

一氧化氮处理砀山酥梨的保鲜效果

马海燕, 任小林, 周会玲

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 用不同浓度的 NO(5, 10, 20 μ L/L) 处理砀山酥梨, 结果表明: 10, 20 μ L/L NO 处理很好地保持了砀山酥梨的硬度、可溶性固形物含量以及可滴定酸的含量, 推迟了呼吸高峰出现的时间, 降低了呼吸和乙烯释放的最高值, 并且降低了砀山酥梨的腐烂率, 表现出明显的保鲜效果, 尤其以 20 μ L/L 的 NO 处理效果最好, 而 5 μ L/L NO 处理对砀山酥梨保鲜效果不明显。

关键词: 一氧化氮; 砀山酥梨; 保鲜效果

中图分类号: S651 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004 3268(2007)05 0098 04

Effect of Nitric Oxide Treatment on Keeping Fresh of Postharvest Dangshansu Pear

MA Hai yan, REN Xiao lin, ZHOU Hui ling

(College of Horticulture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

Abstract: Different concentrations of nitric oxide(5, 10 and 20 μ L/L) were used to treat the Dangshansu pears. The results indicated that 10 and 20 μ L/L nitric oxide could well maintain the firmness, the content of TTS and TA of the pears, delay the time of respiration peak, decrease the peak value of respiration and ethylene production, and reduce the rot rate of pears. The treatment of 20 μ L/L had the best keeping fresh effect, while the 5 μ L/L treatment had no obvious effect.

Key words: Nitric Oxide; Dangshansu pears; Keep fresh

收稿日期: 2007 01 04

作者简介: 马海燕(1980), 女, 山西襄垣人, 在读硕士研究生, 研究方向: 园艺产品采后生理及贮藏保鲜。

通讯作者: 任小林(1964), 男, 陕西永寿人, 教授, 主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜研究。

2.3 可溶性固形物

从表 1 可以看出, 授粉后前 21 d, 中华拳王可溶性固形物含量平均变化不大。授粉后 12 d, 可溶性固形物含量下降, 说明浇膨瓜水可短时降低可溶性固形物的含量。27 d 后中心可溶性固形物迅速增加至采收达到最大值(12.2%)。

表 1 中华拳王可溶性固形物含量

授粉后天数(d)	可溶性固形物含量(%)
3	
6	4.0
9	5.3
12	4.5
15	6.2
18	6.4
21	6.5
24	8.5
27	9.0
30	10.0
33	12.2

2.4 皮色

通过观察、调查, 中华拳王授粉 3 d 后, 果面有条

纹, 果实发暗。授粉 15 d 后, 果实逐渐变黑, 条纹不清楚。授粉 24 d 后, 果面开始出现瓜霜, 外观较为美观。在此期间, 应适当控制浇水, 以保证果实外观及品质。

3 结论与讨论

1) 本试验结果表明, 中华拳王的单果重、果径发育过程, 呈有规律的“S”形曲线。

2) 中华拳王果实迅速膨大期在授粉后 6~27 d, 其中 15~27 d 果重、果径增长迅速, 因此, 6~27 d 应为供应水肥的关键时期, 以促进果实膨大, 增加产量。

3) 可溶性固形物含量变化是在授粉 24 d 后才迅速增加, 且越接近成熟果实可溶性固形物含量越高。在生产上应适时采收, 避免果实未成熟时上市, 从而影响西瓜的品质, 同时, 在果实采收前应适当控制浇水, 以免降低西瓜的可溶性固形物的含量。

由此可见, 中华拳王西瓜发育阶段是其商品性状形成的最关键时期, 在生产上应加强管理以获得最佳品质及最好效益。

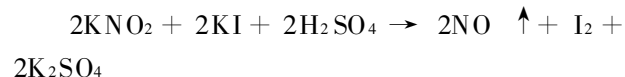
一氧化氮(NO)既是气体,又是自由基,是生物体内一种作用广泛而性质独特的信号分子,它不仅对动物的生命活动有着重要的调节作用,而且也参与植物生长发育的许多过程,如种子萌发^[1,2]、下胚轴伸长^[3]、根生长^[3]、细胞凋亡^[4]以及植物抗逆反应^[5]等。1996年,据 Leshem 等^[6]报道,NO 可在植物中合成,并可能作为一种植物生长调节剂调控植物的成熟和衰老。Leshem 等^[7]发现,在成熟和衰老的果蔬和切花组织中,NO 浓度较未成熟的低得多,用一定浓度的外源 NO 熏蒸草莓、花椰菜、黄瓜、甘蓝和猕猴桃,其成熟和衰老明显受到抑制,果实货架寿命延长。由此可见,NO 对园艺产品有保鲜作用,但不同园艺产品对 NO 的适应浓度不同,目前,在国内外还未见到关于 NO 在砀山酥梨上的研究和应用。

此外,Soegiarto^[8]等检测各种 O₂ 浓度中 NO 的半衰期后发现,低浓度 NO 与 O₂ 反应速率较慢,即使是在空气中,NO 半衰期也可达 3.5 h,而且植物组织在空气对 NO 有较高的吸收力。NO 的这些特性为其在生产中大规模应用提供了可能性。故本试验欲突破以往研究者用 NO 在无氧状态下处理园艺产品的局限,在正常空气状态下处理砀山酥梨,以期获得更易普及的 NO 处理园艺产品的方法。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 NO 气体的制备 根据 Leshem 等^[6]的方法,自制 NO 气体。即根据化学反应式:



先制备 A 液(0.5 mol/L KI 与 0.5 mol/L H₂SO₄ 等量混合)和 B 液(适量的 0.5 mol/L 的 KNO₂),在无氧环境下,将 B 液注入 A 液进行反应制得的无色气体为纯 NO 气体。

1.1.2 砀山酥梨 2005 年 10 月 16 日购于陕西礼泉县某一果园。树龄 10 年左右,选大小均一,成熟度一致,无病虫害,无机械损伤的果实为试验材料。

1.2 方法

1.2.1 处理 试验共设 4 个处理,NO 处理浓度分别为 0(ck),5,10,20 μL/L,每处理 200 个果实(每个处理重复 3 次)。果实分别放在 360 L 的气调箱中,密闭后,打开一进气孔,同时将箱内的小风扇打开,然后用 10 mL 的注射器分别抽取 0,1,8,3.6,7,2 mL 的 NO 气体注入气调箱中,每个处理注入 NO

后立即关闭进气孔,各处理在气调箱中密闭 2 h 后将箱盖打开通风 1 h,然后将果实装入有内衬保鲜膜的纸箱中置于相对湿度为 85%~90%的 3℃冷库中。

1.2.2 测定指标及方法 硬度用意大利生产的 GY-1 型果实硬度计测定(单位:kg/cm²),探头直径为 0.8 cm;可溶性固形物含量用 WYT-4 型手持折光仪测定(单位:%);呼吸强度用 Telair 7001 红外线 CO₂ 分析仪测定[单位:mg/(kg·h)];乙烯用岛津 GC-14A 型气相色谱仪测定[单位:μL/(kg·h)];可滴定酸含量用酸碱滴定法测定;膜透性用 DDS-307 电导仪测定(单位:%);腐烂率=腐烂果数/总果数×100%。在贮藏 200 d 时对各处理及对照果实进行腐烂率的统计,每个处理调查 10 kg 左右果实。

2 结果与分析

2.1 NO 对砀山酥梨硬度的影响

由图 1 可以看出,在贮藏过程中,随着贮藏时间的增加,不同处理果实的硬度都有所降低,但 20 μL/L 处理硬度明显高于其他处理,分析贮藏 195 d 时的硬度,各处理差异极显著(P<0.01),就整个贮藏过程来看,各 NO 处理在不同时期的硬度都高于对照,很好的保持了果实的硬度。

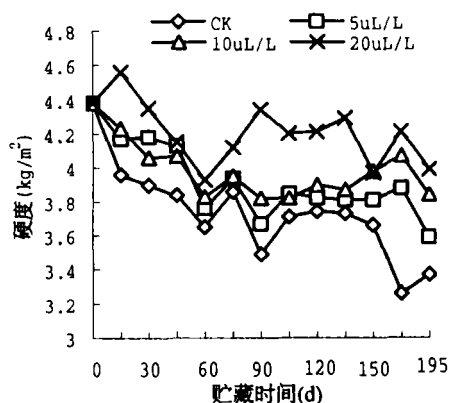


图 1 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨硬度的影响

2.2 NO 对砀山酥梨可溶性固形物含量的影响

由图 2 可以看出,在贮藏过程中,果实可溶性固形物含量的变化不大,但对照和 5 μL/L NO 处理的果实在 45 d 时,可溶性固形物含量有所增加,原因可能是贮藏过程中果实中的淀粉分解转化成小分子糖的缘故。而 10 μL/L, 20 μL/L 处理的果实可溶性固形物含量变化很小,可见 10 μL/L, 20 μL/L 处理可以很好地减缓淀粉的分解。果实采后后熟和贮藏

过程中, 淀粉被水解并转化为可溶性糖, 从而引起细胞膨压力的下降, 导致了果实的软化, 所以 NO 可能通过影响淀粉酶的代谢来延缓淀粉分解。

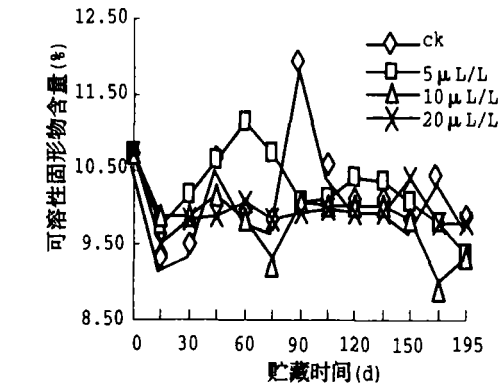


图 2 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨可溶性固形物含量的影响

2.3 NO 对砀山酥梨呼吸强度的影响

由图 3 可以看出, 第 1 次测得的果实呼吸强度较高, 这是因为果实刚运回后在室温测得的呼吸强度初值温度比 15 d 以后在冷库内测定的温度高, 所以呼吸强度也高。入库以后, 在温度为 3℃的冷库测定, 呼吸强度下降很明显, 且 NO 处理的果实呼吸强度下降幅度较大, 在贮藏到 105 d 时, 对照果实出现了呼吸高峰, 其呼吸强度为 4.102 mg/(kg·h), 在贮藏 120 d 时, 5 μL/L 处理的果实也相继出现了呼吸高峰, 呼吸强度为 3.521 mg/(kg·h), 在贮藏 165 d 时, 10 μL/L 和 20 μL/L 处理的果实同时出现了呼吸高峰, 其强度分别为 2.583 mg/(kg·h) 和 2.280 mg/(kg·h), 各 NO 处理与对照相比, 在各自高峰出现时的呼吸强度值差异极显著 ($P < 0.01$), 各处理间差异也极显著 ($P < 0.01$)。在呼吸高峰出现的时间上, 各 NO 处理均比对照有所推迟, 5 μL/L 推迟了 15 d, 10 μL/L 和 20 μL/L 推迟了 60 d。由此

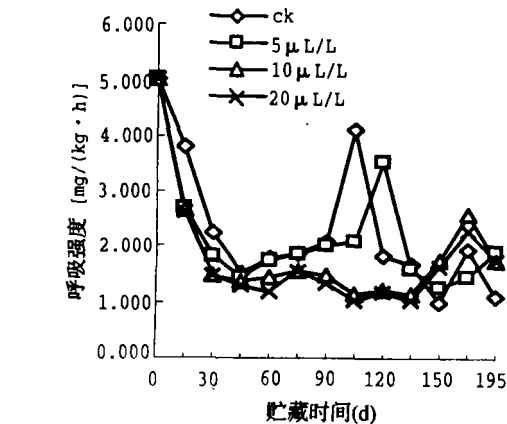


图 3 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨呼吸强度的影响

看出, NO 延迟了呼吸高峰出现的时间, 并且明显地减低了果实的呼吸强度。

2.4 NO 对砀山酥梨乙烯释放速率的影响

乙烯是一种促进果实成熟衰老的激素。由图 4 可以看出, 贮藏 60 d 前各处理乙烯释放速率都处于很低的水平, 均低于 0.1 μL/(kg·h), 在贮藏 75 d 时, 除 20 μL/L 没出现较高的乙烯高峰外, 其他处理均有明显的乙烯高峰, 比较各处理在 75 d 时的乙烯释放速率, 其中 10 μL/L 和 20 μL/L 处理与对照差异极显著 ($P < 0.01$), 而 5 μL/L 与对照差异不显著 ($P > 0.05$)。10 μL/L 与 20 μL/L 相比差异显著 ($P < 0.05$), 说明在乙烯释放速率这一指标上, 与对照相比, 5 μL/L 处理效果不明显, 10 μL/L 和 20 μL/L 处理均有明显的效果, 且 10 μL/L 和 20 μL/L 处理间效果有差异。

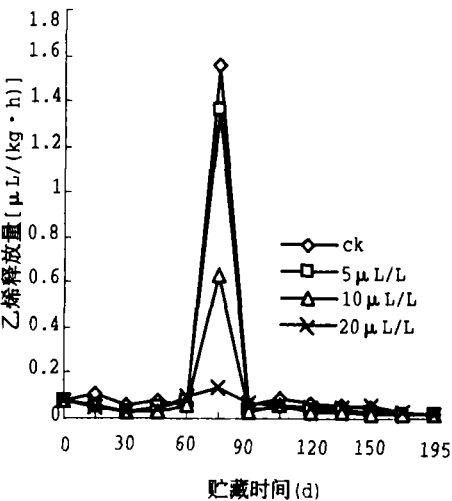


图 4 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨乙烯释放速率的影响

2.5 NO 对砀山酥梨膜透性的影响

由图 5 可以看出, 随着贮藏时间的增加, 膜透性都在增加, 在整个贮藏过程中对照和 5 μL/L 处理的果实电导率相差不是很明显, 在 15 d 和 30 d 时, 不同浓度 NO 处理的膜透性均比对照高, 原因可能是刚被 NO 处理后, 果实的细胞膜受到一些影响, 且浓度越大, 电导率越高, 但随着贮藏时间的增加, 果实逐渐衰老, 电导率也随之增大, 但被 10, 20 μL/L NO 处理过的果实, 在 NO 的作用下, 电导率增大的幅度较小。尤其是 20 μL/L 效果更明显, 在 75 d 时, 5, 10 μL/L 处理及对照电导率均有一个比较明显的增加, 和乙烯高峰出现的时间同步, 原因可能是乙烯促进了果实的衰老, 引起了相应的膜结构的变化。总的来说, 10, 20 μL/L NO 处理减少了果实在贮藏过程中细胞膜的损伤, 更好地保护了果实的膜结构。

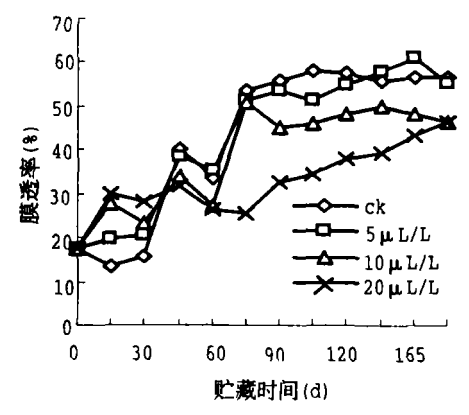


图 5 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨膜透率的影响

2.6 NO 对砀山酥梨可滴定酸含量的影响

从图 6 可以看出,随着贮藏时间的增加,各处理的可滴定酸含量均在下降,因为果实贮藏的过程是一个耗能过程,果实中的可滴定酸可以作为果实的呼吸底物来为果实提供维持生命活动的能量。各 NO 处理与对照相比,可滴定酸均比对照降低的缓慢,尤其是在贮藏 15~135d 期间,各 NO 处理可滴定酸含量均高于对照,可到 135d 后,果实到了贮藏末期,各 NO 处理与对照差异不明显。

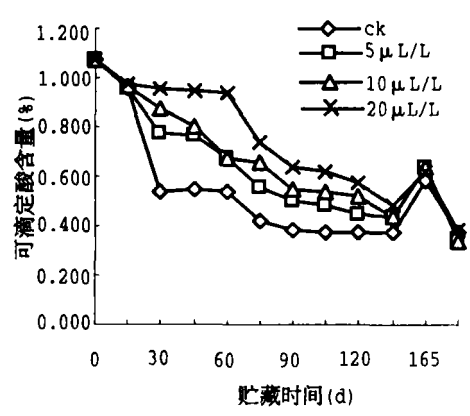


图 6 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨可滴定酸含量的影响

2.7 NO 对砀山酥梨腐烂率的影响

由图 7 可以看出,对照果实的腐烂率明显比各 NO 处理高,差异极显著($P < 0.01$),但各 NO 处理间差异不显著($P > 0.05$),可见,NO 处理明显地降

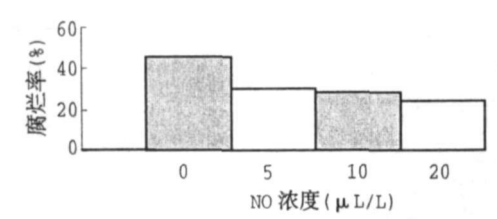


图 7 不同浓度 NO 处理对砀山酥梨腐烂率的影响

低了果实的腐烂率,可能是 NO 处理影响了果实抗病相关酶的结果。

3 结论

由以上的几个指标可以看出,10 μL/L 和 20 μL/L NO 处理可以减小果实硬度降低的幅度,这可能是 NO 影响了细胞壁降解的相关酶类而起到了保持硬度的作用,NO 处理减缓了淀粉的代谢,从而使果实可溶性固形物的含量上升幅度降低,同时,NO 可能作用膜系统保护酶类从而起到对膜的保护作用,使果实膜伤害减小,同时通过影响呼吸代谢来减少可滴定酸含量的降低,保持果实的风味,并且 NO 在很大程度上降低了果实的腐烂率。总之,10, 20 μL/L 浓度的 NO 处理对砀山酥梨有较好的保鲜效果,5 μL/L NO 处理对砀山酥梨的保鲜效果不明显。可见适当浓度的 NO 处理可以延缓园艺产品采后成熟衰老,而筛选出更为精细的 NO 处理浓度以及探索 NO 延缓衰老的生理机制是今后研究的方向。

参考文献:

[1] Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and deetiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light inducible responses in plants [J]. *Planta*, 2000, 210: 215 - 221.

[2] Caro A, Puntarulo S. Nitric oxide generation by soy bean embryonic axes. Possible effect on mitochondrial function [J]. *Free Radic Res*, 1999, 31(Sup): 205 - 212.

[3] Pagnussat G C, Simontacchi M, Puntarulo S, *et al.* Nitric oxide is required for root organogenesis [J]. *Plant Physiol*, 2002, 129: 954 - 956.

[4] Gouvêa C M C P, Souza J F, Magalhães A C N, *et al.* No releasing substances that induce growth elongation in maize root segments [J]. *Plant Growth Reg*, 1997, 21: 183 - 187.

[5] 阮海华, 沈文彪, 叶茂炳, 等. NO 对盐胁迫下小麦叶片氧化损伤的保护效应 [J]. *科学通报*, 2001(46): 1993 - 1997.

[6] Leshem Y Y, Haramaty Z. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. foliag [J]. *Plant Physiol*, 1996, 148: 258 - 263.

[7] Leshem Y Y, Wills R B H, Ku V V V. Evidence for the function of the free radical gas nitric oxide (NO[•]) as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plant [J]. *Plant Physiol Biochem*, 1998, 36(11): 825 - 833.

[8] Soegiarto L, Wills R B H, Seberry J A, *et al.* Nitric oxide degradation in oxygen atmospheres and rate of up take by horticultural produce [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 28: 327 - 331.