环境昆虫学报 2022，44（3）：729－735
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 03. 25

衡森，邵久之，邬亚红，韩杜斌，陈向荣，吴晓霞，周福才. 外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱的影响［J］. 环境昆虫学报，2022，44（3）：729－735.

外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱的影响

衡　森[1,2]，邵久之[3]，邬亚红[1]，韩杜斌[1]，陈向荣[1]，吴晓霞[4]，周福才[1*]
（1. 扬州大学园艺与植物保护学院，江苏扬州 225009；2. 扬州市生态科技新城泰安镇农业农村局，江苏扬州 225113；
3. 扬州市邗江区槐泗镇农业农村局，江苏扬州 225116；4. 扬州大学生物科学与技术学院，江苏扬州 225009）

摘要： 化学农药仍是目前蔬菜烟粉虱 *Bemisia tabaci* 防控的重要措施，研发有效的非化学措施防控烟粉虱是蔬菜绿色生产亟待解决的问题。本文以苏椒 15 号（感性品种）和新苏椒五号（抗性品种）辣椒 *Capsicum annuum* L. 为对象，通过在辣椒上喷施茉莉酸甲酯，研究外源茉莉酸甲酯对烟粉虱发育历期、存活率、消化酶活性和田间烟粉虱种群动态的影响。研究发现，取食茉莉酸甲酯处理的辣椒后烟粉虱的发育历期显著延长、存活率明显下降。其中取食感性品种辣椒和抗性品种辣椒的烟粉虱发育历期分别延长 7.66 d 和 9.66 d，存活率分别下降 10.5% 和 9.89%；取食感性品种辣椒的烟粉虱主要是延长卵期、4 龄若虫期和伪蛹期，而取食抗性品种辣椒的烟粉虱各历期均延长。外源茉莉酸甲酯对烟粉虱体内消化酶的活性也有明显的影响，取食茉莉酸甲酯处理的辣椒后烟粉虱的消化酶活性显著下降，取食感性品种辣椒和抗性品种辣椒 24 h 后，胰蛋白酶活力分别较对照下降了 61.86% 和 45.0%，糜蛋白酶活性分别较对照下降了 47.29% 和 40.11%。大田辣椒上喷施茉莉酸甲酯后，烟粉虱的种群数量迅速下降，但在抗性品种和感性品种上烟粉虱的校正虫口减退率没有明显的差异。研究发现，外源茉莉酸甲酯处理，可以延缓烟粉虱的发育速率，降低胰蛋白酶和糜蛋白酶的活性，对田间烟粉虱种群也有较好的控制作用。

关键词： 烟粉虱；茉莉酸甲酯；发育历期；消化酶；种群数量
中图分类号： Q968.1；S433　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2022）03－0729－07

Effects of exogenous methyl jasmonate on *Bemisia tabaci* on pepper

HENG Sen[1,2], SHAO Jiu-Zhi[3], WU Ya-Hong[1], HAN Du-Bin[1], CHEN Xiang-Rong[1], WU Xiao-Xia[4], ZHOU Fu-Cai[1*] (1. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China; 2. Agricultural and Rural Bureau of Tai'an Town, Yangzhou 225113, Jiangsu Province, China; 3. Agricultural and Rural Bureau of Huaisi Town, Hanjiang District, Yangzhou 225116, Jiangsu Province, China; 4. College of Biological Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China)

Abstract: At present, chemical pesticide is the main measure of controlling *Bemisia tabaci*, which leads to the increasing resistance of *B. tabaci*. It is urgent to develop effective green control technology for *B. tabaci*. In this paper, field grown pepper varieties of Sujiao 15 (susceptible varieties) and Xinsujiao 5 (resistance varieties) sprayed with 10^{-5} mol/L methyl jasmonate (MeJA) were used as material, and the development duration, survival rate, digestive enzyme activity and population dynamic of *B. tabaci* were studied. The results showed that the development duration of *B. tabaci* was significantly prolonged and

基金项目：江苏省农业科技自主创新资金项目（CX（21）3037）；2021 农业重大协同推广计划（2021－ZYXT－05－3）
作者简介：衡森，男，1991 年生，江苏邳州人，硕士，农艺师，主要研究方向为烟粉虱绿色防控，E－mail：1078890825@qq.com
* 通讯作者 Author for correspondence：周福才，博士，教授，主要研究方向为蔬菜害虫绿色防控，E－mail：fczhou@yzu.edu.cn
收稿日期 Received：2021－01－07；接受日期 Accepted：2021－09－28

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

the survival rate was significantly decreased after MeJA spraying on pepper. The development duration of *B. tabaci* feeding on susceptible varieties and resistant varieties were prolonged by 7.66 days and 9.66 days and the survival rate decreased by 10.5% and 9.89% respectively. For susceptible variety, methyl jasmonate treatment mainly prolonged the stages of egg, 4th instar nymph and pseudopupa of *B. tabaci*, while for resistant variety, MeJA induced effects was throughout the whole development process of *B. tabaci*. Exogenous MeJA treatment also had influence on the digestive enzymes activities of *B. tabaci*. After susceptible and resistance varieties sprayed by MeJA for 24 h, the trypsin activities of *B. tabaci* decreased by 61.86% and 45.0% compared with that of control, respectively. *B. tabaci* population numbers on field decreased rapidly after MeJA treatment, but showed no difference in corrected population decreased rate between 2 varieties. The results indicated that exogenous MeJA treatment could prolong the development rate and inhibit trypsin activities of *B. tabaci*, and had a better control effect on the population of *B. tabaci* in the field.

Key words: *Bemisia tabaci*; methyl jasmonate; developmental period; digestive enzyme; population size

茉莉酸甲酯（Methyl jasmonate，MeJA）是存在于高等植物体内的内源生长调节物质，在调控植物生长发育中具有重要作用。茉莉酸甲酯还能启动植物抗病虫相关基因的表达，提高植物诱导抗性水平，从而有效抵抗病虫害侵害。外源茉莉酸甲酯处理能延长害虫的发育历期、提高害虫的死亡率、降低害虫的繁殖率。无论是天然还是外源茉莉酸甲酯，都具有抑制植物生长、诱导抗逆、促进衰老等许多生理功能（Sembdner *et al.*，1993；Creelman & Mullet John，1995；Creelman & Mullet John，1997；王妮妍等，2002）。自从 Farmer & Ryan（1990；1992）报道外源茉莉酸甲酯能够诱导植物的抗虫性后，茉莉酸甲酯对植物抗虫性的诱导受到越来越多的关注（Thaler，1999）。

烟粉虱 *Bemisia tabaci* 是蔬菜上的重要害虫，目前生产上对烟粉虱的防治主要还是依赖化学农药。大量使用化学农药，不仅增加了烟粉虱的抗药性，加重了环境污染，而且大量杀伤天敌，削弱了对烟粉虱的自然控制作用。研究证实，外源茉莉酸甲酯能诱导蔬菜对烟粉虱的抗性，从而降低烟粉虱对蔬菜的为害（杨爱民等，2016；吴晓霞等，2019），但外源茉莉酸甲酯对烟粉虱有没有直接的作用还鲜见报道。本文以苏椒 15 号（感性品种）和新苏椒五号（抗性品种）辣椒为对象，通过在辣椒上喷施茉莉酸甲酯，研究外源茉莉酸甲酯对烟粉虱发育历期、存活率、消化酶活性和田间烟粉虱种群动态的影响，以期为利用外源茉莉酸甲酯诱导辣椒抗虫性，实现对蔬菜烟粉虱的绿色防控提供理论依据和应用技术。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试虫源：Q 型烟粉虱，虫源来自扬州大学园艺与植物保护学院试验田，在养虫室内用番茄 *Lycopersicon esculentum* 繁殖 3 代以上供试。试验前饥饿 2 h。

供试辣椒：苏椒 15 号（感烟粉虱品种），新苏椒五号（抗烟粉虱品种）（何菁，2016），江苏省农业科学院蔬菜研究所提供。辣椒催芽后播于穴盘内，待辣椒长至 3 ~ 4 片真叶时，选长势相近、健壮的辣椒苗移栽到直径 15 cm 的花盆内，每盆 1 株，用 45 目防虫网罩住，防止烟粉虱及其他害虫侵入。统一肥水管理，待辣椒长至 8 片真叶时供试。

茉莉酸甲酯：SIGMA-ALDRICH 公司生产，纯度 95%。

胰蛋白酶检测试剂盒，由苏州科铭生物技术有限公司生产。

糜蛋白酶检测试剂盒，由苏州科铭生物技术有限公司生产。

1.2 试验方法

1.2.1 外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱发育历期及存活率的影响试验

试验在 20℃ ± 1℃ 的室内进行。选择大小和长势基本一致的两个品种辣椒各 50 盆，每株均匀喷施 10^{-5} mol/L 茉莉酸甲酯溶液 20 mL，以喷施清水作对照。待药液干后在辣椒上选上、中、下部各叶片各 1 张，用吸虫管吸取烟粉虱成虫，接到

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

叶片背面，每张叶片接成虫 30 头，用 40 目网的叶片养虫笼罩住，处理后放入具 60 目防虫网罩的养虫笼内，12 h 后移去成虫，每张叶片保留烟粉虱卵 30 粒，用记号笔标记，除去多余的卵。每 24 h 检查 1 次卵和若虫的发育进度，至成虫羽化。计算不同辣椒品种上烟粉虱的发育历期及存活率。试验重复 3 次。

1.2.2　外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱消化酶的影响试验

接虫处理同 1.2.1。分别于接虫后 24 h、48 h 收集叶片上的烟粉虱成虫，迅速投入液氮中，转至 -80℃冰箱保存备用。参照胡其靖（2014）方法用相应的检测试剂盒测定胰蛋白酶和糜蛋白酶的活性。处理重复 5 次。

1.2.3　外源茉莉酸甲酯处理对大田辣椒烟粉虱种群的影响

试验 7 月 10 日在田间烟粉虱发生量较大的田块上进行。试验田分成 2 m×5 m 小区若干，每个处理 4 个小区，感虫和抗虫品种各 2 个小区。辣椒穴盘育苗，6 叶期时定植，株距 40 cm，行距 60 cm，每个小区种植 48 株辣椒。小区之间设置 50 cm 宽的隔离带，确保互不干扰。辣椒初花期时用 10^{-5} mol/L 的茉莉酸甲酯喷雾处理感性和抗性辣椒各 1 个小区，每株均匀喷施 20 mL，另外两个小区喷清水作对照。小区内 5 点取样，每点取辣椒 4 株，每株选上、中、下部叶片各 1 张，轻轻翻转叶片，调查叶片背面烟粉虱成虫的数量。虫量调查每天 15∶00 进行。茉莉酸甲酯处理前调查虫口基数，处理后每天调查一次虫量，调查持续 7 d。试验重复 3 次。

1.3　数据处理

试验数据采用 DPS 软件处理，应用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

虫口减退率(%) =(处理前虫口数 - 处理后虫口数)/处理前虫口数 × 100; 校正虫口减退率(%) =(处理区虫口减退率 - 对照区虫口减退率)/(1 - 对照区虫口减退率) ×100

2　结果与分析

2.1　外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱生长发育和存活率的影响

外源茉莉酸甲酯处理对辣椒烟粉虱的生长发育历期有明显的影响（表 1）。烟粉虱取食感虫和抗虫品种辣椒后发育历期分别延长 7.66 d 和 9.66 d，抗虫品种的发育历期较感虫品种延长了 2.0 d。感虫品种上烟粉虱主要是卵及 4 龄若虫和伪蛹的发育历期延长，而抗虫品种上所有虫态和虫龄均延长。

外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱的存活率也有明显的影响（表 2）。取食茉莉酸甲酯处理的辣椒后烟粉虱的存活率明显下降，其中感性品种和抗性品种分别下降 10.5% 和 9.89%。进一步分析发现，茉莉酸甲酯处理主要是降低卵和 4 龄若虫及伪蛹的存活率。

表 1　不同品种辣椒上烟粉虱的发育历期

Table 1　Developmental duration of *Bemisia tabaci* on different pepper varieties

品种 Varieties	烟粉虱发育历期（d）Developmental period of *Bemisia tabaci*					
	卵 Agg	1 龄 1th instar	2 龄 2th instar	3 龄 3th instar	4 龄 + 伪蛹 4th instar + pseudopupa	卵至成虫孵化 Egg to adult incubation period
苏椒 15 号 Sujiao 15	5.67 ± 0.42 c	2.83 ± 0.31 b	4.17 ± 0.31 b	3.83 ± 0.31 b	12.17 ± 0.75 c	28.67 ± 1.28 c
苏椒 15 号 + MeJA Sujiao 15 + MeJA	7.83 ± 0.31 b	3.67 ± 0.33 ab	4.83 ± 0.48 ab	4.17 ± 0.65 b	15.83 ± 0.48 b	36.33 ± 1.20 b
新苏椒五号 Xinsujiao No. 5	7.83 ± 0.40 b	3.50 ± 0.34 ab	4.33 ± 0.33 b	4.83 ± 0.31 ab	15.67 ± 0.49 b	36.17 ± 0.48 b
新苏椒五号 + MeJA Xinsujiao No. 5 + MeJA	11.17 ± 0.70 a	4.33 ± 0.49 a	5.67 ± 0.49 a	6.00 ± 0.52 a	18.67 ± 0.99 a	45.83 ± 1.28 a

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著（$P < 0.05$）Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences among treatments ($P < 0.05$).

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 不同品种辣椒上烟粉虱的存活率

Table 2 Survival rate of *Bemisia tabaci* on different pepper varieties

品种 Varieties	烟粉虱存活率（%）Survival rate of *Bemisia tabaci*					
	卵 Agg	1 龄 1th instar	2 龄 2th instar	3 龄 3th instar	4 龄 + 伪蛹 4th instar + pseudopupa	卵至成虫孵化 Egg to adult incubation period
苏椒 15 号 Sujiao 15	89.67 ± 2.59 a	96.50 ± 2.62 a	94.50 ± 1.56 a	95.00 ± 1.86 a	93.17 ± 2.18 a	72.37 ± 1.21 a
苏椒 15 号 + MeJA Sujiao 15 + MeJA	84.14 ± 1.95 bc	95.17 ± 1.95 a	93.17 ± 2.08 a	93.33 ± 1.92 a	88.83 ± 1.08 ab	61.87 ± 0.97 b
新苏椒五号 Xinsujiao No. 5	86.67 ± 1.99 ab	95.83 ± 2.75 a	94.00 ± 1.77 a	95.33 ± 1.76 a	92.50 ± 1.31 a	68.85 ± 1.06 a
新苏椒五号 + MeJA Xinsujiao No. 5 + MeJA	82.21 ± 2.95 c	94.67 ± 1.88 a	92.83 ± 1.87 a	93.67 ± 1.61 a	87.11 ± 1.37 b	58.96 ± 0.88 b

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著（$P < 0.05$）Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences among treatments（$P < 0.05$）.

结果表明，茉莉酸甲酯处理辣椒对烟粉虱的发育历期和存活率有显著的影响，这种影响作用在抗虫品种和感虫品种的辣椒中对烟粉虱的作用程度相似；茉莉酸甲酯处理辣椒对烟粉虱的发育历期和存活率的影响主要作用在卵、4 龄若虫和伪蛹。

2.2 外源茉莉酸甲酯对辣椒烟粉虱消化酶的影响

茉莉酸甲酯处理对辣椒烟粉虱消化酶活性有显著的影响（表 3）。茉莉酸甲酯处理后烟粉虱胰蛋白酶活性显著下降，处理24 h 和 48 h 后，感性品种和抗性品种的胰蛋白酶活力分别较对照下降了 63.64%、39.60% 和 64.52%、37.36%。进一步分析发现，感性品种和抗性品种处理 24 h、48 h 之间没有明显的差异。

茉莉酸甲酯处理后烟粉虱糜蛋白酶活性显著下降（表 3），处理 24 h 和 48 h 后，感性品种和抗性品种的胰蛋白酶活力分别较对照下降了 47.29%、40.11% 和 29.64%、44.56%。进一步分析发现，取食茉莉酸甲酯处理的辣椒后，烟粉虱体内的糜蛋白酶活性显著下降，其中前期（24 h）感性品种（47.29%）的下降幅度大于抗性品种（40.11%），后期（48 h）感性品种（29.64%）的下降幅度小于抗性品种（44.56%）。

表 3 茉莉酸甲酯处理对辣椒烟粉虱消化酶活力的影响

Table 3 Effects of methyl jasmonate treatment on digestive enzyme activities of *Bemisia tabaci*

处理 Handle	胰蛋白酶活力 Trypsin activity（g. pro. Min）		糜蛋白酶活力 Chymotrypsin activity（g. pro. Min）	
	24 h	48 h	24 h	48 h
苏椒 15 号 Sujiao 15	115.50 ± 5.84 a	135.27 ± 4.00 a	228.27 ± 11.55 a	233.80 ± 8.66 b
苏椒 15 号 + MeJA Sujiao 15 + MeJA	42.00 ± 2.15 cB	48.00 ± 2.89 cC	120.33 ± 6.36 cC	164.50 ± 8.97 cB
新苏椒五号 Xinsujiao No. 5	99.33 ± 4.26 b	105.37 ± 5.77 b	184.80 ± 6.01 b	270.20 ± 15.29 a
新苏椒五号 + MeJA Xinsujiao No. 5 + MeJA	51.87 ± 3.46 cB	56.00 ± 3.83 cC	110.67 ± 6.19 cC	149.80 ± 5.32 cB

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著（$P < 0.05$）；同列不同大写字母表示处理间差异极显著（$P < 0.01$）。Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences among treatments（$P < 0.05$）; Different capital letters in the same column indicated significant differences among treatments（$P < 0.01$）.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3　外源茉莉酸甲酯对大田辣椒烟粉虱种群的影响

对大田辣椒喷施茉莉酸甲酯，观察田间烟粉虱的种群动态。结果发现，喷施茉莉酸甲酯后，大田辣椒上烟粉虱的种群数量迅速下降，随着处理时间的延长，烟粉虱的种群数量持续下降，但处理 3 ~4 d 后烟粉虱的种群数量稳定在一个相对较低的水平上（表 4），如喷施茉莉酸甲酯 1 d、3 d、5 d 后感性品种和抗性品种上烟粉虱的虫量分别为 37.67 ±0.88 头/3 叶、16.33 ±1.86 头/3 叶、11.67 ±1.76 头/3 叶和 24.67 ±1.86 头/3 叶、13.00 ±0.58 头/3 叶、9.00 ±0.58 头/3 叶。处理 4 d 后，苏椒 15 号和新苏椒五号上烟粉虱的虫量维持在 12 头/3 叶和 9.00 头/3 叶左右。

表 4　不同处理辣椒上烟粉虱的虫口密度

Table 4　Population density of *Bemisia tabaci* on pepper under different treatments

处理时间（d）Processing time	辣椒上烟粉虱成虫虫口密度 Adult population density of *Bemisia tabaci*. on Pepper（head / 3 leaves）			
	苏椒 15 号 Sujiao 15	苏椒 15 号 + MeJA Sujiao 15 + MeJA	新苏椒五号 Xinsujiao No. 5	苏椒五号 + MeJA Xinsujiao No. 5 + MeJA
0	45.67 ±2.40 d	43.33 ±1.86 a	32.33 ±0.88 f	31.00 ±0.58 a
1	46.67 ±2.40 d	37.67 ±0.88 a	34.00 ±0.58 ef	24.67 ±1.86 b
2	49.00 ±3.21 cd	23.00 ±2.52 b	36.67 ±0.67 de	17.33 ±1.20 c
3	53.33 ±2.33 cd	16.33 ±1.86 c	38.33 ±0.67 d	13.00 ±0.58 d
4	56.67 ±2.60 bc	12.67 ±1.20 c	43.00 ±1.53 c	10.33 ±0.88 de
5	62.67 ±3.48 ab	11.67 ±1.76 c	45.00 ±2.08 bc	9.00 ±0.58 e
6	65.00 ±2.08 ab	12.00 ±2.08 c	47.33 ±2.03 b	8.33 ±0.88 e
7	67.00 ±3.06 a	13.00 ±2.52 c	51.67 ±1.45 a	7.67 ±0.67 e

注：同列不同小写字母表示处理间差异显著（$P < 0.05$）。Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences among treatments（$P < 0.05$）.

利用校正虫口减退率进一步分析大田辣椒喷施茉莉酸甲酯后辣椒上烟粉虱的种群动态发现，随着处理时间的延长，烟粉虱的校正虫口减退率总体呈上升趋势（表 5），如处理 1 d、3 d、5 d 后感性品种和抗性品种上烟粉虱的校正虫口减退率分别为 14.94% ±0.51%、68% ±0.81%、80.42% ±0.65% 和 24.37% ±1.41%、64.89% ±0.72%、79.17% ±0.69%，在抗性品种和感性品种上烟粉虱的校正虫口减退率之间没有明显的差异。

表 5　MeJA 处理辣椒上烟粉虱的校正虫口减退率

Table 5　Corrected population decline rate of *Bemisia tabaci* on pepper treated with MeJA

处理时间（d）Processing time	不同品种 MeJA 处理辣椒后烟粉虱的校正虫口减退率（%）Corrected population decline rate of *Bemisia tabaci*. after different varieties of MeJA treated pepper	
	苏椒 15 号 + MeJA Sujiao 15 + MeJA	苏椒五号 + MeJA Xinsujiao No. 5 + MeJA
1	14.94 ±0.51 e	24.37 ±1.41 f
2	50.57 ±0.58 d	50.69 ±1.44 e
3	68.00 ±0.81 c	64.89 ±0.72 d
4	76.45 ±0.64 b	74.98 ±1.21 c
5	80.42 ±0.65 a	79.17 ±0.69 b
6	80.89 ±1.06 a	81.92 ±0.76 ab
7	79.61 ±1.42 a	84.55 ±1.16 a

3　结论与讨论

外源茉莉酸甲酯可以诱导植物产生一系列的生理生化反应，对害虫产生一定的不利作用，从而达到控制害虫的目的。茉莉酸甲酯诱导植物后，往往会降低害虫对其选择性。褐软蚧 *Coccus hesperidum* 初孵幼虫更倾向于选择在未经茉莉酸甲酯处理的金橘 *Fortunella margarita* 叶片上取食（68.3%），在外源茉莉酸甲酯处理的植株叶片上

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

选择率仅为 22.6%（王旭，2010），说明外源茉莉酸甲酯处理的金橘叶片对该虫产生了明显的驱避作用；在对草履蚧 *Drosicha corpulenta* 1 龄和2 龄若虫的趋性试验也发现，茉莉酸甲酯处理也能提高金橘对草履蚧的驱避作用。辣椒品种抗选择性的提高可能主要通过诱导辣椒挥发物的改变来实现的，颜色在增强辣椒对烟粉虱的选择性中的作用较小（邬亚红，2020）。

茉莉酸甲酯诱导对昆虫的生长发育有明显影响。甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 取食经外源 MeJA 处理的番茄幼苗后，生长速率减慢（Thaler，1999）；麦长管蚜 *Sitobion avenae* 和粘虫 *Mythimna separata* 取食经茉莉酸处理的麦苗后生长发育受阻、体重下降、繁殖力下降（尹姣等，2005）。适宜浓度的茉莉酸甲酯处理棉花 *Gossypium* spp. 幼苗 6 d 后，棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的相对生长率和体重也会显著降低，相对生长抑制率高达 70.4%（杨世勇等，2013）。相比对照，MeJA 处理能够有效诱导黄瓜 *Cucumis sativus* L. 产生抗虫性，显著性延长西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* 发育时间，抑制蛹期体重，降低西花蓟马的生存适合度（杨帆，2009）。本研究也发现，茉莉酸甲酯诱导后显著延长了烟粉虱的发育历期，降低其成活率，茉莉酸甲酯对烟粉虱的影响主要在卵与若虫和伪蛹期。

外源茉莉酸甲酯对烟粉虱的种群数量有明显的控制作用。茉莉酸甲酯处理番茄后，烟粉虱的田间种群数量显著下降，茉莉酸甲酯浓度越高，烟粉虱虫量越低（杨爱民，2014）。烟粉虱的虫量还与茉莉酸甲酯喷施次数有关，在番茄上茉莉酸甲酯喷施的次数增加，对烟粉虱的控制效果有一定程度的上升。本研究发现，两个品种辣椒在茉莉酸甲酯处理后，烟粉虱成虫虫口密度显著下降，且在抗性品种上的持续效果达一周以上。目前普遍认为，茉莉酸甲酯对害虫抗性诱导具有重要作用，但是能否运用于生产，以及在生产上的使用技术还有待进一步研究。

参考文献（References）

Creelman RA, Mullet JE. Biosynthesis and action of jasmonates in plants [J]. *Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology*, 1997, 48: 355 – 381.

Creelman RA, Mullet JE. Jasmonic acid distribution and action in plants: Regulation during development and response to biotic and abiotic stress [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1995, 92 (10): 4114 – 4119.

Farmer EE, Ryan CA. Interplant communication: Airborne methyl – jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitorsin plant leaves [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 1990, 87: 7713 – 7716.

Farmer EE, Ryan CA. Octadecanoid precursors of jasmonic acid activate the synthesis of wound – inducible proteinase inhibitors [J]. *Plant Cell*, 1992, 4: 129 – 134.

Gui LY, Chen ZM, Liu SS. Effect of exogenous MJA treatment of tea plants on the growth of geometrid larvae [J]. *Agricultural Sciences in China*, 2005, 4 (9): 673 – 679.

He J. Resistance of Pepper Varieties to *Bemisia tabaci* (Gennadius) [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2016. [何菁，辣椒品种对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的抗性研究 [D]. 扬州: 扬州大学硕士论文，2016]

Hu QJ. Effects of Transgenic Bt Cotton on Several Important Enzymes and Proteins of *Bemisia tabaci* [D]. Yangzhou: Yangzhou university, 2014. [胡其靖. 转 bt 基因棉花对烟粉虱几种重要酶和蛋白的影响 [D]. 扬州: 扬州大学硕士论文，2014]

Jennifer S, Thaler, Michael J, *et al.* Exogenous jasmonates simulate insect wounding in tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in the laboratory and field [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1996, 22 (10): 1767 – 1781.

Li SJ, Xue X, Ren SX, *et al.* Effects of jasmonic acid induced tomato on development, survival and reproduction of *Bemisia tabaci* [J]. *Journal of Biosafety*, 2011, 20 (3): 232 – 238. [李绍建，薛夏，任顺祥，等. 茉莉酸诱导番茄对烟粉虱发育、存活与繁殖的影响 [J]. 生物安全学报，2011, 20 (3): 232 – 238]

Li SX, Zhi JR, Zeng G, *et al.* Behavioral responses of *Phaseolus vulgaris* to *Frankliniella occidentalis* and Miridae australis induced by exogenous jasmonic acid [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2016, 53 (5): 1065 – 1076. [李顺欣，郅军锐，曾广，等. 外源茉莉酸诱导菜豆对西花蓟马和南方小花蝽的行为反应 [J]. 应用昆虫学报，2016, 53 (5): 1065 – 1076]

Michele MC, Robert A, Creelman, *et al.* Jasmonate is essential for insect defense in *Arabidopsis* [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1997, 94 (10): 5473 – 5477.

Pu HH, Zhi JR, Zeng G. Effects of different induction treatments on protective enzyme activities of *Frankliniella occidentalis* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2016, 38 (5): 996 – 1002. [蒲恒浒，郅军锐，曾广. 不同诱导处理番茄植株对西花蓟马保护酶活性的影响 [J]. 环境昆虫学报，2016, 38 (5): 996 – 1002]

Sembdner G, Parthier B. The biochemistry and the physiological and molecular action of jasmonate [J]. *Annual Review of Plant Physiology & Plant Molecular Biology*, 1993, 44: 569 – 589.

Thaler JS. Induced resistnce in agricultural crops: Effect of jasmonic acid on herbivory and yield in tomato plants [J]. *Environ. Entomol.*, 1999, 28 (1): 30 – 37.

Thaler JS. Jasmonate – inducible plant defences cause increased parasitism of herbivores [J]. *Nature*, 1999, 399: 686 – 688.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Wang NY, Jiang DA. Jasmonic acid and its methyl ester and plant induced disease resistance [J]. *Plant Physiology Bulletin*, 2002, 38 (3): 279 – 284. [王妮妍, 蒋德安. 茉莉酸及其甲酯与植物诱导抗病性. 植物生理学通讯 [J]. 2002, 38 (3): 279 – 284]

Wang X. Study on Defense Response of Kumquat and Persimmon to Scale Insects Induced by Methyl Jasmonate [D]. Shanxi: Shanxi University, 2010. [王旭. 茉莉酸甲酯诱导金橘和柿树对蚧虫的防御反应研究 [D]. 山西: 山西大学硕士论文, 2010]

Wu XX, He J, Zhou FC, *et al*. Physiological response of pepper with different resistance to *Bemisia tabaci* to exogenous methyl jasmonate [J]. *Journal of Ecology*, 2019, 38 (3): 704 – 709. [吴晓霞, 何菁, 周福才, 等. 不同烟粉虱抗性辣椒对外源茉莉酸甲酯的生理响应 [J]. 生态学杂志, 2019, 38 (3): 704 – 709]

Wu YH. Effects of Exogenous Methyl Jasmonate on Resistance of Pepper to *Bemisia tabaci* [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2020. [邬亚红. 外源茉莉酸甲酯增强辣椒对烟粉虱抗性的作用研究 [D]. 扬州: 扬州大学硕士论文, 2020]

Yang AM. Occurrence and Damage of *Bemisia tabaci* in Greenhouse Vegetables and Green Control Technology [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2014. [杨爱民. 设施蔬菜烟粉虱的发生为害与绿色防控技术研究 [D]. 扬州: 扬州大学硕士论文, 2014]

Yang AM, Zhou FC, Su HH, *et al*. Induction of resistance to *Bemisia tabaci* in tomato by exogenous methyl jasmonate [J]. *Journal of Yangzhou University* (Agriculture and Life Sciences), 2016, 37 (4): 97 – 102. [杨爱民, 周福才, 苏宏华, 等. 外源茉莉酸甲酯对番茄体内抗烟粉虱体相关物质的诱导 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2016, 37 (4): 97 – 102]

Yang F. Resistance of Cucumber to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) Induced by Salicylic Acid and Methyl Jasmonate [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009. [杨帆. 水杨酸、茉莉酸甲酯诱导黄瓜对西花蓟马 (缨翅目: 蓟马科) 的抗性 [D]. 武汉: 华中农业大学硕士论文, 2009]

Yang SY, Song XF, Xie JC. Effect of insect resistance induced by jasmonic acid on relative growth rate of cotton bollworm [J]. *Journal of Northwest A & F University* (Natural Science Edition), 2013, 5: 66 – 74. [杨世勇, 宋芬芳, 谢建春. 茉莉酸诱导棉花幼苗抗虫性对棉铃虫相对生长率的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2013, 5: 66 – 74]

Yin J, Chen JL, Cao YZ, *et al*. Study on the resistance of wheat to *Sitophilus avenae* and *Mythimna separata* induced by exogenous compounds [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48 (5): 718 – 724. [尹姣, 陈巨莲, 曹雅忠, 等. 外源化合物诱导后小麦对麦长管蚜和粘虫的抗虫性研究 [J]. 昆虫学报, 2005, 48 (5): 718 – 724]

Zhang XX, Hong B, Jing LL, *et al*. The effect of exogenous methyl jasmonate on the insect resistance of tomato to whitefly [J]. *Journal of Ecology*, 2020, 39 (11): 3651 – 3657. [张晓霞, 洪波, 景亮亮, 等. 外源茉莉酸甲酯诱导番茄对烟粉虱的抗虫性 [J]. 生态学杂志, 2020, 39 (11): 3651 – 3657]

Zhang YJ, Qi JB, Zhang YH, *et al*. Effects of spraying exogenous NO on resistance of tomato seedlings to low temperature stress [J]. *Journal of Yangzhou University* (Agriculture and Life Sciences Edition), 2020, 41 (4): 113 – 117. [张永吉, 祁建波, 张云虹, 等. 喷施外源 NO 对番茄幼苗抗低温胁迫的影响 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2020, 41 (4): 113 – 117]

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net