

# 海氏桨角蚜小蜂对不同龄期“Q”烟粉虱的取食和寄生反应

戴 鹏<sup>1</sup>, 阮长春<sup>1</sup>, 臧连生<sup>1,2</sup>, 万方浩<sup>2</sup>

<sup>1</sup>吉林农业大学生物防治研究所, 天敌昆虫应用技术工程研究中心, 吉林 长春 130118;

<sup>2</sup>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

**摘要:**【背景】近年来“Q”烟粉虱在我国快速扩张,已成为农业生产上的一种重要入侵害虫。由于化学农药的大量使用,“Q”烟粉虱已对多种农药产生高抗药性,保护和利用天敌昆虫对其进行控制具有重要意义。【方法】本文在室内研究了近年引入我国的海氏桨角蚜小蜂对不同龄期“Q”烟粉虱若虫的取食和寄生能力。【结果】各龄期的“Q”烟粉虱若虫均可被海氏桨角蚜小蜂取食和寄生。在48 h内,寄生蜂取食1、2、3、4龄烟粉虱若虫的数量分别为10.7、6.4、6.7、5.0头,呈现随龄期增大取食数量下降的趋势;海氏桨角蚜小蜂对不同龄期烟粉虱若虫的寄生能力存在明显差异,其更偏好寄生2、3龄若虫(25.4和27.5头),其次是1龄若虫(22.1头),而寄生4龄粉虱的数量最低(16.5头)。【结论与意义】寄主龄期对海氏桨角蚜小蜂的取食和寄生能力具有显著影响。综合来看,该寄生蜂表现出对“Q”烟粉虱较好的生物防治潜能,是防治烟粉虱的理想寄生性天敌昆虫。

**关键词:** 烟粉虱; 海氏桨角蚜小蜂; 取食寄主行为; 寄主选择; 生物防治

## Host feeding and parasitism of *Eretmocerus hayati* on different nymphal stages of *Bemisia tabaci* "Q"

Peng DAI<sup>1</sup>, Chang-chun RUAN<sup>1</sup>, Lian-sheng ZANG<sup>1,2</sup>, Fang-hao WAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engineering Research Center of Natural Enemy Insects, Institute of Biological Control, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China; <sup>2</sup>State Key Laboratory for Biology of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

**Abstract:** 【Background】 *Bemisia tabaci* "Q" has become one of the most important invasive pests in China due to their rapid expansion and the huge economical losses. The extensive use of chemical insecticides has resulted in the development of high resistance against several insecticides. Therefore, biological control is a promising alternative for developing long-term integrated management of this invasive pest. 【Method】 In this study, the capacity of host feeding and parasitism by *Eretmocerus hayati* Zolnerowich and Rose on various nymphal stages of *B. tabaci* "Q" was determined under laboratory conditions. 【Result】 *E. hayati* could parasitize and host-feed on various whitefly stages. A female parasitoid killed 10.7 first-, 6.4 second-, 6.7 third- and 5.0 fourth-nymphs/48 h by host feeding. *E. hayati* exhibited a tendency to feed on more hosts with increasing of host stage. There was a significant difference in the number of nymphs parasitized by *E. hayati* of different nymphal stage. Generally, female wasp parasitized more second and third instars (25.4 and 27.5 nymphs/48 h, respectively), followed by first (22.1) and fourth instars (16.5). 【Conclusion and significance】 These results indicated *E. hayati* exhibited the potential as bio-control agent to control the invasive whitefly, *B. tabaci* "Q" through both host feeding and parasitism.

**Key words:** *Bemisia tabaci*; *Eretmocerus hayati*; host feeding; host selection; biological control

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 的寄主范围相当广泛,除了直接取食为害寄主植物外,还能传播植物病毒病造成严重的间接危害,目前已成为全球园林、园艺和大田农业生产上最重要的害虫之一 (Perring *et al.*, 1993)。最近的研究表明,烟粉虱由多个形态上难以区分的隐种组成 (De Barro *et al.*, 2011),近年入侵我国的“B型”和“Q型”烟粉虱属于其中的2个隐种 MEAM1 和 MED(为了与以往发

表的文献统一,本文使用“B”和“Q”烟粉虱代替 2 个隐种名称)，“B”和“Q”烟粉虱不仅造成严重的经济损失,还能快速替代本地种群(臧连生等, 2005; Liu *et al.*, 2007; Zang *et al.*, 2006)。大量化学农药的施用已引起烟粉虱的高抗药性( Byrne *et al.*, 2010)。长远来看,保护和利用天敌进行生物防治是持续治理烟粉虱的必然趋势。

“Q”烟粉虱依靠其产卵量大、对极端温度( Bonato *et al.*, 2007)和多种农药( Rauch & Nauen, 2003)的耐受性强等优势,已在世界范围内扩散,并显示出比“B”烟粉虱更强的入侵性和危害性。近年来,“Q”烟粉虱在我国快速扩张,分布范围已扩大到至少 16 个省、市、自治区(段晓东等, 2011; 滕希, 2009),并具有逐渐替代“B”烟粉虱的趋势( Chu *et al.*, 2010; Hu *et al.*, 2011)。

桨角蚜小蜂 *Eretmocerus* sp. Haldeman 是粉虱类害虫最重要的天敌类群,其中大多数寄生蜂属于非同时发生致死取食型( non-concurrent destructive)寄生蜂(史树森等, 2009; Zang *et al.*, 2008),除了通过寄生杀死寄主外,还可通过取食( host feeding)直接导致寄主死亡。海氏桨角蚜小蜂 *Eretmocerus hayati* Zolnerowich & Rose 属膜翅目蚜小蜂科桨角蚜小蜂属,原产于巴基斯坦,该蜂在多地表现出较强的适应性和良好的控制潜能,美国和澳大利亚引入该蜂用于防治“B”烟粉虱均获得成功( De Barro & Coombs, 2009; Goolsby *et al.*, 2005)。为了寻求对我国入侵烟粉虱的有效控制策略,2008 年海氏桨角蚜小蜂被成功引入我国(匡炜等, 2011; 邵家斌等, 2010; Yang & Wan, 2011)。已有结果表明,该寄生蜂对不同龄期“B”烟粉虱若虫表现出不同的选择性和适应性( Yang & Wan, 2011)。本文研究了海氏桨角蚜小蜂对不同龄期“Q”烟粉虱若虫的取食和寄生反应,旨在为评估该寄生蜂的应用前景提供一定理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫与植物

“Q”烟粉虱:长春本地采集,并采用 mtCO I 基因序列分析方法进行生物型鉴定(臧连生等, 2006),供试前在室内用番茄植株饲养 10 代以上。

海氏桨角蚜小蜂为中国农业科学院植物保护研究所 2008 年引入(采集于美国德克萨斯州田间)

种群,供试前在室内用番茄植株饲养的烟粉虱繁育 5 代以上。

供试植物:番茄(品种:瑞奇一号)。将穴播的番茄苗单株移栽于盛有营养土(长春天运肥业有限公司供应)的花盆(直径为 15 cm)内,当番茄长至 5~6 片真叶时供试。

### 1.2 不同龄期烟粉虱若虫的繁殖

随机取 30 头“Q”烟粉虱成虫,利用微虫笼接到番茄植株叶片背面,产卵 12 h,去除烟粉虱成虫和微虫笼,并在产卵叶片的正面做好标记,将盆栽番茄植株放入养虫笼(60 cm × 60 cm × 60 cm)。每日观察烟粉虱若虫的发育进度,当其发育至试验所需龄期时,连同番茄植株叶片剪下,镜检,保留 40 头适龄个体,将多余的烟粉虱若虫用昆虫针去除后,对番茄叶片进行水培处理,并放入透明接虫杯内备用(图 1)。



图 1 用于评估粉虱寄生蜂取食和寄生能力的新型试验装置

Fig. 1 A clear plastic cell containing whitefly nymphs on a water-cultured tomato leaf used for the evaluation of host feeding and parasitism by whitefly parasitoids

### 1.3 寄生蜂取食、寄生不同龄期的粉虱若虫

剪取带有即将羽化的海氏桨角蚜小蜂的番茄叶片放于大培养皿(直径 15.0 cm、深 1.5 cm),每 10 min 检查 1 次寄生蜂的羽化情况。取 1 对(1 雌:1 雄)新羽化的海氏桨角蚜小蜂分别接入内有 40 头 1、2、3 或 4 龄(初期)烟粉虱若虫的透明接虫杯内。48 h 后去蜂,记录各处理中寄生蜂的存活、死亡或逃逸情况。8~10 d 后,镜检被取食和寄生的烟粉虱若虫数量。每个处理 30 次重复。

以上所有试验均在 $(26 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,  $RH(60 \pm 5)\%$ , L:D=14:10 的标准环境条件下进行。

1.4 数据分析

数据分析采用 Excel 2003 和 DPS 数据处理系统软件。海氏桨角蚜小蜂对不同龄期“Q”烟粉虱若虫的取食、寄生和总致死量比较用单因素完全随机方差分析,多重比较用 Tukey test 方法分析。

2 结果与分析

2.1 海氏桨角蚜小蜂取食不同龄期烟粉虱若虫的能力

海氏桨角蚜小蜂能取食各个龄期的“Q”烟粉虱若虫,48 h 内,取食 1、2、3 和 4 龄烟粉虱若虫的数量分别为 10.7、6.4、6.7 和 5.0 头;寄生蜂取食 1 龄若虫的数量明显高于其他龄期寄主 ( $F_{3,116} = 40.09, P < 0.0001$ )。总体来看,随着寄主龄期的增加,海氏桨角蚜小蜂取食烟粉虱的数量呈现下降趋势(图 2)。

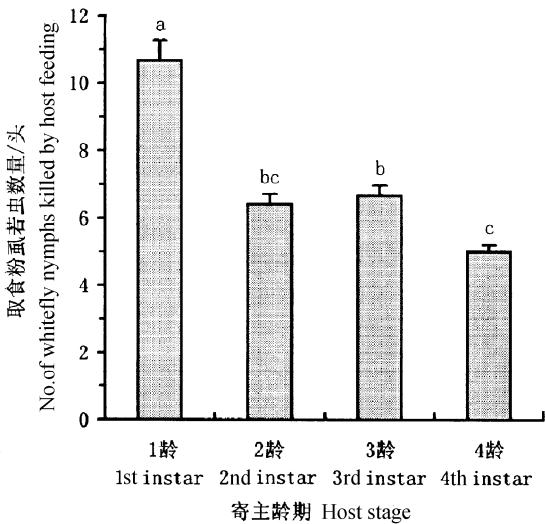


图 2 海氏桨角蚜小蜂在不同龄期烟粉虱若虫上的取食  
Fig. 2 Host feeding by *E. hayati* on various nymphal stages of *B. tabaci*  
柱形图上的不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。  
Different letters above the bars indicate significant differences (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

2.2 海氏桨角蚜小蜂寄生不同龄期烟粉虱若虫的能力

在 48 h 内,海氏桨角蚜小蜂寄生 1、2、3 和 4 龄“Q”烟粉虱若虫的数量分别为 22.1、27.5、25.4 和 16.5 头,且对不同龄期若虫的寄生能力存在明显差异 ( $F_{3,116} = 38.94, P < 0.0001$ )。总体来看,海氏桨角蚜小蜂更偏好寄生 2、3 龄烟粉虱若虫,其次是 1 龄若虫,最不喜欢寄生的是 4 龄若虫(图 3)。

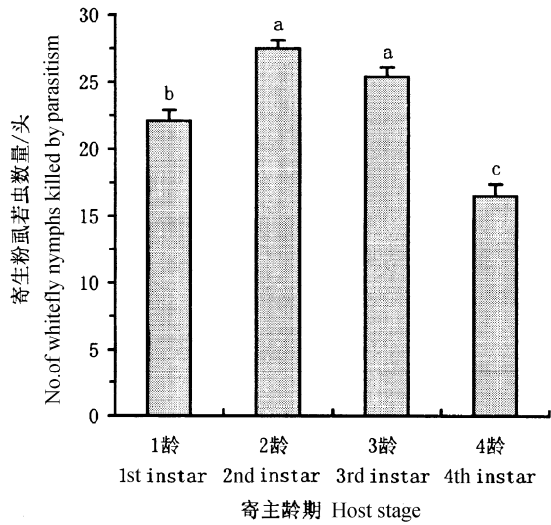


图 3 海氏桨角蚜小蜂在不同龄期烟粉虱若虫上的寄生  
Fig. 3 Parasitism by *E. hayati* on various nymphal stages of *B. tabaci*  
柱形图上的不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。  
Different letters above the bars indicate significant differences (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

2.3 海氏桨角蚜小蜂对不同龄期烟粉虱的总致死量

48 h 内,海氏桨角蚜小蜂通过取食和寄生杀死 1、2、3 龄烟粉虱若虫的总量为 32.1~33.9 头,明显高于杀死 4 龄烟粉虱若虫的总量(21.5 头) ( $F_{3,116} = 48.34, P < 0.0001$ ) (图 4)。

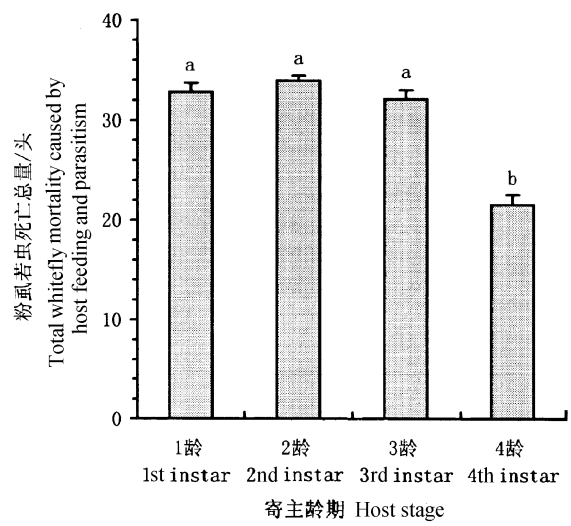


图 4 海氏桨角蚜小蜂通过取食和寄生杀死不同龄期烟粉虱若虫的总量比较  
Fig. 4 Total number of various stage nymphs of *B. tabaci* killed by *E. hayati* through host feeding and parasitism  
柱形图上的不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。  
Different letters above the bars indicate significant difference (Tukey test,  $P < 0.05$ ).

### 3 讨论

海氏桨角蚜小蜂能取食和寄生除 4 龄后期外所有阶段的“B”烟粉虱若虫(Yang & Wan, 2011)。本研究也发现,该寄生蜂能取食和寄生 1~4 龄(初期)的“Q”烟粉虱若虫。综合来看,海氏桨角蚜小蜂取食低龄“B”和“Q”烟粉虱的数量明显多于高龄烟粉虱。当寄主为“B”烟粉虱时,海氏桨角蚜小蜂更偏好寄生 1、2 龄烟粉虱若虫(Yang & Wan, 2011),本研究发现雌蜂更偏好寄生 2、3 龄“Q”烟粉虱若虫。

自 20 世纪 80 年代以来,膜翅目寄生蜂的寄主取食行为被作为评估其生物防治潜能的一个重要指标(Jervis & Kidd, 1986)。通过取食不仅可以杀死寄主,直接起到控制害虫种群数量的作用,而且能通过取食策略为卵的成熟和再生提供营养来源,对延长雌蜂的寿命也有一定作用(史树森等, 2009)。一些寄生蜂如浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia sophia* (Girault & Dodd) (Zang & Liu, 2008)、跳小蜂 *Metaphycus helvolus* Compere (DeBach, 1943) 和拟澳洲赤眼蜂 *Trichogramma turkestanica* Viggiani (Hansen & Jensen, 2002), 表现出超强的寄主取食能力,他们通过取食杀死寄主的数量与寄生数量相当或更多。海氏桨角蚜小蜂目前被认为是防治烟粉虱的理想天敌昆虫之一(De Barro & Coombs, 2009; Goolsby *et al.*, 2005)。Yang & Wan (2011) 研究表明,海氏桨角蚜小蜂在羽化 48 h 内取食和寄生各龄期“B”烟粉虱若虫的数量基本相当。本研究发现,该寄生蜂在羽化 48 h 内,通过取食和寄生能杀死约 33 头 1~3 龄“Q”烟粉虱若虫,并且对 4 龄初期烟粉虱若虫也具有一定的控制作用。此外,通过研究海氏桨角蚜小蜂对烟粉虱的功能反应,邵家斌等(2010)报道了该寄生蜂对近年入侵我国的“Q”和“B”烟粉虱显示出较好的生物控制潜能。

寄生蜂寄主取食行为受自身生理状况与外界环境因素的影响。例如,最近的研究表明,释放前粉虱寄生蜂的饥饿以及交配状态显著影响了雌蜂的寄主取食能力(Zang & Liu, 2009, 2010; Zang *et al.*, 2011)。此外,在一定范围内,随着寄主密度的增大,浅黄恩蚜小蜂和暗黑桨角蚜小蜂 *E. melanoscutus* Zolnerowich & Rose 取食寄主能力逐渐增强(Zang *et al.*, 2011); 对于同种粉虱而言,随着寄主龄期的增大,浅黄恩蚜小蜂、丽蚜小蜂 *E. formosa* 和暗黑桨角蚜小蜂取食寄主数量呈逐渐下降的趋势

(Zang & Liu, 2008); Yang & Wan (2011) 和我们的研究也发现,海氏桨角蚜小蜂取食低龄“B”和“Q”烟粉虱若虫的数量明显多于高龄若虫,这可能与低龄若虫个体小、含有的营养物质少有关(Jervis & Kidd, 1986),寄生蜂在获取同样水平的营养时需要取食更多的较小寄主个体。

### 参考文献

- 段晓东, 马丽娟, 姚正培, 曹骞, 冷春丽, 马德英. 2011. 新疆地区烟粉虱类群 mtDNA COI 基因序列分析. 生物安全学报, 20(1): 50–55.
- 匡伟, 杨念婉, 万方浩, 袁哲明. 2011. 温度和烟粉虱寄主植物对海氏桨角蚜小蜂生物学特性的影响. 中国生物防治学报, 27(2): 152–156.
- 邵家斌, 刘树生, 余元钊, 刘银泉. 2010. 海氏桨角蚜小蜂对两种生物型烟粉虱的功能反应研究. 环境昆虫学报, 32(1): 73–77.
- 史树森, 臧连生, 刘同先, 阮长春, 孙光芝. 2009. 寄生蜂寄主取食特性及其在害虫生物防治中的应用. 昆虫学报, 52(4): 424–433.
- 滕希. 2009. Q 型烟粉虱在中国的发生现状及其基于 mtDNA COI 序列的系统发育分析. 北京: 中国农业科学院.
- 臧连生, 江彤, 徐婧, 刘树生, 张友军. 2006. 烟粉虱 B 型及二个非 B 型种群的 SCAR 分子标记. 农业生物技术学报, 14(2): 208–212.
- 臧连生, 刘树生, 刘银泉, 阮永明, 万方浩. 2005. B 型烟粉虱与浙江非 B 型烟粉虱的竞争. 生物多样性, 13(3): 181–187.
- Bonato O, Lurette A, Vidal C and Fargues J. 2007. Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q biotype). *Physiological Entomology*, 32: 50–55.
- Byrne F J, Oetting R D, Bethke J A, Green C and Chamberlin J. 2010. Understanding the dynamics of neonicotinoid activity in the management of *Bemisia tabaci* whiteflies on poinsettias. *Crop Protection*, 29: 260–266.
- Chu D, Wan F H, Zhang Y J and Brown J K. 2010. Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008. *Environmental Entomology*, 39: 1028–1036.
- De Barro P J and Coombs M T. 2009. Post-release evaluation of *Eretmocerus hayati* Zolnerowich and Rose in Australia. *Bulletin of Entomological Research*, 99: 193–206.
- De Barro P J, Liu S S, Boykin L M and Dinsdale A B. 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annual Review of Entomology*, 56: 1–19.

- DeBach P. 1943. The importance of host-feeding by adult parasites in the reduction of host populations. *Journal of Economic Entomology*, 36: 647 – 658.
- Goolsby J A, De Barro P J, Kirk A A, Sutherst R, Canas L, Ciomperlik M, Ellsworth P, Gould J, Hartley D, Hoelmer K A, Naranjo S J, Rose M, Roltsch B, Ruiz R, Pickett C and Vacek D. 2005. Post-release evaluation of the biological control of *Bemisia tabaci* biotype "B" in the USA and the development of predictive tools to guide introductions for other countries. *Biological Control*, 32: 70 – 77.
- Hansen L S and Jensen K M V. 2002. Effect of temperature on parasitism and host-feeding of *Trichogramma aturkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 95: 50 – 56.
- Hu J, De Barro P, Zhao H, Wang J, Nardi F and Liu S S. 2011. An extensive field survey combined with a phylogenetic analysis reveals rapid and widespread invasion of two alien whiteflies in China. *PLoS ONE*, 6(1): e16061.
- Jervis M A and Kidd N A C. 1986. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biological Reviews*, 61: 395 – 434.
- Liu S S, De Barro P J, Xu J, Luan J B, Zang L S, Ruan Y M and Wan F H. 2007. Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly. *Science*, 318: 1769 – 1772.
- Perring T M, Cooper A D, Rodriguez R J, Farrar C A and Bel-lows T S. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioural studies. *Science*, 259: 74 – 77.
- Rauch N and Nauen R. 2003. Identification of biochemical markers linked to neonicotinoid cross resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 54: 165 – 176.
- Yang N W and Wan F H. 2011. Host suitability of different instars of *Bemisia tabaci* biotype B for the parasitoid *Eretmocerus hayati*. *Biological Control*, 59: 313 – 317.
- Zang L S and Liu T X. 2008. Host feeding of three whitefly parasitoid species (Hymenoptera: Aphelinidae) on *Bemisia tabaci* B biotype (Homoptera: Aleyrodidae), with implication for whitefly biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 127: 55 – 63.
- Zang L S and Liu T X. 2009. Food-deprived host-feeding parasitoids kill more pest insects. *Biocontrol Science and Technology*, 19: 573 – 583.
- Zang L S and Liu T X. 2010. Effects of food deprivation on host feeding and parasitism of whitefly parasitoids. *Environmental Entomology*, 39: 912 – 918.
- Zang L S, Chen W Q and Liu S S. 2006. Comparison of performance on different host plants between the B biotype and a non-B biotype of *Bemisia tabaci* from Zhejiang, China. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 121: 221 – 227.
- Zang L S, Liu T X, Zhang F, Shi S S and Wan F H. 2011. Mating and host density affect host feeding and parasitism in two species of whitefly parasitoids. *Insect Science*, 18: 78 – 83.

(责任编辑:彭露)