

三叶草斑潜蝇的寄生蜂及其应用*

皇甫伟国¹ 唐 璞² 柴伟钢¹ 吴 琼² 孙梅梅¹

高明清² 谌江华¹ 陈学新^{2**}

(1. 宁波市农业科学研究院 宁波 315040; 2. 教育部作物病虫害分子生物学重点开放实验室, 浙江大学昆虫科学研究所 杭州 310029)

Hymenopteran parasitoids parasitizing *Liriomyza trifolii* and their application in biological control.

HUANGFU Wei-Guo¹, TANG Pu², CHAI Wei-Gang¹, WU Qiong², SUN Mei-Mei¹, GAO Ming-Qing², CHEN Jiang-Hua¹, CHEN Xue-Xin^{2**} (1. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China; 2. Ministry of Agriculture Key Laboratory of Molecular Biology of Crop Pathogens and Insects, Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract This paper reviews the research progress of the hymenopteran parasitoid species that parasitize the leaf miner *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) with special reference on their characteristics of biology, ecology and host selection, the impacts of insecticides on parasitoids, and the application of these parasitoids in biocontrol programs.

Key words *Liriomyza trifolii*, hymenopteran parasitoid, biocontrol, progress

摘 要 本文就三叶草斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* (Burgess) 的寄生蜂种类、生物学特性、寄主选择性和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综述。

关键词 三叶草斑潜蝇, 寄生蜂, 生物防治, 研究进展

三叶草斑潜蝇 *Liriomyza trifolii* (Burgess) 是世界性的重要害虫之一, 在全球 70 多个国家和地区均有分布, 并被许多国家列为重要的检疫对象^[1,2]。该虫起源于北美洲, 20 世纪 80 年代末传入我国台湾^[3], 2005 年 12 月我国大陆在广东省中山市首次发现其入侵^[4]。近年来随着贸易的日益频繁, 三叶草斑潜蝇在我国快速传播, 抗药性不断增强加之其繁殖能力强、生活隐蔽、世代短、世代重叠, 三叶草斑潜蝇已成为我国蔬菜、瓜果和观赏植物上最重要的害虫之一^[5]。三叶草斑潜蝇寄主范围广, 可危害 25 科 300 多种植物^[6], 除幼虫潜食叶片栅栏组织和成虫取食叶片等直接危害外^[7,8], 还能传播植物病毒^[9], 每年给全世界造成了严重的经济损失。为此, 全世界相关科学工作者对其给予了足够的重视, 开展了深入的研究, 主要涉及三叶草斑潜蝇的分布、生物学特性、寄主范围和综合防治等方面。寄生蜂在三叶草斑潜蝇的治理

中起着重要作用, 国外学者对三叶草斑潜蝇寄生蜂的种类、生物学习性等方面做了详尽的研究, 但国内对三叶草斑潜蝇的寄生蜂这一重要的天敌类群只做了扼要的介绍。本文详细地概述了三叶草斑潜蝇寄生蜂的研究和应用情况。

1 寄生蜂种类

三叶草斑潜蝇寄生蜂种类十分丰富, 据不完全统计, 全世界大约有 70 多种寄生蜂寄生三叶草斑潜蝇, 其中茧蜂科 Braconidae 9 种、姬小蜂科 Eulophidae 48 种、金小蜂 Pteromalidae 6 种、四节小蜂科 Tetracampidae 1 种、蚜小蜂科 Aphelinidae 1 种、匙胸瘿蜂科 Eucoilidae 5 种

* 资助项目: 宁波市科技农业攻关项目(2006C100026)、国家科技部公益性行业科研专项(200803005)、浙江省重大农业科技攻关项目(2005C12008-02)。

** 通讯作者, E-mail: xxchen@zju.edu.cn

收稿日期: 2010-07-02, 修回日期: 2010-07-21

等^[10~13]。国内对美洲斑潜蝇和南美斑潜蝇的寄生蜂研究较多,而对三叶草斑潜蝇的寄生蜂的资源调查、分类以及生物学与利用的研究,除了台湾地区外,几乎一片空白。Lin 和 Wang 报道了台湾当地的 7 种寄生三叶草斑潜蝇的寄生蜂^[10],钱景泰和古琚芷采集并研究了台中地区的 5 种寄生三叶草斑潜蝇的寄生蜂^[14]。虽然三叶草斑潜蝇的寄生蜂种类很丰富,但是由于对其形态学、生态学以及行为学等方面了解不够深入,因此目前已经应用到三叶草斑潜蝇生物防治上的种类还较少。

2 寄生蜂的生物学

2.1 姬小蜂科 Eulophidae

潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea* (Walker) 为外寄生,卵育型,抑性寄生的多主寄生蜂^[15],Minkenberg^[16]研究了潜蝇姬小蜂的生活史,结果表明温度和性别对其发育和个体大小影响很大。潜蝇姬小蜂寄生三叶草斑潜蝇时,在 25℃ 和 20℃ 时的内秉增长率和生殖率约是 15℃ 的 2 倍,在 25℃ 时的发育速率是 15℃ 的 2 倍。此外,在 25℃ 时雌蜂和雄蜂的平均发育时间分别为 10.5 d 和 10.3 d。Bazzocchi 等在实验室内设置 15、20、25、30℃ 4 个温度研究其对潜蝇姬小蜂发育的影响,结果表明在这个温度区间内,潜蝇姬小蜂的发育时间与温度负相关^[17]。

异角姬小蜂 *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) 营外寄生,以寄生和取食方式致死三叶草斑潜蝇,其羽化高峰期在 5:00–7:00,产卵和取食寄主的高峰期分别为 5:00 至 13:00,9:00 至 17:00。在 25℃ 时,该蜂卵期为 (1.1 ± 0.0) d,幼虫期为 (4.1 ± 0.1) d,前蛹期为 (0.7 ± 0.0) d,蛹期为 (5.2 ± 0.1) d^[18]。

贝氏潜蝇姬小蜂 *Diglyphus begini* Ashmead 雌蜂的平均羽化期为 6.3 d,雄蜂为 3.4 d,每头雌蜂净增长率在 24.1℃ 时为 5.9 头,平均寿命为 21.7 d^[19, 20]。

2.2 茧蜂科

离潜蝇茧蜂 *Opius dissitus* Muesebeck 在 10℃ 和 15℃ 下分别最多存活 15 d 和 20 d,在

20~30℃ 时,能存活超过 30 d;其产卵期在 20、25、30℃ 时分别为 15、25、16 d;在 10℃ 和 15℃ 下,死亡率分别为 99.6% 和 48.8%;在 25℃ 和 30℃ 下,其死亡率明显下降;但是温度对离潜蝇茧蜂的性比没影响^[21]。

2.3 金小蜂科

螯须金小蜂属 *Halticoptera* Spinola 的种类为容性寄生,幼虫或卵-幼虫寄生蜂。Flores 研究环赘须金小蜂 *H. circulus* (Walker) 的生物学习性时发现,环赘须金小蜂属过寄生型 (superparasitism) 寄生蜂,其雌性成虫除寄生外还能直接取食寄主,雌蜂平均成虫期比雄蜂多 10 d,雌蜂寿命及后代性比、雌蜂产卵量、雌蜂发现和攻击寄主幼虫的能力、三叶草斑潜蝇被取食致死平均数与寄生蜂密度大致负相关^[22]。

2.4 瘿蜂科

益匙胸瘿蜂 *Ganaspidium utilis* (Beardsley) 是单寄生,幼虫-蛹期内寄生性寄生蜂。Kafle 等研究表明温度对益匙胸瘿蜂的发育有一定影响。在 29℃ 时益匙胸瘿蜂平均每天寄生 7.8 头三叶草斑潜蝇幼虫;在 25℃ 时寄生数量下降为平均每天 7.2 头。但是在 17℃ 时由于寄主数量的减少其寄生率没有显著的变化^[23]。Omer 等同样也研究了不同温度对益匙胸瘿蜂的影响,其研究结果为在 32℃ 时益匙胸瘿蜂的平均发育历期为 13.2 d,明显短于在 27℃ 时的平均发育历期 18.4 d。成虫前的存活率在 27℃ 和 32℃ 时分别为 62% 和 43%。其在 27℃ 和 32℃ 时的雌蜂平均产卵量分别为 115.1 粒和 68.5 粒,并且益匙胸瘿蜂在羽化后第 2 天和第 3 天时的产卵量最高^[24]。

小型匙胸瘿蜂 *Gronotoma micromorpha* (Perkins) 为卵-蛹期和幼虫-蛹期寄生蜂,其羽化速率与三叶草斑潜蝇龄期无关,但是当小型匙胸瘿蜂寄生羽化后 3 至 4 d 的三叶草斑潜蝇时,其发育历期明显短于寄生其它龄期的三叶草斑潜蝇的寄生蜂^[12]。

3 寄生蜂的寄主选择行为和选择特性

寄生蜂与寄主在进化过程中彼此发展出各

种方式来相互适应。钱景泰和古琇芷研究发现不管是营抑性寄生还是容性寄生的三叶草斑潜蝇的寄生蜂,其雌蜂在寄生或取食时都对寄主龄期有选择性,所研究的5种寄生蜂雌蜂寄生或取食的寄主幼虫龄期范围较广,但偏好在第三龄幼虫上产卵^[14]。

三叶草斑潜蝇的寄生蜂对寄主大小也有选择性,如贝氏潜蝇姬小蜂雌蜂喜好将卵产于个体较大的寄主,丢弃或取食较小的寄主。寄生较大的寄主能发育出较大的寄生蜂,提高寄生蜂的适合度。此外选择较大的寄主寄生能使后代有更高的存活率,研究表明贝氏潜蝇姬小蜂将卵产于 0.65 mm^2 的寄主上时,只有50%能完成发育,而在较大的个体上寄生时则有更多个体能完成发育^[19]。

4 寄生蜂与斑潜蝇寄主植物间的关系

寄生蜂对不同的寄主植物有不同的适合度,斑潜蝇的寄主植物能影响寄生蜂的种群分布^[25]。Zehnder 和 Trumble 研究发现以番茄为寄主的三叶草斑潜蝇中饲养出的寄生蜂多为贝氏潜蝇姬小蜂,而以芹菜为寄主的三叶草斑潜蝇中除饲养出贝氏潜蝇姬小蜂外,还有间潜蝇姬小蜂 *Diglyphus intermedius* Girault^[26]。

寄主植物的气味在寄生蜂正确定位寄主的栖息地以及迅速准确地寻找寄主的过程中有很重要的作用。Finidori-Logli 等采用四臂嗅觉仪研究了潜蝇姬小蜂寻找寄主三叶草斑潜蝇的行为。结果表明,受斑潜蝇危害的豌豆叶片含有较高的青叶醇和4-羟基-4-甲基-2-戊酮,潜蝇姬小蜂可能是依赖这些寄主植物挥发性物质找到三叶草斑潜蝇幼虫^[27,28]。

此外寄主植物中化学元素的含量对寄生蜂也有一定影响,Kaneshiro 和 Johnson 研究发现大豆叶子中含氮量对寄生三叶草斑潜蝇的黄潜蝇釉姬小蜂 *Chrysocharis oscinidis* (Ashmead) 有一定影响。叶片含氮量为4.88%时,其成虫的生殖力最高,但是叶片含氮量对黄潜蝇釉姬小蜂的性比没有显著影响^[29]。

5 农药对寄生蜂的影响

不同种类的农药对三叶草斑潜蝇寄生蜂的影响有差异,但均表明寄生蜂对农药很敏感。总的来说,广谱性杀虫剂对三叶草斑潜蝇的寄生蜂有杀伤作用,而大多数杀菌剂、植物源杀虫剂和昆虫生长调节剂较其他农药对三叶草斑潜蝇的寄生蜂更为安全。Hara 研究表明杀线威(oxamyl)、杀线威和灭多威混剂(oxamyl plus methomyl)、氯菊酯和微胶囊甲基对硫磷混剂(permethrin plus microencapsulated methyl parathion)都能有效的防治三叶草斑潜蝇,并且对间潜蝇姬小蜂 *D. intermedius* 和亨氏匙胸瘿蜂 *Ganaspidium hunteri* (Crawford) 较为安全^[30]。Kaspi 和 Parrella 研究了齐螨素对三叶草斑潜蝇寄生蜂潜蝇姬小蜂的成虫和幼虫的影响,结果表明直接对潜蝇姬小蜂的成虫施用齐螨素会对其产生危害作用。当直接对寄生蜂幼虫施用齐螨素或者寄生蜂取食了被齐螨素污染的三叶草斑潜蝇幼虫,齐螨素都会对其造成致命的威胁。但是直接将齐螨素施用于寄主植物上,潜蝇姬小蜂的羽化率以及羽化后的寿命都没有受到影响^[31]。Saito 等测定了6种选择性杀虫剂和4种非选择性杀虫剂对16种三叶草斑潜蝇寄生蜂的影响,结果表明选择性杀虫剂对寄生蜂无毒害作用,而非选择性杀虫剂则对其有危害作用^[13]。Ozawa 等在仅使用 IGR 和 BT 等选择性杀虫剂的生物控制型温室和使用非选择性杀虫剂的化学控制型温室里人为的控制三叶草斑潜蝇种群密度,使两个不同类型的温室的三叶草斑潜蝇种群密度大致相同,且向每个温室定期释放相同数量三叶草斑潜蝇的寄生蜂。通过三年的观察和研究发现生物控制型温室使用杀虫剂控制三叶草斑潜蝇的次数要明显少于化学控制型温室^[32]。湛爱东等测定了7类10种杀虫剂对潜蝇姬小蜂成虫的毒性,结果表明阿维菌素类、有机磷类和氨基甲酸酯类杀虫剂对潜蝇姬小蜂有毒杀作用,而植物源杀虫剂和昆虫生长调节剂对潜蝇姬小蜂较为安全^[33]。

6 寄生蜂在三叶草斑潜蝇生物防治中的应用

寄生蜂是对三叶草斑潜蝇进行生物防治所利用的主要天敌,已在全世界很多国家取得了很好的防治效果。如在意大利撒丁岛的温室里三叶草斑潜蝇的危害水平很高,Cabitz 等释放潜蝇姬小蜂后寄生率达 90%^[34]。Heinz 和 Parrella 用贝氏潜蝇姬小蜂对万寿菊上的三叶草斑潜蝇进行生物防治时发现,三叶草斑潜蝇有 97% 的死亡是因贝氏潜蝇姬小蜂寄生或取食导致的^[19]。在利用寄生蜂对三叶草斑潜蝇进行防治时,一般采取两条途径:利用本地种寄生蜂和从原产地或虫害发生地引进寄生蜂^[35]。在利用本地种防治三叶草斑潜蝇方面,台湾地区利用本地种寄生蜂防治在台中大坑地区非洲菊园内的三叶草斑潜蝇取得了很好的效果,使得三叶草斑潜蝇的发生水平由频发性降为偶发性^[14]。引进天敌控制三叶草斑潜蝇也取得了良好的效果。1975—1978 年,夏威夷引进了 17 种寄生蜂来防治西瓜上的三叶草斑潜蝇获得成功^[36]。日本引进潜蝇姬小蜂和西伯利亚离颚茧蜂 *Dacnusa sibirica* Telenga 两种寄生蜂用来进行防治番茄上的三叶斑潜蝇,寄生率达 90.5%^[28]。

温度是影响寄生蜂对三叶草斑潜蝇生防效果的一个至关重要的因素^[25]。Hondo 等通过对 7 种本地种寄生蜂的发育和生殖力的热耐受性的研究提出了生物防治效率公式来作为全面评价寄生蜂防治三叶草斑潜蝇效果的准则。并且根据此公式和热耐受性提出潜蝇姬小蜂在温度稍低的季节释放,而丽潜蝇姬小蜂 *Neochrysocharis formosa* (Westwood) 应该在温度稍高的季节释放,这样能更好地防治三叶草斑潜蝇^[37]。

影响寄生蜂寄生三叶草斑潜蝇的因素还有很多,Patel 和 Schuster 提出的寄主的龄期、寄主和寄生蜂密度等^[38]。Tran 等用冈崎姬小蜂 *Neochrysocharis okazaki* Kamijo 寄生三叶草斑潜蝇和葱斑潜蝇 *Liriomyza chinensis* 时发现,冈崎

姬小蜂以三叶草斑潜蝇为寄主时净产卵量高于葱斑潜蝇,因此更适合以三叶草斑潜蝇为寄主^[39]。此外,寄生蜂之间的竞争,自然与人为的选择压力也会影响寄生蜂寄生三叶草斑潜蝇的效率等^[38]。

7 展望

虽然三叶草斑潜蝇于 2005 年才传入我国大陆地区,但是短短几年已经给我国造成了严重的经济损失。国内外多年的研究和实践表明,寄生蜂对三叶草斑潜蝇有很好的防治作用。有很多国家已成功通过引进寄生蜂和利用本地寄生蜂而达到控制三叶草斑潜蝇的目的。而我国对三叶草斑潜蝇寄生蜂研究相对薄弱。因此,我国应当对三叶草斑潜蝇寄生性天敌的研究予以足够重视,在诸如发现和鉴别寄生蜂种类,寄生蜂的饲养、繁殖和释放等方面更加进行全面而深入的研究,从而为我国三叶草斑潜蝇的持续控制打下坚实的基础。

参 考 文 献

- 1 陈洪俊,李镇宇,骆有庆. 检疫性有害生物三叶斑潜蝇. 植物检疫, 2005, 2(19):99~102.
- 2 雷仲仁,朱灿健,张长青. 重大外来入侵害虫三叶斑潜蝇在中国的风险性分析. 植物保护, 2007, 1(33):37~41.
- 3 Wang C. L., Lin F. C. A newly invaded insect pest *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Taiwan. J. Agr. Res. China, 1988, 37(4):453~457.
- 4 国家林业局. 我国新发现重大外来有害生物—三叶斑潜蝇. 中国植保导刊, 2006, 26(5):55.
- 5 陆庆光. 斑潜蝇属的经济重要性及防治. 植物检疫, 1997, 5(11):304~305.
- 6 刘春燕,陆永跃,曾玲,等. 广东省春季三叶草斑潜蝇寄主种类. 昆虫知识, 2007, 44(4):574~576.
- 7 Petcharat J., Zeng L., Zhang W. Q., et al. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. Songklanakarin J. Sci. Techn., 2002, 3(24):467~472.
- 8 Musgrave C. A., Poe S. L., Bennett D. R. Leaf miner population estimation in polycultured vegetables. Florida Agr. Exp., 1975, 7 076:156~160.
- 9 Parrella M. P. Biology of *Liriomyza*. Annu. Rev. Entomol., 1987, 32:201~224.
- 10 Lin F. C., Wang C. L. The occurrence of parasitoids of

- Liriomyza trifolii* (Burgess) in Taiwan, *Chinese Journal of Entomology*, 1992, **12**:247 ~ 257.
- 11 陈学新, 何俊华, 徐志宏, 等. 斑潜蝇寄生性天敌研究和应用概况. 中国生物防治, 2001, **17**(1):30 ~ 34.
 - 12 Abe Y. Egg-pupal and larval-pupal parasitism in the parasitoid *Gronotoma micromorpha* (Hymenoptera: Eucolidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 2001, **36**(4):479 ~ 482.
 - 13 Saito T., Ikeda F., Ozawa A. Effect of pesticides on parasitoid complex of serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Shizuoka prefecture. *Jpn. Soc. Appl. Entomol. Z.*, 1996, **40**:127 ~ 133.
 - 14 钱景秦, 古琇芷. 五种非洲菊斑潜蝇寄生蜂(膜翅目: 袖小蜂科、小茧蜂科)对寄主龄期之偏好性. 台湾昆虫期刊, 2001, **21**(2):89 ~ 97
 - 15 Shaaban A. R. Biological control of the leafminer, *Liriomyza trifolii* by introduction, releasing, evaluation of the parasitoids *Diglyphus isaea* and *Dacnusa sibirica* on vegetables crops in greenhouses in Egypt. *Arch. Phytopath. Plant Protect.*, 2006, **39**(6):439 ~ 443.
 - 16 Minkenberg O. P. J. M. Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.) on tomatoes. *Annu. Appl. Biol.*, **115**(3):381 ~ 397.
 - 17 Bazzocchi G. G., Lanzoni A., Burgio G., et al. Effects of temperature and host on the pre-imaginal development of the parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biol. Control*, 2003, **26**:74 ~ 82.
 - 18 钱景秦, 古琇芷. 异角袖小蜂 (*Hemiptarsenus varicornis*) (膜翅目: 袖小蜂科) 之外形与生活史. 台湾昆虫期刊, 2001, **21**(3):247 ~ 255
 - 19 Heinz K. M., Parrella M. P. Attack behavior and host size selection by *Diglyphus begini* on *Liriomyza trifolii* in chrysanthemum. *Entomol. Exp. Appl.* 1989, **53**(2):147 ~ 156.
 - 20 尹承山, 陈学新, 李增梅. 斑潜蝇寄生蜂贝氏潜蝇姬小蜂的研究进展. 植物保护, 2003, **6**(29):10 ~ 13.
 - 21 Bordat D., Coly E. V., Letourmy P. Influence of temperature on *Opius dissitus* (Hym.: Braconidae), a parasitoid of *Liriomyza trifolii* (Dipt.: Agromyzidae). *Entomophaga*, 1995, **40**(1):119 ~ 124.
 - 22 Flores E. D. Life history and parasitism of *Halticoptera circulus* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), in laboratory. National Pingtung University of Science and Technology, master's dissertation (in Chinese).
 - 23 Kafle L., Lai P. Y., Chang Y. F. Functional response of a parasitoid *Ganaspidium utilis* (Hymenoptera: Eucolidae) on the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Insect Science*, 2005, **12**:381 ~ 385.
 - 24 Omer A. D., Johnson M. W., Tabashnik B. E. Demography of the leafminer parasitoid *Ganaspidium utilis* Beardsley (Hymenoptera: Eucolidae) at different temperatures. *Biol. Control*, 1996, **6**:29 ~ 34.
 - 25 Kang L., Chen B., Wei J. N., et al. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annu. Rev. Entomol.*, 2009, **54**:127 ~ 145.
 - 26 Zehnder G. W., Trumble J. T. Host selection of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and associated parasites in adjacent plantings of tomato and celery. *Environ. Entomol.*, 1984, **2**(13):492 ~ 496.
 - 27 Finidori-Logli V., Bagnères A., Clément J. Role of plant volatiles in the search for a host by parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *J. Chem. Ecol.*, 1996, **22**:541 ~ 558
 - 28 冯红云, 雷仲仁, 问锦曾, 等. 豌豆潜蝇姬小蜂研究进展. 中国生物防治, 2004, **20**(2):87 ~ 90.
 - 29 Kaneshiro L. N., Johnson M. W. Tritrophic effects of leaf nitrogen on *Liriomyza trifolii* (Burgess) and an associated parasitoid *Chrysoschelis oscinidis* (Ashmead) on bean. *Biol. Control*, 1996, **6**:186 ~ 192.
 - 30 Hara A. H. Effects of certain insecticides on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on Chrysanthemums Hawaii. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 1986, **26**:65 ~ 70.
 - 31 Kaspi R., Parrella M. P. Abamectin compatibility with the leafminer parasitoid *Diglyphus isaea*. *Biol. Control*, 2005, **35**:172 ~ 179.
 - 32 Ozawa A., Saito T., Ota M. Biological control of the American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), on tomato in greenhouses by parasitoids. II. Evaluation of biological control by *Diglyphus isaea* (Walker) and *Dacnusa sibirica* Telenga in commercial greenhouses. *Jpn. Soc. Appl. Entomol. Z.*, 2001, **45**:61 ~ 74. (in Japanese)
 - 33 湛爱东, 陈宗麒, 罗开瑶, 等. 杀虫剂对潜蝇姬小蜂成虫的毒性. 西南农业学报, 2003, **16**(3):42 ~ 45.
 - 34 Cabitza F., Cubeddu, M., Ballore, S. Two years of observations on the application of biological control techniques against tomato pests on spring crops in greenhouses. *Informatore Agrario*, 1993, **49**(18):103 ~ 106
 - 35 Murphy S. T., LaSalle J. Balancing biological control strategies in the 1PM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. *Biocontrol News and*

Information, 1999, **20**(3):91~104.

36 陆庆光. 利用寄生蜂控制斑潜蝇研究进展. 植保技术与推广, 1997, **17**(6):37~39.

37 Hondo T., Koike A., Sugimoto T. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, 2006, **41**(1):73~82.

38 Patel K. J., Schuster D. J. Temperature-dependent fecundity, longevity, and host-killing activity of *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae) on third instars of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Environ. Entomol.*, 1991, **20**:195~199.

39 Tran D. H., Ueno T., Takagi M. Comparison of the suitability of *Liriomyza chinensis* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) as host for *Neochrysocharis okazaki* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biol. Control*, 2007, **41**:354~360.