

叶面喷施维生素 A 和钙混剂对采后番茄果实软化生理的影响

魏宝东¹, 马 玥¹, 李晓明², 李天来²

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

摘 要:以番茄品种“辽园多丽”为试材, 探讨叶面喷施维生素 A 和钙混剂对番茄果实硬度、呼吸速率、乙烯释放量、细胞壁水解酶(多聚半乳糖酶、果胶甲酯酶和羧甲基纤维素钠酶)活力的影响。结果表明:与 CK 相比, 2% 维生素 A(VA)+0.5% CaCl₂ 和 0.5% CaCl₂ 均能有效延缓果实软化速度, 推迟乙烯释放高峰出现的时间, 还降低了呼吸速率、乙烯释放量和细胞壁水解酶的活性。与 0.5% CaCl₂ 处理相比, 2% VA+0.5% CaCl₂ 处理更显著地降低了细胞壁水解酶的活性, 从而使果实硬度下降的速度减慢。

关键词:番茄; 采后软化生理; 维生素 A; CaCl₂

中图分类号:S 641.209⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)14-0156-04

番茄, 又称西红柿, 是国内外普遍栽培的蔬菜作物^[1]。但番茄在生产中常因易腐烂、不耐贮藏或贮藏期

短而影响经济效益。如何进行采前或采后适当处理提高其耐贮性是一个值得考虑的问题。钙作为一种大量的营养元素, 与植物的生长发育密切关联, 不仅是影响果实品质最重要的矿质元素之一, 而且钙在延缓果蔬的衰老和控制生理病害方面有较好的效果^[2]。研究表明, 钙处理后能够维持果实硬度, 减缓后熟过程, 对番茄果实采后贮运起着重要的作用^[3-5], 以往研究叶面喷钙来增加番茄果实钙含量的较多^[6-7], 但是番茄果实吸收钙效率很低。有研究表明, 萘乙酸和 IAA 能促进番茄果实的钙吸收^[6,8], 但采用非激素类物质和钙结合的钙混剂叶面喷施处理番茄, 并对果实钙软化生理影响的研究少见报道。因此, 该试验在前期工作基础上, 拟通过盛花

第一作者简介:魏宝东(1969-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为食品制造与贮藏, 现主要从事农产品贮藏方面的教学和科研工作。E-mail: bdwei2003@yahoo.com.cn.

责任作者:李天来(1955-), 男, 博士, 教授, 研究方向为设施园艺与蔬菜生理, 现主要从事设施园艺方面的教学和科研工作。E-mail: fywjg@sina.com.

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

收稿日期:2012-04-11

参考文献

- [1] 孙协平, 高东升, 刘敏, 等. 摘袋后套白纸筒对富士苹果果实微环境及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2008(7): 30-32.
- [2] 何于飞. 葡萄综合加工[J]. 食品工程, 2008(3): 32-34.
- [3] 李培环, 张振芳. 山楂贮藏与加工[M]. 北京: 中国农业出版社, 1989;

118-134.

- [4] 孔瑾. 复合果酒的开发与研究[J]. 酿酒, 2001(6): 80-82.
- [5] 卫莉, 贺长生, 沈祥坤, 等. 全汁干型苹果酒的生产工艺研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2000(3): 13-17.
- [6] 代同现, 王中兴. 干式苹果酒的酿造[J]. 酿酒科技, 1999(4): 55-56.

Study on Apple, Hawthorn and Grape Composite Wine

WANG Ying-chen

(School of Food Technology, Jilin Agriculture Science and Technology College, Jilin, Jilin 132101)

Abstract: With the juice of apple, hawthorn and grape, the fermentation conditions of their composite were studied, the optimal processing parameters were determined by single and orthogonal test. The results showed that the ratio of apple juice, hawthorn juice and grape juice was 7 : 2 : 1, fermented at 26℃ with 5.0 g/L dry yeast. The stability of composite wine was studied, and the 0.15% bentonite clay added as clarifier could improve the stability.

Key words: apple; hawthorn; grape; composite wine; technology

期叶面喷施外源维生素 A 和钙混剂处理来探讨增钙对延长番茄果实货架期,及其软化的生理效应。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为番茄品种‘辽园多丽’。

1.2 试验方法

试验于 2010 年在沈阳农业大学科研基地日光温室内进行,采用无土栽培方式,Hogland 营养液自配,2010 年 8 月 6 日开始播种,当植株长至 6 片叶时选取生长健壮一致的植株定植到 58 cm×44 cm×20 cm 营养池中,每池定植 4 株,每 7 d 更换 1 次营养液。维生素 A、CaCl₂ 购于国药集团,在第 1 穗果开花时喷施维生素 A 和 CaCl₂ 混剂,晴天上午 9:00 用喷雾器均匀喷洒在叶片上,喷后每隔 1 d 同一时间再进行喷施,共喷施 6 次。设 4 个处理:对照(CK):喷施清水;2% VA:20 g/L 维生素 A 溶液;0.5% CaCl₂:5 g/L CaCl₂ 溶液;2% VA+0.5% CaCl₂:20 g/L 维生素 A+5 g/L CaCl₂ 溶液。

1.3 项目测定

顶红期采收,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(500 g/袋),于(20±1)℃条件下贮藏 10 d,分别于 0、2、4、6、8 和 10 d 测定果实硬度、呼吸强度、乙烯释放量、多聚半乳糖醛酸酶活性、果胶甲酯酶活性和羧甲基纤维素钠酶活性。各处理每次取 3 个番茄作为 3 次重复。果肉硬度采用 FT-3271 型果实硬度计测定,每处理 10 次重复。乙烯释放量参照陈昆松等^[9]的方法,采用气相色谱仪(美国 Varian CP-3800)测定,每处理 6 次重复。呼吸速率采用 CO₂ 红外线测定仪测定,每处理 6 次重复^[10]。多聚半乳糖醛酸酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[10-11]。果胶酯酶活性测定是以柑橘果胶(Citrus pectin)为底物,在反应液为 9 mL 1%柑橘果胶+1 mL 酶液条件下,测定 1 g 组织 1 h 内维持 pH 7.4 所需 1 mmol/L NaOH 的体积作为 1 个酶活单位^[12],每处理 3 次重复。羧甲基纤维素钠酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[10-11]。

1.4 数据分析

该试验数据均用 Excel 进行处理,并用 DPS 统计软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度维生素 A 与 CaCl₂ 组合处理对番茄果实货架期硬度的影响

由图 1 可知,在货架期间番茄果实硬度呈下降趋势,钙处理的番茄果实硬度在整个货架期均高于 CK 和 VA 处理。2%VA+0.5%CaCl₂ 处理番茄果实硬度在前 6 d 下降幅度较小,从 6~8 d 下降幅度增大,8 d 以后又趋缓,0.5% CaCl₂ 处理番茄果实硬度在 2~6 d 下降幅度

最大,6~10 d 趋于缓和;CK 处理和 2% VA 处理的番茄果实硬度在前 6 d 货架期下降幅度大,6 d 以后趋于缓和,且 2%VA 处理的果实硬度和 CK 差异不大。在采收时 2%VA+0.5% CaCl₂ 处理和 0.5% CaCl₂ 处理番茄果实硬度高于 CK,且 2% VA+0.5% CaCl₂ 处理的最高比 CK 高 14.87%,到货架 10 d 时比 CK 高 37.40%,说明钙结合 VA 处理既能保持较高的番茄果实硬度又能减缓果实硬度的下降。

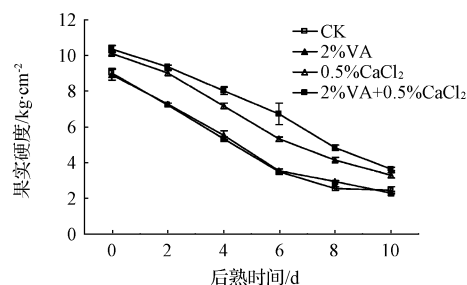


图1 不同浓度维生素 A 与 CaCl₂ 组合处理对番茄果实硬度的影响

2.2 不同浓度维生素 A 与 CaCl₂ 组合处理对番茄果实呼吸强度的影响

由图 2 可知,在货架期间各处理番茄果实的呼吸强度均呈先增加后下降的趋势,其中 2% VA+0.5% CaCl₂ 处理番茄果实的呼吸强度一直低于 0.5% CaCl₂ 处理番茄果实的呼吸强度,均在 6 d 时出现呼吸高峰,峰值分别为 47.50 和 53.10 CO₂ mg·kg⁻¹·h⁻¹,CK 处理和 2% VA 处理番茄果实的呼吸强度差异不大,均在 4 d 时出现呼吸高峰,峰值分别为 59.20 和 58.40 CO₂ mg·kg⁻¹·h⁻¹,2% VA+0.5% CaCl₂ 处理比 CK 处理呼吸高峰低 19.76%,使呼吸高峰的到来延迟 2 d,说明钙处理显著降低番茄果实货架期间的呼吸强度,又推迟呼吸高峰出现的时间,其中 VA 结合钙处理效果更显著。

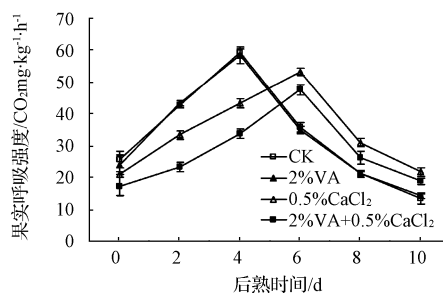


图2 不同浓度维生素 A 与 CaCl₂ 组合处理对番茄果实呼吸强度的影响

2.3 不同浓度维生素 A 与 CaCl₂ 组合处理对番茄果实乙烯释放量的影响

由图 3 可知,钙处理既减少了乙烯释放量又延缓了乙烯高峰出现的时间,而 2% VA 处理和 CK 的乙烯高峰的趋势基本一致。2% VA+0.5% CaCl₂ 处理和 0.5% CaCl₂ 处理番茄果实的乙烯释放量分别只有 38.80

和 $42.50 \text{ nL} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 分别比 CK 低 25.53% 和 18.43%; 整个后熟期间 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理番茄果实的乙烯释放量一直低于 0.5% CaCl_2 处理, 说明 VA 结合钙处理更能减少番茄果实货架期间的乙烯释放量并且延缓了乙烯高峰出现的时间。

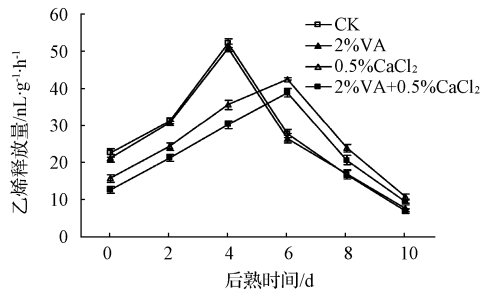


图3 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实乙烯释放量的影响

2.4 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实多聚半乳糖醛酸酶活性的影响

由图 4 可知, 货架期间各处理番茄果实的多聚半乳糖醛酸酶活性均不断升高, 其中 2% VA 处理和 CK 的多聚半乳糖醛酸酶活性均高于 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理和 0.5% CaCl_2 处理, 但 2% VA 处理的多聚半乳糖醛酸酶活性和 CK 的差异不大, 均在前 4 d 大幅度上升然后趋缓。2% VA + 0.5% CaCl_2 处理的多聚半乳糖醛酸酶活性明显低于 0.5% CaCl_2 处理。0.5% CaCl_2 处理果实中多聚半乳糖醛酸酶活性比 CK 低 $0.41 \sim 0.85 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理的多聚半乳糖醛酸酶活性比 CK 低 $0.51 \sim 2.42 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 说明 VA 结合钙处理延缓多聚半乳糖醛酸酶活性升高更显著。

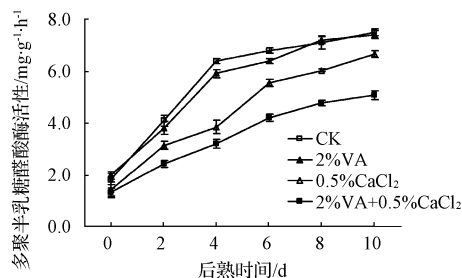


图4 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实多聚半乳糖醛酸酶活性的影响

2.5 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实果胶甲酯酶活性的影响

由图 5 可知, 货架期间各处理番茄果实的果胶甲酯酶活性均呈现先增加后降低的趋势, 其中 CK 和 2% VA 处理在 0~6 d 上升幅度相同, 在采后 6 d 达到活性高峰, 然后迅速下降, 其中 CK 下降幅度较大; 采后 1~6 d CK 果实的果胶甲酯酶活性由 18.50 增至 $54.20 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 2% VA 处理果实的果胶甲酯酶活性由 19.70 增至 $54.85 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理

和 0.5% CaCl_2 处理番茄果实果胶甲酯酶在采后 8 d 达到活性高峰, 采后 1~8 d, 0.5% CaCl_2 处理番茄果实果胶甲酯酶活性由 18.50 增至 $50.40 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理由 16.40 增至 $38.80 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 到采后 10 d 时, 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理番茄果实果胶甲酯酶活性比 CK 低 27.96%。说明 VA 结合钙处理延缓果胶甲酯酶活性升高更显著。

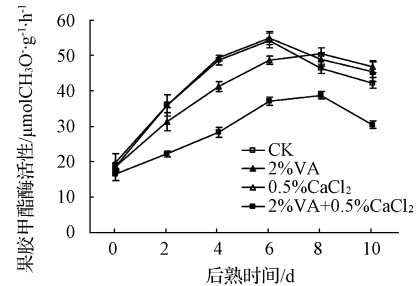


图5 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实果胶甲酯酶活性的影响

2.6 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实羧甲基纤维素钠酶活性的影响

由图 6 可知, 货架期间钙处理番茄果实的羧甲基纤维素钠酶活性上升幅度较小, 采后 2 d 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理果实羧甲基纤维素钠酶活性比 0.5% CaCl_2 处理低 $0.30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; 采后 2~6 d 差异不显著; 采后 6~8 d 0.5% CaCl_2 处理果实羧甲基纤维素钠酶活性大幅度上升, 且一直高于 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理, 到采后 10 d 二者相差 $0.73 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 。CK 果实和 2% VA 处理的羧甲基纤维素钠酶活性上升幅度和趋势基本一致且差异不大, 但明显高于 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理和 0.5% CaCl_2 处理; 到采后 10 d 0.5% CaCl_2 处理果实羧甲基纤维素钠酶活性比 CK 低 23.38%, 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理果实羧甲基纤维素钠酶活性比 CK 低 38.62%, 说明钙处理可以延缓羧甲基纤维素钠酶升高, 且 VA 结合钙处理的效果更显著。

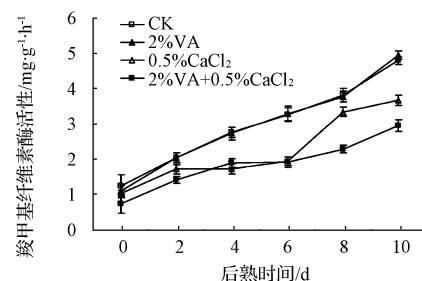


图6 不同浓度维生素 A 与 CaCl_2 组合处理对番茄果实羧甲基纤维素钠酶活性的影响

3 讨论与结论

利用钙剂延缓番茄果实采后衰老及抑制软化的研究较多^[4-5,13-16]。林栋梁^[13]认为采收前以氯化钙浸泡番茄果实, 提高其钙含量有利于贮藏运输; 陈书霞等^[4]认

为采收后 CaCl_2 处理可以有效抑制果实硬度下降,其中以 15% CaCl_2 处理番茄果实,能有效地阻止番茄采后的衰老过程,延长番茄的采后贮藏时间;在果实发育期采用适当质量浓度的钙处理,可以使果实在采收后的一定时期内保持采收时的硬度^[15-17],该试验中 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理更能延缓番茄果实货架期间硬度下降。果实软化的初期 Ca^{2+} 能够通过抑制番茄果实乙烯的产生延缓果实软化进程的启动^[18],该试验结果表明,2% VA + 0.5% CaCl_2 处理即降低了货架期间番茄果实的乙烯释放量又降低了乙烯峰,从而推迟并降低了呼吸高峰;有研究表明绿熟期番茄果实高钙处理 8 d 后,仍测不出 PG 活性^[14],该研究可能是在顶红期采收,从采收开始就能测出多聚半乳糖醛酸酶活性,但是 VA 结合钙处理显著的延缓多聚半乳糖醛酸酶活性升高;王文雅等^[14]认为在果实成熟的后期, Ca^{2+} 能够抑制 PG、EXP 的作用,延缓果实的快速软化。该研究认为 VA 结合钙处理显著的延缓采后番茄果实多聚半乳糖醛酸酶活性升高、果胶甲酯酶活性升高和羧甲基纤维素钠酶升高,进而延缓果实硬度下降。

该试验结果表明,VA 结合钙处理延缓番茄果实货架期间硬度下降,且 2% VA + 0.5% CaCl_2 处理的最高比 CK 高 14.87%,到货架 10 d 时比 CK 高 37.40%。2% VA + 0.5% CaCl_2 处理比 CK 处理呼吸高峰低 19.76%,使呼吸高峰的到来延迟 2 d;钙处理使乙烯释放高峰推迟 2 d,2% VA + 0.5% CaCl_2 处理比 CK 处理降低乙烯释放量。VA 结合钙处理显著的延缓采后番茄果实多聚半乳糖醛酸酶活性升高、果胶甲酯酶活性升高和羧甲基纤维素钠酶升高,到采后 10 d 时,2% VA + 0.5% CaCl_2 处理的多聚半乳糖醛酸酶活性比 CK 低 2.42 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,2% VA + 0.5% CaCl_2 处理番茄果实果胶甲酯酶活性比 CK 低 27.96%,羧甲基纤维素钠酶活性比 CK 低 38.62%。

参考文献

- [1] 张海英. 番茄的保健作用及产品开发[J]. 山西食品工业, 2003, 9(3): 17-19.
- [2] 张兰. 钙处理对果蔬衰老的作用[J]. 广西轻工业, 2006(6): 19, 38.
- [3] 吴友根, 蒋依辉, 陈金印. 钙与果品贮藏关系的研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 396-400.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 周卫, 林葆. 苹果幼果组织钙运输途径与激素调控[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 214-219.
- [9] 陈昆松, 于梁, 周山涛. 鸭梨果实气调贮藏研究[J]. 园艺学报, 1991, 18(2): 131-137.
- [10] 吕双双, 李天来, 吴志刚, 等. 采前喷钙和采后浸钙对网纹甜瓜采后果实软化生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2009, 29(2): 346-350.
- [11] 王彦昌, 李天来, 侯建平. 乙烯处理对番茄离体小花柄脱落的影响[J]. 园艺学报, 2003, 30(5): 554-558.
- [12] Artes F, Cano A, Fernandez-Trujillo J P. Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches [J]. Journal of Food Science, 1996, 61: 311-321.
- [13] 林栋梁. 高钙含量的番茄果实有利贮藏[J]. 陕西农业科学, 1994(2): 21-22.
- [14] 王文雅, 朱本忠, 罗云波, 等. 番茄果实软化过程中钙处理对多聚半乳糖醛酸酶、脂氧合酶、伸展蛋白的影响[J]. 西北农业学报, 2006, 15(1): 156-159.
- [15] Cheour F, Willemot C, Arul J, et al. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl_2 [J]. Hort Science, 1991, 26: 1186-1188.
- [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(自然科学版), 2009, 37(10): 145-150.
- [17] 薛彦斌, 高桥竣, 中村怜之辅. 番茄果实采后硬度变化的理化解析[J]. 保鲜与加工, 2002(6): 19-20.
- [18] 卢春彬, 刘存德, 沈金光. 钙对不同成熟期番茄果实的 PG 活性及其合成的影响[J]. 植物学报, 1990, 32(11): 110-116.

Effect of Exogenous Vitamin A and Calcium Treatment on Softening Physiology of Tomato

WEI Bao-dong¹, MA Yue¹, LI Xiao-ming², LI Tian-lai²

(1. College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: With 'Liaoyuanduoli' tomato as materials, effects of exogenous vitamin A and calcium spraying to the leaves were studied in order to investigate the treatments on fruit softening. Fruit firmness, respiration rate, ethylene production, cell wall hydrolases (polygalacturonase, pectinmesterase, carboxymethyl cellulase) activities were studied. The results showed that compared with the control (water treatment), treatments 2% VA + 0.5% CaCl_2 and 0.5% CaCl_2 both delayed the tomato softening, postponed the peak of ethylene production, reduced the respiration rate, ethylene production and the activities of cell wall hydrolases significantly. In contrast to 0.5% CaCl_2 treatment, 2% VA + 0.5% CaCl_2 treatment decreased the activities of cell wall hydrolases and slowed down the rate of fruits firmness significantly.

Key words: tomato; postharvest softening physiology; vitamin A; CaCl_2