

李 军, 梁广文, 郭 强, 等. 刺桐姬小蜂雌成虫对寄主植物挥发物的嗅觉行为反应[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(1): 55-59.

刺桐姬小蜂雌成虫对寄主植物挥发物的 嗅觉行为反应

李 军^{1,2}, 梁广文², 郭 强³, 蒋 露³, 戴建青¹, 韩诗畴¹

(1 广东省昆虫研究所, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广东 广州 510260;

2 华南农业大学 昆虫生态研究室, 广东 广州 510642; 3 深圳市野生动植物保护管理处, 广东 深圳 518008)

摘要:【目的】探明刺桐姬小蜂 *Quadrastichus erythrinae* Kim 对寄主植物的嗅觉行为反应。【方法】利用 Y 型嗅觉仪测定了刺桐姬小蜂对寄主植物 11 种挥发物(乙酸叶醇酯、4-溴丁醚苄酯、苯甲腈、1,2-二甲苯、 α -法呢烯、3-萜烯、奎诺二甲基丙烯酸酯、柏木烯醇、水杨酸甲酯、芳樟醇、法呢醇)的嗅觉行为反应。【结果和结论】刺桐姬小蜂雌成虫对刺桐属植物挥发物中的 11 种化合物均具有较强的行为反应;通过嗅觉反应率、选择反应率及选择系数的研究比较,明确了不同物质及不同浓度溶液对刺桐姬小蜂的行为影响;刺桐姬小蜂对寄主挥发物具有一定的嗅觉反应,而且随着各物质浓度的增大而趋于强烈;除苯甲腈外,其余化合物的选择反应率均在 50% 以上,而且随着化合物浓度的增大而增大;苯甲腈在原样和稀释 10 倍浓度时,刺桐姬小蜂呈负趋性,并且与其他化合物的反应差异显著。

关键词:刺桐姬小蜂;刺桐树;植物挥发物;行为反应

中图分类号:Q968.1 文献标志码:A 文章编号:1001-411X(2014)01-0055-05

The olfactory behavioral responses of *Quadrastichus erythrinae* Kim to volatiles of host plant *Erythrina* spp.

LI Jun^{1,2}, LIANG Guangwen², GUO Qiang³, JIANG Lu³, DAI Jianqing¹, HAN Shichou¹

(1 Guangdong Wild Animals Protection and Utilization Public Laboratory, Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China;

2 Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

3 Shenzhen Wildlife Conservation Management Department, Shenzhen 518008, China)

Abstract:【Objective】*Quadrastichus erythrinae* Kim is a new invasive pest on host plant *Erythrina* spp. in China. Investigation on interaction between the pest and its host plant can be helpful for developing control strategies. 【Method】The olfactory behavioral responses of the adult wasps toward eleven host plant volatiles were tested under the Y-type olfactometer. 【Result and conclusion】Adults of *Q. erythrinae* showed strong responses to all tested volatiles. Wasps displayed different behavioral responses to different substances in different concentrations. Different olfactory parameters, such as olfactory reactive rate, olfactory selective reactive rate, and olfactory selective coefficient were used to value the wasps' responses. The selective reaction rates of volatiles were above 50% except for compounds of benzonitrile, which became more intense with the increase of compound concentration. The adult wasps were negatively chemotactic when under the concentration of unvarnished benzonitrile and 10-fold diluted benzonitrile, which showed significant differences compared with other volatiles.

收稿日期:2013-01-16 优先出版时间:2013-11-07
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20131107.1609.011.html>
作者简介:李 军(1976—),男,助理研究员,博士, E-mail: junlee100@163.com;通信作者:韩诗畴(1957—),男,研究员, E-mail: Hansc@gdei.gd.cn
基金项目:广东省科技计划项目(2010B031000018);深圳市野生动植物保护管理处合作项目

Key words: *Quadrastichus erythrinae* Kim; *Erythrina* spp. ; volatile; behavioral response

刺桐姬小蜂 *Quadrastichus erythrinae* 属于姬小蜂科 Eulophidae 啮小蜂亚科 Tetrastichinae 跨姬小蜂属 *Quadrastichus*, 目前分布于毛里求斯、留尼旺、新加坡^[1]、夏威夷^[2]、以及中国的台湾^[3]、深圳、广州、厦门和三亚等地. 其专一为害具有重要观赏价值的刺桐属 *Erythrina* spp. 植物, 繁殖能力强, 成虫羽化不久即能交配, 雌虫先用产卵器刺破寄主表皮后将卵产于寄主新叶、叶柄、嫩枝或幼芽表皮组织内, 幼虫孵出后取食叶肉组织, 引起叶肉组织畸变, 受害部位逐渐膨大, 形成虫瘿. 该虫造成寄主受害部位出现畸形、肿大、生长点坏死, 形成的虫瘿还影响光合作用, 严重时引起植物大量落叶, 植株死亡, 造成重大经济损失.

昆虫主要利用植物挥发性物质进行寄主定位, 这是其在长期的进化中对环境适应的结果. 为了探明植物挥发物对昆虫的引诱作用及其有效成分, 人们进行了相关方面的研究^[4-7]. 本研究为了弄清刺桐姬小蜂对刺桐树挥发物不同浓度化合物的行为反应, 对在寄主植物上测定到的化学成分(另文发表), 利用自行设计的 Y 型嗅觉测定仪测定刺桐姬小蜂对刺桐属植物挥发物的嗅觉反应, 为刺桐姬小蜂的防治提供理论依据.

1 材料与方法

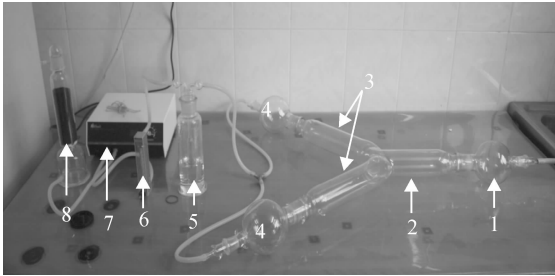
1.1 试验材料和装置

刺桐姬小蜂成虫采自广州市大学城绿化行道树刺桐 *Erythrina* spp. 东方变种, 取虫瘿叶带回实验室置人工气候箱(温度 25 ℃、相对湿度 75%、光照周期为 12 h 光: 12 h 暗)进行饲养, 羽化后挑选触角、附肢等完好无损、活性强的雌性成虫作为供试材料.

选取刺桐姬小蜂危害较为严重的刺桐东方变种、金脉刺桐 *Erythrina variegata* ‘*parcellii*’ 及危害较轻的龙牙花 *Erythrina corallodendron* 作为试验材料, 从这些植物中萃取挥发物标样进行趋性试验, 主要有 4-溴丁醚苄酯、1,2-二甲苯、3-萜烯、乙酸叶醇酯、苯甲腈、 α -法呢烯、奎诺二甲基丙烯酸酯、柏木烯醇、芳樟醇、水杨酸甲酯和法呢醇. 另外稀释试剂用正己烷, 清洗用丙酮.

试验装置 Y 型嗅觉仪在 Honda^[8] 的基础上加以改进, 包括 Y 型嗅觉仪主体、试流量计、水过滤装置、气泵(Qc-1 型大气采样仪)、活性炭过滤器, 各部分

之间用硅胶管相连接, 如图 1 所示. Y 形嗅觉仪臂长 30 cm, 适应臂长 30 cm, 内径 6.0 cm, 两臂夹角 75°, 口均为标准磨口. 其中气泵为空气的流动提供动力; 活性炭装置可过滤空气中可能的干扰水分; 水过滤装置可湿润空气.



1: 放虫室; 2: 昆虫适应臂; 3: 测试臂; 4: 样品室; 5: 水过滤空气装置; 6: 流量计; 7: 气泵; 8: 活性炭过滤装置.

图 1 刺桐姬小蜂嗅觉测定装置

Fig. 1 The olfactometer for *Quadrastichus erythrinae*

1.2 试验方法

刺桐姬小蜂成虫对刺桐树挥发物的趋性试验方法参照陈华才等^[9]的方法并略加改动. 为减少自然光的变化对趋性试验的影响, 试验时在 Y 形管上方 20 cm 处安置一 30 W 日光灯. Y 形管两臂分别与味瓶相连. 在气流进入味源瓶前先经过一个活性炭过滤器和一个蒸馏水瓶, 以净化空气和增加空气湿度. 每种挥发性物质均由正己烷稀释, 配制成倍数为 10 ×、100 ×、1 000 ×、10 000 × 和原液 5 种浓度系列样品, 然后将处理样品和对照溶剂(正己烷)各 100 μL 分别滴于 2 张小滤纸片上(2 cm × 4 cm). 将滴有待测物质的滤纸条放入嗅觉测定装置的样品室中, 将滴加对照溶剂的同样规格的滤纸条放入另一侧测试臂的样品室中作为对照. 打开气泵, 调节气流 300 mL/min, 试验前先行通 15 min, 然后对刺桐姬小蜂分别进行趋性试验, 在放虫室放入 10 头刺桐姬小蜂, 20 min 后分别记录进入或停留在测试臂、对照测臂、适应臂及放虫室的虫数. 以刺桐姬小蜂飞出或爬行超过某臂 1/3 处, 并持续 3 min 以上或一直到达出口的记做对该气味源有趋性反应, 如 5 min 后仍未作出选择, 则记为不反应.

每个处理设 3 个重复, 每测完 1 个重复后, 用丙酮清洗嗅觉测定仪的内臂, 然后用蒸馏水冲洗干净, 最后用吹风机吹干, 以消除上述味源残留, 同时互换引诱臂和对照臂, 调整测定仪的摆放方向, 以消除昆

虫趋光性对试验结果的可能影响.

1.3 数据处理与统计

根据以下3个公式分别计算反应率、选择反应率和选择系数^[10-11]:

反应率 = $\frac{\text{味源管中虫数量} + \text{对照管中虫数量}}{\text{测试虫总数量}} \times 100\%$,

选择反应率 = $\frac{\text{味源管中虫数量}}{\text{味源管中虫数量} + \text{对照管中虫数量}} \times 100\%$,

选择系数 = $\frac{\text{味源管中虫数量} - \text{对照管中虫数量}}{\text{味源管中虫数量} + \text{对照管中虫数量}} \times 100\%$.

如果选择系数 > 0, 表示该试虫对味源物质有吸引作用, 数值越大, 吸引力越强, 最大值为 1; 当选择系数 < 0 时, 表示该试虫对味源具有驱避性.

数据统计采用 SPSS13.0 软件, 用 Duncan's 法对各样品间进行显著性检验.

2 结果与分析

2.1 刺桐姬小蜂雌成虫对植物挥发性物质的行为反应

将刺桐姬小蜂雌成虫放入放虫室后, 一般情况下该虫在放虫室壁上爬行、跳跃或短暂飞行, 偶尔会停下来不断地用触角探索, 有些静止不动.

当其爬到适应臂与 2 个测试臂交汇处时, 大多数刺桐姬小蜂在放慢爬行速度的同时不断摆动触

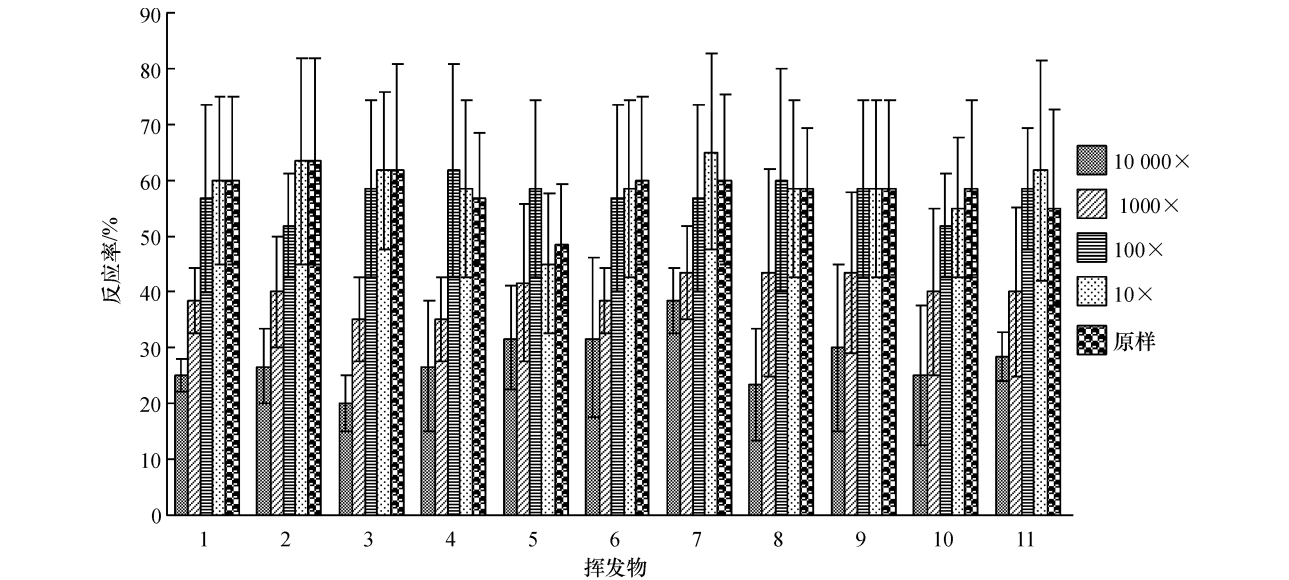
角. 一般在 1 个或 2 个测试臂来回爬行, 最终分别停留在味源臂、对照臂或在附近活动. 个别刺桐姬小蜂会很快直接爬至味源的样品室, 在放有样品的滤纸条上来回爬行; 也有的刺桐姬小蜂在适应臂和测试臂爬行几个回合后, 会回到放虫室附近活动.

2.2 刺桐姬小蜂雌成虫对不同浓度刺桐树挥发物的嗅觉反应

由图 2 可知, 刺桐姬小蜂雌成虫对刺桐树挥发物具有一定的嗅觉反应, 虽然各浓度对该虫引起的反应差异不显著, 但是从图 2 中可以看出, 随着浓度的增加, 整体的反应趋于强烈.

除苯甲腈外, 刺桐姬小蜂雌成虫对刺桐树挥发物的其余 10 种化合物的不同浓度溶液的选择反应率, 均在 50% 以上 (图 3), 且基本上随着化合物的浓度增大而增大. 苯甲腈正好相反, 当浓度增大时, 刺桐姬小蜂的反应率反而减小, 并且与其他化合物的反应差异显著 ($P < 0.05$).

由图 4 可知, 刺桐姬小蜂雌成虫对不同挥发物不同浓度的选择系数表现的趋性不尽相同. 基本上表现为选择系数随着化合物浓度的增加而增大. 当苯甲腈稀释为 $10\,000\times$ 、 $1\,000\times$ 、 $100\times$ 溶液时, 刺桐姬小蜂的选择系数为正值, 说明表现为正趋性, 在稀释为 $10\times$ 溶液或不稀释的原样时, 选择系数为负值, 表明刺桐姬小蜂表现为负趋性, 即对该虫具有趋避性. 在图 4 中还可以看出, 刺桐姬小蜂对这几种受害的刺桐树中释放的挥发物均有较强的选择性.



1:4-溴丁酰苄酯;2:1,2-二甲苯;3:3-萜烯;4:乙酸叶醇酯;5:苯甲腈;6:α-法呢烯;7:奎诺二甲基丙烯酸酯;8:柏木烯醇;9:芳樟醇;10:水杨酸甲酯;11:法呢醇.

图2 刺桐姬小蜂雌成虫对刺桐树挥发物不同浓度的嗅觉反应率

Fig. 2 The olfactory reactive rate of female *Quadrastichus erythinae* to various volatiles of *Erythrina* spp. under different concentrations <http://xuebao.scau.edu.cn>

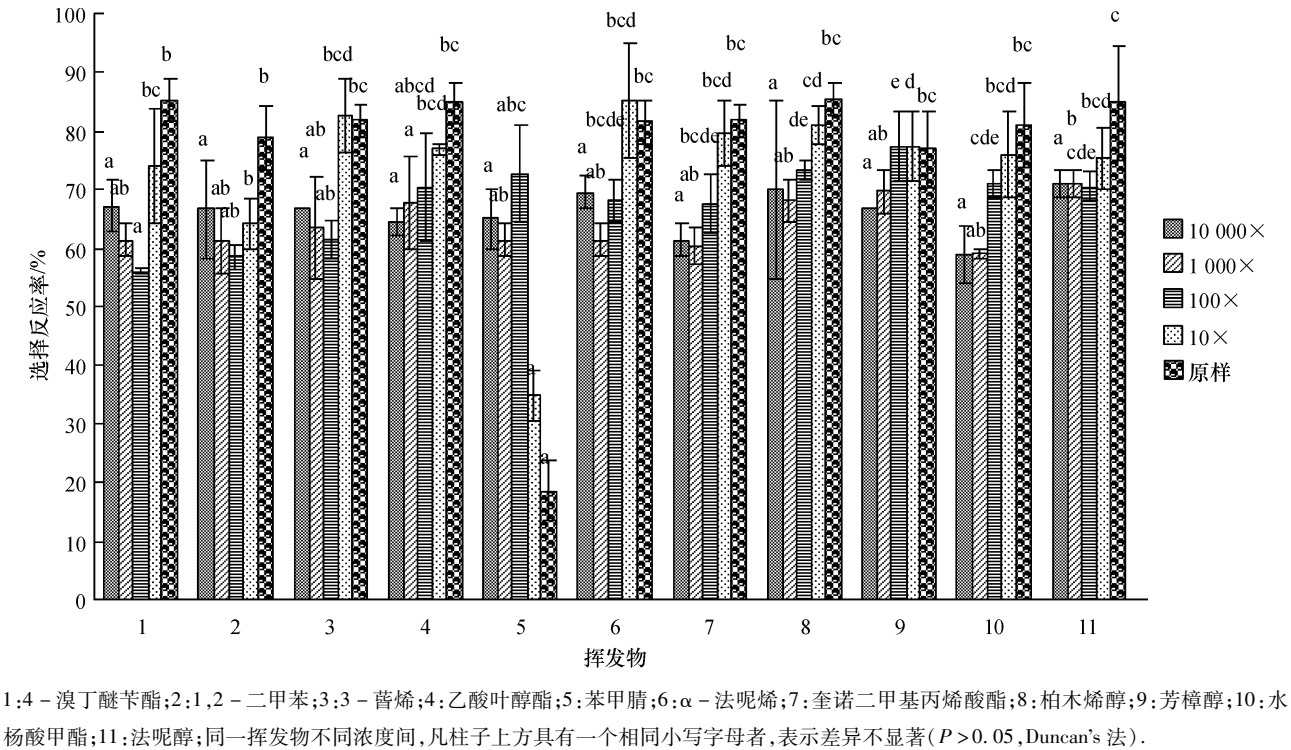


图 3 刺桐姬小蜂雌成虫对刺桐树挥发物不同浓度的嗅觉选择反应率

Fig. 3 The olfactory selective reactive rate of female *Quadrastichus erythinae* to various volatiles of *Erythrina* spp. under different concentrations

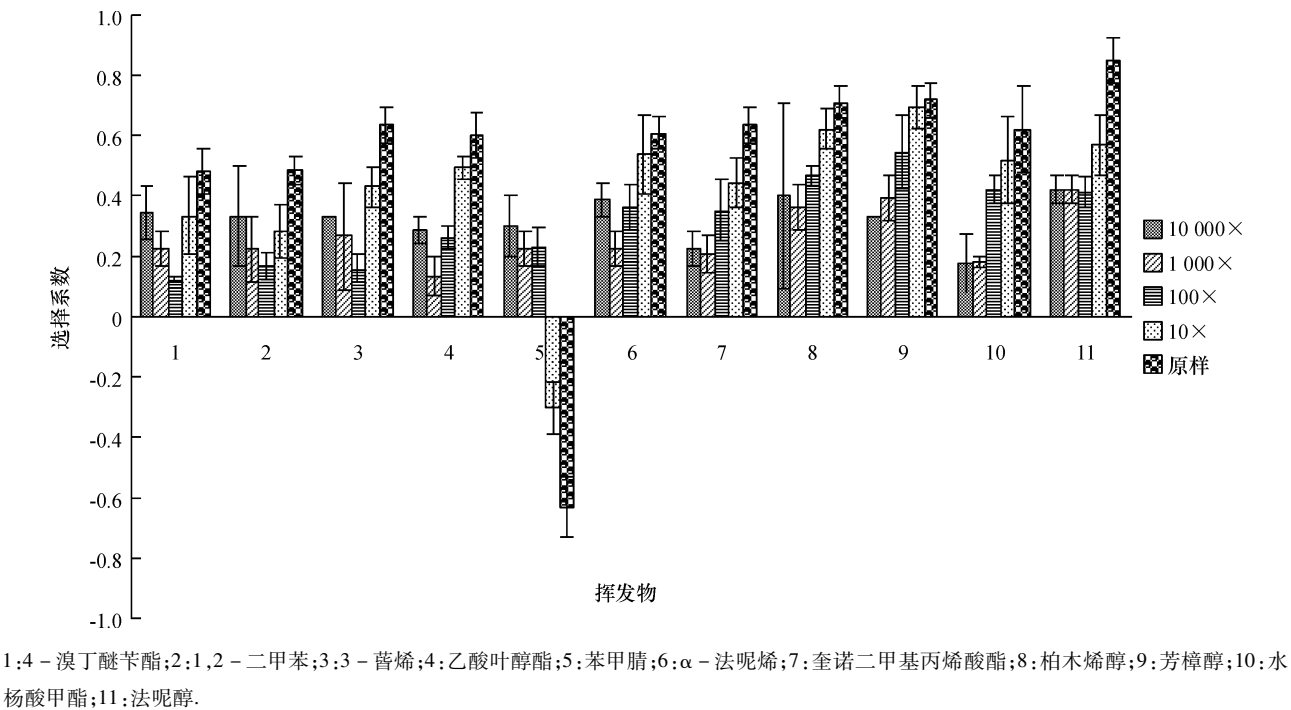


图 4 刺桐姬小蜂雌成虫对刺桐树挥发物不同浓度的嗅觉选择系数

Fig. 4 The olfactory selective coefficient of female *Quadrastichus erythinae* to the various volatiles of *Erythrina* spp. under different concentrations

3 讨论与结论

植物挥发物对刺桐姬小蜂雌成虫的行为反应的研究和分析,能够揭示刺桐姬小蜂寄主定位与植物

的相互关系. 如通过人为来干扰降低害虫对目标寄主的搜寻,放置挥发物使得其搜寻时间延长,从而降低其寄生率. 所以,研究植物挥发物具有重要科学意义和应用价值^[12].

昆虫对挥发性化学物质的行为反应分为正、负趋性。正趋性表明该物质对昆虫具有吸引作用,而负趋性则与之相反,说明该化合物对昆虫具有趋避作用。试验表明,刺桐姬小蜂对寄主植物释放的挥发物具有较强的趋性,不同的刺桐树挥发物对刺桐姬小蜂雌成虫所引起的行为反应不同。同一挥发物的不同浓度所引起的刺桐雌成虫的行为反应也存在一定差异。比如在刺桐东方变种中释放的 3-萜烯等几种物质都对刺桐姬小蜂雌成虫具有较大的正趋性,反应率在 25% 以上,最小的选择反应率也在 60% 左右,并且随着浓度的增大,趋性也逐渐增强,充分说明寄主的这些挥发物在刺桐姬小蜂的寄主选择过程中发挥着重要的作用。而苯甲腈在浓度稀释 10 倍和原样($\varphi \geq 99\%$)时对该虫呈负趋性,说明可能部分挥发物组分在量上对该虫的取食危害存在着一定的调节,因此可以理解为何该虫对不同品(变)种刺桐树具有不同的喜好。经前期研究发现,每种刺桐树都释放了比较多的挥发物,未受危害的本地刺桐树所释放的挥发物在其他受害刺桐树中也存在,但有些挥发物却只存在于受害树中。因此刺桐树所释放的挥发物是许多化合物的混合物,因为化学信息素是按一定比例组成一个能被寄生蜂识别的化学指纹图。在自然状态下,能被寄生蜂所识别的化学信息素包括质量和数量是经常处于变化之中^[13-15]。但是,目前对寄生蜂如何识别化学指纹图中的有效组分以及识别过程了解得非常少,这就需要多学科协作,其中包括化学指纹图的成分分析、行为试验和神经生理反应等。然而对该虫以上的研究仅限于刺桐姬小蜂对单体化合物行为反应的研究,刺桐姬小蜂对各物质以各种比例相互混合后的行为反应在本研究未能阐述;同时如何更好地利用植物挥发物对刺桐姬小蜂行为进行调控,使之达到更加理想的生物防治效果,都还有待下一步深入研究。

参考文献:

[1] KIM I K, DELVARE G, SALLE J L. A new species of *Quadrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae): A gall-inducing pest on *Erythrina* (Fabaceae) [J]. *J Hym Res*, 2004,13(2):243-249.

[2] RONALD A H, DICK M T, WALTER T N, et al. *Erythrina* gall wasp, *Quadrastichuse erythrinae* Kim (Hymenopter-

a: Eulophidae): State of Hawaii Department of Agriculture, New Pest Advisory[EB/OL]. [2010-09-01]. <http://hawaii.gov/hdoa/pi/ppc/npa-1/npa05-03-EGW>.

[3] YANG Manmiao,TUNG Genesheng,WU Mengling, et al. Outbreak of erythrina gall wasp on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan[J]. *Plant Prot Bull*,2004,46:391-396.

[4] 严善春,孙江华,迟德富,等. 植物挥发性物质对落叶松球果花蝇的驱避效果[J]. *生态学报*,2003,23(2):314-319.

[5] 郭雪飞,殷慧伟,严善春,等. 植物挥发气味物质成分的收集与分析[J]. *东北林业大学学报*,1997,25(5):105-108.

[6] 邱鸿贵,何丽芬,沈伯钧,等. 螟长距茧蜂对植物挥发物质的行为反应[J]. *昆虫学报*,1989,32(2):129-135.

[7] 李军,韩诗畴,李水泉,等. 刺桐姬小蜂对几种挥发物的嗅觉反应[C] // 第三届全国生物入侵大会论文摘要集:全球变化与生物入侵. 北京:中国植物保护学会生物入侵分会,2011:284.

[8] HONDA T, KAINOH Y, HONDA H. The persistence of a learned response in the egg-larval parasitoid *Ascogaster reticulatus* Watanabe (Hymenoptera: Braconidae) [J]. *Entomol Sci*,1999,2(3):335-340.

[9] 陈华才,姜永根,程家安. 寄主昆虫及被害水稻的挥发物对螟蛉绒茧蜂寄主选择行为的影响[J]. *浙江大学学报:农业与生命科学版*,2003,29(1):18-23.

[10] 严善春,程红,杨慧,等. 青杨脊虎天牛对植物源挥发物的 EAG 和行为反应[J]. *昆虫学报*,2006, 49(5): 759-767.

[11] 丁红建,吴才宏. 用于昆虫嗅觉行为研究的四臂嗅觉仪的设计、制作和应用[J]. *昆虫知识*,1996,33(4):241-243.

[12] 郭祥令,何余容,潘飞,等. 植物挥发物在寄生蜂寄主定位中的作用[J]. *中国生物防治学报*,2011,27(3):388-393.

[13] VISSER J H. Differential sensory perceptions of plant compounds of by insects[M] // HEDIN P A. *Plant resistance to insects*. Washington DC: American Chemical Society,1983:215-230.

[14] VISSER J H. Host odor perception in phytophagous insects [J]. *A Rev Entomol*,1986, 31:121-144.

[15] HSIAO T H. Feeding behavior [M] // KERKUT G A, GILBERT L I. *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*. Oxford :Pergamon Press,1985: 471-512.

【责任编辑 霍 欢】