

不同浓度的1-甲基环丙烯处理对香蕉果实贮藏品质的影响

赵芬, 李雯*

(海南大学园艺园林学院, 海口 570228)

摘要: **目的** 以香蕉果实(Cv. 'Baxi')为研究材料, 研究不同浓度的1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)处理(0、0.5、1.0和2.0 $\mu\text{L/L}$)对香蕉果实贮藏品质的影响。 **方法** 测定了病情指数、果皮色泽、果皮细胞膜透性、果实硬度、可溶性固形物(TSS)含量、可滴定酸(TA)含量以及维生素C(Vc)含量。 **结果** 与对照相比, 乙烯利处理加速了果实成熟与品质变化, 而1-MCP处理大大抑制了病情指数的提高和果皮色泽的变化, 抑制了果皮细胞膜透性的上升和果实硬度的下降, 延缓了TSS、TA和Vc含量的变化。几种处理浓度中, 0.5 $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP处理浓度效果最显著。 **结论** 0.5 $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP处理能够有效抑制香蕉果实的成熟与软化, 延长贮藏时间。

关键词: 1-甲基环丙烯; 香蕉果实; 贮藏品质

Effects of different concentrations of 1-methylcyclopropene on storage quality of banana fruits

ZHAO Fen, LI Wen*

(College of Horticulture and Landscape, Hainan University, Haikou 570228, China)

ABSTRACT: Objective Banana fruit (CV. 'Baxi') was used to study the effects of different concentrations of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment (0, 0.5, 1.0 and 2.0 $\mu\text{L/L}$) on the storage quality of banana fruits. **Methods** The disease index, peel colour, cell membrane permeability, fruit firmness, soluble solids (TSS) content, titratable acid content (TA) and vitamin C (Vc) content were determined. **Results** Compared with the control group, ethephon treatment could accelerate the senescence and softening of banana fruit, however, 1-MCP treatment greatly inhibited the increase in disease index and skin color, the rising of cell membrane permeability and the decrease in fruit firmness, and delayed the changes in content of TSS, TA and Vc. The 0.5 $\mu\text{L/L}$ treatment was the most effective for 'Baxi' banana fruits. **Conclusion** 1-MCP 0.5 $\mu\text{L/L}$ could effectively inhibit the ripening and softening and prolong the storage time of banana fruits.

KEY WORDS: 1-methylcyclopropene; banana fruit; storage quality

基金项目: 海南大学本科生创新科研项目(2013)、海南省重大科技专项(ZDZX2013-011)

Fund: Supported by Undergraduate Innovative Research Project of Hainan University (2013) and the Key Project of Science and Technology in Hainan Province (ZDZX2013-011)

*通讯作者: 李雯, 教授, 主要研究方向为园艺产品贮运保鲜。E-mail: liwen9-210@163.com

*Corresponding author: LI Wen, Professor, College of Horticulture and Landscape, Hainan University, Haikou 570228, China. E-mail: liwen9-210@163.com

1 引言

香蕉是我国四大水果之一,市场销售量仅次于苹果、柑桔和梨子。香蕉是热带作物,属于呼吸跃变型水果。因此,香蕉的长距离贮藏运输对于其经营销售影响重大,必须重视采前采后每一环节,才能取得良好的社会效益^[1]。

乙烯在果实成熟过程中起着重要的作用,可促进其中有机物质的转化,加速成熟。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)是一种乙烯竞争性抑制剂,能阻断乙烯与受体的正常结合,且1-MCP与乙烯受体的结合不可逆,致使乙烯信号传导受阻,从而达到延缓成熟的目的^[2,3]。1-MCP是一种环丙烯类化合物。在常温下以气态存在,无异味,在液态下不太稳定^[4],以其使用浓度低、效果明显、易于合成、使用方便和安全无毒而备受关注。近年来,人们在苹果、梨、香蕉、猕猴桃、草莓、菠萝等多种水果上对1-MCP的作用进行研究,发现1-MCP对呼吸跃变型水果有明显作用,可阻止或延缓乙烯作用的发挥,使贮藏期和货架期大大延长;对跃变期以前的果实有效,对进入跃变期的水果效果很小或无效^[5]。因此,研究1-MCP对香蕉果实品质变化的影响,对于香蕉的贮藏保鲜具有重大的实践意义。

2 材料与方法

2.1 果实材料

供试香蕉品种为巴西蕉(Musa spp AAA Group, cv. Baxi),于2013年9月采摘于海南省云龙镇,成熟度为7~8成熟,采后立即运回实验室去轴落梳,再分切成单个蕉指。挑选大小均匀、无病虫害和机械伤的蕉指用0.5 g/L施保克浸泡清洗10 min,晾干后备用。

2.2 仪器与试剂

HH-4型恒温水浴锅(常州澳华仪器有限公司);FHM-1型果实硬度计(日本株式会社);PL402-L型电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司);ATAGO型手持折光仪(日本株式会社);高速冷冻离心机、722型可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司);CM-700d型分光测色计(柯尼卡美能达公司)。

1-MCP:海南省热带园艺产品采后生理与保鲜重点实验室提供;乙烯利(40%):上海华谊集团华原化工有限公司;其他试剂均为分析纯,广州化学试剂厂。

2.3 采后处理方法

将果实随机分为5组,按照0、0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 称取1-MCP粉末,溶于少量蒸馏水中,密闭熏蒸处理果实24 h,分别记作:CK, 0.5, 1.0, 2.0。另外1组果实用0.5 g/L的乙烯利浸泡5 min,在25 $^{\circ}\text{C}$ 条件下密闭24 h后,取出,记作乙烯利。将处理后的果实用PE保鲜袋(35 cm \times 25 cm \times 0.01 mm)包装,每袋装9个果指,轻绑袋口,放在20 $^{\circ}\text{C}$ (RH为85%~90%)恒温箱贮藏。另外,每个处理留20个果指作为病情指数统计的材料。

2.4 测定内容与方法

病情指数采用统计法测定;果实硬度使用果实硬度计测定,每个果实测4个点,平均值为该果实的硬度(kg/cm²);果实色泽采用色度计测定;果皮细胞膜透性根据王学奎^[6]的方法,用电导仪测定;可溶性固形物(total soluble solids, TSS)含量用手持折光仪测定(%);TA含量采用酸碱中和滴定法测定(%);V_C含量用2,6-二氯酚靛酚法测定。

3 结果与分析

3.1 1-MCP处理对果实病情指数的影响

病情指数是反映果蔬病害发生情况的重要指标。图1显示,采后香蕉的病情指数呈现不断上升的变化趋势,1-MCP处理能够明显抑制病情指数的上升。第25 d时,2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理病情指数17.5%,显著高于对照组31.2%($P < 0.05$)。三种浓度的1-MCP处理中,0.5 $\mu\text{L/L}$ 抑制病害发生的效果最佳,2.0 $\mu\text{L/L}$ 最差,这可能与高浓度影响或干预了果实体内的有利代谢,或抑制了病害防御系统有关。

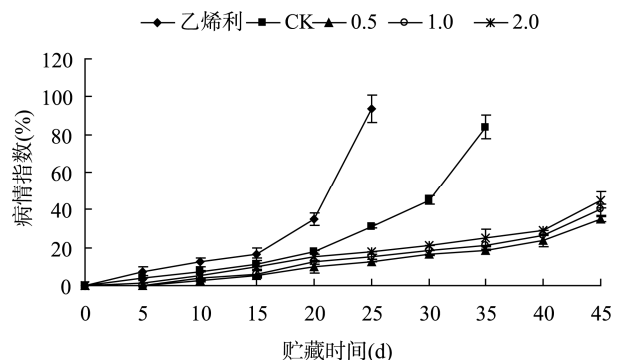


图1 1-MCP处理果实病情指数的变化

Fig. 1 The changes in disease index of banana fruits treated by 1-MCP

3.2 1-MCP 处理对果实硬度的影响

香蕉果实的硬度大小显示了其软化程度。图 2 显示, 巴西香蕉随着贮藏时间的延长, 硬度逐渐降低。在前 30 d, 三种浓度 1-MCP 处理与对照组相比均可以明显保持果实硬度。第 15 d 时 1-MCP 处理果实的平均硬度为 0.80 kg/cm², 显著高于对照组 0.61 kg/cm²。三种浓度 1-MCP 处理间差异不明显, 其中 0.5 μL/L 的抑制效果最佳。乙烯利处理加速果实软化, 其硬度下降趋势比对照组大, 贮藏第 5 d 时, 对照组果实硬度 0.82 kg/cm², 极显著高于乙烯利处理的果实硬度 0.46 kg/cm²($P < 0.05$)。第 35 d 后三种浓度 1-MCP 处理的果实硬度开始急速下降, 但仍远远高于对照组和乙烯利处理组($P < 0.05$)。

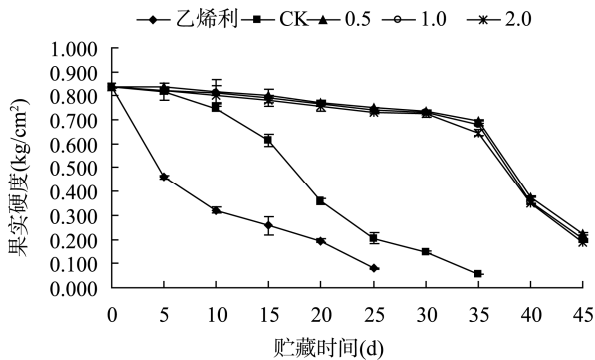


图 2 1-MCP 处理果实硬度的变化

Fig. 2 The changes of firmness of banana fruits treated by 1-MCP

3.3 1-MCP 处理对果实色泽的影响

果实色泽变化中的 b 值变化可以体现色泽变化趋势。图 3 显示, 一定范围内果皮 b 值随着贮藏时间的延长而增加。乙烯利处理的 b 值上升最快, 其次是对照组, 三种浓度 1-MCP 处理均能显著抑制果实色泽 b 值的升高, 第 20 d 时, 乙烯利、对照、0.5, 1.0 和 2.0 μL/L 处理的 b 值分别为 41.3, 34.73, 33.62, 33.83 和 33.23, 处理间差异极显著($P < 0.05$), 说明 1-MCP 处理能显著延缓香蕉果实色泽的变化。

3.4 1-MCP 处理对果皮细胞膜透性的影响

图 4 显示, 果皮细胞相对电导率随着时间的延长呈上升趋势。与对照组相比, 乙烯利处理能够加速果皮细胞膜的透性的升高, 第 5 d 时, 乙烯利处理的果皮相对电导率 24.99%, 明显高于对照组的 20.85% (P

< 0.05)。三种浓度的 1-MCP 处理均能有效延缓细胞膜透性的上升, 第 25 d 时, 0.5, 1.0 和 2.0 μL/L 处理的果皮细胞膜透性分别比 CK 低 12.05, 10.61 和 10.34%, 处理间差异显著($P < 0.05$), 几种 1-MCP 处理中, 0.5 μL/L 1-MCP 的抑制效果最显著, 其次是 1.0 μL/L 处理组。

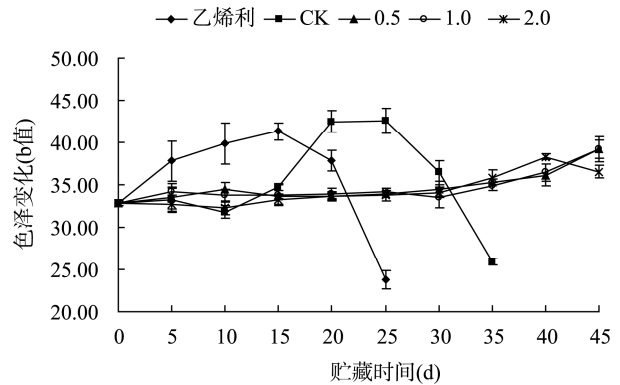


图 3 1-MCP 处理果实果皮 b 值的变化

Fig. 3 The changes of peel color of banana fruits treated by 1-MCP

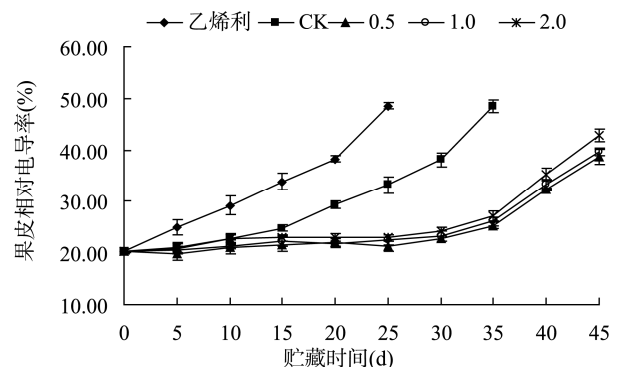


图 4 1-MCP 处理果实细胞膜透性的变化

Fig. 4 The changes in membrane permeability of banana fruits treated by 1-MCP

3.5 1-MCP 处理对果实 TSS 含量的影响

果实 TSS 是评价果品品质的重要指标之一。图 5 所示, 香蕉含糖量随着贮藏时间的延长而增加。三组浓度的 1-MCP 处理均能有效延缓 TSS 的变化, 与对照组相比, TSS 含量的峰值推迟了 20 d ($P < 0.01$)。乙烯利处理则极大地促进了 TSS 的增加, 使 TSS 含量的峰值提前了 10 d 出现。说明 1-MCP 处理能够显著延缓果实 TSS 含量的变化, 保持果实品质。

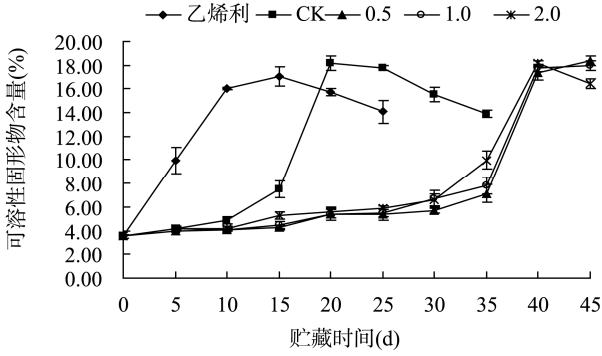


图 5 1-MCP 处理果实可 TSS 含量的变化

Fig. 5 The changes in TSS content of banana fruits treated by 1-MCP

3.6 1-MCP 处理对果实 TA 含量的影响

可滴定酸是衡量果品风味的重要指标之一，也是果品耐储性强弱的表现。图 6 所示，贮藏期间香蕉果实的 TA 含量出现增加后再下降的变化趋势。与对照相比，乙烯利处理能显著促进 TA 的增加，而 1-MCP 处理则能有效延缓 TA 含量的增加，乙烯利和 CK 果实的 TA 高峰分别出现在第 5 d 和第 20 d，1-MCP 处理果实的 TA 高峰出现在第 35 d 之后，处理间差异极显著 ($P < 0.01$)。说明三种浓度的 1-MCP 处理均能有效延缓 TA 的增加，保持果实的品质。

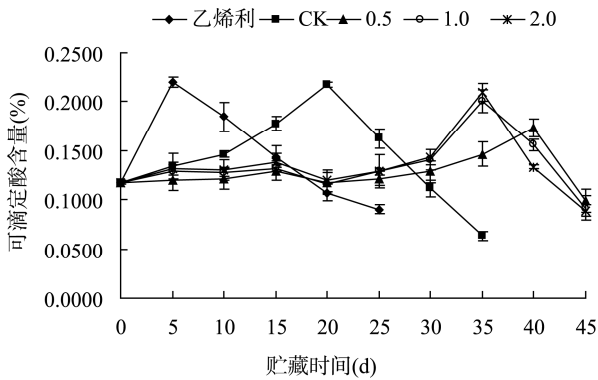


图 6 1-MCP 处理果实 TA 含量的变化

Fig. 6 The changes of TA content in banana fruits treated by 1-MCP

3.7 1-MCP 处理对果实 V_C 含量的影响

V_C 含量是果实重要的营养指标之一，也是衡量果实抗氧化衰老能力的因素之一。图 7 显示，香蕉果实的 V_C 含量呈现先升再降的变化趋势。1-MCP 处理能有效延缓 V_C 含量的变化，第 15 d 时，对照组的

V_C 含量达到峰值 9.00 mg/100 g·FW，而 1-MCP 处理果实的 V_C 峰值 7.49 mg/(100 g·FW) 于 25 d 出现，比 CK 延迟了 10 d ($P < 0.05$)。说明 1-MCP 处理能够显著延缓香蕉果实 V_C 的变化，有助于保持营养品质。

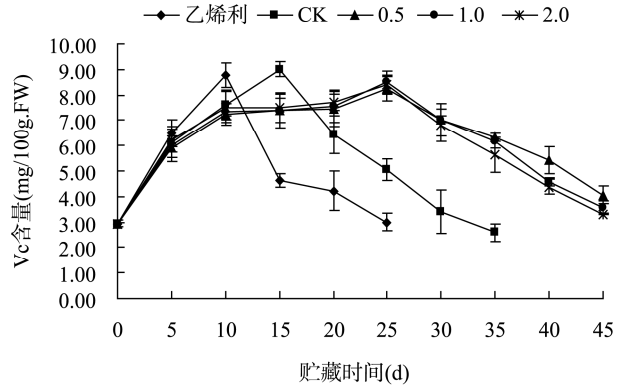


图 7 1-MCP 处理果实 VC 含量的变化

Fig. 7 The changes of VC content in banana fruits treated by 1-MCP

4 讨论与结论

1-MCP 作为一种高效、无毒、无污染的新型化学保鲜剂，在果蔬保鲜领域具有很大的实用价值。近年来，关于 1-MCP 在保鲜领域的应用也有很多相关的研究^[7,8]。本研究表明，1-MCP 能够显著抑制香蕉果实硬度的下降，防止果实软化，这与前人将 1-MCP 应用在李子^[9]、苹果^[10]、辣椒^[11]、桃^[12]和芒果^[13]上的研究是一致的，可以在很长的一段时间内保持果实的硬度，抑制可滴定酸含量的下降，延缓 b 值即黄色值和细胞膜透性的上升。在本实验中，1-MCP 处理能有效地抑制香蕉品质成分 TSS, TA 和 VC 含量的变化，同时能够保持贮藏后期较高的营养含量，这与在石榴^[14]、猕猴桃^[15]、葡萄^[16]、梨^[17]、苹果^[18]等果实上的研究结果一致。1-MCP 在香蕉果实上的保鲜效果与其延缓了细胞膜透性的上升，抑制了果实的成熟与衰老有关^[19,20]。

国内外大量研究表明，不同的果蔬产品所需的最适 1-MCP 处理浓度存在差异^[21,22]。本实验结果表明，不同浓度的 1-MCP 处理对香蕉果实的影响有一定的差异，总体来看，0.5 μL/L 的保鲜效果最佳，2.0 μL/L 处理效果最差。0.5 μL/L 的 1-MCP 处理不仅抑制了果皮颜色的变化，同时延迟了 TSS、TA 和 V_C 的变化，抑制了细胞膜透性的增加，从而有效地延缓了

香蕉果实的成熟软化,保持了果实品质。随着1-MCP处理浓度的升高,其保鲜效果有所下降,这可能与高浓度的1-MCP抑制了某些有利的、或者激发了某些不利的代谢系统、干预了植物组织本身的防御系统有关^[23,24]。高浓度1-MCP处理不利于巴西香蕉果实的保鲜,其可能原因还有待于做更深入的研究。

总之,0.5 μL/L的1-MCP处理采后巴西香蕉果实,可以有效延缓果实成熟软化,延长香蕉果实贮藏期20 d左右,在生产上值得推广应用。

参考文献

- [1] 刘二冬. 香蕉的贮藏保鲜技术[J]. 中国林副特产, 2011, 3: 79-80.
Liu ED. Storage technology of banana fruits [J]. Chin Lin Vice Prod, 2011, 3: 79-80.
- [2] 苏小军, 蒋跃明. 新型乙烯受体抑制剂——1-甲基环丙烯在采后园艺作物中的应用[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(4): 361-364.
Su XJ, Jiang YM. Application of new ethylene receptor inhibitor-1-methylcyclopropene in postharvest horticultural crops [J]. Plant Phy Commun, 2001, 37(4): 361-364.
- [3] 王兰菊, 陈刚, 任凝辉, 等. 1-MCP 延缓园艺产品衰老作用的研究进展[J]. 郑州轻工业学院学报, 2004, 19(3): 34-39.
Wang LJ, Chen G, Ren NH, *et al.* Research progress of 1-MCP on delaying senescence of horticultural products [J]. J Zhengzhou Univ Light Ind, 2004, 19(3): 34-39.
- [4] 孙令强, 李召虎, 王倩, 等. 1-MCP 对低温贮藏猕猴桃果实的品质及生理特性的影响[J]. 西南农业学报, 2007, 20(1): 35-39.
Sun LQ, Li ZH, Wang Q, *et al.* Influence of 1-MCP on quality and physiological characteristics of kiwifruit during low temperature storage [J]. J Southwest Agric Univ, 2007, 20(1): 35-39.
- [5] 王文辉, 孙希生, 李志强, 等. 1-MCP 对水果采后生理及保鲜效果的影响(综述)[C]. 中国园艺学会第九届学术年会论文集, 2001: 106-110.
Wang WH, Sun XS, Li ZQ, *et al.* Effects of 1-MCP on preservation and postharvest physiologies of fruits(review) [C]. Chinese Horticultural Society ninth annual conference, 2001: 106-110.
- [6] 王学奎主编. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
Wang XK. Principle and technology of plant physiology and biochemistry experiment [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [7] 张鹏, 李江阔, 陈绍慧, 等. 1-MCP 结合冰温贮藏磨盘柿的防褐保鲜效果[J]. 农业机械学报, 2012, 5: 12-15.
Zhang P, Li JK, Chen SH, *et al.* Anti-browning effect of 1-MCP combined with ice of Mopan persimmon [J]. J Agric Mach, 2012, 5: 12-15.
- [8] 刘美艳, 魏景利, 刘金, 等. ‘泰山早霞’苹果采后 1-甲基环丙烯处理对其软化及相关基因表达的影响[J]. 园艺学报, 2012, 5: 25-26.
Liu MY, Wei JL, Liu J, *et al.* Effects of 1-MCP treatment on softening and gene expression of 'Taishan Zao Xia' apple [J]. Acta Horti Sinica, 2012, 5: 25-26.
- [9] Kan J, Che J, Xie HY, *et al.* Effect of 1-methylcyclopropene on postharvest physiological changes of 'Zaohong' plum [J]. Acta Physiol Plant, 2011, 33: 1669-1677.
- [10] Lu XG, Ma YP, Liu XH. Effects of maturity and 1-MCP treatment on postharvest quality and antioxidant properties of 'Fuji' apples during long-term cold storage [J]. Hort Environ Biotechnol, 2012, 53(5): 378-386.
- [11] Ilić ZS, Trajković R, Perzelan Y, *et al.* Influence of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest storage quality in green bell pepper fruit [J]. Food Biopro Technol, 2011-06-02: Published online.
- [12] Mahajan BVC, Singh K, Dhillon WS. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits [J]. Food Sci Technol, 2010, 47(3): 351-354.
- [13] Wang BG, Wang JH, Feng XY, *et al.* Effects of 1-MCP and exogenous ethylene on fruit ripening and antioxidants in stored mango [J]. Plant Grow Regul, 2009, 57: 185-192.
- [14] 郭彩琴, 惠伟, 王晶, 等. 1-MCP 对净皮甜石榴的冷藏保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2012, 3: 14-15.
Guo CQ, Hui W, Wang J, *et al.* Preservation effect of 1-MCP on sweet pomegranate storage [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 3: 14-15.
- [15] 辛付存, 饶景萍, 赵明慧, 等. 1-MCP 处理对不同采收成熟度‘徐香’猕猴桃保鲜效果的影响[J]. 北方园艺, 2011, 7: 36-37.
Sin FC, Rao JP, Zhao MH, *et al.* Influence of 1-MCP on fresh keeping of different harvest maturity of 'Xuxiang' Kiwi fruits [J]. Northern Horti, 2011, 7: 36-37.
- [16] 李志文, 张平, 王罡, 等. 1-MCP 处理对乍娜葡萄常温货架期保鲜效果的研究[J]. 保鲜与加工, 2012, 3: 24-26.
Li ZW, Zhang P, Wand G, *et al.* Study on preservation effects of 1-MCP on 'Zana' grape during room temperature [J]. Pre Proc, 2012, 3: 24-26.
- [17] Mahajan BVC, Singh K, Dhillon WS. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life and quality of pear fruits [J]. Food Sci Technol, 2010, 47(3): 351-354.
- [18] Lu XG, Ma YP, Liu XH. Effects of Maturity and 1-MCP

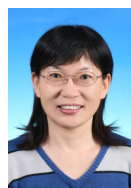
- treatment on postharvest quality and antioxidant properties of 'Fuji' apples during long-term cold storage [J]. Hort Environ Biotechnol, 2012, 53 (5): 378–386.
- [19] Kan J, Che J, Xie HY, *et al.* Effect of 1-methylcyclopropene on postharvest physiological changes of 'Zaohong' plum [J]. Acta Physiol Plant, 2011, 33: 1669–1677.
- [20] Wang BG, Wang JH, Feng XY, *et al.* Effects of 1-MCP and exogenous ethylene on fruit ripening and antioxidants in stored mango [J]. Plant Growth Regul, 2009, 57: 185–192.
- [21] Selcuk N, Erkan M. The effects of 1-MCP treatment on fruit quality of medlar fruit (*Mespilus germanica* L. cv. Istanbul) during long term storage in the palliflex storage system [J]. Posth Biol Technol, 2015, 100: 81–90.
- [22] Amornputti A, Ketsaa S, Doorn WG. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on storage life of durian fruit [J]. Posth Biol Technol, 2014, 97: 111–114.
- [23] Su H, Gubler WD. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on reducing postharvest decay in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) [J]. Posth Biol Technol, 2012, 64: 133–137.
- [24] Han C, Zuo JH, Wang Q, *et al.* Effects of 1-MCP on postharvest physiology and quality of bittermelon (*Momordica charantia* L.) [J]. Scientia Hortic, 2015, 182: 86–91.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介

赵芬, 硕士研究生, 主要研究方向为园艺产品贮运技术。

E-mail: 630135692@qq.com



李雯, 女, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为园艺产品贮运技术。

E-mail: liwen9-210@163.com