

温室条件下丽蚜小蜂的扩散行为

赵 静¹, 李媛媛¹, 王 蕾³, 张 帆², 曹 慧^{1*}, 王 甦^{2*}

(1. 潍坊学院生物与农业工程学院/山东省生物化学与分子生物学高校重点实验室, 潍坊 261061; 2. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097; 3. 山东省寿光蔬菜产业集团有限公司, 寿光 262700)

摘要: 丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 是粉虱类害虫的重要寄生性天敌, 目前已广泛应用于设施蔬菜烟粉虱 *Bemisia tabaci* 和温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* 的防控。本文在温室条件下对丽蚜小蜂的扩散行为进行了研究, 并分析了扩散距离、释放时间等因素对其寄生率的影响。结果表明, 丽蚜小蜂成虫释放后其扩散行为是渐进的、不连续的, 主要在 1~4 m 范围内扩散, 少量个体可扩散至 6~8 m。番茄植株高度对丽蚜小蜂寄生率没有明显影响, 这说明其释放后可成功地搜索到不同高度植株上的寄主。丽蚜小蜂释放后第 2 d, 距释放点 1 和 2 m 处其寄生率分别为 92.5% 和 85.3%; 释放后 4 d, 距释放点 1 和 2 m 处其寄生率分别为 53.1% 和 39.7%。同一释放时间距释放点 1 和 2 m 处丽蚜小蜂寄生率没有显著差异, 但却显著高于距释放点 4、6 和 8 m 处丽蚜小蜂的寄生率。因此, 从寄生率也可以看出丽蚜小蜂成虫主要在 1~4 m 范围内进行扩散。利用丽蚜小蜂的有效扩散距离和寄生率可以确定其在温室的释放数量、释放点之间的距离和释放次数, 研究结果对于更好地发挥丽蚜小蜂在生物防治中的控害作用具有重要的应用意义。

关 键 词: 丽蚜小蜂; 扩散行为; 寄生率; 生物防治

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2018)06-0813-05

Dispersal Behaviors of *Encarsia formosa* in the Greenhouse

ZHAO Jing¹, LI Yuanyuan¹, WANG Lei³, ZHANG Fan², CAO Hui^{1*}, WANG Su^{2*}

(1. Key Laboratory of Biology and Molecular Biology in University of Shandong/College of Biological and Agricultural Engineering, Weifang University, Weifang 261061, China; 2. Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Science, Beijing 100097, China; 3. Shandong Shouguang Vegetable Industry Group Co., Ltd, Shouguang 262700, China)

Abstract: The parasitic wasp *Encarsia formosa* is a commercially available parasitoid used for the control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on a wide range of greenhouse vegetables. In the present study, the dispersal behaviors of *E. formosa* adults in greenhouse were investigated. The effects of dispersal distance and release time on the parasitic rate were also analyzed. The results showed that the dispersal activity of *E. formosa* adults advanced gradually and intermittently. The parasitic wasp dispersed mainly within a distance of 1—4 m from the released point, while only a few individuals dispersed 6—8 m. On the second day after release, the parasitism rate were 92.5% and 85.3% within 1 m and 2 m from the releasing point, respectively, and were 53.1% and 39.7%, respectively, on the fourth day after release. There was significant difference in the parasitism rate of whitefly nymphs between the tomato within 1—2 m and 4—8 m from the releasing point. So the effective dispersal distance was about 1—4 m. The results are

收稿日期: 2017-08-07

基金项目: 山东省重大科技创新工程 (2018CXGC0206); 国家重点研发计划 (YS2017YFGH000664)

作者简介: 赵静, 博士, 副教授, E-mail: zhj6769@126.com; *通信作者, 曹慧, 博士, 教授, E-mail: hui5232@163.com; 王甦, 博士, 副教授, E-mail: anthocoridae@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2018.06.002

significant for the biological control using *E. Formosa* in determining the release times, the distance between release points and the number of release points.

Key words: *Encarsia formosa*; dispersal behavior; parasitic rate; biological control

丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 属膜翅目 Hymenoptera 蚜小蜂科 Aphelinidae 恩蚜小蜂属 *Encarsia*, 是粉虱类害虫的重要寄生性天敌^[1]。我国于 1978 年从英国引进丽蚜小蜂, 经过 40 年的研究, 在其生物学、生态学、行为学、规模化繁育、控害与释放应用等方面取得了一定成就^[2-6]。丽蚜小蜂的寄生行为可归纳为寄主搜索、寄主检查和接受、寄主取食或寄生 3 个步骤^[7,8]。其中, 寄主搜索行为主要包括飞行、着落、爬行、触角敲打叶片等^[8]。在寄生蜂寻找寄主过程中, 扩散能力是影响其控害效果的重要因素^[9-11]。

寄生蜂在田间的搜寻能力受多种因素的影响, 不仅与自身状态(营养、产卵量、寿命等)有关, 还受到其他生物因素(植物、寄主等)和非生物因素(温度、湿度、光照等)的影响^[12]。而这些因素对寄生蜂搜寻行为的综合作用反应在寄生蜂的时空扩散特征上^[13]。因此, 研究寄生蜂的扩散能力及其影响因素, 对于制定科学的释放方案以及评价其控害效能具有重要意义^[14,15]。由于寄生蜂个体太小, 因此一般通过调查被寄生的寄主分布格局来探究寄生蜂在田间的扩散分布特征^[16]。

目前, 丽蚜小蜂已广泛应用于设施蔬菜上烟粉虱 *Bemisia tabaci* 和温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* 的防控^[3-5]。本文在温室条件下对丽蚜小蜂的扩散行为进行了研究, 并分析了释放时间、扩散距离和环境条件等因素对其寄生率的影响。研究结果对于更好地发挥丽蚜小蜂在生物防治中的控害作用具有重要的应用意义, 同时也是检验人工繁殖丽蚜小蜂质量的重要方法。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫与寄主植物

1.1.1 供试昆虫 在养虫室内用 3~4 龄烟粉虱若虫继代繁育丽蚜小蜂, 烟粉虱若虫饲养在番茄 *Lycopersicon esculentum* (品种: 齐达利, 瑞士先正达种子) 植株叶片上, 饲养条件为温度 (26 ± 1)、相对湿度 RH 60%~70%、光周期 16L:8D。将带有丽蚜小蜂蛹的离体叶片放在培养皿中(直径 9 cm), 叶片下放置 2~3 层滤纸, 用脱脂棉包裹叶柄加适量水保湿, 取 24 h 内羽化的成虫用于试验。

1.1.2 供试番茄 用 105 穴育苗盘将番茄种子播在育苗基质中, 置于自然光照、控温控湿的玻璃温室内培养(温度 $27 \sim 30$ 、RH $60\% \pm 5\%$), 待番茄植株长至 2~3 片真叶后移植到花盆中(直径 15 cm), 培养至平均株高分别为 20、70 和 120 cm 时备用。

1.2 丽蚜小蜂在温室条件下的扩散

在 1200 m^2 ($12 \text{ m} \times 100 \text{ m}$) 温室中用防虫网(100 目)隔成 3 个 150 m^2 ($10 \text{ m} \times 15 \text{ m}$) 的网室进行试验, 网室中心作为丽蚜小蜂释放点, 距释放点 1、2、4、6 和 8 m 处(网室对角线方向)分别放置 20、70 和 120 cm 3 种株高的番茄各 1 株, 每株番茄中下部叶片约有 80 头 3~4 龄烟粉虱若虫。在释放点一次性释放 24 h 内羽化的丽蚜小蜂成虫约 2000 头。从早晨 7:00 开始释放, 释放时在装有成虫的试管上套上黑纸筒, 促使成虫尽快飞出试管。释放后每隔 1 h 调查 1 次, 分别检查记录不同距离番茄植株上的丽蚜小蜂成虫数量, 至傍晚 19:00 止。供试番茄苗 2 d 更换 1 次, 试验连续进行 4 d, 将换下的番茄植株编号, 5 d 后检查烟粉虱若虫被寄生情况。

1.3 数据统计与分析

利用统计软件 SPSS 17.0 对所得数据进行统计分析, 获得平均值和标准误。对不同处理间的差异进行方差分析(ANOVA)和 Duncan 氏多重比较。

2 结果与分析

释放 1 h 后, 丽蚜小蜂成虫已经扩散到距离释放点 4 m 处的番茄植株上, 距离释放点 1、2 和 4 m 处番茄植株上的丽蚜小蜂成虫数量分别为 44、30 和 19 头。释放 2 h 后在 6 和 8 m 处的番茄植株上也发现有丽蚜小蜂成虫, 但数量较少, 分别为 17 和 13 头。这说明丽蚜小蜂成虫主要在 1~4 m 范围内扩散, 且随着

距离的增加丽蚜小蜂成虫在植株上的数量明显下降。释放后 1~4 h 内,在番茄植株上观察到的丽蚜小蜂成虫数量随时间的增加而增加。在距离释放点 1、2 和 4 m 处观察到的丽蚜小蜂成虫数量分别在释放后 3 和 4 h 达到高峰,然后下降。释放 7~9 h 后观察到的丽蚜小蜂成虫数量再次达到高峰(图 1)。

番茄植株高度对丽蚜小蜂的寄生率没有显著影响($P>0.05$),其可以成功地搜索到不同高度植株上的粉虱若虫,因此在番茄不同生长期均可以利用丽蚜小蜂成虫进行粉虱类害虫的防控(表 1)。

丽蚜小蜂释放后第 2 d,距释放点 1 和 2 m 处其寄生率分别为 92.5%和 85.3%;释放后 4 d,距释放点 1 和 2 m 处其寄生率分别为 53.1%和 39.7%。释放后第 2 d 和第 4 d,在距释放点 1 和 2 m 处丽蚜小蜂寄生率之间没有显著差异($P>0.05$),而与 4、6 和 8 m 处存在显著差异($P<0.05$)。因此,从寄生率上可看出丽蚜小蜂成虫主要在 1~4 m 范围内进行扩散,部分个体可以扩散至 6~8 m 范围,而且寄生率随着扩散距离和释放时间的增加而降低(图 2)。

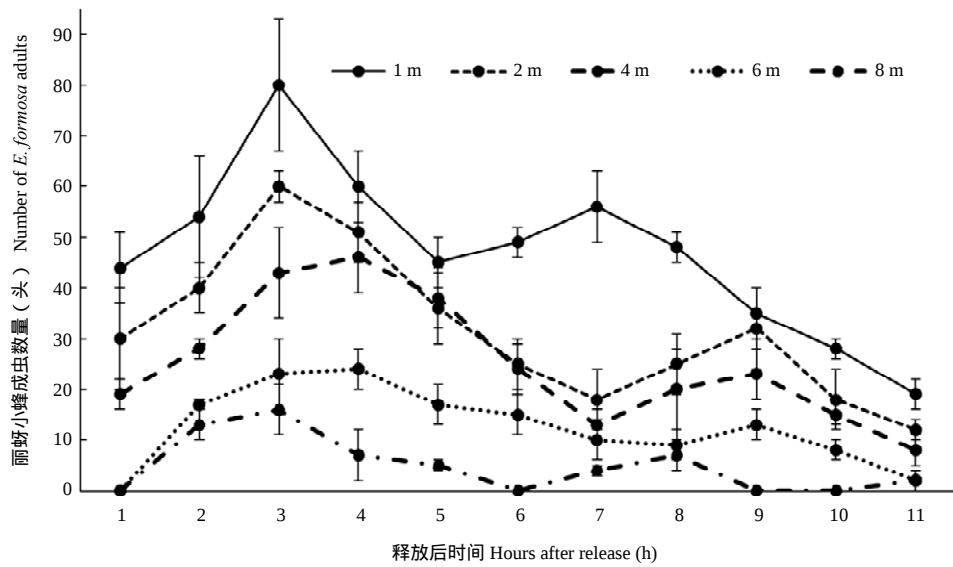


图 1 丽蚜小蜂成虫释放后在不同距离的数量变化动态

Fig. 1 Number of *E. formosa* adults observed in different distances after release

表 1 番茄植株高度对丽蚜小蜂成虫扩散的影响

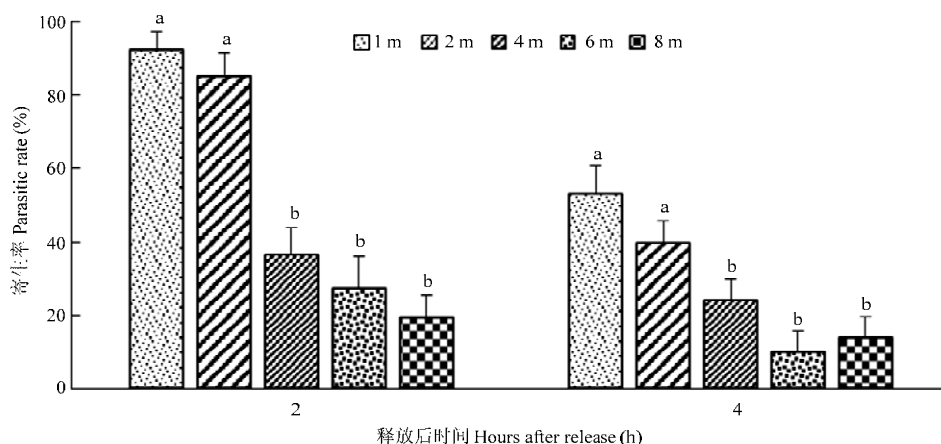
Table 1 The effects of tomato height on the dispersal behavior of *E. formosa*

释放后时间 Days after release	植株高度 Plant height (cm)	寄生率 Parasitic rate (%)
2 d	20	85.2 ± 13.0 a
	70	82.5 ± 7.4 a
	120	79.8 ± 11.2 a
4 d	20	54.7 ± 9.0 a
	70	61.5 ± 10.9 a
	120	58.1 ± 8.7 a

注：各数据均为平均值 ± 标准误，同一释放时间不同番茄植株高度丽蚜小蜂寄生率标记相同小写字母表示在 0.05 水平下无显著差异。
Note: The data in the table were mean ± SE. The parasitic rates of different tomato plant height followed with same letters indicated no significant differences at 0.05 level.

3 讨论

本研究中丽蚜小蜂成虫从释放容器飞出时,其飞行扩散是没有方向性的,飞出后大部分直接落到距离释放点最近的番茄植株上,有的个体一次飞行超过 2 m 以上。丽蚜小蜂成虫释放后其扩散行为是渐进的、不连续的,主要在 1~4 m 范围内扩散,少量个体可扩散 6~8 m,这与张振宇等^[17]研究结果基本一致。



注：各数据均为平均值 ± 标准误，同一释放时间寄生率标记相同小写字母表示在 0.05 水平下无显著差异。

Note: The data in the present table were mean ± SE. The parasitic rates in the same days after release followed with same letters indicated no significant differences at 0.05 level.

图2 丽蚜小蜂成虫扩散距离与寄生率的关系

Fig. 2 The relation between the dispersal distance of *E. formosa* adults and parasitic rate

Hoddle 等^[1]研究表明在温室温度为 18℃ 时，丽蚜小蜂在 90 min 内可飞行 5 m。本研究发现释放 1 h 后，在距离释放点 4 m 处的番茄植株上就已经发现了丽蚜小蜂成虫。释放 1~4 h 内，在番茄植株上观察到的丽蚜小蜂成虫数量随时间的增加而增加。在距离释放点 1、2 和 4 m 处观察到的丽蚜小蜂成虫数量分别在释放后 3 和 4 h 达到高峰，然后下降。下降的原因一方面可能是由于丽蚜小蜂成虫在植株间的扩散，另一方面是其在寄主搜索过程中，在叶片上停留相当长的时间（20~30 min），或者产卵一段时间后停在寄主附近停歇或爬行，或者转移到其他寄主上继续产卵。

寄生率直接反映了丽蚜小蜂成虫的控害效果，而扩散后的寄生率还体现了其扩散的有效性和生物防治效率。本研究从寄生率也可以看出丽蚜小蜂成虫主要在 1~4 m 范围内进行扩散，这样利用其有效的扩散距离可以确定其释放数量、释放点数量及释放点之间的距离。此外，丽蚜小蜂的寄生率随着释放时间的延长而降低，本研究结果显示其对粉虱若虫寄生率在释放第 2 d 最高，此后的扩散对寄生率影响作用较小。因此，为提高丽蚜小蜂的控害效果，应尽量避免无效扩散的发生。Morrison 等^[18]研究表明，寄生蜂的扩散过程是其本身生物学和外界环境条件综合作用的复杂结果。本研究还观察到温室条件下丽蚜小蜂成虫活动盛期在 10:00—16:00。早晨在适宜温度范围内随温度的升高成虫活动增强，在 12:00 达到高峰；下午 13:00—14:00 温度过高时成虫数量下降，之后随着温度的降低，成虫活动又逐渐增强；在 17:00—19:00，尽管温度适宜，但光照减弱，成虫数量开始下降。由此可知，丽蚜小蜂成虫在温室环境下的活动受温度、光照的影响，因此可以人为调控温室内的环境条件使其有利于丽蚜小蜂扩散的发生。此外，番茄植株高度对丽蚜小蜂的扩散没有影响，丽蚜小蜂可以成功地搜索到不同高度植株上的寄主，因此在番茄不同生育期均可以利用丽蚜小蜂成虫进行粉虱类害虫的防控。

参 考 文 献

- [1] Hoddle M S, van Driesche R G, Sanderson J P. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*[J]. Annual Review of Entomology, 1998, 43: 645-669.
- [2] Liu T X, Stansly P A, Gerling D. Whitefly parasitoids: distribution, life history, bionomics and utilization[J]. Annual Review of Entomology, 2015, 60: 273-292.
- [3] 尹园园, 陈浩, 翟一凡, 等. 丽蚜小蜂的繁育与应用研究进展[J]. 山东农业科学, 2018, 50(1): 158-163.
- [4] 雷仲仁, 吴圣勇, 王海鸿. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护, 2016, 42(1): 1-6.
- [5] 张帆, 李姝, 肖达, 等. 我国设施蔬菜害虫的天敌昆虫应用研究进展[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3463-3476.
- [6] 张礼生, 陈红印. 生物防治作用物研发与应用的进展[J]. 中国生物防治学报, 30(5): 581-586.

- [7] 张世泽, 郭建英, 万方浩, 等. 丽蚜小蜂两个品系寄生行为及对不同寄主植物上烟粉虱的选择性[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2595-2600.
- [8] 郭义, 刘万学, 万方浩, 等. 丽蚜小蜂寄生过程中的行为学研究进展[J]. 中国生物防治, 2007, 23(2): 180-183.
- [9] Godfray H C J. Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1994.
- [10] Henne D C, Johnson S J, Cronin J T. Population spread of the introduced red imported fire ant parasitoid, *Pseudacteon tricuspidis* Borgmeier (Diptera: Phoridae), in Louisiana[J]. Biological Control, 2007, 42(1): 97-104.
- [11] O'Reilly A, van Driesche R G. Status of *Coccobius nr. fulvus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of euonymus scale (Hemiptera: Diaspididae), 12—16 years after its release in Massachusetts[J]. Florida Entomologist, 2009, 92(4): 645-647.
- [12] Heimpel G E, Casas J. Parasitoid foraging and oviposition behavior in the field[M]//Wajnberg E, Bernstein C, van Alphen J, eds. Behavioral Ecology of Insect Parasitoids. London: Blackwell Publishing, 2008, 51- 70.
- [13] 黄露, 杨德松, 李保平, 等. 斑痣悬茧蜂的飞行能力和野外扩散行为[J]. 生态学杂志, 2011, 30(7): 1327- 1331.
- [14] Mills N, Wajnberg E. Optimal foraging behavior and efficient biological control methods[M]//Wajnberg E, Bernstein C, van Alphen J, eds. Behavioral Ecology of Insect Parasitoids. London: Blackwell Publishing, 2008, 3-30.
- [15] 陈顺立, 张飞萍, 洪炳煌. 引进天敌花角蚜小蜂林间扩散的研究[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(4): 918-924.
- [16] 张青文, 王立和, 杨淑霞, 等. 螟黄赤眼蜂在棉田的有效扩散距离及其影响因素的研究[J]. 昆虫学报, 1998, 41(1): 70- 77.
- [17] 张振宇, 胡红英, 吐尔逊, 等. 新疆喀什地区设施栽培条件下丽蚜小蜂扩散功能的研究[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(7): 1256 -1260.
- [18] Morrison L W, Kawazoe E A, Guerra R, et al. Phenology and dispersal in *Pseudacteon* flies (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae)[J]. Annals of the Entomological Society of America, 1999, 92: 198-207.

封面说明：

益蝽 *Picromerus lewisi* Scott 属益蝽亚科 Asopinae, 广泛分布于我国各省市以及日本, 朝鲜, 俄罗斯等亚洲区域。可捕食高龄斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) 幼虫、粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 以及其他多种鳞翅目害虫。为探究其控害潜能, 唐艺婷等在实验室条件下研究了不同龄期的益蝽对粘虫的捕食能力(正文见 825 ~ 830)。