



# 叶面喷施VA和钙混剂对番茄冷藏效果的影响

魏宝东<sup>1,2</sup>, 马 玥<sup>2</sup>, 李晓明<sup>1</sup>, 李天来<sup>1,\*</sup>

(1.沈阳农业大学园艺学院, 辽宁 沈阳 110866; 2.沈阳农业大学食品学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:**以番茄品种“辽园多丽”为试材研究叶面喷施外源VA和腐植酸钙混剂对番茄冷藏效果的影响。结果表明:各组处理硬度,可溶性固形物,VC含量,脯氨酸含量,超氧化物歧化酶活性冷藏期间均呈下降趋势,20g/L VA和5g/L腐植酸钙混剂处理硬度比对照高出49.5%。过氧化物酶活性随着冷藏时间延长而升高。20g/L VA与5g/L腐植酸钙混剂处理丙二醛含量最低为1.548nmol/g。脂氧合酶活性,过氧化氢酶活性均呈先升高后下降趋势。转红指数呈上升趋势,冷藏结束时,20g/L VA与5g/L腐植酸钙混剂处理比对照高50.25%。番茄单果质量20g/L VA与5g/L腐植酸钙混剂处理最高为205.14g。20g/L VA与5g/L腐植酸钙混剂处理可较好的维持番茄品质,延缓番茄果实的衰老。

**关键词:**番茄;腐植酸钙;VA;冷藏

## Effect of Exogenous Vitamin A and Calcium Treatment on Tomato Refrigeration

WEI Bao-dong<sup>1,2</sup>, MA Yue<sup>2</sup>, LI Xiao-ming<sup>1</sup>, LI Tian-lai<sup>1,\*</sup>

(1. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;

2. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** Chilled “Liao yuan duo li” tomatoes were used as raw materials to explore the effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium on refrigeration efficiency. The experimental results showed that the firmness, soluble solids, vitamin C content, proline content and superoxide dismutase activity of tomatoes treated with the mixture at various concentrations revealed a decreasing trend. The firmness of tomatoes treated with the mixture of 20 g/L vitamin A and humic acid calcium was revealed an enhancement by 49.5% when compared with the control. The activity of peroxidase in tomatoes treated with the mixture was increased as the extension of refrigeration storage time. The content of MDA in tomatoes treated with the mixture was 1.548 nmol/g. The activity of both lipoxxygenase and catalase in tomatoes treated with the mixture revealed an initial increase and a final decrease. The red-converting index showed an increasing trend and the best red-converting efficiency resulted from the treatment of the mixture, which exhibited the enhancement by 50.25% compared with that in the control. In addition, the fruit weight of single tomato treated with the mixture was up to 205.14 g. The mixture of 20 g/L vitamin A and 5 g/L humic acid calcium not only preserved the fruit quality, but also extended the senescence of the tomatoes.

**Key words:** tomatoes; humic acid calcium; vitamin A; refrigeration

中图分类号: TS255.36

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)04-0267-05

钙是植物生长发育的必需元素之一,在番茄植株生长、果实品质的形成、细胞结构形成、细胞内酶的各种功能的激活及预防脐腐病具有重要的调控作用<sup>[1-2]</sup>。对钙处理后能够维持果实硬度,减缓后熟过程,对番茄果实采后贮藏起着重要的作用<sup>[3-4]</sup>。以往的研究中采用对花期、幼果、枝条、根、叶片以及补钙等措施取得了不同程度的增钙效果,其中叶面喷钙和幼果喷钙既能显著增加果实钙含量又能降低因钙含量的增加导致的其他元素的胁迫作用<sup>[5]</sup>。此外芸乙酸和IAA能促进果实的钙吸收<sup>[6-8]</sup>,但采用非激素类

物质和钙结合的钙混剂喷施处理提高番茄果实钙含量及其对番茄品质和耐藏性的影响还未见报道。因此,本实验拟采取在番茄生长中喷施外源维生素和钙混剂以提高番茄果实的品质,进而对提高番茄耐贮性进行研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

番茄品种辽园多丽番茄;VA、腐植酸钙 国药

收稿日期: 2011-11-30

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD07B04);设施园艺省部共建教育部重点实验室(沈阳农业大学)

作者简介: 魏宝东(1969—),男,副教授,博士,研究方向为食品制造与冷藏。E-mail: bdwei2003@yahoo.com

\*通信作者: 李天来(1955—),男,教授,博士,研究方向为设施园艺与蔬菜生理。E-mail: tianlaili@126.com

集团化学有限公司; Hogland营养液 自制。

## 1.2 仪器与设备

CT14RD台式高速冷冻离心机 上海天美科学仪器有限公司; GY-1果实硬度计 牡丹江市机械研究所; TU-1810紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限公司; 糖度计 上海精密仪器有限公司。

## 1.3 叶面喷施VA和腐植酸钙混剂试验设计

试验于2010年在沈阳农业大学科研基地日光温室内进行无土栽培。番茄品种为辽园多丽。2010年8月6日开始播种,当植株长至6片叶时选取生长一致健壮的植株定植到Hogland营养液,58cm×44cm×20cm营养池中,每池定植4株,每7d更换一次营养液。

番茄植株在第一穗果开花时喷施VA和腐植酸钙混剂,晴天上午9时用喷雾器均匀喷洒在叶片上,喷后每隔1d同一时间再进行喷施,共喷施6次。设6个处理:1)对照(CK):喷施清水;2)5g/L腐植酸钙(HA-Ca)溶液;3)10g/L VA:4)10g/L VA+5g/L HA-Ca(10g/L VA HA-Ca);5)20g/L VA+5g/L HA-Ca(20g/L VA HA-Ca);6)30g/L VA+5g/L HA-Ca(30g/L VA HA-Ca)。顶红期(果顶直径约为1.0cm面积的果面微显红色)采收,选择大小均匀、无病虫害和机械伤的果实为贮藏试材,将果实分别装入聚乙烯塑料袋中(500g/袋),于(0±1)℃、RH 90%条件贮藏30d,定期进行相关指标测定。

## 1.4 指标测定

硬度测定:采用果实硬度计;转红指数测定:转红指数将果实按颜色分为5个等级:0级:绿熟期果顶部发红但没有全部着色,1级:催熟期果顶部着色程度小于30%,2级:半熟期果顶部的红色向果腹部扩展着色程度30%~70%,3级:成熟期果实特有红色进一步扩展着色程度71%~98%,4级:完熟期果肉坚硬,完全着色,5级:过熟期果实红色变深肉质软化,果腹部果皮破裂,转红指数=∑转红指数×该级别个数/(最高级别×检查总个数)<sup>[9]</sup>;可溶性固形物:采用糖度计测定;VC含量测定:采用分光光度计法<sup>[10]</sup>;脯氨酸含量测定:采用茚三酮比色法<sup>[11]</sup>;丙二醛含量测定:采用硫代巴比妥酸比色法<sup>[12]</sup>;超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性测定:采用氯化硝基四氮唑蓝法;过氧化氢酶(catalase, CAT)活性测定:采用紫外分光光度计法;过氧化物酶(peroxidase, POD)活性测定:采用愈创木酚比色法;脂氧合酶(lipoxygenase, LOX)活性测定:采用分光光度计法<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄单果质量的影响

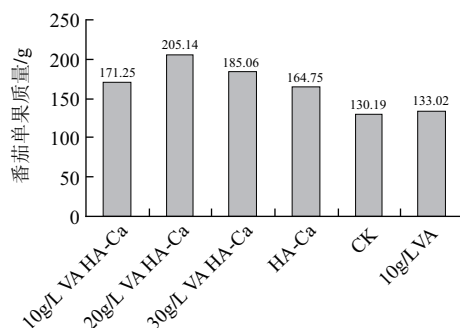


图1 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄单果质量的影响  
Fig.1 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on fruit weight of a single tomato

由图1可知,在不同质量浓度VA和钙混剂处理对番茄单果质量与对照相比有明显的提高,20g/L VA HA-Ca混剂处理的番茄单果质量平均值为205.14g,平均比单喷施钙的番茄高40.39g,比对照高74.95g,促进了番茄果实的生长。

### 2.2 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间硬度的影响

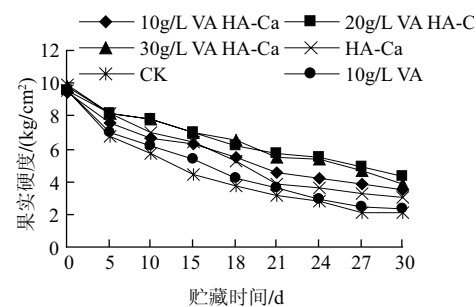


图2 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间硬度的影响  
Fig.2 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on firmness of tomatoes during cold storage

果实硬度是衡量果实成熟度和冷藏品质的重要指标之一,由图2可知,在番茄果实的成熟、衰老中,果实硬度逐渐降低。对照的果实硬度下降比较快,而增钙各处理的硬度缓慢下降。在冷藏结束时,20g/L VA HA-Ca处理比对照高出49.5%,比单独加腐植酸钙处理相比高出29.6%。

### 2.3 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间转红指数的影响

由图3可知,转红指数总体呈先快后慢趋势上升。在冷藏的前15d,钙处理的转红速率低于对照,说明增钙可以延缓果实后熟,从15d后对照处理转红指数趋于平缓,增钙各处理仍在上升,转红指数超过了对照和VA处理,表明增钙各处理可以减轻冷害。20g/L VA HA-Ca处理第30天平均值为40,比对照高出50.25%。

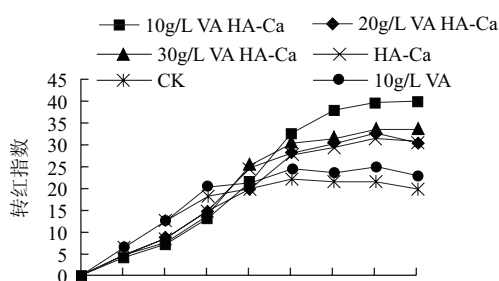


图3 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间转红指数的影响

Fig.3 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on red-converting index of tomatoes during cold storage

#### 2.4 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间可溶性固形物的影响

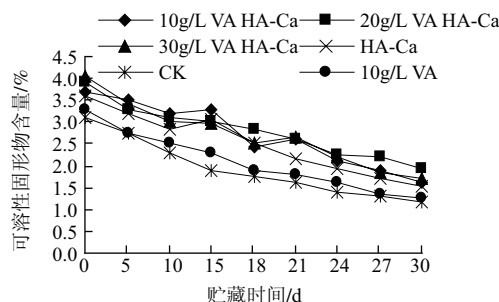


图4 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间可溶性固形物的影响

Fig.4 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on soluble solids of tomatoes during cold storage

由图4可知,番茄中的可溶性固形物含量总体呈下降趋势。钙剂处理可以延缓可溶性固形物下降,在冷藏结束时,20g/L VA HA-Ca的番茄可溶性固形物含量为1.95%,比对照高41%。

#### 2.5 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间VC含量的影响

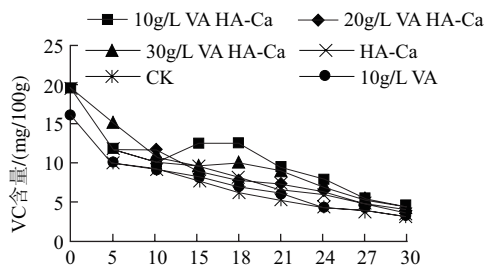


图5 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间VC含量的影响

Fig.5 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on vitamin C content of tomatoes during cold storage

由图5可知,番茄中VC含量总体呈下降趋势。采收时20g/L VA HA-Ca处理的VC含量为19.75mg/100g,比对照高3.88mg/100g,喷施HA-Ca或喷施不同质量浓度VA HA-Ca均可以增加VC的含量。冷藏结束时各处理的VC含量差异不大。

#### 2.6 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间脯氨酸含量的影响

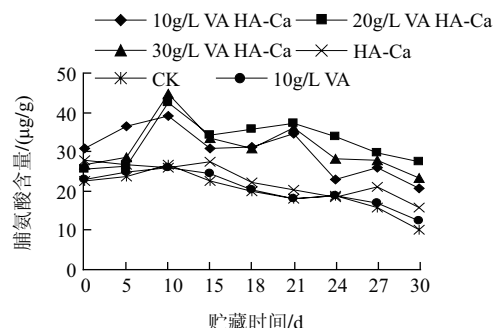


图6 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间脯氨酸含量的影响

Fig.6 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on proline content of tomatoes during cold storage

植物体内脯氨酸含量在一定程度上反映了植物的抗逆性。由图6可知,脯氨酸含量呈下降趋势,20g/L VA HA-Ca处理下降比其他处理相对缓慢,冷藏结束时20g/L VA HA-Ca处理的脯氨酸含量为27.4μg/g,比对照高62.33%。在低温条件下,植物组织中脯氨酸含量增加,可提高植物的抗寒性,间接地减轻了冷藏期间冷害的作用。

#### 2.7 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间丙二醛含量的影响

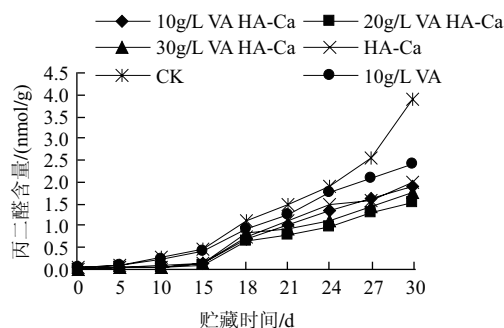


图7 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间丙二醛含量的影响

Fig.7 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on MDA content of tomatoes during cold storage

由图7可知,丙二醛含量总体呈上升趋势。从15d时开始各组处理呈显不同的上升幅度,对照上升幅度最大,20g/L VA HA-Ca上升幅度最小。在冷藏结束时,20g/L VA HA-Ca处理的丙二醛含量为1.548nmol/g,比对照低60.5%。



## 2.8 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间超氧化物歧化酶活性的影响

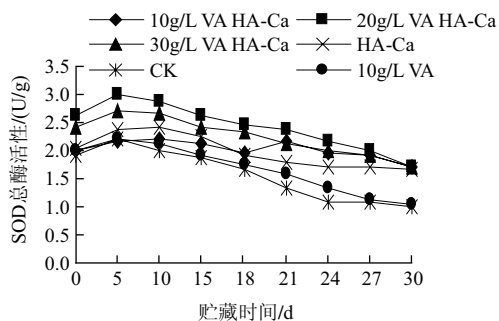


图8 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间SOD活性的影响

Fig.8 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on SOD activity of tomatoes during cold storage

由图8得知,超氧化物歧化酶总体呈下降趋势。与对照对比,钙剂处理保持有较高的SOD活性。SOD活性从高到低依次为20g/L VA HA-Ca, 30g/L VA HA-Ca, 10g/L VA HA-Ca, HA-Ca, 10g/L VA, 对照。20g/L VA HA-Ca处理冷藏结束时SOD活性为1.718U/g。

## 2.9 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间过氧化氢酶活性的影响

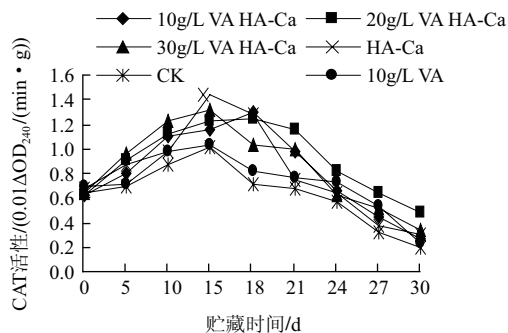


图9 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间CAT活性的影响

Fig.9 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on CAT activity of tomatoes during cold storage

过氧化氢酶又称触酶(CAT),其生物学功能是催化细胞内过氧化氢的分解防止过氧化。CAT与SOD、POD一起被称为酶保护系统<sup>[14]</sup>。由图9可知,过氧化氢酶活性(CAT)总体上呈先上升后下降的趋势,冷藏结束时,20g/L VA HA-Ca处理的CAT活性为0.475(0.01ΔOD<sub>240</sub>/(min · g)),比对照高58.5%。

## 2.10 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间过氧化物酶活性的影响

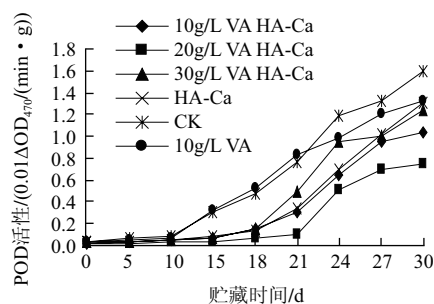


图10 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间POD活性的影响

Fig.10 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on POD activity of tomatoes during cold storage

由图10可知,POD活性随着冷藏时间的延长而逐渐增加,钙剂处理能够抑制POD的活性的上升速率,冷藏结束时20g/L VA HA-Ca的POD活性比对照低53.2%,比单喷施HA-Ca的低42.5%。

## 2.11 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间脂氧合酶活性的影响

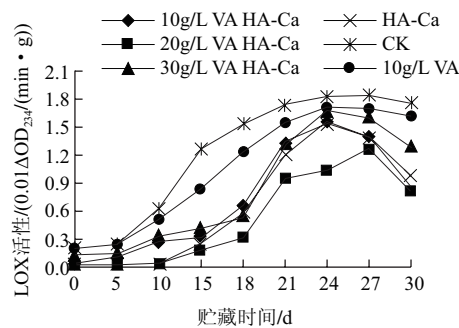


图11 不同质量浓度VA与腐植酸钙混剂处理对番茄果实冷藏期间LOX活性的影响

Fig.11 Effect of the mixture containing vitamin A and humic acid calcium at various concentrations on LOX activity of tomatoes during cold storage

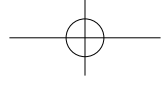
由图11可知,脂氧合酶(LOX)活性总体呈上升趋势,冷藏后期下降。不同质量浓度的VA HA-Ca混剂各处理均抑制了LOX活性上升,20g/L VA HA-Ca在27d时达到最高值1.185(0.01ΔOD<sub>234</sub>/(min · g))。HA-Ca、10g/L VA HA-Ca、30g/L VA HA-Ca在24d时达到最大值分别为1.567(0.01ΔOD<sub>234</sub>/(min · g))、1.721(0.01ΔOD<sub>234</sub>/(min · g))、1.551(0.01ΔOD<sub>234</sub>/(min · g)),均低于对照。

## 3 讨论与结论

### 3.1 外源喷施VA和腐植酸钙混剂处理对番茄果实品质的影响

Ca是植物细胞衰老和果实后熟作用的延缓保护剂,





陈黎明等在氯化钙喷施对番茄产量和品质影响的研究中表明了不同质量浓度的氯化钙可以提高番茄单果重的含量,增加了VC的含量,延缓了硬度的下降,提高了番茄的品质<sup>[15]</sup>。关志华等<sup>[16]</sup>外源施钙对加工番茄果实硬度及品质相关指标的影响中,也表明了增钙可以提高番茄果实的可溶性固形物,增加果实的硬度和VC的含量。本实验结果表明增钙处理可以提高单果质量,延缓果实冷藏期间硬度、可溶性固形物、VC含量下降。其中,冷藏结束时,20g/L VA HA-Ca处理的番茄单果质量平均值为205.14g,硬度比对照高出49.5%,可溶性固形物含量为1.95%比对照高41%,VC含量为19.75mgVC/100g,比对照高3.88mgVC/100g。

### 3.2 外源喷施VA和腐植酸钙混剂处理对番茄果实生理的影响

Ca<sup>2+</sup>是细胞壁和细胞膜结构的必需物质,在植物体中发挥着十分重要的作用<sup>[17]</sup>,能提高果实抗坏血酸,抑制果实膜脂过氧化以及LOX活性<sup>[18]</sup>,本实验结果表明增钙处理提高VC含量,抑制了MDA含量和LOX酶活性的升高,说明增钙处理延缓番茄果实后熟过程。

植物在逆境条件下的保护酶系统(包括SOD、POD、CAT酶)的活性变化,广泛应用于植物对逆境的反应的机理研究<sup>[19-20]</sup>。活性氧代谢是植物对逆境胁迫的原初反应,SOD与CAT、POD酶协同作用来预防活性氧或其他过氧化物自由基对细胞膜系统的伤害<sup>[21-22]</sup>。极度缺钙时SOD、POD、CAT酶活性比对照显著升高,当供钙质量浓度增加3种酶活性均显著下降,到正常供钙时酶活性最低<sup>[23]</sup>。彭森等<sup>[24]</sup>在钙对干旱胁迫下草莓的酶活性的影响的研究中表明不同钙质量浓度处理在一定程度上维持酶的活性,以减轻活性氧对草莓的伤害。本实验结果表明:增钙处理可以保持较高的SOD、CAT活性,延缓了POD的活性上升,减轻了冷害,延缓了果实的衰老。20g/L VA HA-Ca处理最好,SOD活性在贮藏结束时为1.718U/g,保持CAT的活性比对照高41.4%,且延缓了POD活性的增加,冷藏结束时比对照低53.2%。

此外,生吉萍等<sup>[25]</sup>、蒋依辉等<sup>[26]</sup>,分别在钙对小油菜,芒果贮藏品质的研究中,表明Ca<sup>2+</sup>处理的小油菜黄变率比对照低,Ca<sup>2+</sup>处理抑制了芒果果皮色泽转黄。本实验结果表明番茄转红指数在冷藏的前15d,钙处理的转红速率低于对照,说明增钙可以延缓果实后熟,从15d后对照处理转红指数趋于平缓,增钙各处理仍在上升,转红指数超过了对照和VA处理,说明对照处理由于发生冷害导致转红指数不在上升,增钙各处理减轻或延缓了冷害的发生,还在继续后熟而导致转红指数继续上升。20g/L VA HA-Ca处理在冷藏结束时转红指数为40,比对照高出50.25%。钙剂同时也延缓脯氨酸含量下降,也说明钙处理在冷藏期间减轻冷害的发生,延缓了果实衰老。

### 参考文献:

- [1] 鄢圣芝. 向叶面喷钙对番茄脐腐病的防治研究[J]. 农业科学, 2000, 45(4): 45-46.
- [2] 柯玉清, 张长峰. 钙对果实采后的生理作用[J]. 农产品加工, 2007(1): 36-37.
- [3] 陈书霞, 魏玲, 房玉林. 钙处理对番茄采后成熟生理品质的影响[J]. 西北农业学报, 2006, 15(1): 156-159.
- [4] 陈莉, 郝浩永, 程朝霞, 等. 采后氯化钙处理对番茄生理的影响[J]. 长江蔬菜, 2009(8): 27-29.
- [5] 董彩霞, 周健民, 范晓晖, 等. 花期减少施钙量对不同钙效率番茄果实钙形态和含量的影响[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(2): 128-130.
- [6] 孙德岭, 安志信, 闻凤英, 等. 苯乙酸对番茄钙素吸收运转的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(1): 89-92.
- [7] 黄鹏. 采前钙和苯乙酸处理对无花果贮藏品质的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(5): 97-101.
- [8] 王婷, 饶景萍, 宋永令, 等. 叶面喷施5-氨基乙酞丙酸对番茄果实采后生理指标的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(1): 243-247.
- [9] 魏宝东, 张鑫浩, 李晓明, 等. 不同钙制剂处理对番茄冷藏期间品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 279-282.
- [10] 樊金娟. 植物生理研究技术试验指导[M]. 沈阳: 沈阳农业大学植物生理教研室, 2008: 29.
- [11] 韩永斌, 顾振新. Ca<sup>2+</sup>浸泡处理对发芽糙米生理指标和物质含量的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 58-61.
- [12] 越世杰, 许长成. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(3): 207-210.
- [13] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅, 等. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 23.
- [14] 张坤生, 田荟琳. 过氧化氢酶的功能及研究[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 8-10.
- [15] 陈黎明. 氯化钙喷施对番茄产量和品质影响的研究[D]. 延吉: 延边大学, 2007.
- [16] 关志华, 程智慧. 外源施钙对加工番茄果实硬度及品质相关指标的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2009, 37(10): 145-149.
- [17] FALLAHI E, SIMONS B R. Interrelations among leaf and fruit mineral nutrients and fruit quality in 'Delicious' apples[J]. Tree Fruit Productions, 1996, 1(1): 15-25.
- [18] PECH J C, BOUZAYEN M, LATCHE A. Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening path ways in melon fruit[J]. Plant Science, 2008, 175(7): 114-120.
- [19] LAMB C, DIXON R A. The oxidative burst in plant disease resistance[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1997, 48: 251-275.
- [20] BLOKHINA O, FAGERSTEDT K V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review[J]. Ann Bot, 2002, 91(2): 179-194.
- [21] 董彩霞, 周健民, 赵世杰, 等. 外源钙对不同钙敏感型番茄幼苗生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(2): 262-272.
- [22] MARTIN-DIANA A B, RICO D, FRIAS J M, et al. calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 4(18): 210-218.
- [23] KARAKURT Y, HUBER D J. Etylene-induced gene expression, enzyme activities, and water soaking in immature and ripe watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit[J]. Journal of Plant Physiology, 2004, 161(4): 381-388.
- [24] 彭森, 钟晓红, 张玲, 等. 钙对干旱胁迫下对草莓中SOD、CAT、PPO活性的影响[J]. 长江大学学报, 2009(1): 11-14.
- [25] 生吉萍, 丁洋, 李松泉, 等. 采后钙处理对小油菜贮藏品质与抗氧化能力的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(12): 511-513.
- [26] 蒋依辉, 易干军, 孟祥春, 等. 钙处理结合壳聚糖涂膜对芒果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 369-342.