

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.08.032

1-甲基环丙烯处理时间对苹果贮藏效果的影响*

李江阔¹ 林洋² 张鹏³ 李博强¹ 田世平¹

(1. 中国科学院植物研究所, 北京 100093; 2. 沈阳农业大学食品学院, 沈阳 110866;

3. 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 以富士苹果为试材,研究了1-MCP的不同处理时间对果实好果率、呼吸强度、乙烯释放速率、细胞膜透性、丙二醛含量以及果实质地品质(包括果皮强度、破裂深度、果皮脆性、果皮韧性、果肉平均硬度)的影响。结果表明,1-MCP处理显著地降低了果实的呼吸强度和乙烯释放速率,很好地保持了果实的贮藏品质;但1-MCP作用效果随着处理时间的延后而降低,在采后0 d、7 d、14 d处理的1-MCP作用效果明显好于21 d。因此,为了更好地明确1-MCP的处理效果,采后苹果在两周内进行1-MCP处理可以保持较好的贮藏效果。

关键词: 苹果 1-MCP 处理时间 质地品质

中图分类号: S661.1; S609+.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2013)08-0190-05

Effects of Various 1-methylcyclopropene Treatment Durations on Storage Quality of Apple Fruit

Li Jiangkuo¹ Lin Yang² Zhang Peng³ Li Boqiang¹ Tian Shiping¹

(1. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

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

3. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: Effects of various 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment duration on fruit quality, respiration intensity, ethylene release rate, cell membrane permeability, MDA content and fruit texture (including pericarp break force, pericarp break distance, pericarp toughness, pericarp brittleness and mean flesh firmness) of Fuji apple were studied. The results showed that 1-MCP treatment significantly reduced respiration intensity and ethylene release rate, and maintained storage quality of fruit, but the beneficial effect of 1-MCP treatment decreased with prolonged treatment period. The storage effect of 1-MCP treatment on 0, 7 and 14 days after harvest were obviously better than 21 days. Thus, 1-MCP treatment should be applied within two weeks to maintain the good storage quality of apple fruit.

Key words: Apple 1-methylcyclopropene Treatment time Fruit texture

引言

苹果属于跃变型果实,采后果实受乙烯的影响,在贮藏期间衰老加速、导致硬度下降,口味劣变,甚至易引起病害的发生,大大缩短了贮藏期。因此,减少乙烯对采后果实的催熟作用,降低果实的呼吸强

度,对延长苹果果实的货架寿命和保持果实的贮藏质量具有十分重要的意义。

1-甲基环丙烯(1-MCP)是近年来发现的一种高效无残留的新型乙烯受体抑制剂,是目前国内外果蔬采后研究的热点之一^[1]。国内外许多研究人员已就1-MCP对苹果贮藏效果的影响进行了研究,明

收稿日期: 2012-08-22 修回日期: 2012-09-26

* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD38B01)和国家重点基础研究发展计划(973计划)资助项目(12728B1001)

作者简介: 李江阔,副研究员,主要从事农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术研究,E-mail: lijkuo@sina.com

通讯作者: 田世平,研究员,博士,主要从事果实采后生理病理学基础研究,E-mail: tsp@ibcas.ac.cn

确 1-MCP 能提高苹果的贮藏品质, 延长货架期^[2-5], 但其作用效果受处理时间、温度、使用浓度、成熟度等很多因素的影响^[6], 而影响 1-MCP 作用效果的最主要因素是采后处理时间^[7]。本文以富士苹果为试材, 模拟商业上大型冷库的处理方法在冷库内对苹果进行 1-MCP 大帐熏蒸处理, 研究不同冷藏时间处理的 1-MCP 作用效果, 探究 1-MCP 处理药效失效时间以控制果品的入库速度, 为 1-MCP 进行大型冷库的商业化应用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验材料为红富士苹果 (*Malus domestica* Borkh. cv. Red Fuji), 于 2011 年 10 月 20 日采自北京。试剂为 1-MCP 粉剂, 由国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)提供。果实成熟度为八成熟, 采收后人工选择成熟度一致、大小适中、无病虫害、无机械伤的果实, 套网袋装入纸箱内, 立即运回实验室进行试验处理。

1.2 试验处理

将苹果装入微孔袋放入纸箱中置于冷库中 (0 ± 0.5) °C 冷藏, 分别冷藏 0、7、14 和 21 d 时打开包装, 用体积比为 1.0 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 进行处理, 处理方法参照文献[8]的方法, 同时以未用 1-MCP 处理的果实为对照(CK), 每次处理后的果实再次装入微孔袋放入原纸箱中继续冷藏, 5 个月取出进行常温 20 ~ 25 °C 货架试验。上述每个处理重复 3 次, 每次随机抽取 10 个果实进行测定, 每 7 d 测定 1 次。

1.3 测定项目与方法

感官调查: 主要通过肉眼观察, 根据果实表面色泽以及褐斑、病斑等进行判断并求出好果率

$$C = \frac{A}{B} \times 100\%$$

式中 C ——好果率, %

A ——好果实数 B ——总果实数

呼吸强度和乙烯释放速率: 取 4 个苹果放置于密闭容器内密封 4 h 后用便携式 O_2/CO_2 测定仪测定容器内 CO_2 浓度, 并计算呼吸强度。再以注射器抽取罐内气体约 20 mL, 用岛津 2010 气相色谱仪程序升温法测定乙烯含量, 采用面积外标法计算。重复 3 次。

细胞膜透性: 采用 DDS-307 型电导率仪测定。

丙二醛含量(MDA): 参照硫代巴比妥酸比色法测定^[9]。

穿刺质地: 采用 TA.XT.Plus 物性测定仪整果

穿刺方法测定, 测试探头为 P/2 针状探头(2 mm), 测试深度为 10 mm, 测试速度为 2 mm/s; 每次测定取 3 个苹果果实在胴部带皮测定, 单果重复测定 2 次取其平均值。

所得力-时间曲线如图 1 所示。根据 Camps 等的研究和苹果自身的特点, 以曲线第 1 峰(锚 2)的力作为果皮破裂时的力, 即果皮强度(g), 第 1 峰的运行距离为果皮破裂深度(mm), 第 1 峰的力与运行时间的比值为果皮脆性(g/s), 乘积为果皮韧性(g·s), 第 1 峰 0.5 s 后(锚 3)与最大峰(锚 4)之间的平均力为果肉平均硬度(g)^[10]。

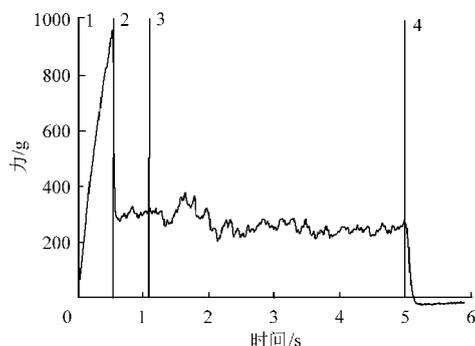


图 1 穿刺试验曲线

Fig. 1 Illustration curve of puncture test

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件对数据进行统计分析, 采用 SPSS 12.0.1 软件中的新复极差法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 好果率

如图 2 所示, 在货架 7 d 时采后不同时间 1-MCP 处理的果实均保存良好, 其好果率都保持在 90% 以上, 而对照组好果率在 85% 左右。随着货架期的延长, 在货架 14 d 时对照组和冷藏 21 d 处理的果实好果率呈现线性下降趋势, 开始出现不同程度的腐烂、褐变现象, 其中对照组下降速度更快。在货架期末 28 d 时 0 d 处理的好果率最高, 其次为 7 d 和 14 d 处理, 但三者差异不显著 ($P > 0.05$), 而 21 d 处理和对照组的好果率极显著低于其他处理 ($P < 0.01$), 其中对照组显著低于 21 d 处理 ($P < 0.05$)。说明 1-MCP 处理可以抑制果实的腐烂衰老, 但随着采后冷藏时间的延后, 1-MCP 处理抑制果实腐烂的能力显著降低, 因此为了更好地发挥 1-MCP 的处理效果, 应尽可能缩短采后贮藏时间。

2.2 呼吸强度

如图 3 所示, 在整个货架期间对照组果实的呼吸强度极显著地高于不同时间 1-MCP 处理的果实

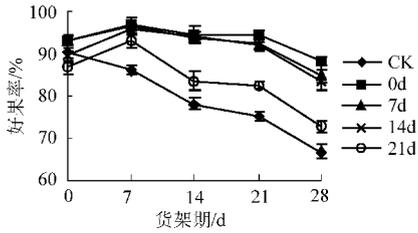


图2 1-MCP不同处理时间对果实好果率的影响

Fig.2 Effect of 1-MCP with different treatment time on good rate of apple fruit

($P < 0.01$),在货架21 d前不同处理时间间的呼吸强度差异都不显著,但在货架期末28 d时采后冷藏21 d处理的果实呼吸强度是对照组的2/3,但高于其他处理,分别是0、7 d的2倍、14 d的1.3倍。说明不同1-MCP处理时间均能抑制富士苹果果实的呼吸强度,在贮藏21 d后进行1-MCP处理仍能发挥其对呼吸的抑制作用,但与其他处理时间相比,果实呼吸强度抑制效果较差。

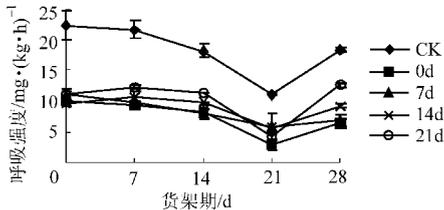


图3 1-MCP不同处理时间对果实呼吸强度的影响

Fig.3 Effect of 1-MCP with different treatment time on respiration intensity of apple fruit

2.3 乙烯释放速率

如图4所示,对照组与不同时间1-MCP处理的果实乙烯释放速率存在极显著差异($P < 0.01$),说明1-MCP处理可以显著抑制果实的乙烯释放速率。与呼吸强度变化规律相似,在货架前期不同处理时间的果实乙烯释放速率差异不显著,在货架期末28 d时冷藏21 d处理的果实乙烯释放速率分别是0、7和14 d的2.5倍、2.1倍和1.5倍,乙烯释放速率随着处理时间的延迟而升高。

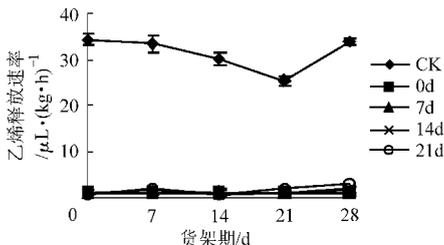


图4 1-MCP不同处理时间对果实乙烯释放速率的影响

Fig.4 Effect of 1-MCP with different treatment time on ethylene release rate of apple fruit

2.4 细胞膜透性

细胞膜透性可用组织的相对电导率衡量^[11]。如图5所示,随着货架期延长各处理细胞膜透性均

呈逐渐上升趋势,其中对照组相对电导率始终高于1-MCP处理的果实,这表明1-MCP处理明显减缓了富士苹果相对电导率的增加,保持了细胞膜的完整性,从而延缓了果实组织的衰老。在货架期末28 d时经不同时间1-MCP处理的果实相对电导率都极显著低于对照($P < 0.01$),CK为30.47%,0、7和14 d分别为23.12%、24.14%和25.76%,21 d处理则增加到28.46%,显著高于其他处理,说明1-MCP作用效果随着处理时间的延迟而降低,所以应该尽量缩短处理前冷库贮藏时间才能更好地发挥1-MCP的作用效果。

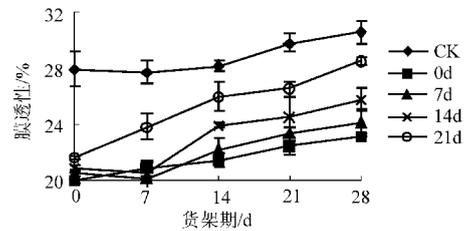


图5 1-MCP不同处理时间对果实细胞膜透性的影响

Fig.5 Effect of 1-MCP with different treatment time on cell membrane permeability of apple fruit

2.5 丙二醛含量

丙二醛(MDA)含量是膜脂过氧化的产物,是反映植物体膜脂过氧化程度的重要指标^[12]。随着果实MDA含量的积累,膜脂过氧化加剧,细胞膜透性上升,从而加速了细胞的衰老死亡^[13]。如图6所示,各处理果实中丙二醛含量呈现先略微下降然后逐渐上升的趋势,其中对照组上升最快,随着货架期延长差异更加明显,在货架期末28 d时所有1-MCP处理的果实MDA含量与对照之间都存在着极显著差异($P < 0.01$),这表明1-MCP处理对抑制MDA的积累有明显作用。1-MCP不同处理时间在货架初期差异不显著,从货架7 d时开始出现差异,采后21 d处理的果实丙二醛含量上升速度比较快,到货架期末28 d时,果实中丙二醛含量由小到大依次为0 d、7 d、14 d、21 d、CK。

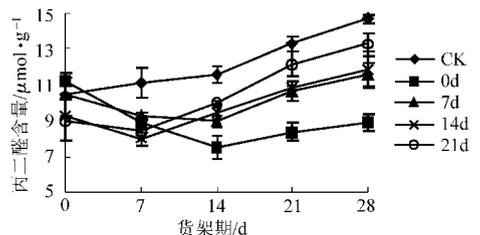


图6 1-MCP不同处理时间对果实中丙二醛含量的影响

Fig.6 Effect of 1-MCP with different treatment time on MDA content of apple fruit

2.6 质地品质

质地是果蔬重要的品质特征之一,是影响消费

者对其可接受性的最主要因子^[14-16]。本文采用质构仪质地整果穿刺法(Puncture test)测定果实质地品质^[6]。整果穿刺法是根据果实自身的特点选取测试探头并编辑特定的运行程序,可同时获得果皮强度、果皮脆性、果皮韧性、脆性、果肉硬度等多项指标。图 7 为整果穿刺试验结果。从图中可以看出,在整个货架期间果皮强度、果皮脆性和果肉平均硬度变化规律一致,均呈下降趋势,而破裂深度和果皮韧性呈上升趋势。在贮藏后期各处理之间差异更加明显,对常温货架 28 d 时不同处理时间的苹果质地品质进行分

析如表 1 所示。结果表明,在货架 28 d 时 CK 与 4 个处理在果皮强度和平均硬度方面的差异均达到极显著水平($P < 0.01$),说明 1-MCP 处理可以很好地保持果实品质。0 d 和 7 d 处理的果皮强度、脆性、韧性差异均不显著;7 d 和 14 d 处理的果实果皮强度、韧性和果肉硬度差异均不显著;14 d 和 21 d 的果皮强度、果皮韧性、果肉平均硬度差异显著($P < 0.05$)且 14 d 的果皮脆性小于 21 d、破裂深度大于 21 d;21 d 处理的果皮脆性和破裂深度与 CK 之间差异不显著。

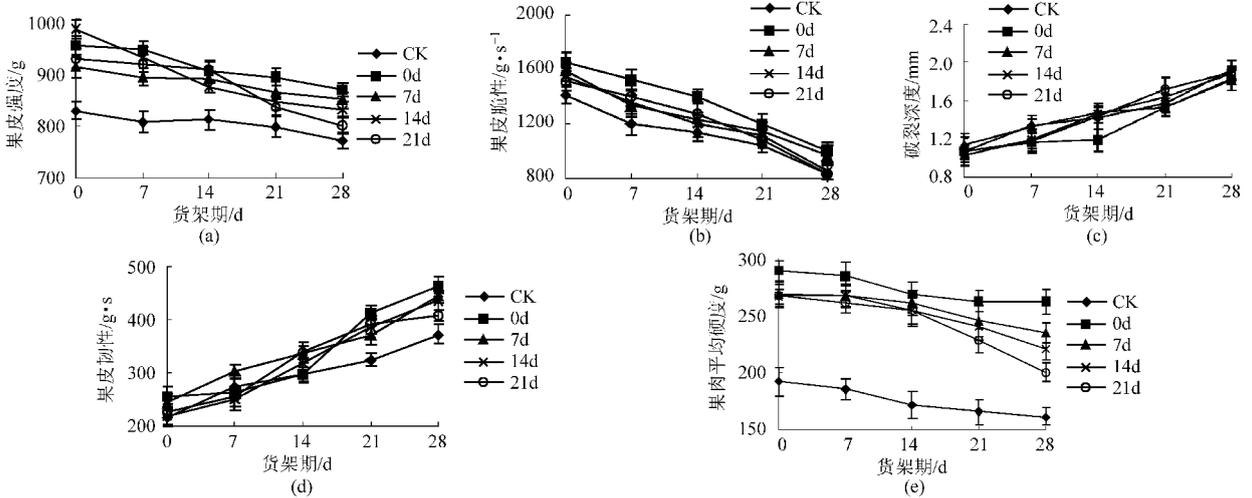


图 7 整果穿刺试验结果

Fig. 7 Puncture test result of entire fruit

表 1 在货架 28 d 时果实质地品质的方差分析与多重比较

Tab. 1 Factors variance analysis and multiple comparison of fruit texture at 28 d of shelf-life

处理时间/d	果皮强度/g	破裂深度/mm	果皮脆性/ $g \cdot s^{-1}$	果皮韧性/ $g \cdot s$	果肉平均硬度/g
0	866.638 ^{Aa}	1.825 ^{Aa}	997.612 ^{Aa}	464.893 ^{Aa}	261.761 ^{Aa}
7	846.136 ^{Ab}	1.815 ^{Aa}	970.843 ^{Aa}	443.088 ^{Ab}	234.733 ^{Bb}
14	829.000 ^{ABb}	1.885 ^{Aa}	852.412 ^{Bb}	436.084 ^{ABb}	220.639 ^{BCb}
21	799.392 ^{Bc}	1.900 ^{Aa}	832.148 ^{Bb}	418.749 ^{Bc}	207.328 ^{Cc}
CK	769.375 ^{Cd}	1.920 ^{Aa}	829.737 ^{Bb}	373.068 ^{Cd}	161.786 ^{Dd}

注:表中同一列无相同英文大写字母表示差异显著($P < 0.01$);同一列无相同英文小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

3 结束语

不同时间进行 1-MCP 处理均能显著抑制富士苹果贮藏后货架期间果实腐烂情况,显著地降低果实的呼吸强度和乙烯释放速率,抑制细胞膜透性和丙二醛含量的升高,并能很好地保持果实质地(包括果皮强度、果皮脆性、果皮韧性、果肉平均硬度),但

其作用效果会随着 1-MCP 处理时间的延后而降低,其中在冷藏 21 d 处理的好果率下降得较快,在货架末期 28 d 处理的果实细胞膜透性和果实丙二醛含量上升速度较快,果实质地品质也低于其他处理。因此,为了更好地发挥 1-MCP 的处理效果,苹果采摘入库后应尽快进行处理,处理前的冷藏时间尽量保持在两周之内。

参 考 文 献

- 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,2012,43(5):108~113. Zhang Peng, Li Jiangkuo, Chen Shaohui, et al. Effect of 1-MCP combined with controlled freezing point storage on browning-preventing and freshness-keeping of Mopan persimmon[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(5):108~113. (in Chinese)
- 陈莉,屠康,赵艺泽,等. 采后 1-MCP 和热处理对红富士苹果生理变化和贮藏品质的影响[J]. 果树学报,2006,23(1):59~64.

- Chen Li, Tu Kang, Zhao Yize, et al. Effects of 1-MCP and hot-air treatments on postharvest physiology and quality of Red Fuji apples[J]. *Journal of Fruit Science*, 2006,23(1):59~64. (in Chinese)
- 3 孙希生,王文辉,李志强,等. 1-MCP对苹果采后生理的影响[J]. *果树学报*,2003,20(1):12~17.
Sun Xisheng, Wang Wenhui, Li Zhiqiang, et al. Effects of 1-MCP treatment on physiology of apples after harvest[J]. *Journal of Fruit Science*, 2003,20(1):12~17. (in Chinese)
- 4 Fan X T. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening[J]. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 1999,124(6):690~695.
- 5 Jennifer R, Dennis P, Murray D, et al. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality[J]. *Postharvest Biology and Technology*,2002,24(3):349~353.
- 6 李学伟,赵晨霞,冯社章,等. 不同浓度的1-MCP处理对西洋梨常温后熟的影响[J]. *中国农学通报*,2010,26(9):106~109.
Li Xuewei, Zhao Chenxia, Feng Shezhang, et al. Effects of 1-MCP treatment on pear storage at ambient temperature[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010,26(9):106~109. (in Chinese)
- 7 孙希生,王志华,辛广,等. 不同处理条件下1-MCP对金冠苹果呼吸强度和品质的影响[J]. *果树学报*,2004,21(2):141~144.
Sun Xisheng, Wang Zhihua, Xin Guang, et al. Responses of golden delicious apples to postharvest application of 1-MCP under different treatment conditions[J]. *Journal of Fruit Science*,2004,21(2):141~144. (in Chinese)
- 8 孙希生,王文辉,李志强,等. 1-MCP对砀山酥梨保鲜效果的影响[J]. *保鲜与加工*,2001,1(6):14~17.
Sun Xisheng, Wang Wenhui, Li Zhiqiang, et al. Effects of 1-MCP on cold storage of Dangshansuli pears[J]. *Storage and Process*, 2001,1(6):14~17. (in Chinese)
- 9 郝再彬. 植物生理实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- 10 Camps C, Guilermin P, Mauget J C, et al. Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits[J]. *Journal of Texture Studies*, 2005,36(4):387~401.
- 11 陈文烜,郜海燕,陈杭君,等. 1-MCP结合减压贮藏对翠冠梨采后生理和品质的影响[J]. *中国食品学报*,2010,10(4):228~232.
Chen Wenxuan, Gao Haiyan, Chen Hangjun, et al. Effects of 1-MCP treatment combined with hypobaric storage on postharvest physiology and quality of Cuiguan pear[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2010,10(4):228~232. (in Chinese)
- 12 程顺昌,冷俊颖,任小林,等. 不同环丙烯类乙烯抑制剂对苹果常温贮藏保鲜效果的影响[J]. *农业工程学报*,2012,28(6):269~273.
Cheng Shunchang, Leng Junying, Ren Xiaolin, et al. Effect of different 1-substituted cyclopropenes as ethylene inhibitors on postharvest physiology of apple stored at ambient temperature[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012,28(6):269~273. (in Chinese)
- 13 程春梅,郑永华,郜海燕,等. 翠冠梨冷藏后用1-MCP处理对货架品质的影响[J]. *农业机械学报*,2007,38(12):100~104.
Cheng Chunmei, Zheng Yonghua, Gao Haiyan, et al. Effects of 1-MCP treatment after cold storage on fruit quality in Cuiguan pears during shelf life[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2007,38(12):100~104. (in Chinese)
- 14 Jamila C, Marie-Francoise D, Marie-Ghislaine G, et al. Physiological relationships among physical, sensory, and morphological attributes of texture in tomato fruits[J]. *Journal of Experimental Botany*,2007,58(8):1915~1925.
- 15 Infante R, Meneses C, Crisosto C H. Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe 'September Sun' peach following cold storage[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009,44(5):1011~1016.
- 16 马庆华,王贵禧,梁丽松. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. *中国农业科学*,2011,44(6):1210~1217.
Ma Qinghua, Wang Guixi, Liang Lisong. Establishment of the detecting method on the fruit texture of dongzao by puncture test[J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2011,44(6):1210~1217. (in Chinese)
- 17 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*,2012,43(5):108~113.
Zhang Peng, Li Jiangkuo, Chen Shaohui, et al. Effect of 1-MCP combined with controlled freezing point storage on browning-preventing and freshness-keeping of mopan persimmon[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012,43(5):108~113. (in Chinese)

(上接第168页)

- 8 Vapnik V, Lerner A. Pattern recognition using generalized portrait[J]. *Automation and Remote Control*, 1963,24(6):774~780.
- 9 萧嵘,王继成,张福炎. 支持向量机理论综述[J]. *计算机科学*,2000(3):1~3.
Xiao Rong, Wang Jicheng, Zhang Fuyan. Survey of support vector machine theory[J]. *Computer Science*, 2000(3):1~3. (in Chinese)
- 10 陈玲. 基于支持向量机的多类文本分类研究[D]. 重庆:重庆大学,2010.
Chen Ling. Study on multi-class text classification based on support vector machines[D]. Chongqing: Chongqing University, 2010. (in Chinese)