

桑粉虱天敌及其利用研究

侯守鹏 唐 璞 高明清 陈学新^{**}

(浙江大学昆虫科学研究所 杭州 310029)

摘 要 本文综述了桑粉虱 *Pealius mori* (Takahashi) 的寄生性天敌、捕食性天敌以及一些病原性真菌的研究,并探讨了天敌在桑园中应用的潜在可能。

关键词 桑粉虱,生物防治,寄生性天敌,捕食性天敌,病原性天敌

Natural enemies of *Pealius mori* (Takahashi) and its application

HOU Shou-Peng TANG Pu GAO Ming-Qing CHEN Xue-Xin^{**}

(Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract This paper reviews research on the biological control agents of *Pealius mori* (Takahashi) and discusses the potential application of natural enemies to control this pest in mulberry gardens.

Key words *Pealius mori*, biological control, parasitoid, predator, entomopathogen

桑粉虱 *Pealius mori* (Takahashi) 属同翅目 Homoptera 粉虱科 Aleyrodidae, 是一种常见的桑园害虫, 主要分布于中国(包括台湾)和泰国各植桑区, 在适宜的温度和湿度下, 或通风不良的桑园中容易发生(任顺祥和邱宝利, 2008; Suh *et al.*, 2008), 寄主植物有 200 余种(秦毅恒, 2001)。桑粉虱主要为害桑树的新梢嫩叶, 若虫分泌物滴在下部叶面上常诱发污叶病并导致桑叶不适合家蚕取食(王建新, 1994; 胡之亮, 2006; Maketon *et al.*, 2009)。以往桑粉虱发生量小, 对蚕桑生产影响不大, 被认为是次要害虫, 但由于受环境气候、间作不合理和防治方法单一等原因, 桑粉虱在我国各植桑区都有暴发成灾的报道, 已上升为当地桑树上的主要害虫之一, 给蚕桑生产带来了严重的损失(王建新, 1994; 陈端豪等, 1996; 陈仁方等, 2006; 胡之亮, 2006)。为此, 国内外的学者对其开展了广泛而深入的研究, 主要涉及桑粉虱的形态、分布、寄主范围、发生危害、生物学特性和防治等方面(王建新, 1994; 陈端豪等, 1996; 余虹等, 1997; 高祖紃等, 1998; 秦毅恒, 2001; 王卫明等, 2002; 陈仁方等, 2006; 胡之亮, 2006; 王向东

和罗林军, 2007; Suh *et al.*, 2008; 任顺祥和邱宝利, 2008), 以及天敌在桑粉虱治理中的作用(黄建, 1994; 高祖紃等, 1996; 余虹和高祖紃, 1997; Huang and Polaszek, 1998; 王卫明等, 2002; Evans, 2007; 任顺祥和邱宝利, 2008; Maketon *et al.*, 2009)。天敌在桑粉虱的综合防治中起着重要作用。本文较全面地概述了桑粉虱天敌的研究, 并探讨了天敌在桑园中应用的可能性, 旨在为桑粉虱的生物防治提供科学依据。

用于桑粉虱生物防治的生物有机体主要包括寄生性天敌、捕食性天敌以及一些病原性真菌等。

1 桑粉虱天敌种类

1.1 寄生性天敌

桑粉虱的寄生性天敌主要集中在膜翅目 Hymenoptera 蚜小蜂科 Aphelinidae, 已报道的寄生蜂种类主要有浆角蚜小蜂属 *Eretmocerus* 的长跗浆角蚜小蜂 *Eretmocerus longipes* Compere (王卫明等, 2002); 恩蚜小蜂属 *Encarsia* 的浅黄恩蚜小蜂 *Encarsia sophia* (Girault & Dodd) (高祖紃等, 1996; Evans, 2007)、*Encarsia tabacivora* Viggiani

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803005)、浙江省重大科技专项重点农业项目(2009C12048)。

** 通讯作者, E-mail: xxchen@zju.edu.cn

收稿日期:2011-01-05, 接受日期:2011-02-16

(Evans, 2007; 任顺祥和邱宝利, 2008)、露狄恩蚜小蜂 *Encarsia lutea* (Masi)、*Encarsia cibensis* Lopez-Avila 和 *Encarsia bothrocera* Huang & Polaszek (Huang and Polaszek, 1998) 等。

1.2 捕食性天敌

粉虱的捕食性天敌数量比较丰富, 种类也很多。捕食桑粉虱的天敌主要有半翅目 Hemiptera 花蝽科 Anthocoridae 的暗小花蝽 *Orius tristicolor* (White); 鞘翅目 Coleoptera 瓢甲科 Coccinellidae 的七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus (任顺祥和邱宝利, 2008)、龟纹瓢虫 *Preopylaea japonica* Thunbary (王卫明等, 2002) 和跗线螨科 Tarsonemidae 多食跗线螨属 *Polyphagotarsonemus* 的一种螨虫 *Polyphagotarsonemus* sp. (余虹和高祖训, 1997) 等。

1.3 病原性真菌

在自然界, 病原性真菌是粉虱类害虫的一类重要天敌微生物, 主要通过接触从体壁侵入昆虫体内, 也可通过消化道、气孔及伤口等途径侵入虫体, 能够对害虫起到一定的控制作用 (Madelin, 1966; Ferron, 1978; 任顺祥和邱宝利, 2008)。寄生桑粉虱的主要病原性真菌有球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli)、粉拟青霉菌 *Paecilomyces farinosus* (Holmskiöld)、玫烟色拟青霉 *Paecilomyces fumosaroeus* (Apopka Strain)、蜡蚧轮枝菌 *Verticillium lecanii* (Zimmerman)、粉虱座壳孢 *Aschersonia aleyrodinis* Webber、扁座壳孢 *Aschersonia placenta* Berkeley and Broome、莱氏野村菌 *Nomuraea rileyi* (Farlow)、玫烟色棒束孢 *Isaria fumosorosea* Wize、淡紫拟青霉 *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson、*Lecanicillium muscarium* (Petch)、*Metazhizium anisopliae*、*Metazhizium flavoviride* 等 (唐美君等, 2003; 冯玉元, 2005; 汪章勋等, 2005; 林海萍等, 2006; 任顺祥和邱宝利, 2008; Maketon et al., 2009)。

2 天敌生物学特性的研究

2.1 寄生性天敌

长跗浆角蚜小蜂是单寄生性昆虫, 以寄生桑粉虱的若虫为主, 被寄生的桑粉虱幼虫发育至 3~4 龄不能化蛹而死亡 (王卫明等, 2002)。长跗浆角蚜小蜂在 15 和 35 °C 下, 发育历期分别为 56.7

和 11.4 d, 寿命在 20、25 和 28 °C 下分别为 7.9、4.5 和 2.8 d, 羽化率随温度升高而升高, 在 15~30 °C 下, 羽化率从 44% 增加到 89% (Sengonca and Liu, 1997, 1998; Liu and Sengonca, 1997)。

恩蚜小蜂是异律发育的寄生蜂, 雌雄蜂有不同的生殖方式和发育规律, 生殖方式为两性产雌, 但孤雌产雄且雄蜂为自复寄生 (孟祥锋等, 2006)。在 25 °C 下, 浅黄恩蚜小蜂雌蜂羽化前共分为卵期、1 龄幼虫、2 龄幼虫、3 龄幼虫、预蛹期和蛹期 6 个阶段, 发育历期约为 12.8 d, 平均寿命 21.9 d, 平均产卵量 79.1 粒 (周长青等, 2010)。

2.2 捕食性天敌

暗小花蝽雌性在羽化后就可交配, 并在交配后的 2~3 d 产卵。平均每雌产卵量 (129 ± 12) 粒, 在 21.1、25.5 和 33.3 °C 下的若虫发育历期分别为 26、14 和 8.5 d, 成虫寿命在 25.5 °C 下为 35 d (Askari and Stern, 1972)。七星瓢虫世代周期受温度的影响, 一般为 13~22 d, 在自然变温条件下各虫态的平均历期为卵 2.0~3.3 d, 幼虫 8.8~9.8 d, 蛹期 2.9~3.6 d。平均寿命 29.8 d, 一年发生 15~20 代, 产卵量因世代而异, 第一代成虫平均每雌产卵量 135.1 粒, 而越冬代仅为 19.4 粒 (Obrycki and Kring, 1998; 马野萍等, 1999)。龟纹瓢虫在我国大部分地区都有分布, 是一种重要的捕食性天敌昆虫, 除以幼虫捕食桑粉虱幼虫和蛹外, 还可捕食蚜虫、棉铃虫、叶蝉、褐飞虱等害虫 (宋慧英等, 1988; 张春玲和岳风荣, 1996; 王卫明等, 2002)。生殖方式为两性生殖, 雌虫交配一次后即可终生产受精卵, 平均每雌产卵 600 粒左右, 最高达 1 100 粒以上, 温度 15~35 °C 内均可正常发育, 但发育历期随温度升高而缩短, 在适温 25~30 °C 下世代为 10~13.5 d (崔素珍, 1996)。多食跗线螨 *Polyphagotarsonemus* sp. 在桑树上发生普遍, 捕食桑粉虱的成虫, 攀附在桑粉虱成虫的足和触角上, 吸食体液直至虫体干瘪, 对控制桑粉虱成虫的为害有一定的效果 (余虹和高祖训, 1997)。

2.3 病原性真菌

球孢白僵菌是一类广谱性昆虫病原真菌, 全世界分布, 寄主范围广泛, 可寄生 15 目 149 科 521 属 707 种昆虫以及蜱螨目的 6 科 10 余种螨和蜱。球孢白僵菌致病性强, 杀虫谱广, 因而成为目前国内研究比较全面的真菌种类之一 (林海萍等,

2006;任顺祥和邱宝利,2008)。粉拟青霉菌在世界各地均有分布,是一种杀虫毒力强、寄主范围广的昆虫病原真菌,可寄生鳞翅目、膜翅目、同翅目等7个目的多种昆虫,在农林业害虫的生物防治中展示了良好的应用前景(汪章勋等,2005),但对家蚕具有很强的致病性(朱方容等,1997)。玫烟色拟青霉地理分布广,寄主昆虫多样,可寄生同翅目、鳞翅目、双翅目、鞘翅目和膜翅目等的多种昆虫,目前已在墨西哥、比利时等国家开发为微生物制剂,用于防治温室或大田中的烟粉虱并取得了良好的效果(陈巍巍和冯明光,1999;Faria and Wraight,2001)。蜡蚧轮枝菌广泛分布于热带、亚热带地区,寄生蜡蚧、蚜虫、粉虱、天牛、小蠹虫等,目前蜡蚧轮枝菌制剂已商品化生产,被用来防治温室作物上的烟粉虱(任顺祥和邱宝利,2008)。

3 天敌控制效能的研究

长跗浆角蚜小蜂寄生率受温度的影响,田间自然寄生率较高,平均为43.85%,最高可达80%以上,对田间桑粉虱的为害起到了明显的控制作用(王卫明等,2002)。浅黄恩蚜小蜂寄生桑粉虱若虫,寄生率一般在30%~60%,最高达79.4%,是控制桑粉虱的有效天敌。除寄生桑粉虱外,还有在日本寄生杨梅粉虱 *Bemisia myricae* Kuwana 的记载(高祖训等,1996)。

Maketon 等(2009)人通过室内观察6属7种12株虫生真菌对桑粉虱若虫的感染效应,结果表明球孢白僵菌 CKB-048 菌株对桑粉虱若虫的致死率可高达87%,其他菌株的致死率从20%~70%不等,而且菌株毒力与菌株所属的属或种没有相关性;大部分菌株对桑粉虱若虫的致死率从第1天到第3天增长较慢,但CKB-048菌株对桑粉虱若虫的致死率从感染第1天开始便保持快速地增长率。此外,将CKB-048菌株制成可湿性粉剂分别在泰国中部和东北部两处桑园间隔14d喷施结果表明,CKB-048菌株对桑粉虱若虫的控制效能可比化学农药噻嗪酮(buprofezin)可湿性粉剂,而且施用7、14、21d内对家蚕没有任何致死作用。

国外已经有许多利用寄生蜂、捕食性昆虫和病原真菌来进行粉虱防治的例子,丽蚜小蜂(Gerling *et al.*,2001)、小黑瓢虫和陡胸瓢虫(任顺祥和邱宝利,2008)、蜡蚧轮枝菌(任顺祥和邱宝利,2008)、玫烟色拟青霉(陈巍巍和冯明光,

1999)等已被商品化开发应用并取得了良好的效果(徐学农和王恩东,2007),国内也研究出大量繁殖东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius)的简易方法,可提高对田间早期发生的粉虱类害虫的控制作用(田毓起,2000)。

4 展望

桑叶主要用于养蚕,桑园害虫的化学防治对蚕桑的安全生产存在着潜在威胁。因此,发展生物防治手段来控制桑园害虫显得尤为重要。世界范围内,关于桑粉虱天敌的研究报道不多。但是,粉虱类昆虫是世界性害虫,也是我国农业生产中危害比较严重的害虫类群之一(任顺祥和邱宝利,2008)。与桑粉虱有共同天敌的粉虱类害虫不少,并且有不少的共同天敌已经商品化生产,如球孢白僵菌、蜡蚧轮枝菌等。如何借用这些已经商品化的天敌对桑粉虱进行调控是值得进一步研究的方向。

桑树种植区域的耕作模式多呈现“稻桑共作”。有报道水稻上的害虫—稻粉虱 *Aleurocybotus indicus* David *et* Subramaniam 寄生性天敌优势种为恩蚜小蜂属的日本恩蚜小蜂 *Encarsia japonica* Viggiani 和浅黄恩蚜小蜂 *E. sophia* (Girault and Dodd) (黄建等,1996;赵士熙和魏辉,1998),在“稻桑共作”系统中存在粉虱类害虫共同的寄生性天敌——浅黄恩蚜小蜂,如何通过耕作制度发挥共同天敌的控制效能有待于进一步研究。

近几年,桑树种植区域呈现“东桑西移”的格局。然而,桑粉虱在西部地区的天敌种类尚未进行系统地调查。我国有着十分丰富的天敌资源,应当加大对西部地区桑粉虱天敌的调查、保护和开发利用研究,真正发挥天敌在桑粉虱防治中的重要作用。

参考文献 (References)

- Askari A, Stern VM, 1972. Biology and feeding habits of *Orius tricolor* (Hemiptera: Anthocoridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 65(1): 96—100.
- 陈端豪,刘伯棠,马秀康,何春华,程忠方,1996. 桑粉虱生物学特性的研究. 中国蚕业 4: 13—14.
- 陈仁方,何诗明,陈绍雄,2006. 桑粉虱的为害特点及综合防治方法. 蚕学通讯 26(1): 21—22.
- 陈巍巍,冯明光,1999. 玫烟色拟青霉的研究与应用现状.

- 昆虫天敌 21(3): 140—144.
- 崔素珍, 1996. 龟纹瓢虫生物学特性及其对棉铃虫捕食功能的研究. 棉花学报 8(5): 269—275.
- Evans GA, 2007. Parasitoids (Hymenoptera) associated with whiteflies (Aleyrodidae) of the world. USDA/Animal Plant Health Inspection Service (APHIS). Version 070202.
- 冯玉元, 2005. 粉质拟青霉菌株的主要特性与应用研究. 林业调查规划 30(5): 60—62.
- Faria M, Wraight SP, 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, 20(9): 767—778.
- Ferron P, 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annu. Rev. Entomol.*, 23: 409—442.
- 高祖綯 徐志宏 楼普灿 包言斐, 1996. 桑粉虱扑虱蚜小蜂研究初报. 浙江农业大学学报 22(2): 217—218.
- 高祖綯 余虹 张志钰 芮开宁, 1998. 桑粉虱形态研究. 昆虫学报 41(2): 157—162.
- Gerling D, Alomar O, Arno J, 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection*, 20(9): 779—799.
- 胡之亮, 2006. 云南桑树主要病虫害的发生及防治. 中国蚕业 27(2): 49—51.
- 黄建, 1994. 中国蚜小蜂科分类. 重庆: 重庆出版社. 1—348.
- 黄建 傅建伟 叶连斌, 1996. 稻粉虱生物学及其寄生性天敌. 华东昆虫学报 5(2): 33—39.
- Huang J, Polaszek A, 1998. A revision of the Chinese species of *Encarsia* Foerster (Hymenoptera: Aphelinidae): parasitoid of whiteflies, scale insects and aphids (Hemiptera: Aleyrodidae, Diaspididae, Aphididae). *Journal of Natural History* 32(12): 1825—1966.
- 林海萍 韩正敏 张昕 毛胜凤, 2006. 球孢白僵菌研究现状及提高其杀虫效果展望. 浙江林学院学报 23(5): 575—580.
- Liu B, Sengonca C, 1997. Seasonal population dynamic and within-plant distribution of the whitefly, *Aleurotuberculus takahashi* David et Subramaniam (Homoptera: Aleyrodidae), and its parasitoid, *Eretmocerus longipes* Compere (Hymenoptera: Aphelinidae) in citrus and jasmine plantations in Fuzhou region of the southeastern China. *Anzeiger für Schädlingkunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 70(5): 97—101.
- 马新颖 陈雪芬 金建忠, 2000. 粉虱拟青霉对黑刺粉虱的侵染过程. 中国病毒学 15: 145—147.
- 马野萍 孙洪波 王瑞霞 郭天凤 魏娟, 1999. 七星瓢虫生物学特性及人工饲养的初步研究. 新疆农业大学学报, 22(4): 331—335.
- Madelin MF, 1966. Fungal parasites of insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 11: 423—448.
- Maketon M, Orosz-Coghlan P, Hotaga D, 2009. Laboratory and field evaluation of *Beauveria bassiana* for controlling mulberry whitefly *Pealius mori* Takahashi (Homoptera: Aleyrodidae) in mulberry (*Morus alba* L.). *J. Pest Sci.*, 82(3): 251—259.
- 孟祥锋 何俊华 刘树生 陈学新, 2006. 烟粉虱的寄生蜂及其应用. 中国生物防治 22(3): 174—179.
- Obrycki JJ, Kring TJ, 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol.*, 43: 295—321.
- 秦毅恒, 2001. 桑粉虱的生活习性及其防治方法. 云南农业科技 6: 18—19.
- 任顺祥 邱宝利, 2008. 中国粉虱及其可持续控制. 广州: 广东科技出版社. 1—200.
- Sengonca C, Liu B, 1997. Ecological studies on parasitism of *Eretmocerus longipes* Compere (Hymenoptera: Aphelinidae) on the whitefly, *Aleurotuberculus takahashi* David et Subramaniam (Homoptera: Aleyrodidae) on jasmine in Fuzhou region of southeastern China. *Anzeiger für Schädlingkunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 70(5): 108—111.
- Sengonca C, Liu B, 1998. Biological studies on *Eretmocerus longipes* Compere (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Aleurotuberculus takahashi* David et Subramaniam (Homoptera: Aleyrodidae) in the laboratory. *J. Appl. Entomol.*, 122(1/5): 207—211.
- 宋慧英 吴力游 陈国发 汪泽春 宋庆明, 1988. 龟纹瓢虫生物学特性的研究. 昆虫天敌 10(1): 22—33.
- Suh SJ, Evans GA, Oh SM, 2008. A checklist of intercepted whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) at the Republic of Korea ports of entry. *J. Asia Pac. Entomol.*, 11: 37—43.
- 唐美君 殷坤山 陈雪芬, 2003. 虫生真菌粉虱拟青霉的培养性状和寄主范围. 茶叶科学 23: 46—52.
- 田毓起, 2000. 蔬菜害虫生物防治. 北京: 金盾出版社. 1—306.
- 汪章勋 黄勃 周权 樊美珍 李增智, 2005. 粉拟青霉不同菌株生物学特性的研究. 安徽农业大学学报 32(1): 8—11.
- 王建新, 1994. 浙江省桑粉虱大暴发的原因调查与防治设想. 江苏蚕业 1: 30—32.
- 王卫明 李晋南 堵鹤鸣 钮菊林 杨勤标 朱芬娣, 2002. 桑粉虱天敌—长跗浆角蚜小蜂的调查初报. 蚕业科学, 28(1): 45—47.
- 王卫明 李晋南 钮菊林 陈桂珠, 2002. 桑粉虱的生物学特性调查研究. 蚕业科学 28(4): 324—328.
- 王向东 罗林军, 2007. 攀西桑粉虱的形态研究. 西南师范

- 大学学报(自然科学版) 32(3): 121—125.
- 徐学农,王恩东,2007. 国外昆虫天敌商品化现状及分析. 中国生物防治 23(4): 373—382.
- 余虹,高祖训,1997. 桑粉虱成虫天敌多食跗线螨研究初报. 浙江农业大学学报 23(3): 355—356.
- 余虹,高祖训,洪健,徐锦松,朱黎明,1997. 桑粉虱卵、幼虫、蛹的扫描电镜观察. 浙江农业大学学报 23(4): 381—386.
- 张春玲,岳风荣,1996. 龟纹瓢虫对 3 种果树害虫的捕食作用研究. 山东农业大学学报 27(4): 425—430.
- 赵士熙,魏辉,1998. 稻粉虱 *Aleurocybotus indicus* 及其天敌生态位的研究. 武夷科学 14: 163—167.
- 周长青,李元喜,刘同先,张帆,罗晨,2010. 浅黄恩蚜小蜂雌蜂的个体发育及其寿命和产卵量的观察. 中国生物防治 26(3): 113—118.
- 朱方容,邱全立,何彬,雷扶生,1997. 寄生桑粉虱的拟青霉菌对家蚕的致病性研究. 蚕业科学 23(3): 137—141.