

梨小食心虫性信息素在四种载体中 释放速率及田间迷向率研究*

相会明** 刁红亮 李先伟 赵志国 马瑞燕***

(山西农业大学植物保护学院, 太谷 030800)

摘 要 【目的】研究4种常用缓释载体对梨小食心虫 *Grapholitha molesta* 性信息素的释放速率及田间迷向效果, 为制作梨小食心虫迷向剂筛选合适的缓释材料。【方法】采用气相色谱法测定野外条件下梨小食心虫性信息素在PE管、PE瓶、PE袋和PVC管4种载体中的释放速率, 并通过田间试验研究4种缓释载体处理下桃园梨小食心虫的迷向率和持效期。【结果】在测试期内, PE管和PE瓶中梨小食心虫性信息素释放速率范围分别为0.32-1.62 mg/d和0.59-2.73 mg/d, 两种载体持效期均达到5个月; PVC管的释放速率在0.71-6.86 mg/d之间, 田间持效期3个月; PE袋释放速率1.14-19.27 mg/d, 持效期仅1个月。4种缓释载体中梨小食心虫性信息素释放过程均符合一级动力学方程, 4种载体的半衰期由高到低顺序为: PE管>PE瓶>PVC管>PE袋。在持效期内, 4种缓释材料的迷向效果均达到90%以上。【结论】野外条件下PE管和PE瓶中梨小食心虫性信息素释放速率较稳定, 持效期长, 迷向率高, 适合作为制作梨小食心虫的迷向剂的缓释材料。

关键词 梨小食心虫; 迷向; 释放速率; 缓释载体; 持效期

Comparison of the pheromone release rate and degree of mating disruption achieved using four different types of pheromone dispenser to control the oriental fruit moth

XIANG Hui-Ming** DIAO Hong-Liang LI Xian-Wei ZHAO Zhi-Guo MA Rui-Yan***

(Shanxi Agricultural University, College of Plant Protection, Taigu 030800, China)

Abstract 【Objectives】To determine which of four commonly used pheromone dispensers has the best pheromone release rate and causes the most mating disruption to *Grapholitha molesta*. 【Methods】The release rates of *G. molesta* sex pheromones from PE tubes, PE bottles, PE bags and PVC tubes were measured under field conditions with gas chromatography. Field trials were carried out to determine the efficacy and longevity of control achieved by each of the four types of dispenser. 【Results】The release rate of *G. molesta* sex pheromone from PE tubes and PE bottles ranged from 0.32 mg/d to 1.62 mg/d and 0.59 mg/d to 2.73 mg/d, respectively, and the effective duration of pheromone release from these dispenser types was up to 5 months. The release rate from PVC tubes was between 0.71 mg/d and 6.86 mg/d within a validity period of three months. Pheromone in PE bags lasted only one month, and its release rate ranged from 1.14 mg/d to 19.27 mg/d. The release of *G. molesta* sex pheromone from the four dispensers was consistent with the first-order kinetic equation and the half-life of pheromone in the four dispensers can be ranked, from high to low, as follows: PE tube > PE bottle > PVC tube > PE bag. All four types of dispenser achieved > 90% mating disruption. 【Conclusion】PE tubes and PE bottles are the best dispensers of *G. molesta* pheromone because of their relatively stable release rate and long duration of pheromone release under field conditions.

Key words *Grapholitha molesta*; mating disruption; release rate; dispensers; duration

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2019YFD1002102); 山西省应用基础研究计划 (201901D111229); 国家现代农业产业技术体系 (CARS-28-19)

**第一作者 First author, E-mail: xianghuiming82@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: maruiyan2019@163.com

收稿日期 Received: 2021-12-14; 接受日期 Accepted: 2022-01-24

梨小食心虫 *Grapholitha molesta*, 简称“梨小”, 属鳞翅目卷叶蛾科, 是一种重要的世界性蛀果害虫, 主要以幼虫为害桃、梨、苹果、杏和李等蔷薇科水果果实及嫩梢 (Rothschild and Vickers, 1991; Chang *et al.*, 2003)。该虫一年发生多代, 世代重叠严重, 且具有钻蛀性强及寄主转移等特点, 防治困难 (相会明等, 2020; 杨雪琳等, 2020)。近年来, 随着我国种植结构调整, 果树种植面积逐渐扩大, 造成梨小食心虫为害程度和范围逐年增加, 部分果园蛀果率高达 70% 以上, 严重影响果品质量, 造成巨大经济损失 (高越等, 2017)。长期以来梨小食心虫的防治主要依赖化学农药, 导致梨小食心虫抗药性增强、果品农药残留以及环境污染等问题 (冉红凡等, 2016)。

被称为第三代绿色农药的昆虫性信息素具有专一性强、对天敌无害、不污染环境、无残留及使用方便等优点, 其在害虫的绿色防控中发挥重要作用 (马涛等, 2018), 性信息素在梨小食心虫的虫情监测、大量诱捕及迷向防治中展开广泛应用。迷向防治指利用昆虫信息素缓释装置, 将高浓度信息素释放至空气中, 使空气中弥漫性信息素的气味, 导致雄虫对雌虫失去定向飞行的能力, 降低雌雄交配几率, 从而使下一代虫口密度降低, 达到防治效果 (郑丽霞等, 2018)。尽管目前在国内采用迷向法防治梨小食心虫的研究较多, 但在我国果业生产中并未大规模应用, 主要由于国产梨小迷向剂的载体单一且稳定性差, 高效缓释载体依赖进口 (马涛等, 2018)。未来我国推动规模化迷向防治梨小食心虫的关键在于开发释放稳定且加工简便的梨小迷向缓释剂载体。

用于迷向防治的昆虫信息素缓释载体主要是固体型载体和液体喷雾型。微胶囊和石蜡载体制成的可降解微乳液喷雾制剂在生产上应用较少 (De Vlieger, 2008), 固体型载体中的聚乙烯 (PE) 和聚氯乙烯 (PVC) 在生产中应用广泛 (Bruce *et al.*, 2011; Jordan *et al.*, 2013)。目前国内多采用 PVC 壁材的梨小迷向丝防治梨小食心虫, 一季生产需要人工操作更换 2-3 次, 工作

量和经济成本较高 (刘中芳等, 2016; 马涛等, 2018)。近年来国内外学者对梨小食心虫性信息素微胶囊技术不断升级改进, 其持效期最高达 80 d, 但由于其释放速率易受温度、湿度及紫外辐射的影响, 进而影响该技术的使用及推广 (马涛等, 2022)。SPLA-OFM 蜡滴技术虽然迷向效果理想, 但存在持效期过短等问题 (王付平等, 2019)。因此, 具有较长持效期且造价低廉的梨小迷向缓释载体亟待开发。本研究选用 4 种缓释材料作为梨小性信息素迷向剂载体, 分别为聚乙烯管 (PE 管)、聚乙烯瓶 (PE 瓶)、聚乙烯袋 (PE 袋) 和聚氯乙烯管 (PVC 管)。本研究使用余量法比较室外条件下不同载体中梨小性信息素的释放动态, 采用一级动力学方程对载体中梨小性信息素的释放过程进行拟合, 且通过田间试验对 4 种载体的持效期及迷向效果进行评价, 从而筛选出释放速率稳定且持效期久的载体, 为新型梨小迷向剂的开发提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

顺-8-十二碳烯醇乙酸酯 (包含 5% 的反-8-十二碳烯醇乙酸酯, 含量 $\geq 97\%$, 美国 Bedoukian 公司), 正己烷 (色谱级, 上海阿拉丁试剂有限公司), 梨小性诱芯及三角型诱捕器 (北京中捷四方公司)。PE 管迷向剂由北京中捷四方公司提供, 外径 3 mm, 内径 1.5 mm, 每个 PE 管迷向剂含有 200 mg 的顺-8-十二碳烯醇乙酸酯。PVC 管迷向剂 (外径 3 mm, 内径 1.5 mm) 由实验室自主加工, 使用蠕动泵将顺-8-十二碳烯醇乙酸酯泵入管内, 每隔 13 cm 进行裁剪, 两端使用封口机进行热封。每根 PVC 管含有 200 mg 的顺-8-十二碳烯醇乙酸酯。PE 瓶迷向剂 (厚度 0.7 mm, 容量 3 mL), 使用注射器在每个 PE 瓶中注射 200 mg 顺-8-十二碳烯醇乙酸酯, 并使用封口机热封。PE 袋迷向剂 (0.2 mm 厚度, 3 cm $\times$ 3 cm), 使用移液枪在每个袋子中加入 200 mg 的顺-8-十二碳烯醇乙酸酯, 封口机热封。

1.2 野外迷向试验

试验地点位于山西省晋中市太谷县侯城乡西山底村桃园, 品种为大久保, 树龄 20 年, 株行距为 2 m×5 m, 试验时间为 2018 年 6 月 1 日至 9 月 30 日。试验区分别设立 PVC 管、PE 管、PE 瓶和 PE 袋 4 个处理区和对照处理区 (CK), 每个处理区 1.2 hm², 不同处理区之间间隔 500 m 以上, 且每个处理区均匀设置 9 个梨小食心虫性诱芯三角型诱捕器监测梨小食心虫种群动态, 每个诱捕器底部离地高度 1.5 m。在 4 个处理区, 均按照 600 根/hm² 密度均匀悬挂迷向丝, 桃园边缘区域的桃树悬挂密度增加至每棵树一根。4 个处理区和对照区均使用相同化学药剂对病虫害进行防治。

1.3 载体中梨小性信息素残留量提取与测定

所有载体于 2018 年 6 月 1 日在室外放置。在室外悬挂 PE 管、PVC 管和 PE 瓶的梨小迷向缓释剂, 每隔两周在同一时间对其进行回收及性信息素的提取。每次 PE 管和 PVC 管各取 6 根, 将一每根裁成均匀 4 段, 放置在具塞三角瓶中, 加入 50 mL 正己烷, 静置过夜使性信息素完全溶解至正己烷中。将每根迷向管的 1 mL 提取液注入进样瓶中, 拧紧瓶盖并低温 (- 18 ℃) 保存待测。由于 PE 迷向袋厚度低释放速率较高, PE 袋每周提取和回收一次。用剪刀将 PE 瓶或 PE 袋的上端剪开, 使用 50 mL 正己烷提取信息素, 保存待用。采用气相色谱 (安捷伦 7890A) 进行检测, 每次进样量为 1 μL, 所有迷向载体提取液的峰面积与标准溶液曲线进行对照, 计算出迷向载体中性信息素残留量。

1.4 气相色谱分析

标准曲线绘制: 以正己烷为溶剂, 使用 10 mL 容量瓶配制浓度为 20 000 ng/μL 的顺-8-十二碳烯醇乙酸酯标准溶液, 再依次使用正己烷稀释得到浓度为 2 000、200、20、10、4 和 2 ng/μL 的标准溶液, 冷藏待进样。采用气相色谱仪测定不同浓度对应的峰面积, 建立峰面积与浓度之间的关系, 得到顺-8-十二碳烯醇乙酸酯的标准曲线。

气相进样条件: 色谱柱为 HP-5MS (30 m×0.25 mm×0.25 μm); 进样量为 1 μL, 不分流进样; 进样口温度 300 ℃, 检测器温度 300 ℃; 氢气流量 30 mL·min⁻¹, 空气流量 400 mL·min⁻¹, 氮气流量 40 mL·min⁻¹; 升温程序为: 初始温度 50 ℃, 以 10 ℃·min⁻¹ 升温至 240 ℃, 保持 5 min。

1.5 数据分析

图中数据均以平均数表示。田间诱蛾数据经 logx 转换后, 使用独立样本 T-检验进行差异显著性分析 (SPSS19.0)。梨小迷向剂性信息素日均释放速率=梨小迷向剂中性信息素减少量/测量间隔天数。梨小迷向剂中性信息素的释放模型采用一级动力学方程进行拟合, $\ln y = a + bt$ 。y 是迷向剂中梨小性信息素残留率, a、b 均为常数, t 表示时间, 单位为 d。迷向率 (%) = (1 - 处理区诱蛾总量/对照区诱蛾总量) × 100。

2 结果与分析

2.1 不同载体中梨小性信息素释放速率变化动态

在 20 周内, PE 瓶和 PE 管的梨小性信息素每两周提取一次, 所有回收液中均检测到梨小性信息素, 两种载体中的梨小性信息素释放速率变化动态见图 1。PE 管中梨小性信息素含量从 191.88 mg (第 2 周后) 降至 106.48 mg (第 20 周后), 初始两周的日均释放速率为 0.58 mg/d, 第 7 周与第 8 周的日均释放速率 (1.62 mg/d) 升至最高, 整个过程中日均释放速率为 0.67 mg/d。PE 瓶中梨小性信息素释放速率趋势与 PE 管相似, 最高的日均释放速率 (2.73 mg/d) 也发生在第 7 周和第 8 周, 20 周内日均释放速率为 1.10 mg/d。PVC 管中的梨小性信息素于 12 周后无法检测到, 记为 0 值。PVC 管中梨小性信息素含量两周后迅速降低至 105.30 mg, 其日均释放速率从前两周的 6.87 mg/d 逐渐降低至 0.71 mg/d。PE 袋中梨小性信息素在 4 周之后检测不到, 记为 0 值。整个释放过程中 PE 袋的日均释放速率随时间逐渐降低, 单周的日均释放速率分别为 19.28、6.29、1.71 和 1.14 mg/d。

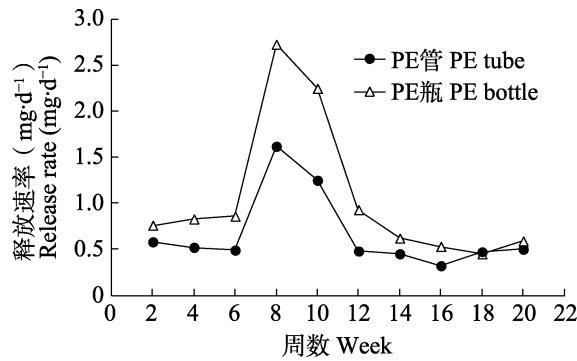


图 1 梨小性信息素在 PE 管和 PE 瓶中释放速率动态
Fig. 1 Dynamic release rates of *Grapholitha molesta* sex pheromone in PE tube and PE bottle

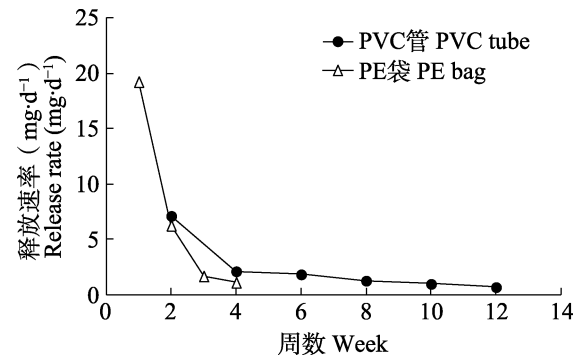


图 2 梨小性信息素在 PVC 管和 PE 袋中释放速率动态
Fig. 2 Dynamic release rates of *Grapholitha molesta* sex pheromone in PVC tube and PE bag

2.2 曲线拟合

通过对 4 种不同载体中的性信息素剩余量与时间关系进行一级动力学方程拟合, 结果表明 PVC 管的 R 最大, 拟合程度最高, PE 瓶次之, PE 袋拟合度最低 (表 1)。4 种载体的半衰期关系为: PE 管>PE 瓶>PVC 管>PE 袋, 且 PE 管的半衰期可达 145.6 d, PE 管的半衰期是 PE 袋的 30 倍。

2.3 不同处理区梨小食心虫成虫的迷向率

2018 年 6 月 7 日至 9 月 12 日共 15 次的田间诱蛾调查结果显示 (图 3), PE 管和 PE 瓶处理区的诱蛾量均低于对照区, PE 管迷向率在 94.53%-99.58%, PE 瓶的迷向率在 95.14%-99.56%。在试验期内, PE 管处理区的诱捕器梨小食心虫平均诱捕量为 (18.70±6.34) 头, PE 瓶处理区的平均诱捕量为 (21.57±9.22) 头, 对照

表 1 一级动力学方程拟合
Table 1 Fitting of one-order kinetic equation

载体 Control-released carrier	一级动力学方程 One-order kinetic equation	半衰期 (d) Half-life (d)	R 值 R value
PE 瓶 PE bottle	$\ln y = -0.0108t + 4.74$	76.66	0.978 5
PE 管 PE tube	$\ln y = -0.0049t + 4.64$	145.60	0.971 6
PE 袋 PE bag	$\ln y = -0.2063t + 4.91$	4.84	0.937 9
PVC 管 PVC tube	$\ln y = -0.0359t + 4.52$	16.94	0.990 7

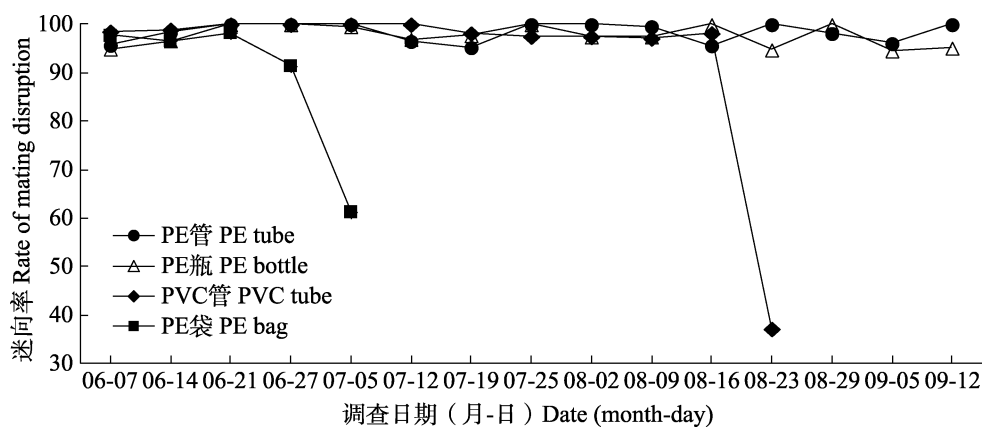


图 3 4 种迷向载体对梨小食心虫的迷向率
Fig. 3 Rate of mating disruption of *Grapholitha molesta* by four types of sex pheromone dispensers

区的平均诱捕量为 (974.54 ± 134.34) 头。经独立样本 t -检验, PE 管和 PE 瓶处理区的诱蛾量差异性不显著 ($P=0.14$); PE 管处理区与对照区差异显著 ($P<0.01$); PE 瓶处理区与对照区差异也显著 ($P<0.01$)。PVC 管处理区诱捕器的平均诱蛾量在 8 月 23 日突然增加至 76.4 头, 当日对照区诱捕量无显著差异 ($P=0.26$), 结果表明 PVC 管失效, 其有效迷向时间为 11 周, 迷向率在 97.14%-98.54%。PE 袋处理区诱捕器的平均诱捕量在 7 月 5 日突然增加至 54.7 头, 与当日对照区诱捕量差异性不显著 ($P=0.18$), PE 袋迷向持效期为 1 个月, 迷向率为 91.48%-98.31%。

3 讨论

昆虫信息化学物质的释放速率与缓释材料的特性相关, 包含缓释载体的组成、厚度及是否开口等因素 (Gallego *et al.*, 2008)。本研究中所用 PE 管和 PVC 管物理尺寸一致, 但 PVC 管中梨小信息素初始两周释放速率为 PE 的 11.7 倍, PE 管的半衰期为 PVC 的 8.6 倍, 结果表明载体的化学成分对昆虫信息化学物质的释放速度有重要影响。在缓释过程中, 昆虫信息化学物质的释放需要两个扩散过程, 首先从缓释材料的内表面穿透至外表面 (过程 1), 而后再从外表面释放到空气中 (过程 2), 过程中扩散最慢的部分决定释放速率 (Atterholt *et al.*, 1999)。过程 2 的扩散速率由材料本身决定, 在本试验中, PE 管和 PE 袋的材质相同, 过程 2 的释放速率相等。本试验所用 PE 管的厚度为 PE 迷向袋的 3.75 倍, PE 管的半衰期为 145 d, PE 袋的半衰期仅为 4.8 d, 说明过程 1 在梨小性信息素的扩散中起决定作用, 载体的厚度对扩散速率有重要影响。采用动态吸附法测试载体厚度对松毛虫性信息素释放速率影响, 试验结果发现松毛虫性信息素释放速率随 PE 厚度增加减小, 且当 PE 厚度高于 1 mm, 吸附剂中无法检测到性信息素 (李学琳等, 2015)。因此以 PE 为缓释剂的载体时, 可以通过调节其厚度来改变昆虫信息化合物的释放速率。

温度也是影响信息素迷向剂释放的重要因

素之一。在多种昆虫信息素 PVC 固体缓释剂的研究中, 发现温度从 22 °C 升高到 34 °C 后, 3 种昆虫信息素在 PVC 固体缓释剂中的半衰期均降低 79% 以上 (Cork *et al.*, 2008)。以石蜡作为包埋剂对梨小性信息素进行缓释, 试验结果表明梨小性信息素在 38 °C 时的释放速率为 27 °C 的 3.2 倍, 45 °C 时的释放速率为 27 °C 的 4.1 倍 (Atterholt *et al.*, 1999)。本研究中 PE 瓶和 PE 管的日均释放速率先增高后降低, 在第 7 周和第 8 周日均释放速率达到最高, 该时间段为测试地全年气温最高时期, 结果表明 PE 瓶和 PE 管的释放速率与温度呈正相关。在不同地区使用迷向缓释剂时, 应当考虑使用地温度对迷向剂的释放速率影响所导致的持效期改变。

本试验中 4 种缓释剂的梨小性信息素释放过程均符合一级动力学模型, 这与以往试验中其他昆虫信息素散发器研究结果类似。例如, 苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* 迷向丝中的性信息素 3 种组分在田间释放规律都符合一级动力学模型 (Mcdonough *et al.*, 1992)。在埃及的棉田进行试验表明, PVC 迷向缓释剂中棉斑实蛾 *Earias insulana* 的性信息素 2 种组分不仅释过程与一级动力学模型相符 ($R>0.99$), 且 2 种组分的一级动力学拟合方程参数相近 (Cork *et al.*, 2008)。但有研究表明, 在室内条件下, PE 管中松毛虫性信息素的释放过程与一级动力学方程不符 (李学琳等, 2015)。苹果蠹蛾的性信息素诱芯的释放规律在室外条件下一级动力学模型拟合度较高 ($R>0.99$), 而室内条件下拟合度较低 ($R=0.74$) (朱虹昱等, 2012)。以上结果说明昆虫信息素在缓释剂中的释放规律与释放条件密切相关。

田间效果评价试验表明 4 种载体的迷向缓释剂对梨小食心虫均可起到迷向作用, 迷向率高于 90%, 但是持效期不同。PVC 管为 3 个月, 释放速率为 0.71-6.86 mg/d; PE 袋的持效期仅为 1 个月, 1.14-19.27 mg/d; PE 管和 PE 瓶的持效期可以达 5 个月, PE 管的释放速率在 0.32-1.62 mg/d, PE 瓶为 0.59-2.73 mg/d, 两种载体的释放速率波动范围较窄。本研究中 PVC 管厚度 (内径 1.5 mm, 外径 3 mm) 为市售的 PVC 梨

小迷向丝（内径 1.5 mm，外径 2.3 mm）的 1.87 倍（刘中芳等，2016），但 2 种梨小迷向剂持效期均为 3 个月，结果表明无法通过增加壁厚来提高 PVC 梨小迷向剂的持效期。与澳大利亚生产的 PE 梨小迷向丝（涂洪涛等，2012）相比，本研究中 PE 管的持效期和迷向效果相近。在果园对梨小食心虫进行迷向防治时，推荐使用 PE 管和 PE 瓶载体，一季生产仅需悬挂一次，但 PE 瓶迷向剂加工成本较 PE 管低。相比其他载体，PE 瓶具有持效期长、加工简便及不需要专门设备等优点，在进行其它昆虫信息素迷向缓释剂研发时可优先选用。但由于不同昆虫信息化合物在同一种载体中释放速率差异很大，在使用 PE 瓶为载体缓释其他昆虫信息素时，其释放速率及持效期需要重新测试。

参考文献 (References)

- Atterholt CA, Delwiche MJ, Rice RE, Krochta JM, 1999. Controlled release of insect sex pheromones from paraffin wax and emulsions. *Journal of Controlled Release*, 57(3): 233–247.
- Bruce TJ, Martin JL, Smart LE, 2011. Development of semiochemical attractants for monitoring bean seed beetle, *Bruchus rufimanus*. *Pest Management Science*, 67(10): 1303–1308.
- Chang YY, Kyeung SH, Jin KJ, Kyung SB, Myoung SY, 2003. Control of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by mating disruption with sex pheromone in pear orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 6(1): 97–104.
- Cork A, Souza KD, Hall DR, Jones OT, Casagrande E, Krishnaiah K, 2008. Development of pvc-resin-controlled release formulation for pheromones and use in mating disruption of yellow rice stem borer, *Scirpophaga incertulas*. *Crop Protection*, 27(2): 248–255.
- De Vlieger JJ, 2008. Development of a sprayable slow-release formulation for the sex pheromone of the Mediterranean corn borer, *Sesamia nonagroides*. *The Environmentalist*, 28(1): 45–48.
- Gallego D, Galián J, Díez JJ, 2008. Kairomonal responses of *Tomicus destruens* (Col. Scolytidae) to host volatiles α -pinene and ethanol. *Journal of Applied Entomology*, 132(8): 654–662.
- Gao Y, Zhang PJ, Zhao JY, Shi GC, Liu ZF, Zhang H, Fan RJ, 2017. Effectiveness of five insecticides for controlling *Carposina niponensis* Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae) and *Grapholitha molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54(6): 1044–1051. [高越, 张鹏九, 赵劲宇, 史高川, 刘中芳, 张慧, 范仁俊, 2017. 五种杀虫剂对桃小食心虫和梨小食心虫的防治效果研究. 应用昆虫学报, 54(6): 1044–1051.]
- Jordan TA, Zhang A, Pfeiffer DG, 2013. Blend chemistry and field attraction of commercial sex pheromone lures to grape berry moth (Lepidoptera: Tortricidae), and a nontarget tortricid in vineyards. *Environmental Entomology*, 42(3): 558–563.
- Li XL, Kong XB, Zhang SF, Wang HB, Zhang Z, Yang MF, 2015. Researches on the release rates of four types of insect semiochemicals from four dispenser types. *Scientia Silvae Sinicae*, 51(12): 63–70. [李学琳, 孔祥波, 张苏芳, 王鸿斌, 张真, 杨茂发, 2015. 4 类昆虫信息化学物质在不同缓释载体上的释放速率. 林业科学, 51(12): 63–70.]
- Liu ZF, Yu Q, Gao Y, Shi GC, Wang BX, Fan RJ, 2016. Mating disruption control of *Grapholitha molesta* by using sex pheromone in pear orchard. *Chinese Journal of Biological Control*, 32(2): 155–160. [刘中芳, 庾琴, 高越, 史高川, 王冰霞, 范仁俊, 2016. 梨园梨小食心虫性信息素迷向防治技术. 中国生物防治学报, 32(2): 155–160.]
- Ma T, Lin N, Zhou LL, Shi XH, Zhou QH, Wang C, Sun ZH, Chen XY, He YR, Wen XJ, 2018. Research progress and application prospect of insect sex pheromone mating disruption. *Forest Research*, 31(4): 172–182. [马涛, 林娜, 周丽丽, 史先慧, 周秋宏, 王恩, 孙朝辉, 陈晓阳, 何余容, 温秀军, 2018. 性信息素迷向干扰防控害虫的研究进展及应用前景. 林业科学研究, 31(4): 172–182.]
- Ma T, Yang XC, Lin N, Wen XJ, Wang C, 2022. Preparation, sustained release and field mating disruption of *Grapholitha molesta* sex pheromone microcapsule. *Journal of South China Agricultural University*, 43(2): 77–86. [马涛, 杨兴翠, 林娜, 温秀军, 王恩, 2022. 梨小食心虫性信息素微胶囊的制备、缓释及野外迷向效果. 华南农业大学学报, 43(2): 77–86.]
- McDonough LM, Aller WC, Knight AL, 1992. Performance characteristics of a commercial controlled-release dispenser of sex pheromone for control of codling moth (*Cydia pomonella*) by mating disruption. *Journal of Chemical Ecology*, 18(12): 2177–2189.
- Ran HF, Lu ZY, Liu WX, Ma AH, Liu XX, Sun HP, Li JC, Zhang QW, 2016. Advances in research on the biological control of the oriental fruit moth. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(5): 931–941. [冉红凡, 路子云, 刘文旭, 马爱红, 刘小侠, 孙海鹏, 李建成, 张青文, 2016. 梨小食心虫生物防治研究进展. 应用昆虫学报, 53(5): 931–941.]
- Rothschild GLH, Vickers RA, 1991. Tortricid Pests: Their Biology,

- Natural Enemies and Control. Amsterdam: Elsevier Science Publishing Press. 389–412.
- Tu HT, Zhang JY, Chen HJ, Guo XH, 2012. Experiments on mating disruption control of *Grapholitha molesta* by using sex pheromone in peach orchard. *Journal of Fruit Science*, 29(2): 286–290. [涂洪涛, 张金勇, 陈汉杰, 郭小辉, 2012. 应用性信息素缓释剂迷向防治桃树梨小食心虫研究. 果树学报, 29(2): 286–290.]
- Wang FP, Zhang L, Li YH, Cui JZ, Luo Y, Su YL, 2019. Advances on research and application on mating disruption of *Grapholitha molesta*. *China Fruits*, 199(5): 12–15. [王付平, 张丽, 李拥虎, 崔章静, 罗尧, 苏延乐, 2019. 梨小食心虫迷向技术研究及应用进展. 中国果树, 199(5): 12–15.]
- Xiang HM, Li XW, Ma RY, 2020. Attracting effects of volatile terpenoids from the host on oriental fruit moth. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 40(6): 69–74. [相会明, 李先伟, 马瑞燕, 2020. 寄主中萜类挥发物质对梨小食心虫的引诱作用. 山西农业大学学报(自然科学版), 40(6): 69–74.]
- Yang XL, Gao XH, Sun SJ, Wei HS, Liu XX, 2020. Indoor determination of the activities of six pesticides to oriental fruit moth *Grapholita molesta*. *Journal of Plant Protection*, 47(6): 1383–1384. [杨雪琳, 高旭辉, 孙圣杰, 魏红爽, 刘小侠, 2020. 六种药剂对梨小食心虫的室内活性测定. 植物保护学报, 47(6): 1383–1384.]
- Zheng LX, Wu LH, Yu L, Wu WJ, Wei HY, 2018. Advances in the research and application prospects of insect parapheromones. *Journal of Plant Protection*, 45(6): 1185–1193. [郑丽霞, 吴兰花, 余玲, 吴伟坚, 魏洪义, 2018. 昆虫类信息素研究进展及应用前景. 植物保护学报, 45(6): 1185–1193.]
- Zhu HY, Du L, Xu J, Liu W, Zhang RZ, 2012. Effective duration of sex pheromone in delta traps for monitoring the codling moth. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 114–120. [朱虹昱, 杜磊, 徐婧, 刘伟, 张润志, 2012. 苹果蠹蛾诱芯性信息素含量变化及其有效时间. 应用昆虫学报, 49(1): 114–120.]



中国螳瘤猎蝽 *Cnizocoris sinensis* Kormilev

中国螳瘤猎蝽也称为中国螳瘤蝽, 是半翅目 (Hemiptera) 猎蝽科 (Pentatomidae) 昆虫。本期封面照片于 2020 年 8 月 16 日拍摄于北京市延庆区四海镇。

(张润志, 中国科学院动物研究所)