

乙烯对桃果实 MA 贮藏期和货架期品质及 有关生理机制的影响

郭艳萍^{1,2}, 马慧玲², 王贵禧¹, 梁丽松¹

(1 中国林业科学研究院 林业研究所, 国家林业局林木培育实验室, 北京 100091;
2 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】研究乙烯对自发气调贮藏(MA)期间和货架期桃果实品质的影响。【方法】以“大久保”桃为试验材料,测定了 4 种不同处理(未经外源乙烯处理聚乙烯袋(PE 袋)贮藏,5~10 μL/L 外源乙烯处理,10~20 μL/L 外源乙烯处理,1-甲基环丙烯(1-MCP)处理)及对照(PE 打孔塑料袋贮藏),对 MA 贮藏期间和出库后 20 ℃下货架期 3 d 桃果实腐烂指数、硬度、可溶性固形物(SSC)和 Vc 含量、电导率等品质指标,以及乙烯释放量、呼吸速率变化等的影响。【结果】与其他处理相比较,5~10 μL/L 外源乙烯处理可以维持桃果实贮藏前期和中期较好的品质,其呼吸正常且较低,乙烯释放量正常,果实可以正常后熟软化,可溶性固形物和 Vc 含量较高,电导率较高,硬度适中;10~20 μL/L 外源乙烯处理与 5~10 μL/L 外源乙烯处理类似,但其腐烂指数高于 5~10 μL/L 外源乙烯处理;1-MCP 处理桃果实贮藏期和货架期 3 d 乙烯高峰出现晚,且峰值较其他处理低,呼吸速率较低,可溶性固形物和 Vc 含量较高,电导率较低,贮藏后期出现不可逆硬化现象,即使回温后桃果实也无法正常后熟软化;PE 袋密封处理效果比对照稍强,腐烂较轻,呼吸速率和乙烯释放量较低,Vc 含量和 SSC 含量不高,贮藏后期品质变差;对照处理效果最差,腐烂最严重,呼吸速率很低,乙烯释放量较低,Vc 和 SSC 含量不高,贮藏后期品质最差。【结论】5~10 μL/L 外源乙烯处理效果最佳,在贮藏前期和中期较好地保持了桃果实的品质。

【关键词】 桃果实;MA 贮藏;呼吸;乙烯;1-MCP

【中图分类号】 S662.109+.3 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2009)03-0119-08

Effect of the ethylene on the peach fruit quality and relative physiological mechanism during the MA storage and shelf life

GUO Yan-ping^{1,2}, MA Hui-ling², WANG Gui-xi¹, LIANG Li-song¹

(1 The Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, State Forestry Administration Forest Cultivation Lab, Beijing 100091, China; 2 College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The study was to research the relationship between the ethylene and the chilling injury. 【Method】‘Okubo’peach fruit was used as our materials. Four different treatments (polyethylene packaging without ethylene treatment; 5—10 μL/L exogenous ethylene treatment; 10—20 μL/L exogenous ethylene treatment; 1-methylcyclopropene treatment and polyethylene packaging with ten holes) were devised in low temperature MA (modified atmosphere) storage stage and 20 ℃ shelf life stage. We evaluated the effects of these treatments on the rot velocity, firmness, soluble solid content, Vc content, conductance, ethylene production and respiration intensity change. 【Result】The results showed that 5—10 μL/L exogenous ethylene treatment can keep the fine quality of peach fruit until the middle stage of the MA storage,

* [收稿日期] 2008-04-17
[基金项目] 北京市自然科学基金项目(6062027);“十一五”国家科技支持计划重点项目(2006BAD22B04)
[作者简介] 郭艳萍(1981—),女,山西孝义人,在读硕士,主要从事桃果实贮藏保鲜研究。
[通信作者] 王贵禧(1962—),男,山东安丘人,研究员,博士生导师,主要从事林果保鲜及榛子繁育研究。

keep its normal respiration and ethylene release, higher soluble solid and Vc content, higher membrane permeability, and lower firmness; 10–20 $\mu\text{L/L}$ exogenous ethylene treatment was similar to the 5–10 $\mu\text{L/L}$ exogenous ethylene treatment, but its rot velocity rate was higher than the 5–10 $\mu\text{L/L}$ exogenous ethylene treatment; 1-MCP (1-methylcyclopropene) treatment had a later lower ethylene release fastigium than other treatments during the MA storage and 3-day shelf life, and it had a lower respiration velocity, lower membrane permeability, a higher soluble solid and Vc content. 1-MCP treatment lost the ability of normal softening even at 20 $^{\circ}\text{C}$ at the late period of storage. The airtight PE treatment was better than CK, its rot velocity was lower, its respiration intensity and ethylene release were lower, and its Vc and SSC content were low, its quality was worse during the MA late storage. The impact of the comparison CS was the worst, its rot velocity was the highest, its respiration intensity and ethylene release were the lowest, and its Vc and SSC content were low, so its quality was the worst during the late MA storage. 【Conclusion】 In a word, 5–10 $\mu\text{L/L}$ exogenous ethylene treatment was the best, and it can keep the peach fruit excellent quality during the front and middle storage.

Key words: peach fruit; modified storage; respiration; ethylene; 1-methylcyclopropene

“大久保”为华北地区主栽的中熟桃品种,采后具有呼吸和乙烯释放高峰,常温下极易腐烂变质。低温贮藏是延长桃果实贮藏期的必要条件,但桃果实对低温比较敏感,不适的低温又容易造成桃果实冷害,在生理上表现为乙烯合成受阻,在感观上表现为组织褐变、果肉絮状干化、果实失去后熟软化能力、风味变淡甚至完全丧失等,致使果实食用品质下降^[1-2]。在减轻桃果实冷害方面,目前研究较多的是采用变温贮藏^[3]、温度模式^[4]、气调贮藏(CA)^[5-7]等方式,但桃果实的商业贮藏问题仍然没有得到很好解决。由于果实的一系列后熟生理代谢是在乙烯启动下进行的,而低温贮藏会使乙烯代谢出现障碍,从而影响果实后熟生理和风味品质的形成。为了探讨桃果实低温贮藏期间乙烯对相关生理代谢和品质指标的影响,本研究采用外源乙烯处理以及 1-MCP 处理等措施,研究桃果实在采后 MA (自发气调贮藏) 低温贮藏期和常温货架期的呼吸强度、乙烯释放等生理指标的变化,以及腐烂指数、硬度、可溶性固形物含量(SSC)、Vc 含量、电导率等品质指标的变化,探讨外源乙烯对减轻桃果实冷害症状的作用,以期为进一步确立有效的桃果实低温贮藏配套技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为桃品种“大久保”(Prunus persica (L.) Batsch. ‘Okubo’)果实,采自北京市平谷区大华山果园。采收当天运回实验室,挑选大小均匀、八成成熟桃果实,经 0~1 $^{\circ}\text{C}$ 预冷 1~2 d 后,装入厚度为

0.045 mm、长宽为 60 cm $\times$ 40 cm 的聚乙烯塑料保鲜袋(PE 袋)内,置于 0 $^{\circ}\text{C}$ 冷库低温贮藏。

1.2 方法

试验设以下处理:(1)MA1。不加外源乙烯,PE 袋贮藏。(2)MA2。PE+5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理,在保鲜袋内注入约 0.2 mL 外源乙烯,用 GC 检测其含量。(3)MA3。PE+10~20 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理。(4)MA4。PE+3~5 $\mu\text{L/L}$ 1-甲基环丙烯(1-MCP)(1-MCP 为 RohmHaas 公司惠赠)。(5)CK 对照。打孔 PE 袋贮藏。试验全程 50 d,每处理装 10 袋,每袋装桃果实 30 个,共计 50 袋。贮藏期间定期测定保鲜袋内气体成分的变化^[8]。每隔 10 d 分别随机取样 2 袋测定刚出库(0 $^{\circ}\text{C}$)及回温(20 $^{\circ}\text{C}$) 3 d 果实的生理和品质指标。

1.3 测定指标及其方法

1.3.1 腐烂指数的统计^[9] 腐烂指数/% = Σ (腐烂级数 $\times$ 果实个数)/(最高级数 $\times$ 果实总个数) $\times$ 100%。腐烂级数确定方法为:0 级,果实无腐烂;1 级,果实有轻度腐烂,腐烂面积小于 1/4;2 级,果实有明显腐烂,腐烂面积大于 1/4 但不及 1/2;3 级,果实有明显腐烂,腐烂面积大于 1/2 但不及 3/4;4 级,果肉组织全部腐烂。

1.3.2 果肉硬度的测定 用刀片在果实最大横径处切去 1 cm² 厚约 0.5 mm 的果皮后,在去皮处用果实硬度计(意大利产,FT327 型,探头直径 11 mm)测定硬度。每次测定 9 个果实,去掉最大值和最小值后取平均值。

1.3.3 可溶性固形物含量的测定 用手持折光仪测定,每处理测定 9 个果实,去掉最大值和最小值后

取平均值。

1.3.4 电导率的测定 参考陈昆松等^[10]和宗亦臣等^[11]的方法,并有改进。用 1 cm 打孔器从 9 个果实中取圆柱状果肉,切成 3 mm 厚小圆片,置于加入 100 mL 蒸馏水的三角瓶中浸泡 1 h,过滤,用吸水纸吸干,再用电子天平称取 5 g 小圆片,立即放入加有 20 mL 蒸馏水的三角瓶中振荡 40 min,静置 10 min,测一初读数 C1;煮沸 10 min,用蒸馏水补充水分至原来刻度并冷却至室温,测一终值 C2,两次读数的比值即为组织的相对电导率。

$$\text{相对电导率}/\%=(C1/C2)\times 100/\%。$$

1.3.5 Vc 含量的测定 用钼蓝比色法^[12]测定。

1.3.6 呼吸速率的测定^[13] 取 9 个果实,每 3 个一组称质量后,分别置于 3 个干燥器中密闭 2 h,控制环境温度为 20 ℃,顶空抽取气体进行气相色谱(GC)检测。检测仪器为北京分析仪器厂生产的

SQ-206 型 GC,GDX-502 型填充柱,配置 FID 检测器,改装外置式镍触媒转化炉。检测条件为:进样口温度 80 ℃,检测器温度 150 ℃,转化炉温度 380 ℃,N₂ 为载气。结合 BF-2002 数据采集站采用外标法进行定量分析。

1.3.7 乙烯释放量的测定^[13] 气体采样及测定方法同呼吸速率,只是 GC 操作时关闭转化炉进行测定。

1.4 数据处理

试验数据采用 SPSS10.0 软件进行统计处理,采用 ANOVA 进行邓肯氏多重差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 腐烂指数的影响

不同处理对桃果实腐烂指数的测定结果见图 1。

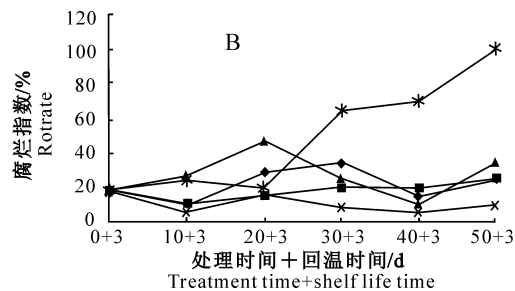
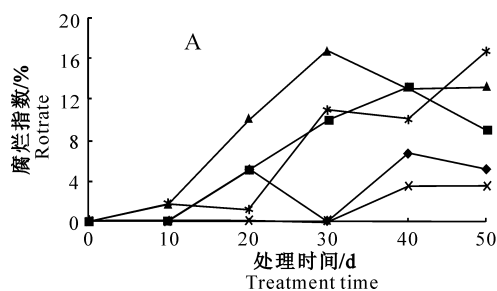


图 1 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 腐烂指数的影响

◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

Fig. 1 Different treatments on the changes of peach fruit rot rate during the MA storage and 3-day shelf life

由图 1A 和图 1B 可知,桃果实刚出库时腐烂指数很低,回温 3 d 后果实的腐烂症状才逐渐表现出来。桃果实贮藏 50 d 内,各处理腐烂指数均低于 20%,各贮藏阶段出库回温 3 d 后果实的腐烂指数均逐渐增大。其中,MA4 处理在贮藏期和货架期 3 d 内的腐烂指数均最小,贮藏 30 d 左右未出现腐烂,说明采用 1-MCP 抑制乙烯生成的措施,有效延缓了果实的成熟进程,延迟了腐烂的发生,因而出库果在货架期 3 d 内也表现出最低的腐烂率。MA2 和 MA3 处理则相反,在贮藏期内的腐烂指数较 MA1 处理高,这是因为外源乙烯的加入促进了桃果实内源乙烯的生成,从而加速了果实的成熟衰老,导致桃果实抗腐烂能力下降。贮藏 30 d 时,MA3 处理的腐烂指数达到最大值,各处理果实腐烂指数由高到低依次为:MA3>CK>MA2>MA1>MA4。在贮藏 50 d 及 50 d 回温 3 d 时,对照处理果实的腐烂指数均为最大,对照果出库后较处理果加速腐烂,显示

出对照果较乙烯处理果在贮藏期潜在的冷害发生率高,出库后因化学反应加速而出现更严重的腐烂。换言之,外源乙烯处理虽然加快了桃果实贮藏期的腐烂,但提高了果实出库后货架期的抗腐烂能力。在贮藏 50 d 及 50 d 回温 3 d 时,各处理果实的腐烂指数由高到低依次为:CK>MA3>MA2>MA1>MA4,且 CK 与其他处理之间差异显著。这说明桃果实贮藏期间,PE 袋贮藏的腐烂指数较冷藏对照小,且 PE 袋贮藏加入外源乙烯腐烂较严重,加入 1-MCP 则腐烂最轻。

2.2 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 硬度的影响

由图 2 可知,MA4 处理的桃果实在贮藏期和货架期硬度均较大,贮藏 30 d 回温 3 d、贮藏 40 d 回温 3 d 的硬度与其他处理间差异显著。MA3 处理的桃果实在贮藏期硬度较低,而 MA2 处理桃果实硬度高于 MA3 处理,且两者之间差异显著,这说明较高

浓度的外源乙烯处理可显著降低桃果实的硬度。贮藏 30 d 回温 3 d, MA3 处理的桃果实硬度较 MA2 处理略小, 两者之间差异不显著; MA1 处理、MA4

处理、CK 的桃果实硬度显著高于 MA2 处理和 MA3 处理, 说明乙烯对桃果实硬度影响较大。

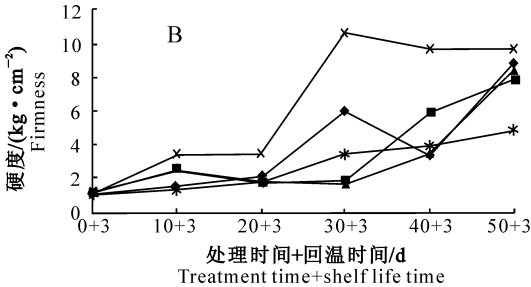
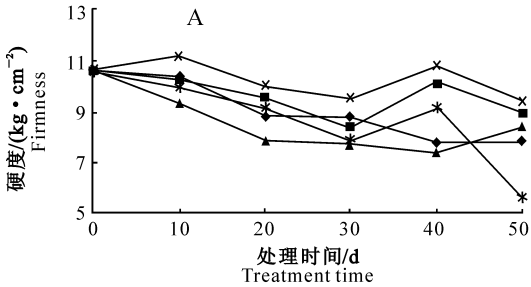


图 2 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 硬度的影响

—◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

Fig. 2 Different treatments on the changes of peach fruit firmness during the MA storage and 3-day shelf life

2.3 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 可溶性固形物含量的影响

由图 3A 可知, 各处理桃果实可溶性固形物含量随贮藏时间的延长呈波动变化, 但变幅不大。贮藏 10 d 时, 各处理之间桃果实可溶性固形物含量差异不显著; 贮藏 20 d 时, MA1 处理与 MA2、MA3、MA4 和 CK 之间差异显著, 且后四者之间差异不显著; 各处理在整个贮藏期内均保持了较高的可溶性固形物含量。

不同贮藏时期出库的桃果实回温 3 d 的可溶性固形物变化情况见图 3B。由图 3B 可以看出, 桃果实可溶性固形物含量总体水平较贮藏期高, 呈略下降趋势。贮藏 30 d 回温 3 d 和贮藏 50 d 回温 3 d 各处理之间差异均不显著; 在贮藏 40 d 回温 3 d 时, MA4 处理与 CK、MA1 处理与 MA2 处理之间差异不显著, 而 MA3 处理、CK 与 MA1 处理、MA2 处理之间差异显著。

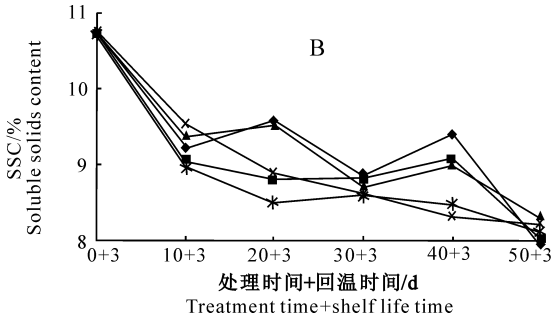
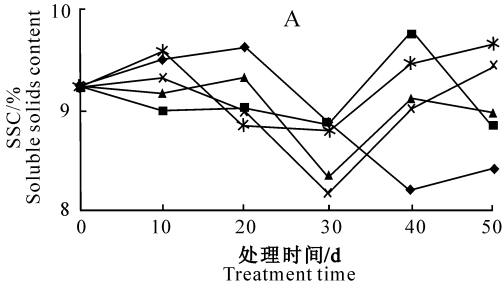


图 3 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 可溶性固形物含量的影响

—◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

Fig. 3 Different treatments on the changes of peach fruit soluble solids content during the MA storage and 3-day shelf life

2.4 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d Vc 含量的影响

由图 4A 可以看出, 桃果实 MA 贮藏期间 Vc 含量呈波动变化趋势, 总的来说贮藏末期较贮藏前期低。贮藏 10 d 时, MA1 处理桃果实 Vc 含量最低, 且 MA2、MA3、MA4、CK 处理之间差异不显著, 但与 MA1 处理之间差异显著。贮藏 20 d 时, 各处理之间差异不显著。贮藏 30 d 时, MA2 处理较好地保持了桃果实的 Vc 含量, 该处理 Vc 含量显著大于

其他处理, 各处理 Vc 含量由高到低依次为: MA2>MA3>MA4>MA1>CK。贮藏 40 d 时, MA4 处理桃果实 Vc 含量达到最小值, 且与其他处理之间差异显著。贮藏 50 d 时, MA4 处理 Vc 含量达到最大值, 但与对照之间差异不显著, MA1、MA2、MA3 处理之间差异也不显著。

图 4B 表明, 不同处理于 20 ℃ 回温 3 d 的桃果实 Vc 含量变化总体呈波动趋势(图 4B)。贮藏 10 d 回温 3 d 后, 各处理 Vc 含量均比出库前低, 这是因

为温度升高和充足的 O₂ 增加了促进 Vc 氧化的抗坏血酸酶含量,从而促进了 Vc 氧化,使贮藏前期各处理 Vc 含量均有所下降。贮藏 20 d 回温 3 d 后,各处理 Vc 含量均达到最大值,且较出库前 Vc 含量高,MA4 处理和 CK 对照之间差异不显著,MA1、MA2、MA3 处理之间差异不显著。贮藏 30 d 回温 3

d 后,CK 桃果实 Vc 含量显著高于其他处理。贮藏 40 d 回温 3 d 后,MA2 和 MA1 处理仍能维持桃果实较高的 Vc 含量,这说明较低浓度的外源乙烯处理可以使桃果实在贮藏后期货架期 3 d 保持一定的营养品质。贮藏末期各处理之间桃果实 Vc 含量差异不显著。

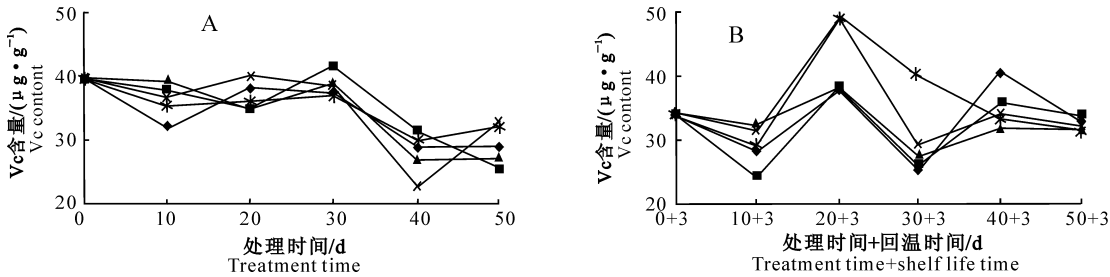


图 4 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d Vc 含量的影响

—◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

2.5 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 细胞膜透性的影响

果实成熟与细胞膜透性的上升有关,细胞内膜结构破坏,则透性增加,组织相对渗透率增大^[14]。电导率是反应膜透性的重要指标。由图 5A 可知,贮藏期间桃果实相对电导率呈先上升后下降的变化趋势,回温后则呈先下降后上升再下降的变化趋势。贮藏 10 d, MA1 处理的桃果实相对电导率最大, MA4 处理最小,各处理之间差异显著。MA4 处理减缓了相对电导率的上升速度,到贮藏 30 d 时才达

到最大值。贮藏 40 d, CK 桃果实相对电导率显著高于其他处理。

由图 5B 可以看出,贮藏 10 d 回温 3 d 时,各处理相对电导率均达到最小值,由大到小依次为 CK>MA2>MA3>MA1>MA4,各处理之间差异显著。贮藏 40 d 回温 3 d 时,CK 处理相对电导率依然最大,MA4 处理最小,这是因为 1-MCP 处理,减少了乙烯释放,导致果实不能正常软化,果胶类物质不能正常转化,细胞膜透性较差,因此相对电导率较低。

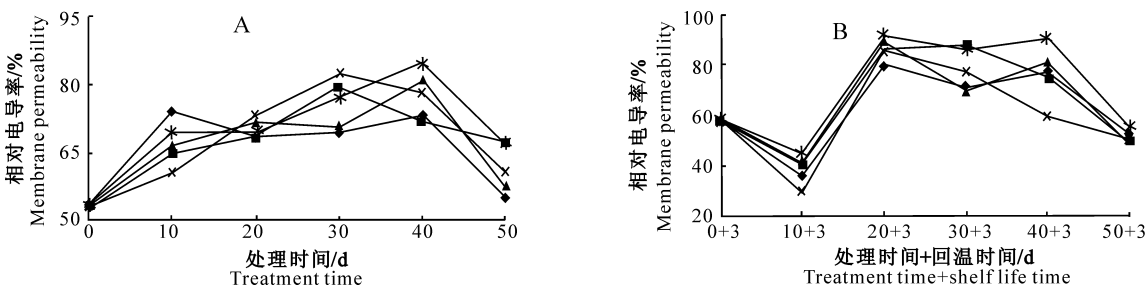


图 5 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 细胞膜透性的影响

—◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

Fig. 5 Different treatments on the changes of peach fruit membrane permeability during the MA storage and 3-day shelf life

2.6 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 呼吸速率的影响

由图 6A 可知,各处理冷藏期间桃果实呼吸速率总体上一直保持较低水平,贮藏 10 d 时各处理呼吸速率达到一个峰值,MA2、MA3 处理显著高于 MA1、MA4 处理和对照,且 MA2、MA3 处理之间差

异不显著,MA1、MA4 之间差异不显著。随后各处理呼吸速率迅速下降。贮藏期前 40 d,对照处理桃果实的呼吸速率显著低于其他 4 种处理。贮藏 30 d 时,MA4 处理桃果实的呼吸速率最大,且各处理之间差异显著,各处理呼吸速率由高到低依次为 MA4>MA1>MA2>MA3>CK。贮藏末期,除对

照外,各处理桃果实呼吸速率均降至较低,各处理之间差异不显著。这表明外源乙烯的加入,促进了桃

果实 MA 贮藏前期的呼吸速率。

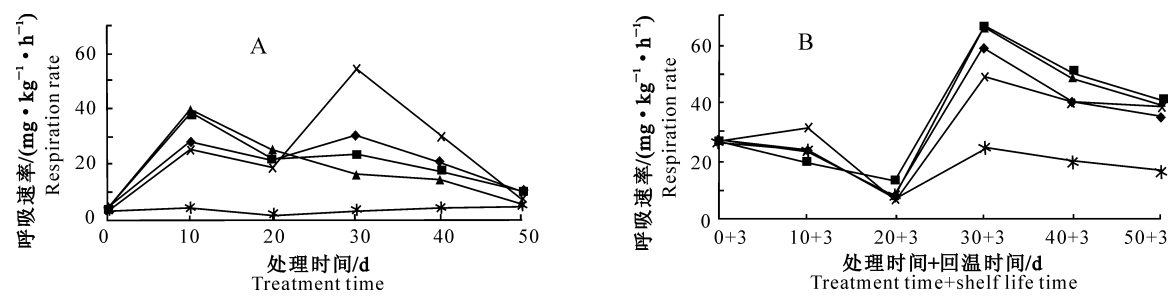


图 6 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 呼吸速率的影响
—◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

Fig. 6 Different treatments on the changes of peach fruit respiration rate during the MA storage and 3-day shelf life

由图 6B 可知,不同贮藏时期出库的果实回温后各处理桃果实呼吸速率波动较大。贮藏 20 d 回温 3 d 时,各处理桃果实呼吸速率均达到最低,且处理之间差异不显著。贮藏中后期回温后,对照桃果实呼吸速率较低,贮藏 30 d 回温 3 d 时,各处理桃果实呼吸速率达到峰值,且以 MA2 处理最高,MA2 与 MA1 处理之间差异不显著;贮藏 50 d 回温 3 d 后,各处理桃果实呼吸速率仍然较高,这可能是发生了冷害的表现。

2.7 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 乙烯释放量的影响

由图 7A 可以看出,贮藏 10 d 时,各处理桃果实乙烯释放量达到一个峰值,且 MA3 处理峰值最大,显著高于其他处理;MA2 处理次之,且与 MA3 处理之间差异显著;MA4、MA1 和 CK 的桃果实乙烯释放量较少,且 MA4 与 CK 之间差异不显著。贮藏 20 d 时,MA3 和 MA2 处理之间桃果实乙烯释放量

差异显著,MA1、MA4 和 CK 之间差异不显著。贮藏 30 d 时,MA1 处理桃果实乙烯释放量显著高于其他处理。各处理贮藏末期桃果实乙烯释放量逐渐增加,尤以 MA1 处理增加最多,显著高于其他 4 个处理。这说明外源乙烯主要在贮藏前期起作用,外源乙烯的加入显著提高了乙烯峰值。

由图 7B 可以看出,贮藏 20 d 回温 3 d 时,对照和 MA4 处理的桃果实乙烯释放量最大,两者之间差异显著。贮藏 30 d 回温 3 d 时,CK 与其他 4 个处理之间的桃果实乙烯释放量差异显著,但其他 4 种处理之间差异不显著;MA3 处理桃果实乙烯释放量大于 MA2 处理,而 MA4 处理减少了乙烯释放量,其乙烯峰值略小于 MA1 处理。贮藏后期,CK 乙烯释放量出现反常的高释放量,这是因为桃果实已经发生了冷害,虽然外表无斑点,但其果实内部代谢已经紊乱,故而乙烯释放异常。

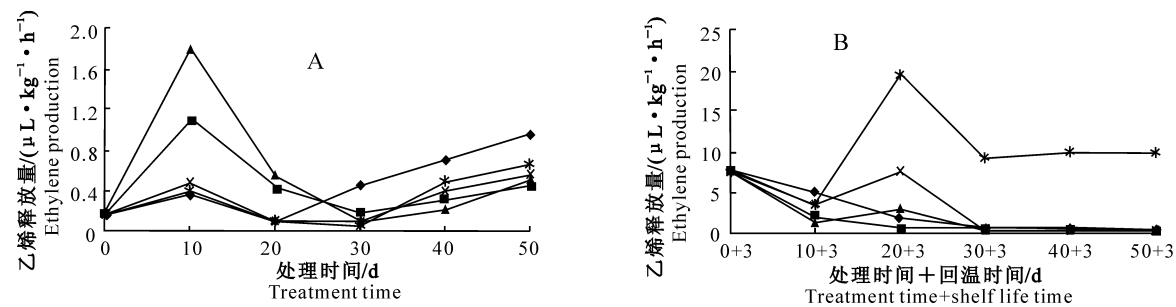


图 7 不同处理对桃果实 MA 贮藏期和货架期 3 d 乙烯释放量的影响
—◆—, MA1; —■—, MA2; —▲—, MA3; —×—, MA4; —*—, CK

Fig. 7 Different treatments on the changes of peach fruit ethylene production during the MA storage and 3-day shelf life

3 讨 论

MA 贮藏可抑制乙烯合成来延长果实的贮藏期

限,但桃果实在贮藏后期乙烯释放量减少,而其后续软化需要乙烯的参与^[15]。Lluis 等^[16]研究表明,外源乙烯处理对冷藏桃果实的硬度、SSC 影响不显著。

同样,Dong 等^[17]报道,用 15 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理 0 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏的油桃果实 4 周,对果实硬度的影响亦不显著,但是出库后,外源乙烯处理果实的乙烯释放量升高,促使细胞壁水解,进而完成果实正常的后熟软化。可见,外源乙烯处理对 MA 贮藏中期和后期桃果实品质影响不明显,本研究亦得出同样的结果。

通过外源乙烯处理桃果实的研究表明,加入外源乙烯对桃果实的生理代谢有影响。Lluis 等^[16]在 1999 年的试验中,用 3 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理延缓了桃果实絮败的发生时间,但在 2000 和 2001 年的重复试验中未得到同样的结果,这可能是由于 1999 年采摘的桃果实成熟度低于 2000 和 2001 年。外源乙烯通过影响低温贮藏桃果实的生理代谢进而影响其品质。本研究通过对刚出库桃果实硬度及其回温果实硬度的分析可知,冷藏对照果实在贮藏过程中衰老较快,且在贮藏后期果实发生冷害而不能软化后熟。外源乙烯处理可使贮藏中期桃果实正常软化,且 5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理的作用优于 10~20 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理。分析外源乙烯对 MA 贮藏桃果实品质的作用效果后认为,5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理对维持桃果实品质的作用优于 10~20 $\mu\text{L/L}$ 处理。

外源乙烯处理对桃果实低温 MA 贮藏前期和中期(30 d)的品质有改善作用,以外源乙烯 5~10 $\mu\text{L/L}$ 处理效果最佳,后期(50 d)则品质下降。用外源乙烯 5~10 $\mu\text{L/L}$ 处理桃果实,可以使其贮藏前期和中期,保持正常而又较低的呼吸速率和乙烯释放量,维持较高的可溶性固形物含量、适宜的硬度和适中的电导率,从而使桃果实可以正常后熟软化,减轻冷害症状。回温 3 d 后外源乙烯 5~10 $\mu\text{L/L}$ 处理桃果实的品质依然较好,1-MCP 处理贮藏 30 d 后即使回温其硬度仍然很高,电导率很低,不能正常软化。MA1 处理较对照贮藏效果好,但不及 MA2、MA3 和 MA4 处理。对照处理效果最差,贮藏中后期腐烂严重,硬度较低,电导率较大,尤其是回温后表现明显。

高慧等^[18]对油桃采后生理的研究表明,MA 贮藏可以抑制桃果实的呼吸速率和乙烯释放量,但对 SSC 含量无显著影响,本试验亦得出相同的结论。本研究结果表明,外源乙烯处理刺激了桃果实内源乙烯的释放。贮藏前期,MA 处理和冷藏对照处理桃果实内源乙烯释放量显著低于外源乙烯处理,但冷藏对照回温后内源乙烯释放量明显增加,特别是在贮藏后期,桃果实内源乙烯释放量显著高于其他

处理。同样,外源乙烯处理增强了果实的呼吸作用,但并非外源乙烯质量浓度越高,果实的呼吸作用就越强,不同质量浓度外源乙烯对贮藏和回温桃果实呼吸影响的作用特点不同,较高质量浓度外源乙烯处理(10~20 $\mu\text{L/L}$)的桃果实在出库回温后的呼吸,总体低于较低质量浓度(5~10 $\mu\text{L/L}$)的外源乙烯处理。这说明乙烯对呼吸的作用不仅与其质量浓度有关,还可能与温度有关。低温下保持果实较高的呼吸,有利于保持果实在低温下的后熟能力,防止果实发生冷害;高温下保持较低的呼吸,有利于防止果实快速衰老,延长货架期。贮藏后期,冷藏对照回温果实的呼吸作用显著低于其他处理,此时其果实的褐变程度较严重。

4 结 论

乙烯对桃果实低温 MA 贮藏前期和中期(30 d)的品质有改善作用,以外源乙烯 5~10 $\mu\text{L/L}$ 处理效果最佳,后期(50 d)则品质下降。5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理可以维持桃果实贮藏前期和中期较好的品质,其呼吸正常且较低,乙烯释放量正常,果实可以正常后熟软化,可溶性固形物和 Vc 含量较高,电导率较高,硬度适中;10~20 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理与 5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理类似,但其腐烂指数高于 5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理;1-MCP 处理腐烂指数最轻,硬度下降最慢,乙烯释放较小,电导率上升速率减缓,贮藏前期呼吸速率较小,后期则呼吸速率最大;PE 袋密封处理效果比对照稍强,腐烂较轻,呼吸速率和乙烯释放量较低,Vc 含量和 SSC 含量不高,贮藏后期品质变差。对照处理贮藏效果最差,腐烂最严重,呼吸很低,乙烯释放量较低,Vc 和 SSC 含量不高,贮藏后期品质最差。外源乙烯处理增大了桃果实贮藏前期的乙烯释放峰值和呼吸速率峰值,乙烯抑制剂(1-MCP)处理则延缓了呼吸高峰的到来,减小了乙烯生成峰值。总之,5~10 $\mu\text{L/L}$ 外源乙烯处理效果最佳,较好地保持了桃果实贮藏前期和中期的各种品质。

[参考文献]

- [1] Ben A R, Lavee S. Pectic changes occurring in "Elberta" peaches suffering from wooling breakdown [J]. *Phytochemistry*, 1971, 10: 531-538.
- [2] 齐 灵,吕昌文,修德仁,等. 桃冷害细胞学表现与品质劣变关系的研究 [J]. *园艺学报*, 1994, 21(1): 75-80.
- Qi L, Lü C W, Xiu D R, et al. Research on the peach fruit representation of cell chilling injury and quality relation [J]. *Acta*

Horticulture Sinica,1994,21(1):75-80. (in Chinese)

[3] 吕昌文,修德仁,齐 灵,等. 桃波动温度贮藏及其机理研究[J]. 华北农学报,1994,9(1):75-80.

Lü C W,Xiu D R,Qi L,et al. An effect of the undulatory temperature on peaches during cold-storage [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica,1994,9(1):75-80. (in Chinese)

[4] 王贵禧,王友升,梁丽松. 不同贮藏温度模式下大久保桃果实冷害及其品质劣变研究[J]. 林业科学研究,2005,18(2):114-119.

Wang G X,Wang Y S,Liang L S. Studies on chilling injury and quality deterioration of “Okubao” peach under different storage temperature strategies [J]. Forest Research,2005,18(2):114-119. (in Chinese)

[5] 王友升,王贵禧,梁丽松. 不同气体成分贮藏对大久保桃果实品质的影响 [J]. 农业工程学报,2006,22(8):214-218.

Wang Y S,Wang G X, Liang L S. Effects of various O₂ and CO₂ concentrations on the quality of “Okubao” peach fruit during storage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2006,22(8):214-218. (in Chinese)

[6] Tian S P,Xu Y,Jiang A L,et al. Physiological and quality response of longan fruit to high O₂ or CO₂ atmospheres in storage [J]. Postharvest Biol Techno,2002,24:335-340.

[7] Retamales J,Defilippi B,Campos R. Alleviation of cold storage disorders in nectarine by modified atmosphere packaging [J]. Fruits-Paris,2000,55(3):213-219.

[8] 王贵禧,梁丽松,宗亦臣,等. 桃综合贮藏保鲜技术研究Ⅱ:适宜的贮藏条件 [J]. 林业科学研究,1998,11(3):249-252.

Wang G X,Liang L S,Zong Y C,et al. Study on the storage technique for peach Ⅱ: Study on the storage conditions[J]. Forest Research,1998,11(3):249-252. (in Chinese)

[9] 杨震峰,郑永华,冯 磊,等. 高氧处理对杨梅果实采后腐烂和品质的影响 [J]. 园艺学报,2005,32(1):94-96.

Yang Z F,Zheng Y H,Feng L,et al. Effect of high oxygen treatments on fruit decay and quality in Chinese bayberry [J]. Acta Horticulture Sinica,2005,32(1):94-96. (in Chinese)

[10] 陈昆松,于 樑,周山涛. 鸭梨果实气调贮藏过程 CO₂ 伤害机理初探 [J]. 中国农业科学,1991,24(5):83-88.

Chen K S,Yu L,Zhou S T. A preliminary study on possible mechanism of CO₂ injury of ‘YA-Li’ pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd) during CA storage [J]. Scientia Agricultura Sinica,1991,24(5):83-88. (in Chinese)

[11] 宗亦臣,王贵禧,冯双庆. 枣果气调保鲜技术及采后褐变的研究 [J]. 林业科学研究,2005,18(3):292-295.

Zong Y C,Wang G X,Feng S Q. Physiological changes of “Dongzao” Jujube during the controlled atmosphere storage [J]. Forest Research,2005,18(3):292-295. (in Chinese)

[12] 林桂荣,郭 泳,付压文. 新鲜果蔬 Vc 测定方法研究 [J]. 北方园艺,1995(2):7.

Lin G R,Guo Y,Fu Y W. Reseach on the fresh fruits and vegetables Vc mensuration methods [J]. Northern Horticulture,1995(2):7. (in Chinese)

[13] 胡花丽. 外源乙烯对 CA 贮藏桃果实风味及其相关生理机制的影响 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.

Hu H L. Effects of exogenous ethylene treatment on the flavor and relative physiological mechanism of peach fruit in CA storage [D]. Yangling,Shaanxi:Northwest A&F University,2007. (in Chinese)

[14] Autio W R,Bramlag W J. Chilling sensitivity of tomato fruit in relation to ripening and senescence [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,1986,111:201-204.

[15] 王友升,王贵禧. 冷害桃果实品质劣变及其控制措施 [J]. 林业科学研究,2003,16(4):465-472.

Wang Y S,Wang G X. Quality deterioration of chilling injury peach fruit and some alleviation methods [J]. Forest Research,2003,16(4):465-472. (in Chinese)

[16] Lluís P,Carlos H,Crisosto,et al. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of fruits and table grapes[J]. Postharvest Biology and Technology,2003,27:243-254.

[17] Dong L,Zhou H,Sonego L,et al. Ethylene involvement in the cold storage disorder of ‘Flavortop’ nectarine [J]. Postharvest Biology and Technology,2001,23:105-115.

[18] 高 慧,饶景萍. 自发气调贮藏对油桃采后生理及相关酶活性变化的影响 [J]. 园艺学报,2005,32(1):91-93.

Gao H,Rao J P. Effect of MA storage on postharvest physiology and enzymatic activity of nectarines [J]. Acta Horticulture Sinica,2005,32(1):91-93. (in Chinese)