

## 一氧化氮(NO)对采后青椒某些生理生化特性与品质的影响

程顺昌 任小林\* 饶景萍 张少颖 高洪伟

西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100

**摘要** 不同浓度(0.1、0.5、1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) NO 气体处理青椒果实的结果表明: 0.5 和 1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO 显著地抑制青椒果实的呼吸速率, 延缓维生素 C(VC)降解, 0.5  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO 显著抑制多酚氧化酶(PPO)活性。各处理对果实中叶绿素和丙二醛(MDA)含量与未理的之间无显著差异。

**关键词** 青椒; 一氧化氮(NO); 采后生理

## Effect of NO Treatment on Several Physiological and Biochemical Character and Quality in Postharvest Pepper (*Capsicum annuum* L.)

CHENG Shun-Chang, REN Xiao-Lin\*, RAO Jing-Ping, ZHANG Shao-Ying, GAO Hong-Wei

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

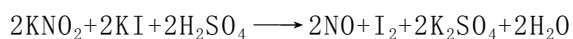
**Abstract** The fruits of pepper (*Capsicum annuum* L.) were fumigated with NO in different concentrations (0.1, 0.5 and 1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Results showed that 0.5 and 1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO could markedly inhibit the respiratory rate and delay the vitamin C (VC) degradation, and 0.5  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO could lower the polyphenol oxidase (PPO) activity. But chlorophyll and malondialdehyde (MDA) contents of all treatments had no difference.

**Key words** pepper; nitric oxide (NO); postharvest physiology

一氧化氮(nitric oxide, NO)对植物的呼吸作用<sup>[1]</sup>、光形态建成、种子萌发<sup>[2]</sup>、根、叶片的生长发育、气孔运动<sup>[3]</sup>、各种胁迫的响应<sup>[4]</sup>以及抗病防御反应<sup>[5]</sup>等生理过程都有作用。如NO通过提高活性氧来诱发烟草叶片抗病反应的进行<sup>[5]</sup>。在许多园艺作物(香蕉、番茄、柿、鳄梨、柑橘、蘑菇、草莓、莴苣、豌豆、康乃馨、苜蓿等)中,用外源NO熏蒸或NO供体硝普钠(sodium nitroprusside, SNP)处理后组织中NO水平提高,乙烯产生受抑,组织的成熟和衰老得到延缓,货架期延长<sup>[6,7]</sup>。青椒在贮藏过程中常发生冷害、腐烂、萎蔫,用NO处理青椒能否解决这些问题,值得探讨。本文研究不同浓度NO气体处理对青椒采后贮藏特性和品质的影响,以期能为青椒的贮藏保鲜提供参考。

### 材料与方法

所用NO气体的制备,按Leshem和Haramaty<sup>[8]</sup>的方法。即根据化学反应式:



先制备A液(KI 1  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 与 $\text{H}_2\text{SO}_4$  1  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 等量混合)和B液(适量1  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{KNO}_2$ ),在无氧环

境下,将B液注入A液进行反应制得的气体为无色的NO气体,即为纯的NO气体。

青椒(*Capsicum annuum* L.)品种辣优4号牛角椒购自陕西杨凌五星村。选择大小均匀、成熟度一致、无病虫害的果实作以下3种处理(每处理2.5 kg,重复3次):将果实装入真空干燥器内后充满水,用 $\text{N}_2$ 排水,使干燥器内达到相对无氧状态;注入一定体积的NO气体,浓度分别为(1)0.1  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、(2)0.5  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、(3)1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (以不注入NO气体为对照);熏蒸2 h后取出果实自然风干,装入0.03 mm保鲜袋(打孔)中于室温下贮藏。

呼吸速率和叶绿素含量以及维生素C(vitamin C, VC)含量的测定参照文献9的方法。丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量测定参照文献10的方法。多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)的测定参照文献11的方法。

收稿 2004-07-30 修定 2004-12-30

资助 国家科技攻关项目(2001BA606A)。

\*通讯作者(E-mail: renxl9152@hotmail.com, Tel: 029-87091625)。

## 结果与讨论

### 1 NO对青椒呼吸速率的影响

图1显示,在青椒贮藏过程中,呼吸呈现波动,有呼吸高峰出现。各处理也均呈现同样的趋势。1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO极显著地抑制呼吸速率( $P<0.01$ ),在整个贮藏过程中各种浓度NO的均低于未经NO处理的。其它浓度的处理与未经处理之间无显著差异(数据均采用Duncan新复极差法进行显著性分析,下同)。

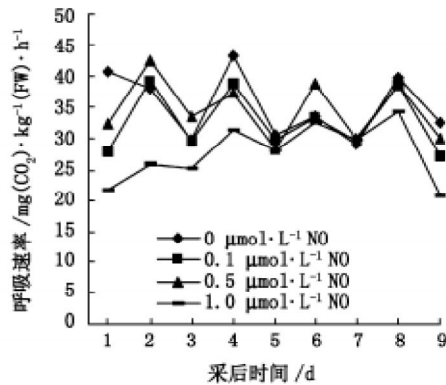


图1 NO处理对青椒呼吸速率的影响

Fig. 1 Effect of NO on respiratory rate in pepper fruit

### 2 NO对青椒叶绿素和VC含量的影响

青椒在贮藏过程中容易失绿。图2显示,在前期各处理均有较好的护绿效果,但后期叶绿素含量则迅速下降。数据分析结果显示,NO处理与未经NO处理的叶绿素含量差异不显著。

VC是青椒中重要的营养物质和非酶类保护物

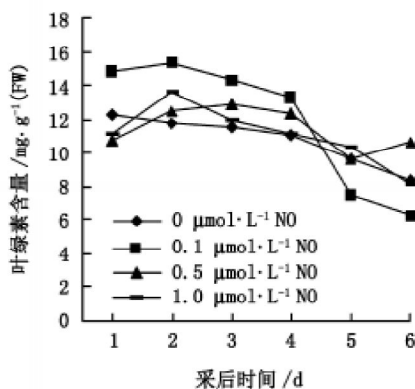


图2 NO处理对青椒中叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of NO on chlorophyll content in pepper fruit

质。从图3可见,0.5和1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO处理显著延缓VC的降解( $P<0.05$ ),而0.1  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO和未经NO处理的无显著差异。

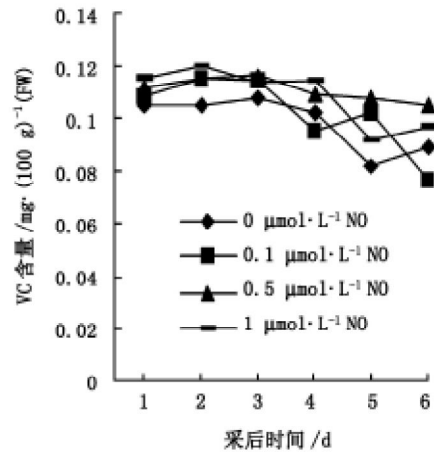


图3 NO处理对青椒VC含量的影响

Fig. 3 Effect of NO on VC content in pepper fruit

### 3 NO对青椒MDA含量和PPO活性的影响

较高浓度NO(0.5和1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )在贮藏前期处理就导致MDA的累积和膜伤害,后期其下降速度与其它处理及未经处理之间基本相近(图4)。数据分析显示各处理与未处理的之间差异不显著。

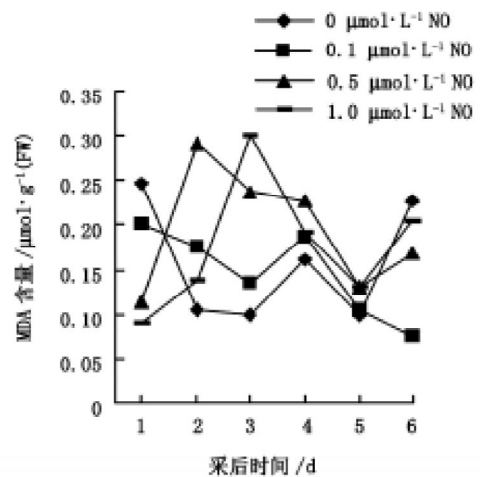


图4 NO处理对青椒MDA含量的影响

Fig. 4 Effect of NO on MDA content in pepper fruit

图5显示:0.5  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO抑制PPO活性,而1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO则引起PPO活性的升高,促

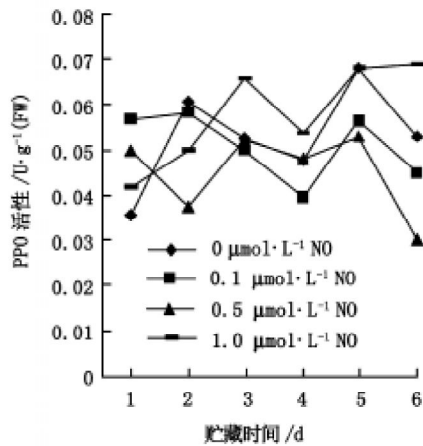


图5 NO处理对青椒PPO活性的影响

Fig. 5 Effect of NO on PPO activity in pepper fruit

进褐变, 0.5和1.0  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NO处理之间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 但各处理与未处理的之间差异不显著。

总之, 适当浓度的NO对青椒贮藏保鲜有一定的效果。外源NO可以有效地抑制贮藏青椒的呼吸速率, 延迟营养物质(VC)的降解, 保持叶绿素含量。这与张少颖在番茄中的结果<sup>[12]</sup>一致。关于NO在果蔬贮藏保鲜中的作用机制尚待进一步研究。

### 参考文献

1 Millar AH, Day DA. Nitric oxide inhibits the cytochrome

oxidase but not the alternative oxidase of plant mitochondria. FEBS Lett, 1996, 389:155~158

- 2 Beligni MV, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light inducible responses in plants. *Planta*, 2000, 210: 215~221
- 3 Mata CG, Lamattina L. Nitric oxide and abscisic acid cross talk in guard cells. *Plant Physiol*, 2002, 128:790~792
- 4 Beligni MV, Fath A, Bethke PC et al. Nitric oxide acts as an antioxidant and delays programmed cell death in barley aleurone layers. *Plant Physiol*, 2002, 129:1642~1650
- 5 Delledone M, Xia Y, Dixon RA et al. Nitric oxide functions as a signal in plant disease resistance. *Nature*, 1998, 394: 585~588
- 6 Leshem YY, Wills RBH, Ku VV. IV International Conference on Postharvest Science ISHS Acta Horticulturae, Jerusalem, Israel, ASHS Press. 2001
- 7 Leshem YY, Wills RBH, Ku VV. Evidence for the function of the free radical gas—nitric oxide (NO)—as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plants. *Plant Physiol Biochem*, 1998, 36(11):825~833
- 8 Leshem YY, Haramaty Z. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. Foliage. *J Plant Physiol*, 1996, 148:258~263
- 9 高俊凤主编. 植物生理学实验技术. 西安:世界图书出版公司, 2000
- 10 李合生主编. 植物生理生化实验原理和技术. 北京:高等教育出版社, 2000
- 11 李靖, 利容千, 袁文静. 黄瓜感染霜霉病菌叶片中一些酶活性的变化. *植物病理学报*, 1991, 21(4):277~283
- 12 张少颖. NO处理对番茄采后活性氧代谢的影响[硕士论文]. 杨凌:西北农林科技大学园艺学院, 2004