

# 苹果蠹蛾性信息素诱捕器田间诱捕效应影响因子\*

翟小伟<sup>1,2</sup> 刘万学<sup>1\*\*</sup> 张桂芬<sup>1</sup> 万方浩<sup>1</sup> 徐洪富<sup>2</sup> 蒲崇建<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室,北京 100193; <sup>2</sup> 山东农业大学植物保护学院,山东泰安 271018; <sup>3</sup> 甘肃省植保植检站,兰州 730020)

**摘要** 苹果蠹蛾是我国重要的果树害虫和检疫对象. 本文比较研究了性信息素诱捕器颜色、类型、放置位置、诱芯颜色及诱芯数量等对苹果蠹蛾雄性成虫诱捕效果的影响. 结果表明: 白色和绿色诱捕器的诱捕量是蓝色的 2 倍以上, 诱捕效果显著优于后者; 三角形诱捕器与水瓶式诱捕器的诱捕效果间不存在显著差异, 放置在树冠中部的诱捕器诱蛾量是树冠上部的 2 倍左右, 诱捕效果显著优于后者, 诱芯颜色及诱芯数量对诱蛾量无显著影响. 本研究结果可为苹果蠹蛾的性信息素监测技术提供指导.

**关键词** 苹果蠹蛾 检疫害虫 性信息素 种群动态 诱捕效果

文章编号 1001-9332(2010)03-0801-06 中图分类号 S433 文献标识码 A

**Affecting factors on capture efficacy of sex pheromone traps for *Cydia pomonella* L.** ZHAI Xiao-wei<sup>1,2</sup>, LIU Wan-xue<sup>1</sup>, ZHANG Gui-fen<sup>1</sup>, WAN Fang-hao<sup>1</sup>, XU Hong-fu<sup>2</sup>, PU Chong-jian<sup>3</sup> (<sup>1</sup>State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; <sup>2</sup>College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong, 271018, China; <sup>3</sup>Plant Protection and Quarantine Station of Gansu Province, Lanzhou 730020, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2010, 21(3): 801-806.

**Abstract:** Codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Olethreutidae) is the most serious pest of orchards, and one of the most important quarantine pests in China. This paper studied the effects of the color, shape, placement location, lure color, and lure number of sex pheromone traps on the capture efficacy for *C. pomonella* L. male moth. It was found that the capture efficacy of white and green traps was two times higher than that of blue trap ( $P < 0.05$ ), and water bottle and triangle traps had no significant difference in their trapping effect. The traps hung in the middle of crown gave two times higher catches than those hung in the upper portion of crown ( $P < 0.05$ ). Lure color and number had no significant effect on the capture efficacy. The present results could be used in better monitoring *C. pomonella* by using its sex pheromones.

**Key words:** *Cydia pomonella* L.; quarantine pest; sex pheromone; population dynamics; trapping efficacy.

苹果蠹蛾(*Cydia pomonella* L., 异名 *Laspeyresia pomonella* L.、*Carpocapsa pomonella* L. 和 *Grapholitha pomonella* L.) 俗称苹果小卷蛾、苹果食心虫, 属鳞翅目(Lepidoptera)小卷蛾亚科(Olethreutidae), 是仁果类水果的重要害虫之一. 以幼虫蛀果危害果实, 主要寄主有苹果(*Malus pumila*)、梨(*Pyrus sorotina*)、沙果(*Malus asiatica*)、杏(*Prunus armeniaca*)、桃

(*Prunus persica*)、野山楂(*Crataegus cuneata*)和板栗属、无花果属等植物, 可严重降低果实品质并造成大量落果<sup>[1-2]</sup>. 它起源于欧亚大陆中南部, 目前已扩散到世界六大洲几乎所有的苹果和梨产地<sup>[3-4]</sup>; 在我国, 广泛适生于新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、陕西、山西、河北、北京、天津、山东、辽宁等地和云南、贵州、四川的高海拔地带, 包括了我国苹果、梨等的全部主产区<sup>[5]</sup>.

20 世纪 50 年代, 我国首次在新疆发现苹果蠹蛾<sup>[6]</sup>. 目前, 新疆、甘肃、黑龙江、内蒙、宁夏等 5 省

\* 国家重点基础研究发展规划项目(2009CB119200)和国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A17、2006BAD08A15)资助.

\*\* 通讯作者. E-mail: liuwanyue@263.net

2009-10-14 收稿 2010-01-07 接受.

(区)局部地区已发生疫情面积累计达  $32.96 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 总体看来, 以新疆、甘肃、黑龙江为主, 对我国苹果优势产区形成东西夹击之势, 西部疫情尤其严峻<sup>[7]</sup>. 自1989年首次发现苹果蠹蛾从新疆传入甘肃省敦煌市后, 又由西向东扩散至嘉峪关、酒泉、张掖、山丹等地, 现已越过河西走廊天然屏障逐渐向内地蔓延<sup>[7]</sup>. 随着交通和旅游的发展, 苹果蠹蛾潜在的扩张趋势已严重威胁到我国甘肃陇东南、黄土高原苹果优势产区和东部地区的果业生产及我国的水果出口, 一旦蔓延到这些水果产区, 将给我国仁果类水果生产和销售带来毁灭性的灾难. 苹果蠹蛾所造成的经济损失和形成的对外贸易壁垒, 已引起政府部门的高度重视, 并将其确定为我国重要的对内对外检疫对象.

对苹果蠹蛾的有效监测, 不仅可以明确其发生规律和种群动态, 为正确制定综合防治计划和措施打好基础, 还可以判断疫区的发生范围和扩散途径, 及时进行狙击和阻截以保护非疫区. 目前, 性信息素诱捕监测技术已逐渐取代早期的诱饵诱捕和灯光诱捕技术, 成为监测苹果蠹蛾的主要工具. 我国于1991—1993年连续应用性信息素技术对东部地区进行了多点重复监测调查, 得出无苹果蠹蛾分布的结论, 纠正了国际上苹果蠹蛾世界分布图中的错误<sup>[3]</sup>. 在利用性信息素进行害虫监测和诱杀应用中, 诱捕器的类型、放置高度、密度、性信息素的诱芯材料、性诱剂组分及含量配比和诱捕环境中背景植物的源气味等要素均十分重要, 直接影响到诱捕效率和有效使用时间<sup>[8-13]</sup>. 本文报道了苹果蠹蛾雄蛾的种群动态和性信息素诱捕器的颜色、类型、放置位置、诱芯颜色及诱芯数量等对苹果蠹蛾雄性成虫诱捕效果的影响, 旨在为建立完善的性信息素诱捕系统和长期有效的监控体系提供依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 性信息素诱芯来源

性信息素诱芯购于中国科学院动物研究所, 载体为棕红色和蓝色橡胶塞, 每个塞中注入约0.25 mg 性引诱剂(主要成分为 *E-8*, *E-10-dodecadien-1-ol*). 除诱芯颜色比较试验外, 其余所用诱芯均为蓝色.

### 1.2 诱捕处理的设置及方法

诱捕器类型影响的处理设置: 水瓶式和三角形两种. 三角形诱捕器购于北京中捷四方科贸有限公司, 三面均为相同的钙塑材料, 规格  $25 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$ . 水瓶式诱捕器是由容量为550 ml的废弃白色矿泉

水瓶改制而成, 在瓶的上部剪出3个间距相等的小洞, 水瓶内注0.1%洗衣粉+50%汽车防冻液的水溶液至距洞口1~2 cm处, 诱芯用铁丝固定于瓶盖上距水面上方1~1.5 cm.

诱捕器颜色影响的处理设置: 白色、绿色和蓝色3种水瓶式诱捕器, 诱捕器均悬挂于树冠中部.

诱捕器悬挂位置影响的处理设置: 白色水瓶式诱捕器的悬挂位置分2种, 即在梨树树冠中部和上部. 前者距地面约2.5 m, 后者约3.5 m.

### 1.3 不同诱捕处理诱蛾效果试验

试验在甘肃省酒泉市肃州区果园乡梨园进行, 树龄平均20 a, 株距3.5 m, 行距5 m. 时间为2008年苹果蠹蛾越冬代成虫高峰期(5月8—15日)和第一代成虫高峰期(7月3—9日). 按上述对处理的设置要求, 在梨树树冠外部侧枝上挂置诱捕器, 间距至少15 m, 每天上午检查一次各诱捕器的诱蛾数量, 及时清理诱捕器内的昆虫和杂物, 并添加减少的水; 三角形诱捕器每10 d左右更换粘虫板. 每3 d变换一次诱捕器的位置, 以减少由于果园中虫口密度不同造成的误差. 每种处理使用5个诱捕器, 即5个重复.

### 1.4 苹果蠹蛾成虫发生动态调查

2008年4月20日—10月3日, 在田间梨树树冠中部悬挂5个蓝色单诱芯的白色水瓶式诱捕器, 记录每天5个诱捕器诱捕的苹果蠹蛾总量, 以监测其种群动态.

### 1.5 数据分析

使用SPSS 13.0软件, 采用单向方差分析最小显著差数法(one-way ANOVA LSD)比较不同诱捕处理的苹果蠹蛾雄蛾数量间的差异, 利用独立样本 *t* 检验分析不同诱捕器类型、悬挂高度和剂量等对诱捕苹果蠹蛾的效果差异.

## 2 结果与分析

### 2.1 苹果蠹蛾种群动态

从性信息素诱捕监测苹果蠹蛾雄蛾的种群动态结果(图1)可以看出, 在甘肃省酒泉市肃州区, 从4月中旬至10月初, 成虫数量共出现2次高峰. 越冬代成虫4月下旬开始羽化, 4月22日诱捕到第一头成虫. 越冬代和第一代成虫的发生高峰期分别为5月上旬至中旬和7月上旬至中旬, 成虫诱捕量在7月下旬至9月中旬间维持均衡, 9月底未诱捕到成虫. 第一代成虫高峰期的持续时间比越冬代成虫长, 但两代的单日最大诱捕量基本相同, 分别为26头和25头.

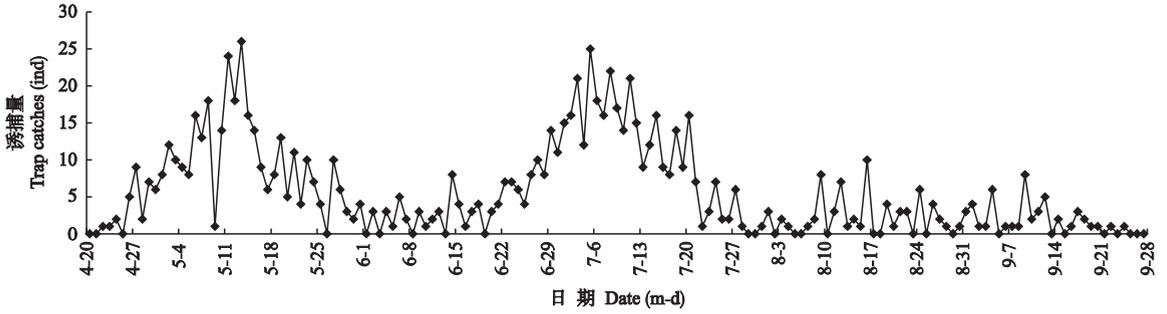


图1 苹果蠹蛾雄蛾种群动态

Fig.1 Population dynamic of *Cydia pomonella* male moth (2008, Jiuquan, Gansu)

## 2.2 诱捕器颜色对苹果蠹蛾性信息素诱蛾效果的影响

表1显示,在性信息素诱芯、诱捕器类型和悬挂部位一致的情况下,诱捕器颜色对诱捕苹果蠹蛾雄性数量有显著影响。在越冬代和第一代成虫高峰期,白色和绿色诱捕器日平均诱捕雄蛾量显著高于蓝色诱捕器,而前两者的诱捕效果间差异不显著;白色、绿色和蓝色诱捕器的单日平均最高诱捕量分别为3头、4头和3头。

## 2.3 诱捕器类型对苹果蠹蛾性信息素诱蛾效果的影响

表2表明,在越冬代和第一代成虫高峰期,三角

表1 不同颜色诱捕器诱捕苹果蠹蛾雄蛾的日平均数量

Tab.1 Daily average number of *Cydia pomonella* male moth caught by three colors of sex pheromone trap (mean  $\pm$  SD)

诱捕器颜色 Trap color	每诱捕器日平均诱蛾量 Daily average catching number per trap (males)	
	越冬代 Overwintering generation	第一代 The first generation
	白色 White	1.14 $\pm$ 0.30a
绿色 Green	1.29 $\pm$ 0.46a	0.86 $\pm$ 0.36a
蓝色 Blue	0.54 $\pm$ 0.22b	0.40 $\pm$ 0.20b

同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ) Different letters within the same row indicated significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

表2 不同类型诱捕器诱捕苹果蠹蛾雄蛾的日平均数量

Tab.2 Daily average number of *Cydia pomonella* male moth caught by different types sex pheromone trap (mean  $\pm$  SD)

诱捕器类型 Trap type	每诱捕器日平均诱蛾量 Daily average catching number per trap (males)	
	越冬代 Overwintering generation	第一代 The first generation
	水瓶式 Water bottle type	1.14 $\pm$ 0.30a
三角形 Triangle	1.37 $\pm$ 0.48a	1.09 $\pm$ 0.32a

形诱捕器诱蛾量稍高于水瓶式诱捕器,但差异不显著;水瓶式和三角形诱捕器单日平均诱芯的最高诱捕量分别为3头和4头。

## 2.4 诱捕器在树冠内的悬挂位置对诱捕苹果蠹蛾效果的影响

田间试验结果(表3)表明,在越冬代和第一代成虫高峰期,诱捕器在梨树树冠中的位置显著影响诱捕苹果蠹蛾雄蛾的效果,放置于树冠中部的诱捕器平均诱蛾量为树冠上部诱捕器的2倍左右;两者的单日最高诱捕量均为3头。

## 2.5 性信息素诱芯颜色对诱捕苹果蠹蛾效果的影响

表4显示,在越冬代和第一代成虫高峰期,蓝色

表3 不同悬挂部位的诱捕器诱捕苹果蠹蛾雄蛾的日平均数量

Tab.3 Daily average number of *Cydia pomonella* male moth caught by sex pheromone trap hung in different positions (mean  $\pm$  SD)

诱捕器悬挂部位 Trap position hung in the crown	每诱捕器日平均诱蛾量 Daily average catching number per trap (males)	
	越冬代 Overwintering generation	第一代 The first generation
	树冠中部 Middle part	1.14 $\pm$ 0.30a
树冠上部 Upper part	0.57 $\pm$ 0.27b	0.49 $\pm$ 0.30b

表4 不同诱芯颜色的诱捕器诱捕苹果蠹蛾雄蛾的日平均数量

Tab.4 Daily average number of *Cydia pomonella* male moth caught by different lure colors sex pheromone trap (mean  $\pm$  SD)

诱芯颜色 Lure color	每诱捕器日平均诱蛾量 Daily average catching number per trap (males)	
	越冬代 Overwintering generation	第一代 First generation
	蓝色 Blue	1.14 $\pm$ 0.30a
红色 Red	1.03 $\pm$ 0.27a	0.74 $\pm$ 0.77a

表5 不同诱芯剂量的诱捕器诱捕苹果蠹蛾雄蛾的日平均数量

Tab. 5 Daily average number of *Cydia pomonella* male moth caught by different lure dosage of sex pheromone trap (mean  $\pm$  SD)

诱芯数量 Lure number	每诱捕器日平均诱蛾量 Daily average catching number per trap (males)	
	越冬代 Overwintering generation	第一代 The first generation
	单诱芯 Single-lure	1.14 $\pm$ 0.30a
双诱芯 Dual-lure	1.31 $\pm$ 0.51a	1.00 $\pm$ 0.31a

和红色诱芯诱捕器的诱蛾量间不存在显著差异,两者的单日最高诱捕量分别为3头和5头。

## 2.6 性信息素诱芯数量对诱捕苹果蠹蛾效果的影响

表5显示,在越冬代和第一代成虫高峰期,单诱芯和双诱芯(双诱芯指一个诱捕器中含有2个诱芯)诱捕器的诱蛾量间不存在显著差异;两者的单日最高诱捕量分别为3头和4头。相同诱芯的诱捕器在两世代间的诱蛾量同样不存在显著差异。

## 3 讨论

面对苹果蠹蛾日益严峻的潜在扩散趋势和可能由此引发的严重威胁,实施科学有效的检疫、监测和防治技术,阻止其在我国的进一步扩散,保护水果生产安全,是当前最迫切的任务。应用昆虫性信息素监测、诱杀和迷向害虫作为一种新技术,具有专一性强、高效、无污染、不伤益虫等优点,可满足农业可持续发展的要求<sup>[14]</sup>。

常用的苹果蠹蛾性诱捕器有国际标准诱捕器(pherocon IC)、水盆式诱捕器、罩笼式诱捕器、瓶式(杯式)诱捕器和其他多种自制诱捕器。最佳诱捕器的设计是根据目标昆虫在接近信息素源时的距离飞翔行为确定的<sup>[15]</sup>。通过对不同诱捕器诱捕效果的比较发现,三角形胶粘诱捕器好于水盆式诱捕器,在成虫出现高峰期时,前者捕获雄虫的数量是后者的4~4.2倍;瓶式诱捕器也明显优于水盆式诱捕器<sup>[11,16]</sup>和其他诱捕器<sup>[17]</sup>。本研究发现,三角形诱捕器与水瓶式诱捕器的诱蛾效果间不存在显著差异。水瓶式诱捕器的优点是原料容易得到、制作方法较简单,不足之处在于需要及时添加诱捕液和清除诱捕物。

性信息素诱捕器的放置位置,亦是影响诱捕效果的一个重要因素,但因飞行能力和植物种类等的不同,放置部位对诱捕效果的影响亦各不相同<sup>[18]</sup>。

如张桂芬等<sup>[18]</sup>发现,放置在树冠中上部的诱捕器对槐小卷叶蛾(*Cydia trasiacis*)的诱捕效果最好;苏建伟等<sup>[19]</sup>研究发现,诱盆放置在高部和中部时的诱捕二化螟(*Chilo suppressalis*)量与放置在低部间存在显著差异。

昆虫在寻找寄主的过程中,依靠颜色、形状的视觉刺激和气味的嗅觉刺激,或两者的共同作用,完成对寄主的定位<sup>[20]</sup>。如庞保平等<sup>[21]</sup>发现四季豆(*Phaseolus vulgaris*)叶片颜色对美洲斑潜蝇雌成虫具有明显的引诱作用;B型烟粉虱(*Bemisia tabaci*)在对同种颜色的寄主进行选择 and 定位时,嗅觉起主要作用,对不同颜色的寄主选择和定位时,视觉起决定作用<sup>[22]</sup>。尹姣等<sup>[23]</sup>研究得出,粘虫(*Mythimna separata*)雌蛾对产卵场所的颜色有明显的选择性。关于不同颜色的诱捕器和诱芯的诱捕效果,前人也作了大量研究。如,张桂芬等<sup>[18]</sup>指出,白色、绿色和黄色诱捕器对槐小卷叶蛾的诱捕效果明显优于蓝色诱捕器。苏建伟等<sup>[19]</sup>发现,诱捕二化螟雄蛾的诱盆颜色以绿色最好,红色和蓝色次之,颜色较浅的黄色效果最差。武三安<sup>[24]</sup>研究认为,诱芯的诱捕力以接近虫体本色的淡红色和黄色最强。本文结果显示,白色和绿色诱捕器诱捕雄蛾的效果显著高于蓝色诱捕器,而诱芯的颜色不影响诱捕效果。性信息素诱捕器颜色对诱捕效果的影响机理还有待进一步研究。

当前,主要应用苹果蠹蛾性信息素的主要成分E-8 E-10-dodecadien-1-ol进行监测和诱捕诱杀。试验表明,含1.25 mg性诱剂的诱芯诱蛾数量最多,高于5 mg或低于0.5 mg剂量时,诱蛾数量均明显下降<sup>[25]</sup>。Kehat等<sup>[26]</sup>指出,最理想的诱芯剂量为100~1000  $\mu$ g,并推荐使用1000  $\mu$ g剂量,而5000  $\mu$ g剂量的诱捕量显著少于100  $\mu$ g或1000  $\mu$ g剂量。同时,可以再添加一些次要性信息素成分,如dodecan-1-ol和tetradecan-1-ol,来增强对雄性苹果蠹蛾的吸引<sup>[27]</sup>。确定诱芯中性信息素的最佳成分和含量,是提高诱捕器诱捕苹果蠹蛾效果的重要因素,但这还需要更深入的研究。

性信息素监控苹果蠹蛾仅影响雄性行为,对雌性不产生影响,而将性信息素和苹果蠹蛾寄主挥发物结合使用则可同时对雄性和雌性行为产生影响,起到较好的监测和诱捕诱杀作用,并增强性信息素E-8 E-10-dodecadien-1-ol对苹果蠹蛾的吸引。苹果和梨的一些果实挥发物已被证实能诱导苹果蠹蛾雄性和雌性产生较强的触角和行为反应<sup>[28-30]</sup>。在对苹果园的监测中,梨果实挥发物ethyl(2E,4Z)-2,4-

decadienoate 和 *E*-8, *E*-10-dodecadien-1-ol 的混合物 (3 mg:3 mg) 能够显著增加雄性及总诱捕量<sup>[31]</sup>。因此, 还有必要单独针对植物源气味并将其与性信息素结合进行研究, 以提高对苹果蠹蛾的监测和诱杀效果。

#### 参考文献

- [ 1 ] Cai Q-N ( 蔡青年 ), Zhang Q-W ( 张青文 ). *Cydia pomonella*// Wan F-H ( 万方浩 ), Zheng X-B ( 郑小波 ), Guo J-Y ( 郭建英 ), eds. *Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry*. Beijing: Science Press, 2005: 363-375 ( in Chinese )
- [ 2 ] Zhai X-W ( 翟小伟 ), Liu W-X ( 刘万学 ), Zhang G-F ( 张桂芬 ), et al. Advances on the study and application of sex pheromones of *Cydia pomonella* ( L. ). *Acta Entomologica Sinica* ( 昆虫学报 ), 2009, **52**( 8 ): 907-916 ( in Chinese )
- [ 3 ] National Codling Moth Cooperative Research Group ( 全国苹果蠹蛾研究协作组 ). Investigation reveals no distribution of codling moth in the east of China. *Acta Phytotaxonomica Sinica* ( 植物保护学报 ), 1994, **21**( 2 ): 169-175 ( in Chinese )
- [ 4 ] Jin R-H ( 金瑞华 ). Investigation on distribution of codling moth in China. *Science Foundation in China* ( 中国科学基金 ), 1997( 2 ): 124-125 ( in Chinese )
- [ 5 ] Yang R ( 杨 瑞 ). Study on Habitat Suitability of *Cydia pomonella* ( L. ) in China. Master Thesis. Yangling: Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, 2008 ( in Chinese )
- [ 6 ] Zhang X-Z ( 张学祖 ). Taxonomic notes on the codling moth, *Carpocapsa pomonella* L. in China. *Acta Entomologica Sinica* ( 昆虫学报 ), 1957, **7**( 4 ): 467-472 ( in Chinese )
- [ 7 ] Wang C-L ( 王春林 ), Wang F-X ( 王福祥 ). Advances in interception and control of the codling moth. *Plant Protection* ( 植物保护 ), 2009, **35**( 2 ): 102-103 ( in Chinese )
- [ 8 ] Thwaite WG, Madsen HF. The influence of trap density, trap height, outside traps and trap design on *Cydia pomonella* ( L. ) captures with sex pheromone traps in New South Wales apple orchards. *Australian Journal of Entomology*, 1983, **22**: 97-99
- [ 9 ] Weissling TJ, Knight AL. Vertical distribution of codling moth adults in pheromone-treated and untreated plots. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1995, **77**: 271-275
- [ 10 ] Xu G-Q ( 许国庆 ), Luo L-Z ( 罗礼智 ), Jiang X-F ( 江幸福 ). The behavioral responses of *Spodoptera exigua* ( H. ) males to the artificial sex pheromone in wind tunnel and field trapping efficiency. *Acta Ecologica Sinica* ( 生态学报 ), 2006, **26**( 9 ): 3035-3040 ( in Chinese )
- [ 11 ] Du L ( 杜 磊 ), Zhang R-Z ( 张润志 ), Pu C-J ( 蒲崇建 ), et al. Efficiency of two types of pheromone traps in capturing adult codling moth, *Cydia pomonella*, and influences by ground vegetation cover plants. *Chinese Bulletin of Entomology* ( 昆虫知识 ), 2007, **44**( 2 ): 233-237 ( in Chinese )
- [ 12 ] Wei H-Y ( 魏洪义 ), Du J-W ( 杜家纬 ). Identification of active components of sex pheromone for *Sidemia depravata* and field trapping. *Chinese Journal of Applied Ecology* ( 应用生态学报 ), 2003, **14**( 5 ): 730-732 ( in Chinese )
- [ 13 ] Wang Z-H ( 王振华 ), Zhao H ( 赵 晖 ), Li J-F ( 李金甫 ), et al. Synergism of plant volatiles to insect pheromones and related mechanisms. *Chinese Journal of Applied Ecology* ( 应用生态学报 ), 2008, **19**( 11 ): 2533-2537 ( in Chinese )
- [ 14 ] Jiao X-G ( 焦晓国 ), Xu W-J ( 宣维健 ), Sheng C-F ( 盛承发 ). Research advances in applying sex pheromones to forecasting and prediction of insect pests. *Plant Protection* ( 植物保护 ), 2006, **32**( 6 ): 9-13 ( in Chinese )
- [ 15 ] Du J-W ( 杜家纬 ). Retrospect and prospect of forecast with insect pheromone. *Forecast of Disease and Pest* ( 病虫害测报 ), 1990( 1 ): 33-38 ( in Chinese )
- [ 16 ] Zhou C-J ( 周成军 ), Liu W-P ( 刘文萍 ). Two types of pheromone traps in capturing adult codling moth, *Cydia pomonella*. *Northern Fruits* ( 北方果树 ), 1997( 2 ): 22 ( in Chinese )
- [ 17 ] Xue G-H ( 薛光华 ), Yan J ( 严 钧 ), Wang W-G ( 王文广 ), et al. Application of sex pheromone in codling moth monitor and control. *Plant Quarantine* ( 植物检疫 ), 1995, **9**( 4 ): 198-203 ( in Chinese )
- [ 18 ] Zhang G-F ( 张桂芬 ), Yan X-H ( 阎晓华 ), Meng X-Z ( 孟宪佐 ). Effects of the sex pheromone traps on capture of *Cydia trasiaca* ( Meyrick ) ( Lepidoptera: Olethreutidae ) male moth. *Scientia Silvae Sinicae* ( 林业科学 ), 2001, **37**( 5 ): 93-96 ( in Chinese )
- [ 19 ] Su J-W ( 苏建伟 ), Sheng C-F ( 盛承发 ), Xuan W-J ( 宣维健 ), et al. A technique of sex pheromone attractants and traps against the male moth of *Chilo suppressalis*. *Plant Protection* ( 植物保护 ), 1999, **25**( 4 ): 1-3 ( in Chinese )
- [ 20 ] Yan S-C ( 严善春 ), Jiang X-L ( 姜兴林 ), Xu F-L ( 徐芳玲 ), et al. The trapping effects of two different color cup traps on larch cone flies. *Journal of Northeast Forestry University* ( 东北林业大学学报 ), 2002, **30**( 1 ):

- 30-32 ( in Chinese )
- [ 21 ] Pang B-P ( 庞保平 ), Bao Z-S ( 鲍祖胜 ), Zhou X-R ( 周晓榕 ), *et al.* Effects of host volatiles , leaf color , and cuticular trichomes on host selection by *Liriomyza sativae* Blanchard. *Acta Ecologica Sinica* ( 生态学报 ), 2004 , **24**( 3 ) : 547-551 ( in Chinese )
- [ 22 ] Cao F-Q ( 曹凤勤 ), Liu W-X ( 刘万学 ), Wan F-H ( 万方浩 ), *et al.* Behavior selection of *Bemisia tabaci* B-biotype to different host plants and colors. *Chinese Bulletin of Entomology* ( 昆虫知识 ), 2008 , **45**( 3 ) : 431-436 ( in Chinese )
- [ 23 ] Yin J ( 尹 姣 ), Xue Y-G ( 薛银根 ), Qiao H-B ( 乔红波 ), *et al.* The significance of oviposition site selection and effect of color in orientation by oriental armyworm , *Mythimna separate* Walker. *Acta Ecologica Sinica* ( 生态学报 ), 2007 , **27**( 6 ) : 2483-2489 ( in Chinese )
- [ 24 ] Wu S-A ( 武三安 ). Effects of the lure colors of sex pheromone on *Ancylis sativa*. *Chinese Bulletin of Entomology* ( 昆虫知识 ), 1995 , **32**( 1 ) : 30-31 ( in Chinese )
- [ 25 ] Chen H ( 陈 宏 ), Lin W ( 林 伟 ), Xue G-H ( 薛光华 ), *et al.* *Cydia pomonella* sex pheromone and its application. *Plant Quarantine* ( 植物检疫 ), 1995 , **9**( 1 ) : 15-16 ( in Chinese )
- [ 26 ] Kehat M , Anshelevich L , Dunkelblum E , *et al.* Sex pheromone traps for monitoring the codling moth : Effect of dispenser type , field aging of dispenser , pheromone dose and type of trap on male captures. *Entomologia Experimentalis et Applicata* , 1994 , **70** : 55-62
- [ 27 ] Preiss R , Priesner E. Responses of male codling moths ( *Laspeyresia pomonella* ) to codlemone and other alcohols in a wind tunnel. *Journal of Chemical Ecology* , 1988 , **14** : 797-813
- [ 28 ] Hern A , Dorn S. Induction of volatile emissions from ripening apple fruits infested with *Cydia pomonella* and the attraction of adult females. *Entomologia Experimentalis et Applicata* , 2002 , **102** : 145-151
- [ 29 ] Yang ZH , Bengtsson M , Witzgall P. Host plant volatiles synergize response to sex pheromone in codling moth *Cydia pomonella*. *Journal of Chemical Ecology* , 2004 , **30** : 619-629
- [ 30 ] Ansebo L , Coracini MDA , Bengtsson M , *et al.* Antennal and behavioural response of codling moth *Cydia pomonella* to plant volatiles. *Journal of Applied Entomology* , 2004 , **128** : 488-493
- [ 31 ] Knight AL. Monitoring codling moth ( Lepidoptera : Tortricidae ) with passive interception traps in sex pheromone-treated apple orchards. *Journal of Economic Entomology* , 2000 , **93** : 1744-1751

---

作者简介 翟小伟 男 ,1982 年生 ,硕士 . 主要从事外来昆虫入侵生物学和控制技术研究 . E-mail : xwzhai@163.com

责任编辑 肖 红

---