

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2013.01.001

外来斑潜蝇的优势寄生蜂——冈崎姬小蜂

生物学特性及应用研究进展

王文霞¹, 王伟^{1,2}, 陆书龙^{1,2}, 万方浩¹, 刘万学^{1*}

¹ 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

² 海南师范大学生命科学学院, 海南 海口 571158

摘要: 冈崎姬小蜂是我国多种潜叶蝇的优势寄生蜂。鉴于蔬菜潜叶蝇尤其是入侵斑潜蝇在我国的肆意扩散和危害, 本文总结了冈崎姬小蜂的分类地位、分布和田间发生、寄主种类、取食和繁殖、性比等生物生态学特性和田间应用进展。冈崎姬小蜂是一种抑性、卵育型的幼虫内寄生蜂, 通过产卵寄生和取食 2 种方式致死寄主; 雌蜂对寄主的偏好具有“寄主大小依赖型性别分配”现象; 寄生蜂具有广泛的温度适应性和极强的控害潜力, 尤其适用于控制入侵我国的相对耐高温的美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇。未来将以更高效利用该寄生蜂为目标, 主要集中于: (1) 生物生态学和环境适应性的全面深入研究; (2) 雌蜂寄主取食行为特性及生理机制的研究; (3) 因地制宜的规模化饲养技术和释放应用技术研究; (4) 与其他潜叶蝇寄生蜂的协同控害及竞争共存机制研究。

关键词: 冈崎姬小蜂; 卵育型寄生蜂; 寄主取食; 控害效应

Research advances in biological characteristics and application of *Neochrysocharis okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae: Eulophinae)

Wen-xia WANG¹, Wei WANG^{1,2}, Shu-long LU^{1,2}, Fang-hao WAN¹, Wan-xue LIU^{1*}

¹ State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases & Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; ² College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou, Hainan 571158, China

Abstract: *Neochrysocharis okazakii* (Kamijo) is a dominant parasitoid species of the agromyzid leafminers in China. In this article, we review the biological characteristics of *Neochrysocharis okazakii*, including taxonomic status, distribution and field occurrences, host species, host feeding, reproduction, longevity, sex ratio, and the current use of this parasitoid in field against vegetable agromyzid leafminers. *N. okazakii* is a synovigenic, idiobiont and endoparasitoid that can kill the host by ovipositing and feeding on larval stage of the host; Meanwhile, the host preference for females is consistent with "host size-dependent sex allocation". This parasitoid has a wide-range temperature adaptability and effective control potential of leafminer pests. It particularly controls *Liriomyza sativae* Blanchard and *Liriomyza trifolii* (Burgess), even at relatively high temperature conditions. In order to efficiently use this parasitoid in the field, we propose that future research should focus on: (1) a comprehensive and in-depth study of the bio-ecological and environmental adaptive capacity of the species; (2) host-feeding behavior and physiological mechanisms; (3) large-scale rearing techniques and various intensive release regulations consistent with local conditions; and (4) the cooperative control of pests and the competitive coexistence mechanisms with other agromyzid leafminers parasitoid species.

Key words: *Neochrysocharis okazakii*; synovigenic parasitoid; host feeding; control effect

近年来,随着外来潜叶蝇类害虫如美洲斑潜蝇 *Liriomyza sativae* Blanchard、南美斑潜蝇 *L. huidobrensis* (Blanchard)、三叶草斑潜蝇 *L. trifolii* (Burgess)、番茄斑潜蝇 *L. bryoniae* (Kaltenbach) 的入侵和肆意危害, 对我国的蔬菜、花卉等经济作物造成了重大损失和严重威胁 (康乐, 1996; 相君成等,

收稿日期 (Received): 2013-01-08 接受日期 (Accepted): 2013-01-31
基金项目: 国家自然科学基金 (30771448); 国家“十二五”科技支撑计划课题 (2012BAD19B06); 国家重点基础研究发展计划项目 (2009CB119200); 北京市自然科学基金 (6052022)
作者简介: 王文霞, 女, 硕士研究生。研究方向: 农业害虫生物防治
* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: liuwanxue@263.net

2012)。由于潜叶蝇寄生性天敌种类丰富,且对害虫的自然控制作用较强,曾被认为是一类不会导致重大经济损失的小型害虫(Hansson,1985)。但由于农药的频用和滥用,潜叶蝇天敌受到抑制,加之其寄主范围广、世代历期短、繁殖力高、为害隐蔽、易产生抗药性等原因(康乐,1996; Gao *et al.*, 2011; Kang *et al.*, 2009),自 20 世纪 50 年代之后,一些潜叶蝇类害虫在许多国家暴发成灾。为了降低农药对环境的污染,确保农产品安全,合理利用寄生蜂是目前潜叶蝇防控策略的首选,并已在欧美等国家取得了较大成功。

冈崎姬小蜂 *Neochrysocharis okazakii* (Kamijo) 是潜叶蝇类害虫的一种重要寄生蜂,具有产卵寄生和取食 2 种致死方式,也是我国潜叶蝇的优势天敌之一,尤其适宜于控制高温气候下的美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇(钱景秦和古琬芷,2001; 钱景秦和张淑贞,2009a,2009b)。本文总结冈崎姬小蜂的分类、形态特征和分布,综述其生物生态学和控害特性等的研究进展,并分析其在我国潜叶蝇控制中的应用潜力,提出未来的研究重点和方向,以期为加强该寄生蜂高效防控我国潜叶蝇危害的研究和应用提供指导和借鉴。

1 分类地位及分布

1.1 分类地位

冈崎姬小蜂属膜翅目 Hymenoptera 姬小蜂科 Eulophidae 凹面姬小蜂亚科 Entedoninae,于 1978 年被定名,异名有 *Chrysonotomyia okazakii* (Kamijo) 和 *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (<http://internt.nhm.ac.uk/jdsml/perth/chalcidoids/index.dsml>; 钱景秦和张淑贞,2009a)。目前,国外如日本、斯里兰卡和印度尼西亚采用的是 *Neochrysocharis okazakii*,我国台湾多采用 *Closterocerus okazakii* 和 *Chrysonotomyia okazakii*,而我国大陆则采用 *Chrysonotomyia okazakii* 和 *Neochrysocharis okazakii*。从出现频率和目前的分类来看,建议使用 *Neochrysocharis okazakii* 为其拉丁学名。

1.2 分布

国外报道冈崎姬小蜂分布于日本南部(Arakaki & Kinjo,1998)、印度尼西亚的帕鲁河谷(Nonci & Muis,2011)、斯里兰卡的拜蒂克洛地区(Niranjana *et al.*,2005)等地。在我国,已报道在台湾(林凤琪

和王清玲,1992; Chien & Ku,1998)、广东(曾玲等,2000)、福建(黄居昌等,2000)、贵州(彭华和陈文龙,2005)、江西(盛金坤等,1999)、山东(赵勇等,2002)、天津(白义川等,2009)、北京(问锦曾等,2000)有分布。而近年的报道主要涉及我国南方,尤其是广东地区。因此,从物种气候适应相似性角度推测,该寄生蜂的实际分布范围可能更广。

2 主要生物生态学特性

2.1 寄主范围及田间优势度

冈崎姬小蜂为多食性寄生蜂,已报道的寄主均为双翅目害虫,有美洲斑潜蝇、三叶草斑潜蝇、南美斑潜蝇、豌豆彩潜蝇 *Chromatomyia horticola* (Goureau)、葱斑潜蝇 *L. chinensis* (Kato)、日本稻潜蝇 *Agromyza oryzae* (Manukata)、稻小毛眼水蝇 *Hydrellia griseola* (Fallén) 等(黄居昌等,1999; 林凤琪和王清玲,1992; 钱景秦和古琬芷,1998; 问锦曾等,2000; 曾玲等,2000; Arakaki & Kinjo,1998; Kamijo,1978; Hansson,1990; Saito *et al.*, 1996; Tran *et al.*, 2007),主要寄生美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇。而该属(*Closterocerus/Chrysonotomyia/Neochrysocharis*)其他寄生蜂则可寄生其他潜叶类害虫,如芙新姬小蜂 *Neochrysocharis formosa* (Westwood) 不仅寄生潜蝇科(Agromyzidae)的 15 种寄主幼虫,还可寄生包括双翅目在内的 4 目 15 科共 36 种寄主的幼虫或卵,尤其是鳞翅目的潜叶蛾(王伟等,2012)。冈崎姬小蜂是否寄生其他潜叶类害虫,还有待于进一步发现。20 世纪 90 年代该寄生蜂在田间的丰富度极低,近年种群数量急剧上升,可能与外来斑潜蝇(如美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇)迅速扩散、暴发有关。

冈崎姬小蜂在其发生地多为优势天敌,在田间具有较好的自然控制效应。Saito *et al.* (1996) 调查发现,日本静冈地区的三叶草斑潜蝇寄生蜂有 16 种,该寄生蜂是其中 4 种姬小蜂科的优势寄生蜂之一; Arakaki & Kinjo (1998) 发现,冈崎姬小蜂是日本宫古岛田间和薄膜温室的第二优势蜂,仅次于芙新姬小蜂。此外,冈崎姬小蜂是斯里兰卡的拜蒂克洛地区农场美洲斑潜蝇的第二优势寄生蜂(23.74%),仅次于外寄生蜂——潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea* Walker (58.71%) (Niranjana *et al.*, 2005)。

而在我国,曾玲等(2000)对广东菜区美洲斑潜蝇寄生性天敌的种类及寄生情况调查表明,未施化

学农药的生境下,美洲斑潜蝇被寄生率大大提高,作物生长前期寄生率为24%~31.7%,作物生长后期寄生率可达47.2%~68.4%,5种常见寄生蜂中,以底比斯姬小蜂 *Chrysocharis pentheus* Walker 和冈崎姬小蜂为优势种,占总量的82%以上。梁广文等(2001)调查未施药菜田的美洲斑潜蝇寄生性天敌时发现,7种寄生蜂中,冈崎姬小蜂数量排第3位(17.63%),低于底比斯姬小蜂(41.76%)和芙新姬小蜂(25.56%)。而梁广文等(2001)进一步应用作用因子生命表方法以及在此基础上提出的排除作用控制指数法,评价了寄生蜂对美洲斑潜蝇自然种群的控制作用,结果表明,包括该寄生蜂在内的7种寄生蜂对斑潜蝇种群有重要的控制作用。刘春燕等(2012)发现,广东三叶草斑潜蝇的6种寄生蜂中,冈崎姬小蜂数量排第2位,稍低于芙新姬小蜂。黄居昌等(2000)对福州城郊美洲斑潜蝇寄生蜂的田间调查发现,冈崎姬小蜂是最主要优势种,7~11月为发生盛期,在少用农药情况下,寄生蜂能有效地将美洲斑潜蝇种群控制在较低水平,但多次、过量用药,会使美洲斑潜蝇产生抗性,且杀伤大量天敌,造成美洲斑潜蝇再猖獗。

兰亦全等(2002)系统调查美洲斑潜蝇及其主要寄生性天敌的时空发生动态时发现,冈崎姬小蜂、芙新姬小蜂和底比斯姬小蜂中,冈崎姬小蜂在空间和时间生态位上与美洲斑潜蝇具有最强的跟随效应。而刘春燕等(2012)发现,底比斯姬小蜂、冈崎姬小蜂和芙新姬小蜂与美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇的生态位均具有较强的跟随效应。

就目前的报道来看,美洲斑潜蝇、三叶草斑潜蝇和葱斑潜蝇的幼虫作为冈崎姬小蜂的寄主,具有几乎同等的适宜性(钱景秦和张淑贞,2009a; Tran *et al.*, 2007, 2012);而季节变化、寄主植物与生境都会影响寄生蜂的发生动态,进而影响其田间丰富度。曾玲等(2000)调查不同作物上美洲斑潜蝇寄生蜂优势种时发现,在丝瓜、玉豆和豇豆上,底比斯姬小蜂数量最多,占寄生蜂总数的72%以上,芥菜地则以冈崎姬小蜂数量较多,占寄生蜂总数的54.9%。

2.2 生物学特性

2.2.1 羽化、交配、寄生、取食等行为特性 冈崎姬小蜂雌雄虫的羽化时间均为亮灯5 h之内,主要集中于前1 h(88.9%),刚羽化时对光不灵敏,约10 min后才振翅爬行、活动自如(黄居昌等,2000; 钱景秦

和张淑贞,2009a)。羽化后0.5~3 h即可交配,每次交配时间约2.4 min,整个交配过程雌蜂静止不动;雌蜂世代交配1次,雄蜂可多次交配,雄蜂碰到刚交配过的雌蜂,用口器摩擦雌蜂后会自行离去(黄居昌等,2000; 钱景秦和张淑贞,2009a)。

产卵时,雌蜂在豆叶上行走,并挥动触角寻找潜藏在豆叶内的寄主,若探触到适龄寄主幼虫,雌蜂则下压腹部,将产卵管刺向豆叶内的寄主,并将卵产下,产卵需 (30.9 ± 1.9) s,76.8%的卵集中产于亮灯后6 h之内。冈崎姬小蜂寄生方式为单内寄生,即每个寄主体内多产卵1粒,若超过1粒,虽均能孵化,但仅1头幼虫存活。雌蜂产卵时,41.1%的寄主幼虫停滞取食,待雌蜂产完卵离开后,寄主虽恢复取食并向前蠕动,但其口针取食速度渐缓,约3 min后呈深度麻痹状,再经约1.5 h,幼虫消化管内的暗绿色内含物基本或完全被排清;其余幼虫被产卵后,其口针的取食速度虽也趋缓,但取食活动先出现2~4次断续,其后才呈深度麻痹状(钱景秦和张淑贞,2009a)。

冈崎姬小蜂雌蜂可取食寄主幼虫,其先将产卵器钻刺入寄主幼虫体表,再通过钻刺处取食寄主幼虫体液。每次取食包括 (8.9 ± 1.0) 次产卵器钻刺和 (7.7 ± 1.1) 次口器吸食,每次平均取食时间为3.7 min,其中,钻刺2.7 min,吸食1.0 min,全天均可取食,无明显高峰期。雄蜂不具取食寄主现象。寄主幼虫一旦被取食即刻死亡(钱景秦和张淑贞,2009a)。

2.2.2 取食和寄生的寄主龄期偏好性 冈崎姬小蜂雌蜂对寄主的寄生与取食偏好均受寄主龄期和寄主大小的影响。钱景秦和张淑贞(2009a)与钱景秦和古琇芷(2009)分别以美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇作为寄主研究发现,雌蜂产卵偏好于3龄幼虫,而取食偏好于2、3龄幼虫,但在无选择条件下,雌蜂对2龄幼虫具有更高的取食偏好性,而在有选择试验中,雌蜂对2、3龄幼虫具同等偏好性。

2.2.3 性比 冈崎姬小蜂可两性生殖和孤雌产雄生殖,即交配后产雌雄后代,而未交配雌蜂所产后代全为雄性。两性生殖时其后代性比为寄主大小依赖型(host-size-dependent sex ratio),即雌蜂对寄主龄期的选择偏好影响其子代性比,寄生高龄幼虫偏雌,寄生低龄幼虫偏雄。钱景秦和古琇芷(2001)与钱景秦和张淑贞(2009a)分别以三叶草斑潜蝇和美洲斑潜蝇为寄主研究证实,雌蜂在3龄幼虫上的

子代雌雄性比分别为 0.51 和 0.55,而在 2 龄幼虫上的子代则全为雄性;Tran & Takagi (2006)以葱斑潜蝇 3 龄幼虫为寄主饲养冈崎姬小蜂,其子代雌雄性比则为 0.72 ~ 0.97,严重偏雌,这可能是葱斑潜蝇幼虫比同龄的美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇幼虫个体大的缘故。Ohno *et al.* (1999)用三叶草斑潜蝇幼虫饲养冈崎姬小蜂,其雌雄性比为 0.33;Arakaki & Kinjo (1998)调查日本冲绳岛上该寄生蜂的雌雄性比为 0.43;黄居昌等(2000)发现,从田间随机采回的美洲斑潜蝇上羽化出的成蜂雌雄性比为 0.45;这些偏雄的结果可能都是由寄主个体大小差异造成。适温条件下(20 ~ 30 ℃),不同温度对雌蜂后代性比没有影响(钱景秦和张淑贞,2009b)。

2.2.4 寿命、繁殖力和寄主取食能力 该寄生蜂具有较长的寿命、较强的繁殖力和寄主取食能力,因此,具有较强的控害潜力。钱景秦和张淑贞(2009b)发现,在最适温 25 ℃下,提供清水或不提供任何食物时,雌蜂平均存活 5.9 和 3.7 d,雄蜂平均存活 4.1 和 2.8 d;而仅提供蜂蜜水或蜂蜜水 + 美洲斑潜蝇幼虫时,雌蜂平均存活 31.9 和 18.7 d,雄蜂平均存活 24.1 和 16.3 d;温度影响其寿命,适温范围内随温度升高,寿命缩短,但在 30 ℃提供蜂蜜水 + 寄主幼虫的条件下,雌蜂仍然可存活约 9.6 d。

钱景秦和张淑贞(2009a)报道,在适温 25 ℃下,提供足够的美洲斑潜蝇 3 龄幼虫,雌蜂整个世代可平均寄生 242 头、取食 130 头;未交配的雌蜂平均寄生 153 头、取食 164 头,寄生能力显著降低,取食能力无显著变化。钱景秦和张淑贞(2009b)进一步研究发现,温度可影响该蜂的寄生和取食能力,在 15、20、30、35 ℃恒温下,雌蜂的寄生和取食能力均显著低于 25 ℃恒温,如在 15 和 35 ℃下,仅平均寄生 19 和 14 头,平均取食 75 和 17 头。但幼虫期在 25 ℃下饲养,而成虫期置于 30 和 35 ℃,则分别比幼虫期在 30 和 35 ℃下发育的雌蜂的寄生能力和取食能力显著增强,寄生能力增至 2.95 和 6.07 倍,取食能力增至 3.09 和 3.29 倍;在 25 ℃恒温下饲养的雌蜂当天寄生量可达 3 头,而其他温度当天几乎不寄生,这可能是温度胁迫影响了雌蜂的卵子发生和成熟。

2.2.5 生长发育特性 温度是影响冈崎姬小蜂生长发育的重要因子,在试验温度范围内,发育历期随温度的升高而缩短(陈艳和叶强,2002;钱景秦

和张淑贞,2009b; Tran *et al.*, 2012)。钱景秦和张淑贞(2009b)通过测定寄生蜂在 10、15、20、25、30、35 ℃下寄生美洲斑潜蝇幼虫的发育历期和繁殖结果显示,该蜂发育适温范围为 15 ~ 35 ℃;其间卵至蛹期的存活率均高于 92.4%;发育历期为 8.8 ~ 56.8 d;10 ℃时卵期和幼虫期的存活率仅为 7.5% 和 0%;最适温 25 ℃下,未成熟期需(12.6 ± 0.1) d,其中卵期为(1.5 ± 0.0) d,幼虫期为(4.2 ± 0.1) d,前蛹期为(0.7 ± 0.1) d,蛹期为(6.2 ± 0.1) d,未成熟期的存活率为 95.9% ± 1.7%,内禀增殖率(r_m)为 0.2421,周限增长率(λ)为 1.274,净增殖率(R_0)为 139.7,平均世代历期(T)为 20.4 d;卵、幼虫、前蛹、蛹及卵至蛹期的发育临界低温分别为 10.7、12.9、4.7、10.3 及 11.3 ℃,而发育有效积温分别为 21、51、16、109 及 192 日度。Tran *et al.* (2012)在 7 个温度(15 ~ 30 ℃,间隔 2.5 ℃)下比较了冈崎姬小蜂分别寄生葱斑潜蝇和三叶草斑潜蝇的发育情况,结果显示,寄生蜂在 2 种寄主和 7 种温度条件下均能完成发育,雄蜂比雌蜂发育更快;未成熟期有效积温和发育临界低温:雄蜂在葱斑潜蝇上为 166.7 日度和 11.5 ℃,在三叶草斑潜蝇上为 166.7 日度和 11.6 ℃;雌蜂在葱斑潜蝇上为 172.4 日度和 11.3 ℃,在三叶草斑潜蝇上为 178.6 日度和 11.3 ℃;且 2 种斑潜蝇作为寄生蜂的寄主具有相等的适合性。另外,Tran & Takagi (2006)研究表明,以葱斑潜蝇为寄主,恒温 25 ℃下,该雌蜂未成熟期为 12.2 d、雄蜂 12.1 d, λ 、 R_0 和 T 分别为 0.219、17.7 和 40.3 d。

3 田间应用

冈崎姬小蜂在田间对斑潜蝇起到了较好的控制效应,但在以寄生蜂防治害虫为主的生防控制技术体系中,其他防控措施的兼容和协同是最大限度发挥天敌控害作用的重要补充措施,尤其是在合理用药和使用选择性杀虫剂方面。如 Saito *et al.* (1996)发现,施用非选择性杀虫剂表氯菊酯、灭多威、醚菊酯和丙硫磷可破坏寄生蜂复合群并导致潜叶蝇再暴发;停止施用后,寄生蜂至少需要 1 个月才能恢复高寄生率。

黄居昌等(1999)在室内测定了 6 种杀虫剂对冈崎姬小蜂成蜂的击倒、触杀作用,大小顺序依次为乐斯本 ≈ 敌敌畏 > 杀虫双 > 灭扫利 > 阿维菌素类;任立云等(2006)报道,植物提取物和已商品化的印楝素乳油制剂对美洲斑潜蝇的寄生蜂相对安

全。Tran & Ueno (2012)测定5种杀虫剂对冈崎姬小蜂的毒性发现,吡虫啉和醚菊酯高毒,吡蚜酮/吡啶啉酮无害,绿芬隆有轻微毒性,噻虫胺中等毒性。

由于冈崎姬小蜂的寄生特性类似于芙新姬小蜂等其他种类的寄生蜂,因此,对芙新姬小蜂等室内毒力测定和田间应用的结果可作为冈崎姬小蜂的参考。白义川等(2009)在芙新姬小蜂、潜蛾姬小蜂 *Closterocerus lyonetiae* (Ferrie) 等寄生蜂大龄幼虫至蛹期试验了18种常用农药,结果表明,毒死蜱和联苯菊酯毒性最大,阿维菌素毒性中度,灭蝇胺、阿克泰、吡虫啉、氟硅唑、苯醚甲环唑、多菌灵、速克灵、安克、代森锰锌的毒性最小;洗继东等(2003)发现,马缨丹 *Lantana camara* (Lantana)、飞机草 *Eupatorium odoratum* L. 和 蟛 蜞 菊 *Wedelia chinensis* (Osbeck) Merr. 的植物乙醇提取物对芙新姬小蜂幼虫、成蜂及寄生行为均无影响。钱景秦和张淑贞(2011)报道,阿维菌素对冈崎姬小蜂未成熟期和成虫期均有一定的毒害作用,可降低雌蜂的寄生和取食能力;而灭蝇胺几乎无毒害作用,可用于与寄生蜂的协同控害。

寄生蜂的适当储存是其饲养和适时释放应用的一个重要手段。寄生蜂最佳储存条件:0℃下保存1~2周或10℃下保存1~4周;雌蜂提供蜂蜜水在10℃下保存10~30 d或25℃下保存10 d。但钱景秦和张淑贞(2010)研究发现,长期储存会显著降低雌蜂的繁殖力和取食能力,因此不推荐对蛹和成虫进行长期的储藏。

4 结论与展望

冈崎姬小蜂是一种单内寄生蜂,其寄生后注射毒素使寄主停止发育,因此也是抑性寄生蜂;从雌蜂的寄生动态和取食特性来看,该寄生蜂属于卵育型(synovigenic,即雌蜂羽化时无或只有少量的成熟卵子,雌蜂需要通过取食来满足持续产卵的营养需求)(Giron *et al.*, 2002; Heimpel & Collier, 1996);而冈崎姬小蜂的取食行为,正是为了满足雌蜂继续存活和产卵的营养需要,这种现象已在多种寄主取食型寄生蜂中得到证实(Heimpel & Collier, 1996; Visser & Ellers, 2008; Zhang *et al.*, 2011)。由于该寄生蜂可通过取食和寄生2种方式致死寄主,该寄生蜂的田间实际控制作用远大于基于寄生率数据推断的控害作用。

冈崎姬小蜂相比其寄主如美洲斑潜蝇、三叶草斑潜蝇(陈艳等,1999;钱景秦和古琇芷,1996;钱景秦等,2007;肖婷等,2011)等,不仅寿命较长、总致死力强,而且世代发育历期短,因此,具备极强的控害潜力。另外,冈崎姬小蜂的发生、分布、田间优势度(主要报道寄生美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇)和不同温度下的取食和寄生能力以及其他生命表参数(如适温范围为15~35℃,最适温为25℃),均说明其具有与美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇相匹配的适应温度范围(钱景秦和古琇芷,1996;钱景秦等,2007),尤其是对高温的适应能力强,更显示了其对这2种斑潜蝇的控害潜力。该寄生蜂在我国田间种群数量上升的原因,可能是美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇入侵后造成的“跟随效应”使其形成优势种群,因为我国本地蔬菜潜叶蝇类害虫(如豌豆彩潜蝇)和外来的南美斑潜蝇均不太适应高温气候。

鉴于外来斑潜蝇在我国的广泛扩散和危害,有必要开展相关方面的深入研究以加强冈崎姬小蜂应用控制效果。从基础研究角度,需要全面开展寄生蜂的生物生态学和环境适应性研究;且由于该蜂是取食型寄生蜂,除需要明确取食寄主的营养生理机制外,还需要深入探讨非寄主食物对雌蜂的影响以及环境因子对雌蜂取食或寄生行为权衡的影响。从应用实践角度,需要基于相关的(包括其他潜叶蝇寄生蜂)研究成果,研发冈崎姬小蜂的人工规模化饲养、储存和人工释放技术。由于冈崎姬小蜂的性比依赖于寄主大小,在人工规模化饲养时应该采用3龄寄主;尽管美洲斑潜蝇、三叶草斑潜蝇和葱斑潜蝇作为寄主具有同等的适宜性,但从饲养的高效和方便角度,应该采用菜豆叶—美洲斑潜蝇/三叶草斑潜蝇的饲养模式(Tran *et al.*, 2007、2012)。基于饲养方法的相似性,可参考潜蝇姬小蜂和芙新姬小蜂的饲养方法(王伟等,2012; Ode *et al.*, 2002; Saleh *et al.*, 2010)。在实际应用中,可以根据不同寄生蜂对温度适应范围的差异,选择与其他同域性寄生蜂协同控害,如在我国,与冈崎姬小蜂同域发生的幼虫内寄生蜂底比斯姬小蜂和芙新姬小蜂、外寄生蜂异角亨姬小蜂等(宋丽群等,2004;王伟等,2012;许再福等,1999;曾玲等,2000);另外,可与选择性杀虫剂如灭蝇胺等配合使用(Bjorksten & Robinson, 2005; Priyono *et al.*, 2004),以进一步提高其对斑潜蝇的生防控制效应。

参考文献

- 白义川, 谷希树, 徐维红, 胡学雄, 郝永娟, 刘佰明. 2009. 美洲斑潜蝇寄生蜂对设施蔬菜常用农药的敏感性评价. 华北农学报, 24(3): 83–86.
- 陈艳, 叶强. 2002. 冈崎姬小蜂生物学特性的研究. 昆虫学报, 45 (Supl.): 128–131.
- 陈艳, 赵景玮, 范青海. 1999. 温度对美洲斑潜蝇发育、存活和繁殖的影响. 应用生态学报, 10(6): 710–712.
- 黄居昌, 林智慧, 陈家骅. 2000. 冈崎姬小蜂生物学特性研究. 华东昆虫学报, 9(2): 34–38.
- 黄居昌, 林智慧, 陈家骅, 李满玲, 周顺. 1999. 6 种常用杀虫剂对美洲斑潜蝇及冈崎姬小蜂的选择毒杀作用. 福建农业大学学报, 28(4): 452–456.
- 康乐. 斑潜蝇的生态学与持续控制. 1996. 北京: 科学出版社.
- 兰亦全, 赵士熙, 柯伟阳. 2002. 美洲斑潜蝇及其寄生性天敌的生态位. 华东昆虫学报, 11(2): 84–87.
- 梁广文, 詹根祥, 曾玲. 2001. 寄生蜂对美洲斑潜蝇自然利群控制作用的评价. 应用生态学报, 12(2): 257–260.
- 林凤琪, 王清玲. 1992. 非洲菊斑潜蝇寄生蜂之种类及发生调查. 中华昆虫, 12(4): 247–257.
- 刘春燕, 柳浩, 曾玲, 李宁东. 2012a. 三叶斑潜蝇寄生蜂种类及其寄生率研究. 广东农业科学, (4): 60–61.
- 刘春燕, 柳浩, 曾玲, 陆永跃. 2012b. 两种斑潜蝇及其寄生蜂空间生态位的研究. 环境昆虫学报, 34(1): 14–21.
- 彭华, 陈文龙. 2005. 贵州省斑潜蝇种类及其天敌资源调查. 贵州农业科学, 33(3): 32–33.
- 钱景秦, 古琇芷. 1996. 非洲菊斑潜蝇之形态、生活史及繁殖力. 中华农业研究, 45(1): 69–88.
- 钱景秦, 古琇芷. 1998. 非洲菊三叶草斑潜蝇及其寄生蜂的田间发生动态. 中华昆虫, 18(3): 187–197.
- 钱景秦, 古琇芷. 2001. 五种非洲菊斑潜蝇寄生蜂(膜翅目, 姬小蜂科, 小茧蜂科)对寄主龄期之偏好性. 台湾昆虫, 21(2): 89–97.
- 钱景秦, 古琇芷, 张淑贞. 2007. 蔬菜斑潜蝇 (*Liriomyza sativae* Blanchard) (双翅目: 潜蝇科) 之形态、生活史及生命表. 台湾昆虫, 27(3): 207–227.
- 钱景秦, 张淑贞. 2009a. 冈崎姬小蜂 (*Closterocerus okazakii* Kamijo) (膜翅目: 姬小蜂科) 之形态与生活史. 台湾昆虫, 29(1): 25–36.
- 钱景秦, 张淑贞. 2009b. 温度对冈崎姬小蜂 (*Closterocerus okazakii* Kamijo) (膜翅目: 姬小蜂科) 生命表与致死寄主能力之影响. 台湾昆虫, 29(1): 37–50.
- 钱景秦, 张淑贞. 2010. 贮存温度与时间对冈崎姬小蜂 (*Closterocerus okazakii*) (膜翅目: 姬小蜂科) 生育力与致死寄主能力之影响. 台湾农业研究, 59(4): 289–298.
- 钱景秦, 张淑贞. 2011. 药剂对蔬菜斑潜蝇(双翅目: 潜蝇科)之冈崎姬小蜂与底比斯姬小蜂(膜翅目: 姬小蜂科)之影响. 台湾农业研究, 60(3): 185–196.
- 任立云, 曾玲, 陆永跃, 张维球. 2006. 广州地区美洲斑潜蝇寄生蜂种类及植物提取物对寄生蜂的影响. 广西农业生物科学, 25(3): 239–242.
- 盛金坤, 詹根祥, 廖月华. 1999. 美洲斑潜蝇寄生蜂种类及描述. 江西植保, 22(1): 7–11.
- 宋丽群, 高燕, 许再福, 古德就. 2004. 美丽青背姬小蜂寄生和繁殖特性研究. 昆虫天敌, 26(3): 113–121.
- 王伟, 王文霞, 刘万学, 程立生, 万方浩. 2012. 美新姬小蜂生物学及应用研究进展. 中国生物防治学报, 28(4): 575–582.
- 问锦曾, 雷仲仁, 王音. 2000. 我国蔬菜潜叶蝇寄生蜂简介(四)普金姬小蜂、冈崎姬小蜂等六种. 植物保护, 26(2): 40–42.
- 洗继东, 庞雄飞, 曾玲. 2003. 异源次生化合物对美洲斑潜蝇种群控制作用的田间试验. 应用生态学报, 14(1): 97–100.
- 相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 高玉林. 2012. 三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展. 生态学报, 32(5): 1616–1622.
- 肖婷, 陈啸寅, 杨鹤同, 郭建, 杨敬辉, 潘以楼. 2011. 三叶斑潜蝇发育起点温度和有效积温的研究. 环境昆虫学报, 33(1): 8–12.
- 谢琼花, 何谭连, 蔡德江. 1997. 美洲斑潜蝇发生危害及其防治. 植物保护, 23(1): 20–23.
- 许再福, 高泽正, 陈新芳, 侯任环, 曾玲. 1999. 广东美洲斑潜蝇寄生蜂常见种类鉴别. 昆虫天敌, 21(3): 126–131.
- 曾玲, 吴佳教, 张维球. 2000. 广东美洲斑潜蝇主要寄生蜂种类及习性观察. 植物检疫, 14(2): 65–69.
- 赵勇, 李照会, 许维岸. 2002. 山东省泰安地区美洲斑潜蝇及其寄生蜂消长规律的研究. 昆虫天敌, 24(4): 170–174.
- Arakaki N and Kinjo K. 1998. Notes on the parasitoid fauna of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Okinawa, southern Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 33: 577–581.
- Bjorksten T A and Robinson M. 2005. Juvenile and sublethal effects of selected pesticides on the leafminer parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) from Australia. *Journal of Economic Entomology*, 98: 1831–1838.
- Gao Y L, Lei Z R, Abe Y and Reitz S R. 2011. Species displacements are common to two invasive species of leafminer fly in China, Japan, and the United States. *Journal of Economic Entomology*, 104: 1771–1773.
- Giron D, Rivero A, Mandon N, Darrouzet E and Casas J. 2002. The physiology of host-feeding in parasitic wasps: implications for survival. *Functional Ecology*, 16: 750–757.
- Hansson C. 1985. Taxonomy and biology of the Palearctic species of *Chrysocharis forsteri*, (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomology Scindinavica and Supply*, 25: 1–130.
- Hansson C. 1990. A taxonomic study on the palaearctic species of *Chrysonotomyia* Ashmead and *Neochrysocharis* Kurdjumov

- (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomologica Scandinavica*, 21: 29 – 52.
- Heimpel G E and Collier T R. 1996. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 71: 373 – 400.
- Kamijo K. 1978. Chalcidoid parasites (Hymenoptera) of Agromyzidae in Japan, with description of a new species. *Kontyu*, 46: 455 – 469.
- Kang L, Chen B, Wei J N and Liu T X. 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annual Review of Entomology*, 54: 127 – 145.
- Niranjana R F, Wijeyagunsekara H N P and Raveendranath S. 2005. Parasitoids of *Liriomyza sativae* in farmer fields in the Batticaloa District. *Tropical Agricultural Research*, 17: 214 – 220.
- Nonci N and Muis A. 2011. Bioecology and management of leaf miner (*Liriomyza chinensis* Kato) (Diptera: Agromyzidae) on onion. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 30: 148 – 155.
- Ode P J and Heinz K M. 2002. Host-size-dependent sex ratio theory and improving mass-reared parasitoid sex ratios. *Biological Control*, 24(1): 31 – 41.
- Ohno K, Yamaguchi D, Maryana N, Takesaki K and Takemoto H. 1999. Reproductive efficiency of eulophid parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) attacking the larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Japanese Journal of Entomology (New Series)*, 2(1): 1 – 9.
- Prijono D, Robinson M, Rauf A, Bjorksten T and Hoffmann A A. 2004. Toxicity of chemicals commonly used in Indonesian vegetable crops to *Liriomyza huidobrensis* populations and the Indonesian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis*, *Opius* sp., and *Gronotoma micromorpha*, as well as the Australian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaea*. *Journal of Economic Entomology*, 97: 1191 – 1197.
- Saito T, Ikeda F and Ozawa A. 1996. Effect of pesticides on parasitoid complex of serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Shizuoka Prefecture. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 40: 127 – 133.
- Saleh A, Allawi T F and Ghabeish I. 2010. Mass rearing of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Eulophidae: Hymenoptera), a parasitoid of leafminers (Agromyzidae: Diptera). *Journal of Pest Science*, 83(2): 59 – 67.
- Tran D H, Le K P, Ueno T and Takagi M. 2012. Effects of temperature and host on the immature development of the parasitoid *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 57: 133 – 137.
- Tran D H and Takagi M. 2006. Biology of *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the stone leafminer *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 51: 269 – 273.
- Tran D H and Ueno T. 2012. Toxicity of insecticides to *Neochrysocharis okazakii*, a parasitoid *Liriomyza* leafminers on vegetables. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 57: 127 – 131.
- Tran D H, Ueno T and Takagi M. 2007. Comparison of the suitability of *Liriomyza chinensis* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) as hosts for *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biological Control*, 41: 354 – 360.
- Visser B and Ellers J. 2008. Lack of lipogenesis in parasitoids: a review of physiological mechanisms and evolutionary implications. *Journal of Insect Physiology*, 54: 1315 – 1322.
- Zhang Y B, Liu W X, Wang W, Wan F H and Li Q. 2011. Lifetime gains and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in females of the synovigenic parasitoid, *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), as a function of diet. *Journal of Insect Physiology*, 57: 1045 – 1052.

(责任编辑:彭露)

