的品种果实中钾的含量同含量较低品种相比并没有显著差异。番茄果实单果重随钾离子浓度的提高而显著增加,但过高的钾浓度使得单果重不升反降。大田研究表明施用钾肥可以提高番茄的可溶性固形物^[9],但本试验发现,钾浓度和果实可溶性固形物含量并不呈线性关系。提高营养液中钾离子浓度,果实中的番茄红素含量显著地增加。不同基因型番茄中番茄红素含量存在显著差异,对钾元素的反应也存在基因型差异。

钾离子在番茄红素生物合成过程中的作用尚不清楚。由于钾离子在植物中参与多个蛋白质的生物合成以及酶活性的活化,所以在类胡萝卜素生物合成过程中,钾离子可能直接作用于某个基因或酶,也可能是通过电子传导链发挥非直接调控作用。番茄 GHOST 突变体缺乏番茄红素的合成,分离的 Ghost 基因(gh)是一个质体末端氧化酶(PTOX)^[10]。说明电子传递参与八氢番茄红素脱饱和过程。而钾在质体的类囊体膜的电子传导中起重要的作用。所以 Barr 等^[11]认为钾很有可能是通过电子传递链参与八氢番茄红素脱氢过程从而参与番茄红素的生物合成。但其作用途径尚需进一步实验验证。

参考文献:

[1] Ansari M. S., Gupta N. P. A comparison of lycopene and orchidectomy vs orchidectomy alone in the management of advanced prostate cancer[J]. BJU Int 2003, 92: 375—378.

[2] Giovannucci E., Clinton S. K. Tomatoes, lycopene and prostate cancer[J]. Proceeding of the Society for Experimental Biology and Medicine, 1998, 218: 129—139.

[3] Gerster H. The potential role of lycopene for human health[J]. Journal of the American College of Nutrition, 1997, 16: 109—126.

[4] Tudek M. J., Ozburn J. L. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit[J]. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1971, 96: 763—765.

[5] Hartz T. K., Miyao G., Mullen R. J., et al. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato[J]. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1999, 124: 199—204.

[6] 高新昊, 张志斌, 郭世荣. 氮钾化肥配合追施对日光温室番茄越冬长季节栽培产量与品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11: 375—378.

[7] 孙利祥, 丁淑丽, 李建勇, 等. 八个西瓜品种番茄红素含量的比较分析[J]. 上海农业学报, 2006, 22(1): 18—22.

[8] 刘军, 高丽红, 黄延楠. 日光温室不同温光环境下番茄对氮磷钾吸收规律的研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9: 27—30.

[9] 孙红梅, 李天来, 须晖, 等. 不同氮水平下钾营养对大棚番茄产量及品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31: 68—71.

[10] Barr J., White W. S., Chen L., et al. The GHOST terminal oxidase regulates developmental programming in tomato fruit[J]. Plant Cell & Environment, 2004, 27: 840—852.

[11] Bae H., Roderick S. R., Behringer F., et al. Tomato GHOST and Arabidopsis IMMUTANS are homologous variegation loci that function in phytylene desaturation and chloroplast development[J]. Plant Biol, 1999, 140: 14—26.

Effect of Potassium Levels on Lycopene Content in Tomato Fruits

REN Yan, DING Shu—li, ZHU Feng—xian, LU Gang

(Department of Horticulture, Zhejiang University, Hangzhou 310029)

Abstract Lycopene, the primary carotenoid in tomatoes, has been in the mediarecently as a cancer—fighting compound. Effects of potassium levels on lycopenecontent and other fruit quality were evaluated on 2 varieties of tomato(*Lycopersicon esculentum* L.) in hydroculture under a greenhouse. The results showed that with the rise of the concentration of potassium in the nutrient solution, the contents of potassium in leaves and fruits of tomatoes were increasing linearly for both varieties. The fruit weight also significantly increased to a highest value and then decreased a little when the potassium concentration was higher than 300 mg/L and 240 mg/L for T9176 and T87—5A respectively. No significant difference in soluble solid content in fruit was recorded among the different treatments. The lycopene content in fruit also increased when the potassium level in nutrient solution rose, meanwhile lycopene content in tomato line T87—5A detected in present experiment was significantly higher than that of T9176 when supplied the solution with normal level of potassium.

Key Words: Tomato; Potassium level; Lycopene; Fruit quality