

滇杨挥发物成分对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

马艳粉^{1,2*}, 张晓梅¹, 胥勇³, 肖春²

(1. 德宏师范高等专科学校生命科学系, 芒市 678400; 2. 云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201;
3. 云南省德宏州种子管理站, 芒市 678400)

摘要 为了筛选非寄主植物滇杨的挥发物中驱避马铃薯块茎蛾产卵的活性成分, 在室内利用选择性产卵试验方法分别测定了8种挥发物: 丁香酚、苯甲酸、苯甲醇、苯乙醇、2-羟基苯甲醛、 β -紫罗兰酮、水杨酸甲酯、苯甲醛不同浓度(0.75~12 mg/L)的溶液对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响。结果表明: 水杨酸甲酯在6~12 mg/L浓度范围内对马铃薯块茎蛾产卵有极显著的引诱效果。丁香酚在3~12 mg/L浓度范围内对产卵有驱避效果, 12 mg/L时的产卵驱避率为62.1%。苯甲酸在1.5~12 mg/L浓度范围内对产卵有驱避效果, 但各浓度下的产卵驱避率不存在显著差异。12 mg/L的苯甲醇和苯乙醇的产卵驱避率分别为12.1%和20.2%。6 mg/L和12 mg/L的2-羟基苯甲醛的产卵驱避率分别为44.1%和33.2%。 β -紫罗兰酮在1.5 mg/L浓度时产卵驱避率为30.9%。12 mg/L的苯甲醛产卵驱避率为38.5%。本文测试的8种挥发物中有7种在不同浓度范围内表现出显著的产卵驱避效果。

关键词 马铃薯块茎蛾; 滇杨; 挥发物; 产卵选择

中图分类号: S 435.42 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.02.017

Effects of volatiles from *Populus yunnanensis* on oviposition preference of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*

Ma Yanfen^{1,2}, Zhang Xiaomei¹, Xu Yong³, Xiao Chun²

(1. Department of Life Sciences, Dehong Teachers College, Mangshi 678400, China; 2. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Department of Seed Management of Dehong City, Mangshi 678400, China)

Abstract In order to screen the oviposition repellent from non-host plant volatiles of *Populus yunnanensis* for *Phthorimaea operculella*, the effects of eight non-host plant volatiles (eugenol, benzoic acid, benzyl alcohol, phenylethyl alcohol, 2-hydroxy-benzaldehyde, β -ionone, methyl salicylate and benzaldehyde) at the concentrations from 0.75 mg/L to 12 mg/L on the oviposition choices of *P. operculella* were tested in the laboratory. The results showed that methyl salicylate at the concentrations from 6 mg/L to 12 mg/L had an extremely significant attractive effect on oviposition. Eugenol at the concentrations from 3 mg/L to 12 mg/L extremely repelled oviposition, and the oviposition-repelling percentage at the concentration of 12 mg/L was 62.1%. Benzoic acid at the concentrations from 1.5 mg/L to 12 mg/L exhibited extremely repellent activity on oviposition, but their oviposition-repelling percentage had no significant difference. The oviposition-repelling percentage of benzyl alcohol and phenylethyl alcohol at the concentration of 12 mg/L were 12.1% and 20.2%, respectively. The oviposition-repelling percentage of 2-hydroxy-benzaldehyde at the concentrations of 6 mg/L and 12 mg/L were 44.1% and 33.2%, respectively. β -ionone at the concentration of 1.5 mg/L resulted in a repellent effect of 30.9% on oviposition. Benzaldehyde at the concentration of 12 mg/L had a significant repellent effect, and its oviposition-repelling percentage was 38.5%. Seven of the eight tested volatiles showed repellent activity to the oviposition of *P. operculella* at different concentration ranges.

Key words *Phthorimaea operculella*; *Populus yunnanensis*; volatile; oviposition preference

收稿日期: 2015-01-04 修订日期: 2015-04-11

基金项目: 云南省教育厅科学研究基金(2011Y469); 德宏师范高等专科学校优秀青年教师学术带头人资助项目

* 通信作者 E-mail: mayanfen2005@126.com

随着人类对环保和食品安全意识的增强,利用生态调控措施来防治农业害虫成为新的研究热点,并已取得了较为理想的效果^[1]。生态调控中应用较为广泛的是调控害虫的取食、交配和产卵行为,其中调控害虫产卵行为优越的“防”的效果是其他措施无法超越的,尤其在蛀食型害虫的防治中发挥了重要作用^[2-4]。产卵行为调控主要集中在引诱和驱避两个方面,引诱产卵的活性成分主要来源于寄主植物的挥发物,而非寄主植物挥发物中则存在驱避产卵的活性成分。驱避昆虫前来产卵,降低幼虫虫口密度,进而影响昆虫的种群繁殖,这也是利用非寄主植物挥发物防治害虫的基本原理^[5-8]。

马铃薯块茎蛾[*Phthorimaea operculella* (Zeller)]也叫烟草潜叶蛾,是以幼虫钻蛀为害马铃薯和烟草的一种寡食性害虫。在马铃薯和烟草的生长期,成虫在叶脉处产卵,孵化的幼虫蛀食马铃薯和烟草的叶肉、顶芽,严重影响植株生长及烟草品质。在田间,成虫产卵于裸露在土表的马铃薯薯块的芽眼处,带有虫卵的薯块转运到仓库内对贮藏期的马铃薯危害更为严重,贮藏4个月的山铃薯块茎受害率可达100%,完全失去食用价值^[9-10]。马铃薯块茎蛾幼虫一旦孵化便钻蛀到寄主内部为害,施用农药也只能在卵期发挥作用,但由于有卵壳的保护,效果并不理想,并且使用化学药剂不仅增加成本、造成环境污染和农药残留,还大大加剧了该害虫的抗药性^[11]。控制马铃薯块茎蛾的关键在于调控其产卵行为,最大限度地降低该虫的危害。大量研究表明:非寄主植物挥发物对害虫产卵具有较好的驱避效果,作者前期研究也显示:非寄主植物—滇杨(*Populus yunnanensis*)叶片提取物和枝把挥发物均对马铃薯块茎蛾的产卵有较强的驱避效果^[12-13]。作者在中国科学院昆明植物所用GC-MC对其挥发物成分进行了鉴定,共鉴定出包括丁香酚、苯甲酸、苯乙醇、2-羟基苯甲醛、 β -紫罗兰酮、水杨酸甲酯和苯甲醛在内的22种挥发性组分(待发表)。由于滇杨挥发物对马铃薯块茎蛾的产卵驱避效果是多种化合物的共同作用,这些挥发物中哪些成分具有产卵驱避活性仍不明确,为此,我们选择萎蔫滇杨挥发物中上述8种单一成分相应的化学纯品,在室内测定了其对马铃薯块茎蛾产卵行为的影响,以期筛选出马铃薯块茎蛾的产卵驱避剂。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

马铃薯块茎蛾幼虫采自云南省德宏州,用马铃

薯块茎饲养。成虫羽化后饲喂10%蜂蜜水,饲养5代后用于试验^[14]。室内饲养条件为:温度(24±2)℃,光照L//D=14 h//10 h,相对湿度为50%~70%。

1.2 供试药品及其供试溶液的制备

标准药品的名称、纯度及来源详见表1。药剂用少量无水乙醇助溶后分别用蒸馏水配制成0.75、1.5、3、6、12 mg/L的溶液待用。分别以含等量无水乙醇的水溶液作为对照。

表1 标准样品的名称、纯度及来源

Table 1 Names, purity and sources of standard chemical samples

样品名称 Compound	纯度/% Purity	CAS	来源 Source
丁香酚 Eugenol	97	97-53-0	Aladdin Chemical
苯甲酸 Benzoic acid	99	65-85-0	ACROS
苯甲醇 Benzyl alcohol	99	100-51-6	Aladdin Chemical
苯乙醇 Phenylethyl alcohol	95	60-12-8	Aladdin Chemical
2-羟基苯甲醛 2-Hydroxy-benzaldehyde	98	90-02-8	TCI
β -紫罗兰酮 β -Ionone	97	14901-07-6	Aladdin Chemical
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	99	119-36-8	TCI
苯甲醛 Benzaldehyde	98	100-52-7	Aladdin Chemical

1.3 滇杨挥发物成分对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

将3个干净的山铃薯块茎放到事先配制好的待测溶液中浸10 s作为处理,另外将3个大小和芽眼数与处理块茎相似的干净块茎放到对照溶液中浸10 s作为对照。待薯块晾干后(约0.5 h),将处理与对照以盆底中轴对称放置于圆形塑料盆($d=45.0$ cm, $h=15.0$ cm)的边缘,以40目尼龙纱布封口。往盆中接入当日羽化的成虫20头(雌:雄=1:1),以10%蜂蜜水为其提供营养,4次重复。3 d后分别统计处理和对照上的落卵量,并计算产卵驱避率。

利用上述方法,在室内饲养条件下,分别测定不同浓度(0.75~12 mg/L)的丁香酚、苯甲酸、苯甲醇、苯乙醇、2-羟基苯甲醛、 β -紫罗兰酮、水杨酸甲酯、苯甲醛溶液对马铃薯块茎蛾雌蛾产卵选择的影响。

1.4 数据处理

产卵驱避率(%)=(对照落卵量-处理落卵量)/(对照落卵量+处理落卵量)×100;

采用 χ^2 检验(SPSS 16.0)分析处理落卵量与对照落卵量间的差异显著性($P<0.05$)。并采用邓肯氏新复极差法比较同种药剂不同浓度的产卵驱避率间的显著差异性($P<0.05$)。

2 结果与分析

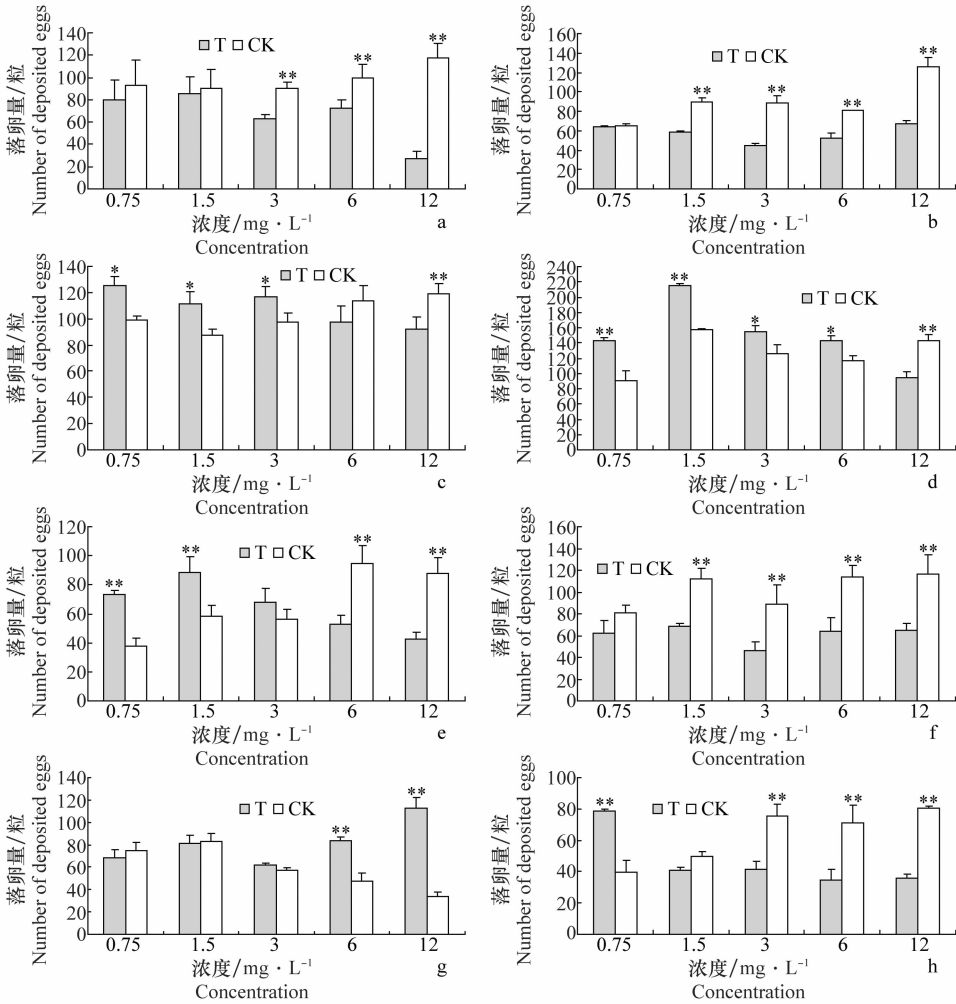
2.1 丁香酚对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1a 可知,丁香酚处理块茎后,在 0.75~1.5 mg/L 范围内,处理块茎与对照块茎上的落卵量间没有显著差异。在 3~12 mg/L 范围内,对照块茎上的落卵量均极显著高于处理上的落卵量。由表 2 可知,在 3~12 mg/L 范围内随着浓度的升高,产卵驱避效果逐

渐增强,12 mg/L 的产卵驱避率为 62.1%,显著高于其他浓度的产卵驱避率。

2.2 苯甲酸对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1b 可知,苯甲酸处理块茎后,浓度为 0.75 mg/L 处理的块茎与对照上的落卵量不存在显著差异。在 1.5~12 mg/L 范围内,对照块茎上的落卵量均极显著高于处理上的落卵量。表 2 结果表明,1.5~12 mg/L 的苯甲酸对马铃薯块茎蛾产卵驱避效果不存在显著差异。



T: 处理; CK: 对照; *表示经 χ^2 检验处理与对照间存在显著差异 ($P < 0.05$); **表示经 χ^2 检验处理与对照间存在极显著差异 ($P < 0.01$)
a: 丁香酚; b: 苯甲酸; c: 苯甲醇; d: 苯乙醇; e: 2-羟基苯甲醛; f: β -紫罗兰酮; g: 水杨酸甲酯; h: 苯甲醛
T: Treatment; CK: Control; *: Significant difference between treatment and control by χ^2 test at the level of 0.05; **: Extremely significant difference between treatment and control by χ^2 test at the level of 0.01. a: Eugenol; b: Benzoic acid; c: Benzyl alcohol; d: Phenylethyl alcohol; e: 2-Hydroxy-benzaldehyde; f: β -Ionone; g: Methyl salicylate; h: Benzaldehyde

图 1 滇杨挥发物成分对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响

Fig. 1 Effects of different volatiles from *Populus yunnanensis* on oviposition preference of *Phthorimaea operculella*

2.3 苯甲醇对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1c 可知,苯甲醇处理块茎后,在 0.75~3 mg/L 范围内,处理块茎上的落卵量均显著高于对照上的落卵量。在浓度为 6 mg/L 时,处理与对照的落卵量间无显著差异。在浓度为 12 mg/L 时,对照块茎上的

落卵量极显著高于处理上的落卵量。表 2 结果表明,12 mg/L 的苯甲醇对该虫的产卵驱避率为 12.1%。

2.4 苯乙醇对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1d 可知,苯乙醇处理块茎后,在 0.75~1.5 mg/L 范围内,处理块茎上的落卵量均极显著高

于对照上的落卵量。在 3~6 mg/L 范围内,处理块茎上的落卵量显著高于对照上的落卵量,0.75~6 mg/L 的苯乙醇对马铃薯块茎蛾产卵有引诱效果。在浓度为 12 mg/L 时,对照块茎上的落卵量极显著高于处理上的落卵量。由表 2 可知,该浓度下产卵驱避率为 20.2%。

2.5 2-羟基苯甲醛对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1e 可知,2-羟基苯甲醛处理块茎后,在

0.75~1.5 mg/L 范围内,处理块茎上的落卵量均极显著高于对照上的落卵量,对马铃薯块茎蛾产卵有引诱效果。浓度为 3 mg/L 时处理与对照上的落卵量不存在显著差异。在 6~12 mg/L 范围内,对照块茎上的落卵量均极显著高于处理上的落卵量,有产卵驱避效果。表 2 结果显示,浓度为 6 mg/L 和 12 mg/L 时的产卵驱避率分别为 44.1%和 33.2%,两者的产卵驱避率间不存在显著差异。

表 2 滇杨挥发物成分对马铃薯块茎蛾产卵的驱避效果¹⁾

Table 2 Oviposition-repelling effects of volatiles from *Populus yunnanensis* against *Phthorimaea operculella*

样品名称 Compound	不同浓度溶液的产卵驱避率/% Oviposition-repelling percentage of water solution at different concentrations				
	0.75 mg/L	1.5 mg/L	3 mg/L	6 mg/L	12 mg/L
丁香酚 Eugenol	(7.1±2.1)bc	(2.9±0.9)c	(17.2±1.7)b	(18.2±2.6)b	(62.1±3.2)a
苯甲酸 Benzoic acid	(-0.5±0.1)b	(20.6±1.8)a	(31.7±4.8)a	(22.1±2.7)a	(30.7±1.3)a
苯甲醇 Benzyl alcohol	(-11.8±3.5)b	(-11.6±4.1)b	(-7.9±2.1)b	(7.6±2.6)a	(12.1±3.1)a
苯乙醇 Phenylethyl alcohol	(-23.1±7.6)bc	(-15.6±1.0)b	(-10.5±2.3)b	(-10.7±2.6)b	(20.2±4.4)a
2-羟基苯甲醛 2-Hydroxy-benzaldehyde	(-32.3±5.7)c	(-23.7±1.2)bc	(-9.1±1.2)b	(44.1±1.4)a	(33.2±6.7)a
β-紫罗兰酮 β-Ionone	(25.7±6.6)ab	(30.9±4.4)a	(27.3±3.9)ab	(11.3±3.9)b	(26.5±6.1)ab
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	(3.6±0.6)a	(-0.5±0.1)a	(-4.2±0.6)a	(-28.6±7.0)b	(-55.1±6.7)c
苯甲醛 Benzaldehyde	(-34.7±8.8)c	(10.2±2.1)b	(30.7±4.9)ab	(34.7±0.9)ab	(38.5±4.0)a

1) 表中数据为平均值±标准误,同一行不同英文字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Data in the table are means±SE; data in the same row followed by different lowercase letters are significantly different at 0.05 level.

2.6 β-紫罗兰酮对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1f 可知,β-紫罗兰酮处理块茎后,浓度为 0.75 mg/L 时处理块茎上与对照块茎上的落卵量不存在显著差异。在 1.5~12 mg/L 范围内,对照块茎上的落卵量均极显著高于处理上的落卵量,表明 1.5~12 mg/L 的 β-紫罗兰酮对马铃薯块茎蛾产卵有驱避效果。表 2 结果显示,1.5 mg/L 的产卵驱避率为 30.9%,显著高于 6 mg/L 的产卵驱避效果。

2.7 水杨酸甲酯对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1g 可知,水杨酸甲酯处理块茎后,在浓度为 0.75~3 mg/L 的范围内,处理块茎上与对照块茎上的落卵量不存在显著差异。在 6~12 mg/L 的范围内,处理块茎上的落卵量均极显著高于对照块茎上的落卵量,有产卵引诱作用。表 2 结果表明,在 6~12 mg/L 的范围内随着浓度的升高,产卵促进效果显著增强。

2.8 苯甲醛对马铃薯块茎蛾产卵选择的影响

由图 1h 可知,苯甲醛处理块茎后,在浓度为 0.75 mg/L 时,处理块茎上的落卵量极显著高于对照上的落卵量,表明 0.75 mg/L 的苯甲醛对马铃薯块茎蛾产卵有促进效果。在 1.5 mg/L 浓度时处理与对照上的落卵量间不存在显著差异。在 3~12 mg/L 的浓度范围内,对照块茎上的落卵量均极显著高于处

理上的落卵量。表 2 结果显示,在 3~12 mg/L 的浓度范围内,随着浓度的升高,产卵驱避效果逐渐增强。

3 结论与讨论

本文中除了水杨酸甲酯外,其他 7 种挥发物在不同浓度范围内均有显著的产卵驱避效果,说明这 7 种挥发物都含有产卵驱避活性成分。植物挥发物直接处理寄主植物导致昆虫在寄主植物上落卵量减少,并不一定是该物质对昆虫有驱避作用,有可能是经非寄主植物挥发物处理后,寄主植物挥发性化合物的组成与含量发生了改变,被成虫探知,暗示植物营养成分可能发生改变,或将有防御物质产生,导致成虫取消在该植物上产卵的决定^[15]。挥发物对昆虫行为的影响是多种成分的协同作用,并且与产卵引诱剂混配后有增效作用^[16]。本文中鉴定出的有产卵驱避作用的成分两两混配后能否显著提高驱避产卵的效果有待进一步鉴定。前期的研究显示:印楝素和高浓度的庚醛对马铃薯块茎蛾有显著的驱避效果^[17]。本文中鉴定出的驱避活性成分分别和印楝素和庚醛混配后能否增效仍需进一步研究。

将具有引诱和驱避效果的成分组成拒-引(push-pull)组合能显著提高引诱效果,在农业生产

上已有较为理想的成效^[17],并且在马铃薯块茎蛾的防治上也筛选出了增效的印楝素和桉叶油醇的拒-引组合^[18]。前期研究已经从寄主植物中筛选出了 10 种对马铃薯块茎蛾有显著引诱产卵的活性成分,将具有较好效果的产卵引诱成分和本文筛选出的产卵驱避成分组成拒-引组合能否显著增效仍需进一步研究,以期筛选出增效组合用于该害虫的防治。

参考文献

[1] 张茂新,凌冰,庞雄飞. 非嗜食植物中的昆虫产卵驱避物及其利用[J]. 昆虫天敌,2003,25(1):28-36.

[2] 林海清,刘少明,欧阳革成,等. 非寄主植物提取物对橘小实蝇的产卵拒避作用[J]. 环境昆虫学报,2008,30(3):224-228.

[3] 刘中芳,原国辉,郭线茹,等. 非寄主植物及其提取物对菜粉蝶的产卵忌避作用[J]. 河南农业大学学报,2009,43(6):652-655.

[4] 吴利民,吕文彦,原国辉,等. 非寄主蔬菜及其提取物对菜粉蝶的驱避作用[J]. 中国生态农业学报,2010,18(6):1311-1316.

[5] 卢伟,侯茂林,文吉辉,等. 植物挥发性次生物质对植食性昆虫的影响[J]. 植物保护,2007,33(3):7-11.

[6] 杜家纬. 植物—昆虫间的化学通讯及其行为控制[J]. 植物生理学报,2001,27(3):193-200.

[7] 陆宴辉,张永军,吴孔明. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略[J]. 生态学报,2008,28(10):5113-5122.

[8] 周琼,梁广文. 植物挥发性次生物质对昆虫的行为调控及其机

制[J]. 湘潭师范学院学报(自然科学版),2003,25(4):55-60.

[9] 徐树云. 烟草害虫防治[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1993:202-209.

[10] 李秀军,金秀萍,李正跃. 马铃薯块茎蛾研究现状及进展[J]. 青海师范大学学报(自然科学版),2005(2):67-70.

[11] Das P D, Raina R, Prasad A R, et al. Electroantennogram responses of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelichiidae) to plant volatiles [J]. Journal of Biosciences, 2007, 32(2): 339-349.

[12] 马艳粉,张晓梅,李正跃,等. 滇杨叶片提取物对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响[J]. 农药,2011,50(7):522-523.

[13] 马艳粉,张晓梅,肖春. 萎蔫滇杨枝把挥发物对马铃薯块茎蛾产卵选择性的影响[J]. 江西农业学报,2014,26(10):61-63.

[14] 桂富荣,李正跃. 用马铃薯人工饲养马铃薯块茎蛾的方法[J]. 昆虫知识,2003,40(2):187-189.

[15] 王占娣,葛长荣,李正跃,等. 二元芳香族化合物对酪蝇成虫的引诱效果[J]. 农药,2009,48(10):771-773.

[16] 严善春,徐伟,袁红娥,等. 不同诱导因子对落叶松毛虫嗅觉和产卵选择的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(7):1583-1588.

[17] Shelton A M, Badenes-perez F R. Concepts and applications of trap cropping in pest management [J]. Annual Review of Entomology, 2006, 51: 285-308.

[18] Ma Y F, Xiao C. Push-pull effect of three plant secondary metabolites in oviposition manipulation against *Phthorimaea operculella* (Zeller) [J]. Journal of Insect Science,2013, 13: 1536-2442.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 98 页)

[2] Browse J. Jasmonate passes muster: a receptor and targets for the defense hormone [J]. Annual Review of Plant Biology, 2009, 60: 183-205.

[3] 张艳峰,薛皎亮,巩莎,等. 茉莉酸甲酯诱导柿树挥发物对红点唇瓢虫吸引力的持续效应[J]. 植物保护,2012,38(6):40-44.

[4] 牛吉山,倪永静,刘靖,等. 茉莉酸甲酯对小麦白粉病抗性的诱导作用[J]. 中国农学通报,2010,26(4):254-257.

[5] Niu Jishan, Liu Jing, Ma Wenbin, et al. The relationship of methyl jasmonate enhanced powdery mildew resistance in wheat and the expressions of 9 disease resistance related genes [J]. Agricultural Science and Technology, 2011, 12(4): 504-508.

[6] Zhu Zhu, Tian Shiping. Resistant responses of tomato fruit treated with exogenous methyl jasmonate to *Botrytis cinerea* infection[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 142: 38-43.

[7] Sun Dequan, Lu Xinhua, Hu Yulin, et al. Methyl jasmonate induced defense responses increase resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 4 in banana [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 164:484-491.

[8] Wang Kaituo, Jin Peng, Han Lin, et al. Methyl jasmonate induces resistance against *Penicillium citrinum* in Chinese bayberry by priming of defense responses[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 98: 90-97.

[9] 吴国昭,谢丽君,宋圆圆,等. 外源信号物质诱导广东高州普通野生稻抗稻瘟病的生理生化机理[J]. 西北农业学报,2009,18(3):254-258.

[10] 张智慧,聂燕芳,何磊,等. 外源茉莉酸甲酯诱导水稻抗瘟性相关防御酶和内源水杨酸的变化[J]. 植物病理学报,2010,40(4):395-403.

[11] 张智慧,聂燕芳,何磊,等. 外源茉莉酸甲酯诱导的水稻叶片蛋白质差异表达分析[J]. 植物病理学报,2012,42(2):154-163.

[12] Li Yunfeng, Nie Yanfang, Zhang Zhihui, et al. Comparative proteomic analysis of methyl jasmonate-induced defense responses in different rice cultivars [J]. Proteomics, 2014, 14(9): 1088-1101.

[13] 向妙莲,陈明,曾晓春,等. 茉莉酸甲酯对水稻幼苗抗细菌性条斑病的诱导效应[J]. 江西农业大学学报,2011,33(3):679-683.

[14] 向妙莲,何永明,付永琦,等. 茉莉酸甲酯对水稻白叶枯病的诱导抗性及相关防御酶活性的影响[J]. 植物保护学报,2013,40(2):97-101.

[15] 向妙莲,付永琦,何永明,等. 茉莉酸甲酯浸种对水稻幼苗白叶枯病抗性及相关酶活性的影响[J]. 中国水稻科学,2014,28(4):419-426.

[16] 方中达. 植病研究方法[M]. 第三版. 北京:中国农业出版社,1998.

[17] 汪开拓,郑永华,唐文才,等. 茉莉酸甲酯处理对葡萄果实 NO 和 H₂O₂ 水平及植保素合成的影响[J]. 园艺学报,2012,39(8):1559-1566.

[18] 范仰东,周崇和. 细菌性条斑病和白叶枯病对水稻产量的影响[J]. 植物保护学报,1992,19(3):198.

(责任编辑:田 喆)