

研究报告 Original Papers

茉莉酸甲酯和苯丙氨酸对辣椒果实品质的影响

彭琼, 童建华, 黄志刚, 李合松, 萧浪涛*

湖南农业大学植物激素与生长发育湖南省重点实验室, 长沙410128

摘要: 本文研究了不同浓度的茉莉酸甲酯(MeJA)和苯丙氨酸(Phe)对‘湘研5号’辣椒果实不同发育时期的辣椒素、二氢辣椒素、维生素C以及干物质含量变化的影响。结果表明: 500和1 000 mg·L⁻¹ MeJA处理60 d后的辣椒素含量分别比对照提高了41.7%和58.4%; 同时500 mg·L⁻¹ MeJA处理能促进辣椒果实中的二氢辣椒素、维生素C的积累, 对干物质积累也有一定作用。60 mg·L⁻¹ Phe处理能提高辣椒果实中辣椒素、二氢辣椒素和干物质的含量, 但对维生素C影响不显著。

关键词: 茉莉酸甲酯; 苯丙氨酸; 辣椒; 果实品质

Effects of Methyl Jasmonate and Phenylalanine on Quality of Pepper (*Capsicum frutescens* L.) Fruit

PENG Qiong, TONG Jian-Hua, HUANG Zhi-Gang, LI He-Song, XIAO Lang-Tao*

Hunan Provincial Key Laboratory of Phytohormones and Growth Development, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract: An experiment was conducted to investigate the effects of different concentrations of methyl jasmonate (MeJA) and phenylalanine (Phe) on the contents of capsaicin, dihydrocapsaicin, vitamin C and dry matter at the different growth stages of pepper (*Capsicum frutescens*) cv. ‘Xiangyan 5’. The results showed that the content of capsaicin increased 41.7% and 58.4% respectively with the treatments of 500 and 1 000 mg·L⁻¹ MeJA, and the accumulations of dihydrocapsaicin, vitamin C and dry matter increased, and the dry matter was also promoted to a certain extent at 60 d after treatment of 500 mg·L⁻¹ MeJA. The treatment of 60 mg·L⁻¹ Phe increased the contents of capsaicin, dihydrocapsaicin and dry matter, but had no significant effect on vitamin C.

Key words: methyl jasmonate; phenylalanine; pepper; fruit quality

辣椒为茄科辣椒属的多年生或一年生作物, 为广受大众欢迎的蔬菜之一。辣椒果实营养物质主要包括三个方面: 辣椒素类物质、维生素C (Vc) 和干物质含量。辣椒素类物质是辣椒的主要辣味物, 其中辣椒素和二氢辣椒素的含量占总辣椒素含量的90%以上。辣椒素类物质是辣椒果实中重要的次生代谢物, 已作为添加剂在食品工业和饲料工业中得到广泛应用(狄云等2000; Mutoh等2000; Spiridonov和Tolochko 2008)。同时, 辣椒素也是重要的生物制药原料, 有望成为下一代国际抗癌药物的核心成分(Athanasίου等2007)。辣椒果实富含Vc, 辣椒中的Vc含量在茄果类植物中是主要的品质指标。因此, 利用前体物和植物生长调节剂开展对辣椒素类物质、Vc以及干物质含量等辣椒果实品质重要指标的调控研究, 从而提高原材料的品质, 在实际生产应用中具有重要的意义。

辣椒素的生物合成途径是由香草基胺和C₉-C₁₁支链脂肪酸两部分组成。香草基胺部分是由芳香族氨基酸苯丙氨酸衍生而来, 支链脂肪酸部分则是由缬氨酸衍生而来(Bennett和Kirby 1968)。在辣椒素的生物合成途径中, 苯丙氨酸裂解酶(phenylalanin ammonialyase, PAL)是辣椒素生物合成途径的第一个关键酶, 苯丙氨酸(phenylalanine, Phe)是辣椒素生物合成及代谢的前体, 辣椒素分子结构中的苯环就来自苯丙氨酸(陈俊琴等2008)。茉莉酸甲酯(methyl jasmonate, MeJA)是广泛存在于植物体内的一类茉莉酸类化合物, 在植物生长发

收稿 2012-03-09 修定 2012-04-18

资助 国家自然科学基金重大研究计划项目(90817101和9111-7006)、教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队项目(IRT0963)和湖南省高校科技创新团队项目。

* 通讯作者(E-mail: langtaoxiao@163.com; Tel: 0731-84635261)。

育、果实成熟及花粉活性、生物及非生物逆境反应中起着重要的作用(Wasternack 2007)。利用MeJA对植物次生代谢产物含量的研究已有相关报道(黄永鑫等2011)。本研究利用不同浓度的MeJA和Phe对辣椒植株进行处理,研究辣椒果实成熟过程中辣椒素、二氢辣椒素、维生素C以及干物质含量的变化,从而为辣椒素的积累与调控、辣椒品质的提高提供理论依据。

材料与方法

供试材料为‘湘研5号’辣椒(*Capsicum frutescens* L.),辣度中等,种子由湖南农业科学院蔬菜研究所提供。

试验在湖南农业大学植物激素与生长发育湖南省重点实验室的网室内进行。Phe处理采用的是L-苯丙氨酸,购自上海生物化学试剂公司,纯度大于98.0%。MeJA购自Sigma公司,纯度大于95%。试验采用叶片的喷施方法,分别于初花期和盛花期用小型喷雾器对辣椒叶、茎进行均匀喷雾,喷至叶面有水珠掉落为度,试验重复3次。试验设计如下:Phe处理浓度为20、40和60 mg·L⁻¹; MeJA处理浓度为500、1 000和2 000 mg·L⁻¹。在辣椒植株开花处理后的40、50和60 d,分别取果实大小和成熟度基本一致的辣椒果实进行取样和各项指标的测定。

依照Williams等(2004)和周焘(2005)方法并以改进,采用100%乙腈(分析纯)进行提取后辣椒

素及二氢辣椒素能与其他组分得到较好的分离。利用Agilent1100高效液相色谱仪进行辣椒素及二氢辣椒素的HPLC测定,检测波长为:280 nm,柱温:25 °C,流动相:乙腈:水(V/V)=60:40,流速为1 mL·min⁻¹。辣椒素及二氢辣椒素标样均购自Sigma公司,纯度分别大于95%和大于90%。

采用南京建成生物工程研究所的维生素C测定盒进行维生素C测定。

采用称重法,将处理60 d的辣椒果实置于65 °C烘箱中烘干至恒重,根据鲜重和干重计算每100 g鲜样中的干物质含量。

数据作图采用Microsoft Excel 2003,用SPSS数据分析系统进行统计分析。

实验结果

1 MeJA和Phe对辣椒素含量的影响

从图1可以看出,开花后40 d时,低浓度的MeJA处理不利于辣椒素的积累,而2 000 mg·L⁻¹ MeJA处理使辣椒果实中的辣椒素含量比对照提高了61%。开花后50 d, MeJA处理的辣椒果实中辣椒素的含量明显低于对照。而在开花处理后的60 d, 500和1 000 mg·L⁻¹ MeJA处理的辣椒素含量急剧增加,分别比对照提高了41.7%和58.4%,表现出较强的促进作用(图1-A)。在辣椒果实的整个生长时期, 60 mg·L⁻¹ Phe处理后的辣椒果实中辣椒素含量显著增加, 20 mg·L⁻¹ Phe处理后的辣椒素含量与对照相比

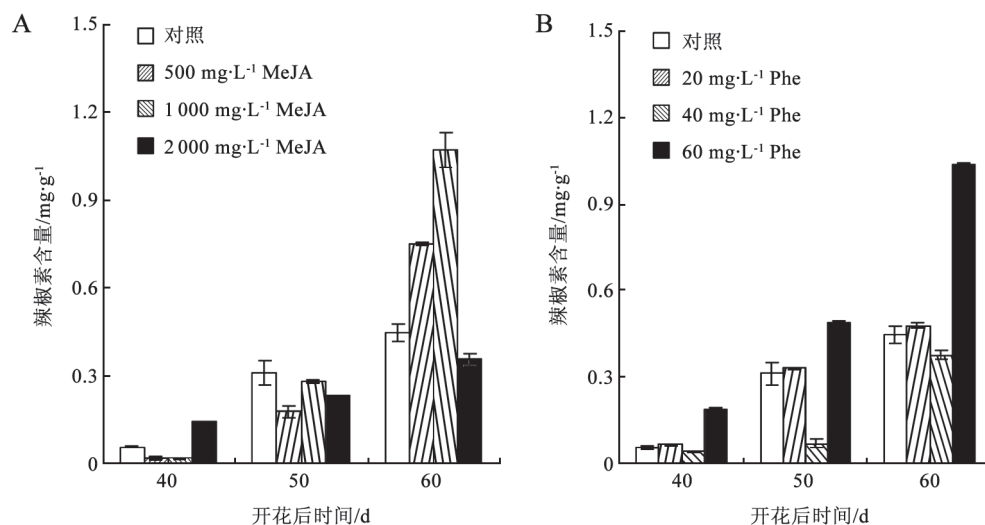


图1 MeJA和Phe对辣椒素含量的影响

Fig.1 Effects of MeJA and Phe on capsaicin content

没有明显增加, 而 $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Phe的处理不利于辣椒素的积累。

2 MeJA和Phe对二氢辣椒素含量的影响

在开花后的40和50 d, MeJA处理的二氢辣椒素含量的变化趋势与辣椒素的变化趋势基本相似。在开花后的60 d, 不同浓度的MeJA处理均能提高二氢辣椒素的含量, 但是促进作用随着浓度的升高而降低(图2-A)。与辣椒素的作用效果相似, 低浓度Phe处理的辣椒果实中二氢辣椒素含量与对照没有明显差异。 $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Phe处理不利于

二氢辣椒素的积累, 而 $60 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的Phe处理能显著提高辣椒果实中的二氢辣椒素含量(图2-B)。

3 MeJA和Phe对维生素C含量的影响

辣椒中维生素C的含量在蔬菜中居首位。随着生育期的延长, 辣椒果实中的维生素C含量显著增加。 $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ MeJA处理能显著提高辣椒果实中的维生素C含量, $1\ 000$ 和 $2\ 000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ MeJA处理的辣椒果实的维生素C含量明显低于对照(图3-A)。在开花后的40和50 d, Phe处理能促进维生素C的积累, 这种积累效果随着浓度的增加而减弱。而在

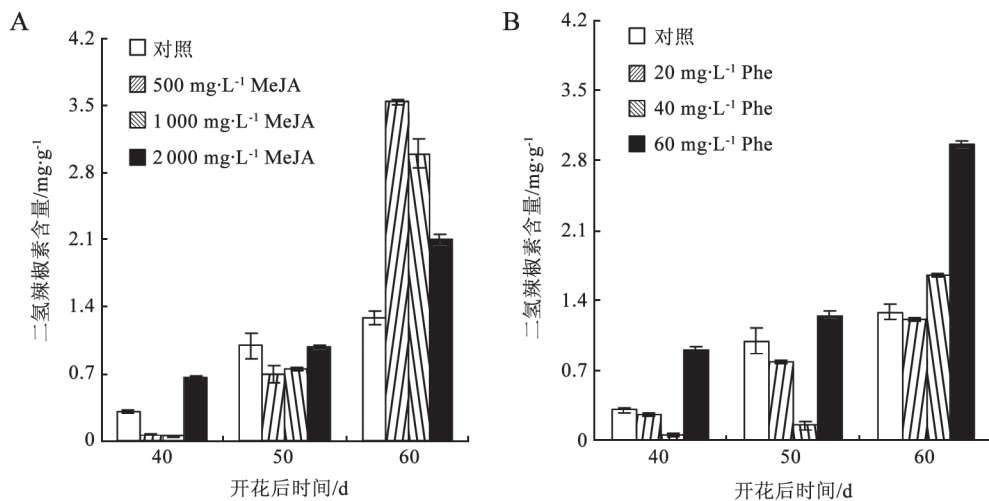


图2 MeJA和Phe对二氢辣椒素含量的影响

Fig.2 Effects of MeJA and Phe on dihydrocapsaicin content

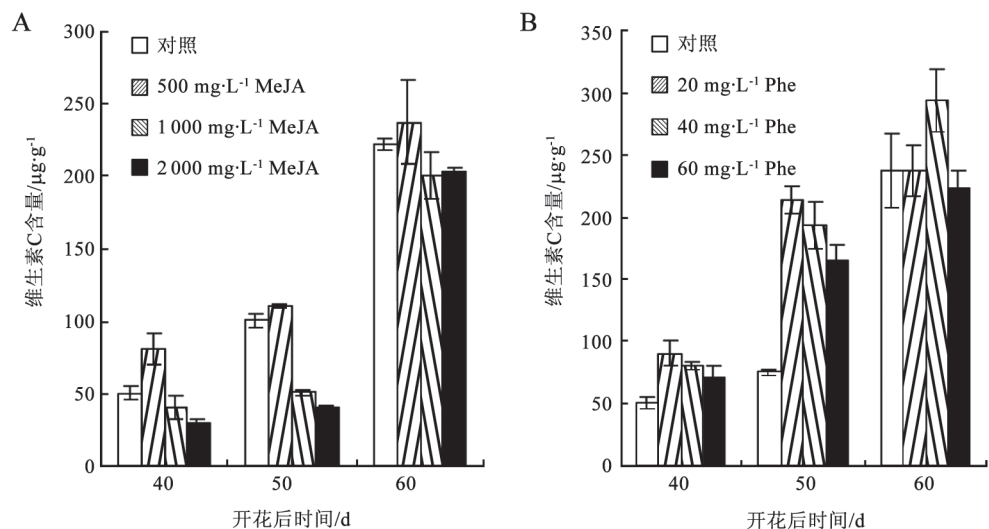


图3 MeJA和Phe对维生素C含量的影响

Fig.3 Effects of MeJA and Phe on vitamin C content

开花的60 d, 40 mg·L⁻¹ Phe处理使辣椒果实中的维生素C含量达到最大, 比对照提高了19%。其他处理浓度下的维生素C含量与对照相差不大。

4 MeJA和Phe对辣椒果实中干物质含量的影响

开花后60 d时, 每100 g鲜样中的干物质含量随MeJA处理浓度的增加而显著增加。当MeJA处

理浓度达到1 000 mg·L⁻¹时, 干物质的积累量达到最大, 比对照提高了29%。而2 000 mg·L⁻¹ MeJA处理的干物质的积累量显著低于对照(图4-A)。经过Phe处理, 辣椒果实每100 g鲜样中的干物质含量随着处理浓度的增加而增加; 当Phe处理浓度达到60 mg·L⁻¹时, 干物质的积累量达到最大(图4-B)。

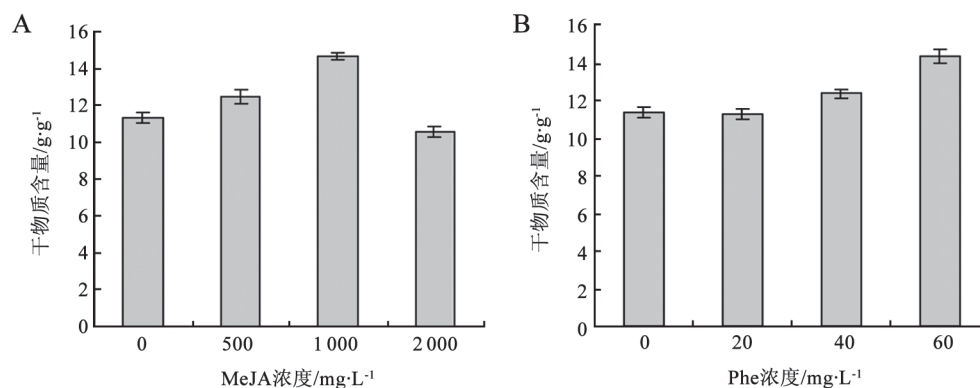


图4 MeJA和Phe对干物质含量的影响

Fig.4 Effects of MeJA and Phe on dry matter content

讨 论

辣椒素类物质、维生素C以及干物质含量是辣椒果实品质的重要指标, 直接影响其质地、风味和营养品质。果实中辣椒素类物质等的含量均受到自身遗传因素、栽培条件、采摘时期等多种因素综合制约, 变化规律较为复杂。一般认为, 辣椒果实中辣椒素类物质的含量随果实发育而变化(Gnayfeed等2001)。

本文结果表明在开花后60 d, 500和1 000 mg·L⁻¹ MeJA处理的辣椒素含量急剧增加, 不同浓度的MeJA处理能明显促进辣椒果实中的二氢辣椒素的积累。Sudha和Ravishankar (2003)的研究表明, 茉莉酸甲酯处理能提高辣椒果实中辣椒素的含量, 同时也能促进植物体内乙烯的形成。因此在开花后的60 d, 一定浓度的MeJA处理能显著提高辣椒素的含量, 促进果实成熟。已有相关研究表明, 一定浓度的MeJA处理后能使次生代谢物含量在处理初期降低, 而使处理期的含量升高(黄永鑫等2011)。本研究中, 在处理较长时间的情况下, 外施MeJA能较大地提高辣椒素类物质等次生代谢产物的合成能力。这可能是因为MeJA激活了相关次生

代谢产物合成途径上关键酶基因的过量表达, 从而使得目标产物合成途径上的瓶颈被打破, 代谢流更多的往目标产物合成方向流动, 有利于辣椒素类物质的积累。同时关键酶基因的表达具有一定的时间性。

Phe作为辣椒素合成的前体物质, 在辣椒素的生物合成及代谢过程中起着重要的作用。低浓度Phe处理的辣椒素类物质含量与对照相比没有明显的变化。开花后40和50 d时, 40 mg·L⁻¹ Phe处理的辣椒素及二氢辣椒素的积累受到抑制, 而60 mg·L⁻¹ Phe处理的辣椒果实中辣椒素及二氢辣椒素含量最高, 这与Phe对粉葛细胞生长的试验结果并不一致(项雷文和郭丽梅2004)。这可能是因为Phe不仅是辣椒素类物质而且也是其他多种化合物的合成起始点。高浓度的Phe才能促进辣椒素含量的增加, 一定浓度的处理反而抑制次生代谢产物的合成。

本研究还探索了不同浓度的MeJA和Phe处理对‘湘研5号’辣椒不同发育时期果实中维生素C以及干物质含量的变化。500 mg·L⁻¹ MeJA处理以及不同浓度下的Phe处理均能显著提高辣椒果实中的维生素C含量。这说明在果实成熟的初期, 低浓

度的MeJA处理能抑制辣椒素类物质的积累,同时维持了果实的高抗氧化活性。在本研究中我们发现MeJA对辣椒果实中的干物质积累的作用表现出双重效应,即低浓度的MeJA处理能促进辣椒的生长和果实的成熟,而高浓度的MeJA处理不利于干物质的积累。而不同浓度下的Phe处理均能提高辣椒果实中的干物质含量。

参考文献

- 陈俊琴, 何莉莉, 葛晓光, 赵瑞, 富宏丹(2008). 植物辣椒素(碱)的生物合成和代谢. 植物生理学通讯, 44 (5): 1013~1017
- 狄云, 蒋健箴, 石正强, 王志源(2000). 辣椒果实成熟过程中辣椒素的降减. 食品科学, 21 (6): 19~22
- 黄永鑫, 臧玲玲, 蒋琛(2011). 水杨酸和茉莉酸甲酯对喜树种子中次生代谢产物含量的影响. 价值工程, (3): 299
- 项雷文, 郭丽梅(2004). 前体物对粉葛细胞生长及次生代谢的影响. 福建师范大学福清分校学报, (2): 50~53
- 周焘(2005). 辣椒品种资源评价和影响辣椒素含量因素的初探[硕士论文]. 长沙: 湖南农业大学
- Athanasίου A, Smitha PA, Vakilpour S, Kumaran NM, Turner AE, Bagiokou D, Layfield R, Ray DE, Westwell AD, Alexander SPH et al (2007). Vanilloid receptor agonists and antagonists are mitochondrial inhibitors: how vanilloids cause non-vanilloid receptor mediated cell death. Biochem Biophys Res Commun, 354 (1): 50~55
- Bennett DJ, Kirby GW (1968). Constitution and biosynthesis of capsaicin. J Chem Soc C, (10): 442~446
- Gnayfeed MH, Daood HG, Biacs PA, Alcaraz CF (2001). Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (paprika) as affected by ripening and genotype. J Sci Food Agr, 81 (15): 1580~1585
- Mutoh T, Kanamaru A, Kojima K, Nishimura R, Sasaki N, Tsubone H (2000). Effects of perineural capsaicin treatment on compound action potentials of superior laryngeal nerve afferents in sevoflurane-anesthetized dogs. J Vet Med Sci, 62 (1): 117~120
- Spiridonov VK, Tolochko ZS (2008). Role of nitric oxide in the regulation of activity of proteinase inhibitors α 1-antitrypsin and α 2-macroglobulin by capsaicin-sensitive nerves. Bull Exp Biol Med-Engl Tr, 146 (3): 375~378
- Sudha G, Ravishankar GA (2003). Influence of methyl jasmonate and salicylic acid in the enhancement of capsaicin production in cell suspension cultures of *Capsicum frutescens* Mill. Curr Sci, 85 (8): 1212~1217
- Wasternack C (2007). Jasmonates: an update on biosynthesis, signal transduction and action in plant stress response, growth and development. Ann Bot, 100 (4): 681~697
- Williams OJ, Raghavan GSV, Orsat V, Dai J (2004). Microwave-assisted extraction of capsaicinoids from capsicum fruit. J Food Biochem, 28 (2): 113~122