

外源水杨酸甲酯 (MeSA) 处理茶树对茶园主要害虫及其天敌的影响^{*}

苗 进¹ 韩宝瑜^{2**}

(¹ 河南省农业科学院植物保护研究所, 郑州 450002; ² 中国计量学院生命科学院, 浙江省生物计量及检验检疫技术重点实验室, 杭州 310018)

摘 要 通过无公害茶园喷施不同浓度的水杨酸甲酯 (MeSA) 水溶液, 利用黄色粘虫板调查了 MeSA 诱导茶树后对茶园主要害虫和天敌的影响。结果显示: MeSA 处理 24 h 后, 对茶园主要害虫及其天敌的种群数量影响不大; 处理 48 h 后, 茶园主要害虫——假眼小绿叶蝉的数量明显降低 ($P < 0.05$), 而瓢虫、蜘蛛、寄生蜂和寄蝇等主要天敌的种群数量则明显增加 ($P < 0.05$)。表明外源 MeSA 能够诱导茶树对害虫产生明显的抗性, 进而影响茶园内害虫及其主要天敌的种群密度。

关键词 茶树; 水杨酸甲酯; 植食性害虫; 天敌

中图分类号 Q968.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)3-0564-05

Effects of treating tea plants with exogenous methyl salicylate (MeSA) on the main pests and their natural enemies in tea garden. MIAO Jin¹, HAN Bao-yu^{2**} (¹*Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China*; ²*Zhejiang Provincial Key Laboratory of Biometrology and Inspection & Quarantine, College of Life Sciences of China Jiliang University, Hangzhou 310018, China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, **30** (3): 564–568.

Abstract: In this study, different concentrations of methyl salicylate (MeSA) were sprayed on the tea plants in a nuisance-free tea garden, and yellow sticky trap was used to investigate the population densities of pests and their natural enemies. No significant effect was observed after 24 h MeSA treatment. However, after 48 h, there was a significant decline in the number of tea green leafhopper and a significant increase in the number of ladybug, spider, syrphid, and parasitoids, as compared with the control, which indicated that exogenous MeSA could induce the natural defense of tea plants to the pests, and further, affect the population densities of pest species and their natural enemies in tea garden.

Key words: tea plant; methyl salicylate; herbivorous pest; natural enemy.

植物在进化过程中对昆虫和病原菌危害形成了多种防御机制。当被植食性昆虫危害后, 植物释放的挥发性化合物 (volatiles organic compounds, VOCs) 的量会加大, 组分发生改变, 吸引捕食性和寄生性天敌从而形成间接防御反应 (Dudareva *et al.*, 2006; 蔡晓明等, 2008; 董文霞等, 2008; 张艳峰等, 2009; 迟国梁等, 2010)。近年来, 植物诱导抗性的研究报道较多, 尤其是昆虫取食诱导的植物间接防御, 已经成为新的研究热点。有关植物诱导抗性的基本特征、

理化机制、对昆虫的影响以及外源信息物质诱导植物抗虫性的作用机理等已进行了广泛的研究 (戈峰等, 1997; 郝德君等, 2008; 吴龙火等, 2008)。

水杨酸甲酯 (methyl salicylate, MeSA) 作为害虫诱导挥发物的一种, 已在数十种植物中得到证实 (Walling, 2000; James, 2003; De Boer & Dicke, 2004; Van den Boom *et al.*, 2004; Lee, 2010)。研究表明, MeSA 在激发植物的防御反应中也发挥着重要的作用 (Yang *et al.*, 1997)。外源 MeSA 处理烟草下部的叶片能够诱导顶部叶片产生免疫反应 (Park *et al.*, 2007), MeSA 缓施或喷雾处理, 能够诱导黑杨叶片内五倍子酸、香豆酸、咖啡酸、阿魏酸、安息香酸含量

^{*} 浙江省自然科学基金项目 (Y3100375, Y3090531) 和浙江省重大科技专项项目 (2008C12070, 2008C12079) 资助。

^{**} 通讯作者 E-mail: han-insect@263.net

收稿日期: 2010-08-23 接受日期: 2010-12-15

的升高(An *et al.* ,2006),水稻叶片内酚酸类物质(VA、CA、CMA、FA等)的积累(Bi *et al.* ,2007)。但关于MeSA应用于田间诱导植物产生互利素,吸引天敌产生间接防御的报道很少见。本实验通过在无公害茶园喷施不同浓度的MeSA水溶液,分析MeSA处理后对茶园害虫及其主要天敌的影响,以期茶树害虫无公害治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试茶园

实验于2007年6-10月在中国农业科学院茶叶研究所约0.5 hm²的无公害茶园中进行。茶树5年生,株高约1.2 m。自3月春茶采摘后定期进行修剪,但不喷施任何杀虫剂。

1.2 试验处理

MeSA 分别配制成0.1、0.2、0.4和0.8 mmol·L⁻¹

的水溶液(加入乳化剂),将每个浓度的MeSA溶液100 ml分别喷施于一株茶丛(50 cm×50 cm),并以加入乳化剂的清水为对照,每个处理间隔不少于10 m,每个处理重复5次。将2块双面涂有粘虫胶的黄色黏虫板分别悬挂于处理茶丛之上(粘虫板下缘略高于茶树顶端)和茶丛边1 m高处,另一块单面涂有粘虫胶的黄板置于茶丛根部地面上(捕捉游猎型蜘蛛等天敌)。于处理后24和48 h后调查每个粘虫板上的节肢动物的种类和数量。每隔10 d进行一次重复试验,共重复5次。

1.3 数据统计和处理

将调查的节肢动物分为植食性害虫、捕食性天敌和寄生性天敌3个类群,再鉴定至目、科和种。每个处理害虫和天敌的量为上、中、下3块粘虫板上的

表1 茶园中主要害虫及其天敌
Table 1 Main insects and natural enemies in tea garden

目	科	种数	种(或属)	目	科	种数	种(或属)
同翅目 Homoptera	叶蝉科	1	假眼小绿叶蝉		吉丁甲科	1	眼吉丁属
	Cicadellidae		<i>Empoasca vitis</i>		uperestidae		<i>Chrysobothris</i>
	粉虱科	1	黑刺粉虱		金龟甲科	1	铜绿丽金龟
	Aleyrodidae		<i>Aleurocanthus spiniferus</i>		carabaeidae		<i>Anomala corpulenta</i>
鳞翅目 Lepidoptera	蚜科	1	茶蚜	直翅目 Orthoptera	叶甲科	1	黑足角胸叶甲
	Aphididae		<i>Toxoptera aurantii</i>		Chrysomelidae		<i>Basilepta melanopus</i>
	蜡蝉科	1	茶蛾蜡蝉		蟋蟀科	1	油葫芦属
	Fulgoridae		<i>Geisha distinctissima</i>		Gryllidae		<i>Teleogryllus</i>
	尺蠖科	1	茶尺蠖	半翅目	盲蝽科	1	绿盲蝽
	Geometridae		<i>Ectropis obliqua</i>	Hemiptera	Miridae		<i>Apolygus lucorum</i>
	毒蛾科	2	茶黑毒蛾	膜翅目	茧蜂科	1	中华绒茧蜂
	Lymantriidae		<i>Dasyghira baibarana</i>	Hymenoptera	Braconidae		<i>Bracon chinensis</i>
			茶黄毒蛾		蚜茧蜂科	1	日本柄瘤蚜茧蜂
			<i>Euproctis pseudocon</i>		Aphididae		<i>Lysiphlebus japonicus</i>
	卷蛾科	1	茶小卷叶蛾	蜘蛛目	微蛛科	2	草间小黑蛛
	Totricidae		<i>Adoxophyes orana</i>	Arachnida	Erigohidae		<i>Erigonidium graminicolum</i>
	斑蛾科	1	茶斑蛾		漏斗蛛科		迷宫漏斗蛛
	Zygaenidae		<i>Eterusia aedea</i>		Agelenidae		<i>Agelena labyrinthica</i>
	夜蛾科	1	斜纹夜蛾	脉翅目	草蛉科	3	晋草蛉
	Noctuidae		<i>Spodoptera litura</i>	Neuroptera	Chrysopidae		<i>Chrysopa shansiensis</i>
	细蛾科	1	茶细蛾				大草蛉
	Gracilariidae		<i>Caloptilia theivora</i>				<i>Chrysopa septempunctata</i>
	蓑蛾科	1	茶褐蓑蛾				中华草蛉
	Pychidae		<i>Mahasena colona</i>				<i>Chrysopa sinica</i>
鞘翅目 Coleoptera	刺蛾科	1	茶刺蛾	螳螂目	螳螂科	1	中华大螳螂
	Eucleridae		<i>Iragoides Fasciata</i>	Mantodea	Mantidae		<i>Parattenodera sinensis</i>
	尖翅蛾科	1	茶梢蛾	双翅目	食蚜蝇科	2	门氏食蚜蝇
	Cosmopterygidae		<i>Parametriotes theae</i>	Diptera	Syrphidae		<i>Sphaerophoria menthastri</i>
	瓢虫科	3	龟纹瓢虫		寄蝇科	1	松毛虫小盾寄蝇
	Coccinellidae		<i>Propylea japonica</i>		Tachinidae		<i>Nemosturmia amoena</i>
			异色瓢虫		食虫虻科	1	中华盗虻
			<i>Leis axyridis</i>		Asilidae		<i>Ommatius chinensis</i>
			刀角瓢虫	蜚蠊目	瘿螨科	1	茶橙瘿螨
			<i>Serangium japonicum</i>	Acarina	Eriophyidae		<i>Acaphylla theae</i>
	象甲科	1	茶丽纹象甲				
	Curculionidae		<i>Myloccerinus aurolineatus</i>				
	叩头甲科	1	茶锥尾叩甲				
	Eleteridae		<i>Agriotes sericotus</i>				

数量之和。以单因素方差分析 (ANOVA) 和 Duncan 多重比较分析不同处理间的差异 ($\alpha=0.05$)。

2 结果和分析

2.1 茶园主要节肢动物群落组成

实验中共发现 11 目 37 个种 (或属) 的节肢动物种群 (表 1), 其中植食性昆虫 22 个种 (属), 假眼小绿叶蝉是其中的主要种群, 占植食性昆虫总数的 80% 以上; 天敌 15 种 (属), 其中以瓢虫、食蚜蝇、蜘蛛、食虫虻、寄生蜂和寄蝇数量较大。

2.2 MeSA 处理对茶园主要亚群落种群数量的影响

如表 2 所示, MeSA 处理 24 h 后, 茶树挥发物对植食性害虫表现出了一定的驱避作用, 而对茶园主要捕食性和寄生性天敌则表现出了一定的诱集作用。随着处理剂量的升高, 植食性害虫的数量逐渐

减少。0.4 mmol · L⁻¹ 处理捕食性天敌的数量略高于其他处理, 0.2 mmol · L⁻¹ 处理寄生性天敌的数量较大, 但与对照间差异均不显著。在害虫的测报与防治工作中, 需要考虑天敌的控制能力, 以决定是否需对害虫进行防治或决定相应的防治措施, 天敌与害虫的数量比即“益害比”是衡量天敌控制能力的重要指标 (夏楚贵, 1992)。0.2 和 0.4 mmol · L⁻¹ 处理的益害比分别为 1 : 8.7 和 1 : 8.5 略大于其他浓度处理和对照。

MeSA 处理 48 h 后, 对植食性害虫的驱避作用和对天敌的诱集作用明显加强。0.4 和 0.8 mmol · L⁻¹ 处理植食性害虫的数量明显低于对照 ($P<0.05$), 0.2 和 0.4 mmol · L⁻¹ 处理捕食性天敌和寄生性天敌的数量都显著高于对照 ($P<0.05$)。0.4 mmol · L⁻¹ 处理的益害比 (1 : 6.4) 明显大于对照 (1 : 16.2) ($P<0.05$)。

表 2 外源 MeSA 处理对茶园主要节肢动物亚群落种群密度的影响
Table 2 Effect of exogenous MeSA on population density of arthropod sub-communities in tea garden

MeSA 浓度 (mmol · L ⁻¹)	处理时间 (h)	植食性害虫	捕食性天敌	寄生性天敌	合计	益害比
对照	24	338.2±23.7	6.5±2.3	13.8±3.8	358.5±29.5	1 : (16.7±2.3)
	48	586.6±34.3	13.8±3.5	22.3±2.7	622.7±41.2	1 : (16.2±1.9)
0.1	24	305.3±15.6	9.4±1.8	17.5±3.1	332.2±19.6	1 : (11.3±1.2)
	48	515.7±26.9	13.2±3.1	33.4±2.9	562.3±30.3	1 : (11.1±2.2)
0.2	24	298.8±21.2	11.0±2.6	23.2±3.4	333.1±23.8	1 : (8.7±0.7)
	48	436.3±19.5	18.8±4.3 *	40.4±6.5 *	495.5±30.2	1 : (7.4±0.5)
0.4	24	273.6±23.7	12.7±2.2	19.4±3.6	305.7±28.4	1 : (8.5±0.7)
	48	332.3±15.8 *	15.6±1.4 *	36.5±5.2 *	384.4±22.5	1 : (6.4±0.4) *
0.8	24	259.6±18.3	8.8±0.9	15.2±3.3	283.6±23.2	1 : (10.8±1.1)
	48	327.5±18.7 *	12.1±1.2	34.6±4.4	421.7±24.6	1 : (7.0±1.4)

数据为平均值±标准误 (N=25); 同列数据后 * 代表与对照间差异达到显著水平 ($P=0.05$), 采用了 Duncan's 多重比较。

2.3 MeSA 处理对假眼小绿叶蝉的驱避作用

MeSA 处理 24 h 后, 假眼小绿叶蝉的数量略低于对照 (189±60) 头 · 0.25 m⁻², 但差异不显著 (图 1)。处理 48 h 后, 0.4 和 0.8 mmol · L⁻¹ 处理假眼小绿叶蝉的数量分别为 (171±52) 和 (167±45) 头 · 0.25 m⁻², 明显小于对照 (281±97) 头 · 0.25 m⁻² ($P<0.05$), 0.1 和 0.2 mmol · L⁻¹ 处理假眼小绿叶蝉的数量也低于对照, 但差异不显著 (图 1)。

2.4 MeSA 处理对茶园主要天敌的诱集作用

MeSA 处理茶树 24 h 后, 与对照相比, 茶园中主要天敌种群瓢虫 (龟纹瓢虫, 异色瓢虫和刀角瓢虫等)、蜘蛛、寄生蜂、寄蝇等的数量有所增加, 但除 0.2 mmol · L⁻¹ 处理对瓢虫表现出明显的诱集作用外, 其余与对照间差异不显著 (图 2)。

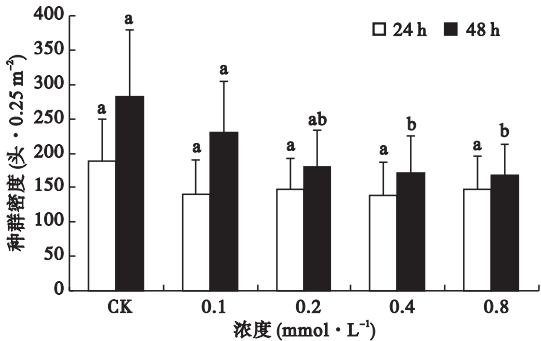


图 1 外源 MeSA 处理对茶园假眼小绿叶蝉种群密度的影响
Fig.1 Effect of exogenous MeSA on population density of tea green leafhopper in tea garden
不同字母表示同一处理不同浓度之间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

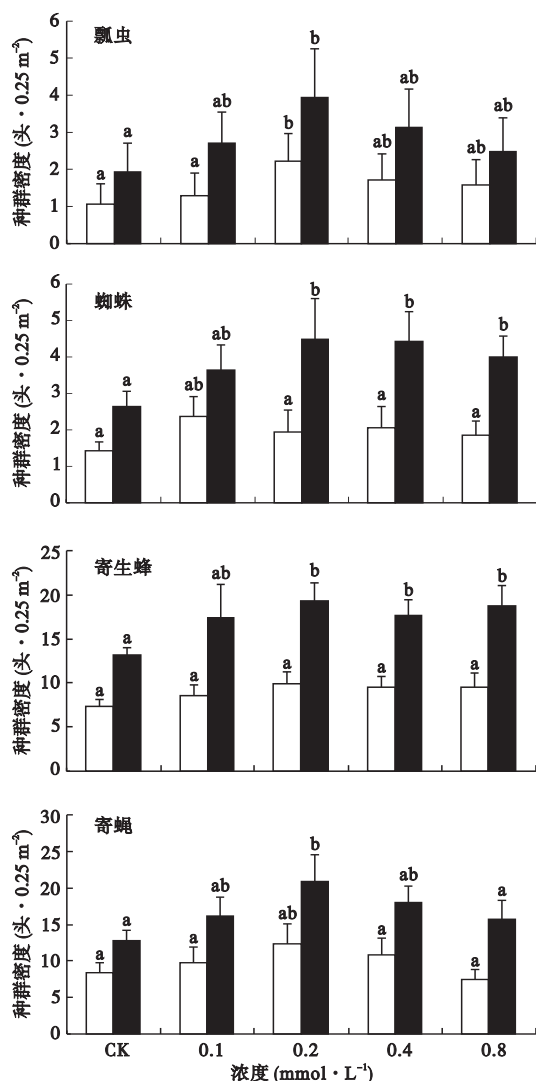


图2 外源 MeSA 处理对茶园主要天敌种群密度的影响
Fig.2 Effect of exogenous MeSA on population density of natural enemies in tea garden

MeSA 处理 48 h 后,对天敌种群的诱集作用显著加强。0.1、0.2 和 0.4 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 3 个处理对茶园瓢虫种群表现出了较强的诱集作用,以 0.2 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理效果最为明显,与对照差异显著 ($P < 0.05$),0.2、0.4 和 0.8 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 3 个处理蜘蛛和寄生蜂的数量明显高于对照 ($P < 0.05$),0.4 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理对寄蝇的诱集作用显著高于对照 ($P < 0.05$, 图 2)。

3 讨论

水杨酸(salicylic acid, SA)是植物体内普遍存在的化合物,在植物防御中扮演多重的角色,某些虫害引起植物对害虫的防御反应与 SA 的积累密切相关

(Mohase & Van der Westhuizen, 2002)。MeSA 是 SA 的衍生物,由水杨酸羧基甲基转移酶(salicylic acid carboxyl methyltransferase, SAMT)催化 S-腺苷-L-甲硫氨酸(S-adenosyl-L-methionine, SAM)上的甲基转移到水杨酸的羧基上形成(Florence *et al.*, 2002; Mohase & van der Westhuizen, 2002)。最近研究表明,植物受攻击后,通过在感染部位制造出 SA 来激活防御机制。其中部分 SA 会转化成 MeSA,经导管运输到未感染部位,在 SABP2 蛋白的作用下重新形成 SA,进而激活该部位的防御机制(Park *et al.*, 2007)。因此,理论上外源施加的 MeSA 被植物体吸收后可以被转化成 SA,从而激活植物的防御反应(苗进等, 2007)。

本研究表明,外源 MeSA 处理后对茶园植食性害虫产生了明显的趋避作用,而对茶园内主要的捕食性和寄生性天敌表现出了显著的诱集作用。48 h 处理的总体效果好于 24 h 处理,这可能是由于,MeSA 诱导茶树挥发物的释放需要一定的时间,前期对假眼小绿叶蝉等害虫的趋避作用以及对茶园天敌的引诱作用,主要是喷施的 MeSA 蒸发产生的作用。很多研究表明,MeSA 对黑豆蚜(*Aphis fabae*)、小麦长管蚜(*Sitobion avenae*)以及禾谷溢管蚜(*Rhopalosiphum padi*)等有趋避作用(Hardie *et al.*, 1994; Petterson *et al.*, 1994; Ninkovic *et al.*, 2003);而对智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)、捕食性花蝽 *Anthrenus nemoralis* 和草蛉(*Chrysopa nigricornis*)有一定的引诱作用(Drukker *et al.*, 2000; Ozawa *et al.*, 2000; James *et al.*, 2003)。当茶树表面粘附的 MeSA 被茶树吸收后激发了茶树体内的防御反应,可能诱导产生了大量的挥发性互利素,在多种互利素的综合作用下,对茶园害虫的驱避作用和对蜘蛛等天敌的引诱作用得以明显加强。

参考文献

- 蔡晓明, 孙晓玲, 董文霞, 等. 2008. 虫害诱导植物挥发物(HIPVs): 从诱导到生态功能. 生态学报, **28**(8): 3969–3980.
- 迟国梁, 谭炳昌, 王建武. 2010. 斜纹夜蛾取食对 Bt 玉米挥发物组成和含量的影响. 应用生态学报, **21**(4): 1007–1013.
- 董文霞, 张峰, 方宇凌, 等. 2008. 烟蚜茧蜂对蚜虫信息素及烟草挥发物的触角电位反应. 生态学杂志, **27**(4): 591–595.

- 戈 峰, 邱业先, 王国红, 等. 1997. 松树受害后一些化学物质含量的变化及其对马尾松毛虫种群参数的影响. 昆虫学报, **40**(4): 337–342.
- 郝德君, 杨剑霞, 戴华国. 2008. 松墨天牛化学生态学. 生态学杂志, **27**(7): 1227–1233.
- 苗 进, 李国平, 韩宝瑜. 2007. 水杨酸和水杨酸甲酯在植物抗虫中的作用及机制研究进展. 热带作物学报, **28**(1): 111–114.
- 吴龙火, 李 庆, 杨群芳, 等. 2008. 禾谷缢管蚜取食5种山羊草的诱导抗性. 植物保护, **41**(1): 102–107.
- 夏楚贵. 1992. 对害虫具自然控制能力的益害比指标模型研究. 生态学杂志, **11**(3): 22–27.
- 张艳峰, 谢映平, 薛皎亮, 等. 2009. 茉莉酸甲酯和日本龟蜡蚧诱导柿树挥发物对红点唇瓢虫的吸引. 林业科学, **45**(1): 90–96.
- An Y, Shen YB, Wu LJ, *et al.* 2006. A change of phenolic acids content in poplar leaves induced by methyl salicylate and methyl jasmonate. *Journal of Forestry Research*, **17**: 107–110.
- Bi HH, Zeng RS, Su LM, *et al.* 2007. Rice allelopathy induced by methyl jasmonate and methyl salicylate. *Journal of Chemical Ecology*, **33**: 1089–1103.
- De Boer JG, Dicke M. 2004. The role of methyl salicylate in prey searching behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Journal of Chemical Ecology*, **30**: 255–271.
- Drukker B, Bruin J, Sabelis MW. 2000. Anthropoid predators learn to associate herbivore-induced plant volatiles with presence or absence of prey. *Physiological Entomology*, **25**: 260–265.
- Dudareva N, Negre F, Nagegowda DA, *et al.* 2006. Plant volatiles: Recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **25**, 417–440.
- Florence N, Natalia K, Joseph K, *et al.* 2002. Novel S-adenosyl-L-methionine: Salicylic acid carboxyl methyltransferase, an enzyme responsible for biosynthesis of methyl salicylate and benzoate, is not involved in floral scent production in snapdragon flower. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 261–270.
- Hardie J, Isaacs R, Pickett JA, *et al.* 1994. Methyl salicylate and (–)-(1R, 5S)-myrtenal are plant-derived repellents for black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae). *Journal of Chemical Ecology*, **20**: 2847–2855.
- James DG. 2003. Synthetic herbivore-induced plant volatiles as field attractants for beneficial insects. *Environmental Entomology*, **32**: 977–982.
- Lee JC. 2010. Effect of methyl salicylate-based lures on beneficial and pest arthropods in strawberry. *Environmental Entomology*, **39**: 635–660.
- Mohase L, van der Westhuizen AJ. 2002. Salicylic acid is involved in resistance responses to the Russian wheat aphid – wheat interaction. *Journal Plant Physiology*, **159**: 585–590.
- Ninkovic V, Ahmed E, Glinwood R, *et al.* 2003. Effects of two types of semiochemical on population development of the bird cherry oat aphid *Rhopalosiphum padi* in a barley crop. *Agricultural and Forest Entomology*, **5**: 27–34.
- Ozawa R, Shimoda T, Kawaguchi M, *et al.* 2000. *Lotus japonicus* infested with herbivorous mites emits volatile compounds that attract predatory mites. *Journal of Plant Research*, **113**: 427–433.
- Park SW, Kaimoyo E, Kumar D, *et al.* 2007. Methyl salicylate is a critical mobile signal for plant systemic acquired resistance. *Science*, **318**: 113–116.
- Petterson J, Pickett JA, Pye BJ, *et al.* 1994. Winter host component reduces colonization of summer hosts by the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae). *Journal of Chemical Ecology*, **20**: 2565–2574.
- Van Den Boom CEM, Van Beek TA, Posthumus MA, *et al.* 2004. Qualitative and quantitative variation among volatile profiles induced by *Tetranychus urticae* feeding on plants from various families. *Journal of Chemical Ecology*, **30**: 69–89.
- Walling LL. 2000. The myriad plant responses to herbivores. *Journal of Plant Growth Regulation*, **19**: 195–216.
- Yang Y, Shah J, Klessig DF. 1997. Signal perception and transduction in plant defense responses. *Genes and Development*, **11**: 1621–1639.

作者简介 苗 进,男,1977年生,博士,助理研究员。主要从事昆虫化学生态学方面的研究,发表论文10余篇。
E-mail: miaojin1977@163.com
责任编辑 刘丽娟
