猕猴桃果园茶翅蝽化学防治经济阈值研究*

田鑫月[1,2**] 马康利[3] 白依娜[1,2] 李建军[4] 史树森[2] 张世泽[4] 张金平[1***]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所农业农村部-CABI 生物安全联合实验室，北京 100091；
2. 吉林农业大学植物保护学院，长春 130118；3. 西北农林科技大学农学院，杨凌 712199；
4. 西北农林科技大学植物保护学院，杨凌 712199）

摘 要 【**目的**】明确猕猴桃果园茶翅蝽 *Halyomorpha halys* 化学防治的经济阈值。【**方法**】采用田间网罩法，研究了不同虫口密度下猕猴桃果实的受害率，并根据室内药效试验及果园常规使用的化学农药计算出猕猴桃果园防治茶翅蝽的经济阈值。【**结果**】在不同密度（0、2、4、6、8、10）茶翅蝽成虫和若虫的为害下，猕猴桃果实受害率差异显著（若虫：$Wald\ \chi^2 = 173.433$, $P < 0.001$; 成虫：$Wald\ \chi^2 = 220.432$, $P < 0.001$）。猕猴桃生产中使用 2.5%氯氟氰菊酯和 3%呋虫胺防治茶翅蝽时，成虫经济损害允许水平分别为 1.22%和 1.83%，若虫经济损害允许水平分别为 1.22%和 1.62%。成虫经济阈值分别为 9.59 和 12.05 头/百果，若虫经济阈值分别为 9.11 和 10.59 头/百果。【**结论**】当每 100 个猕猴桃果实上，茶翅蝽成虫或若虫数量达到 9 头时，喷施 2.5%氯氟氰菊酯或 3%呋虫胺化学药剂进行防治，可实现猕猴桃果实生产最大的经济效益。

关键词 茶翅蝽；猕猴桃；经济损害允许水平；经济阈值

The economic threshold for the chemical control of *Halyomoorpha halys* in kiwifruit orchards

TIAN Xin-Yue[1,2**] MA Kang-Li[3] BAI Yi-Na[1,2] LI Jian-Jun[4]
SHI Shu-Sen[2] ZHANG Shi-Ze[4] ZHANG Jin-Ping[1***]

(1. MARA-CABI Joint Laboratory for Bio-safety, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100091, China; 2. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;
3. College of Agriculture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712199, China;
4. College of Plant Protection, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712199, China)

Abstract **[Aim]** To clarify the economic threshold for the chemical control of *Halyomorpha halys* in kiwifruit orchards. **[Methods]** Field caging experiments were conducted to investigate the rate of damage to kiwifruit at different population densities of *H. halys*, after which, the economic threshold for controlling *H. halys* in kiwifruit orchards was calculated based on laboratory pesticides bioassays and commonly used pesticides in orchards. **[Results]** Under different densities of adult and nymph *H. halys* (0, 2, 4, 6, 8, 10 per unit), the damage rate of kiwifruit fruits showed significant differences (nymphs: $Wald\ \chi^2 = 173.433$, $P < 0.001$; adults: $Wald\ \chi^2 = 220.432$, $P < 0.001$). The economic injury levels for adult *H. halys* treated with 2.5% dinotefuran and 3% cyfluthrin were 1.22% and 1.83%, respectively, and the corresponding values for nymphs were 1.22% and 1.62%, respectively. The corresponding economic thresholds were 9.59 and 12.05 adults, and 9.11 and 10.59 nymphs, per 100 fruits. **[Conclusion]** Maximum economic benefit can be achieved by applying pesticides such as 2.5% dinotefuran or 3% cyfluthrin when the number of adult or nymph *H. halys* reaches 9 individuals per 100 kiwifruit fruits.

Key words *Halyomorpha halys*; *Actinidia chinensis*; economic infestation level; economic threshold

---

*资助项目 Supported project：中国捐赠 CABI 发展基金（VM10051）
**第一作者 First author，E-mail：1486833137@qq.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：j.zhang@cabi.org
收稿日期 Received：2024-11-20；接受日期 Accepted：2025-05-25

茶翅蝽 *Halyomorpha halys* 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、蝽总科 Pentatomoidea、蝽科 Pentatomidae、蝽亚科 Pentatominae、茶翅蝽属 *Halyomorpha*（张金平等，2015）。茶翅蝽原产于中国、韩国和日本（Hoebeke and Carter, 2003; Lee *et al.*, 2013），在我国各省（直辖市、自治区）均有分布。自 20 世纪 90 年代中期以来，茶翅蝽首先入侵到北美（Hoebeke and Carter, 2003），随后相继传入欧洲（Wermelinger *et al.*, 2008）和南美洲（Faúndez and Rider, 2017），并有继续扩散成为世界性害虫的趋势。茶翅蝽为多食性昆虫，寄主范围广泛，以成虫和若虫刺吸为害植物叶片、嫩枝或果实，为害水果、蔬菜和大田作物等 300 余种重要的经济植物（Rice *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2017; 徐元，2022）。茶翅蝽成虫通常成对在同一果实上为害，而若虫则聚集为害（Pajač Beus *et al.*, 2024），其刺吸式口器可对寄主植物直接造成伤害（Zhang *et al.*, 2017），亦可通过传播病毒对寄主植物间接造成伤害（Scaccini *et al.*, 2024）。受害的寄主轻则会出现部分凹陷斑，重则导致寄主被刺吸部位出现畸形、木栓化或坏死（陈菊红等, 2022），严重影响植物的生长发育、产量与品质，造成不可弥补的经济损失。

猕猴桃 *Actinidia chinensis* 为猕猴桃科 Actinidiaceae、猕猴桃属 *Actinidia* 雌雄异株大型落叶木质藤本植物（Lu *et al.*, 2023），是我国目前重要的水果经济植物。猕猴桃果实富含维生素 C、氨基酸和类胡萝卜素等营养物质，作为目前市场上的主流水果广受消费者喜爱，且作为一味中药药材，具有解热、止渴、健胃、通淋之功效（齐秀娟等, 2020; Satpal *et al.*, 2021）。目前，椿象是猕猴桃生产上最重要的害虫之一，主要刺吸植物的花、芽、叶、枝和果实，尤其以为害果实造成的损失最大（张毅等，2018）。据报道，蝽类发生为害严重时，果实受害率可达 60%-70%，常年平均受害率为 20%-30%（金平涛等，2014）。茶翅蝽是猕猴桃的主要刺吸类害虫，猕猴桃受茶翅蝽为害后，货架期缩短，受害部位果肉腐烂，导致无法食用，造成严重经济损失（陈菊红等，2022）。

经济阈值（Economic threshold, ET）是有效进行害虫化学防治的基本依据（戈峰等，2020），是对害虫进行综合防治理论研究的重要内容和基础（赫思聪等，2024），也是有效保护农业生态环境的综合指标之一（Liang and Tang, 2010）。史树森等（2017）研究结果表明，当使用 10%吡虫啉对大豆田斑鞘豆叶甲 *Colposcelis signata* 成虫进行防治时，其经济阈值为 148.04 头/百株，当使用 0.5%苦参碱对大豆田斑鞘豆叶甲成虫进行防治，其经济阈值为 146.09 头/百株。陈培育等（2022）对南阳地区夏玉米苗期、喇叭口期和吐丝期 3 个时期的草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 经济阈值进行了研究，当三个时期经济阈值为 222-399、151-317 和 81-262 头/百株时，对南阳地区夏玉米草地贪夜蛾的精准防控具有重要意义。然而，关于茶翅蝽损害允许水平分析及经济阈值的确定尚无研究。因此，本文采用纱网罩住猕猴桃枝条及果实，并接入不同密度茶翅蝽的方法，研究了茶翅蝽虫口密度与猕猴桃受害率的关系，并结合室内药效试验进而探究了其经济危害允许水平和经济阈值，以期为猕猴桃果园茶翅蝽的精准防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源 在陕西省宝鸡市眉县横渠镇西寨村农户常规化防园（34°08′N, 107°59′E）的果树上采集茶翅蝽成虫，将所采集的成虫（F_0）带回养虫室置于饲养笼（60 cm×60 cm×60 cm）中，以新鲜菜豆 *Phaseolus vulgaris* 和玉米 *Zea mays* 为食物续代繁殖，其子代（F_1）为试验种群, 5-15 日龄茶翅蝽成虫和茶翅蝽 5 龄若虫为供试虫源（詹海霞等，2020）。饲养温度（25±1）℃，湿度 65%±5%，光周期 16 L∶8 D。

1.1.2 实验果园 本试验在陕西省宝鸡市眉县横渠镇西寨村农户常规化防海沃德果园（34°08′N, 107°59′E）中进行调查，果园采用传统管理模式，定期喷施化学药剂进行病虫害的防治管理。猕猴桃进入幼果膨大期（6-8 月），防治刺吸式口器害虫，喷施 2.5%氯氟氰菊酯水乳剂和 3%呋虫胺颗粒剂；猕猴桃果实成熟期（9-11 月）重点防治溃

疡病, 可使用 20%噻菌铜悬浮剂 400 倍液或 77%氢氧化铜可湿性粉剂 300 倍液。

1.2　方法

1.2.1　不同密度茶翅蝽对猕猴桃的为害　壮果期（7 月）在海沃德果园中随机挑选带有 5 个果实的枝条进行罩网（100 cm×80 cm, 120 目）直至采果期（10 月）（Chen *et al*., 2020）。将饥饿 8 h 的 2、4、6、8 和 10 头 5-15 日龄茶翅蝽成虫（♀：♂ = 1：1）或 5 龄若虫分别接入网罩中 48 h，空白对照为不接虫, 48 h 后移除试虫, 网罩仍罩在树枝上直至收获，每个处理 10 次重复。在收获时，将果实带回实验室检查受害情况，记录果实受害与否，并比较猕猴桃果实在不同密度害虫为害下的受害率(受害果实的数量/受害与未受害果实总数量×100%)。

1.2.2　经济阈值估计　本研究聚焦茶翅蝽对猕猴桃果实直接为害的经济阈值测算，主要基于以下考量：(1) 果实因虫害导致外观、口感以及商品价值会受到显著影响，进而导致经济损失；(2) 果实发育期是茶翅蝽种群暴发与防治决策的关键窗口期。叶片及嫩梢受害可能通过削弱树势间接影响产量，但其经济损失具有滞后性与累积性，需通过长期定位观测方能建立动态模型，故未纳入本次阶段性研究范畴。

经济损害允许水平（Economic infestation level, *EIL*）主要受猕猴桃的产量、价格、防治效果和防治费用等因素的影响。根据汪西北等（1994）确定经济损害允许水平的方法进行计算，确定经济损害允许水平（*EIL*）值。

$$EIL = \frac{C \times F}{P \times E \times Y} \times 100\%。$$

EIL 为经济损害允许水平，*C* 为防治费用，*F* 为收益因子，*P* 为猕猴桃价格，*E* 为防治效果，*Y* 为猕猴桃产量。

1.2.3　猕猴桃生产栽培成本及产品价值核算　茶翅蝽防治一般采用田间药剂防治，防治人工费约为 450 元/ hm^2。本试验常规化防果园‘海沃德’猕猴桃产量为 41 583.73 kg/hm^2，2022 年‘海沃德’猕猴桃市场收购价格 2.8 元/kg。

1.2.4　茶翅蝽化学防治效果及成本核算　根据实验室前期室内药效试验(Luo *et al*., 2025)，目前猕猴桃园防治茶翅蝽化学常用药剂、用药成本和防治效果如表 1 所示。

1.2.5　经济阈值测定　根据猕猴桃的产量（农户果园产量）、价格（当地猕猴桃市场价格）、防治效果和防治费用（药剂费用 + 施药人工费）等确定经济损害允许水平后，依据茶翅蝽成虫和若虫不同接虫密度与猕猴桃受害率之间的函数回

表 1　两种药剂对茶翅蝽的防治效果及用药成本

Table 1　The control effect and medicinal cost of two kinds of drugs on *Halyomorpha halys*

虫态 Insect stage	防治药剂 Control agent	生产厂家 Manufacturer	药剂用成本（元/hm^2） Medicinal cost (yuan/hm^2)	防治效果（%） Control efficacy (%)
成虫 Adult	2.5%氯氟氰菊酯水乳剂 2.5% Cyfluthrin emulsion in water	河北利时捷生物科技有限公司 Hebei Lishijie Biotechnology Co., Ltd.	261.69	100.00
	3%呋虫胺颗粒剂 3% Dinotefuran granule	住商农资（广州）有限公司 Sumitomo Corporation Agricultural Resources (Guangzhou) Co., Ltd.	498.64	88.88
若虫 Nymph	2.5%氯氟氰菊酯水乳剂 2.5% Cyfluthrin emulsion in water	河北利时捷生物科技有限公司 Hebei Lishijie Biotechnology Co., Ltd.	261.69	100.00
	3%呋虫胺颗粒剂 3% Dinotefuran granule	住商农资（广州）有限公司 Sumitomo Corporation Agricultural Resources (Guangzhou) Co., Ltd.	498.64	100.00

归模型，确定茶翅蝽的经济阈值。

1.3 数据分析

所有数据利用 Excel 2021 进行整理，并利用 SPSS 27.0 比较茶翅蝽成虫和若虫不同密度下猕猴桃的受害率差异，采用广义线性模型中的二项式逻辑斯蒂分析猕猴桃果实的受害率，对不同密度成虫和若虫与猕猴桃受害率进行回归分析，筛选出最佳的拟合模型。所有图表均由 Origin 2018 绘制。

2 结果与分析

2.1 不同密度茶翅蝽成虫、若虫对猕猴桃果实受害率的影响

不同密度茶翅蝽成虫、若虫对猕猴桃果实受害率差异显著（若虫：*Wald* χ^2 = 173.433, P < 0.001; 成虫：*Wald* χ^2 = 220.432, P < 0.001）。茶翅蝽若虫数量为 10 头时，猕猴桃的受害率达到 100%，茶翅蝽若虫数量为 2、4、6 和 8 头时，果实的受害率分别为 90.00%、90.57%、96.00% 和 92.00%；茶翅蝽成虫数量为 6、8 和 10 头时，果实的受害率均为 100%，茶翅蝽成虫数量为 2 和 4 头时，果实的受害率为 82.35%和 98.33%，均显著高于未接虫处理（图 1）。

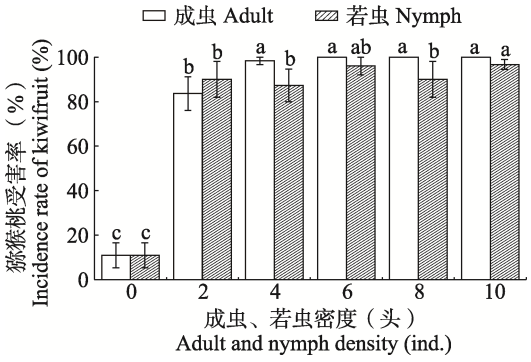

图 1 不同密度茶翅蝽成虫、若虫为害对猕猴桃果实受害率的影响

Fig. 1 The effect of different density of adult and nymph *Halyomorpha halys* on damage incidence rate of kiwifruit

图中数据为平均值±标准误，柱上不同小写字母表示差异显著（P<0.05，Tukey 检验）。

Data in the figure are mean±SE. Different lowercase letters above bars indicate significant difference (P<0.05, Tukey test).

2.2 不同密度茶翅蝽成虫、若虫对猕猴桃受害率的回归分析

根据茶翅蝽成虫和若虫不同接虫密度与猕猴桃受害率之间的函数回归模型（表 2），模型的拟合效果（R^2）最好的为三次函数，成虫三次函数关系式 y=0.126+0.465x - 0.075x^2+0.004x^3（R^2=0.989, F=59.805, P=0.016），若虫三次函数关系式 y=0.139+0.48x - 0.085x^2+0.005x^3（R^2=0.961, F=16.540, P=0.040）。

2.3 茶翅蝽化学防治经济阈值的确定

经济阈值受猕猴桃价格、猕猴桃产量、防治费用和防治效果影响。已知猕猴桃产量为 41 583.73 kg/hm^2，2022 年猕猴桃海沃德市场价格 2.8 元/kg，药剂的防治费用分别为 711.69 和 948.64 元/hm^2，根据猕猴桃经济损害允许水平，结合拟合的茶翅蝽不同为害密度与猕猴桃受害率的函数模型（成虫：y=0.126+0.465x - 0.075x^2+0.004x^3；若虫：y= 0.139+0.48x - 0.085x^2+0.005x^3）计算猕猴桃田间茶翅蝽的经济阈值。

由表 3 可知，壮果期(7-8 月)和采果期(9-10 月)主要是成虫和若虫混合为害，2.5%氯氟氰菊酯、3%呋虫胺防治茶翅蝽成虫的经济阈值分别为 9.59 和 12.05 头/百果，2.5%氯氟氰菊酯、3%呋虫胺防治茶翅蝽若虫的经济阈值分别 9.11 和 10.59 头/百果。

3 结论与讨论

开展害虫经济阈值研究是科学、精准防控害虫的前提（门兴元等，2020）。在经济阈值指导下防控害虫，可有效避免用药不及时和农药过量使用问题，减少不必要的成本支出，显著提升害虫防治水平和经济效益（耿欢欢等，2012）。本研究通过系统分析不同密度茶翅蝽为害与猕猴桃果实受害率的关系，结合猕猴桃的产量、价格、防治效果和防治费用，首次建立了陕西猕猴桃主产区茶翅蝽的经济阈值体系，为猕猴桃生产实践中的精准防控决策与科学施药提供了重要理论依据。

表 2　不同密度茶翅蝽成虫、若虫与猕猴桃受害率的回归模型

Table 2　Regression models of adult and nymph *Halyomorpha halys* density in relation to kiwifruit damage rate

虫态 Insect stage	拟合方式 Fit method	回归模型 Regression model	R^2	F	显著性 Significance
成虫 Adult	三次函数 Cubic function	$y = 0.126+0.465x - 0.075x^2+0.004x^3$	0.989	59.805	0.016
若虫 Nymph	三次函数 Cubic function	$y = 0.139+0.480x - 0.085x^2+0.005x^3$	0.961	16.540	0.040

表 3　茶翅蝽的经济损害允许水平及经济阈值

Table 3　Economic damage level and economic threshold of *Halyomorpha halys*

猕猴桃生育期 Kiwifruit growth period	虫态 Insect stage	防治药剂 Control agent	防治费用（元/hm^2）Control cost (yuan/hm^2)	经济损害允许水平（%）Economic infestation level (%)	经济阈值（头/百果）Economic threshold (ind./hundred fruits)
壮果期 Fruiting stage	成虫 Adult	2.5%氯氟氰菊酯水乳剂 2.5% Cyfluthrin emulsion in water	711.69	1.22	9.59
		3%呋虫胺颗粒剂 3% Dinotefuran granule	948.64	1.83	12.05
	若虫 Nymph	2.5%氯氟氰菊酯水乳剂 2.5% Cyfluthrin emulsion in water	711.69	1.22	9.11
		3%呋虫胺颗粒剂 3% Dinotefuran granule	948.64	1.62	10.59
采果期 Harvest stage	成虫 Adult	2.5%氯氟氰菊酯水乳剂 2.5% Cyfluthrin emulsion in water	711.69	1.22	9.59
		3%呋虫胺颗粒剂 3% Dinotefuran granule	948.64	1.83	12.05
	若虫 Nymph	2.5%氯氟氰菊酯水乳剂 2.5% Cyfluthrin emulsion in water	711.69	1.22	9.11
		3%呋虫胺颗粒剂 3% Dinotefuran granule	948.64	1.62	10.59

作为害虫综合治理（Integrated pest management, IPM）的核心基础，经济阈值与经济损害允许水平的量化研究（Leslie *et al*., 2009）在防控中尤为重要，茶翅蝽其隐蔽性为害特征要求防治决策基于精准的经济阈值模型，以实现早期干预与药剂施用的科学性。Zhang 等（2025）的研究表明，茶翅蝽是危害猕猴桃果实的主要优势种类，在果实壮果期至收获期需要重点防控。研究发现在陕西眉县地区，猕猴桃壮果期（7-8 月）恰逢茶翅蝽成虫盛发期。虽然单头成虫危害较小，但其具有聚集取食的习性（Pajač Beus *et al*., 2024），当种群密度达到一定水平时，会显著降低猕猴桃产量和品质。特别值得注意的是，茶翅蝽造成的为害特征具有隐蔽性，果实表面往往难以察觉，只有在削皮后才能发现内部形成的白色海绵状斑或绿色水渍状圆点。这种为害特征不仅直接影响果实商品价值，其造成的伤口还可能成为病原菌侵染的通道，增加采后贮藏期间的腐烂风险，进而造成更大的经济损失。

本研究首次采用三次函数模型对茶翅蝽成虫和若虫不同接虫密度与猕猴桃受害率的关系进行了精确拟合。模型结果显示，成虫与受害率的关系为 y=0.126+0.465x - 0.075x^2+0.004x^3（R^2=0.989），若虫为 y=0.139+0.48x - 0.085x^2+0.005x^3

（R^2=0.961）。根据韩顺财等（2023）的研究，复相关系数 R^2 值越接近 1，说明模型拟合效果越好。本研究的模型具有较高的拟合优度，为经济阈值的准确计算奠定了坚实基础。

经济阈值研究对害虫预测预报、科学用药、保护天敌及维护环境安全都具有重要意义（杜娟等, 2013）。赫思聪等（2024）研究得出，越冬代二化螟 *Chilo suppressalis* 的生物防治指标为累积卵量 111 块/667 m^2。为了便于监测，依据吉林省二化螟越冬代性比和产卵量的调查结果进行换算，得到了越冬代二化螟蛾量的生物防治指标，即灯诱累积 20.2 头或性诱累积 8.3 头，这一指标对二化螟的早期防治具有重要的指导作用。本研究确定的茶翅蝽经济阈值（成虫 9.59-12.05 头/百果，若虫 9.11-10.59 头/百果）与 Short 等（2017）利用信息素诱捕器建立的防治阈值（1-10 头/诱捕器）具有良好的一致性，说明不同监测方法得出的防控指标可以相互验证。在实际应用中，建议当每 100 个猕猴桃果实上茶翅蝽成虫或若虫数量达到 9 头时，及时选用 2.5%氯氟氰菊酯（防治成本 711.69 元/hm^2）或 3%呋虫胺（防治成本 948.64 元/hm^2）进行防控。这两种药剂各具优势：氯氟氰菊酯成本较低且速效性好，呋虫胺则对若虫防效更稳定。考虑到抗药性风险，建议在生产中交替使用不同作用机理的药剂（Luo *et al.*, 2025）。

本研究仍存在一定局限性，主要体现在两个方面：首先，未量化叶片受害对树体光合作用的长期影响。Lee 等（2012）已有研究表明，茶翅蝽若虫对叶片的持续危害可导致叶面积指数下降，可能通过减少同化物积累间接影响翌年产量；其次，嫩梢受害引发的枝条枯梢虽不直接影响当季果实，但会增加修剪等管理成本。未来研究需要构建包含不同器官危害权重、跨生长季影响的综合经济生态模型，以建立更精准的动态防控阈值体系。此外，不同地区的气候条件、栽培模式和害虫发生规律存在差异，建议后续研究在更广泛区域开展验证试验。同时，应加强茶翅蝽监测预警技术的研发，如基于图像识别的智能监测系统或信息素诱捕技术的优化，为实现更精准的防控提供技术支持。

综上所述，本研究建立的茶翅蝽经济阈值体系为陕西猕猴桃产区提供了科学的防治依据。在实际应用中，建议结合农业防治（如清园、修剪）和生物防治（如释放天敌）等综合措施，构建以经济阈值指导为核心的 IPM 体系，实现猕猴桃产业的可持续发展。未来研究应着重解决现有模型的局限性，开发更精准的监测预警技术，为茶翅蝽的绿色防控提供更完善的技术支撑。

参考文献 (References)

Chen PY, Niu YT, Ju L, Zhou XJ, Feng HQ, 2022. Economic threshold of summer maize affected by *Spodoptera frugiperda* in Nanyang area. *China Plant Protection*, 42(11): 46–50. [陈培育, 牛银亭, 鞠乐, 周晓静, 封洪强, 2022. 草地贪夜蛾为害南阳地区夏玉米的经济阈值. 中国植保导刊, 42(11): 46–50.]

Chen JH, Avila GA, Zhang F, Guo LF, Sandanayaka M, Mi QQ, Shi SS, Zhang JP, 2020. Field cage assessment of feeding damage by *Halyomorpha halys* on kiwifruit orchards in China. *Journal of Pest Science*, 9(3): 953–963.

Chen JH, Li WJ, Li JJ, Yao CC, Ma G, Shi SS, Zhang F, Zhang JP, 2022. Identifying damage inflicted by *Halyomorpha halys* on kiwifruit crops. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(3): 652–661. [陈菊红, 李文敬, 李建军, 姚春潮, 马罡, 史树森, 张峰, 张金平, 2022. 茶翅蝽对猕猴桃果实的为害研究. 应用昆虫学报, 59(3): 652–661.]

Du J, Liu YF, Tan SQ, Wu JX, 2013. Control index based on number of adults of *Grapholita molesta* captured by sex pheromone traps. *Journal of Plant Protection*, 40(2): 140–144. [杜娟, 刘彦飞, 谭树乾, 仵均祥, 2013. 基于性诱剂监测的梨小食心虫防治指标. 植物保护学报, 40(2): 140–144.]

Faúndez EI, Rider DA, 2017. The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile. *Arquivos Entomolóxicos*, 17: 305–307.

Geng HH, Li HX, Yu HC, Zhang Q, 2012. Relationship between population density and yield loss of japonica rice and economic threshold of rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) in Heilongjiang Province. *Journal of Northeast Agricultural University*, 43(1): 43–47. [耿欢欢, 李红霞, 于洪春, 张奇, 2012, 黑龙江省二化螟虫口密度与粳稻产量损失关系及经济阈值的研究. 东北农业大学学报, 43(1): 43–47.]

Ge F, 2020. The ecological regulation and management of pests. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(1): 10–19. [戈峰. 论害虫生态调控策略与技术. 应用昆虫学报, 57(1): 10–19.]

Hoebeke ER, Carter ME, 2003. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1): 225–237.

Han SC, Chen T, Gu G, Jiang JT, Lin ZH, Peng LF, 2023. Effect and economic threshold of microwave in *Ephestia elutella* (Hübner) Control. *Chinese Tobacco Science*, 44(1): 57–62. [韩顺财, 陈涛, 顾钢, 蒋敬涛, 林智慧, 彭凌飞, 2023. 微波防治烟草粉螟效果及经济阈值研究. 中国烟草科学, 44(1): 57–62.]

He SC, Zhou SX, Li LJ, Gao YB, Mao G, Liu J, Sun KN, Li GX, Lu X, 2024. Loss of rice crops caused by the stemborer, *Chilo suppressalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 61(1): 157–161. [赫思聪, 周淑香, 李丽娟, 高月波, 毛刚, 刘剑, 孙康娜, 李光雪, 鲁新, 2024. 二化螟危害水稻产量损失研究. 应用昆虫学报, 61(1): 157–161.]

Jin PT, Han YX, Feng H, Yang YC, Wang YH, 2014. Progress and suggestions on green prevention and control of diseases and insect pests in kiwifruit. *China Plant Protection*, 34(10): 82–85. [金平涛, 韩养贤, 冯华, 杨宇超, 王亚红, 2014. 周至县猕猴桃病虫害绿色防控工作进展及建议. 中国植保导刊, 34(10): 82–85.]

Leslie GW, 2009. Estimating the economic injury level and the economic threshold for the use of a-cypermethrin against the sugarcane borer, *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *International Journal of Pest Management*, 55(1): 37–44.

Liang JH, Tang SY, 2010. Optimal dosage and economic threshold of multiple pesticide applications for pest control. *Mathematical and Computer Modeling*, 51(5/6): 487–503.

Lee DH, Wright SE, Leskey TC, Hamilton GC, Nielsen AL, Polk DF, Rodriguez-Saona C, Bergh J C, Herbert DA, Kuhar TP, Pfeiffer D, Dively GP, Hooks CRR, Raupp MJ, Shrewsbury PM, Krawczyk G, Shearer PW, Whalen J, Koplinka-Loehr C, Myers E, Inkley D, Hoelmer KA, 2012. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5): 218–226.

Lee DH, Short BD, Joseph SV, Bergh JC, Leskey TC, 2013. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4): 627–641.

Lu XM, Wang YC, Liu C, Liao L, Liu YB, Zhang JW, Zhong CH, Li ZZ, 2023. Full-scale genetic pattern and environmental association of *Actinidia chinensis* populations across ten mountain systems in China, and its significance for conservation. *Tree Genetics and Genomes*, 19(6): 52.

Luo ZY, Gao LP, Li WJ, Chen JH, Ali MY, Zhang F, Li FQ, Wang XP, Zhang JP, 2025. Assessing the lethal effects of pesticide residue exposure on beneficial parasitoids and their host, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 118(1): 242–252.

Men XY, Li LL, Ou YF, Zhang QQ, Lu ZB, Li C, Ge F, 2020. Ecological and economic threshold (EET) and its estimation method. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(1): 214–217. [门兴元, 李丽莉, 欧阳芳, 张晴晴, 卢增斌, 李超, 戈峰, 2020. 害虫防治的生态经济阈值及其估算方法. 应用昆虫学报, 57(1): 214–217.]

Pajač Beus M, Lemić D, Skendžić S, Čirjak D, Pajač Živković I, 2024. The brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae): A major challenge for global plant production. *Agriculture*, 14(8): 1322.

Qi XJ, Guo DD, Wang R, Zhong YP, Fang JB, 2020. Development status and suggestions on Chinese kiwifruit industry. *Journal of Fruit Science*, 37(5): 754–763. [齐秀娟, 郭丹丹, 王然, 钟云鹏, 方金豹, 2020. 我国猕猴桃产业发展现状及对策建议. 果树学报, 37(5): 754–763.]

Rice KB, Bergh CJ, Bergmann EJ, Biddinger DJ, Dieckhoff C, Dively G, Fraser H, Gariepy T, Hamilton G, Haye T, Herbert A, Hoelmer K, Hooks CR, Jones A, Krawczyk G, Kuhar T, Martinson H, Mitchell W, Nielsen AL, Pfeiffer DG, Raupp MJ, Rodriguez SC, Shearer P, Shrewsbury P, Venugopal PD, Whalen J, Wiman NG, Leskey TC, Tooker JF, 2014. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5 (3): A1–A13.

Short BD, Khrimian A, Leeskey TC, 2017. Pheromone-based decision support tools for management of *Halyomorpha halys* in apple orchards: Development of a trap-based treatment threshold. *Journal of Pest Science*, 90(4): 1191–1204.

Shi SS, Wang XQ, Tian J, Cui J, Zhu SY, 2017. Occurrence regularity and economic threshold of *Monolepta hieroglyphica* adults in soybean fields. *Journal of Oil Crops Science*, 39(2): 239–244. [史树森, 王小奇, 田径, 崔娟, 朱诗禹, 2017. 大豆田双斑萤叶甲成虫发生动态及其经济阈值. 中国油料作物学报, 39(2): 239–244.]

Satpal D, Kaur J, Bhadariya V, Sharma K, 2021. *Actinidia deliciosa* (Kiwi fruit): A comprehensive review on the nutritional composition, health benefits, traditional utilization, and commercialization. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6): e15588.

Scaccini D, Fornasiero D, Tirello P, Vincenzi S, Cecchetto M, Allgjata I, Duso C, Pozzebon A, 2024. Seasonal dynamics and damage of *Halyomorpha halys* in Italian vineyards. *Insects*, 15(6): 378.

Wang XB, Fang YH, Zheng XP, Lin ZZ, Zhang LR, 1994. Study on aphid damage loss and economic threshold of soybean seedling.

Plant Protection, 20(4): 12–13. [汪西北, 方屹豪, 郑校平, 林致中, 章礼熔,1994. 大豆苗期蚜虫为害损失与经济阈值研究. 植物保护, 20(4): 12–13.]

Wermelinger B, Wyniger D, Forster B, 2008. First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen Der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 81: 1–8.

Xu Y, Pan HS, Xiu CL, Yang YZ, Lu YH, 2022. Preference of *Halyomorpha halys* adults to different plant species. *Plant Protection*, 48(3): 263–269, 277. [徐元, 潘洪生, 修春丽, 杨益众, 陆宴辉, 2022. 茶翅蝽成虫对不同植物种类的选择偏好性. 植物保护, 48(3): 263–269, 277.]

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

Zhang JP, Zhang F, Gariepy T, Mason P, Gillespie D, Talamas Elijah, Haye T, 2017. Seasonal parasitism and host specificity of *Trissolcus japonicus* in northern China. *Journal of Pest Science*, 90(4): 1127–1141.

Zhang Y, 2018. Study on occurrence regularity of sloe bug in kiwi fruit. *Shanxi Journal of Agricultural Sciences*, 64(10): 27–28. [张毅, 2018. 蝽象在猕猴桃上的发生规律研究, 陕西农业科学, 64(10): 27–28.]

Zhan HX, Chen JH, Mi QQ, Li WJ, Zhang F, Zhang JP, 2020. Development, fecundity and nymph morphology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(2): 392–399. [詹海霞, 陈菊红, 米倩倩, 李文敬, 张峰, 张金平, 2020. 茶翅蝽生长发育、繁殖及若虫各龄期形态特征研究. 应用昆虫学报, 57(2): 392–399.]

Zhang JP, Chen JH, Liu ZD, Li WJ, Alavi M, Tian XY, Shi SS, Zhang F, Avila GA, 2025. Seasonal occurrence of brown marmorated stink bug and its impact in organic and conventional kiwifruit orchards in north-western China. *Pest Management Science*, https://doi.org/10.1002/ps.8812.