



张红岩, 帕提玛·乌木尔汗, 马 召, 梁天宇, 吾古子汗·哈斯木江, 王惠卿, 芦屹, 付文君, 王青凤, 马德英. 新疆伊犁地区不同性诱芯和性迷向剂防控番茄潜叶蛾效果评价[J]. 环境昆虫学报, 2025, 47 (1): 97-107. ZHANG Hong-Yan, WUMUERHAN Pa-Ti-Ma, MA Zhao, LIANG Tian-Yu, HASIMUJIANG Wu-Gu-Zi-Han, WANG Hui-Qing, LU Yi, FU Wen-Jun, WANG Qing-Feng, MA De-Ying. Evaluation of the efficacy of sex pheromone lures and pheromone diffusers for the control of *Tuta absoluta* in Yili Region of Xinjiang Uygur Autonomous Region [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2025, 47 (1): 97-107.

新疆伊犁地区不同性诱芯和性迷向剂防控 番茄潜叶蛾效果评价

张红岩¹, 帕提玛·乌木尔汗¹, 马 召¹, 梁天宇¹, 吾古子汗·哈斯木江¹,
王惠卿², 芦 屹², 付文君³, 王青凤⁴, 马德英^{1*}

(1. 新疆农业大学农学院 / 农业农村部西北荒漠绿洲农林外来入侵生物防控重点实验室 / 农林有害生物监测与安全防控重点实验室, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆维吾尔自治区植物保护站, 乌鲁木齐 830006; 3. 伊犁州农业技术推广总站, 新疆伊犁 835000; 4. 伊宁市农业技术推广站, 新疆伊犁 835000)

摘要: 理化诱控技术是一种利用理化手段进行农作物病虫害防治的方法, 包括利用信息素、灯光、粘虫板等。为明确番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* 性信息素产品在田间的表现效果, 本研究于新疆伊犁地区伊宁市, 选用不同企业及科研单位研制的4种性诱芯 (Y-ZJ、Y-ZD、Y-NK、Y-ZZ) (表1) 及3种性迷向剂 (M-ZJ、M-CBT、M-NK) (表2) 进行田间应用效果评价。根据最高诱集量、日均诱集量、持效期、单价对性诱芯进行评分, 得分由高到低依次为: Y-ZD、Y-ZZ、Y-ZJ、Y-NK、Y-CK。60 d后, Y-ZD 幼虫防效、潜叶防效、蛀果防效最高, 分别为 23.54%、4.33%、14.81%。3种产品的平均迷向率由高到低依次为 M-NK (93.68%)、M-ZJ (93.54%)、M-CBT (86.13%); 平均幼虫防效由高到低依次为: M-NK (85.27%)、M-ZJ (80.90%)、M-CBT (66.43%); 平均潜叶防效由高到低依次为: M-NK (88.74%)、M-ZJ (79.17%)、M-CBT (60.82%)。结果表明, 在田间使用性诱芯诱杀防效较低, 仅可用于监测, Y-ZD 效果较好。3种性迷向剂 (M-ZJ、M-CBT、M-NK) 平均迷向率均达 85% 以上; 平均幼虫防效达 65% 以上; 平均潜叶防效达 60% 以上, M-NK 迷向效果最好, 推荐使用, 亩防治成本为 125 元。

关键词: 番茄潜叶蛾; 性诱芯; 性迷向剂; 交配干扰; 田间防效; 绿色防控

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2025) 01-0097-11

Evaluation of the efficacy of sex pheromone lures and pheromone diffusers for the control of *Tuta absoluta* in Yili Region of Xinjiang Uygur Autonomous Region

ZHANG Hong-Yan¹, WUMUERHAN Pa-Ti-Ma¹, MA Zhao¹, LIANG Tian-Yu¹, HASIMUJIANG Wu-Gu-Zi-Han¹, WANG Hui-Qing², LU Yi², FU Wen-Jun³, WANG Qing-Feng⁴, MA De-Ying^{1*} (1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University/Key Laboratory of Prevention and Control of Invasive Organisms in Agroforestry in Northwest Desert Oasis, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Key Laboratory of Monitoring and Safety Prevention and Control of Pests in Agroforestry, Urumqi 830052, China; 2. Plant Protection Station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830006, China; 3. Agricultural Technology Extension Master Station of Yili Kazakg Autonomous Prefecture, Yili 835000,

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1400200)

作者简介: 张红岩, 女, 硕士研究生, 研究方向为农药学, E-mail: 2234508167@qq.com

*通讯作者 Author for correspondence: 马德英, 女, 博士, 教授, 研究方向为昆虫与农药学, E-mail: mdyxnd@163.com

收稿日期 Received: 2024-10-16; 修回日期 Revision received: 2024-11-13; 接受日期 Accepted: 2024-11-14

Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 4. Agricultural Technology Extension Station of Yining City, Yili 835000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China)

Abstract: The physicochemical trapping and control technology is a method for the prevention and control of crop pests and diseases by means of physicochemical measures, including the utilization of pheromones, lights, sticky traps, etc. To clarify the performance effect of the sex pheromone product of *Tuta absoluta* in the field, four kinds of sex pheromone lures (Y-ZJ, Y-ZD, Y-NK, Y-ZZ) (table 1) and three kinds of sex pheromone diffusers (M-ZJ, M-CBT, M-NK) (table 2) were selected. These products were developed by various enterprises and research institutions to assess the efficacy of the technology against *T. absoluta* in field trials conducted in Yining City, Yili Region, Xinjiang Province. The scores of the sex pheromone lures were based on the maximum trapping volume, average daily trapping volume, duration of efficacy, and unit price. The scores, in descending order, were Y-ZD, Y-ZZ, Y-ZJ, Y-NK, and Y-CK. After 60 days, Y-ZD exhibited the highest larvae control efficiency (23.54%), leaf damage control efficiency (4.33%), and fruit damage control efficiency (14.81%). The average mating disruption rates for the three products were as follows: M-NK (93.68%), M-ZJ (93.54%), and M-CBT (86.13%). Similarly, the average larvae control efficiencies were M-NK (85.27%), M-ZJ (80.90%), and M-CBT (66.43%), while the average leaf damage control efficiencies were M-NK (88.74%), M-ZJ (79.17%), and M-CBT (60.82%). The results showed that the efficacy of using sex pheromone lures in the field was low, and they could only be used for monitoring. However, Y-ZD demonstrated relatively higher efficacy. The average mating disruption rate of the three sex pheromone diffusers exceeded 85%, while the average larvae control efficiency and leaf damage control efficiency exceeded 65% and 60%, respectively. Among them, M-NK demonstrated the best mating disruption effect and was recommended for field application, which was at a control cost of 125 yuan per mu (approximately 0.0667 hectares).

Key words: *Tuta absoluta*; sex pheromone lures; sex pheromone diffusers; mating disruption; field control; green prevention and control

番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* 属鳞翅目 Lepidoptera 麦蛾科 Gelechiidae, 源自南美洲秘鲁万卡约, 其地理扩张迅速, 于 2017 年入侵我国新疆伊犁哈萨克自治州伊宁市 (张桂芬等, 2019)。该虫综合风险评估值 R 为 2.64, 为极高风险性农业有害生物 (洗晓青等, 2019), 在保护地与露地均可发生, 世代重叠严重, 成虫繁殖力强, 幼虫潜入叶片藏于孔道危害、蛀食果实等, 现属我国一类农作物病虫害 (张桂芬等, 2020; 海永强和刘媛, 2022)。

在番茄潜叶蛾防治上, 化学防治经济高效, 是控制其危害的主要方式 (Guedes *et al.*, 2019)。然而, 单一使用常规药剂控害易引发 3R 问题, 严重威胁人民饮食安全、环境安全、天敌昆虫安全, 加之番茄潜叶蛾具有“潜食”特点, 会使药剂的防效降低, 从而增加用量 (Ingegno *et al.*, 2019)。番茄潜叶蛾在国外发生时间长, 随着化学药剂的相继投入使用, 该虫已对多种药剂产生抗性, 如有机磷类、拟除虫菊酯类、二酰胺类等 (Biondi

et al., 2015; Haddi *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019)。在我国, 已有研究表明, 番茄潜叶蛾新疆种群对甲维盐、溴虫腈等 6 种杀虫剂产生不同程度的抗性 (李晓维等, 2022); 使用四唑虫酰胺防治番茄潜叶蛾存在抗性风险, 且其抗性品系会与其他药剂产生交互抗性 (朱雅婷等, 2024)。另外, 理化诱控是国内外绿色治理害虫的重要手段之一, 是通过对害虫的识别、利用其生理学和行为反应, 采用诱杀、阻断、监测等措施, 有效地控制害虫的数量和危害程度, 保障农作物的生产产量和质量 (李晓维等, 2023; 刘媛等, 2024)。其中, 基于嗅觉反应的大量诱集与交配干扰针对性强且安全, 性诱芯结合蓝板使用既可有效降低雄成虫数量, 还能准确反映田间发生趋势, 起到监测预报的作用 (张桂芬等, 2022)。利用昆虫性诱芯配合诱捕器诱杀水稻二化螟 *Chilo suppressalis*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (严克华等, 2004; 张帅等, 2011; 张松涛等,

2023); 利用性迷向剂防治梨小食心虫 *Grapholita molesta* 等均已取得重要进展 (牛永浩等, 2021)。番茄潜叶蛾性信息素被鉴定为以 (3E, 8Z, 11Z) - 十四碳三烯乙酸酯 (TDTA) 为主要成分, (3E, 8Z) - 十四碳烯醇乙酸酯 (TDDA) 为次要成分, 两者比例约 90 : 10 (Attygalle *et al.*, 1996; Svatos *et al.*, 1996), 现可大规模合成生产, 利用性信息素防控害虫前景广阔。国外利用性信息素防治番茄潜叶蛾已取得良好成效 (Mohamedova *et al.*, 2016), 目前我国已有不同企业及科研单位研制的番茄潜叶蛾性信息素产品, 但载体、有效成分剂量及纯度、环境条件等差异都可能影响效果的发挥。为探明其田间应用效果, 选用不同的4种性诱芯及3种性迷向剂进行试验, 筛选出高效性诱芯及性迷向剂, 为新疆伊犁地区番茄潜叶蛾绿色防控提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于新疆伊犁伊宁市 (北纬 43°50'~44°09'、东经 80°04'~81°29'), 属温带大陆性半干旱气候, 年均气温 10.5℃; 种植作物多样, 以番茄、辣椒等为主; 地块平整, 土壤类型主要是壤土, 肥力均匀。试验选用露天鲜食番茄拱棚, 共计 13 hm²。

1.2 试验材料

蓝色粘虫板由中捷四方生物科技股份有限公司生产 (规格为: 25 cm × 20 cm), 三角形诱捕器由虫捕头生物科技有限公司生产。供试性诱芯、性迷向剂的主要有效成分均为: (3E, 8Z, 11Z) - 十四碳三烯乙酸酯 (TDTA), 其厂家、外观及载体等见表 1、表 2。

表 1 供试性诱芯厂家、外观及载体、持效期、单价

Table 1 Manufacturer, appearance and carrier, duration of efficacy, unit price of the tested sex pheromone lures

编号 Serial number	厂家 Manufacturer	外观及载体 Appearance and carrier	持效期 (Month) Duration of efficacy	单价 (Yuan) Unit price
Y-ZJ	北京中捷四方生物科技股份有限公司 Pherobio Technology Co., Ltd	红色短 PE 管 Red short PE pipe	4	15
Y-ZD	中国科学院动物研究所 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences	绿色橡胶塞 Green rubber stopper	2~3	5
Y-NK	宁波纽康生物技术有限公司 NewCon Inc., Ningbo	蓝色毛细管 Blue capillary tube	2	20
Y-ZZ	中国科学院植物保护研究所 The Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences	绿色橡胶塞 Green rubber stopper	2~3	5

表 2 供试性迷向剂厂家、外观及载体、持效期、单价

Table 2 Manufacturer, appearance and carrier, duration of efficacy, and unit price of the tested sex pheromone diffusers

编号 Serial Number	厂家 Manufacturer	外观及载体 Appearance and carrier	持效期 (Month) Duration of efficacy	单价 (Yuan) Unit price
M-ZJ	北京中捷四方生物科技股份有限公司 Pherobio Technology Co., Ltd	红色 PE 管 Red PE pipe	5	8
M-CBT	虫捕头生物科技有限公司 Insect Catcher Bio-Technology Co., Ltd	红色毛细管 Red capillary tube	3	5.2
M-NK	宁波纽康生物技术有限公司 NewCon Inc., Ningbo	蓝色 PE 管 Blue PE pipe	4	5

1.3 番茄潜叶蛾性诱芯筛选及田间防效

1.3.1 试验安排

选用同一家农户长势与受害程度一致的3个番茄露天拱棚,每棚长75 m,宽4.65 m。试验初始番茄植株处于苗期,各棚统一管理,试验期间未使用化肥农药。将整个大棚均分为5个小区,在每个小区的中心位置悬挂三角形诱捕器和蓝板,蓝板上放不同企业或科研单位研制的性诱芯,分别记为Y-ZJ、Y-ZD、Y-NK、Y-ZZ,并设置不放性诱芯的空白对照,记为Y-CK,即该试验共设5个处理。5套诱捕装置随机区组分布,每个大棚为1次重复,共3次重复。

1.3.2 调查方法

对各小区进行成虫诱集监测及植株的调查。每3 d调查一次诱集到的成虫数量;植株调查采用“W”形五点取样,每点固定调查10株(做标记,定株调查),每株上下各随机选取5个叶片、5个果实(果实自出现蛀果后调查),定期调查记录百叶虫量、潜叶率、蛀果率,并计算幼虫防效、潜叶防效、蛀果防效。

试验时间每次固定在10:30调查,调查结束后更换一次蓝板。(在更换蓝板时要接触不同的产品,为避免不同产品间相互干扰,同一人员只调查同一产品的蓝板)

1.4 不同性迷向产品对番茄潜叶蛾的田间防效

1.4.1 试验安排

选用同一家农户长势与受害程度一致的15个番茄露天拱棚,每棚长65 m,宽8 m,试验初始番茄植株处于苗期。期间使用杀虫剂2次:10%虫螨脲悬浮剂(50 mL/667 m²)(施药时间为7月17日)和8 000 IU/毫克苏云金杆菌悬浮剂(75 mL/667 m²)(施药时间为8月28日),以防粉虱和棉铃虫为主,兼治番茄潜叶蛾。各试验棚统一管理(本试验计算相对防效,试验棚统一施药并不影响评价指标)。

诱集监测:使用性诱芯搭配三角形诱捕器及蓝色粘虫板,悬挂于大棚左侧,距离地面15 cm,每棚两个,作为一种诱集监测装置;使用单面蓝板桶形诱捕器,直接放于地面,每棚4个,作为第二种诱集监测装置(两种诱集监测装置中的性诱芯都为同一种)。两种装置均用于15个番茄露天拱棚。

迷向干扰:前3个大棚不悬挂,之后每4个大棚为一个整体区域(同一区域内悬挂同种产品),依次悬挂不同性迷向剂,每棚悬挂35根,距地面15 cm,外密内疏放置。即试验设置4个处理,分别记为:M-CK、M-ZJ、M-CBT、M-NK。

1.4.2 调查方法

为避免迷向剂之间相互干扰,将不悬挂迷向的前两个大棚作为对照,记为A;悬挂迷向的3个区域,每个区域的内部两个大棚分别记为B、C、D,对A、B、C、D进行成虫诱集监测及植株的调查。植株调查采用“W”形五点取样,每点固定调查10株(做标记,定株调查),每株上下各随机选取5个叶片,记录幼虫数、受害叶片数。定期调查记录百叶虫量(即100片叶潜道内的幼虫数)、潜叶率,并计算幼虫防效、潜叶防效。

试验时间为7月13日至9月22日,每次固定在10:30调查,每3 d调查一次诱集到的成虫数量,调查结束后更换一次蓝板并清理诱捕桶内死虫。

1.5 软件分析

用Excel和SPSS 27.0(SPSS Statistics 27)软件进行数据统计与单因素方差分析,采用邓肯新复极差法进行多重比较。

1.6 计算公式

$$\text{诱集量} = \frac{\text{该处理调查当日诱集量总和}}{\text{重复数}}$$

$$\text{日均诱集量} = \frac{\text{该处理试验期间诱集量总和}}{\text{重复数} \times \text{试验天数}}$$

$$\text{迷向率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{处理区诱集量}}{\text{对照区诱集量}}\right) \times 100$$

$$\text{平均迷向率} = \frac{\text{该处理总迷向率}}{\text{调查次数}}$$

$$\text{百叶虫量} = \frac{\text{该处理百叶虫量总和}}{\text{重复数}}$$

$$\text{潜叶率}(\%) = \frac{\text{受害叶片总数}}{\text{调查叶片总数}}$$

$$\text{蛀果率}(\%) = \frac{\text{受害果实总数}}{\text{调查果实总数}}$$

$$\text{幼虫防效}(\%) = \frac{\text{对照区百叶虫量} - \text{处理区百叶虫量}}{\text{对照区百叶虫量}} \times 100$$

$$\text{潜叶防效}(\%) = \frac{\text{对照区潜叶率} - \text{处理区潜叶率}}{\text{对照区潜叶率}} \times 100$$

$$\text{蛀果防效}(\%) = \frac{\text{对照区蛀果率} - \text{处理区蛀果率}}{\text{对照区蛀果率}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 番茄潜叶蛾性诱芯筛选及田间防控

2.1.1 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾成虫的诱集种群动态

试验期间4种性诱芯对番茄潜叶蛾的诱集量始终高于未放性诱芯的诱集量(图1),即4种性诱

芯对番茄潜叶蛾成虫均有较好的引诱效果。Y-ZJ处理组最高诱集量在7月15日,为706.33头;Y-ZD处理组最高诱集量在7月15日,为1023.67头;Y-NK处理组最高诱集量在5月25日,为244.67头;Y-ZZ处理组最高诱集量在7月9日,为1001.33头;Y-CK处理组最高诱集量在8月12日,为199.67头。

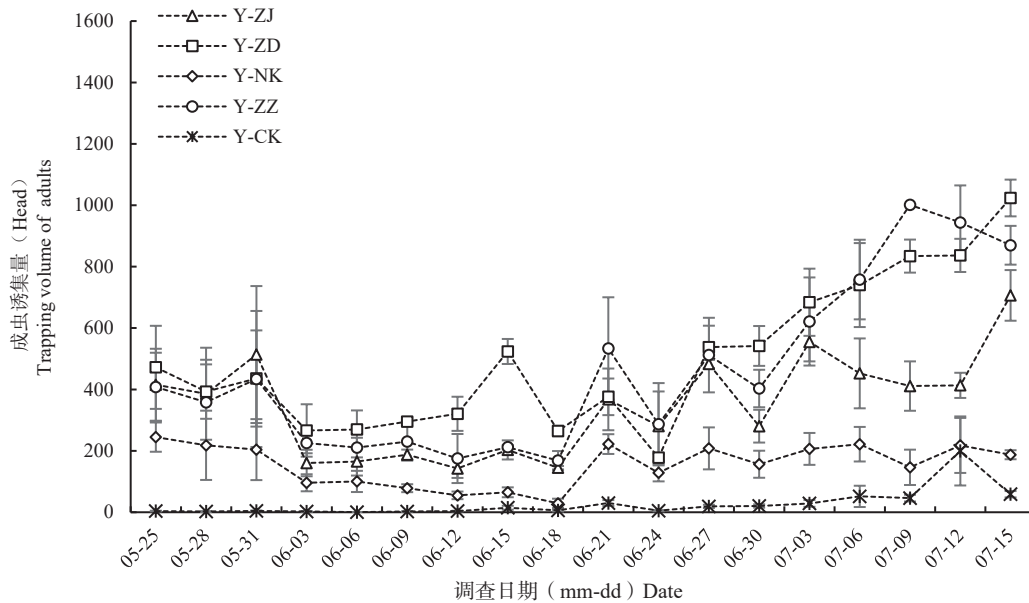


图1 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾成虫的诱集种群动态

Fig. 1 Dynamics of trap populations of *Tuta absoluta* adults in different sex pheromone lures

注: 图中数值均为3 d内的诱集量; 差异性字母根据图例自上而下标注 ($P < 0.05$, 邓肯氏多重比较法), 下同。Note: The values in the figure represented the trapping amounts within 3 days; the letters indicating differences were marked from top to bottom according to the legend ($P < 0.05$, Duncan's multiple range test), the same below.

2.1.2 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾成虫的日均诱集量

不同性诱芯处理下番茄潜叶蛾成虫的日均诱集量由高到低依次为: Y-ZD (166.54头)、Y-ZZ (154.64头)、Y-ZJ (116.09头)、Y-NK (51.56头)、

Y-CK (9.85头)(图2), ANOVA方差分析表明不同处理间存在显著性差异 ($F=21.954$, $df=4$, $P < 0.001$)。Y-ZD与Y-ZZ两处理间无显著差异 ($P=0.571$), 两者与Y-NK、Y-CK存在显著性差异。

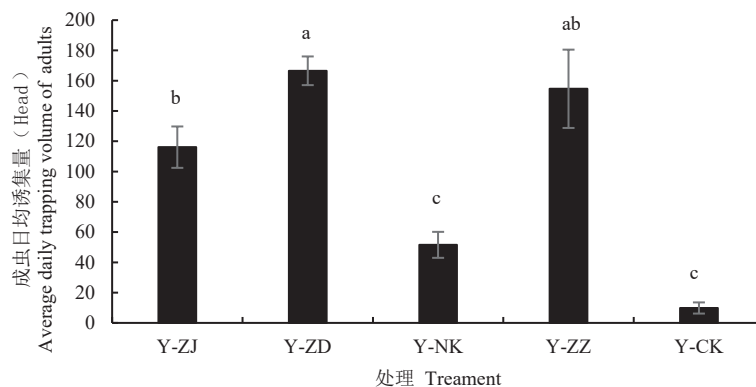


图2 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾成虫的日均诱集量

Fig. 2 Average daily trapping volume of *Tuta absoluta* adults in different sex pheromone lures

2.1.3 不同性诱芯处理综合评价

试验期间4种性诱芯所在篮板只诱集到番茄潜叶蛾，均有较强的专一性。

根据最高诱集量、日均诱集量、持效期、单价4项指标由优至差分别各得5、4、3、1分（姜

玉英等，2023），对不同性诱芯进行综合评价。得分从高到低依次为Y-ZD、Y-ZZ、Y-ZJ、Y-NK、Y-CK（表3）。因此，根据本次试验结果，在新疆伊犁地区优先推荐使用Y-ZD（中科院动物所研制的性诱芯）监测诱集番茄潜叶蛾。

表3 不同性诱芯处理综合得分

Table 3 Combined scores of different sex pheromone lures

编号 Serial number	最高诱集量(Head) Maximum trapping volume	日均诱集量(Head) Average daily trapping volume	持效期(Month) Duration of efficacy	单价(Yuan) Unit price	平均得分 Average scores
Y-ZJ	3	3	5	3	3.5
Y-ZD	5	5	4	5	4.75
Y-NK	2	2	2	2	2
Y-ZZ	4	4	4	5	4.25
Y-CK	1	1	1	1	1

2.1.4 不同性诱芯处理的植株调查

60 d后，不同性诱芯处理下的幼虫防效由高到低依次为：Y-ZD（23.54%）、Y-ZZ（20.05%）、Y-ZJ（8.68%）、Y-NK（4.92%）（表4）；潜叶防效由高到低依次为：Y-ZD（4.33%）、Y-ZZ（3.67%）、Y-ZJ（2.67%）、Y-NK（0%）（表5）；蛀果防效由高到低依次为：Y-ZD（14.82%）、Y-ZZ（12.30%）、Y-ZJ（11.24%）、Y-NK（6.61%）（表6）。试验表明，尽管4种性诱芯对番茄潜叶蛾成虫的诱集量都比较高，但长期防控效果并不高，达不到控害要求，因而在新疆伊犁地区，“性诱芯+篮板”仅可作为监测技术应用。

2.2 不同性迷向剂处理对番茄潜叶蛾的田间防效

2.2.1 不同性迷向剂处理番茄潜叶蛾成虫的诱集种群动态

各迷向处理均表现出显著的迷向效果。试验期间除7月16日的调查外，其余每次M-CK（对照）均显著高于M-ZJ、M-CBT、M-NK（图3）。M-ZJ处理组最低诱集量在9月17日、9月23日，为2.00头；M-CBT处理组最低诱集量在9月17日，为7.50头；M-NK处理组最低诱集量在9月17日，为0头；M-CK处理组最低诱集量在7月22日，为81.00头。

2.2.2 不同性迷向剂处理番茄潜叶蛾成虫的日均诱集量及平均迷向率

不同性迷向剂处理下番茄潜叶蛾成虫的日均

诱集量由高到低依次为：M-CK（104.28头）、M-CBT（12.65头）、M-NK（5.75头）、M-ZJ（5.56头）（表7），ANOVA方差分析表明不同处理间存在显著性差异（ $F=8.26$ ， $df=3$ ， $P<0.05$ ）。M-ZJ、M-CBT、M-NK三处理间无显著差异（ $P=0.782$ ），三者皆显著低于M-CK（对照）。

不同性迷向剂处理番茄潜叶蛾的平均迷向率由高到低依次为：M-NK（93.68%）、M-ZJ（93.54%）、M-CBT（86.13%）（表7），ANOVA方差分析表明不同处理间存在显著性差异（ $F=11.857$ ， $df=2$ ， $P<0.05$ ）。M-ZJ、M-NK两处理间无显著差异（ $P=0.939$ ），二者皆显著高于M-CBT。

2.2.3 不同性迷向剂处理的植株调查

M-ZJ与M-NK的幼虫防效均有3次达到100%，M-CBT在使用28 d后幼虫防效最高为79.67%。5次调查下，各处理的平均幼虫防效由高到低依次为：M-NK（85.27%）、M-ZJ（80.9%）、M-CBT（66.43%）（表8）。

M-ZJ使用60 d后潜叶防效最高为95.92%，M-NK使用60 d后潜叶防效最高为93.63%，M-CBT在使用7 d后潜叶防效最高为79.17%。5次调查下，各处理的平均潜叶防效由高到低依次为：M-NK（88.74%）、M-ZJ（86.84%）、M-CBT（60.82%）（表9）。

表4 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾的百叶虫量及幼虫防效

Table 4 Number of larvae on 100 leaves and larvae control efficiency of different sex pheromone lures on *Tuta absoluta*

编号 Serial number	幼虫基数 (Head) Larvae base	7 d		14 d		21 d		28 d		60 d	
		百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves		百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves		百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves		百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves		百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	
		幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves
Y-ZJ	2.00	34.72 ± 19.30 a	7.33	42.32 ± 8.03 a	25.33	-34.61 ± 49.53 a	30.00	3.08 ± 17.23 a	24.33	8.68 ± 9.88 a	
Y-ZD	2.33	15.74 ± 13.64 a	12.33	-9.91 ± 37.34 a	17.67	8.55 ± 30.70 a	29.00	15.12 ± 11.08 a	20.67	23.54 ± 7.19 a	
Y-NK	2.00	29.63 ± 10.31 a	6.33	45.04 ± 21.37 a	23.00	5.23 ± 20.23 a	29.00	5.90 ± 41.92 a	26.67	4.92 ± 0.33 a	
Y-ZZ	2.33	32.41 ± 22.24 a	9.67	14.87 ± 25.42 a	12.00	37.48 ± 28.16 a	11.67	55.55 ± 18.46 a	22.00	20.05 ± 2.30 a	
Y-CK	2.33	-	12.67	-	28.33	-	34.00	-	28.00	-	

注: 表中数值为平均值+标准误。同列数据后不同小写字母表示在0.05水平差异显著,下同。Note: Data in the table were mean +SE. Different lower case letters in the same column indicated significant different at 0.05 level, the same below.

表5 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾的潜叶率及潜叶防效

Table 5 Leaf damage rate and leaf damage control efficiency of different sex pheromone lures on *Tuta absoluta*

编号 Serial number	受害叶基数 (/100片) Leaf damage base (/100 leaves)	7 d		14 d		21 d		28 d		60 d	
		潜叶率 (%) Leaf damage rate		潜叶率 (%) Leaf damage rate		潜叶率 (%) Leaf damage rate		潜叶率 (%) Leaf damage rate		潜叶率 (%) Leaf damage rate	
		潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率 (%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率 (%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率 (%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率 (%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率 (%) Leaf damage rate
Y-ZJ	1.33	24.76 ± 18.10 a	8.33	18.56 ± 10.83 a	27.67	-28.62 ± 4.63 a	33.00	-17.57 ± 9.72 a	97.33	2.67 ± 2.67 a	
Y-ZD	1.00	-20.16 ± 50.49 a	14.67	-63.63 ± 68.23 a	24.33	-8.80 ± 27.41 a	30.00	-6.41 ± 19.20 a	95.67	4.33 ± 0.88 a	
Y-NK	1.33	30.95 ± 15.61 a	10.33	-15.72 ± 43.31 a	21.67	-6.56 ± 30.09 a	33.33	-23.22 ± 33.78 a	100.00	0 ± 0 a	
Y-ZZ	1.67	23.49 ± 22.81 a	10.00	-2.90 ± 33.27 a	15.33	28.33 ± 4.39 a	18.67	34.43 ± 9.69 a	96.33	3.67 ± 1.86 a	
Y-CK	1.00	-	11.00	-	21.33	-	27.67	-	100.00	-	

表 6 不同性诱芯处理番茄潜叶蛾的蛀果率及蛀果防效

Table 6 Fruit damage rate and fruit damage control efficiency of different sex pheromone lures on *Tuta absoluta*

编号 Serial number	受害果基数 (/100 fruits) Fruit damage base	35 d			42 d			49 d			56 d			60 d		
		蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	蛀果率 (%) Fruit damage rate	蛀果防效(%) Fruit damage control efficiency	
		Y-ZJ	0	2.00	50.00 ± 25.00 a	2.67	21.67 ± 11.67 a	4.00	5.56 ± 24.22 a	5.00	-17.78 ± 28.89 a	5.33	11.24 ± 20.11 a	5.33	14.82 ± 14.82 a	5.33
Y-ZD	0	1.00	66.67 ± 16.67 a	2.67	11.67 ± 32.45 a	3.33	22.22 ± 22.22 a	4.67	-6.67 ± 20.37 a	5.33	12.30 ± 18.70 a	5.33	14.82 ± 14.82 a	5.33	6.61 ± 30.71 a	
Y-NK	0	1.67	50.00 ± 14.43 a	3.00	3.33 ± 31.80 a	3.67	12.22 ± 24.37 a	5.33	-28.89 ± 38.75 a	5.33	6.61 ± 30.71 a	5.33	14.82 ± 14.82 a	5.33	6.61 ± 30.71 a	
Y-ZZ	0	1.67	41.67 ± 30.05 a	1.67	41.67 ± 30.05 a	2.67	35.56 ± 19.37 a	4.33	1.11 ± 17.25 a	5.33	12.30 ± 18.70 a	5.33	14.82 ± 14.82 a	5.33	6.61 ± 30.71 a	
Y-CK	0	3.33	-	3.67	-	4.67	-	4.67	-	6.67	-	-	-	6.67	-	

表 7 不同性迷向剂处理对番茄潜叶蛾成虫的日均诱集量及平均迷向率

Table 7 Average daily trapping volume and average mating disruption rate of different sex pheromone diffusers on *Tuta absoluta* adults

编号 Serial number	日均诱集量(Head) Average daily trapping volume	平均迷向率(%) Average mating disruption rate
M-ZJ	5.56 ± 0.74 b	93.54 ± 0.39 a
M-CBT	12.65 ± 1.54 b	86.13 ± 1.97 b
M-NK	5.75 ± 1.10 b	93.68 ± 0.82 a
M-CK	104.28 ± 33.53 a	-

表8 不同性迷向剂处理番茄潜叶蛾的百叶虫量及幼虫防效

Table 8 Number of larvae on 100 leaves and larvae control efficiency of different sex pheromone diffusers on *Tuta absoluta*

编号 Serial number	幼虫基数 (Head) Larvae base	7 d		14 d		21 d		28 d		60 d	
		百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency	百叶虫量 (Head) Number of larvae on 100 leaves	幼虫防效(%) Larvae control efficiency
M-ZJ	0	0	100.00 ± 0 a	0	100.00 ± 0 a	1.2	32.50 ± 7.50 a	1.4	72.00 ± 28.00 a	0	100.00 ± 0 a
M-CBT	0	0.3	70.00 ± 30.00 a	0.4	41.67 ± 41.67 a	0.5	74.17 ± 0.83 a	0.7	79.67 ± 3.67 a	0.2	66.67 ± 16.67 a
M-NK	0	0.3	100.00 ± 0 a	0.1	100.00 ± 0 a	0.5	36.67 ± 36.67 a	0.7	89.67 ± 6.33 a	0	100.00 ± 0 a
M-CK	0	0.6	-	0.9	-	1.9	-	3.1	-	0.8	-

表9 不同性迷向剂处理番茄潜叶蛾的潜叶率及潜叶防效

Table 9 Leaf damage rate and leaf damage control efficiency of different sex pheromone diffusers on *Tuta absoluta*

编号 Serial number	受害叶基数 (/100 leaves) Leaf damage base	7 d		14 d		21 d		28 d		60 d	
		潜叶率(%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率(%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率(%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率(%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency	潜叶率(%) Leaf damage rate	潜叶防效(%) Leaf damage control efficiency
M-ZJ	0	0.2	85.42 ± 2.08 a	0.4	83.22 ± 1.40 a	0.5	87.82 ± 4.49 a	0.9	81.82 ± 6.82 a	0.3	95.92 ± 3.07 a
M-CBT	0	0.3	79.17 ± 4.17 a	1.2	51.05 ± 12.59 a	1.0	72.76 ± 14.42 a	2.3	51.99 ± 20.74 a	5.0	49.13 ± 20.56 a
M-NK	0	0.2	85.42 ± 2.08 a	0.3	86.36 ± 13.64 a	0.4	89.10 ± 5.77 a	0.6	89.20 ± 1.70 a	0.5	93.63 ± 4.35 a
M-CK	0	1.4	-	2.4	-	5.1	-	6.0	-	12.7	-

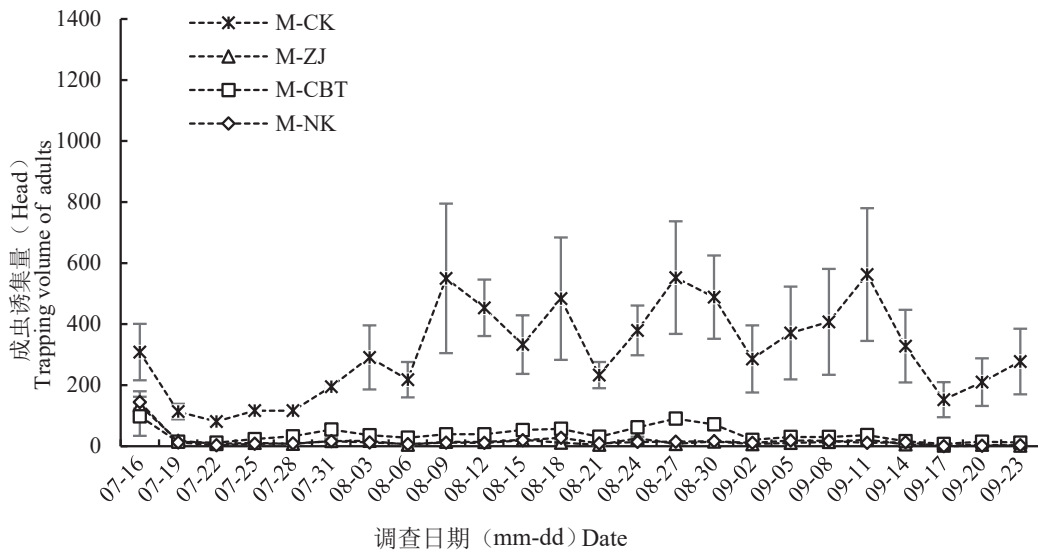


图3 不同性迷向剂处理番茄潜叶蛾成虫的诱集种群动态

Fig. 3 Dynamics of trap populations of *Tuta absoluta* adults in different sex pheromone diffusers

3 结论与讨论

新疆被称作“红色产业”基地，是我国最大的番茄产区。当今的全球气候变化和设施农业快速发展，为番茄潜叶蛾的生长发育及繁殖提供了有利条件和场所，实现其绿色高效防控对番茄产业发展至关重要。基于性信息素的理化诱控技术靶标明确，对环境安全，应用前景广阔，筛选出合适的产品、明确其田间防效可为其推广和应用提供参考。

本研究对不同性诱芯进行筛选，4种性诱芯都对番茄潜叶蛾具有较好的诱集效果和专一性。参考姜玉英等的方法（2023），综合最高诱集量、日均诱集量、持效期、单价4个指标对不同性诱芯进行评价，Y-ZD得分最高，推荐优先使用中科院动物所研制的性诱芯对番茄潜叶蛾进行监测诱集，其次是Y-ZZ、Y-ZJ、Y-NK。在调查后期，番茄潜叶蛾田间种群数量上升，试验棚叶片受害严重，因此在发生量较大的地区，“诱芯+色板”仅可作为监测技术应用，达不到控害要求。

3种性迷向产品与对照区相比，平均迷向率均达85%以上，M-NK最高为93.68%；平均幼虫防效均达65%以上，M-NK最高为85.27%；平均潜叶防效均达60%以上，M-NK最高为88.74%。因此，在新疆伊犁地区田间使用迷向剂防治番茄潜叶蛾时，建议优先选用宁波纽康生物技术有限公司研制的性迷向管，667 m²防治成本为125元（每667 m²挂

50根，可供两茬番茄使用）。相较于常规化学防治，使用迷向剂防治成本较高，在试验地区也未有化学防治受农户依赖，但可减少农药残留，提升蔬菜质量；避免药剂不易接触到虫体导致防效降低的情况，有待宣传推广。研究发现，番茄潜叶蛾的危害与番茄生长紧密相关，建议在番茄定植时或定植前外密内疏放置迷向产品，及早采取措施干扰交配，且雄虫长期存在于高浓度性信息素环境中，或可降低其触角感受器的灵敏度，有效避免番茄潜叶蛾后期暴发性为害。

研究结果表明，各迷向区诱集到的番茄潜叶蛾成虫明显少于对照区，百叶虫量及潜叶率虽低于对照区，但差距不大，应与整体施用杀虫剂防治粉虱和棉铃虫对番茄潜叶蛾的兼治效果有关，将迷向剂与化学药剂联合防控，可大大提升田间防效。另外，试验性信息素产品的主要有效成分一致，但使用效果存在差异，推测与载体、有效成分剂量及纯度、释放速率等多种因素有关，具体原因尚不明确。本试验于5月至9月进行，各产品在冬季温棚内（推测迷向产品会降低风向带来的影响，因而在温室内使用效果会更好）的防效也有待探究。

参考文献 (References)

Attygalle AB, Jham GN, Svatos A, *et al.* (3E, SZ, 11Z)-3, 8, 11-tetradecatrienyl acetate, major sex pheromone component of the

- tomato pest *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 1996, 4: 305–314.
- Biondi A, Zappala L, Desneux N, et al. Potential toxicity of α -cypermethrin-treated nets on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2015, 108 (3): 1191–1197.
- Guedes RNC, Roditakis E, Campos MR, et al. In-secticide resistance in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: Pat-terns, spread, mechanisms, management and outlook [J]. *Journal of Pest Science*, 2019, 92: 1329–1342.
- Haddi K, Berger M, Bielza P, et al. Mutation in the ace-1 gene of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) associated with organophosphates resistance [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2017, 141 (8): 612–619.
- Hai YQ, Liu Y. Morphological and biological characteristics of tomato leaf miners [J] *China Plant Protection*, 2022, 42 (8): 24–28. [海永强, 刘媛. 番茄潜叶蛾的形态特征和生物学习性 [J]. 中国植保导刊, 2022, 42 (8): 24–28]
- Ingegno LB, Messelink JG, Bodino N, et al. Functional response of the mirid predators *Dicyphus bolivari* and *Dicyphus errans* and their efficacy as biological control agents of *Tuta absoluta* on tomato [J]. *Journal of Pest Science*, 2019, 92 (4): 1457–1466.
- Jiang YY, Yang XM, Liu J. Efficacy of four sex pheromone lures for *Spodoptera frugiperda* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2023, 60 (4): 1181–1186. [姜玉英, 杨现明, 刘杰. 四种草地贪夜蛾性诱产品诱集效果评价 [J]. 应用昆虫学报, 2023, 60 (4): 1181–1186]
- Li XW, Ma L, Lu YB. Susceptibility of Xinjiang and Yunnan populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to six insecticides and its relationship with detoxification enzyme activities [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2022, 65 (8): 1010–1017. [李晓维, 马琳, 吕要斌. 新疆和云南番茄潜叶蛾种群对六种杀虫剂的敏感性及其与解毒酶活性的关系 [J]. 昆虫学报, 2022, 65 (8): 1010–1017]
- Li XW, Yi SW, Chen LM, et al. Research progress of behavioral manipulation techniques of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2023, 66 (6): 835–848. [李晓维, 易松望, 陈利民, 等. 番茄潜叶蛾行为调控技术研究进展 [J]. 昆虫学报, 2023, 66 (6): 835–848]
- Liu Y, Li JR, Fan RR, et al. Green prevent and control technologies of *Phthorimaea absoluta* [J]. *Vegetables*, 2024, 3: 48–51. [刘媛, 李健荣, 樊蓉蓉等. 番茄潜叶蛾绿色防控技术 [J]. 蔬菜, 2024, 3: 48–51]
- Mohamedova M, Deleva E, Stoeva A, et al. Comparison of pheromone lures used in mass trapping to control the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in industrial tomato crops in Plovdiv (Bulgaria) [J]. *Agricultural Sciences*, 2016, 19: 53–60.
- Niu YH, Shou PY, Guo YJ, et al. Analysis on the control efficiency of disrupting mating method to *Grapholitha molesta* in different orchards [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2021, 49 (11): 1336–1339. [牛永浩, 首鹏云, 郭彦君等. 迷向法在不同果园防治梨小食心虫效果分析 [J]. 山西农业科学, 2021, 49 (11): 1336–1339]
- Silva JE, Ribeiro LMS, Vinasco N, et al. Field-evolved resistance to chlorantraniliprole in the tomato pinworm *Tuta absoluta*: Inheritance, cross-resistance profile, and metabolism [J]. *Journal of Pest Science*, 2019, 92 (4): 1421–1431.
- Svatos A, Attygalle AB, Jham GN, et al. Sex pheromone of tomato pest *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1996, 22: 787–800.
- Xian XQ, Zhang GF, Liu WX. Risk assessment of the invasion of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) into China [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2019, 46 (1): 49–55. [洗晓青, 张桂芬, 刘万学等. 世界性害虫番茄潜叶蛾入侵我国的风险分析 [J]. 植物保护学报, 2019, 46 (1): 49–55]
- Yan KH, Xu WH, Qian ZL. Effect of sex hormone on the prediction and control of cotton boll worm [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2004, 32 (5): 904–906. [严克华, 徐文华, 钱泽岭. 性信息素在棉铃虫预测预报与诱杀防治中的作用 [J]. 安徽农业科学, 2004, 32 (5): 904–906]
- Zhang GF, Ma DY, Liu WX, et al. The arrival of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), in China [J]. *Journal of Biosafety*, 2019, 28 (3): 200–203. [张桂芬, 马德英, 刘万学, 等. 中国新发现外来入侵害虫——南美番茄潜叶蛾(鳞翅目: 麦蛾科) [J]. 生物安全学报, 2019, 28 (3): 200–203]
- Zhang GF, Xian XQ, Zhang YB, et al. Warning of the dispersal of a newly invaded alien species, tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick), in China [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 281–286. [张桂芬, 洗晓青, 张毅波, 等. 警惕南美番茄潜叶蛾 *Tuta absoluta* (Meyrick) 在中国扩散 [J]. 植物保护, 2020, 46 (2): 281–286]
- Zhang GF, Zhang YB, Xian XQ, et al. Damage of an important and newly invaded agricultural pest, *Phthorimaea absoluta*, and its prevention and management measures [J]. *Plant Protection*, 2022, 48 (4): 51–58. [张桂芬, 张毅波, 洗晓青, 等. 新发重大农业入侵害虫番茄潜叶蛾的发生为害与防控对策 [J]. 植物保护, 2022, 48 (4): 51–58]
- Zhang S, Shao ZR, Shen JL, et al. Emphasis on fundamental principle and measures of scientific control towards main pests and diseases of rice [J]. *Agrochemicals*, 2011, 50 (11): 855–857. [张帅, 邵振润, 沈晋良, 等. 加强水稻主要病虫害科学用药防控的原则和措施 [J]. 农药, 2011, 50 (11): 855–857]
- Zhang ST, Huang LP, Hu LT, et al. Interactions between different sex pheromones used to trap different tobacco moth species [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2023, 60 (1): 210–215. [张松涛, 黄浪平, 胡丽涛, 等. 烟田蛾类害虫性诱芯之间的相互作用研究 [J]. 应用昆虫学报, 2023, 60 (1): 210–215]
- Zhu YT, Zhang YM, Guo XJ, et al. Resistance selection of *Tuta absoluta* (Meyrick) to tetraniliprole and cross-realistic analysis [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2024, 61 (1): 169–176. [朱雅婷, 张雅蒙, 郭晓君等. 番茄潜叶蛾对四唑虫酰胺的抗性选育及交互抗性研究 [J]. 应用昆虫学报, 2024, 61 (1): 169–176]