

# 一氧化氮对“宁冠”苹果的保鲜效应

牛锐敏, 许泽华, 王春良

(宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002)

**摘要:**以“宁冠”苹果为试材,以硝普钠(SNP)为一氧化氮供体,研究了不同浓度一氧化氮对其常温贮藏过程中果实失重率、硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素 C 含量及相对膜透性的影响。结果表明:不同浓度的 SNP 释放的 NO 均减轻了“宁冠”苹果的失重,延缓了可溶性固形物含量的下降。0.02、0.05、0.10 mmol/L SNP 处理延缓了果实硬度和可滴定酸含量的下降,抑制了维生素 C 的降解,降低了相对膜透性,而 0.20、0.40 mmol/L SNP 处理则加快了果实硬度下降、可滴定酸和维生素 C 的消耗。适宜浓度的 SNP 处理对苹果果实具有良好的保鲜作用,其中 0.10 mmol/L SNP 处理效果最好。

**关键词:**苹果;一氧化氮(NO);贮藏;保鲜

**中图分类号:**TS 255.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)21-0147-04

一氧化氮(Nitric Oxide, NO)是近年来引起人们关注的无机气体自由基,具有独特的理化性质和生物活性,几乎对动物体各个系统都有影响。NO 在植物上的研究起步较晚,到目前为止人们发现它对植物的呼吸作用<sup>[1]</sup>、光形态建成<sup>[2]</sup>、种子萌发<sup>[3]</sup>、根和叶片的生长发育<sup>[4]</sup>、气孔运动<sup>[5]</sup>、各种胁迫响应<sup>[6]</sup>及抗病防御反应等生理过程都有作用。近年来不少学者对 NO 在园艺产品上的采后处理进行了研究,已有较多的证据表明,NO 可抑制乙烯合成,延缓植物组织衰老进程,从而提高果蔬贮藏过程中抵御逆境的能力、延长贮藏寿命、改善贮藏品质。

国内对 NO 在植物上的研究起步相对较晚,NO 对果实保鲜调控作用的研究刚刚起步,至今尚鲜见对苹果品质、耐贮性及生理影响的报道。“宁冠”是宁夏地方特色品种,果实品质上等,是一个很具发展前途的晚熟黄色品种。该试验以硝普钠(SNP)为 NO 供体,研究不同浓度 SNP 处理对“宁冠”采后贮藏过程中果实品质及生理变化的影响,以期确定 NO 在苹果保鲜中的作用及合理的使用浓度,获得容易普及的 NO 处理产品的方法,为 NO 在“宁冠”贮运保鲜中的应用提供理论依据。

**第一作者简介:**牛锐敏(1980-),女,湖北襄阳人,硕士,助理研究员,现主要从事果树栽培及果蔬保鲜生理研究工作。E-mail: nrm1521@163.com

**责任作者:**王春良(1960-),男,硕士,现主要从事果树栽培等研究工作。E-mail: wangcl0713@sina.com

**基金项目:**国家苹果产业技术体系资助项目(nycytx-09-10);宁夏自然科学基金资助项目(NZ1183)。

**收稿日期:**2013-06-19

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试“宁冠”苹果采自宁夏银川市园艺所一管理良好的果园,采收当天运至实验室。选择大小均匀、无病虫害及机械损伤、成熟度相对一致的果实为试验材料,置阴凉处散掉田间热。

### 1.2 试验方法

以硝普钠(SNP)为 NO 供体,分别配成 0(对照)、0.02、0.05、0.10、0.20、0.40 mmol/L 的溶液并注入容器中,浸泡 20 min,取出后自然晾干并置于室温下。每组处理用果 10 kg,重复 3 次,定期采样,测定相关指标。

### 1.3 项目测定

采收当天对果实硬度和可溶性固形物含量进行测定,贮藏中定期测定果实硬度、可溶性固形物含量、有机酸含量、果实失重率、维生素 C 含量和相对膜透性。

**果肉硬度:**FT-327 果实硬度计测定,探头直径 11 mm。随机取 5 个果实,每果在胴部不同位置去皮后,测定 4 次,取平均值,单位 kg/cm<sup>2</sup>。**可溶性固形物含量**采用 TD-35 手持式数显折糖仪测定;**有机酸含量**采用氢氧化钠滴定法测定;**维生素 C 含量**采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定;**膜透性:**用直径 1 cm 的打孔器在 5 个果实的同样位置打孔,切取 1 mm 厚的薄片 50 片,置于小烧杯中,加 100 mL 去离子水,立即用 S30 电导率仪测定其电导率 P<sub>0</sub>,10 min 后再测电导率 P<sub>1</sub>,煮沸 10 min,冷却至室温,加水至原刻度,测其电导率 P<sub>2</sub>。**相对膜透性**=(P<sub>1</sub>-P<sub>0</sub>)/(P<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>)×100%,设 3 次重复,取平均值;**失重率:**用称量法测定贮藏前果实质量及检测不同时期果实质量。失重率=(贮藏前果实质量-检测时果

实质量)/贮藏前果实质量 $\times 100\%$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 硝普钠处理对“宁冠”苹果失重率的影响

采后果实的失水直接影响着果实的新鲜度,失水率达到一定程度就会产生严重的皱缩,失去商品价值。从图1可以看出,采后苹果的失重率呈现不断上升趋势,经不同浓度 SNP 处理的苹果失重率均低于对照,特别是在贮藏 14 d 后,SNP 处理的苹果失重率明显低于对照。贮藏第 35 天时,对照失重率为 3.52%,0.05、0.10 mmol/L 的 SNP 处理果实失重率较低,分别为 2.93%和 2.76%。

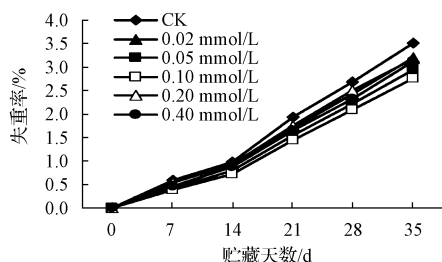


图1 硝普钠处理对苹果失重率的影响

Fig. 1 Effect of SNP treatment on weight loss ratio of apple fruit

### 2.2 硝普钠处理对“宁冠”苹果硬度的影响

从图2可以看出,苹果的硬度随着贮藏期的延长而降低,这种变化趋势在各处理中基本一致。贮藏第35天时,对照果实的硬度比贮藏前下降了37.9%,0.20、0.40 mmol/L处理的果实硬度下降的速度高于对照,分别下降了40.6%和44.8%。在整个贮藏期间,0.02 mmol/L处理的果实硬度下降幅度与对照接近,0.05、0.10 mmol/L的处理果实硬度下降幅度较小,并且在贮藏期结束时,保持较高的硬度。说明适当浓度的 SNP 处理有效地保持了果实的硬度。

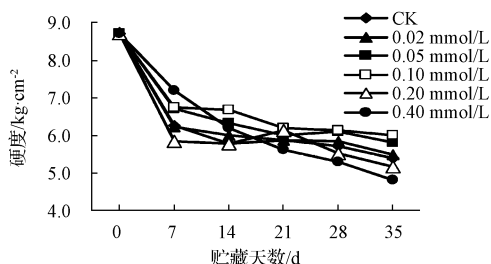


图2 硝普钠处理对苹果硬度的影响

Fig. 2 Effect of SNP treatment on fruit firmness

### 2.3 硝普钠处理对“宁冠”苹果可溶性固形物含量的影响

从图3可以看出,处理果实中可溶性固形物含量在贮藏期间呈先上升后下降的趋势,其中0.02、0.05、0.10 mmol/L SNP处理的可溶性固形物含量的变化较为平缓,0.20、0.40 mmol/L SNP处理和对照

照的变化幅度较大。在贮藏末期,对照可溶性固形物含量最低,其次是0.02、0.20、0.40 mmol/L SNP处理,0.05、0.10 mmol/L SNP处理保持了较高的可溶性固形物含量,且与对照差异达极显著水平( $P < 0.01$ )。

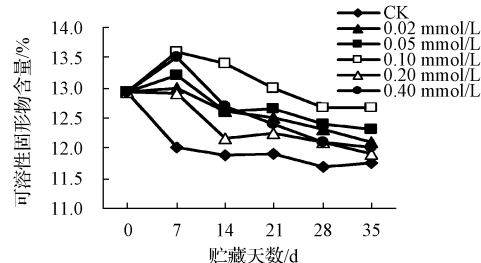


图3 硝普钠处理对苹果可溶性固形物含量的影响

Fig. 3 Effect of SNP treatment on soluble solid content of apple fruit

### 2.4 硝普钠处理对“宁冠”苹果可滴定酸含量的影响

酸味是果实的主要风味之一,有机酸是果实酸味组成的重要物质。从图4可以看出,随着贮藏时间的增加,各处理以及对照的可滴定酸含量均在下降。在整个贮藏过程中,0.02、0.05、0.10 mmol/L SNP处理的果实可滴定酸含量均比对照降低的缓慢,均高于对照。对照在第35天可滴定酸的含量降低了27.5%,0.10 mmol/L SNP处理的苹果可滴定酸含量降低了18.21%。

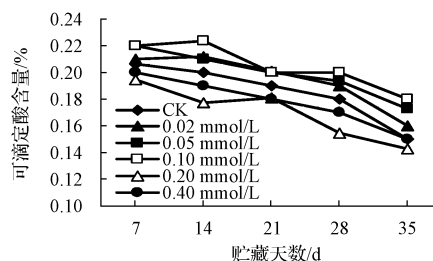


图4 硝普钠处理对可滴定酸含量的影响

Fig. 4 Effect of SNP treatment on titratable acid content of apple fruit

### 2.5 硝普钠处理对“宁冠”苹果维生素C含量的影响

维生素C是果实营养成分之一,同时也是果实体内的非酶类自由基清除剂,对延缓果实后熟软化有一定效果。从图5可以看出,果实维生素C含量在贮藏过程中呈下降趋势。就整个贮藏过程来看,0.02、0.05、0.10 mmol/L SNP处理的果实维生素C含量总体上高于对照果实,特别是在前14 d下降缓慢,明显高于对照,而且维生素C含量降低的幅度并不大。0.10 mmol/L SNP处理的果实中的维生素C的含量从贮藏开始到35 d时,降低的幅度只有16.67%,而对照果实中的维生素C含量降低的幅度为30.49%,二者差异显著( $P < 0.05$ )。0.20、0.40 mmol/L SNP处理维生素C的含量变化跟对照差异不显著。

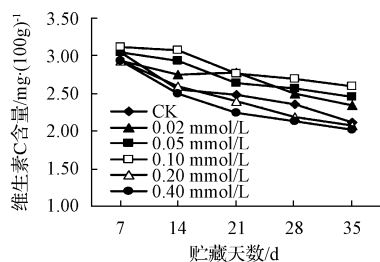


图5 硝普钠处理对苹果维生素C含量的影响

Fig. 5 Effect of SNP treatment on VC content of apple fruit

## 2.6 硝普钠处理对“宁冠”苹果相对膜透性的影响

从图6可以看出,贮藏期间处理组和对照组苹果的膜透性变化趋势基本一致,呈逐渐上升趋势。0.10 mmol/L SNP处理的膜透性在贮藏期间上升比较平缓,在35 d时明显低于对照;0.20、0.05 mmol/L SNP处理在21 d之前与对照膜透性接近,21 d后上升趋势减缓;0.40 mmol/L SNP处理的苹果膜透性急剧上升,甚至高于对照。

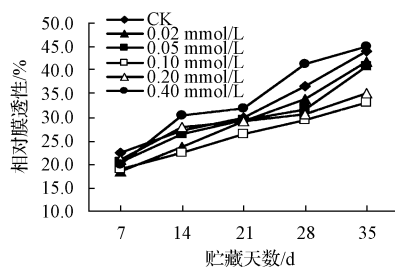


图6 硝普钠处理对相对膜透性的影响

Fig. 6 Effect of SNP treatment on relative membrane permeability of apple fruit

## 3 讨论与结论

果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、维生素C及水分含量是决定果实品质的几个重要因子。NO或其供体对果蔬品质的影响,研究者们的报道并不一致。丹阳等<sup>[7]</sup>、徐福乐<sup>[8]</sup>研究发现,NO熏蒸处理能够有效控制常温下番茄果实的采后重量损失、果肉硬度下降及可溶性固形物含量的变化;马海燕等<sup>[9]</sup>报道,NO处理能很好地保持砀山酥梨的硬度、可溶性固形物及可滴定酸含量;张晓平等<sup>[10]</sup>则发现NO处理能够延缓猕猴桃果实硬度的下降,但对可溶性固形物、可滴定酸含量无明显影响。张少颖<sup>[11-12]</sup>用硝普钠溶液浸泡绿芦笋和双孢菇,结果表明,SNP释放的NO抑制了采后失重,延缓了可溶性固形物含量的变化和维生素C降解。该试验中,不同浓度(0.02、0.05、0.10、0.20、0.40 mmol/L)的SNP处理均减轻了“宁冠”苹果在贮藏期间的失重,延缓了可溶性固形物含量的降低。0.02、0.05、0.10 mmol/L SNP处理延缓了果实硬度和可滴定酸含量的下降,抑制了维生素C

的降解,而0.20、0.40 mmol/L SNP处理则加快了硬度下降、酸和维生素C的消耗,证明了NO抑制果实衰老与其浓度的相关性。这与孙丽娜等<sup>[13]</sup> 20  $\mu$ L/L NO处理抑制冬枣贮藏期间的褐变软化,30  $\mu$ L/L NO处理促进果实酒化软化及陈根强等<sup>[14]</sup> SNP处理超过一定浓度后,加快黑宝石李果实可滴定酸含量下降的结论一致。

膜相对透性是反映膜损伤程度的重要指标。该试验结果表明,0.10 mmol/L SNP处理的苹果膜透性在贮藏期间上升比较平缓,而0.40 mmol/L SNP处理的果实膜透性急剧上升,甚至高于对照,说明适宜浓度的硝普钠对维持细胞膜的完整性有一定作用。

目前,在化学药剂的保鲜研究中,NO是一种有发展潜力的气体保鲜物质,大量研究证明NO延缓植物组织衰老进程,并改善贮藏品质。该试验研究发现,适宜浓度的SNP处理对苹果果实具有良好的保鲜作用,其中0.10 mmol/L SNP处理效果最好。而且SNP用量少、方法简单、易操作,在果品保鲜上具有广阔的前景。

## 参考文献

- [1] Millar A H, Day D A. Nitric oxide inhibits the cytochrome oxidase but not the alternative oxidase of plant mitochondria [J]. FEBS Lett, 1996, 398 (2-3): 155-158.
- [2] Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants [J]. Planta, 2000, 210: 215-221.
- [3] Caro A, Prntarulo S. Nitric oxide generation by soybean embryonic axes. Possible effect on mitochondrial function [J]. Free Radic Res, 1999, 31 (Sup): 205-212.
- [4] Pagnussat G C, Simontacch I M, Puntarulo S, et al. Nitric oxide is required for root organogenesis [J]. Plant Physiol, 2002, 129: 954-956.
- [5] Mata C G, Lamattina L. Nitric oxide and abscisic acid cross talk in guard cells [J]. Plant Physiol, 2002, 128: 790-792.
- [6] Belignim V, Fath A, Bethke P C. Nitric oxide acts as an antioxidant and delays programmed cell death in barley aleurone layers [J]. Plant Physiol, 2002, 129: 1642-1650.
- [7] 丹阳, 吴成勇. 外源一氧化氮熏蒸处理对番茄采后品质的影响 [J]. 食品科学, 2008, 29(6): 419-423.
- [8] 徐福乐. 外源一氧化氮熏蒸对番茄果实采后品质的影响 [J]. 福建农业学报, 2010, 25(1): 72-76.
- [9] 马海燕, 任小林, 周会玲. 一氧化氮处理砀山酥梨的保鲜效果 [J]. 河南农业科学, 2007(5): 98-101.
- [10] 张晓平, 任小林, 任亚梅, 等. NO处理对采后猕猴桃贮藏性及叶绿素含量的影响 [J]. 食品研究与开发, 2007, 28(1): 145-148.
- [11] 张少颖. 一氧化氮对绿芦笋采后生理及贮藏品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(10): 77-81.
- [12] 张少颖. 一氧化氮对双孢蘑菇采后生理及贮藏品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 40-44.
- [13] 孙丽娜, 刘孟臣, 朱树华, 等. 一氧化氮处理对冬枣贮藏期间乙醇代谢及相关品质的影响 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2827-2834.
- [14] 陈根强, 胡花丽, 李鹏霞. 硝普钠处理对黑宝石李果实货架品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 408-410.

# 不同温度及不同贮藏期对伽师瓜果实品质的影响

谭 政<sup>1,2</sup>, 唐 忠 建<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 新疆农业职业技术学院, 新疆 昌吉 831100)

**摘 要:**以伽师瓜为试材,用机械冷藏法分别在 0、1、2、3℃ 条件下贮藏 0、14、28 d,观察不同贮藏期其果实品质的变化。结果表明:4 种贮藏温度贮藏 14、28 d 的伽师瓜呼吸强度没有显著变化,不同贮藏温度对果实硬度和电导率没有显著影响,但贮藏期对果实硬度和电导率有显著影响,贮藏期越长硬度越低且达到显著水平。温度和贮藏期 2 个因素对伽师瓜可溶性固形物的影响表现在 2 个方面,单从温度和贮藏期单一因素来看,可溶性固形物的含量是有显著变化的,但 2 个因素造成的可溶性固形物含量变化是相反的,因此当 2 个因素交互作用时,导致可溶性固形物含量没有变化。

**关键词:**伽师瓜;机械冷藏;贮藏期;温度;品质

**中图分类号:**S 652.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)21-0150-03

伽师瓜分布于新疆伽师县,该地区独特的地理气候条件使伽师瓜具备独一无二的优良品质<sup>[1]</sup>。伽师瓜栽培历史悠久,瓜形匀称饱满,具有肉厚质细、香甜清脆、汁浓、皮薄、含糖量高等特点,居新疆甜瓜之首,成为国内各类瓜果中的佼佼者。伽师瓜含有较多的维生素和植物纤维,经常食用可以清痰止咳、清凉解热、润肺滋肝、帮助消化、增进食欲、润肤美容、促进血液循环和新

陈代谢,特别是对小孩和孕妇有促进发育、强身健体之效,晚餐后食用,还有一定的催眠安神作用,是招待佳宾、馈赠亲朋的珍品。

在贮藏过程中保持好伽师瓜的较高品质,对市场供应具有重大意义。影响伽师瓜品质的指标有呼吸强度、果实硬度、可溶性固形物含量和相对电导率<sup>[2]</sup>。该试验研究了伽师瓜在不同贮藏温度条件下不同贮藏期内果实品质的动态变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为采自新疆伽师县古勒鲁克乡的伽师瓜,采摘规格尽量一致,单果重 2.5~3.0 kg,带梗采摘,无机械损伤,无病虫害。

**第一作者简介:**谭政(1980-),男,湖南人,本科,助教,现主要从事园艺植物的标准化栽培技术等研究工作。E-mail:1148809006@qq.com.

**责任作者:**唐忠建(1975-),男,陕西人,硕士,讲师,现主要从事果树标准化栽培技术等研究工作。E-mail:2631486685@qq.com.

**收稿日期:**2013-06-03

## Effect of Nitric Oxide on Preservation of 'Ningguan' Apple

NIU Rui-min, XU Ze-hua, WANG Chun-liang

(Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002)

**Abstract:** Taking 'Ningguan' apple as material, using sodium nitroprusside (SNP) as a nitric oxide donor, the effects of different concentrations of nitric oxide treatment on weight loss ratio, firmness, soluble solid content, titratable acid content, vitamin C content and relative membrane permeability of 'Ningguan' apple storage at room temperature were investigated. The results showed that NO resulting from different concentrations of SNP inhibited the weight loss and reduction of soluble solids content. 0.02, 0.05 mmol/L and 0.10 mmol/L SNP treatments could delay the decrease of fruit firmness and titratable acid content, inhibit the degradation of vitamin C, reduce the relative membrane permeability, while the 0.20 mmol/L and 0.40 mmol/L SNP treatments accelerated the decrease of firmness, acid and vitamin C content. The suitable concentration of SNP had good effect on preservation of apple fruits, in which 0.10 mmol/L SNP treatment had the best effect.

**Key words:** apple; nitric oxide; storage; preservation