

桔小实蝇的寄生蜂及其应用

李夕英, 谭济才*, 宋东宝, 游兰韶

(湖南农业大学 生物安全科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 就桔小实蝇寄生蜂种类、生物学特性、寄主选择行为、农药对寄生蜂的影响及寄生蜂在生物防治中的应用等方面的研究进展进行了较全面的综述。

关键词: 桔小实蝇; 寄生蜂; 生物学; 生物防治

中图分类号: S476

文献标志码: A

文章编号: 2095-3704 (2012) 01-0012-06

Parasitoids of *Bactrocera dorsalis* and Their Application to Bio-control

LI Xi-ying, TAN Ji-cai*, SONG Dong-bao, YOU Lan-shao

(College of Biosafety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128)

Abstract: This paper reviewed the research progress of the parasitoid species that parasitized *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Trypetidae) with special reference on their characteristics of biology, host selection behaviors, the impacts of insecticides on parasitoids, and the application of these parasitoids to bio-control programs.

Key words: *Bactrocera dorsalis*; parasitoids; biology; biological control

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel) 又名东方果实蝇 Oriental fruit fly, 隶属于双翅目 Diptera 实蝇科 Trypetidae, 是一种世界性的检疫害虫。起源于亚洲热带、亚热带地区, 现广泛分布于东南亚及太平洋的印度、泰国、印度尼西亚、菲律宾群岛、琉球群岛、夏威夷群岛等地^[1]。我国最早于1911在台湾省发现该虫严重危害^[2], 目前在湖南、四川、云南、广东、广西、贵州、福建、海南等省(区)都有分布, 并呈逐年蔓延趋势。1995年我国农业部将其列为全国性的检疫对象^[3]。桔小实蝇以幼虫在果实内潜食为害, 从而引起落果、烂果, 对柑桔类、香蕉、番石榴、木瓜、黄瓜等300多种水果和蔬菜造成危害, 每年给世界的果蔬业造成了严重的经济损失。由于该虫具有寄生范围广、为害隐蔽、繁殖能力强、易产生抗药性等特点, 因此全世界相关科学工作者从上个世纪初开始寻求生物防治的方

法来对其进行防治, 如对天敌的调查和利用^[4]。寄生蜂作为桔小实蝇的重要寄生性天敌, 对桔小实蝇的防治起着重要的作用。国外对桔小实蝇寄生蜂在种类调查、生物学特性、农药的抗性以及寄生蜂的利用等方面作了一定的工作, 但国内近年来才开始逐步重视对桔小实蝇寄生蜂种类、生物学方面的研究。为了更好的了解桔小实蝇寄生蜂, 本文较全面地概述了桔小实蝇的寄生蜂种类, 生物学等方面的研究以及应用概况。

1 寄生蜂种类

桔小实蝇的寄生蜂种类丰富, 据不完全统计, 世界范围内已知桔小实蝇寄生蜂34种, 包括某些种存在同种异名的情况, 可寄生蜂桔小实蝇的卵或幼虫或蛹, 其中茧蜂科 Braconidae 潜蝇茧蜂亚科 Opiinae 20种、姬小蜂科 Eulophidae 3种、小蜂科

收稿日期: 2012-01-22

基金项目: 国家科技基础条件平台工作重点项目(2005DKA2140)

作者简介: 李夕英, 女, 博士, 主要从事昆虫分类与系统发育研究, lixiying1984@126.com; * 通信作者: E-mail: tanjicai@163.com。

Chalcididae 4种、金小蜂科 Pteromalidae 5种、跳小蜂科 Encyrtidae 2种。国外对实蝇类寄生蜂资源调查, 生物学等做了一定的工作^[5], 但国内对桔小实蝇寄生蜂的资源调查、分类研究尚少。梁光红等^[6]报道了福建漳州地区桔小实蝇寄生蜂4种, 其中茧蜂科1种、金小蜂科3种; 姚婕敏等^[7]报道了广东省桔小实蝇寄生蜂6种, 其中潜蝇茧蜂亚科4种、姬小蜂科1种、小蜂科1种, 此外 Clausen 等^[8]记录了我国台湾地区桔小实蝇寄生蜂潜蝇茧蜂亚科6种。目前据文献记载我国共有桔小实蝇寄生蜂4科12种, 其中茧蜂科6种、姬小蜂科1种、小蜂科2种、金小蜂科3种。

2 寄生蜂的生物学

桔小实蝇寄生蜂种类丰富, 但国内外仅对少数几种寄生蜂的生物学进行过较详细的研究, 了解它们的生物学特性, 对今后寄生蜂的利用和桔小实蝇生物防治提供理论依据。

2.1 茧蜂科 Braconidae 潜蝇茧蜂亚科 Opiinae

潜蝇茧蜂是控制桔小实蝇的重要的寄生性天敌类群, 也是目前桔小实蝇寄生蜂中研究最多的, 在对桔小实蝇的治理中发挥着重要的作用。

Fopius arisanus (Sonan), 该蜂寄生于桔小实蝇的卵或一龄幼虫, 繁殖能力强, 对桔小实蝇的寄生率高, 是防治桔小实蝇的优势寄生蜂, 在夏威夷地区田间平均寄生率 $>50\%$ ^[9], 对桔小实蝇种群有良好的防治效果。Mohsen 等^[10]对它的生长发育作了研究, 结果表明, 雌蜂平均产卵虫龄为 (3.9 ± 0.5) d, 在 (6.4 ± 0.8) d 达到产卵高峰期, 平均每天产卵16.5粒, 一生平均产 (88.4 ± 11.3) 粒卵; 而通过单个饲养方式饲养出来的雌蜂平均寿命为 (21.4 ± 2.1) d, 羽化后第四到六天卵巢开始进入成熟高峰期, 此时平均每个卵巢具有 (121.1 ± 5.5) 粒成熟卵, 此后体内成熟卵量随着雌蜂虫龄的增长而降低, 此外雌雄性比影响着雌蜂的产卵活动, 低性比造成显著的低产卵量。

Diachasmimorpha longicaudata Ashmead 是桔小实蝇幼虫-蛹期的重要单性内寄生天敌。邵屯等^[11]对其个体发育的研究表明, 该蜂世代历期为 19.58 d。其中卵历期 1.91 d, 生殖高峰期出现在羽化后的 4~10 d, 一龄、二龄、三龄和四龄幼虫的历期分别为 2.02 d、1.75 d、2.04 d 和 2.31 d, 蛹的历期约 8~10 d。雄蜂通常比雌蜂提前 2 d 左右羽化, 雌蜂平均每天产 13~24 粒卵^[12]。

Fopius vandenboschi (Fullway 1952), 是桔小实蝇的幼虫寄生蜂, 雄蜂生命历期为 13.8 d, 羽化不久后即可与雌蜂交尾, 3~7 d 后达到交配高峰, 雌雄性比为 1:2.6^[13]。

Biosteres persulcatus (Silvestri 1916) 是桔小实蝇幼虫的一种重要的寄生蜂。Ibrahim 等^[14]对其个体发育研究发现, 在雌蜂日产卵量平均 67 ± 3.5 粒, 雌雄世代历期分别为 (17.1 ± 0.8) d 和 (16.3 ± 0.8) d。

Psytalia fletcheri (Silvestri 1916) 寄生实蝇的二龄和三龄幼虫, 雄蜂世代历期 14.8 d, 羽化两天后活动渐强, 雌雄性比约 1:5^[13]。

Psytalia incisi (Silvestri 1916) 的世代发育历期为 24.7~29.1 d, 其中卵期 1.7~2.3 d; 幼虫 3 龄, 共 12.0~14.0 d; 蛹期(含预蛹期) 8.0~10.0 d, 羽化后成蜂存活 15~33 d, 雄蜂寿命短于雌蜂^[15]。

2.2 姬小蜂科 Eulophidae

Tetrastichus giffardianus 是一种聚寄生性内寄生蜂, 寄主包括桔小实蝇、地中海实蝇 *Ceratitis capitata* 等在内有 20 多种, Purcell 等^[16]对其研究表明, 雌蜂对地中海实蝇幼虫的日均寄生量为 (0.8 ± 0.13) 头, 一生的寄生量约为 9.1 头, 在 26 °C 的条件下, 雌蜂日总产卵量为 57.3 粒; 雌蜂在羽化后 2 d 进入第一次寄生高峰, 羽化后 6~8 d 进入第二次寄生高峰, 对桔小实蝇有较高的寄生率, 为 37%。

2.3 小蜂科 Chalcididae

Dirhinus giffardii (Silvestri) 以桔小实蝇的蛹为寄主, 在实验室条件下, 卵发 d 其中卵期约 2 d d, 成虫寿 d。羽化时间多在上午, 雄蜂羽化较雌蜂早 2~3 d, 雌蜂羽化后不久便可与雄蜂交尾, 产卵时间为 10~20 min, 一般每个但是也发现有 2 粒卵以上之情^[17]。

2.4 金小蜂科 Pteromalidae

Pachycrepoideus vindemmiae (Rondani) 一种蛹寄生蜂。谢惠英^[18]研究发现, 在 (25 ± 1) °C 条件下, 卵期 1 d, 幼虫期 9 d, 预蛹 1 d, 蛹期 8 d, 羽化第 1 日就开始产卵, 对 1、2 日龄蝇蛹的寄生率最高, 且有重寄生现象。

Spalangia endius (Walker), 蛹寄生蜂。成蜂 6 月份出现, 11 月份消失, 7~9 月较多; 完成一代需 18~20 d, 卵期 24 d, 幼虫期 10 d 左右, 预蛹与蛹期 8~10 d, 雌蜂每次产一粒卵, 一生可产 10~30 粒。雄蜂寿命 1~15 d, 雌蜂寿命 10~20 d, 雌雄性比为 1.3:2.1^[19]。

3 寄生蜂的寄主选择行为和选择特性

3.1 对寄主搜索选择行为

寄生蜂在不断的搜索寄主的过程,通常依靠嗅觉(化学信息素)、视觉,以及听觉等方面来帮助其准确定位寄主。

3.1.1 嗅觉-化学信息素 植物在正常的生理状态下及被寄主取食造成损伤后,会产生并释放具有某种属性的化学挥发性物质,一般认为这种化学信息素(semiochemicals, infochemicals)在寄生蜂搜寻寄主过程中起着重要的作用。Altuzar等^[20]研究了不同水果对桔小实蝇寄生蜂*F. arisanus*的引诱作用,实验将*F. arisanus*释放到含有桔小实蝇卵的柑橘和番石榴的环境中,结果发现相较于柑橘*F. arisanus*更偏好于寄生番石榴,Bautista等^[21]研究表明这可能与柑橘产生的挥发物对桔小实蝇的卵和幼虫有毒性相关。Liquido等^[22]利用含有桔小实蝇卵的完全成熟和未完全成熟的木瓜来研究寄生蜂*F. arisanus*的行为,结果发现该蜂对桔小实蝇卵的寄生率,在完全成熟木瓜中的明显高于成熟度只有1/4的木瓜中的。此外Almaal等^[23]将寄生蜂放在健康水果和经昆虫取食过的水果中进行了研究,结果发现寄生蜂更倾向于受损伤的水果搜寻产卵。

3.1.2 视觉 视觉信息在寄生蜂定位寄主的过程中可能起到一定的作用。Vargas等^[24]将不同颜色(黄色、白色、橙色、红色、浅绿、深绿、蓝色和黄色)球体模型挂在番石榴树上,研究了寄生蜂*F. arisanus*, *P. incisi*, *F. vandenboschi*和*D. longicaudata*对不同颜色的取向,结果表明寄生蜂更倾向于黄色和白色的球体模型,对4种蜂的诱集率在黄色球体模型上的分别为84.1%、5.3%、5.3%和5.3%,在白色体模型上的分别为83.3%、10.5%、3.1%和3.1%。利用寄生蜂对颜色的取向,可以通过诱集寄生蜂,从而对寄生蜂种群动态做研究。

3.1.3 听觉 听觉探测是昆虫对环境探测的行为之一,寄生蜂可以利用声音产生的振动信号来寻找寄主,尤其是隐蔽性的寄主。Lawrence等^[25]对*D. longicaudata*研究发现该蜂能够感知幼虫咬食水果时发出的声音,从而找到水果中的寄主,当把该蜂放在健康的、可活动幼虫和已死的、不活动的幼虫中相比较时,发现该蜂很大程度上偏好攻击正常的、能动的幼虫,进一步验证了这一观点。

3.2 对寄主桔小实蝇虫态和龄期的选择

研究发现寄生蜂在搜寻产卵对寄主虫态和龄期有明显的选择性。*F. arisanus*主要寄生于桔小实蝇的卵或一龄幼虫^[26];*P. incisi*多寄生于桔小实蝇的1、2日龄寄主幼虫,较少寄生3日龄幼虫,偶尔寄生4、5日龄幼虫^[27];*D. longicaudata*对3~4日龄桔小实蝇幼虫有较高的寄生率^[28];*F. vandenboschi*对1~4日龄桔小实蝇幼虫的寄生率明显高于高龄(>4日龄)幼虫^[29];*P. vindemmiae*可寄生1至9日龄的橘小实蝇蛹,但对3日龄的桔小实蝇蛹寄生率最高,为62.67%^[18];*Dirhinus giffardii*对2~3日龄蛹有较高的寄生率^[30]。

寄生蜂对寄主的虫态和不同龄期的选择,可能是为了增加子代的存活率或是由于寄生难易程度的差异所造成的^[31],深层次的原因有待进一步的研究。

3.3 影响寄生蜂对桔小实蝇的寄生效能的因子

寄主蜂对寄主的寄生效能通过功能反应来体现,寄主密度大小、寄生蜂自身密度的大小、以及自然因子温度、湿度等都会对寄生蜂的寄生效能产生影响。研究表明在寄生蜂密度一定的条件下,随着寄主桔小实蝇卵或幼虫或蛹密度的增加,被寄生的数量也在不断增大,但当寄主密度达到一定值后,随着寄主数量的增多,被寄生的卵或幼虫或蛹增幅逐渐变小,即寄生率相对降低;此外寄生蜂自身的密度对寄生作用也有一定程度的影响。

因此在实验室繁蜂过程中必须提供控制好寄生蜂与寄主的比例、合适的温度和湿度,一般以温度(25±1)℃和相对湿度70%~80%条件为宜,才能获得较理想的繁蜂效果。

4 农药对桔小实蝇寄生蜂的影响

杀虫剂在防治桔小实蝇方面起了一定的作用,但与此同时杀虫剂也在不同程度上对周围环境中的寄生蜂产生了影响。Stark等^[35]研究了昆虫生长调节剂灭蝇胺Cyromazine和有机磷杀虫剂二嗪磷Diazinon对桔小实蝇及其寄生蜂羽化和子代的影响,结果表明灭蝇胺对桔小实蝇寄生蜂*P. incise*, *P. fletcheri*, *D. longicaudata*和*Diachasmimorpha. tryoni*的羽化率没有显著影响且灭蝇胺比二嗪磷对桔小实蝇有更好的防治效果,而二嗪磷随着使用浓度的不同对寄生蜂的羽化率均有不同程度的影响;另研究

表明当对寄生蜂 *D. tryoni* 喷施浓度为1.00mg/l的二嗪磷时, *D. tryoni* F₁代数量显著降低, 而喷洒相同浓度的灭蝇胺则对其寄生蜂无显著影响。Purcell等^[36]研究了有机硅表面活性剂Silwet L-77和二嗪磷(Diazinon)对桔小实蝇及其寄生蜂的影响, 结果表明当Silwet浓度 $\geq 0.001\%$, 二嗪磷浓度 $\geq 0.05\%$ 便会对*D. longicaudata*, *T. giffardianus*和*P. fletcheri*产生影响。Stark等^[37]研究了新型微生物杀虫剂多杀菌素(Spinosad)对桔小实蝇及其寄生蜂的影响, 结果表明多杀菌素在浓度为3.3mg/L时对桔小实蝇有良好的毒杀效果, 对桔小实蝇寄生蜂*F. arisanus*和*P. fletcheri*也无显著影响, 当浓度在 $> 500\text{mg/l}$ 时则对寄生蜂有较高的致死率。Wang等^[38]研究了蛋白诱剂GF-120(含有多杀菌素)对桔小实蝇寄生蜂*F. arisanus*, *D. tryoni*和*P. fletcheri*的影响, 结果表明当直接对寄生蜂幼虫施用GF-120, 则对寄生蜂均有影响, 结果还表明*F. arisanus*经过搜寻, 尝试后放弃食用GF-120。

总的来说有机磷杀虫剂如二嗪磷(Diazinon)、马拉硫磷(malathion)等对桔小实蝇寄生蜂有较强的杀伤作用, 而昆虫生长调节剂如灭蝇胺(Cyromazine), 微生物杀虫剂如多杀菌素(Spinosad)等毒性较小, 对桔小实蝇寄生蜂更为安全。因此在防治桔小实蝇时应加强生物杀虫剂的使用, 最大可能的降低对天敌昆虫的杀伤力。

5 寄生蜂在生物防治中的应用

寄生蜂作为桔小实蝇的重要寄生性天敌, 利用寄生蜂治理桔小实蝇, 已在全世界很多国家和地区繁殖释放成功, 取得了很好的防治效果。在利用寄生蜂防治桔小实蝇时, 一般采取两种途径: 利用本地种寄生蜂和从原产地或虫害发生地引进寄生蜂^[39]。1947—1952年间^[8, 40], 夏威夷从澳大利亚、墨西哥、阿根廷、美国本土等国家和地区, 引进包括寄生蜂在内24种天敌来防治桔小实蝇及其它实蝇, 有些种群*F. arisanus*, *D. longicaudata*, *F. vandenboschi*在田间定居下来, 且成为优势种, 其中*F. arisanus*对桔小实蝇的寄生率达41%~72%。*Psytalia incisi*被引进到阿根廷、澳大利亚、斐济、毛里求斯、墨西哥菲律宾及美国等国家和地区, 并定殖下来^[41]; 我国台湾于1974^[17]年从夏威夷引进了*F. arisanus*、*D. longicaudata*、*D. giffardii*并建立了大量繁殖体系,

田间释放应用, 取得了一定的效果。章玉苹等^[42]在广东田间发现*F. vandenboschi*定殖, 并在室内繁殖成功。

桔小实蝇的寄生蜂种类丰富, 我们在应用寄生蜂进行生物防治时应考虑到有效种类的筛选。研究表明*F. arisanus*是防治桔小实蝇最为有效的寄生蜂, 该蜂桔小实蝇卵的瞬时攻击率为0.9082, 1天内此寄生蜂寄生量的最大理论值为213.5粒, 可以商品化生产用于生物防治^[32]; 20世纪40年代美国利用*F. vandenboschi*和*D. longicaudata*这两种寄生蜂防治桔小实蝇^[36], 但最后*F. vandenboschi*成为当地的优势种群, 可见*F. vandenboschi*具有较强的竞争力, 更适繁殖释放; Wang等^[43]研究表明*F. arisanus*卵寄生蜂和*D. tryoni*幼虫寄生蜂配合使用, 对实蝇类害虫有更高的致死率。

我们在田间释放寄生蜂时除了考虑温度和湿度对寄生蜂影响, 还应注意风这一自然因子对寄生蜂的影响, 研究表明寄生蜂对风比较敏感, 风不仅能影响气味物质在空气中分布和扩散, 而且风速过高也能妨碍寄生蜂飞行^[44]。此外寄生蜂之间竞争对桔小实蝇的寄生率也有影响, 研究表明, 在实验室条件下, 为达到最大寄生率, *F. arisanus*和*D. longicaudata*时间间隔为132h^[45]。

6 展望

随着农药的大量使用, 对环境, 食品造成了严重的污染, 同时使害虫抗药性的快速增长, 天敌种群的多样性也遭到破坏。因此保护和利用寄生蜂在未来的农业生产中将发挥越来越大的作用。寄生蜂作为防治桔小实蝇一类有效的寄生性天敌, 目前我国对它们的研究相对薄弱, 因此我们应进一步加强寄生蜂资源的调查、保护、评价和利用, 在有效的寄生蜂种类的发现和甄别、寄生蜂的人工大量饲养、繁殖与释放, 寄生蜂、寄主、植物三者的营养关系等方面进行更加深入而系统的研究^[46]。在生物防治过程中结合蛋白诱剂、雄性不育, 果实套袋等综合防治的方法来有效的防治桔小实蝇, 从而减少果实的落果、烂果率, 促进农业的增产增收, 提高经济收入。

参考文献:

- [1] 谢琦, 张润杰. 桔小实蝇生物学特点及其防治研究概述 [J]. 生态科学, 2005, 24(1): 52-56.

- [2] Liu Y C. A review on studies of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel in Taiwan[J]. Bul. So. Entomol, 1981, 16(1): 9-26.
- [3] 刘元明. 植物检疫手册[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2002, 231-232.
- [4] Silvestri F. Report of an expedition to Africa in search of the natural enemies of fruit flies (Trypanidae) with descriptions, observations and biological notes. Division of Entomology, Board of Agriculture and Forestry[J], Erritory of Hawaii Bulletin, 1914, 3: 1-176.
- [5] Jeffrey N L, Stibick. Natural enemies of true fruit flies(Tephritidae). United States Department of Agriculture, 2004: 1-61
- [6] 梁光红, 武英, 陈家骅. 桔小实蝇及其寄生蜂消长规律[J].西南林学院学报, 2006, 26(6): 72-74.
- [7] 姚婕敏, 谢翠红, 何衍彪, 等. 广东桔小实蝇寄生蜂调查[J]. 环境昆虫学报, 2008,30(4): 350-356.
- [8] Clausen C P, Clancy D W, Chock Q C. Biological of the Oriental fruit fly and other fruit fly in Hawaii[J]. United States Department of Agriculture Technical, 1965, 1322: 1-102
- [9] Vargas R I, Stark J D, Uchida G K, et al. Opiine parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) on Kauai Island, Hawaii island wide relative abundance and parasitism rates in wild and orchard guava habitats[J]. Environ. Entomol., 1993, 22:246-253.
- [10] Mohsen M R, Wong T T Y, John W B. Reproductive Behavior of *Biosteres arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae), an Egg-Larval Parasitoid of the Oriental Fruit Fly [J]. Biological control, 1992, 2(1): 28-34.
- [11] 邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 等. 前裂长管茧蜂个体发育研究[J]. 环境昆虫学报, 2008, 30(2): 147-152.
- [12] Lawrence P O, Greany P D, Nation J L, et al. Oviposition behavior of *Biosteres longicaudatus*, a parasite of the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*[J]. Annals Entomological Society of America, 1978, 71: 253-256.
- [13] Ramadan M M, Wong T T Y and Wong M A. Influence of parasitoid size and age on male mating success of Opiinae (Hymenoptera: Braconidae), larval parasitoids of fruit flies (Diptera: Tephritidae) [J]. Biological control, 1991, 1: 248-255.
- [14] Ibrahim AG, Palacio JP, Ibrahim R. The Life-cycle of *Biosteres persulcatus* with Reference to Adults' Reproductive Capacity on Eggs of Carambola Fruit-fly. Pertanika[J]. Trap Agri. Sci 1993, 16(3): 173-177.
- [15] 梁光红, 杨建全, 季清娥, 等. 切割潜蝇茧蜂的个体发育[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(3): 321-323.
- [16] Purcell M F, Nieuwenhoven A.Van, Batchelor M A. Bionomics of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae): an endoparasitoid of tephritid fruit flies[J]. Environmental Entomology, 1996, 25(1): 198-206.
- [17] 黄胜泉, 章加宝. 东方实蝇寄生性天敌应用策略[J]. 苗栗区农业专讯 1996, 44: 8-11.
- [18] 谢惠英. 蝇蛹金小蜂 *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) 对两种蝇蛹的寄生特性研究[D]. 福建: 福建农林大学. 2007: 1-46.
- [19] 薛瑞德, 张文忠, 肖蔼祥. 东方实蝇蛹内小蜂的生物学特性及防治蝇蛹的初步研究[J]. 生物防治通报, 1989, 5(2): 52-55.
- [20] Altuzar A, Montoya P, Rojas J C. Response of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) to fruit volatiles in a wind tunnel[J]. Florida Entomologist, 2004, 87(4): 616-618.
- [21] Bautista R C, Harris E J. Effect of fruit substrate on parasitization of the tephritid fruit flies (Diptera) by the parasitoid *Biosteres arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) [J]. Environ Entomol, 1996, 25: 470-475.
- [22] Liquido N J. Effect of ripeness and location of papaya fruits on the parasitization rates of Oriental fruit fly and melon fly (Diptera: Tephritidae) by braconid (Hymenoptera) parasitoids[J]. Environmental Entomology, 1991, 20: 1732-1736.
- [23] Altuzar A, Montoya P, Rojas J. Reponse of *Fopius risanus*(Hymenoptera: Braconidae) to fruit volatiles in a wind tunnel[J]. Florida Entomologist, 2004, 87(4): 616-618.
- [24] Vargas R I, Stark J D, Prokopy R J. Response of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) to different-color spheres. [J]. Econ.Entomol, 1991, 84: 1503-1507.
- [25] Lawrence P O. Host vibrations cue to host location by the parasite, *Biosteres longicaudatus*[J].Oecologia, 1981, 48: 249-251

- [26] Rocha K L, Manging T, Harris E J. Immature stages of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in *Bactrocera dorsalis*(Diptera: Tephritidae) [J]. Florida Entomologist, 2004, 87(2): 164-168
- [27] 梁光红, 陈家骅, 季清娥, 等. 桔小实蝇寄生蜂-切割潜蝇茧蜂的生物学特性[J]. 福建林学院学报, 2007, (3): 253-258.
- [28] 黄居昌, 吕增印, 陈家骅, 等. 寄主龄期和温度对布氏潜蝇茧蜂和长尾潜蝇茧蜂种间竞争的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(4): 466-468.
- [29] 吕增印, 黄居昌, 季清娥, 等. 布氏潜蝇茧蜂对桔小实蝇幼虫寄生作用的研究[J]. 华东昆虫学报, 2007, 16(3): 212-215.
- [30] Wang XG, Messing RH. Two different life history strategies determine the competitive outcome between *Dirhinus giffardii* and *Pachycrepoideus vindemmia*, ectoparasitoids of cyclorrhaphous Diptera[J]. Bulletin of Entomological Research, 2004, 94: 473-480.
- [31] Sangvorn K, Kamolwan S, Arren Y. Laboratory evaluation of density relationships of the parasitoid, *Splangia endius*(Hymenoptera: Pteromalidae), with two species of tephritid fruit fly pupal hosts in Thailand[J]. Science Asia, 2004, (30): 391-397.
- [32] 郭庆亮, 黄居昌, 季清娥, 等. 阿里山潜蝇茧蜂对桔小实蝇卵的寄生效能[J]. 华东昆虫学报, 2006,15(4) : 291-293.
- [33] 林玲, 黄居昌, 陈家骅, 等. 长尾潜蝇茧蜂对桔小实蝇幼虫的寄生效能[J]. 华东昆虫学报, 2006, 15(4): 288-290.
- [34] 章玉苹, 李敦松, 张宝鑫, 等. 蝇蛹俑小蜂对桔小实蝇蛹的功能反应及温湿度对蜂成虫寿命的影响[J]. 中国生物防治, 2010, 26(4) : 385- 390.
- [35] Stark J D, Vargas R I, Messing R H et al. Effect of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(5): 1687-1694.
- [36] Purcell M F, Schroeder WJ. Effect of Silwet L-77 and Diazinon on three tephritid fruit flies(Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids[J]. Econ. Entomol, 1996, 89(6): 1566-1570.
- [37] Stark J D, Vargas RI & Miller NW. (2004) Toxicity of Spinosad in Protein Bait to Three Economically Important Tephritid Fruit Fly Species (Diptera: Tephritidae) and Their Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae)[J]. J Econ Entomol, 2004, 97(3): 911-915
- [38] Wang X G, Jarjees EA, McGraw BK et al. Effects of spinosad-based fruit fly bait GF-120 on tephritid fruit fly and aphid parasitoids[J]. Biological Control, 2005, 35: 155-162.
- [39] 皇甫伟国, 唐璞, 柴伟钢, 等. 三叶草斑潜蝇的寄生蜂及其应用[J]. 昆虫知识, 2010, 47(4) :646 -651.
- [40] Bess H A, van den Bosch, Haramoto, FH. Fruit fly parasites and their activities in Hawaii[J]. Proc Hawaii Entomol Soc, 1961, 17: 367-578.
- [41] Wharton R A. Generic relationships of Opiinae Braconidae (Hymenoptera) parasitic on fruit-infesting Tephritidae (Diptera).Contrib[J]. Am Entomol Inst , 1997 , 30: 1-53.
- [42] 章玉苹, 赵远超, 张宝鑫, 等. 桔小实蝇一种重要的寄生蜂-凡氏费氏茧蜂[J]. 环境昆虫学报, 2008, 30(1): 86-88.
- [43] Wang X G, Messing RH. Intra- and interspecific competition by *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of Mediterranean fruit fly *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) [J]. Biological Control, 2003, 27: 251-259.
- [44] Messing R H, Klungness L M, Jang EB. Effects of wind on movement of *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies, in a laboratory flight tunnel[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1997, 82: 147-152.
- [45] 陈佳, 陈家骅, 杨建全. 阿里山潜蝇茧蜂与长尾潜蝇茧蜂的种间竞争[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2011, 40(2): 113-117.
- [46] 孟祥锋, 何俊华, 刘树生, 等. 烟粉虱的寄生蜂及其应用[J]. 中国生物防, 2006, 22(3): 174-179.