

# 1-MCP 对不同采收期“五九香”梨冷藏品质的影响

关军锋, 高曼曼, 赵倩

(河北省农林科学院遗传生理研究所, 河北省植物转基因中心, 河北石家庄 050051)

**摘要:** 针对“五九香”梨果实长期冷藏和货架期间容易软化和产生黑皮的现象, 本研究对3个采收期采收的“五九香”梨进行1.0  $\mu\text{L/L}$  1-甲基环丙烯(1-MCP)处理, 继而进行0  $^{\circ}\text{C}$ 冷藏和20  $^{\circ}\text{C}$ 货架贮藏。结果表明, 冷藏期间, “五九香”梨果实的硬度下降, 可溶性固形物含量(SSC)升高, 黑皮和黑心增多, 货架期间更为明显。1-MCP处理对冷藏期间“五九香”梨果实硬度和SSC的影响较小, 但明显延缓冷藏后货架期果实软化和SSC升高, 并且果实采收越晚, 1-MCP的作用效果越显著; 1-MCP还降低冷藏和货架期间黑皮指数和果心褐变指数, 并以货架期间的效果明显, 显著抑制果皮 $\alpha$ -法尼烯及共轭三烯的生成。综合分析认为, 1-MCP处理明显减少“五九香”梨货架期软化和黑皮现象, 并对早期采收的“五九香”梨果实冷藏和货架期间的品质维持较好。1-MCP减少“五九香”梨黑皮发生的原因与抑制果皮共轭三烯的生成有密切的关系。

**关键词:** 五九香梨; 1-甲基环丙烯; 采收期; 品质; 黑皮病

文章编号: 1673-9078(2014)4-130-135

## Effect of 1-MCP on Quality of Different Harvested ‘Wujiuxiang’ Pears during Cold Storage

GUAN Jun-feng, GAO Man-man, ZHAO Qian

(Institute of Genetics and Physiology, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Science, Plant Genetic Engineering Center of Hebei Province, Shijiazhuang 050051, China)

**Abstract:** ‘Wujiuxiang’ pear showed a rapid softening and presented superficial scald on peel during a long term cold storage and at shelf life. In this study, the ‘Wujiuxiang’ pear harvested at three different dates were applied and treated with 1.0  $\mu\text{L/L}$  1-methylcyclopropene (1-MCP), then placed at 0  $^{\circ}\text{C}$  for cold storage and after forward for shelf storage at 20  $^{\circ}\text{C}$ . The results indicated that the firmness of the pear decreased and soluble solid content (SSC) increased. Superficial scald of peel and core browning were enhanced during cold storage, and these changes were more significant during shelf storage. 1-MCP had less influence on firmness and SSC during cold storage, but significantly delayed the softening and increased SSC at shelf life after cold storage, and this effect was more obvious in later harvested fruits. 1-MCP also decreased the indexes of superficial scald and core browning, which was more visible at shelf life. It also markedly inhibited the biosynthesis of  $\alpha$ -farnesene and conjugated trienol of peel. The comprehensive analysis suggested the 1-MCP significantly reduced softening and superficial scald at shelf life, and maintained higher quality of earlier harvested fruits. The reduction of superficial scald by 1-MCP was closely correlated with the inhibition on production of the conjugated trienol of peel in ‘Wujiuxiang’ pear.

**Key words:** ‘Wujiuxiang’ pear; 1-methylcyclopropene; harvest date; quality; superficial scald

“五九香”梨是我国选育的优质梨品种, 采摘后需要常温下后熟一段时间才能食用, 后熟后风味芳香、汁液多, 食用品质上乘, 深受消费者欢迎。但“五九香”梨货架期较短, 常温贮藏2周左右时, 果肉软化严重, 出现褐变和沙化, 不堪食用。因此, 为延长果实的供应期, 往往需要冷藏。但长期冷藏后, 在常温货架期间果肉极易软化, 尤其是果皮易产生褐变, 即黑皮现象, 严重影响了果实的外观品质, 商品价值下

收稿日期: 2013-9-12

基金项目: 国家梨产业技术体系建设资助项目(GARS-29-20)

作者简介: 关军锋(1966-), 博士, 研究员, 主要从事果实采后生物学研究

降。因此, 有效控制冷藏后“五九香”梨软化和黑皮的发生对改善果实的贮藏品质有重要意义。

观察表明, “五九香”梨在冷藏3个月左右时, 果面开始出现零散的褐斑, 转入常温货架后, 褐斑颜色加深, 成为黑色斑块, 严重时扩展成片。随着冷藏时间延长, 这种现象逐渐加剧, 出现明显的黑皮现象。其发生原因尚不清楚。前人研究表明, 冷藏期和货架期间梨黑皮与苹果的虎皮病(Superficial scald)具有类似的特点, 是一种与 $\alpha$ -法尼烯代谢失调有关的生理病害, 采收期或成熟度、气调贮藏和1-甲基环丙烯(1-MCP)处理均可以通过改变 $\alpha$ -法尼烯代谢而影响

苹果和梨的黑皮发生<sup>[1-7]</sup>。但在梨上,成熟度对黑皮的发生的影响因品种而异<sup>[1,5,7]</sup>。

近些年来,1-MCP作为乙烯作用的抑制剂,在采后处理中应用越来越多,具有广阔的应用前景。研究证明,1-MCP能明显延缓中国酥梨、西洋梨、日本梨等果实的衰老,并抑制 $\alpha$ -法尼烯生物合成及其氧化产物共轭三烯的生成,减少黑皮现象的发生<sup>[1,2,4,5,8-11]</sup>。尽管如此,由于不同成熟度的果实对1-MCP的反应不同,人们对于梨果实不同采收期下进行1-MCP处理后的贮藏效果虽有研究<sup>[5]</sup>,但目前为止,人们对“五九香”梨的贮藏研究极少,尤其对其黑皮现象的研究尚未见报道,能否通过采收期控制和1-MCP处理的措施来改善其贮藏品质,值得深入研究。本研究目的在于研究“五九香”梨不同采收时间进行1-MCP处理的效果,探讨1-MCP处理对控制梨黑皮发生的调控机理,为改善果实贮藏品质、控制黑皮病和延长货架期提供新依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

“五九香”梨(*Pyrus communis* L cv Wujiuxiang)采自河北省晋州市贺家寨基地果园,生长季果实套外灰内黑色双层纸袋,分3次采收:2011年8月29日(果实尚未完全成熟,简称采收期I,种子褐变指数为19.20%)、9月5号(当地适宜采收期,简称采收期II,种子褐变指数为44.44%)、9月12号(当地采收基本结束,简称采收期III,种子褐变指数为50.76%)。每采收期均从同一果园内固定的20棵树体的不同方向采摘近300 kg果实,并于采收当天运回实验室,挑选大小适中、果形端正、无磕碰伤、无病虫害果实作为试验用果。

试验所用1-MCP由美国陶氏化学公司北京办事处提供,有效成分0.14%粉剂。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 处理方法

将果实放入密封性良好的有机玻璃箱内,在室温(25℃)下用浓度1.0  $\mu\text{L/L}$ 的1-MCP熏蒸处理24 h(标记为1-MCP),以空气密封的果实作为对照(CK),然后将处理后的果实置于0℃冷库内贮藏。在冷藏的第90、120、150 d取出果实,其中一部分用于出库初始值的测定,剩余果实置于模拟常温货架(20℃)下贮藏,货架7 d结束时进行果实品质测定。每次取样重复3次,每重复10个果实。

#### 1.2.2 测定方法

果实硬度:果实去皮后,用GYJ型果实硬度计测定果肉硬度。

可溶性固形物含量(SSC):采用ATAGO PAL-1型号数字糖度计测定。

果皮 $\alpha$ -法尼烯和共轭三烯含量测定:参照Isidoro和Almeida<sup>[6]</sup>的方法,用直径1 cm的打孔器打果皮圆片,挑选10片放入25 mL试管中,然后加入10 mL正己烷避光放置2 h。取2 mL提取液过Florisil柱(硅镁型吸附剂),再加3 mL正己烷洗脱至5 mL离心管中密封,用752型紫外分光光度计232 nm比色,计算 $\alpha$ -法尼烯含量。另外再取2 mL提取液,加2 mL正己烷于281 nm和290 nm处比色,计算共轭三烯含量。测定时重复3次,结果以 $\text{nmol/cm}^2$ 表示。

黑皮(褐变)指数:每处理每次随机取出10个果实,重复3次,按照果面褐变的面积划分3个等级,即褐变面积占整个果面的0~25%为1级,25~50%为2级,大于50%为3级,正常果为0级,然后按照下述公式计算果皮褐变指数:

$$\text{黑皮指数}/\% = \frac{\sum(\text{褐变级别} \times \text{该级别果数})}{(\text{最高级别} \times \text{检查总数})} \times 100$$

果心褐变指数:将果实沿胴部横切,在其切面上果心褐变的面积占总果心面积的比例来划分褐变级别:没有褐变的为0级,果心褐变面积小于25%的为1级,25~50%的为2级,大于50%的为3级,每次处理取30个果实,每10个果实为1个重复,重复3次。果心褐变指数 $\% = \frac{\sum(\text{褐变级别} \times \text{该级别果数})}{(3 \times \text{检查总数})} \times 100$ 。

数据采用Excel和DPS数据处理软件进行统计分析,结果用3次重复的平均值表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 采收期和1-MCP对“五九香”梨硬度的影响

随着低温贮藏时间的延长,不同采收期CK和1-MCP处理的“五九香”梨果实硬度都呈现下降趋势,1-MCP处理明显延缓硬度下降,并且对采收晚的果实来说,这种效果更显著。货架期间,同CK比较,1-MCP处理均能显著地抑制硬度的下降;不同采收期处理之间相比,采收期I采收的果实,不论是对照还是1-MCP处理,货架期仍表现出较高的果实硬度( $P < 0.05$ ) (表1)。

表 1 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨冷藏和货架期硬度的影响

Table 1 Effects of harvest date and 1-MCP treatment on firmness of “Wujiuxiang” pear during cold storage and at shelf life

贮藏天数/d	处理					
	采收期 I		采收期 II		采收期 III	
	CK	1-MCP	CK	1-MCP	CK	1-MCP
0	15.16±1.02	15.16±1.02	13.95±1.39	13.95±1.39	11.77±1.51	11.77±1.51
90	12.26±1.20	12.40±1.20	10.81±1.07	11.02±0.95	10.78±1.14	11.02±1.01
90+7	2.25±0.22	10.83±0.89*	2.98±0.27	9.00±0.71*	2.99±0.47	6.08±1.62*
120	10.58±1.75	10.97±0.98	9.93±1.19	10.82±0.74*	9.28±0.71	10.25±1.08*
120+7	2.87±0.48	7.23±0.53*	3.16±0.47	5.68±1.12*	3.42±0.21	4.57±0.65*
150	9.50±1.33	10.67±1.41*	9.28±1.31	10.53±1.65*	9.18±1.41	10.11±0.81*
150+7	4.30±0.67	6.94±0.37*	3.75±0.39	4.60±0.62*	3.50±0.55	4.34±0.48*

注: 90+7、120+7、150+7 分别为冷藏 90 d、120 d、150 d 后再经 7 d 货架贮藏; \*表示 1-MCP 处理与对照呈显著差异 (p<0.05)。

## 2.2 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨 SSC 的影响

响

随着冷藏时间的延长,“五九香”梨果实 SSC 呈

逐渐增加的趋势,采收早的 SSC 低于采收晚的。冷藏期间,1-MCP 对 SSC 的影响不显著;货架期间,1-MCP 处理 SSC 显著低于对照 (P<0.05) (表 2)。这说明,1-MCP 处理对冷藏期“五九香”梨果实 SSC 的影响较小,但延缓了后熟期间 SSC 升高进程。

表 2 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨冷藏和货架期间可溶性固形物含量的影响

Table 2 Effects of harvest time and 1-MCP treatment on SSC of “Wujiuxiang” pear during cold storage and at shelf life

贮藏天数/d	处理					
	采收期 I		采收期 II		采收期 III	
	CK	1-MCP	CK	1-MCP	CK	1-MCP
0	11.28±0.08	11.28±0.08	11.41±0.12	11.41±0.12	13.61±0.09	13.61±0.09
90	14.41±0.80	14.36±0.78	14.52±0.52	14.41±0.38	14.61±0.68	14.44±0.96
90+7	14.98±0.70	14.46±0.81*	15.01±0.85	14.64±0.85*	15.30±0.64	15.08±0.56*
120	14.50±0.35	14.41±0.56	14.74±0.58	14.66±0.68	14.81±0.69	14.72±0.81
120+7	15.21±0.28	14.55±0.75*	15.34±0.58	14.68±0.85*	15.37±0.41	14.92±0.57*
150	14.61±0.38	14.49±0.69	14.82±0.68	14.71±0.58	14.89±0.68	14.78±0.69
150+7	15.42±0.84	15.01±0.84*	15.38±0.75	15.08±0.48*	15.46±0.75	15.18±0.75*

注: 90+7、120+7、150+7 分别为冷藏 90 d、120 d、150 d 后再经 7 d 货架贮藏; \*表示 1-MCP 处理与对照呈显著差异 (p<0.05)。

## 2.3 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨果皮褐变指数的影响

“五九香”梨冷藏过程中,采收期 I 和采收期 III 未经 1-MCP 处理的对照均在 90 d 开始出现轻微的黑皮现象,随着贮藏时间的延长,黑皮指数不断增加;采收期 II 采收的果实在冷藏 120 d 时出现黑皮现象。采收期 I 采收的果实经 1-MCP 处理的贮藏至 150 d 时仍未发生褐变,出库后货架 7 d 结束时果皮褐变指数仅为 2.08%,显著低于对照 (53.76%);采收期 II 采收的 1-MCP 处理果贮藏至 150 d 时果皮褐变指数为 2.3%,货架 7 d 结束时果皮褐变指数为 5.13%,显著低于对照 (47.62%);采收期 III 采收的 1-MCP 处理,

在冷藏 150 d 时果皮褐变指数为 5.55%,货架结束时为 8.64%,均显著低于对照 (44.88%) (表 3)。这表明,采收期 I 经 1-MCP 处理的效果好于其它采收期,可明显减少果皮褐变的发生。

## 2.4 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨果心褐变指数的影响

“五九香”梨冷藏过程中,三个采收期均在 120 d 发生果心褐变,差别较小;随着贮藏时间的延长,果心褐变指数不断增加;1-MCP 处理均比对照果实果心褐变指数低,并在货架期更明显。冷藏 90 d 后货架期间,除采收期 II 外,另外二个采收期的果实开始出现果心褐变,1-MCP 的影响不显著。冷藏 150 d 货架结



束后, 采收期 I 经 1-MCP 处理的果心褐变指数为 46.88%, 显著低于对照 (87.10%); 采收期 II 1-MCP 处理的果心褐变指数为 6.67%, 显著低于对照 (87.96%); 采收期 III 1-MCP 处理的果心褐变指数为

69.14%, 显著低于对照 (85.19%) (表 4)。这表明, 1-MCP 处理可以减少果心褐变的发生, 采收晚的果实黑心现象有增加的趋势。

表 3 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨冷藏和货架期间黑皮指数的影响

Table 3 Effects of harvest time and 1-MCP treatment on superficial scald index of “Wujiuxiang” pear during cold storage and at shelf life

贮藏天数/d	处理					
	采收期 I		采收期 II		采收期 III	
	CK	1-MCP	CK	1-MCP	CK	1-MCP
0	0	0	0	0	0	0
90	1.11±1.75	0*	0	0	4.44±1.92	0*
90+7	18.89±1.92	0*	14.44±2.29	0*	6.67±0.67	0*
120	9.80±1.06	0*	18.89±4.87	0*	17.78±0.99	1.11±1.92*
120+7	33.33±0	0*	24.44±3.85	1.19±1.92*	23.33±4.18	2.22±1.84*
150	20.00±3.33	0*	39.51±1.7	2.30±1.92*	24.13±2.31	5.55±1.92*
150+7	53.76±0.76	2.08±1.75*	47.62±4.37	5.13±1.44*	44.88±2.93	8.64±2.14*

注: 90+7、120+7、150+7 分别为冷藏 90 d、120 d、150 d 后再经 7 d 货架贮藏; \*表示 1-MCP 处理与对照呈显著差异 (p<0.05)。

表 4 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨冷藏和货架期间果心褐变指数的影响

Table 4 Effects of harvest time and 1-MCP treatment on core browning index of “Wujiuxiang” pear during cold storage and at shelf life

贮藏天数/d	处理					
	采收期 I		采收期 II		采收期 III	
	CK	1-MCP	CK	1-MCP	CK	1-MCP
0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0
90+7	3.33±0.00	3.33±0.00	0	0	13.33±2.02	12.22±1.92
120	18.28±2.62	6.9±0.43*	16.67±3.33	6.67±4.97*	15.56±1.92	12.64±2.47
120+7	47.31±4.37	7.78±1.92*	25.56±3.85	16.67±3.33*	25.56±1.92	13.98±1.05*
150	44.44±3.13	28.89±2.44*	42.86±1.90	21.84±2.78*	39.08±2.17	31.11±1.84
150+7	87.10±7.93	46.88±2.97*	87.96±3.53	66.67±3.94*	85.19±2.99	69.14±4.28*

注: 90+7、120+7、150+7 分别为冷藏 90 d、120 d、150 d 后再经 7 d 货架贮藏; \*表示 1-MCP 处理与对照呈显著差异 (p<0.05)。

## 2.5 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨果皮 α-法

### 尼烯含量的影响

随采收期推迟, 采收初期果皮 α-法尼烯含量呈下降趋势。“五九香”梨冷藏 90 d 至 150 d 内, 三个采收期的果皮 α-法尼烯含量随着贮藏时间的延长逐渐降低, 1-MCP 处理均低于对照, 差异显著 (P<0.05)。冷藏 90 d、120 d 和 150 d 后的货架期间, 果皮 α-法尼烯含量有所下降, 1-MCP 处理果实果皮 α-法尼烯含量显著低于对照 (P<0.05) (图 1)。

## 2.6 1-MCP 对“五九香”梨不同采收期果皮共

### 轭三烯含量的影响

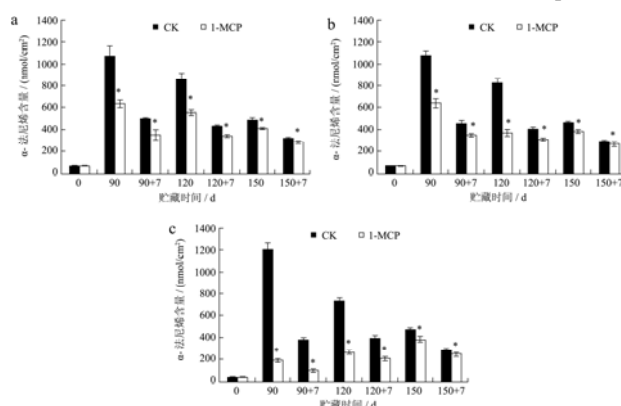


图 1 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨冷藏和货架期果皮 α-法尼烯含量的影响

Fig.1 Effects of harvest time and 1-MCP treatment on α-farnesene content of peel in “Wujiuxiang” pear during cold storage and at shelf life

注: 90+7、120+7、150+7 分别为冷藏 90 d、120 d、150 d 后再经 7 d 货架贮藏; \*表示 1-MCP 处理与对照呈显著差异 ( $p<0.05$ ); a: 采收期 I, b: 采收期 II, c: 采收期 III。

“五九香”梨冷藏期间, 果皮共轭三烯含量随着贮藏时间的延长逐渐增加, 采收晚的果皮共轭三烯含量增加速度高于采收早的, 1-MCP 处理显著抑制共轭三烯含量的增加 ( $P<0.05$ )。货架期间, 果皮共轭三烯含量有所下降, 1-MCP 处理果皮共轭三烯含量显著低于对照 ( $P<0.05$ ) (图 2)。

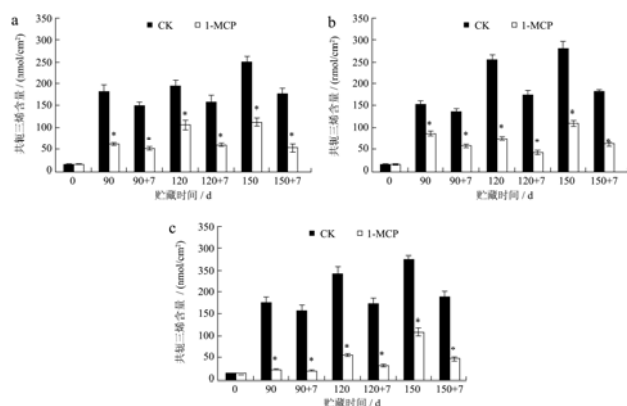


图 2 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨冷藏和货架期间果皮共轭三烯含量的影响

Fig.2 Effects of harvest time and 1-MCP treatment on conjugated trienes content of peel in ‘Wujiuxiang’ pear during cold storage and at shelf life

注: 90+7、120+7、150+7 分别为冷藏 90 d、120 d、150 d 后再经 7 d 货架贮藏; \*表示 1-MCP 处理与对照呈显著差异 ( $p<0.05$ ); a: 采收期 I, b: 采收期 II, c: 采收期 III。

### 3 讨论

#### 3.1 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨果实内在品质的影响

冷藏期间, 采收期早的“五九香”梨果实硬度下降幅度大于后期采收的, 同时 SSC 增加的幅度依然 (表 1、2), 这说明, 早采加剧了果实的后熟和软化, 尤其是在货架期间, 这种现象更为明显; 同时, 早采果实风味物质较少, 食用品质较差。因此, 考虑到果实食用品质, 生产上可适当晚采, 并且在不进行 1-MCP 处理时, 晚采的果实在货架期间表现出较少的黑皮发生。当然, 在果实赶市场时, 可适当早采。

前人研究发现, 1-MCP 处理能抑制果实硬度的下降, 但对不同类型的果实 SSC 的影响结果并不一致 [12]。本试验表明, 1-MCP 处理抑制“五九香”梨果实硬度的下降, 尤其是在货架期表现更为显著, 还抑制

货架期 SSC 升高, 但在冷藏时, 1-MCP 处理对 SSC 的影响较小 (表 2)。这进一步说明, 1-MCP 延缓“五九香”梨在货架期间的后熟进程, 从而较好的保持果实货架品质, 延长货架寿命。

低温下 1-MCP 对“五九香”梨果实硬度和 SSC 的影响效果较差, 可能与低温下 1-MCP 与乙烯受体的结合力下降, 乙烯受体的作用差, 以及 1-MCP 在低温下的溶解性降低有关, 还可能与 1-MCP 反应的饱和时间 [13] 有关。

#### 3.2 采收期和 1-MCP 对“五九香”梨果实褐变的影响

采收期或成熟度不仅影响果实的食用品质, 还影响果皮和果心褐变。不同采收期通过影响果皮  $\alpha$ -法尼烯及其氧化产物共轭三烯生成的代谢, 导致贮藏期间黑皮发生程度不同 [5, 11]。本试验发现采收期 II 采收的“五九香”梨在冷藏期间的黑皮病较少, 其原因在于采收时果皮具有较低的共轭三烯含量 (图 2), 但货架期明显增多 (表 3)。不过, 采收期对“五九香”梨黑心的影响无明显的规律, 仅在贮藏 90 d 后货架期间表现出晚采的果实出现黑心较为严重的趋势 (表 4)。采收期 II 采收的果实在冷藏早期梨黑皮和黑心现象发生较晚。但贮藏后期, 不同采收期间采收的果实之间表现出接近的结果 (表 3、4)。这一结果与前人关于采收成熟度影响酥梨黑皮的报道 [5] 类似, 即采收早时, 冷藏后货架期间黑皮现象较为严重。但采收晚时, 梨黑皮现象并未减少迹象 (表 3)。这种现象是否与果实过于成熟, 还值得进一步研究。

本试验结果证明, 1-MCP 处理不仅显著抑制“五九香”梨冷藏后期黑皮病的发生, 而且降低了果皮中  $\alpha$ -法尼烯和共轭三烯含量的增加, 降低  $\alpha$ -法尼烯含量的峰值。与前人在酥梨上的研究结果一致 [1, 2, 5]。同时, 比较看来, 贮藏相同的时间, 采收期 I 果皮  $\alpha$ -法尼烯及共轭三烯的含量均低于其它采收期, 黑皮较少; 并且采收期 I 进行 1-MCP 处理的果实贮藏至 150 d 时仍没有黑皮现象, 出库后货架 7 d 结束时果皮褐变显著低于对照。相对来说, 梨黑皮与果皮的共轭三烯含量具有密切的关系, 而与  $\alpha$ -法尼烯的含量关系较差。但比较不同采收期的黑皮情况, 1-MCP 对降低采收期 I 的“五九香”梨在货架期黑皮发生有明显的效果 (表 3)。

### 4 结论

1-MCP (1.0  $\mu\text{L/L}$ ) 能显著改善“五九香”梨冷藏

后货架期间内在品质,减少黑皮发生,并且对早期采收的梨的黑皮抑制效果更为明显。因此,这一处理技术值得在生产中应用。

### 参考文献

- [1] 田改妮,饶景萍,张举印,等.1-MCP 对砀山酥梨黑皮病发生的影响[J].西北农林科技大学学报,2009b,37(11):138-142  
TIAN Gai-ni, RAO Jing-ping, ZHANG Ju-yin, et al. Effects of 1-MCP treatment on superficial scald of Dangshansu pear [J]. Journal of Northwest A&F University(Nat Sci Ed), 2009b,37(11):138-142
- [2] 惠伟,牛瑞雪,宋要强,等.1-MCP 和 DPA 对砀山酥梨黑皮病的抑制效果[J].中国农业科学,2010,43(6):1212-1219  
HUI Wei, NIU Rui-xue, SONG Yao-qiang, et al. Inhibitory effects of 1-MCP and DPA on superficial scald of 'Dangsansuli' pear [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(6):1212-1219
- [3] Lurie S, Watkins C B. Superficial scald, its etiology and control [J]. Postharvest Biol. Technol., 2012, 65: 44-60
- [4] Yazdania N, Arzania K, Mostofi Y, et al.  $\alpha$ -farnesene and antioxidative enzyme systems in Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) fruit [J]. Postharvest Biol. Technol., 2011, 59: 227-231
- [5] 王晶,惠伟,关军锋,等.1-甲基环丙烯对砀山酥梨黑皮病的控制效果及机理研究[J].西北植物学报,2011,31(5):977-980  
WANG Jing, HUI Wei, GUAN Jun-feng, et al. Inhibitory effects and mechanism of 1-MCP treatment on superficial scald of Dangshansu pear [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2011, 31(5): 977-980
- [6] Isidoro N, Almeida DPF. A-farnesene, conjugated trienols, and superficial scald in 'Rocha' pear as affected by 1-methylcyclopropene and diphenylamine [J]. Postharvest Biol. Technol., 2006, 42: 49-56
- [7] Whitaker B D, Villalobos-Acuna M, Mitcham E J, et al. Superficial scald susceptibility and  $\alpha$ -farnesene metabolism in 'Bartlett' pears grown in California and Washington [J]. Postharvest Biol. Technol., 2009, 53: 43-50
- [8] Gapper N E, Bai J, Whitaker B D. Inhibition of ethylene-induced  $\alpha$ -farnesene synthase gene PcAFS1 expression in d'Anjou pears with 1-MCP reduces synthesis and oxidation of  $\alpha$ -farnesene and delays development of superficial scald [J]. Postharvest Bio. Technol., 2006, 41: 225-233
- [9] Li Z Q, Wang L J. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening and superficial scald of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Akemizu) fruit at two temperatures [J]. Food Sci. Technol. Res., 2009, 15(5): 483-490
- [10] Trincheroa G D, Sozzib G O, Covattab F, et al. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of "Bartlett" pears [J]. Postharvest Biol. Technol., 2004, 32: 193-204
- [11] Chiriboga M A, Schotsmans W C, Larrigaudière C, et al. Responsiveness of "Conference" pears to 1-methylcyclopropene: the role of harvest date, orchard location and year [J]. J. Sci. Food Agric., 2013, 93(3): 619-625
- [12] Watkins C B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables [J]. Biotech Advances, 2006, 24: 389-409
- [13] Villalobos Acu na M G, Biasi W V, Mitcham E J, et al. Fruit temperature and ethylene modulate 1-MCP response in 'Bartlett' pears [J]. Postharvest Biol. Technol., 2011, 60: 17-23