

# 外源生长素 PCPA 对番茄果实蔗糖代谢的影响

崔娜<sup>1,2</sup>, 李天来<sup>1</sup>, 赵聚勇<sup>1</sup>

(1. 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳农业大学 园艺学院 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学 生物科学技术学院 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:**以自然坐果的普通栽培型番茄为对照, PCPA 蘸花处理后, 取不同发育期的番茄果实内各部位, 测定糖的组成和浓度、蔗糖代谢相关酶的活性。结果表明: 在番茄果实各发育期, PCPA 蘸花处理的果实内各部位糖分含量的总体变化趋势与对照基本相同, 果实成熟期中果皮和心室隔壁、胶质胎座中葡萄糖和果糖含量较高, 但 PCPA 蘸花处理的果实中葡萄糖和果糖含量增幅高于对照。果实成熟期 PCPA 处理的番茄果实内维管束酸性转化酶和中性转化酶活性都明显高于对照, 中果皮和心室隔壁、胶质胎座中也有较高的酸性转化酶和中性转化酶活性。

**关键词:** PCPA; 番茄; 发育; 蔗糖; 代谢

**中图分类号:** S 482.8; S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)05-0008-05

番茄果实糖代谢是品质形成的基础<sup>[1]</sup>, 而控制番茄果实中糖积累的关键是果实内部蔗糖的分解<sup>[2]</sup>。因此, 研究各种因素对番茄果实不同部位糖的组成和含量变化及蔗糖代谢关键酶活性的影响, 进一步研究其代谢规律, 对于明确番茄果实中蔗糖分解及果实品质形成机理与调控具有重要意义。目前有关不同品种番茄不同发育时期果实品质与各部位糖代谢规律<sup>[3-5]</sup>, 及土壤水分、土壤钾素营养及亚高温对番茄果实品质及各部位糖代谢规律影响的研究已有一些报道<sup>[6,7]</sup>。但有关植物生长调节物质对番茄果实内不同部位糖代谢影响方面的研究报道甚少。研究采用 PCPA(对氯苯氧乙酸)进行番茄蘸花处理后, 分析不同发育时期番茄果实内各部位蔗糖、果糖、葡萄糖的含量及蔗糖代谢相关酶活性的变化, 探讨 PCPA 处理对番茄果实蔗糖代谢的影响, 为进一步通过植物生长调节剂调控番茄糖分积累及品质奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种为辽园多丽, 2004 年 2 月 10 日播种, 穴盘育苗, 3 月 31 日定植于沈阳农业大学工厂化高效农业工程技术研究中心基地日光温室内, 桶栽, 桶上径为 32 cm, 下径 23 cm, 桶高 25 cm。大、小行种植, 大行行距 80 cm, 小行行距 50 cm, 株距 32 cm。单干整枝, 留 3 穗

果, 栽培管理同一般生产。

试验以蘸清水为对照, 在番茄每花序开 3 朵花时用 PCPA 蘸整个花序。对照和处理分别在番茄植株第 1 花序第 1 花开放时挂牌记载日期, 然后在开花后 15、25、35、45 d 及成熟时(目测全果粉红色时确定为成熟点, 试验集中在开花后 55~60 d 用 "m" 表示), 分别取第 1 花序第 1 果的果蒂、果实内维管束、中果皮和心室隔壁、胶质胎座等部位, 取样后称重, 用于糖分含量和组成及蔗糖代谢相关酶活性的测定, 3 次重复。

### 1.2 糖分组成与含量的测定

将取样后称重的样品在 80%乙醇溶液中提取蔗糖、果糖和葡萄糖, 3 次重复。提取后用高效液相色谱仪(HPLC)测定。测定方法及色谱条件为: Waters 600E 高效液相色谱仪, 氨基柱, 柱温为 30℃, 2410 示差检测器, 流动相比比例为 75%乙腈:25%超纯水, 流速为 1.0 mL/min, Waters Millennium 软件控制及数据处理。

### 1.3 蔗糖代谢相关酶活性的测定

1.3.1 酶的提取 参照王永章和张大鹏的方法<sup>[8]</sup>。

1.3.2 酶活性的测定 参照於新建的测定方法<sup>[9]</sup>。试验中的 UDPG 及 6-磷酸果糖等生化试剂均购自美国 Sigma 公司。

## 2 结果与分析

### 2.1 PCPA 处理对番茄果实内各部位糖含量变化的影响

2.1.1 对果蒂糖含量的影响 番茄果蒂中果糖和葡萄糖含量均随着果实的发育而逐渐增加, 而且在果实成熟之前均为对照区高于 PCPA 处理区, 果实成熟时以处理区略高。蔗糖含量则与果糖和葡萄糖含量相反, 果实发育初期蔗糖含量较高, 开花 25 d 后, 随着果实发育, 蔗糖含量逐渐下降, 果实成熟时蔗糖含量低, 但蔗糖含量在果实成熟之前一直是处理区略高于对照区(图 1)。

第一作者简介: 崔娜(1968-), 女, 博士, 副教授, 主要从事蔬菜生理与分子生物学研究。E-mail: syaua@163.com。

通讯作者: 李天来。E-mail: ltl@syau.edu.cn。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30170640); 辽宁省自然科学基金资助项目(20022080)。

收稿日期: 2007-12-30

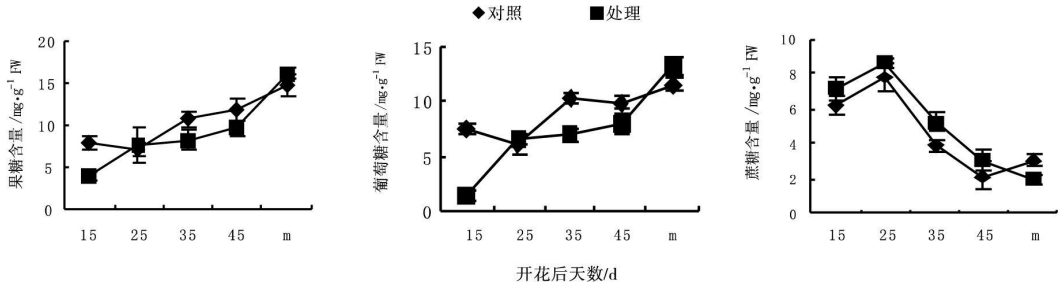


图 1 PCPA 处理对不同发育期番茄果实果蒂糖含量影响

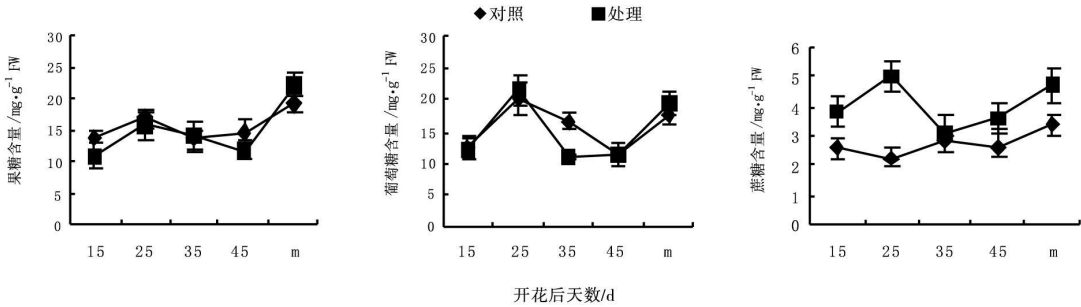


图 2 PCPA 处理对不同发育期番茄果实内维管束糖含量的影响

2.1.2 对果实内维管束糖含量变化的影响 番茄果实内维管束中果糖和葡萄糖含量趋于升高, 而蔗糖含量较低(图 2)。果糖含量在开花 15 d 和 45 d 时处理低于对照, 成熟时略高于对照, 其他时期处理与对照差异不明显; 葡萄糖含量除开花 35 d 处理低于对照外, 其他时期无显著差异; 而蔗糖则在番茄整个发育时期均为处理略高于对照。

2.1.3 对番茄中果皮和心室隔壁、胶质胎座糖含量变化的影响 在番茄开花 45 d 前, PCPA 处理区与对照区的

番茄中果皮和心室隔壁、胶质胎座中果糖和葡萄糖含量无明显差异, 成熟期 PCPA 处理区均明显高于对照。中果皮和心室隔壁的蔗糖含量在番茄开花 15 d 时处理区略低于对照区, 而在开花 25 d 后处理区高于对照区, 而胶质胎座则在开花 35 d 时对照区略高, 果实成熟时处理区又略高于对照。总体看, 随着番茄果实发育, 番茄果实各部位果糖和葡萄糖含量增加, 且成熟时 PCPA 处理区明显高于对照, 而蔗糖含量呈下降趋势, 且含量较低(图 3、4)。

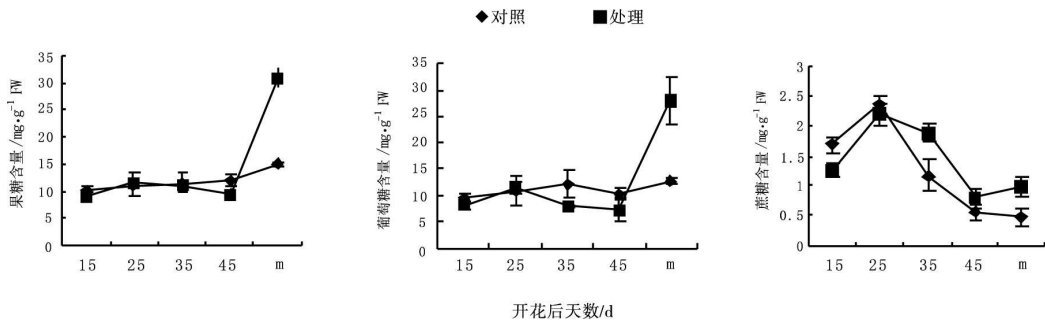


图 3 PCPA 处理对不同发育期番茄果实中果皮和心室隔壁糖含量变化的影响

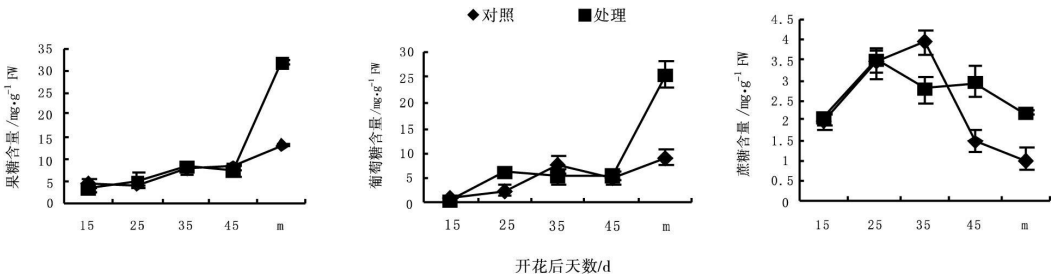


图 4 PCPA 处理对不同发育期番茄果实胶质胎座糖含量变化的影响

## 2.2 PCPA 处理对番茄果实内各部位蔗糖代谢相关酶活性变化的影响

2.2.1 对果蒂蔗糖代谢相关酶活性的影响 图 5 显示, 在果实发育的早、中期, 无论是处理区还是对照区, 番茄果蒂中的酸性转化酶(AI)活性均较低, 且二者无明显差异, 但果实成熟时处理区活性增强。而中性转化酶(NI)

活性从番茄开花后 15~45 d 均为对照高于处理, 花后 25 d 最高, 花后 45 d 降到最低, 果实成熟时处理区又略有升高。蔗糖合成酶(SS)和蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性都是果实发育早期较高, 开花 25 d 后, 随着果实发育, 其活性逐渐下降, 且处理与对照区无明显区别。

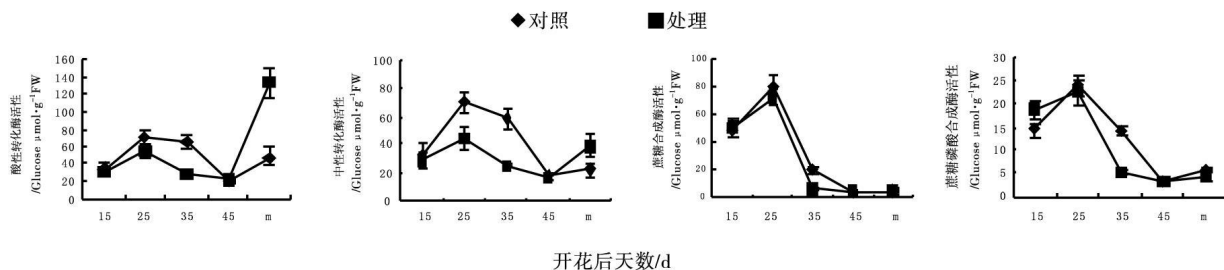


图 5 PCPA 处理对不同发育期番茄果蒂 AI、NI、SS、SPS 活性的影响

2.2.2 对果实内维管束蔗糖代谢相关酶活性的影响 在番茄开花 45 d 前, 处理区与对照区果实内维管束中的酸性转化酶活性无明显差异, 成熟期酸性转化酶活性迅速升高, 处理区明显高于对照区。中性转化酶活性在开花 45d 前, 对照区略高于处理区, 但活性都较低, 果实成

熟时升高, 处理区高于对照。蔗糖合成酶活性, 对照区在花后 15 d 最高, 且高于处理区, 然后随着果实发育逐渐下降, 果实成熟时降到最低, 处理与对照无明显差异。而蔗糖磷酸合成酶活性处理与对照区都是果实发育初期较高, 然后逐渐下降, 处理与对照无明显差别(图 6)。

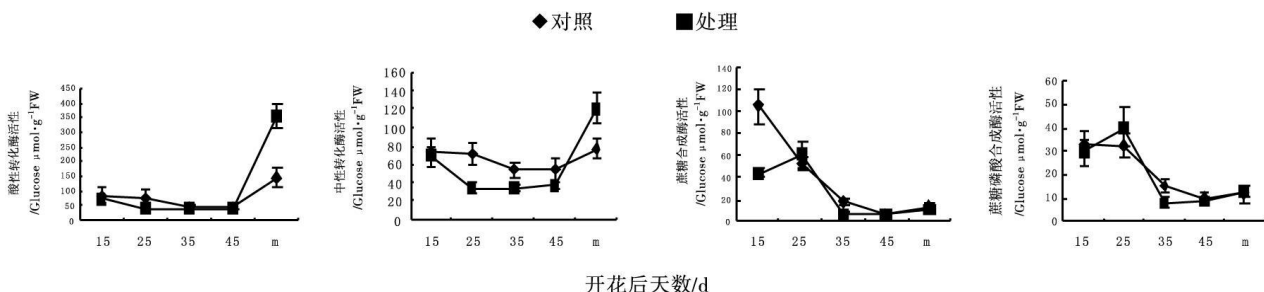


图 6 PCPA 处理对不同发育期番茄果实内维管束 AI、NI、SS、SPS 活性的影响

2.2.3 对番茄中果皮和心室隔壁、胶质胎座中蔗糖代谢相关酶活性的影响 在番茄开花 45 d 前, 处理区与对照区番茄果实中果皮和心室隔壁、胶质胎座中, 酸性转化酶、中性转化酶活性均较低且无明显差异, 成熟期明显升高并且 PCPA 处理区均高于对照。蔗糖合成酶活性在番茄果实发育的早期较高, 随着果实的发育活性逐渐

下降, 果实成熟时降到最低, 但在番茄开花 35 d 前, 对照区略高于处理。蔗糖磷酸合成酶的活性较低, 番茄中果皮和心室隔壁中处理区花后 25 d 最高, 且高于对照, 然后逐渐下降至最低, 成熟期处理与对照区无明显差异, 胶质胎座中活性较低, 变化不规律, 处理与对照无显著差别(图 7、8)。

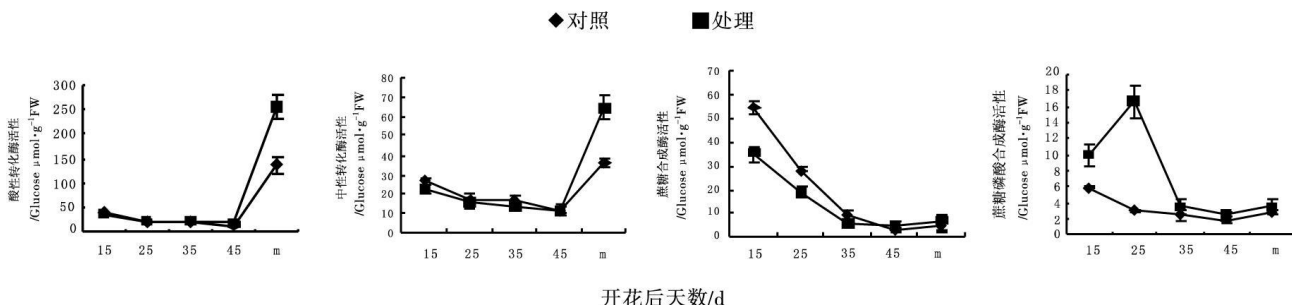


图 7 PCPA 处理对不同发育期番茄果实中果皮和心室隔壁 AI、NI、SS、SPS 活性的影响

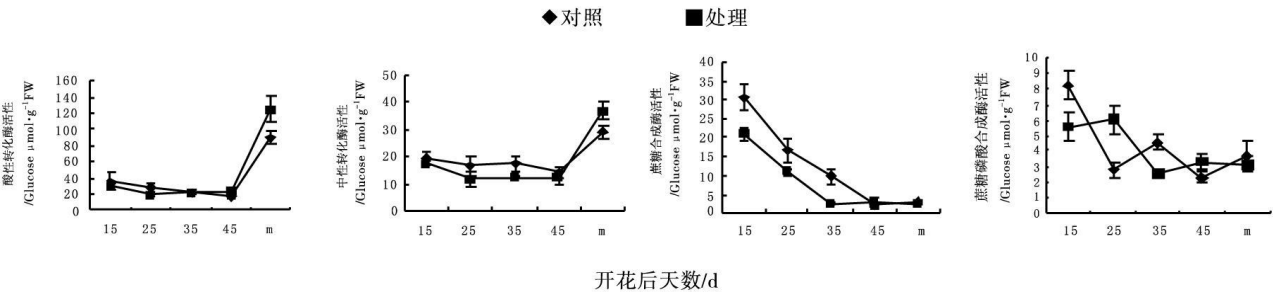


图 8 PCPA 处理对不同发育期番茄果实胶质胎座 AI、NI、SS、SPS 活性的影响

3 讨论

蔗糖代谢是果实糖积累的重要环节,蔗糖代谢相关酶的研究则是探讨果实糖分积累的重要内容,酸性转化酶(acid invertase, AI)、中性转化酶(neutral invertase, NI)、蔗糖合成酶(sucrose synthase, SS)和蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase, SPS)是果实蔗糖代谢的关键酶<sup>[10-12]</sup>。输入果实中糖的代谢及其相关酶活性的变化是果实发育过程调控的重要方面,与品质形成关系密切<sup>[13]</sup>。

该研究表明,在番茄果实发育不同时期果实内不同部位,PCPA 处理和对照组的糖分组成和含量的总体变化趋势基本相同,在果实发育的早、中期随着果实发育的进程,葡萄糖、果糖含量逐渐升高,蔗糖含量逐渐下降,果实的成熟期,葡萄糖、果糖含量明显增高,尤其是番茄中果皮和心室隔壁、胶质胎座中 PCPA 处理区增幅明显高于对照(图 1、2、3、4),说明外源 IAA 处理促进了果实内贮藏部位果糖和葡萄糖的积累。

而 PCPA 处理后不同发育时期,番茄果实内不同部位的酸性转化酶、中性转化酶、蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶活性测定结果表明:在果实发育的早、中期,转化酶活性较低,而果实成熟期转化酶活性升高,尤其是果实内维管束中 PCPA 处理的转化酶活性明显高于对照,中果皮和心室隔壁、胶质胎座中转化酶活性也较高(图 5、6、7、8),说明 PCPA 处理后,高的转化酶活性促进了蔗糖分解、卸载到贮藏部位,而 PCPA 处理后中果皮和心室隔壁、胶质胎座中较高的转化酶活性使在卸载过程中未被分解的蔗糖分解,提高输导组织与贮藏组织间的蔗糖浓度梯度,有利于蔗糖的继续运输、卸载。蔗糖合成酶的活性只在果实发育的早期较高,蔗糖磷酸合成酶的活性在整个果实发育期都相对较低,外源生长素处理后没有明显改变蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶的活性,说明外源 PCPA 处理主要通过影响转化酶的活性来调节番茄果实内各部位的蔗糖代谢。

试验结果表明:PCPA 处理后在果实成熟时才表现出较高的果糖和葡萄糖的积累,转化酶的活性也是在这个时期明显提高,说明花期施用的 PCPA 对番茄果实内

各部位蔗糖代谢的影响不是直接的效应,而是在番茄果实发育的早期通过促进细胞的分裂增殖,增加了“库”细胞的数量,使“库”强增加,从而影响果实的蔗糖代谢,才促进了成熟果实中可溶性糖的积累。

虽然许多学者已经对番茄蔗糖代谢进行了大量研究,该试验也为蔗糖代谢的调控研究提供了一些数据,但蔗糖代谢是个非常复杂的过程,外源植物生长调节剂对蔗糖代谢的作用机制还不清楚。有研究表明糖也能作为信号传递的物质<sup>[14]</sup>,糖信号与植物生长促进激素信号(如生长素)之间可能有潜在的联系<sup>[15]</sup>。因此需进一步利用分子生物学方法进行研究,以期能在分子水平揭示外源激素对蔗糖代谢调控的机理,为改进栽培措施和利用分子生物学手段调控糖分积累提供理论依据。

参考文献

[1] Farrar J F. Sink strength: What is it and how do we measure it[J]. Plant Cell and Environ, 1993, 16: 1014-1046.

[2] Offer C E, Patrick J W. Cellular pathway and hormonal control of short distance transfer in sink regions[J]. Plant Biology, 1986(1): 295-306.

[3] 齐红岩,李天来,张洁.叶面喷肥对设施番茄产量、品质及干物质的影响[J].农业工程学报,2003,19(增刊):115-118.

[4] 齐红岩,李天来,张洁,等.亏缺灌溉对番茄蔗糖代谢和干物质分配及果实品质的影响[J].中国农业科学,2004,37(7):1045-1049.

[5] 齐红岩,李天来,刘海涛,等.番茄不同部位中糖含量和相关酶活性的研究[J].园艺学报,2005,32(2):239-243.

[6] 张洁,李天来,徐晶.长期昼间高温对日光温室番茄光合作用及光合产物分配的影响[J].中国蔬菜,2005(3):7-10.

[7] 李天来,清野贵将,大川匡,等.トマトにおける維管束の走向と光合成産物の転流経路との関係[J].園芸学会雑誌,2000,69(1):69-75.

[8] 王永章,张大鹏.乙烯对成熟期红星苹果果实碳水化合物代谢的调控[J].园艺学报,2000,27(6):391-395.

[9] 於新建.植物生理学实验手册[M].上海:上海科学技术出版社,1985:148-149.

[10] Islam S. Sucrose metabolism in domesticated cherry tomato, *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Alef., and purification of sucrose synthase [J]. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2001, 76(1):40-47.

[11] Miron D, Schaffer A A. Sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase activities in developing fruit of *Lycopersicon esculentum* Mill and the sucrose accumulating *Lycopersicon hirsutum* Humb. and Bonpl [J]. Plant Physiol, 1991, 95: 623-627.

[12] McCollum T G., Huber D J, Cantliffe. Soluble sugar accumulation and

# 洋葱鳞茎农艺性状与产量相关性及通径分析

崔兰舫<sup>1,2</sup>, 周宝利<sup>1</sup>, 张桂凡<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 园艺学院 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁职业学院 园艺系, 辽宁 铁岭 112001)

**摘要:** 对9个洋葱品种的9个农艺性状进行了相关性和通径分析。结果表明: 洋葱鳞茎鲜重与横径、纵径、干物质、开放鳞片鲜重呈极显著正相关, 相关系数分别为0.8415、0.8069、0.8032、0.9947; 开放鳞片鲜重、闭合鳞片鲜重是影响鳞茎鲜重的主要因素, 其中开放鳞片鲜重对单株鳞茎的直接通径系数最大, 可作为洋葱丰产育种的主要选择性状; 对供试品种进行产量分析表明, 在铁岭地区引种可考虑太阳06-1和太阳06-3这两个品种。

**关键词:** 洋葱; 农艺性状; 相关性分析; 通径分析

**中图分类号:** S 633.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)05-0012-03

洋葱(*Allium cepa* L.)又名圆葱、球葱、玉葱、葱头等, 百合科葱属2a生草本植物, 以肉质鳞片和鳞芽构成肥大的鳞茎为产品器官。辽宁省铁岭地区是我国北方重要的葱蒜类蔬菜生产基地, 产量高品质好, 栽培历史悠久。但多年来, 洋葱品种一直以传统品种为主, 存在

产量低、抗逆性差的问题。在蔬菜育种中, 高产往往是人们关注的首要目标, 但是, 构成产量的各因素又是相互关联、相互制约的。前人在洋葱的生长发育方面有较多的研究, 而各农艺性状对其产量构成的影响因素分析报道很少。因此, 探明构成产量的诸因素中哪些是主要因素, 以及各因素与产量之间相关程度的大小, 对于加快育种速度, 提高育种准确性具有重要意义。试验采取引种的方式, 通过对与洋葱产量有关的农艺性状进行相关及通径分析, 了解各性状的关系, 估测各性状对产量构成的相对重要性, 旨在为洋葱高产栽培和品种选育提

**第一作者简介:** 崔兰舫(1969-), 女, 在读硕士, 讲师, 主要从事蔬菜栽培、田间试验与生物统计课程教学及科研生产工作。E-mail: cuilanfang1969@tom.com。

**收稿日期:** 2007-12-30

activity of related enzymes during muskmelon fruit development[J]. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1988, 113(3): 399-403.

[13] 徐胜利, 陈青云, 李绍华, 等. 糖代谢相关酶和GA3、ABA在嫁接伽师瓜果实糖分积累中的作用[J]. 果树学报, 2005, 22(5): 514-518.

[14] Smeekens S. Sugar-induced signal transduction in plants[J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 2000, 51: 49-81.

[15] Gray W M, Kepinski S, Rouse D, et al. Auxin regulates SCFT1R1 dependent degradation of Aux/IAA proteins[J]. Nature, 2001, 414: 271-276.

## Effects on Sucrose Metabolism of Tomato Fruit by PCPA Treatment

CUI Na<sup>1,2</sup>, LI Tian-lai<sup>1</sup>, ZHAO Ju-yong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Horticulture of Liaoning Province, College of Horticulture, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. Biological Science and Technology College, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

**Abstract:** Tomato cv. Liao Yuan Duo Li was cultivated in greenhouse in order to take different parts of the first fruit in the first cluster compared with natural tomato fruit after PCPA treatment. The contents of sucrose, fructose, glucose, and the activities of acid invertase(AI), neutral invertase(NI), sucrose synthase(SS), sucrose phosphate synthase(PS) were determined. Results indicated that the changing tendency of composition and contents of soluble sugar in different parts during fruit development was the same between PCPA treatment and control. Glucose and fructose were the predominant sugars in the pericarp and dissepiment, pectinic of fruit during mature point of fruits. But the contents of fructose and glucose by PCPA treatment were higher than control. The activities of AI and NI by PCPA treatment were obviously higher than control in the vascular bundles of fruit during mature point of fruits, while the activities of AI and NI in the pericarp and dissepiment, pectinic were higher than other parts of fruit.

**Key words:** PCPA; Tomato; Development; Sucrose; Metabolism