

苹果蠹蛾性信息素田间应用技术研究

张 涛^{1a,1b}, 赵江华^{1a,2}, 冯俊涛^{1a,2}, 张 兴^{1a,2}

(1 西北农林科技大学 a 无公害农药研究服务中心, b 理学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】探讨苹果蠹蛾性信息素田间应用中的技术问题, 为苹果蠹蛾性信息素的科学应用提供理论依据。【方法】采用三角式、飞翼式、水盆式和圆筒式 4 种诱捕器, 较系统地研究了诱捕器类型和悬挂高度、苹果蠹蛾性信息素剂量和纯度等因素对诱捕效果的影响。【结果】三角式和飞翼式诱捕器的诱捕效果较佳; 诱捕器设置在树冠中上部的诱捕量极显著高于下部及顶部; 每诱芯中苹果蠹蛾性信息素含量为 0.75 mg 时诱捕效果最佳, 剂量低于每诱芯 0.25 mg 或高于 1.5 mg 时, 诱捕量显著下降; 性信息素纯度对诱捕效果影响较大, 在每诱芯 1.00 mg 剂量下, 纯度为 75% 的性信息素诱捕效果较佳。【结论】田间宜采用三角式粘胶诱捕器; 每诱芯中含 0.75 mg 苹果蠹蛾性信息素处理的诱捕效果最佳; 性信息素纯度不低于 75% 即可达到制备诱芯的要求; 诱捕器设置在树冠中上部诱蛾效果更好。

【关键词】 苹果蠹蛾; 性信息素; 诱捕器类型; 悬挂高度; 诱捕效果

【中图分类号】 S436.611

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)05-0167-05

Study on the applied technology of codling moth's sex pheromone

ZHANG Tao^{1a,1b}, ZHAO Jiang-hua^{1a,2}, FENG Jun-tao^{1a,2}, ZHANG Xing^{1a,2}

(1 a Research & Development Center of Biorational Pesticide, b College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Technology and Engineering Center of Biopesticide, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The research was done to study the applied technology of codling moth's sex pheromone in order to provide technical basis for using sex pheromone in field. 【Method】 A comparative study was conducted on the efficiency of different dose, pure sex pheromone and hanging height of traps on capture of codling moth. 【Result】 The result indicated that there is obvious difference between different dosages. The most effective dose is 0.75 mg. The catches will reduce obviously when the dose is more than 1.5 mg or less than 0.25 mg. The result also indicated that in dosage of 1.00 mg, when the purity is 75%, the traps catch most codling moth which is more effective than others. In this study, we also found the most suitable hanging height of traps on the top-part of orchard; the trapping effects are more significant than the under-part. 【Conclusion】 When sex pheromone is used to control codling moth, the best dosage is 0.75 mg, the traps should be hung in the top of trees. The request purity to prepare dispenser rubber stopper is more than 75%.

Key words: codling moth; sex pheromone; type of pheromone traps; height of traps; trapping effects

苹果蠹蛾 (*Laspeyresia pomonella* (Linnaeus), 又名 *Cydia pomonella* (L.), *Carpocapsa pomonella* (L.) 和 *Grapholitha pomonella* (L.)), 属鳞翅目小卷蛾科, 该虫食性杂, 有很强的适应性、

抗逆性和繁殖能力, 一经传入很难根治, 是苹果、梨、桃等仁果类水果的毁灭性蛀果害虫, 也是我国重要的对内对外检疫对象^[1]。我国自 20 世纪 50 年代初首次在新疆发现苹果蠹蛾^[2], 此后该虫发生一直保

* [收稿日期] 2010-10-20

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A03)

[作者简介] 张 涛(1973—), 女, 陕西蓝田人, 讲师, 在读博士, 主要从事生物农药研究。E-mail: fuzitong@163.com

[通信作者] 张 兴(1952—), 男, 陕西周至人, 教授, 博士生导师, 主要从事农药学研究。E-mail: zhixing1952@126.com

持向东扩展的趋势,目前苹果蠹蛾已经蔓延至甘肃张掖等地,其危害对我国苹果安全生产构成了严重威胁^[3]。为了有效控制苹果蠹蛾的危害,首先必须对苹果蠹蛾的发生进行准确测报,而利用人工合成性信息素作为性引诱剂进行虫情监测,具有专一、准确的优点,已被植保部门广泛采用^[4-5]。苹果蠹蛾田间诱捕效果受诸如诱捕器类型、设置高度、密度及性信息素剂量、气候等因素的影响^[6]。杜磊等^[7]对水盆式和三角式诱捕器诱捕效果进行了比较,认为三角胶板式诱捕器具有更高的监测效率,地面植被对诱捕效果有较大影响。薛光华等^[8]研究表明,不同诱捕器的诱蛾效果差异显著,且诱捕器的悬挂高度、密度对诱蛾量也有显著影响。有关苹果蠹蛾性信息素田间应用的最佳剂量说法不一,陈宏等^[9]认为含 1.25 mg 性诱剂的诱芯诱蛾最多,高于 5 mg 或低于 0.5 mg 剂量时,诱蛾量均明显下降。Kehat 等^[10]则指出理想的诱芯剂量应为 1.0 mg。张涛^[11]认为,每诱芯 0.5 mg 性诱剂量的诱捕效果优于每诱芯 1.0 和 2.0 mg。本研究在前期工作的基础上,于 2008 年在甘肃张掖地区系统进行田间诱捕试验,探讨了苹果蠹蛾性信息素田间使用中诱捕器类型、诱芯中化合物剂量、性信息素化合物纯度及诱捕器设置高度对诱捕效果的影响,以期为苹果蠹蛾性信息素的科学应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试诱捕器 (1)三角式诱捕器:采用 PVC 板制成中空等边三棱形诱捕器(横向截面为边长 13.5 cm 的等边三角形,棱长 28.0 cm),诱捕器的底边涂有粘虫胶,诱芯通过铁丝悬挂于诱捕器内部,距粘虫板 1.0 cm 左右。

(2)飞翼式诱捕器:西安狄寨昆虫诱捕器材厂生产,质地 PVC 板,长 25.0 cm,宽 20.0 cm 边缘内折成中部中空的长方体,两端留有 20.0 cm×8.0 cm 的开口,内挂诱芯,底部涂有粘虫胶。

(3)水盆式诱捕器:采用市售塑料水盆,内口径 24.0 cm,深约 10.0 cm,内盛 3/4 水,水中加少量洗衣粉,诱芯用细铁丝悬挂于水盆圆心上方,距盆内水面 1.0 cm。

(4)圆筒式诱捕器:购自西安狄寨昆虫诱捕器材厂,纸质,底部直径 10.0 cm,两端小孔直径 4.0 cm,高 17.0 cm,空心圆柱体,外壁涂有防水蜡质材料,内壁涂粘虫胶,诱芯悬挂在诱捕器的内部中央。

1.1.2 供试诱芯 标准诱芯购自中国科学院动物研究所,其载体为黑色橡皮塞,性信息素含量为每诱芯 1 mg。空白诱芯购自西安狄寨昆虫诱捕器材厂,用溶剂二氯甲烷浸泡后晾干。不同含量及纯度试验所用诱芯由西北农林科技大学无公害农药研究与服务中心实验室合成并研制。诱芯中的有效成分为 E, E-8,10-十二碳二烯-1-醇。

制作方法:将合成的性信息素化合物配制成质量浓度为 1 mg/mL 的二氯甲烷溶液,按所需剂量将溶液用微量进样器加到空白诱芯的凹槽中,待溶液渗入完全即可。用聚乙烯自封袋密封保存,置于冰箱内备用。

1.2 试验地概况

试验地点位于甘肃省张掖市小满乡部队果园,苹果园面积约为 3.5 hm²,主栽品种为黄元帅、国光,平均树龄 30 年,平均株高约 5.0 m,管理粗放,未进行化学防治,果树长势衰弱,苹果蠹蛾危害严重;梨园面积 4.5 hm²,以早酥梨为主栽品种,平均树龄 14 年,平均株高 4.0 m,苹果蠹蛾危害较轻。

1.3 试验方法

于 2008-07-01—2008-08-20 在张掖市小满乡部队果园同时进行诱捕器类型、悬挂高度、性信息素剂量及性信息素纯度的试验。其中不同诱捕器类型诱捕效果比较试验在早酥梨园开展,其他研究均在苹果园进行。试验时,每 2 个诱捕器之间距离约 20.0 m,所有诱捕器随机均匀分布于果园。自试验开始之日起,每隔 3 d 调查 1 次,记录各诱捕器捕获苹果蠹蛾雄蛾的数量,同时清理诱捕器内的其他昆虫等杂物。随机交换诱捕器,以减少悬挂位置的影响。为保证诱芯效果及粘胶质量,每隔 3 周更换 1 次诱芯与粘虫胶。

1.3.1 不同类型诱捕器诱捕效果的比较 以标准诱芯为供试诱芯,采用飞翼式诱捕器、三角式诱捕器、水盆式诱捕器及圆筒式诱捕器进行试验。每处理设 6 个重复。

1.3.2 诱捕器悬挂高度对诱捕效果的影响 以标准诱芯为供试诱芯,参考寄主植物的植株高度,设置 5 个处理,诱捕器分别悬挂在距地约 1,2,3,4,5 m (在与树顶端几乎平齐处用竹竿悬挂诱捕器)树枝处,每处理设 3 个重复。

1.3.3 诱芯中性信息素剂量对诱捕效果的影响 采用空白诱芯,加入本实验室合成纯度为 96% 的性信息素,制成性信息素含量分别为 0.25,0.50,0.75,1.00,1.50,2.00 mg/诱芯的 6 种不同剂量诱

芯进行试验,每处理设 4 个重复。

1.3.4 诱芯中性信息素纯度对诱捕效果的影响

采用本实验室合成的 14%,35%,51%,75%和 98% 5 种不同纯度的化合物制备诱芯,经 GC-MS 分析,化合物中所含杂质有三苯氧磷、非挥发性的高级脂肪烃和少量 E, Z-8,10-十二碳二烯-1-醇异构体。制备诱芯时,计算使得每诱芯含性信息素有效成分为 1.00 mg,进行性信息素纯度对诱蛾效果的影响试验,每处理设 4 个重复。

1.4 数据分析

田间诱捕试验所得数据采用 Excel 与 SPSS 13.0 软件进行统计分析;数据间多重比较采用 Dun-

can 新复极差法进行。

2 结果与分析

2.1 不同类型诱捕器对苹果蠹蛾诱捕效果的影响

不同类型诱捕器对苹果蠹蛾诱捕效果的影响结果见表 1。由表 1 可见,不同类型诱捕器对苹果蠹蛾雄蛾的诱捕效果有明显差异,其中飞翼式、三角式诱捕器的诱捕效果比圆筒式和水盆式诱捕器好;在整个试验期间,前 2 者的平均诱蛾量均超过 12 头/诱捕器,极显著高于圆筒式、水盆式诱捕器;4 种诱捕器的诱捕效果为:飞翼式>三角式>水盆式>圆筒式

表 1 不同类型诱捕器对苹果蠹蛾雄蛾诱捕效果的影响

Table 1 Attractive influence with different types of traps in field

诱捕器类型 Trap	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches	诱捕器类型 Trap	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches
飞翼式 Double layered sticky trap	85	14.17±1.22 aA	水盆式 Water basin trap	49	8.17±1.07 bB
三角式 Delta sticky trap	74	12.33±2.01 aA	圆筒式 Cylinder sticky trap	15	2.50±0.16 cC

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note: Different capital letters and different small letters in a column indicate significant difference in 5% ($P<0.05$) and 1% ($P<0.01$) level respectively. The same below.

2.2 诱捕器悬挂高度对苹果蠹蛾诱捕效果的影响

由表 2 可以看出,不同悬挂高度诱捕器的诱蛾效果差异明显,距地高度为 4 和 3 m 处理的诱捕效果相当,均极显著优于其他 3 个处理;距地高度为 2

m 处理的诱捕效果极显著优于距地高度为 1 和 5 m 的处理;5 种处理中,以距地高度为 1,5 m 处理的诱捕效果最差。

表 2 诱捕器悬挂高度对苹果蠹蛾雄蛾诱捕效果的影响

Table 2 Attractive influence with varying height in field

诱捕器悬挂高度 Height of trap	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches	诱捕器悬挂高度 Height of trap	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches
5	19	6.33±0.93 cC	2	79	26.33±0.89 bB
4	133	44.33±2.60 aA	1	16	5.33±0.88 cC
3	124	41.33±1.45 aA			

2.3 诱芯中性信息素剂量对苹果蠹蛾诱捕效果的影响

由表 3 可以看出,在整个诱捕试验期间,含不同剂量性信息素的诱芯对苹果蠹蛾雄蛾的诱捕效果影响显著,其中以 0.50 和 0.75 mg/诱芯处理诱捕效

果较好,在整个试验期间诱蛾总量均在 100 头以上,但是 0.5~1.0 mg/诱芯间的诱捕效果差异不显著。0.5~1.0 mg/诱芯处理的诱捕效果极显著优于 1.50 和 2.00 mg/诱芯,剂量高于 1.50 mg/诱芯时,诱捕量极显著降低。

表 3 诱芯中性信息素剂量对苹果蠹蛾雄蛾诱捕效果的影响

Table 3 Attractive influence with different dosages of sex pheromone in field

性信息素剂量/ (mg·诱芯 ⁻¹) Dosage	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches	性信息素剂量/ (mg·诱芯 ⁻¹) Dosage	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches
0.25	77	19.25±4.2 bB	1.00	83	20.75±2.7 aA
0.50	109	27.25±2.1 aA	1.50	26	6.50±1.3 cC
0.75	115	28.75±3.6 aA	2.00	11	2.75±0.3 cC

2.4 诱芯中性信息素纯度对苹果蠹蛾诱捕效果的影响

不同纯度性信息素制备的诱芯对苹果蠹蛾雄蛾

的诱捕效果见表 4。由表 4 可以看出,在 1.00 mg/诱芯的剂量下,纯度为 75%的处理诱捕效果最好,在整个试验期间诱蛾总量达 121 头,但与纯度为

98%处理的诱捕效果差异不显著;纯度为 75%和 98%处理的诱捕效果均极显著优于纯度为 14%, 35%,51%的处理;纯度为 14%的处理诱捕效果最差,与其他处理间差异达极显著水平。

表 4 性信息素纯度对苹果蠹蛾雄蛾诱捕效果的影响

Table 4 Attractive influence with different purity of sex pheromone in field

性信息素纯度/% Purity	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches	性信息素纯度/% Purity	诱蛾总量/ (头·处理 ⁻¹) Total catches	诱蛾量均值/ (头·诱捕器 ⁻¹) Mean catches
98	83	20.75±2.7 aA	35	32	8.0±1.21 bB
75	121	30.25±2.6 aA	14	17	4.25±0.24 cC
51	54	13.5±1.34 bB			

3 结论与讨论

本研究结果表明,在苹果蠹蛾性信息素田间诱捕应用技术中,诱捕器类型和悬挂高度、诱芯中性信息素含量和纯度等因素均对诱捕效果有一定的影响。

不同类型诱捕器对苹果蠹蛾雄蛾诱捕效果影响显著,飞翼式和三角式诱捕器的诱捕效果显著优于水盆式和圆筒式诱捕器。诱捕器是性信息素应用的重要设备,其形状、材质等都会影响到诱虫效果。究其原因可能有以下几点:(1)是否有利于性信息素的挥发扩散。三角式和飞翼式诱捕器均为半封闭结构,有利于性诱剂的挥发;圆筒式诱捕器两端只有直径 4 cm 的小孔,不利于性信息素的挥发。(2)对诱芯的保护程度。水盆式诱捕器的诱芯被放置在一个开放的环境中,尽管性信息素的挥发效果好,但易受日光暴晒导致化合物异构化,同时还可能由于雨水等原因致使诱芯中活性成分部分流失。(3)诱捕介质的影响。张掖地区气候干燥、蒸发量大,水盆式诱捕器中的水蒸发很快,使诱芯与水面距离增大,给苹果蠹蛾的飞行留下足够空间,引起诱蛾效果下降。以粘虫胶为诱捕介质不存在上述情况,诱捕效果稳定。鉴于三角式诱捕器田间诱捕效果较佳且成本较低,宜在田间推广使用。

研究表明,诱捕器设置在树冠中上部(约在整个寄主株高的 3/5~4/5 处)有利于诱到更多的苹果蠹蛾雄蛾,这与薛光华等^[8]的研究结论一致。关于诱捕器设置高度对诱捕效果的影响,汪燕琴等^[12]在柿子园内测试诱捕器悬挂高度对桔小实蝇雄性成虫诱集效果的影响时发现,在 1.5~5.5 m 高度内,随着诱捕器悬挂高度的增加,诱虫量呈上升趋势,但寄主柿树的高度都超过了 5.5 m。姚士桐等^[13]研究表明,斜纹夜蛾性诱剂在十字花科蔬菜上的最佳悬挂高度为 100 cm。实际上早期的试验也发现,诱捕量在一定范围内随诱捕器悬挂高度的增加而增大,为了找到诱蛾的最佳高度,本试验特设了与果树等

高的高度处理,结果发现诱芯设到树顶部时,诱捕量反而下降。田间观察发现,苹果蠹蛾喜好在树冠中上部的枝叶间活动,在树冠下部、树冠顶部及外围活动较少。所以将诱捕器设置在树冠下部或者顶部,诱捕效果均低于树冠中上部枝叶间。另外,据翟小伟等^[14]统计,苹果蠹蛾的卵数分布情况为中层>上层>下层。本研究在试验后期也发现,第 2 代幼虫蛀果引起的危害,树冠中上部果害率大于下层。由此可以推知,对不同类型昆虫,诱捕器悬挂高度应结合害虫成虫的活动范围和寄主植物的高度进行合理调整,其只有在成虫婚飞活动频繁的高度范围内,诱捕效果才会更佳。

本研究结果表明,性信息素在 0.50 和 0.75 mg/诱芯剂量下田间诱捕效果较佳,与文献^[9,10,15]报道的结果有所差异,这可能与试验地的气候条件、诱芯的载体材料及当地试虫对性信息素的敏感程度有关^[16]。根据性信息素的释放理论:只有当信号物释放速率与自然生态状况相同或相似时才能激起昆虫产生和自然生态行为一致的行为反应。性信息素若以非自然的高浓度释放时,可能会引起昆虫的一些特殊反应,如驱避或其他混乱行为等;若诱芯中的性信息素含量太低,空气中的性信息素分子数过少,不足以引起雄虫的行为反应,也会导致诱捕量下降^[17-18]。

本研究结果表明,在性信息素剂量为 1.00 mg 条件下,其纯度为 75%的诱芯诱捕效果最佳,结合剂量对引诱效果的研究结果,推测其原因可能是,1.00 mg 的剂量偏高,而纯度为 75%的处理诱芯中杂质的存在,在一定程度上稀释了性信息素化合物,使得性信息素挥发速度降低,而且极少量 E,Z-8,10-十二碳二烯-1-醇异构体与 E,E-8,10-十二碳二烯-1-醇之间可能具有增效作用,致使其诱捕效果达到最佳。Peter^[19]风洞试验也证明,化合物 E,Z-8,10-十二碳二烯-1-醇异构体对苹果蠹蛾雄蛾有一定的引诱作用。纯度低于 50%的诱芯含有大量的杂质,使苹果蠹蛾性信息素挥发速度低于引起雄虫行

为反应所需要的浓度,最终导致诱捕量大大下降,甚至丧失诱捕效果。据文献报道,昆虫性信息素纯度对诱捕量有较大影响,制备诱芯应选用高纯度的性信息素^[20]。本试验表明,在不含驱避剂的情况下,苹果蠹蛾性信息素的纯度大于 75% 时。即可达到诱芯制备的要求。当然,性信息素的引诱活性和其中所含物质的种类也有关系,在不含对目标试虫有驱避活性化合物的前提下,苹果蠹蛾性信息素纯度大于 75% 时即可制作诱芯,至于混合物中的不同成分对苹果蠹蛾的引诱活性有增效或者是其他作用,还需对其中的化合物比例进行分析和进一步的田间试验,才能得出确切的结论。

[参考文献]

[1] 金瑞华. 植物检疫学 [M]. 北京:北京农业大学出版社,1989.
Jin R H. Plant quarantine [M]. Beijing:Beijing Agriculture University Press,1989. (in Chinese)

[2] 张学祖. 苹果蠹蛾在我国发现 [J]. 昆虫学报,1957,7(4): 467-472.
Zhang X Z. The codling moth was discovered in China [J]. Acta Entomologica Sinica,1957,7(4):467-472. (in Chinese)

[3] 秦晓辉,马德成,张 煜,等. 苹果蠹蛾在我国西北发生危害情况 [J]. 植物检疫,2006,20(2):95-96.
Qin X H, Ma D C, Zhang Y, et al. The status of codling moth happen in west of China [J]. Plant Quarantine,2006,20(2): 95-96. (in Chinese)

[4] 秦占毅,刘生虎,岳彩霞,等. 苹果蠹蛾在甘肃敦煌的生物学特性及综合防治技术 [J]. 植物检疫,2007,21(3):170-180.
Qin Z Y, Liu S H, Yue C X, et al. The biological feature of codling moth in Dunhuang(GanSu province) and integrated techniques of control [J]. Plant Quarantine,2007,21(3):170-180. (in Chinese)

[5] 闫玉兰. 苹果蠹蛾在酒泉市的发生规律及综合防治 [J]. 甘肃农业科技,2008(4):59-60.
Yan Y L. The patterns of happen of codling moth and how to control it in Jiuquan City [J]. Gansu Agricultural Science and Technology,2008(4):59-60. (in Chinese)

[6] 杨 捷. 影响昆虫性信息素防治效果的因素 [J]. 湖北植保,2008(4):54-56.
Yang J. Affecting factors of sex pheromone used in field control insect [J]. Hubei Plant Protection,2008(4):54-56. (in Chinese)

[7] 杜 磊,张润志,蒲崇建,等. 两种苹果蠹蛾性引诱剂诱捕器诱捕效率比较及地面植被的影响 [J]. 昆虫知识,2007,44(2): 233-237.
Du L, Zhang R Z, Pu C J, et al. Efficiency of two types of pheromone traps in capturing adult codling moth, cydia pomonella L, and influences by ground vegetation cover plants [J]. Chinese Bulletin of Entomology,2007,44(2):233-237. (in Chi-

nese)

[8] 薛光华,严 钧,王文广,等. 性信息素监测和防治苹果蠹蛾的应用技术研究 [J]. 植物检疫,1995,9(4):198-203.
Xue G H, Yan J, Wang W G, et al. Monitoring and controlling the codling moth with sex pheromone [J]. Plant Quarantine,1995,9(4):198-203. (in Chinese)

[9] 陈 宏,林 伟,薛光华,等. 苹果蠹蛾性信息素及其应用 [J]. 植物检疫,1995,9(1):15 -16.
Chen H, Lin W, Xue G H, et al. The sex pheromone of *Laspeyresia pomonella* and its use [J]. Plant Quarantine,1995,9(1): 15-16. (in Chinese)

[10] 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 [J]. Entomol Exp Appl, 1994, 70:55-62.

[11] 张 涛. 苹果蠹蛾性信息素与应用研究 [D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2005.
Zhang T. Studies on synthesis and application of codling moth's sex pheromone [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University,2005. (in Chinese)

[12] 汪燕琴,戚利潮,李晓刚,等. 桔小实蝇诱捕器悬挂高度对诱捕效果的影响 [J]. 浙江农业科学,2009(3):548-550.
Wang Y Q, Qi L C, Li X G, et al. Effects of hanging height of sex attractant on trapping *Bactrocera dorsalis* (Hendel) [J]. Journal of Zhejiang Agri Sci,2009(3):548-550. (in Chinese)

[13] 姚士桐,郑永利,姚德宏,等. 斜纹夜蛾性诱剂不同悬挂高度及田间风向对诱集效果的影响 [J]. 上海农业学报,2008,24(2):131-133.
Yao S T, Zheng Y L, Yao D H, et al. Effects of hanging height of sex attractant and field wind direction on trapping *Prodenia litura* Fabricius [J]. Acta Agriculture Shanghai,2008,24(2): 131-133. (in Chinese)

[14] 翟小伟,刘万学,徐洪富,等. 苹果蠹蛾卵在梨园中的分布特性和空间格局 [J]. 植物保护学报,2009,36(4):343-348.
Zhai X W, Liu W X, Xu H F, et al. Distribution characteristic and spatial pattern of *Cydia pomonella* (L.) eggs in pear orchard [J]. Acta Phytophylacica Sinica,2009,36(4):343-348. (in Chinese)

[15] 王炳华. 苹果蠹蛾性诱剂使用方法及效果 [J]. 新疆农业科技,1980(6):118-121.
Wang B H. The methods and effect of using sex pheromone of *Laspeyresia pomonella* [J]. Xinjiang Agricultural Science and Technology,1980(6):118-121. (in Chinese)

[16] 张 力,陈元光,戴小杰,等. 昆虫性信息素释放率的测定方法 [J]. 昆虫知识,1990,27(3):169-171.
Zhang L, Chen Y G, Dai X J. The determination method of Insect sex pheromone release rate [J]. Entomological Knowledge,1990,27(3):169-171. (in Chinese)