

茶翅蝽及其生物防治研究进展

张金平^{1,2}, 张峰^{2,3}, 钟永志^{2,4}, 杨世勇⁴, 周长青⁵, 张钟宁^{1,2*}

(1. 中国科学院动物研究所/农业虫害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101; 2. 中国农业科学院植物保护研究所/农业部-CABI 生物安全联合实验室, 北京 100193; 3. CABI 东亚中心, 北京 100081; 4. 安徽师范大学生命科学学院, 芜湖 241000; 5. 北京市海淀区农业科学研究所, 北京 100080)

摘要: 茶翅蝽 *Halyomorpha halys* (Stål) 寄主范围广泛, 是为害蔬菜和水果的重要害虫。该虫在中国、朝鲜、韩国和日本作为本地种群大量发生并严重为害。自二十世纪九十年代中期以来, 茶翅蝽相继传入美国、加拿大、瑞士、列支敦士登、德国、法国、意大利、匈牙利和希腊等国家, 并有继续扩散成为世界性害虫的趋势。在新的入侵地尚未发现有效天敌, 例如加拿大本土寄生蜂等足黑卵蜂 *Telenomus podisi* 和瑞士的黄足沟卵蜂 *Trissolcus flavipes* 虽然可以在茶翅蝽卵块内产卵, 但寄生蜂并不能完成生长发育。而化学农药的使用可能产生一系列生态和社会问题, 因此传统生物防治将是控制茶翅蝽行之有效的方法, 即从茶翅蝽的原产地引进其专食性天敌, 在新入侵地的农田或自然生态系统中释放并建立种群, 达到长期控制茶翅蝽的目的。本文综述了茶翅蝽的研究现状, 涉及到分类、分布、为害、生物学、生态学习性及生物防治方面, 并着重总结了茶翅蝽原产地的天敌情况。

关键词: 茶翅蝽; 入侵; 原产地天敌; 传统生物防治

中图分类号: S476 文献标识码: A 文章编号: 1005-9261(2015)02-0166-10

Biocontrol and Research Status of *Halyomorpha halys* (Stål)

ZHANG Jinping^{1,2}, ZHANG Feng^{2,3}, ZHONG Yongzhi^{2,4}, YANG Shiyong⁴, ZHOU Changqing⁵,
ZHANG Zhongning^{1,2*}

(1. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents/Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. MoA-CABI Joint Laboratory for Bio-safety/Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 3. CABI East Asia, Beijing 100081, China; 4. Section of Ecology, Department of Biology, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 5. Institute of Haidian Agricultural Research, Beijing 100080, China)

Abstract: The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) has a very broad host range and is a key pest in vegetable and fruit production. Native to China, Republic of Korea, DPR Korea and Japan, it has been accidentally introduced into the United States, Canada, Switzerland, Liechtenstein, Germany, France, Italy, Hungary and Greece since the mid-1990s. With its rapid expansion, this insect is possibly becoming a serious agricultural pest worldwide. In the newly invaded areas, little nature enemy is found to control this pest efficiently. For example, indigenous parasites *Telenomus podisi* and *Trissolcus flavipes* in Canada and Switzerland respectively can attack *H. halys* eggs, but neither wasp can complete development successfully. As chemical pesticides would cause social and ecological side effects, classical biological control is consider a promising management approach, which leading to permanent establishment and long-term control *H. halys* in invaded areas by introducing a co-evolved host specific biological control agent. In this paper, we reviewed taxonomy, distribution, damage, biology, ecology and biological control of *H. halys*, with particular focus on nature enemies in the area of origin.

基金项目: 中国捐赠 CABI 发展基金

作者简介: 张金平 (1981-), 女, E-mail: j.zhang@cabi.org; *通信作者, 研究员, E-mail: zhangzn@ioz.ac.cn.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2015.02.002

Key words: *Halyomorpha halys*; invasion; origin nature enemies; classical biological control

茶翅蝽 *Halyomorpha halys* (Stål) 俗称“臭板虫”“梨蝽象”，英文名称 brown marmorated stink bug (BMSB)，yellow-brown stink bug 或 East Asian stink bug，属半翅目 Hemiptera、异翅亚目 Heteroptera、蝽次目 Pentatomorpha、蝽总科 Pentatomoidea、蝽科 Pentatomidae、蝽亚科 Pentatominae、茶翅蝽属 *Halyomorpha*。茶翅蝽寄主范围广泛，可为害苹果、梨、桃、樱桃、杏、海棠、山楂等果树，也可为害大豆、菜豆和甜菜等作物，此外，对榆树、梧桐和枸杞等树木亦有为害^[1]。在中国，韩国和日本作为本地种群大量发生并严重为害^[2]。近年来该虫相继传入美国^[3]、加拿大^[4]、瑞士^[5]、列支敦士登^[6]、德国^[7]、法国^[8]、意大利^[9]、匈牙利^[10]和希腊^[11]等国，并有继续扩散成为世界性害虫的趋势。在新入侵地由于缺乏自然天敌的控制，茶翅蝽迅速演变成为主要害虫，据统计目前已遭受为害的作物有 170 种，在美国 2010 年仅苹果产业的损失就达三千七百万美元^[12]。茶翅蝽还因聚集在房屋内越冬，并在受到干扰或惊吓时释放出难闻的气味而令人不悦。因此，这曾是我国 20 世纪 90 年代的主要农业害虫，由于其全球性的扩散、广泛的寄主和严重的为害再一次引起了人们的高度关注。

1 茶翅蝽的分类

茶翅蝽在分类上有很长一段时间是令人混淆的，Distant^[13-15]认为该种和印度的 *Halyomorpha picus* (Fabricius) 是同物异名，但随后又确定为不同的种。该虫也曾经被命名为 *H. brevis* (Walker)、*H. remota* (Walker) 和 *H. mista*^[16]。Josifov 和 Kerzhner^[17]确定韩国、日本和中国东部的 *Halyomorpha* 均为同一个种，并且优先使用 *H. halys* (Stål) 名称即茶翅蝽。

2 茶翅蝽的生物学特性

茶翅蝽的生长发育分为卵、若虫和成虫期，在这 3 个时期具有不同的形态特征^[1]。

卵：短圆筒形，顶端平坦，中央略鼓，周缘生短小刺毛。卵长约 0.9~1.2 mm，横径约 0.45 mm 左右，淡绿色或白色，通常 28 粒卵并列为不规则三角形的卵块，隐蔽于叶背面。

若虫：可分为 5 个龄期，1 龄体长约为 4 mm，淡黄色，头部黑色。2 龄体长约为 5 mm 左右，体色淡褐，头部为黑褐色腹背面出现 2 个臭腺孔。3 龄体长约为 8 mm 左右，棕褐色。4 龄体长约为 11 mm，茶褐色，翅芽达到腹部第 3 节。5 龄体长约为 12 mm，腹部呈茶褐色（图 1）。

成虫：体长一般在 12~16 mm，宽 6.5~9.0 mm，身体扁平略呈椭圆形，前胸背板前缘具有 4 个黄褐色小斑点，呈一横列排列，小盾片基部大部分个体均具有 5 个淡黄色斑点，其中位于两端角处的 2 个较大。不同个体体色差异较大，茶褐色、淡褐色，或灰褐色略带红色，具有黄色的深刻点，或金绿色闪光的刻点，或体略具紫绿色光泽。田间调查时区别于其它蝽类昆虫的特征是触角 5 节，并且最末 2 节有 2 条白带将黑色的触角分割为黑白相间；并且足亦是黑白相间（图 2）。

在 25℃、RH 67%~75% 条件下，茶翅蝽的卵、1、2、3、4 和 5 龄若虫的发育时间分别为 6.10、4.82、9.62、7.08、7.38 和 10.44 d。在 17、20、25、27、30 和 33℃ 条件下，卵发育到成虫的平均时间分别为 121.50、81.16、44.92、35.81、33.40 和 37.80 d，即 30℃ 以下，发育速度随着温度的增加而加快^[18]。刚产下的卵为淡黄白色，逐渐变深色，若虫即将孵化时卵壳上方出现黑色的三角口。初孵化的若虫均头向里尾向外围绕卵壳整齐排一圈，3~5 d 不食不动，从 2 龄开始为害植物^[19]，如图 2 所示。受到干扰或惊吓后若虫和成虫均有假死性，并且喷出难闻的气味^[20]，老熟若虫还可喷射蜜露^[21]。

茶翅蝽在韩国南部地区一年发生 2 代^[22,23]。在日本多篇文献报道均为一年发生 1 或 2 代^[24-26]。在中国不同地区发生代数不同，在我国南方地区茶翅蝽一年可发生 5~6 代^[27]。北方则每年发生 1~2 代，7 月中旬以前所产的卵当年可发育为成虫，完成两代的发育；而 7 月中旬后所产的卵当年则不能发育到成虫^[28,29]。在北京地区，茶翅蝽在树洞里、墙壁缝隙或房前屋后的杂物里越冬。3 月末当日温升高到 10℃ 左右时便陆续出蛰，出蛰的成虫多在阳光充足的门窗墙壁及台阶上爬行，晚间多聚集在背风温暖的地方。5 月初，越冬成虫开始交配。产卵有 2 个高峰期分别是 5 月末至 6 月中旬，7 月中旬至 8 月初^[30]。9 月下旬气温逐渐下

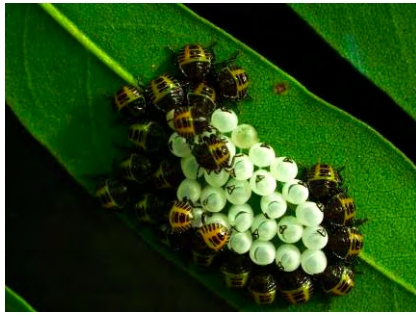


图 1 聚集在卵壳周围的茶翅蝽初孵若虫

Fig. 1 *H. halys* nymphs around egg shells

图 2 茶翅蝽成虫

Fig. 2 Adult of *H. halys*

降,一般在 12~15 左右,大量的成虫开始迁移准备越冬^[31]。包括越冬期在内,成虫寿命可达 300 d^[32],越冬前期为 37.4 d、越冬期为 225 d、越冬后 38.8 d^[29]。

茶翅蝽田间雌雄性比约为 1:1^[21],雌雄成虫可在 1 日内或连续几日多次交配,日交配可达 5 次之多,交配多发生在夜里,每次平均持续时间约为 10 min^[30,33]。雌虫 1 次交配便可持续产卵半生^[30,34],然而随着交配次数的增加,雌虫的产卵量和产卵时间持续增加^[34]。交配后 5 到 6 d 开始产卵,每产 1 粒卵需要 3~5 min,一般 1 个卵块需要 30~60 min,每日产卵高峰为 17:00—20:00^[30]。Medal 等^[33]指出若虫最后 1 次蜕皮变为成虫,18 d 后开始产卵。Nielsen^[18]的试验表明交配过的雌成虫产卵前期为 13.35 d,产卵间隔期平均为 4.32 d。

关于茶翅蝽的产卵量不同研究报道差异较大,仇兰芬^[30]对中国北京地区的种群调查发现雌虫一生平均产卵 1~4 块;Medal 等^[33]对美国佛罗里达州截获的虫源试验得到每雌产卵 5~9 块,平均 168 粒;张翠瞳等^[29]对中国河北茶翅蝽田间试验研究结果为每雌平均产卵 46 粒;Haye 等^[35]利用瑞士种群试验的结果为每雌平均产卵 79 粒;Nielsen 等^[18]报道每雌一生平均产卵 212 粒;Kawada 和 Kitamura^[34]对日本的种群研究发现每雌平均产卵量可达 456.9 粒,这些差异可能是由于试验条件及不同地理种群基因多样性引起的。

3 茶翅蝽的分布

茶翅蝽在中国、朝鲜、韩国和日本作为本地种群广泛分布。在日本被视为重要的农业害虫^[36];在韩国严重威胁水稻、山地作物、果树以及杂草^[37]。茶翅蝽除了在新疆和青海地区没有报道外,在中国其他地区均有发生,二十世纪九十年代以前该虫并不是主要的农业害虫^[2]。

自二十世纪九十年代中期以来,茶翅蝽开始迅速传播到世界各地。1996 年秋天,茶翅蝽在美国宾夕法尼亚艾伦镇首次被发现^[3]。此后,茶翅蝽便迅速的在美国传播,在新墨西哥州、南卡罗来纳州、新泽西州、加利福尼亚州、缅因州及华盛顿州等 40 个州入侵为害^[38-42]。2010 年,加拿大的安大略省和魁北克省亦发现了茶翅蝽的入侵^[4]。2010 年,新西兰从东京进口的汽车里截获了茶翅蝽^[43]。在欧洲,茶翅蝽首次于 2004 年在列支敦士登的诱虫灯中被发现^[6],2007 年在瑞士的苏黎世周边地区发现了茶翅蝽的种群^[5],之后在德国^[7]、法国^[8]、意大利^[9]、匈牙利^[10]和希腊^[11]都报道了茶翅蝽的发生。Zhu 等^[44]利用生态位模型预测了茶翅蝽潜在的分布及扩散路径,认为该虫入侵的高风险区域在纬度 30°~50°之间,包括北欧、北美洲东北部、澳大利亚南部和新西兰的北岛,非洲的安哥拉和南非的乌拉圭也表现出较高的气候适宜性。Garipey 等^[45]通过基因测序技术判断加拿大的茶翅蝽种群来自于美国,而北美的种群很可能源自中国的北京和河北,瑞士种群的来源地则还不清楚。Xu 等^[46]对美国、中国、韩国和日本的种群分别进行了线粒体 COII 基因、12S 核糖体 RNA 基因的测序,发现起源种具有高度的遗传分化,并确定了入侵美国的茶翅蝽种群来源于中国北京。

4 茶翅蝽的为害

茶翅蝽是果园常见的害虫,成虫和若虫均可受害,以其刺吸式口器刺入果实、植物枝条和嫩叶吸取汁

液^[29]。口针随着生长发育而变长，在 5 龄若虫时有 7 mm，在成虫期则达到 8 mm^[47]。成虫经常成对在同一果实上为害，而若虫则聚集为害^[21]。被为害的果实轻则会呈现部分凹陷斑，重则可造成果实畸形，不但直接影响水果品质和质量，还可造成落果^[48]。除了刺吸对植物造成直接为害外，被刺吸的部位很容易被病菌侵染，更重要的是在刺吸的同时可传播病毒。泡桐 *Paulownia tomentosa* 是重要的经济树种，泡桐丛枝病主要靠茶翅蝽进行传播，该病是泡桐树毁灭性的病害^[50]。室内人工饲养带毒的 3 和 4 龄若虫接种泡桐丛枝，发病率分别达到 61.7% 和 46.5%，高于自然带毒若虫 16% 的传病率^[51]。茶翅蝽对葡萄的为害也间接影响了葡萄酒的品质^[52]。另外，其受到干扰时释放出的难闻气味及成群聚集在房屋墙壁和天花板上时的排泄物直接给人们的生活带来了不便^[53,54]。

茶翅蝽食性较杂，据统计该虫可为害 300 多种植物，主要包括苹果、梨、桃、樱桃、杏、海棠、山楂、李子、胡桃、榛子、草莓、葡萄等果树，也可为害大豆、菜豆、甜菜、芦笋、番茄、辣椒、黄瓜、茄子、甜玉米、菊花、玫瑰、百日草、向日葵、等蔬菜花卉植物。此外，对榆树、梧桐、枸杞、唐棣、火棘、莢迷、金银花、泡桐、柿子、枫树、椴木、枫香、紫荆和美国冬青等树木亦可造成为害^[1,3,27,55,56]。茶翅蝽在不同的生活阶段喜食不同的寄主植物，在北京地区茶翅蝽 4 月出蛻后分散到桑树、榆树、柳树和槐树上，但是到了 6 月就会飞到梨树上^[21]。在河北中南部地区从 5 月到 8 月期间调查泡桐、苹果、桃、梨和杨树上茶翅蝽的种群动态，结果显示茶翅蝽种群数量在不同的寄主植物上有所不同。5 月中旬到 7 月初，67.8% 茶翅蝽种群在泡桐树上，7 月以后逐渐减少；但是，从 7 月下旬至 8 月下旬，茶翅蝽在梨树上的数量增加到了占平均总虫量的 67.93%；大约 10% 的数量在桃树上；在苹果和白杨上成虫密度低并且保持着一个不变的数量^[29]。2006 至 2007 年在美国的调查发现野外寄主植物对茶翅蝽的种群数量的上升起着重要的作用，早期大部分聚集在泡桐上，在中后期美国白蜡 *Fraxinus americana* L. 则是成虫的重要寄主植物^[55]。

茶翅蝽在我国 20 世纪 60 ~ 70 年代本是次要害虫不列为主要防治对象，但进入 80 年代以后由于种植与耕作等条件变化导致茶翅蝽的虫口密度大幅度上升，致使桃、梨果实等级严重下降，在长江以北的地区对这两种果树的为害率常达到 50% ~ 80%，甚至更高，成为果树上重大害虫之一^[21,49]。

5 监测

利用黑光灯诱杀成虫并预测害虫的消长情况是虫情测报常用的方法，此技术也适用于茶翅蝽的监测。2004—2011 年间在美国新泽西州地区利用黑光灯诱杀茶翅蝽的试验表明，即使在种群密度较低的早春，黑光灯也可以引诱到成虫^[57]。

信息索引诱剂也是害虫监测常用的手段，已有研究表明 (3S,6S,7R,10S) -10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol 和 (3R,6S,7R,10S) -10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol 是茶翅蝽的聚集信息素，这 2 种物质按照虫体挥发的自然比例 3.5:1 混合后对茶翅蝽的成虫和若虫均具有一定的引诱作用^[58]。将反-2,4-顺-6-三烯癸酸甲酯 methyl-(2E,4E,6Z)-decatrienoate 混配到这 2 种聚集信息素中后能够增加引诱效果^[59]，并且在黑色的金字塔诱捕器中能够诱捕到更多的成虫和若虫^[60]，但该物质是在斯氏珀蝽 *Plautia stali* Scott 雄成虫体表检测到的，对斯氏珀蝽、茶翅蝽和美国本土的拟绿蝽 *Acrosternum hilare* (Say) 都具有很好的引诱效果^[61,62]。由于甲反-2,4-顺-6-三烯癸酸甲酯对这几种蝽都具有引诱作用，推测该物质并非是某个种类特有的性信息物质，或许只是为蝽类寻找食物或越冬场所而提供的化学线索。在种群密度较低的情况下（如早春季节），现有的信息索引诱剂还很难起到作用，如 2013 年 10 月在美国加州的萨克拉门托地区设置的 10 个诱捕器中未诱到任何茶翅蝽^[63]。另有报道显示，设置了诱捕器的番茄园反而受害更严重，可见诱捕器并没有起到减少害虫种群密度保护寄主植物的作用，但也许可以利用该方法来检测哪个果园有茶翅蝽的发生^[64]。

6 生物防治

6.1 捕食性天敌

由于半翅目昆虫体壁坚硬，因此若虫或成虫的捕食性天敌并不多见。据报道小花蝽 *Orius* sp. 可以刺吸茶翅蝽的卵，三突花蛛 *Misumena tricuspidatus* 能够捕食茶翅蝽的若虫和成虫^[65]。我们在果园调查中发现草蛉的幼虫亦可取食茶翅蝽卵。

6.2 寄生性天敌

茶翅蜡的寄生性天敌主要是卵寄生蜂，卵寄生蜂这一重要的天敌在害虫生物防治中广为应用，由于其受寄主卵壳的保护从而可以减少杀虫剂对其毒害，并且孵化后可以立即吸吮卵黄规避有毒物质的积累，因此成为重要的生防作用物。在茶翅蜡的新入侵地缺乏有效的天敌，加拿大本土的寄生蜂等足黑卵蜂 *Telenomus podisi* 和瑞士的黄足沟卵蜂 *Trissolcus flavipes* 虽然可以将卵产在茶翅蜡卵块内，但并不能成功的完成生长发育^[66]。因此传统生物防治 (classical biological control) 将是控制茶翅蜡行之有效的方法，即从茶翅蜡的原产地区引进其天敌，在新入侵地的农田或自然生态系统中释放并建立种群，达到控制该害虫的目的^[67]。总结现有的文献报道，茶翅蜡原产地的卵寄生蜂共有 16 种，另外还有 1 种寄蝇可寄生茶翅蜡的成虫，如表 1 所示。

表 1 茶翅蜡在亚洲的寄生性天敌
Table 1 Parasitoids of *H. halys* in Asia

科 Family	寄生蜂种 Parasitoid species	寄主范围 Host range	分布 Distribution	参考文献 References	
缘腹细蜂科 Scelionidae	茶翅蜡沟卵蜂 <i>Trissolcus halyomorpha</i>	茶翅蜡 <i>H. halys</i>	北京 (中国) China	[30,68]	
		麻皮蜡 <i>Erthesina fullo</i>			
		菜蜡 <i>Eurydema dominulus</i>			
		斑须蜡 <i>Dolycoris baccarum</i>			
		珀蜡 <i>Plautia fimbriata</i>			
		黄足沟卵蜂 <i>Trissolcus flavipes</i>	茶翅蜡	河北 (中国) China	[29]
			麻皮蜡		
		伊氏沟卵蜂 <i>Trissolcus itoi</i>	茶翅蜡	日本 Japan	[69,70]
			全蜡 <i>Homalogonia obtusa</i>	韩国 Korea	
			匙同蜡 <i>Elasmucha putoni</i>		
		珀蜡沟卵蜂 <i>Trissolcus plautiae</i>	茶翅蜡	日本 Japan	[69,70]
			小珀蜡 <i>Plautia stali</i>		
			<i>Plautia splemims</i>		
			匙同蜡		
		稻蜡沟卵蜂 <i>Trissolcus mitsukurii</i> (Ashmead)	茶翅蜡	河北 (中国) China	[28,69,70]
			斑须蜡	日本 Japan	
		花角绿蜡 <i>Nezara antennata</i>			
		<i>Longynotmus assimclan</i>			
		壁蜡 <i>Piezodorus rubrofasciatus</i>			
		谷蜡 <i>Gonopsis affinis</i>			
		稻绿蜡 <i>Nezara viridula</i>			
	沟卵蜂 <i>Trissolcus</i> sp.	茶翅蜡	北京 (中国) China	[65]	
	黑卵蜂 <i>Telenomus</i> sp. *	茶翅蜡	北京 (中国) China	[65]	
	黑卵蜂 <i>Telenomus</i> sp. *	茶翅蜡	北京 (中国) China	[71]	
旋小蜂科 Eupelmidae	平腹小蜂 <i>Anastatus</i> sp. *	茶翅蜡	北京 (中国) China	[72]	
	平腹小蜂 <i>Anastatus</i> sp. *	茶翅蜡	北京 (中国) China	[65]	
	平腹小蜂 <i>Anastatus</i> sp. *	茶翅蜡	北京 (中国) China	[71]	
	枯叶蛾平腹小蜂 <i>Anastatus gastropachae</i>	茶翅蜡	日本 Japan	[70]	
金小蜂科 Pteromalidae	蜡卵金小蜂 <i>Acroclisoides</i> sp.	茶翅蜡	北京 (中国) China	[65]	
跳小蜂科 Encyrtidae	跳小蜂 <i>Ooencyrtus</i> sp.	茶翅蜡	北京 (中国) China	[65]	
	稻绿蜡卵跳小蜂 <i>Ooencyrtus nezarae</i>	茶翅蜡	日本 Japan	[70]	
		海壁蜡 <i>Piezodorus hybneri</i>			
寄蝇科 Tachinidae	<i>Bogusia</i> sp.	茶翅蜡	日本 Japan	[34]	

注：由于有些研究 (*) 并未将寄生蜂鉴定到种，所以在不同的研究中可能为同种

Note: Some parasitoids were not identified to species in listed references, it might be the same species in the different references (*).

6.2.1 茶翅蝽沟卵蜂 *Trissolcus halyomorphae* Yang 茶翅蝽沟卵蜂是茶翅蝽的重要天敌，平均寄生率达到 50%^[68]。调查显示在北京地区茶翅蝽在 5 月上旬至 9 月上旬为害，而茶翅蝽沟卵蜂对其寄生率在 6 月中旬至 8 月下旬较高。该蜂的发生盛期要比茶翅蝽卵块出现高峰期晚约 20 d^[65]。基于茶翅蝽沟卵蜂的田间种群数量优势和高寄生率，开发利用该蜂用于茶翅蝽的生物防治具有良好的前景，目前对于该蜂的生物学和生态学习性已有一些研究报道。

茶翅蝽沟卵蜂在北京地区 1 年可发生 10 多代，以成蜂越冬，4 月份出蛰。1 粒寄生卵内出蜂 1 头，雄蜂先行羽化，羽化后等候在被寄生的卵块周围，待雌蜂羽化后即可立即交配，每雌平均怀卵量为 40.6 粒。具孤雌生殖现象，未交尾雌蜂行产雄孤雌生殖。成蜂雌雄性比为 5.45:1。不同日龄的寄主卵均能被雌蜂寄生，但寄生成功率不同，越新鲜的寄主卵越有利于寄生成功^[30]。

茶翅蝽沟卵蜂寄生茶翅蝽卵的数量随茶翅蝽卵的数量增加而增加，而当茶翅蝽卵的数量增加到一定水平时，沟卵蜂寄生量趋向稳定，理论最大寄生量为 74.45 粒，寄生曲线符合 Holling 功能反应 II 型^[28]。

该蜂的发育历期、寿命与温度密切相关。经测试，30 ℃ 时发育历期最短为 7.3 d。全代发育起点温度和有效积温分别为 12.2 ℃ 和 132.5 日度^[73]。寄生蜂成虫的发育历期和寿命与温度密切相关。茶翅蝽沟卵蜂的最适发育温度是 27~30 ℃，在这个温度范围内寄生蜂的孵化率达到 100%^[74]。在 25 ℃ 下，完成 1 代的发育历期为 10.5 d^[30]。室温下补充 20% 的蜂蜜水的雌蜂平均寿命为 43.93 d，雄蜂平均寿命为 33.29 d，明显比没有补充营养的长。在 7 ℃ 和 10 ℃ 的低温条件下，茶翅蝽沟卵蜂的卵和幼虫不能正常的生长发育，但蛹却能正常存活。雌蜂被冷藏 11 ℃ 下 19 周后的存活率为 90%，在 7 ℃ 下冷藏 17 周后的存活率在 50% 以上，雌蜂在 4 ℃ 保存 3 周后的存活率低于 50%。雄蜂相对于雌蜂较短，在 4 ℃ 和 7 ℃ 的存活率低于 50%，在 11 ℃ 的温度条件下 7 周后雄虫的存活率低于 50% 并且在第 10 周的时候所有雄蜂都不能存活^[30]。

关于茶翅蝽沟卵蜂的寄主范围已有研究报道，麻皮蝽 *Erthesina fullo* (Thunberg)，菜蝽 *Eurydema dominulus* (Scopoli)，斑须蝽 *Dolycoris baccarum* (Linnaeus) 和珀蝽 *Plautia fimbriata* (Fabricius) 的卵都能被茶翅蝽沟卵蜂寄生，但是寄生率均低于对茶翅蝽的寄生率^[30]。目前，美国农业部正在对该蜂进行室内寄主专一性测定，研究将其引入美国控制茶翅蝽的可能性。中国农业部-CABI 生物安全联合实验室与 CABI 瑞士中心与加拿大农业与农业食品部合作，在北京对茶翅蝽沟卵蜂进行了生态寄主范围研究，初步发现该蜂能够寄生非靶标刺吸蝽类（作者未发表数据）。

6.2.2 平腹小蜂 *Anastatus* sp. 平腹小蜂是茶翅蝽的另一种重要天敌，利用柞蚕卵室内饲养并在果园中释放该蜂，结果显示平腹小蜂对第 1 代和第 2 代茶翅蝽卵的寄生率分别为 64.7% 和 52.6%。可以有效控制茶翅蝽，尤其是第 1 代^[72]。Yu 和 Zhang^[71] 在苹果园中的调查也发现 1 种平腹小蜂 *Anastatus* sp. 能够寄生茶翅蝽的卵块，并且也可以利用柞蚕卵 *Antheraea pernyi* (Lepidoptera: Saturniidae) 来进行繁殖。仇兰芬^[65] 在北京的调查中也发现了 1 种平腹小蜂能够寄生茶翅蝽的卵。这些研究中的平腹小蜂可能为同一个种。

平腹小蜂从茶翅蝽卵中孵化出来的雌雄性比低于 1:1，但从柞蚕卵孵化出来的性比为 3:1，所以饲养平腹小蜂也应考虑寄主的大小和营养这 2 个因素。平腹小蜂和茶翅蝽沟卵蜂可以在已经被对方寄生过的寄主卵上产卵，导致重寄生的发生。若寄主卵首先被沟卵蜂寄生，并发育 0~4 d 后再供平腹小蜂寄生，最终出的蜂多数为平腹小蜂（占 97.43%）；若寄主首先被沟卵蜂寄生，并发育 6 d 以后的寄生卵，再供平腹小蜂寄生，则最终多为沟卵蜂（占 92.31%）。若寄主卵首先被平腹小蜂寄生，0~1 d 后再供沟卵蜂寄生时，羽化的蜂以沟卵蜂为主；发育 2 d 以上再供沟卵蜂寄生，出蜂多为平腹小蜂。两种寄生蜂都更喜欢寄生新鲜的卵块，且羽化率也比较高，当寄主的卵超过 4 d，只有少数寄生蜂能够成功羽化^[75]。当卵逐渐成熟出现黑色三角形后再被寄生的几乎没有蜂可以羽化出来^[26]。

6.2.3 稻蝽沟卵蜂 *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) 该蜂也曾经被认为属于黑卵蜂属 *Telenomus* 并命名为 *Telenomus mitsukurii*^[76]，在中国和日本均有该蜂寄生茶翅蝽卵块的报道，经田间调查发现此蜂对茶翅蝽的自然寄生率为 59.2%~84.7%^[28,70]。除了茶翅蝽外，稻蝽沟卵蜂还可以寄生斑须蝽、壁蝽 *Piezodorus rubrofasciatus* (Fabricius)、谷蝽 *Gonopsis affinis* (Uhler) 及稻绿蝽 *Nezara viridula* (L.) 和花角绿蝽 *Nezara antennata* (Scott)^[69]。Arakawa 和 Namura^[70] 采用珀蝽成功的繁殖了该寄生蜂。

6.2.4 黄足沟卵蜂 *Trissolcus flavipes* 这种寄生蜂类似稻蜡沟卵蜂但不是同一种^[69]，张翠瞳等^[29]在梨园调查发现黄足沟卵蜂对茶翅蜡卵的寄生率为 63.3%，黄足沟卵蜂与茶翅蜡的优势天敌茶翅蜡沟卵蜂 *T. halyomorphae* 同属于缘腹细蜂科 Scelionidae，我们调查发现在该科中黄足沟卵蜂对茶翅蜡的寄生率仅次于茶翅蜡沟卵蜂，但目前对黄足沟卵蜂的寄主范围及其它生物学、生态学特性尚不清楚，如果该蜂的寄主专一，将会在茶翅蜡的生物防治中起到重要作用。

6.2.5 其他寄生性天敌 伊氏沟卵蜂 *Trissolcus ioti* 在日本和韩国均有记载，可寄生茶翅蜡、全蜡 *Homalogonia obtusa* 和匙同蜡 *Elasmucha putoni* (Scott)^[69,70]。此外，珀蜡沟卵蜂 *Trissolcus plautiae* (Scelionidae)，稻绿蜡卵跳小蜂 *Ooencyrtus nezarae* (Ishii) (Encyrtidae)，枯叶蛾平腹小蜂 *Anastatus gastropachae* (Ashmead) (Eupelmidae) 和角槽黑卵蜂 *Telenomus* sp. 能够寄生茶翅蜡的卵块，但寄生率很低^[65,70]。

寄蝇 *Bogusia* sp. (Diptera: Tachinidae) 能够寄生茶翅蜡的成虫，通常在蜡的前胸背板产卵，幼虫钻入成虫的身体在寄主体内越冬并取食寄主的生殖器官，春天发育到 4 龄幼虫后从寄主体内钻出并进入土壤化蛹，对茶翅蜡的寄生率很低^[34]。

6.3 其它防治方法

目前，化学防治是用于茶翅蜡防治的主要方法。在茶翅蜡的新入侵地，拟除虫菊酯和新烟碱类广谱性杀虫剂被广泛采用^[77]。田间使用硫丹 endosulfan，灭多威 methomyl，噻虫嗪 thiamethoxam 和联苯菊酯 bifenthrin 都对茶翅蜡具有高致死率，但甲氰菊酯 fenprothrin 和呋虫胺 dinotefuran 只是起到了抑制取食的作用^[78]。

我们也可以利用茶翅蜡的假死性进行人工防治，气温 < 23 时茶翅蜡初显假死行为，然后随温度渐降而加深；突然的声、光干扰能使其假死坠落，假死深度与气温下降和干扰源功率呈正相关。选择气温 < 21 的适宜日时段，以棒击震树落虫，地面喷药触杀，可取得高效、安全的防治效果^[21,79]。此外，还可以利用该虫聚集越冬的习性，采用“陷阱”等有效的诱集工具，集中诱杀^[80]。

7 总结与展望

茶翅蜡在我国 20 世纪 90 年代曾是主要害虫，如今随着其入侵扩散再一次引起人们的高度重视。在美国目前已有 170 多种作物遭受为害，并且还在继续增多，严重影响了农林生产、葡萄酒制造和居民生活，该虫在美国大西洋中部各州仅对农业造成的经济损失就达数亿美元^[12]。由于茶翅蜡取食范围广泛和种群繁衍能力高，在新的入侵地几年之内便可建立稳定的种群，2004—2011 年在美国新泽西州利用黑光灯监测茶翅蜡的结果显示，茶翅蜡种群数量以每年 75% 的速率成指数递增^[57]，一旦稳定种群建立便很难防治，在稳定种群建立之前发现并消灭该虫是控制茶翅蜡扩散的有效途径。

昆虫信息素具有灵敏度高、选择性强、不污染环境、不杀伤天敌、不易产生抗药性等特点，在农林病虫害测报及防治中起着重要的作用。目前，基于茶翅蜡的聚集信息素 (3S,6S,7R,10S-10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol 和 3R,6S,7R,10S-10,11-epoxy-1-bisabolene-3-ol) 及其协同增效剂 (反-2, 4-顺-6-三烯癸酸甲酯) 的诱捕器已经生产并用于监测田间种群发生情况。田间引诱效果还不是很稳定，这可能是由于不同地理种群在不同寄主植物上对已知聚集信息素的反应存在差异，有关聚集信息素和寄主植物气味的相互作用研究也许会解释这一现象。美国农业部也在试验利用聚集信息素与化学杀虫剂联合使用，开展田间诱杀效果评价^[63]。但是，诱杀技术及其实际效果还有待进一步探索和检验。另外，茶翅蜡的性信息素至今未见报道，将是下一步研究的主要内容。

生物防治具有环境友好、控效持久和防治成本低廉等优点，是农林有害生物，尤其是外来入侵物种的重要控制手段^[67]。研究显示入侵美国的茶翅蜡种群起源于中国北京和河北^[45,46]，并且在新入侵地尚无有效的天敌，因此，寻找并引进北京、河北 (中国) 地区的专食性天敌对其进行经典生物防治将是行之有效的方法。但是，为了避免可能出现的对非靶标生物的负面影响，系统全面而又科学严谨的风险评估是原产地天敌引入的基础性工作，特别是生态寄主范围的研究。而在原产地，我们也应注意保护果园生物多样性，实施害虫综合治理策略，减少化学杀虫剂使用，保护和创造适于茶翅蜡天敌的栖境，以避免茶翅蜡在原产地再次暴发为害。

参 考 文 献

- [1] 章士美. 中国经济昆虫志. 第三十一册. 半翅目(一)[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [2] 王浩建, 刘国卿. 秦岭西段及甘南地区昆虫[M]. 北京: 科学出版社, 2005, 279-292.
- [3] Hoebeke E R, Carter M E. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America[J]. Proceedings of the Entomological Society of Washington, 2003, 105(1): 225-237.
- [4] Fogain R, Graff S. First records of the invasive pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in Ontario and Quebec[J]. Journal of the Entomological Society of Ontario, 2011, 142: 45-48.
- [5] Wermelinger B D, Wyniger D, Forster B. First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees?[J]. Mitteilungen der Schweizerische Entomologische Gesellschaft, 2008, 81(1/2): 1-8.
- [6] Arnold K. *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), eine für die europäische Fauna neu nachgewiesene Wanzenart (Insecta:Heteroptera: Pentatomidae: Cappaeini)[J]. Mitt Thüringer Entomology, 2009, 16(10):19.
- [7] Heckmann R. Erster Nachweis von *Halyomorpha halys*(Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) für Deutschland[J]. Heteropteron, 2012, 36: 17-18.
- [8] Callot H, Brua C. *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), the marmorated stink bug, new species for the fauna of France (Heteroptera Pentatomidae)[J]. L'Entomologiste, 2013, 69(2): 69-71.
- [9] EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization), First report of *Halyomorpha halys* in Italy[J]. EPPO Reporting Service, 2013, 5: 108.
- [10] Véték G, Papp V, Haltrich A, et al. First record of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with description of the genitalia of both sexes[J]. Zootaxa, 2014, 3780(1): 194-200.
- [11] Milonas P G, Partinevelos G K. First report of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece[J]. EPPO Bulletin, 2014, 44(2): 183-186.
- [12] <http://www.stopbmsb>
- [13] Distant W L. Notes on exotic Rhynchota, with descriptions of new species[J]. Transaction of Entomology Social in London, 1880, (3): 147-153.
- [14] Distant W L. On some allied pentatomidae, with synonymical notes[J]. The Annual Magazine of Natural History, 1893, 11(6): 389-394.
- [15] Distant W L. Rhynchotalnotes, Heteroptera: Discocephalinae and pentatominae (part)[J]. The Annual Magazine of Natural History, 1899, 24(4): 421-445.
- [16] Rider D A, Zheng L Y, Kerzhner I M. Checklist and nomenclatural notes on the Chinese Pentatomidae (Heteroptera). II. Pentatominae[J]. Zoosystematica Rossica, 2002,11(1): 135-153.
- [17] Josifov M, Kerzhner I M. Heteroptera aus Korea. II. Teil (Aradidae, Berytidae, Lygaeidae, Pyrrhocoridae, Rhopalidae, Alydidae, Coreidae, Urostylidae, Acanthosomatidae, Scutelleridae, Pentatomidae, Cydnidae, Plataspidae)[J]. Fragmenta Faunistica, 1978, 23(9): 137-196.
- [18] Nielsen A L, Hamilton G C, Matadha D. Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)[J]. Environmental Entomology, 2008, 37(2): 348-355.
- [19] 杨素英, 王东毅, 陈桂敏, 等. 黄斑蝽、茶翅蝽发生规律及综合防治技术研究[J]. 山西果树, 2006, 111(3): 10-11.
- [20] 杨宗光. 河北衡水茶翅蝽发生规律及防治技术[J]. 果树实用技术与信息, 2011, (5): 35-36.
- [21] 王源岷, 王英男. 梨茶翅蝽研究初报[J]. 华北农学报, 1988, 3(4): 96-101.
- [22] Bae S D, Kim H J, Lee G H, et al. Susceptibility of stink bugs collected in soybean fields in Milyang to some insecticides[J]. Korean Journal of Applicable Entomology, 2008, 47(4): 413-419.
- [23] Bae S D, Kim H J, Yoon Y N, et al. Effects of mungbean cultivar, Jangannodgu on nymphal development, adult longevity and oviposition of soybean stink bugs[J]. Korean Journal of Applicable Entomology, 48(3): 311-318.
- [24] Fujiie A. Seasonal life cycle of *Halyomorpha mista*[J]. Bulletin of Chiba Agricultural Experiment Station, 1985, 26: 87-93.
- [25] Katayama E, Fukuda T, Nozawa H. Light trap monitoring of the fruit tree stink bugs and their ovarian development[J]. Tochigi Agricultural Reserch Representative, 1993, 40: 59-74.
- [26] Funayama K. Seasonal fluctuations and physiological status of *Halyomorpha halys* (Stål) adults captured in traps baited with synthetic aggregation pheromone of *Plautia crossota stali* Scott[J]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 2008, 52(2): 69-75.
- [27] Hoffmann W. A pentatomid pest of growing beans in South China[J]. Peking Natural History Bulletin, 1931, 5(3): 25-26.
- [28] 褚风杰, 周志芳, 李瑞平, 等. 茶翅蝽生物学特性观察及防治研究[J]. 河北农业大学学报, 1997, 20(2): 12-17.
- [29] 张翠瞳, 李大乱, 苏海峰, 等. 茶翅蝽和黄斑蝽生物学特性研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(3): 271-275.

- [30] 仇兰芬. 危害果树的重要害虫[D]. 北京: 中国林业科学院, 2008.
- [31] 李长安. 茶翅蜡的生物学研究及其防治[J]. 山西大学学报, 1982, (1): 82-83.
- [32] 王旭光, 何山林, 何喜娥. 果园茶翅蜡的无公害防治[J]. 乡村科技, 2012, 3: 21.
- [33] Medal J, Smith T, Cruz A S. Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the Laboratory[J]. Florida Entomologist, 2013, 96(3): 1209-1212.
- [34] Kawada H, Kitamura C. The reproductive behavior of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista* Uhler (Heteroptera: Pentatomidae). I. Observation of mating behavior and multiple copulation[J]. Applied Entomology and Zoology, 1983, 18(2): 234-242.
- [35] Haye T, Abdallah S, Garipey T, et al. Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe[J]. Journal of Pest Science, 2014, 87(3): 407-418.
- [36] Kawada H, Kitamura C. Bionomics of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha mista*[J]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1983, 27(4): 304-306.
- [37] Kang C, Huh H, Park C. Review on true bugs infesting tree fruits, upland crops, and weeds in Korea[J]. Korean Journal of Applied Entomology, 2003, 42(3): 269-277.
- [38] Hamilton G C, Shearer P, Nielsen A. Brown marmorated stink bug: a new exotic insect in New Jersey[M]. Rutgers Cooperative Research & Extension New Brunswick, NJ, 2003.
- [39] Hamilton G C. Brown marmorated stink bug[J]. American Entomologist, 2009, 55(1): 19.
- [40] Jones J R, Lambdin P L. New county and state records for Tennessee of an exotic pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), with potential economic and ecological implications[J]. Florida Entomologist, 2009, 92(1): 177-178.
- [41] McPherson J E, McPherson R M. Stink bugs of economic importance in America north of Mexico[M]. CRC Press, 2000.
- [42] Leskey T C, Short B D, Butler B R, et al. Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in Mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: case studies of commercial management[J]. Psyche, 2012, 1-14.
- [43] Harris A C. *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) and *Protactia brevitarsis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) intercepted in Dunedin[J]. The Weta, 2010, 40: 42-44.
- [44] Zhu G, Bu W, Gao Y, et al. Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*) [J]. PLoS ONE, 2012, 7(2): e31246.
- [45] Garipey T D, Haye T, Fraser H, et al. Occurrence, genetic diversity, and potential pathways of entry of *Halyomorpha halys* in newly invaded areas of Canada and Switzerland[J]. Journal of Pest Science, 2014, 87(1): 17-28.
- [46] Xu J W, Fonseca D M, Hamilton G C, et al. Tracing the origin of US brown marmorated stink bugs, *Halyomorpha halys*[J]. Biological Invasions, 2014, 16(1): 153-166.
- [47] 边秀然, 南淑英. 黄斑蜡茶翅蜡综合防治技术[J]. 果树实用技术与信息, 2002, (9): 18-19.
- [48] 余春林, 金新富. 茶翅蜡和斑须蜡对梨树的危害及防治研究[J]. 中国果树, 2002, (2): 5-7.
- [49] 秦维亮. 茶翅蜡发生规律及防治技术[J]. 植物保护, 1990, 16(6): 22-23.
- [50] Hiruki C. Paulownia witches'-broom disease important in East Asia[C]. International Symposium on Urban Tree Health 496, 1997, 63-68.
- [51] 孙志强, 傅建敏, 乔杰, 等. 茶翅蜡对植原体的传播能力[J]. 林业科学研究, 1999, 12(6): 606-611.
- [52] Tomasino E, Wiman N, Osborne J, et al. Impact of brown marmorated stinkbug on pinot noir wine quality[C]. 2013, 76-77.
- [53] Inkley D B. Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae)[J]. Journal of Entomological Science, 2012, 47(2): 125-130.
- [54] Mueller G, Luescher I L, Schmidt M. New data on the incidence of household arthropod pests and new invasive pests in Zurich (Switzerland)// Proceedings of the Seventh International Conference on Urban Pests[C]. 2011, 99-104.
- [55] Nielsen A L, Hamilton G C. Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States[J]. Annals of the Entomological Society of America, 2009, 102(4): 608-616.
- [56] Welty C, Shetlar D, Hammond R, et al. Brown marmorated stink bug[N]. Agriculture and Natural Resources, The Ohio State University Fact Sheet, 2008, FS-3824-08.
- [57] Nielsen A L, Holmstrom K, Hamilton G C, et al. Use of black light traps to monitor the abundance, spread, and flight behavior of *Halyomorpha halys*

- (Hemiptera: Pentatomidae)[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2013, 106(3): 1495-1502.
- [58] Khrimian A, Zhang A J, Weberet D C, *et al.* Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols[J]. *Journal of Natural Products*, 2014, 77(7): 1708-1717.
- [59] Weber D C, Leskey T C, Walsh G C, *et al.* Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2, 4, 6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2014, 107(3): 1061-106.
- [60] Leskey T C, Wright S E, Short B D, *et al.* Development of behaviorally-based monitoring tools for the brown marmorated stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in commercial tree fruit orchards[J]. *Journal of Entomological Science*, 2012, 47(1): 76-85.
- [61] Khrimian A. The geometric isomers of methyl-2, 4, 6-decatrienoate, including pheromones of at least two species of stink bugs[J]. *Tetrahedron*, 2005, 61(15): 3651-3657.
- [62] Aldrich J, Khrimian A, Chen X, *et al.* Semiochemically based monitoring of the invasion of the brown marmorated stink bug and unexpected attraction of the native green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in Maryland[J]. *Florida Entomologist*, 2009, 92(3): 483-491.
- [63] Ingels C. January, 2014 Update on Brown Marmorated Stink Bug Characteristics, Spread, and Management. <http://cesacramento.ucan.edu/files/181044.pdf>[DB]
- [64] Sargent C, Martinson H M, Raupp M J. Traps and trap placement may affect location of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and increase injury to tomato fruits in home gardens[J]. *Environmental Entomology*, 2014, 43(2): 432-438.
- [65] 仇兰芬. 北京地区茶翅蝽天敌种类及其控制作用研究[J]. *北方园艺*, 2010, (9): 181-183.
- [66] Abram P K, Garipey T D, Boivin G, *et al.* An invasive stink bug as an evolutionary trap for an indigenous egg parasitoid[J]. *Biological Invasions*, 2014, 16(7): 1387-1395.
- [67] 万方浩, 李保平, 郭建英. 生物入侵: 生物防治篇[M]. 北京: 北京科学出版社, 2008.
- [68] Yang Z, Yao Y, Qiu L, *et al.* A new species of *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing eggs of *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in China with comments on its biology[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2009, 102(1): 39-47.
- [69] Ryu J, Hirashima Y. Taxonomic studies on the genus *Trissolcus* Ashmead of Japan and Korea (Hymenoptera, Scelionidae)[J]. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*, 1984, 29(1): 35-58.
- [70] Arakawa R Y, Namura. Effects of temperature on development of three *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoids of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)[J]. *Entomological Science*, 2002, 5(2): 215-218.
- [71] Yu G, Zhang J. The Brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in PR China[C]. *International Workshop One Biological Control of Invasive Species of Forests*, 2007, 58-62.
- [72] 侯峥嵘, 梁洪柱, 陈倩, 等. 利用平腹小蜂防治茶翅蝽田间应用效果[J]. *中国森林病虫*, 2009, 28(4): 39-40, 43.
- [73] 仇兰芬, 杨忠岐, 陶万强. 茶翅蝽沟卵蜂生物学特性和自然种群动态[J]. *林业科学*, 2007, 43(11): 62-65.
- [74] 李中新, 刘玉升. 温度对茶翅蝽沟卵蜂及其寄主卵发育的影响[J]. *中国生物防治*, 2004, 20(1): 64-66.
- [75] 仇兰芬, 杨忠岐. 2种茶翅蝽卵期寄生蜂的竞争关系及种群动态研究[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(8): 221-225.
- [76] Johnson N F. Revision of Australasian *Trissolcus* species (Hymenoptera: Scelionidae)[J]. *Invertebrate Taxonomy*, 1991, 5(1): 211-239.
- [77] Funayama K. Control effect on the brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), by combined spraying of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in apple orchards in northern Japan[J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2012, 47(1): 75-78.
- [78] Leskey T C, Short B D, Lee D H. Efficacy of insecticide residues on adult *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards[J]. *Pest Management Science*, 2014, 70(7): 1097-1104.
- [79] 李鑫, 尹翔宇, 马丽, 等. 茶翅蝽的行为与控制利用[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2007, 35(10): 139-145.
- [80] Toyama M, Ihara F, Yaginuma K. Formation of aggregations in adults of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): The role of antennae in short-range locations[J]. *Applied Entomology and Zoology*, 2006, 41(2): 309-315.