环境昆虫学报 2020，42（4）：877－883
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2020. 04. 10

徐庆宣，王甦，郭晓军，姜瑞德，王松，张帆．桃园茶翅蝽的发生危害与防治研究进展［J］．环境昆虫学报，2020，42（4）：877－883.

桃园茶翅蝽的发生危害与防治研究进展

徐庆宣[1]，王　甦[1]，郭晓军[1]，姜瑞德[2]，王　松[1]，张　帆[1*]
（1. 北京市农林科学院植物保护环境保护研究所，北方果树病虫害绿色防控北京市重点实验室，北京 100097；
2. 青岛市农业科学研究院，山东青岛 266100）

摘要：随着农药减施等果园害虫绿色防控技术推广应用，茶翅蝽 *Halyomorpha halys* 在重要的水果种植区域内危害日益严重，有从次要害虫发展为主要害虫的趋势。而桃树作为少数茶翅蝽可以完成整个生活史的果树之一，被害尤为严重。虽有化学药剂对茶翅蝽取得较好的防治效果，但其飞行能力强，易产生抗药等特点，导致防治非常困难。因此，对茶翅蝽的生物防治和生态调控方法愈发得到重视，特别是天敌昆虫得到广泛研究和应用。茶翅蝽的主要天敌是寄生蜂，利用天敌昆虫可以有效控制茶翅蝽的种群数量。此外，基于茶翅蝽嗅觉行为反应构建的“推－拉”防控策略研究得以开展，以达到对茶翅蝽种群的生态调控。本文综述了茶翅蝽对桃生产过程中的危害现状及特点、生态学习性及现阶段防治措施等，并着重总结了针对茶翅蝽成虫的潜在生物防治方法，为茶翅蝽的绿色防控提供新思路。

关键词：茶翅蝽；生物防治；茶翅蝽沟卵蜂；平腹小蜂；推拉策略；绿色防控
中图分类号：Q968. 1；S433　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－0858（2020）04－0877－07

Progress for occurrence and management of *Halyomorpha halys* in peach orchards

XU Qing-Xuan[1]，WANG Su[1]，GUO Xiao-Jun[1]，JIANG Rui-De[2]，WANG Song[1]，ZHANG Fan[1*]
（1. Beijing Key Laboratory of Environment Friendly Management on Fruit Diseases amd Pests in North China，Institute of Plant and Environment Protection，Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences，Beijing 100097，China；2. Institute of Agricultural Sciences of Qingdao，Qingdao 266100，Shandong Province，China）

Abstract：With the application of green pest control technologies for pesticide reduction，*Halyomorpha halys* is increasingly harmful in important fruit-growing areas，and there is a tendency to develop from secondary pests to main pests. The damage of peach trees is particularly serious，as it is one of the few fruit trees that can complete the whole life cycle of *H. halys*. *H. halys* is hard to manage because it is easy to develop resistance to chemical pesticides and also have strong flight ability. Therefore，the biological control and ecological regulation methods of *H. halys* have been paid more and more attention. Natural enemies was widely studied and applied，which can effectively control the population of *H. halys*，especially parasitoids. In addition，“push-pull”strategy based on the olfactory behavioral was carried out to achieve the ecological regulation of *H. halys*. This paper reviewed the harmful characteristics，current control measures of *H. halys*，and summarized the potential biological control methods for green control the adult of *H. halys*.

基金项目：国家桃产业技术体系（CARS－30）
作者简介：徐庆宣，男，博士，助理研究员，研究方向为果树害虫生物防治，E－mail：xuqxfarmer@126. com
* 通讯作者 Author for correspondence：张帆，女，研究员，主要研究方向为生物防治，E－mail：zhangfanzf6131@263. net
收稿日期 Received：2019－06－05；接受日期 Accepted：2019－09－18

Key words: *Halyomorpha halys*; biological control; *Trissolcus halyomorphae*; *Anastatus japonicus*; "Push-pull" strategy; green control

茶翅蝽 *Halyomorpha halys* (Stål)，属半翅目 Hemiptera、蝽科 Pentatomidae 茶翅蝽属 *Halyomorpha*，是一种重要的农林害虫，已知寄主超过300多种，包括大部分的经济作物种类，对桃、梨、苹果等果树危害尤为严重 (Lee *et al.*, 2013)。茶翅蝽原产地分布于亚洲东部，20世纪90年代开始入侵美国和加拿大，此后在欧洲多国相继被发现，并有继续扩散成为世界性害虫的趋势 (Hoebeke and Carter, 2003; Gariepy *et al.*, 2014; Haye *et al.*, 2014; Bariselli *et al.*, 2016)。随着茶翅蝽持续扩散，重要的水果产区将受到严重的危害，造成巨大的经济损失。茶翅蝽成虫在秋季喜欢躲在屋檐下，受到外界刺激时，会释放一种难闻的气味 (主成分为5-ethyl-2(5H)-furanone 和(E)-2-decenal)，引起人类的不适反应，严重影响到人们的正常生活 (Inkley, 2012; Mertz *et al.*, 2012; Solomon *et al.*, 2013)。

相较于果树上其他主要害虫，茶翅蝽成虫、若虫对果实都具有危害性，且其成虫、若虫寿命长，危害时间跨度大，严重影响果实的品质及产量 (Nielsen and Hamilton, 2009)。桃树对茶翅蝽全生活史都有吸引力，是能够支持它完成整个生活史的少数寄主植物之一，茶翅蝽的危害可贯穿桃树整个生育期，部分地区危害率高达90%，严重影响桃的安全生产 (Leskey *et al.*, 2012a; Haye *et al.*, 2015a)。近年来，国际上对茶翅蝽的发生规律和防治研究取得了一定的进展，本文对茶翅蝽在桃树上的发生危害和防治研究进展进行综述，以期为桃生产中茶翅蝽的防治提供借鉴和指导。

1 发生规律和危害特点

茶翅蝽在我国北方地区每年发生1~2代。北方地区10月上中旬随着气温的下降，成虫在果园内及邻近的房屋内越冬，尤其喜欢墙缝及屋檐等温暖避风的地方。翌年春天，越冬茶翅蝽成虫开始扩散危害，飞行磨试验结果显示雌雄成虫平均飞行距离是2.08 km和2.44 km，最远飞行距离是117 km (Lee and Leskey, 2015; Wiman *et al.*, 2015)，若虫在田间4~5 h也可以移动20 m，同时还可以在垂直方向进行移动 (Lee *et al.*, 2014a; Acebes-Doria *et al.*, 2017)。

茶翅蝽主要刺吸危害植物的果实、嫩茎，果实被危害后可能导致疤痕、凹陷或区域褪色、果实变形，果实表面呈白色海绵状，区域组织损伤内部可见变色肉 (Leskey *et al.*, 2009; Nielsen and Hamilton, 2009; Rice *et al.*, 2014)。桃挂果初期被茶翅蝽成虫取食，对果实的危害最大 (Acebes-Doria *et al.*, 2016a)。此外，茶翅蝽在桃园取食时，表现一定的聚集行为，当驻果率达到10%以上，聚集效应更明显 (Hahn *et al.*, 2017)。茶翅蝽取食多寄主植物，具有更强的适应性，这可能是它们在田间具有强大扩散能力的主要原因 (Acebes-Doria *et al.*, 2016b)，尤其是成虫会在周围环境和桃园之间往返迁移，导致园内茶翅蝽发生量的反复激增 (Joseph *et al.*, 2014)。茶翅蝽成虫和若虫皆具有出色的移动能力以及很强的适应性，给其防治工作带来很大的困难。

2 防治方法

2.1 物理防治

灯诱是有效的监测害虫方法之一，与绿光、橙光、红光和黄光相比，白光对茶翅蝽成虫诱引效果最好 (Cambridge *et al.*, 2017)。除可见光外，茶翅蝽对紫外光也有反应，可利用昆虫的趋光性采用诱虫灯来灭杀茶翅蝽 (Nielsen and Hamilton, 2009)。

果实套袋技术是防治取食果实害虫的物理阻隔方法之一，在果实套袋时，采用大型袋子，增加果实表面与袋子的距离，才能够有效防止茶翅蝽吸食幼果 (张君明等, 2007)。

越冬期是茶翅蝽成虫防治的关键时期之一，此时茶翅蝽虫口活动能力低，且虫口聚集在越冬场所，可在果园周围堆放砖头木头等，或在桃树树干绑扎瓦楞纸等越冬装置诱集成虫，再进行集中灭杀 (Inkley, 2012; Bergh *et al.*, 2017; 刘中芳等, 2018)。桃园合理利用越冬诱集装置，是有效消灭茶翅蝽越冬成虫继而减少翌年春天茶翅蝽虫源的有效方法之一。

2.2 生物防治

2.2.1 天敌昆虫

利用天敌昆虫可以控制茶翅蝽的种群数量。

茶翅蝽主要天敌是寄生蜂，我国茶翅蝽卵期寄生蜂有 7 种，其中茶翅蝽沟卵蜂 *Trissolcus halyomorphae*（Yang）是其优势天敌（仇兰芬等，2009）。茶翅蝽沟卵蜂是一种专化性较强的寄生蜂，自然状态下，对茶翅蝽卵的平均寄生率达到 50%，对茶翅蝽起到重要的控制作用（Yang *et al.*，2009）。除茶翅蝽沟卵蜂外，平腹小蜂 *Anastatus japonicus*（Ashmead）对茶翅蝽卵也有很高的寄生率，且已经规模化繁殖并应用（吕欣等，2009）。侯峥嵘等（2009）在北京平谷桃园释放平腹小蜂，对茶翅蝽起到很好的防控作用。自然条件下，茶翅蝽沟卵蜂与平腹小蜂寄生常混合发生，其混合寄生率最高达 90%（仇兰芬，2010）。沟卵蜂的寄生能力要强于平腹小蜂，而从卵内的竞争来看，平腹小蜂的竞争能力强于沟卵蜂（仇兰芬和杨忠岐，2010）。在茶翅蝽入侵地美洲，Cornelius *et al.*（2016）调查发现了 6 种茶翅蝽卵的寄生蜂。茶翅蝽卵表面的化学物质对当地寄生蜂有很强的干扰作用，当地寄生蜂对茶翅蝽新鲜卵的寄生率很低（Ogburn *et al.*，2016；Tognon *et al.*，2017），仅有寄生蜂 *Trissolcus japonicus* 对茶翅蝽卵有较高的寄生率，可以用于茶翅蝽生物防治，围绕其生产繁殖的研究也在开展中（Mcintosh *et al.*，2019）。欧洲本地寄生蜂 *Anastatus bifasciatus* 对茶翅蝽新鲜卵有一定的寄生能力，可以在当地作为潜在的生防昆虫资源开发利用的对象（Haye *et al.*，2015b）。

除寄生性天敌外，一些捕食性昆虫也可有效防治茶翅蝽。草蛉 *Chrysoperla carnea*（Stephens）3 龄幼虫对茶翅蝽卵有捕食作用（Abram *et al.*，2015）。Pote and Nielson（2017）证实七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*（Linnaeus）和捕食蝽类 *Podisus maculiventris*（Say）等天敌昆虫也可以降低茶翅蝽卵孵化率和低龄若虫成活率。棕头举腹蚁 *Crematogaster scutellaris*（Olivier）对茶翅蝽成虫和卵没有致死作用，但各龄若虫有很好的控制作用，对 1～2 龄若虫致死率高达 85%～95%，具有很高的应用潜力（Castracani *et al.*，2017）。Biddinger *et al.*（2017）发现北美特有的一种黄蜂 *Bicyrtes quadrifasciata*（Say）巢穴中 96% 的猎物是茶翅蝽若虫，因此该虫具有生物防治茶翅蝽的潜力。据统计，在美国有机作物园，20% 左右的茶翅蝽由天敌控制，主要为捕食性天敌取食茶翅蝽的卵，而我国茶翅蝽的捕食性天敌昆虫资源有待进一步挖掘（见表 1）。近年来随着我国有机桃园的面积不断增加，利用天敌昆虫防控茶翅蝽方法的研究与开发需要引起足够的重视。

表 1　国内外关于茶翅蝽不同发育阶段天敌昆虫的情况

Table 1　Natural enemies in domestic and abroad at different developmental stages of *Halyomorpha halys*

龄期 Age	天敌 Natural enemy			
	国内 Domestic	参考文献 References	国外 Abroad	参考文献 References
卵 Egg	茶翅蝽沟卵蜂 *Trissolcus halyomorpha*	仇兰芬等，2009	*Trissolcus brochymenae*	Cornelius *et al.*，2016
	沟卵蜂 *Trissolcus* sp.	仇兰芬等，2009	*Trissolcus euschisti*	Cornelius *et al.*，2016
	角槽黑卵蜂 *Telenomus* sp.	仇兰芬等，2009	*Trissolcus japonicus*	Cornelius *et al.*，2016
	黄足沟卵蜂 *Trissolcus flavipes*	张翠疃等，1993	*Telenomus podisi*	Cornelius *et al.*，2016
	蝽卵金小蜂 *Acroclisoides* sp.	仇兰芬等，2009	*Anastatus reduvii*	Cornelius *et al.*，2016
	蝽卵跳小蜂 *Ocencyrtus* sp.	仇兰芬等，2009	*Ooencyrtus johnsoni*	Cornelius *et al.*，2016
	平腹小蜂 *Anastatus japonicus*	吕欣等，2009	*Anastatus bifasciatus*	Haye *et al.*，2015b
	小花蝽 *Orius* sp.	仇兰芬等，2009	*Chrysoperla carnea*	Abram *et al.*，2015
			Coccinella septempunctata	Pote and Nielson，2017
			Podisus maculiventris	Pote and Nielson，2017
若虫 Nymph	蠋蝽 *Armachinensis*	仇兰芬等，2009	*Crematogaster scutellaris*	Castracani *et al.*，2017
	三突花蛛 *Misumena tricuspidata*	仇兰芬等，2009	*Bicyrtes quadrifasciata*	Biddinger *et al.*，2017

2.2.2 诱集植物

诱集植物可以吸引茶翅蝽成虫从而减少对目标作物的危害，也被用于田间茶翅蝽的防治中。Osakabe and Honda（2002）发现早熟的黄豆品种可以有效的吸引茶翅蝽，继而减轻中、晚熟品种上茶翅蝽的发生量。在有机农场，栽种高粱和向日葵对茶翅蝽具有显著的引诱效果，蛋白质免疫标记后采用谐波雷达监测发现，茶翅蝽喜爱长时间聚集在向日葵上，并吸食瓜子的汁液（Nielsen *et al.*，2016; Blaauw *et al.*，2017）。因此，可在桃园合理种植向日葵诱集茶翅蝽，对诱集到的茶翅蝽集中无害化处理。诱集植物解决了茶翅蝽易扩散带来的防治难题，可以结合其他防治方法对茶翅蝽进行综合防控。

2.2.3 化学信息素

茶翅蝽化学信息素主要是茶翅蝽聚集素（3S,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol 和(3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol，对越冬期的茶翅蝽成虫诱集作用明显（Khrimian *et al.*，2014）。斯氏珀蝽 *Plautia stali*（Scott）聚集素 methyl(2E,4E,6Z)-2,4,6-decatrienoate 对茶翅蝽同样具有聚集作用，与茶翅蝽聚集素混合释放对茶翅蝽的吸引有显著增效作用，但对早春的茶翅蝽成虫几乎无诱集作用（Weber *et al.*，2014; Morrison *et al.*，2017a，2017b; Rice *et al.*，2018）。近年来，随着人们越来越重视化学信息素的田间应用，茶翅蝽聚集素与斯氏珀蝽聚集素混合后缓释处理的研究，将有助于降低桃园越冬茶翅蝽成虫数量。

2.3 化学防治

张翠疃等（1993）认为茶翅蝽成虫在果园活跃，飞翔能力强，易逃离致使药剂防治效果不好。而爬行能力较弱的若虫阶段，是化学农药歼灭的有利时机。此外，利用茶翅蝽在相对低的气温（< 21℃）行动能力较弱的特点，亦可在此期间喷施化学农药防治茶翅蝽（李鑫等，2007）。在卵孵化期和低龄若虫期，喷施溴氰菊酯乳油、高效氯氰菊酯乳油、噻虫嗪水分散粒剂以及阿维菌素乳油均可取得较好的防治效果（Nielsen *et al.*，2008a; Leskey *et al.*，2014; 刘宝等，2017）。

有机生产过程中，国内目前还没有效防治茶翅蝽的高效低毒杀虫剂，这就使得本来难以防治的害虫变得更加困难（蔡乐等，2008）。国外开展了生物杀虫剂对茶翅蝽的室内杀虫活性研究，如测试了桉树提取物以及生防菌株对茶翅蝽的防效（Lee *et al.*，2014），植物代谢物苯甲酸甲酯也是潜在的防治茶翅蝽的高效绿色农药之一（Feng and Zhang，2017）。

3 讨论与展望

目前对茶翅蝽的研究主要集中在茶翅蝽种群发生动态规律、生物学和防控上，分子生物学方面研究也有所开展，如 Taylor *et al.*（2014）发现清除茶翅蝽肠道共生菌后对其生长发育会产生严重影响，尤其是下一代的茶翅蝽无法正常发育; Valentin *et al.*（2016）建立了环境 DNA 中实时荧光定量 PCR 快速检测茶翅蝽的方法等。

茶翅蝽化学防治方面，茶翅蝽具有很强的抗药性，连续使用化学农药防治茶翅蝽，短期内可导致杀虫剂应用剂量增加 4 倍，此外，还会缩短用药间隔期（Leskey *et al.*，2012b）。化学防控与景观生态调控结合可以减少化学农药 25% 的使用量，并有效延缓桃园茶翅蝽农药抗性的产生（Blaauw *et al.*，2015），为茶翅蝽的化学防控指明了新的方向。生物防治方面，现阶段行之有效的天敌昆虫是平腹小蜂和茶翅蝽沟卵蜂，对后期卵块有很高的寄生率，而在早期对卵块寄生率比较低，难以避免对幼果的危害（褚风杰等，1997）。寄生蜂对茶翅蝽卵的寄生效率在不同作物生境中有显著变化（Pezzini *et al.*，2018），而释放其他已知的天敌昆虫互益素如水杨酸甲酯等挥发物，不能有效提高寄生蜂寄生率（Morrison *et al.*，2018）。因此，可以利用寄生蜂结合草蛉、七星瓢虫等捕食性天敌昆虫共同作用，增强对茶翅蝽卵块的取食或降低卵孵化率，提高生物防治效果。

茶翅蝽的成虫寿命较长，扩散能力强且缺少有效控制其种群发展的天敌昆虫（Nielsen *et al.*，2008b; Medal *et al.*，2013）。利用挥发性化合物调控昆虫选择行为构建的“推－拉策略”，已被广泛应用于农林害虫绿色防控（Kergunteuil *et al.*，2015）。近期研究发现，天然植物提取物倍半萜类物质－异长叶烯酮对茶翅蝽成虫具有强烈的拒食作用，可作为茶翅蝽成虫的趋避剂（赵玉芬等，2017）。因此，桃园内除了利用越冬诱集装置和聚集素缓释防控茶翅蝽越冬成虫以外，茶翅蝽拒食剂趋避剂缓释并结合桃园周边合理栽植诱集植物吸引茶翅蝽，构建“推－拉策略”亦可成为果园

茶翅蝽成虫防治的有效措施之一，进一步研究该策略的调控机制对促进茶翅蝽成虫在桃园的防治具有重要指导意义。

参考文献（References）

Abram PK, Doyon J, Brodeur J, *et al.* Susceptibility of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) eggs to different life stages of three generalist predators [J]. *The Canadian Entomologist*, 2015, 147 (2): 222 – 226.

Acebes-Doria AL, Leskey TC, Bergh JC. Host plant effects on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) nymphal development and survivorship [J]. *Environmental Entomology*, 2016a, 45 (3): 663 – 670.

Acebes-Doria AL, Leskey TC, Bergh JC. Injury to apples and peaches at harvest from feeding by *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) nymphs early and late in the season [J]. *Crop Protection*, 2016b, 89: 58 – 65.

Acebes-Doria AL, Tracy CL, Bergh JC. Temporal and directional patterns of nymphal *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) movement on the trunk of selected wild and fruit tree hosts in the mid-Atlantic region [J]. *Environmental Entomology*, 2017, 46: 258 – 267.

Bariselli M, Bugiani R, Maistrello L. Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy [J]. *Eppo Bulletin*, 2016, 46 (2): 332 – 334.

Bergh JC, MorrisonW, Joseph SV, *et al.* Characterizing spring emergence of adult *Halyomorpha halys* using experimental overwintering shelters and commercial pheromone traps [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2017, 162 (3): 336 – 345.

Biddinger DJ, Alex S, Joshi NK. A native predator utilising the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) as a food source [J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2017, 27 (7): 903 – 907.

Blaauw BR, Polk D, Nielsen AL. IPM – CPR for peaches: Incorporating behaviorally – based methods to manage *Halyomorpha halys* and key pests in peach [J]. *Pest Management Science*, 2015, 71 (11): 1513 – 1522.

Blaauw B, Morrison W, Mathews C, *et al.* Measuring host plant selection and retention of *Halyomorpha halys* by a trap crop [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2017, 163 (2): 197 – 208.

Cai L, Dong M, Du XG. The occurrence rule of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* and its control strategies in the suburb of Beijing [J]. *Northern Horticulture*, 2008, 11: 166 – 168. [蔡乐，董民，杜相革. 京郊有机苹果园茶翅蝽发生规律及控制策略 [J]. 北方园艺，2008，11: 166 – 168]

Cambridge JE, Francoeur L, Hamilton GC. Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) attraction to various light stimuli [J]. *Florida Entomologist*, 2017, 100 (3): 583 – 588.

Castracani C, Bulgarini G, Giannetti D, *et al.* Predatory ability of the ant *Crematogaster scutellaris* on the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* [J]. *Journal of Pest Science*, 2017, 90 (4): 1181 – 1190.

Chu FJ, Zhou ZF, Li RP, *et al.* Study on control and observation of the bionomics characteristics of *Halyomorpha picus* Fabricias [J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 1997, 2: 12 – 17. [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，1997，2: 12 – 17]

Cornelius ML, Dieckhoff C, Hoelmer KA, *et al.* Biological control of sentinel egg masses of the exotic invasive stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) in Mid – Atlantic USA ornamental landscapes [J]. *Biological Control*, 2016, 103: 11 – 20.

Feng Y, Zhang A. A floral fragrance, methyl benzoate, is an efficient green pesticide [J]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 42168.

Hahn NG, Cesar RS, Hamilton GC, *et al.* Characterizing the spatial distribution of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae), populations in peach orchards [J]. *PLoS ONE*, 2017, 12 (3): e0170889.

Haye T, Abdallah S, Gariepy 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.

Haye T, Fischer S, Zhang J, *et al.* Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae), in Europe [J]. *Journal of Pest Science*, 2015a, 88 (4): 693 – 705.

Haye T, Gariepy T, Hoelmer K, *et al.* Range expansion of the invasive brown marmorated stinkbug, *Halyomorpha halys*: An increasing threat to field, fruit and vegetable crops worldwide [J]. *Journal of Pest Science*, 2015b, 88 (4): 665 – 673.

Hoebeke ER, Carter ME. *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.

Hou ZR, Liang HZ, Chen Q, *et al.* Application of *Anastatus* sp. against *Halyomorpha halys* [J]. *Forest Pest and Disease*, 1997, 2: 12 – 17. [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]

Inkley DB. Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. *Journal of Entomological Science*, 2012, 47 (2): 125 – 130.

Joseph SV, Stallings JW, Leskey TC, *et al.* Spatial distribution of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) injury at harvest in Mid – Atlantic apple orchards [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2014, 107 (5): 1839 – 1848.

Kergunteuil A, Dugravot S, Danner H, *et al.* Characterizing volatiles and attractiveness of five brassicaceous plants with potential for a "push – pull" strategy toward the cabbage root fly, *Delia radicum* [J]. *Journal of Cheical Ecology*, 2015, 41: 330 – 339.

Khrimian A, Zhang A, Weber DC, *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.

Lee DH, Short BD, Joseph SV, *et al.* Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea［J］. *Environmental Entomology*, 2013, 42 (4): 627 – 641.

Lee DH, Anne LN, Tracy CL. Dispersal capacity and behavior of nymphalstages of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under laboratory and field conditions［J］. *Journal of Insect Behavior*, 2014a, 27: 639 – 651.

Lee DH, Short BD, Nielsen AL, *et al.* Impact of organic insecticides on the survivorship and mobility of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) in the laboratory［J］. *Florida Entomologist*, 2014b, 97 (2): 414 – 421.

Lee DH, Leskey TC. Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)［J］. *Bulletin of Entomological Research*, 2015, 105 (5): 566 – 573.

Leskey TC, Hamilton GC, Nielsen AL, *et al.* Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA［J］. *Outlooks on Pest Management*, 2012a, 23 (5): 218 – 226.

Leskey TC, Lee DH, Short BD, *et al.* Impact of insecticides on the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of insecticide lethality［J］. *Journal of Economic Entomology*, 2012b, 105 (5): 1726 – 1735.

Leskey TC, Wright SE, Short BD, *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*, 2012c, 47 (1): 76 – 85.

Leskey TC, Short BD, Lee DH. Efficacy of insecticideresidues on adult *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards［J］. *Pest Management Science*, 2014, 70 (7): 1097 – 1104.

Leskey TC, Short BD, Wright SE, *et al.* Diagnosis and variation in appearance of brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) injury on apple［J］. *Journal of Entomological Science*, 2009, 44 (4): 314 – 322.

Li X, Yin XY, Ma L, *et al.* *Halyomorpha halys* behaviors and their application for control［J］. *Journal of Northwest A & F University* (Nat. Sci. Ed.), 2007, 35 (10): 139 – 145.［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］

Liu ZF, Zhang PJ, Gao Y, *et al.* Test and application of insect – trapping belts for the pests overwintering on apple tree trunks［J］. *Chinese Journal of Biological Control*, 2018, 34 (4): 509 – 513.［刘中芳, 张鹏九, 高越, 等. 不同诱虫带对苹果树干越冬害虫的诱集效果和应用技术［J］. 中国生物防治学报, 2018, 34 (4): 509 – 513］

Lv X, Han SC, Dai JQ, *et al.* Rearing quality of different geographic populations of *Anastatus japonicus* Ashmead［J］. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 31 (4): 340 – 347.［吕欣, 韩诗畴, 戴建青, 等. 不同地理种群荔蝽平腹小蜂的繁殖品质比较［J］. 环境昆虫学报, 2009, 31 (4): 340 – 347］

Mcintosh H, Lowenstein DM, Wiman NG, *et al.* Parasitism of frozen *Halyomorpha halys* eggs by *Trissolcus japonicus*: Applications for rearing and experimentation［J］. *Biocontrol Science and Technology*, 2019, 29: 478 – 493.

Medal J, Smith T, Cruz AS. Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the laboratory［J］. *Florida Entomologist*, 2013, 96 (3): 1209 – 1212.

Mertz TL, Jacobs SB, Craig TJ, *et al.* The brown marmorated stinkbug as a new aeroallergen［J］. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2012, 130 (4): 999 – 1001.

Morrison WR, Park CG, Seo BY, *et al.* Attraction of the invasive *Halyomorpha halys* in its native Asian range to traps baited with semiochemical stimuli［J］. *Journal of Pest Science*, 2017a, 90 (4): 1205 – 1217.

Morrison WR, Milonas P, Kapantaidaki DE, *et al.* Attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) haplotypes in North America and Europe to baited traps［J］. *Scientific Reports*, 2017b, 7 (1): 16941.

Morrison WR, William R, Nielsen AL, *et al.* Predation and parasitism by native and exotic natural enemies of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) eggs augmented with semiochemicals and differing host stimuli［J］. *Biological Control*, 2018, 121: 140 – 150.

Nielsen AL, Shearer PW, Hamilton GC. Toxicity of insecticides to *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) using glass – vial bioassays［J］. *Journal of Economic Entomology*, 2008a, 101 (4): 1439 – 1442.

Nielsen AL, Hamilton GC, Matadha D. Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae)［J］. *Environmental Entomology*, 2008b, 37 (2): 348 – 355.

Nielsen AL, Hamilton GC. 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.

Nielsen AL, Holmstrom K, Hamilton GC, *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.

Nielsen AL, Hamilton GC. Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit［J］. *Environmental Entomology*, 2016, 45 (2): 472 – 478.

Ogburn EC, Bessin R, Dieckhoff C, *et al.* Natural enemy impact on eggs of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), in organic agroecosystems: A regional assessment［J］. *Biological Control*, 2016, 101: 39 – 51.

Osakabe M, Honda K. Influence of trap and barrier crops on occurrence of and damage by stink bugs and lepidopterous pod borers in soybean fields［J］. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 2005, 46 (4): 233 – 241.

Pezzini DT, Nystrom SE, Koch RL. Predation and parasitism of

Halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae) eggs in Minnesota [J]. Environmental Entomology, 2018, 47 (4): 812 – 821.

Pote JM, Nielsen AL. Life stage specific predation of *Halyomorpha halys* (Stål) by generalist predators [J]. *Biological Control*, 2017, 114: 1 – 7.

Qiu LF, Che SC, Wang JH, *et al.* Advances in biological control research of *Tessaratoma papillosa*, *Nezara viridula* and *Halyomorpha haly* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2009, 28 (2): 23 – 26. [仇兰芬, 车少臣, 王建红, 等. 荔蝽、稻绿蝽和茶翅蝽生物防治研究概况 [J]. 中国森林病虫, 2009, 28 (2): 23 – 26]

Qiu LF, Yang ZQ. Population dynamics and interspecific competition between *Trissolcus halyomorphae* Yang and *Anastatus* sp. in parasitizing *Halyomorpha halys* (Stål) eggs [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26 (8): 221 – 225. [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]

Qiu LF. Natural enemy species of *Halyomorpha halys* and control effects of the parasitoids species in Beijing [J]. *Northern Horticulture*, 2010, 9: 181 – 183. [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]

Rice KB, Bergh CJ, Bergmann EJ, *et al.* Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. *Journal of Integrated Pest Management*, 2014, 5 (3): A1 – A13.

Rice KB, Bedoukian RH, Hamilton GC, *et al.* Enhanced response of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to its aggregation pheromone with ethyl decatrienoate [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2018, 111 (1): 495 – 499.

Solomon D, Dutcher D, Raymond T. Characterization of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) biogenic volatile organic compound emissions and their role in secondary organic aerosol formation [J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2013, 63 (11): 1264 – 1269.

Taylor CM, Coffey PL, DeLay BD, *et al.* The importance of gut symbionts in the development of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) [J]. *PLoS ONE*, 2014, 9 (3): e90312.

Tognon R, Aldrich JR, Buffington ML, *et al.* *Halyomorpha halys*, (Heteroptera: Pentatomidae) egg surface chemicals inhibit North American *Telenomus* and *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) parasitism [J]. *Biological Control*, 2017, 114: 39 – 44.

Valentin RE, Maslo B, Lockwood JL, *et al.* Real – time PCR assay to detect brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in environmental DNA [J]. *Pest Management Science*, 2016, 72 (10): 1854 – 1861.

Weber DC, Leskey TC, Guillermo CW, *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 – 1068.

Wiman NG, Walton VM, Shearer PW, *et al.* Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) [J]. *Journal of Pest Science*, 2015, 88 (1): 37 – 47.

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.

Zhang CT, Li DL, SuHF, *et al.* A study on the biological characteristics of *Halyomorpha halys* and *Erthesina fullo* [J]. *Forest Research*, 1993, 3: 271 – 275. [张翠疃, 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, 3: 271 – 275]

Zhang JM, Wang H, Zhao LX, *et al.* Damage to all organic apple orchard by the brown – marmorated stink bug *Halyomorpha halys* and its control strategy [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2007, 44 (6): 898 – 901. [张君明, 王合, 赵连祥, 等. 茶翅蝽在生态苹果园的危害和防治策略 [J]. 应用昆虫学报, 2007, 44 (6): 898 – 901]

Zhang JP, Zhang F, Zhong YZ, *et al.* Biocontrol and research status of *Halyomorpha halys* (Stål) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2015, 31 (2): 166 – 175. [张金平, 张峰, 钟永志, 等. 茶翅蝽及其生物防治研究进展 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31 (2): 166 – 175]

Zhao YF, Liu MG, Zhang AJ, *et al.* Repelling effect of isolongifolenone for brown marmorated stink bug [J]. *Journal of West China Forestry Science*, 2017, 46 (3): 13 – 17. [赵玉芬, 刘满光, 张爱军, 等. 异长叶烯酮对茶翅蝽的拒食效应 [J]. 西部林业科学, 2017, 46 (3): 13 – 17]