

赵海燕, 吉训聪, 陈海燕, 韦德卫, 林珠凤, 刘吉敏. 前裂长管茧蜂对不同抗性寄主的寄生特性研究, 2019, 46(11): 98-103.

## 前裂长管茧蜂对不同抗性寄主的寄生特性研究

赵海燕<sup>1</sup>, 吉训聪<sup>1</sup>, 陈海燕<sup>1</sup>, 韦德卫<sup>2</sup>, 林珠凤<sup>1</sup>, 刘吉敏<sup>2</sup>

(1. 海南省农业科学院植物保护研究所 / 农业农村部海口作物有害生物科学观测实验站 / 海南省植物病虫害防控重点实验室, 海南 海口 571100;

2. 广西农业科学院植物保护研究所 / 广西作物病虫害生物学重点实验室, 广西 南宁 530007)

**摘要:**【目的】明确前裂长管茧蜂对不同抗性水平桔小实蝇的选择趋性及抗性寄主品系对寄生蜂的生长发育特性。【方法】采用“Y”型嗅觉仪测试法和选择试验两种方法, 测定前裂长管茧蜂对桔小实蝇3种农药不同抗性品系的行为反应和寄生情况; 同时通过生物学观察试验, 研究裂长管茧蜂在桔小实蝇3种农药不同抗性品系上的幼虫发育历期。【结果】前裂长管茧蜂对桔小实蝇敌百虫、高效氯氟菊酯、阿维菌素抗性品系均无显著的趋向性选择; 前裂长管茧蜂对不同抗性品系桔小实蝇的寄生量也无显著差异; 前裂长管茧蜂在不同抗性寄主品系上的幼虫发育历期表现出雌雄差异性, 即雌虫在不同抗寄主品系上的幼虫发育历期均无显著差异, 而雄虫在高抗寄主品系上的幼虫发育历期显著短于中抗寄主品系和常规寄主品系。【结论】桔小实蝇不同农药抗性品系不影响前裂长管茧蜂的选择寄生, 但显著影响雄蜂的幼虫发育历期, 试验结果为田间科学释放利用前裂长管茧蜂防控桔小实蝇提供了理论基础。

**关键词:** 前裂长管茧蜂; 抗性品系; 选择行为; 寄生量

中图分类号: S476.3

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)11-0098-06

## Study on the Parasitic Characteristics of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) on Different Insecticide-resistant Strain Hosts

ZHAO Haiyan<sup>1</sup>, JI Xuncong<sup>1</sup>, CHEN Haiyan<sup>1</sup>, WEI Dewei<sup>2</sup>, LIN Zhufeng<sup>1</sup>, LIU Jimin<sup>2</sup>

(Institute of Plant Protection, Hainan Academy of Agricultural Sciences / Scientific Observation and Experiment Station of Crop Pests in Haikou, Ministry of Agriculture and Rural Affairs / Key Laboratory of Plant Disease and Pest Control of Hainan Province, Haikou 571101, China;

2. Institute of Plant Protection, Guangxi Academy of Agricultural Sciences / Guangxi Key Laboratory for Biology of Crop Diseases and Insect Pests, Nanning 530007, China)

**Abstract:**【Objective】The study was to clarify the selection tropism of *Diachasmimorpha longicaudata* on *Bactrocera dorsalis* Hendel with different resistance levels and the effects of insecticide-resistant host stains on the development characteristics of *D. longicaudata*.【Method】By means of “Y”-tube olfactometer testing and choice test, the behaviour response and parasitic capacity of *D. longicaudata* to three kinds of *B. dorsalis* Hendel insecticide-resistant strains were determined, and the larval development of *D. longicaudata* on these three strain hosts were

收稿日期: 2019-09-30

基金项目: 国家自然科学基金(地区)基金(31560531); 广西创新驱动发展专项(桂科AA17202017-2)

作者简介: 赵海燕(1983—), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为作物害虫生物防治, E-mail: haitianyiyan7611@163.com

通信作者: 刘吉敏(1980—), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向为农业害虫综合治理, E-mail: 751080218@qq.com

also investigated by biological observation test. 【Result】 The results showed that *D. longicaudata* had no significant selection tropism to *B. dorsalis* Hendel strains that resistant to trichlorphon, beta-cypermethrin and abamectin. Similarly, there was no significant difference in the parasitic number of *D. longicaudata* to different *B. dorsalis* Hendel resistant strains. The *D. longicaudata* on different resistant host strains showed sex differences in larval developmental duration, viz., there was no significant difference in the larval development duration of female wasps on different test host strains, while the developmental duration of male wasps on high resistant strains was significantly shorter than that on middle resistant strains and regular strains. 【Conclusion】 Different insecticide-resistant strains of oriental fruit fly had no significant effect on the parasitic rate of *D. longicaudata*, but showed significant influence on the developmental duration of male wasps. The test result can provide a theoretical basis for the effective control of oriental fruit fly by the use of the *D. longicaudata*.

**Key words:** *Diachasmimorpha longicaudata*; insecticide-resistant strain; selective tropism; parasitic number

【研究意义】桔小实蝇的寄生蜂种类据不完全统计约有70余种，前裂长管茧蜂 *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) 是至今用于控制压低桔小实蝇种群数量应用最广泛和最成功的一种。自20世纪30年代以来，该蜂被许多国家和地区陆续交互引进。但是在释放的过程中还存在许多问题，如寄生蜂扩散不理想、短期定殖率不高及田间寄生率较低等突出问题，其中对寄主的适应性是影响寄生蜂成功寄生的重要因素，本试验从抗性寄主对寄生蜂寄生行为的影响角度进行研究。【前人研究进展】1947—1952年夏威夷从菲律宾、马来西亚和印度等地引进32种实蝇天敌昆虫<sup>[1]</sup>，通过人为增殖释放可以将桔小实蝇种群数量降低95%左右，到1968年，前裂长管茧蜂 *D. longicaudatus* 与另外两种寄生蜂 *Fopis arisanus*、*F. vandenboschi* 在夏威夷定殖下来并维持一定的种群数量<sup>[2]</sup>。1961年阿根廷于从墨西哥引进该蜂，用于防治柑桔上的地中海实蝇 *Ceratitis capitata*，有效地使地中海实蝇种群数量下降40%，局部地区寄生率高达60%以上<sup>[3-4]</sup>。我国引进该蜂后，对其室内大量繁殖技术、生物学特性、储藏技术和田间释放技术等方面进行了研究，并取得了初步的成效<sup>[5-7]</sup>。【本研究切入点】桔小实蝇是一种潜食性害虫，一旦钻入寄主组织内，化学药剂很难达到理想的防治效果，由于农药的不合理使用，桔小实蝇已对多种药剂产生了严重的抗性<sup>[8-11]</sup>。寄主本身是寄生蜂寄生行为的重要因子，已有研究主要集中在寄主植物（或果实）、寄主本身释放挥发物对寄生蜂选择行为的影响<sup>[12-14]</sup>，而关于不同农药抗性品系对寄生蜂的影响尚未见报道。本试验以不同抗性品系桔

小实蝇为试验靶标，研究了前列长管茧蜂对不同抗性寄主品系的选择趋性、寄生特性及前裂长管茧蜂在不同抗性寄主品系上的幼虫发育历期，期为该蜂的田间释放奠定理论基础。【拟解决的关键问题】明确前列长管茧蜂对桔小实蝇不同农药及其抗性品系的选择趋性、该蜂对桔小实蝇不同抗性品系的寄生情况及该蜂在桔小实蝇不同抗性品系上的发育历期。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试前裂长管茧蜂：海南省农业科学院植物保护研究所室内饲养的试验种群。寄生蜂的饲养：将即将羽化出蜂的桔小实蝇蛹放入笼子（50 cm × 35 cm × 35 cm），每笼饲养300头左右的雌蜂，将接蜂盘（高2~3 mm培养皿，上面用孔径0.125 mm的白色滤布，用皮筋封住寄生盘，每盘含有幼虫80头左右）寄生24 h后取出。以10%蜂蜜水作为食物，并提供清水。

寄生蜂的繁殖、寄主饲养和试验均在温度26（±）1℃、湿度65%~75%、光照L：D=14h：10h的恒温室内进行。

### 1.2 试验方法

试验设常规品系（RS）以及常规品系中抗敌百虫（MTRS）、常规品系高抗敌百虫（HTRS）、常规品系中抗高效氯氰聚酯（MBCRS）、常规品系高抗高效氯氰聚酯（HBCRS）、常规品系阿维菌素抗性品系（ARS）6个处理。

供试不同抗性水平寄主的获取：敌百虫和高效氯氰菊酯高抗品系为连续经15代选育后获得；敌百虫和高效氯氰菊酯中抗品系为连续经9代选

育后获得, 抗阿维菌素品系为连续经 9 代选育后获得。

采用“Y”型嗅觉仪测定前裂长管茧蜂对不同抗性寄主的反应, 以自制的玻璃瓶作味源瓶。嗅觉仪的两臂及直管臂均长 10.0 cm, 内径 2.0 cm, 两臂夹角 75°。嗅觉仪置于前方敞开的透明的笼子内。“Y”型嗅觉仪两臂分别通过硅胶管与味源瓶相连。在气流进入味源瓶之前, 先经过一个活性炭过滤和一个蒸馏水瓶, 以净化空气和增加空气湿度。气泵连接在 Y 型嗅觉仪主臂上, 抽气速 500 mL/min, 测臂的气流量通过气体流量计控制在 250 mL/min。生测时, 通过指形管, 将寄生蜂逐头引入嗅觉仪的直管内, 然后观察记载 3 min 内寄生蜂的行为反应。选择标准如下: 当某蜂爬至出口处或超过某臂 1/2 处并持续 1 min 以上者, 记该蜂对该臂的气味源作出选择。如蜂引入后 5 min, 仍不做出选择, 则结束对该蜂的行为观察, 并记为不反应。整个生测过程在 26 (±1) °C 的室内进行。每测定 5 头, 调换嗅觉仪方位 1 次, 用以消除几何位置对寄生蜂行为可能产生的影响。每测定 10 头, 用 95% 乙醇清洗嗅觉仪并用吹风机吹干、冷却。每个处理共测 60 头蜂。当更换处理时, 用超声波清洗装置, 并用 95% 乙醇清洗、用烘箱烘干。试验于每天 9:00~16:00 进行。

选择性试验: 将不同抗性品系桔小实蝇幼虫 (三龄幼虫) 的接蜂盘同时放入试验笼 (80 cm × 80 cm × 80 cm) 内。每个抗性品系接蜂盘中幼虫数量为 80 头左右, 不同品系随机摆放, 各品系之间及与试验笼中心的距离基本一致, 笼子内放有 10% 蜂蜜水和清水, 为寄生蜂提供营养。然后分别引入产卵高峰期的寄生蜂 8 头, 寄生 24 h 后, 将幼虫移出, 分别放入一次性杯子中 (杯底铺有细沙), 用滤布 (孔径 0.125 mm) 封口。置于温室内, 直至蜂羽化, 观察并记录寄生蜂的羽化数量。试验设 10 次重复。

幼虫在不同抗性寄主上的发育历期: 将不同抗性品系桔小实蝇幼虫 (三龄幼虫) 的接蜂盘放入试验笼内, 寄生 3 h 后移出。观察记录前裂长管茧蜂发育历期及其性别, 每天早上 8:00、晚上 20:00 各观察一次, 每种抗性寄主观察记录 30 头。

### 1.3 统计分析方法

采用  $\chi^2$  检验分析前裂长管茧蜂对不同抗性品系桔小实蝇选择差异显著性。前裂长管茧蜂

在不同抗性寄主上的寄生数量及幼虫发育历期数据经 SPSS17.0 软件处理 General Linear Model 模块进行分析, 并进行 *Duncan's* 多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同抗药性品系桔小实蝇对前裂长管茧蜂选择行为的影响

通过“Y”型嗅觉仪, 测定前裂长管茧蜂对不同抗性品系桔小实蝇的选择趋性, 结果见图 1。从图 1 可以看出, 与常规品系相比, 前裂长管茧蜂对高抗敌百虫、中抗敌百虫、高抗高效氯氰菊酯、中抗高效氯氰菊酯、抗阿维菌素品系的寄主没有显著的选择偏好性。从数量上看, 前裂长管茧蜂更趋向于选择常规品系寄主, 但是没有达到显著水平。说明不同抗性品种及水平的寄主不影响前裂长管茧蜂寄生选择行为。

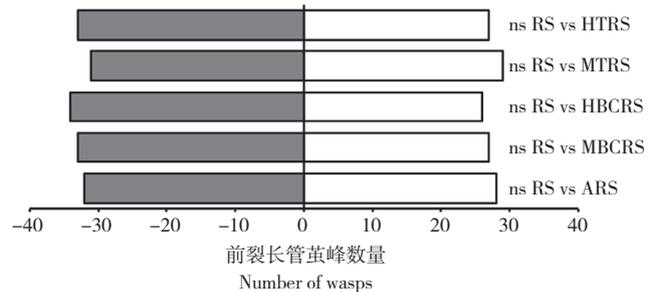


图 1 前裂长管茧蜂对不同抗性品系寄主的选择趋性  
Fig. 1 The selection tropism of *D. longicaudata* on different insecticide-resistant strain hosts

### 2.2 前裂长管茧蜂对不同抗性寄主的寄生特性

将不同抗性品系及常规品系寄主同时提供给前裂长管茧蜂, 供其寄生选择, 前裂长管茧蜂对各寄主的选择寄生情况见图 2。从图 2 可以

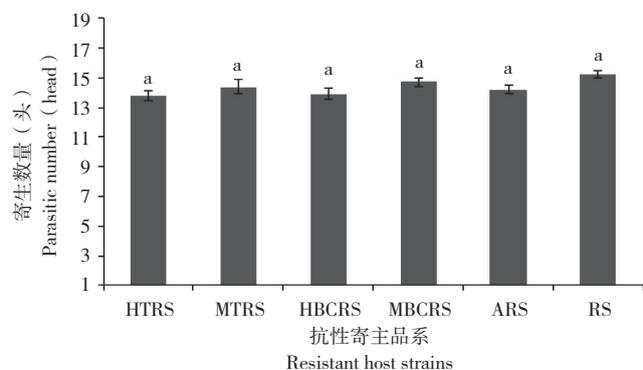


图 2 前裂长管茧蜂在不同抗性寄主的寄生数量  
Fig. 2 The parasitic number of *D. longicaudata* on different resistant host strains

看出, 前裂长管茧蜂对各抗性寄主的寄生数量各不相同, 数量最多的为常规品系, 平均为 15.2 ( $\pm 0.25$ ) 头, 最少的为高抗敌百虫品系, 平均为 13.8 ( $\pm 0.33$ ) 头, 但不同抗性品系被寄生的数量差异不显著, 这也进一步表明, 寄主的抗性对前裂长管茧蜂的选择行为没有显著影响, 前裂长管茧蜂对不同抗性寄主没有明显的偏好性。

### 2.3 抗性寄主对前裂长管茧蜂幼虫发育历期的影响

前裂长管茧蜂在不同抗性寄主上的幼虫发

育历期表现不同, 雌雄虫间也有显著差异(图3)。虽然前裂长管茧蜂雌虫在中抗敌百虫寄主品系上的幼虫发育历期显著长于高抗高效氯氰菊酯寄主品系, 但均与常规寄主品系无显著差异。前裂长管茧蜂雄虫幼虫发育历期在中抗敌百虫寄主品系和中抗高效氯氰菊酯寄主品系上最长, 分别为 16.42 ( $\pm 0.12$ ) d 和 16.52 ( $\pm 0.17$ ) d, 显著长于常规品系和其他测试品系, 其他测试品系与常规品系间无显著差异。

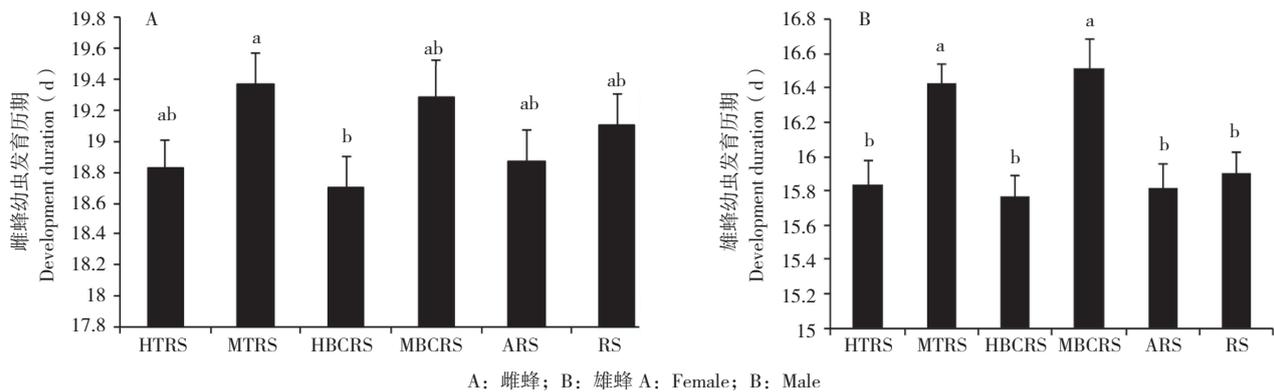


图3 前裂长管茧蜂在不同抗性寄主的幼虫发育历期

Fig. 3 Larval development duration of *D. longicaudata* on different resistant strains

## 3 讨论

寄主植物释放的化学物质虽然在寄主栖境定位中起重要作用, 但是寄主植物只是提供了寄主昆虫存在的可能, 寄生蜂要找到寄主昆虫, 还必须借助于寄主以及与它们相关的信息化合物来逐步缩小搜索范围, 从而成功繁衍后代。寄主幼虫所释放出来的各种化学物质能使寄生蜂精确定位到寄主, 这些化学物质广泛存在于幼虫的表皮、蜕皮、丝腺、上颚腺、血淋巴、粪便等<sup>[15]</sup>。潘洪生等<sup>[16]</sup>研究棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübne 1~5 龄寄主幼虫释放的挥发性物质对中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediato* 雌蜂选择性试验结果表明, 中红侧沟茧蜂对一龄和二龄棉铃虫幼虫的释放的挥发性物质有显著的趋向性, 对 3~5 龄棉铃虫幼虫释放的挥发物均没有明显的趋向行为反应。Ngi-Song 等<sup>[17-18]</sup>发现稻禾条螟 *Chilo partellus*、沿岸禾螟 *Chilo orichal cociliellus*、非洲大螟 *Sesamia calamistis* 等钻蛀性寄主害虫虫体释放的挥发性物质, 对螟黄足绒茧蜂 *Cotesia flavipes* 和大螟绒茧蜂 *Cotesia sesamiae* 选择趋向行为有显著影响, 寄生蜂可以通过虫体释放

的挥发性物质成功搜索定位到寄主。本试验中, 研究了不同桔小实蝇抗药性品系对前裂长管茧蜂选择趋向行为的影响, 结果发现, 虽然前裂长管茧蜂对选择常规品系寄主选择的数量较多, 但是抗性品系与常规品系之间没有达到显著差异。这可能是因为不同抗性品系桔小实蝇释放的信息化合物种类和数量没有改变或改变不大, 无法对前裂长管茧蜂的选择行为产生显著影响, 这为生产上进一步利用前裂长管茧蜂防治桔小实蝇提供了理论基础。

寄主植物的种类、品种和生长阶段对寄生蜂的选择行为也存在着一一定的影响<sup>[19]</sup>。赵海燕等<sup>[20]</sup>研究发现当桔小实蝇和瓜实蝇同时存在时, 蝇蛹蛹小蜂偏好选择桔小实蝇寄生。白蜡吉丁肿腿蜂 *Sclerodermus pupariae* Yang et Yao 能够寄生多种天牛和吉丁甲的幼虫, 且后代都能正常生长发育<sup>[21]</sup>。本研究通过非选择试验发现, 前裂长管茧蜂对不同抗性品系的桔小实蝇没有寄生差别, 这可能是因为抗药性的提高没有改变桔小实蝇本身的营养物质成分, 对前裂长管茧蜂后代的生长发育没有影响。

## 4 结论

前裂长管茧蜂是一种内寄生蜂，从卵期到成虫羽化前均在寄主体内完成，其生长发育所需要的物质主要依靠寄主。本试验结果表明，前裂长管茧蜂在高抗品系上的发育历期显著短于中抗品系和常规品系，在中抗品系和常规品系上差异不显著。这可能是因为随着寄主抗药性的增加，其体内组织、体液和营养物质的成分发生了改变，亦或是寄主不利的环境加速了寄生蜂的生长发育，其表型下的抗逆性机理还有待进一步深入研究。

人为增加害虫天敌种群数量是生物防治中的重要手段之一。人工增殖的天敌昆虫通常是经室内大量扩繁的种群，目前除了少数能用人工饲料饲养的天敌昆虫种类外，多半仍采用自然寄主饲喂天敌昆虫，其寄主多为长期驯化的敏感品系或单一品系。但是田间的实际情况却要复杂的多，不同地区甚至不同地块使用农药的种类和数量不尽相同，其抗性水平也就不同，目前关于人工增殖天敌（寄生蜂）对田间抗性寄主的寄生情况的研究鲜见报道。本研究发现桔小实蝇不同农药品种及不同抗性水平的抗性品系对前裂长管茧蜂的寄生选择无显著影响，但显著影响雄蜂的幼虫发育历期，该结果可为田间科学释放前裂长管茧蜂有效控制桔小实蝇和有效调控寄生蜂生长发育及寄生蜂与寄主的互作提供了理论依据和研究思路。由于物种的特异性，不同寄生蜂间的寄生特性存在差异，其他种类的寄生蜂对其抗性寄主的寄生特性还有待进一步研究。

### 参考文献 (References) :

- [1] CLAUSEN C P, CLANCY D W, CHOCK Q C. Biological control of the Oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel) and other fruit flies in Hawaii [M]. Washington D C: Technical Bulletin, 1965: 1322-1332.
- [2] SCHLISERMAN P, OVRUSKI S M, DE COLL O R. The establishment of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in Misiones, Northeastern Argentina [J]. *Florida Entomologist*, 2003, 86 (4): 491-492.
- [3] OVRUSKI S M, AND FIDALGO P. Use of parasitoids (Hym.) in the control of fruit flies (Dip.: Tephritidae) in Argentina: bibliographic review (1937-1991) [J]. *IOBC-WPRS Bulletin*, 1994, 17 (6): 84-92.
- [4] BARANOWSKI R, GLENN H, SIVINSKI J. Biological control of the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) [J]. *Florida Entomologist*, 1993, 76: 245-250.
- [5] 邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 曾玲. 前裂长管茧蜂对桔小实蝇的寄生效能研究 [J]. *华南农业大学学报*, 2009, 30 (2): 33-36.
- SHAO T, LIU C Y, CHEN K W, ZENG L. Parasitic effect of *Diachasmimorpha longicaudata* on *Bactrocera dorsalis* [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2009, 30 (2): 33-36.
- [6] 邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 曾玲. 前裂长管茧蜂个体发育研究 [J]. *环境昆虫学报*, 2008, 30 (2): 147-152.
- SHAO T, LIU C Y, CHEN K W, ZENG L. Ontogenesis of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30 (2): 147-152.
- [7] 王勇. 长尾潜蝇茧蜂寄生桔小实蝇机制的初步研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- WANG Y. Preliminary studies on parasitic mechanism of *Diachasmimorpha longicaudata* to *Bactrocera dorsalis* [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- [8] DHILLON M K, SINGH R, NARESH J, SHARMA N K. Influence of physicochemical traits of bitter melon, *Momordica charantia* L. on larval density and resistance to melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2005b, 129 (7): 393-399.
- [9] JIN T, ZENG L, LIN Y, LU Y, LIANG G. Insecticide resistance of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), in mainland China [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67 (3): 370-376. doi:10.1002/ps.2076.
- [10] 潘志萍, 曾玲, 陆永跃. 华南地区桔小实蝇对几种农药的抗性研究 [J]. *华南农业大学学报*, 2005, 26 (4): 22-26.
- PAM Z P, ZENG L, LU Y Y. Monitoring of resistance of oriental fruit fly adults to insecticides in South China [J]. *Journal of South China Agricultural University*. 2005, 26 (4): 22-26.
- [11] 姚其, 曾玲, 梁广文, 陆永跃. 高效氯氰菊酯不同汰选频度条件下桔小实蝇高抗品系抗药性发展动态 [J]. *环境昆虫学报*, 2017, 39(4): 791-799. doi: 10. 3969/j. issn.1674-0858. 2017. 04. 8.
- YAO Q, ZENG L, LIANG G W, LU Y Y. Dynamic of resistance of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) high-resistance strain under selection by beta-cypermethrin with different frequency [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (4): 791-799. doi: 10. 3969/j. issn.1674-0858. 2017. 04. 8.
- [12] SEGURA D F, VISCARRET M M, OVRUSKI S M, CLADERA J L. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*, to host and host-habitat volatile cues [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2012, 143 (2): 164-176.
- [13] 谷小红, 蔡普默, 杨晴阳, 季清娥, 陈家骅. 阿里山潜蝇茧蜂对橘小实蝇危害诱导水果挥发物的行为反应及主要成分分析 [J]. *环境昆虫学报*, 2017, 39 (4): 820-829. doi: 10. 3969/j. issn. 1674-0858. 2017. 04. 12.
- GU X H, CAI P M, YANG Q Y, JI Q E, CHEN J H. Behavioral responses of *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) to

- volatiles from fruits infested by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) and analysis of volatile components [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (4): 820–829. doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2017.04.12.
- [14] 赵海燕, 梁延坡, 林珠凤, 陆永跃, 梁广文. 蝇蛹俑小蜂对寄主及果实的趋性反应[J]. *生物安全学报*, 2016, 25 (2): 137–142. doi: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.02.010.
- ZHAO H Y, LIANG Y P, LIN Z F, LU Y Y, LIANG G W. Behavioural response of the parasitoid *Spalangia endius* (Walker) to host and fruit volatiles [J]. *Journal of Biosafety*, 2016, 25 (2): 137–142. doi: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.02.010.
- [15] 欧晓明. 控制寄生蜂行为的信息化合物[J]. *应用昆虫学报*, 1995 (5): 315–319.
- OU X M. Information compounds that control parasitic behavior [J]. *Entomological Knowledge*, 1995 (5): 315–319.
- [16] 潘洪生, 赵秋剑, 赵奎军, 张永军, 吴孔明, 郭予元. 中红侧沟茧蜂对不同龄期棉铃虫幼虫及其为害棉株的趋性反应[J]. *昆虫学报*, 2011, 54 (4): 437–442.
- PAN H S, ZHAO Q J, ZHOU K J, ZHANG Y J, WU K M, GUO Y Y. Responses of *Microplitis mediator* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) to different instar larvae of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) and damaged cotton plants [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2011, 54 (4): 437–442.
- [17] NGI-SONG A J, OVERHOLT W A, NJAGI P G, DICKE M, AYERTEY J N, LWANDE W. Volatile infochemicals used in host and host habitat location by *Cotesia flavipes* Cameron and *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), larval parasitoids of stemborers on gramineae [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1996, 22 (2): 307–323.
- [18] NGI-SONG A J, OVERHOLT W A. Host location and acceptance by *Cotesia flavipes* Cameron and *C. sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of african gramineous stemborers: Role of frass and other host Cues [J]. *Biological Control*, 1997, 9 (2): 136–142.
- [19] 郭祥令, 何余容, 潘飞, 王德森, 罗永丽. 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.
- GUO X L, HE Y R, PAN F, WANG D S, LUO Y L. Roles of plant volatiles on host location of parasitoids [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2011, 27 (3): 388–393.
- [20] 赵海燕, 陆永跃, 梁广文. 蝇蛹俑小蜂对桔小实蝇和瓜实蝇的偏好性[J]. *生物安全学报*, 2016, 25 (1): 35–38. doi: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.01.008.
- ZHAO H Y, LU Y Y, LIANG G W. Preference of the parasitoid *Spalangia endius* Walker to its hosts, *Bactrocera dorsalis* and *B. cucurbitae* [J]. *Journal of Biosafety*, 2016, 25 (1): 35–38. doi: 10.3969/j.issn.2095-1787.2016.01.008.
- [21] 武辉, 王小艺, 李孟楼, 杨忠岐, 曾繁喜, 王红艳, 白玲, 刘松君, 孙进, 白蜡吉丁肿腿蜂的生物学和生态学特性及繁殖技术研究[J]. *昆虫学报*, 2008, 51 (1): 46–54. doi: 10.16380/j.kcxb.2008.01.017.
- WU H, WANG X Y, LI M L, YANG Z Q, ZENG F X, WANG H Y, BAI L, LIU S J, SUN J. Biology and mass rearing of *Sclerodermus pupariae* Yang et Yao (Hymenoptera: Bethyridae), an important ectoparasitoid of the emerald ashborer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in China [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51 (1): 46–54. doi: 10.16380/j.kcxb.2008.01.017.

(责任编辑 杨贤智)