

# 新型信息素诱剂对新疆梨园蛾类害虫的诱捕效果评价

阿曼古力·吐尼亚孜<sup>1</sup>, 阿瓦古丽·艾买提<sup>1</sup>, 安尼瓦尔·库尔班<sup>1</sup>, 李保平<sup>2\*</sup>, 闫 琪<sup>2\*</sup>

(1. 新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095)

**摘要:** 利用性诱剂干扰交配或诱杀钻蛀性蛾类害虫是果园害虫生物防治的重要途径之一, 研发既诱雄蛾也诱雌蛾的新型诱剂近年来颇受关注。本研究在苹果蠹蛾性信息素基础上, 加入寄主植物挥发物——梨酯、苯乙酮、香叶醇、冬青油和苯乙醇等制成若干配方, 在南疆两地(库尔勒与阿克苏地区)梨园中于蛾类害虫发生的早期和中期进行诱捕试验。对苹果蠹蛾诱集结果表明, 虽然与仅含性信息素配方相比, 添加植物挥发物的配方可诱集到雌蛾, 但诱集虫量较少。对梨小食心虫的诱集结果表明, 在库尔勒, 大部分配方诱到的虫量多于商品诱剂(对照), 其中, 在性信息素中添加少量植物挥发性物质的配方诱集的虫量总体较多; 在阿克苏, 所有配方诱集的虫量均多于对照, 在性信息素中是否添加植物挥发物对诱集效果总体上没有影响。对优斑螟的诱集结果表明, 仅含2种性信息素物质的配方诱集的虫量最大, 与加入少量梨脂的配方接近。果园诱集试验结果说明, 在苹果蠹蛾性信息素中添加梨脂等多种寄主植物挥发物的供试配方诱集雌蛾效果不理想, 但对多种混合发生的夜蛾害虫雄性具有较好诱集效果。

**关键词:** 大量诱集; 诱剂; 寄主植物挥发物; 果树害虫; 综合治理

中图分类号: S476 文献标志码: A 文章编号: 1005-9261(2019)06-0982-05

## Mass-trapping Fruit-boring Moths using Kairomone Lures in Pear Orchards in Xinjiang

AMANGUL Tunyaz<sup>1</sup>, AWAGUL Amat<sup>1</sup>, ANWAR Kurban<sup>1</sup>, LI Baoping<sup>2\*</sup>, YAN Qi<sup>2\*</sup>

(1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. College of Plant Conservation, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Mass-trapping with kairomone lures is one of the control approaches in management of fruit-boring moth pests in orchards. The challenge lies in developing kairomone lures that can trap both males and females. We conducted field trials in pear orchards to examine the trapping efficacy of kairomone lure preparations that varied in proportion and combination of codling moth sex pheromone and plant volatile chemicals, including pear ester, acetophenone, geraniol, Methyl salicylate, and 2-phenylethanol. A commercial codling moth sex pheromone was used as the control. The trapping trials were tested during the early and middle occurrence of major fruit-boring moths in pear orchards at Kule and Aksu in southern Xinjiang. The trap catches of *Cydia pomonella* at both sites showed that the lure preparations containing both sex pheromone and plant chemicals caught more females compared to those containing only sex pheromones; yet the number of females trapped was still small. The trap catches of *Grapholitha molesta* at Kule showed that most of the lure preparations caught more moths than the control; the lures containing both sex pheromone and a small amount of plant chemicals that were devoid of pear ester trapped somewhat more than those with only sex pheromones. At Aksu, all lure preparations trapped more *C. pomonella* moths than the commercial product; there was not a difference between those with and without plant

收稿日期: 2019-01-24

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC201202)

作者简介: 阿曼古力·吐尼亚孜, 硕士研究生, E-mail: 2504866880@qq.com; \*通信作者, 李保平, 博士, 教授, E-mail: lbp@njau.edu.cn; 闫琪, 博士, 讲师, E-mail: yanqi@njau.edu.cn.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.06.006

chemicals. The trapping catches of *Euzophera pyriella* showed that the lure preparations containing only sex pheromone or its mixture with pear ester trapped more moths than the other preparations. Our mass-trapping results suggest that tested lure preparations containing both *C. pomonella* sex pheromone and plant volatile chemicals are not effective in attracting *C. pomonella* females, but some are effective to male noctuid moths co-occurring in the orchards.

**Key words:** mass-trapping; kairomone lure; plant volatiles; fruit tree pests; integrated pest management

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.) 和梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (B.) 都隶属于鳞翅目 Lepidoptera、小卷蛾科 Olethreutidae、新小卷蛾亚科 Olethreutinae、小食心虫族 Grapholitini<sup>[1]</sup>, 前者俗称苹果小卷蛾或苹果食心虫<sup>[2]</sup>, 原产于欧亚大陆; 后者别名梨小蛀果蛾、梨姬食心虫等, 常简称“梨小”, 最初发生于我国西北部, 在我国东北、西北、华北、华东、华南、西南也均有出现。这两种害虫进化关系非常接近, 寄主也十分类似<sup>[3]</sup>, 在我国主要为害梨 *Pyrus* spp. 和苹果 *Malus* spp., 还为害桃 *Amygdalus persica*、杏 *Armeniaca vulgaris*、枣 *Ziziphus jujuba* 等, 是世界上仁果类果树的毁灭性害虫<sup>[4]</sup>。这两种害虫都以幼虫蛀果, 易引起果实变黑腐烂, 不仅降低果实产量和质量, 而且大量落果, 造成严重经济损失<sup>[5]</sup>。

苹果蠹蛾由张学祖<sup>[6]</sup>于 1957 年在新疆的库尔勒地区首次发现, 随后苹果蠹蛾在我国快速传播, 1987 年该虫传入甘肃敦煌, 并向东扩散, 2006 年蔓延到张掖市的临泽、甘州山、丹县<sup>[7]</sup>。为了有效防治苹果蠹蛾的发生, 已通过田间调查、糖醋液诱集、灯诱、性诱等方法和技术对其在香梨园和苹果园的为害、空间分布及发生规律等进行了系统研究<sup>[8]</sup>, 并建立了以加强检疫、农业防治、生物防治、物理机械防治和喷洒化学农药等技术为基础的综合防治技术体系<sup>[9]</sup>, 近几年, 部分梨园中香梨的蛀果率高达 20% 以上, 苹果蛀果率达 22% 以上, 给梨和苹果的生产造成严重损失<sup>[10]</sup>。有关苹果蠹蛾性信息素产品的研制长久以来持续不断, 先后有 Roelofs 等<sup>[11]</sup>、王成祥等<sup>[12]</sup>、张煜等<sup>[13]</sup>、朱虹昱等<sup>[14]</sup>、于治军等<sup>[15]</sup>研究了苹果蠹蛾性信息素的成分, 并开展诱捕试验, 虽然取得了一定的效果<sup>[16]</sup>, 但仍然有待改进<sup>[17]</sup>。

梨小食心虫经常与苹果蠹蛾混合发生<sup>[3]</sup>, 但对梨小食心虫的研究相对较少<sup>[18-21]</sup>。本研究在苹果蠹蛾性信息素的基础上添加寄主植物挥发物成分, 包括梨酯(E,Z)-2,4-decadienoate、十二醇 dodecanol、苯乙酮 Acetophenone、香叶醇 Geraniol、冬青油 Methyl Salicylate、苯乙醇 2-phenylethanol 等, 按不同比例制成若干配方, 注入诱芯并放入船型粘板诱捕器, 分别在新疆阿克苏市阿瓦提县和库尔勒的农二师 33 团等两地的梨园中进行诱捕试验, 诱集苹果蠹蛾、梨小食心虫和优斑螟 *Euzophera pyriella*, 以评价添加植物挥发物的信息素诱剂在新疆南疆地区梨园中上述害虫的田间诱集效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 性诱剂配方

配方由 3 组不同的物质按不同比例组配, 包括苹果蠹蛾性信息素(A 组)、梨脂(B 组)和植物挥发物(C 组); 用已商品化的苹果蠹蛾性诱剂作为对照(购自北京中捷四方生物科技有限公司)(表 1)。以正己烷为溶剂, 加入 A 组或 B 组物质制成浓度为 20 mg/mL 的溶液, 然后分别注入不同的红色橡皮塞诱芯中得到 A 组和 B 组诱芯; 将 C 组物质装入 EP 管中, 再加入适量蜂蜜至 2/3 容量。将诱芯和 EP 管置于 4 °C 冰箱中保存, 待大田试验前供制作诱捕器用。

### 1.2 果园概况

在新疆阿克苏地区阿瓦提县的香梨园(39°31'~40°50' N, 79°45'~81°05' E; 面积 4 hm<sup>2</sup>; 树龄 15~30 年)于苹果蠹蛾第 1 与第 2 代发生重叠期(2017 年 7 月初至 8 月中旬)进行 1 次诱集试验; 在库尔勒地区农二师 33 团场梨园(40°40'00"~40°53'52" N, 87°03'30" E; 面积 4.5 hm<sup>2</sup>; 树龄 15~30 年)于苹果蠹蛾越冬代与第 1 代发生重叠期(2018 年为 4 月中旬至 6 月上旬)进行第 2 次诱集试验。果园中果树株距 3 m、行距 6 m, 平均株高 5.0 m。果园常年规范统一管理, 每年防治害虫施药 1 次。

### 1.3 诱捕器在果园的悬挂方法

诱捕器为船型诱捕器(江苏省常州市江苏宁录科技股份有限公司生产), 由钙塑瓦楞板制成, 长 30 cm、

表 1 供试诱剂配方的化合物组分  
Table 1 Chemicals of kairomone lure preparations

化学组分 Chemicals	配方 Lure preparation											
	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF 6	PF 7	PF8	PF9	PF10	PF11	CK
A 组: 性信息素 Sex pheromone												商品苹果 蠹蛾性诱 剂
十二碳二烯醇(E,E)-8,10-dodecadien-1-ol	0.9 mg	0.9 mg	0.9 mg	0.9 mg	0.9 mg	0.9 mg	0.9 mg	1.0 mg	1.0 mg	1.0 mg	1.0 mg	
十二醇 dodecanol		0.3 mg		0.3 mg	0.3 mg		0.3 mg					
B 组: 梨酯(E,Z)-2,4-decadienoate			1.2 mg	1.2 mg		1.2 mg	1.2 mg			2.0 mg	100 μL	
C 组: 植物挥发物 Plant volatile												
苯乙酮 acetophenone					20 mg	20 mg	20 mg		50 mg	50 mg	50 mg	
香叶醇 geraniol					20 mg	20 mg	20 mg		50 mg	50 mg	50 mg	
冬青油 methyl salicylate					20 μL	20 μL	20 μL		50 μL	50 μL	50 μL	
2-苯基乙醇 2-phenylethanol					20 μL	20 μL	20 μL		50 μL	50 μL	50 μL	

宽 24 cm，内部配设白色长方形的昆虫粘板。将诱芯悬挂于诱捕器内：若 1 个诱芯，放在中心位置；若 2 个诱芯，放在中部间隔 10 cm；若有 EP 管，紧靠载有 A 组物质诱芯；诱芯和 EP 管用小麦面粉制作的浆糊粘在诱捕器内侧。在果树上悬挂方式为：间隔 2 行果树悬挂 1 行，在每行中间隔 3 株挂 1 株；诱捕器间距约 15 m，诱捕器悬挂在距地面约 1.5 m 的树枝上。每个配方重复 5 次，悬挂诱捕器时采用完全随机方法选择诱捕器。每 20 d 更换一次诱捕器，将置换的诱捕器带回室内鉴定种类和性别（仅苹果蠹蛾区分雌、雄）。

1.4 数据统计与分析

用广义线性 Poisson 模型拟合早期和中期两次诱集数量数据，当出现数据过度离散时，用 quasi-poisson 分布型。由于诱集到的苹果蠹蛾雌蛾数量较少，而且重复之间差异很大（零值过多），不宜做统计分析，故把 5 个重复诱捕器所诱集到的虫数合并进行统计。在分析早期诱集数据时，用负二项分布模型以应付零值较多的问题。比较诱剂配方的诱集效果分两步进行：首先，将各配方与商品性信息素（对照）进行比较，筛选出显著优于对照的配方；然后，对这些筛选出的配方进行 Tukey 多重比较测验。数据分析用 R 统计软件<sup>[22]</sup>。

2 结果与分析

2.1 库尔勒地区诱集效果

对苹果蠹蛾雄蛾的诱集结果表明，所有配方诱集的虫量均比对照多，其中，以 PF1 配方诱到的数量最多（平均 74.4 头/诱捕器），其次是 PF11、PF6 和 PF3 等配方（30~45 头/诱捕器）。对梨小食心虫诱集结果表明，PF5 配方诱到的虫数最多（平均 9.4 头/诱捕器），其次是 PF4、PF10、PF8 等配方。对优斑螟的诱集结果表明，以 PF2 配方诱集的虫量最多，其次是 PF5、PF4、PF7 和 PF10 等配方（表 2）。

2.2 阿克苏地区诱集效果

在阿克苏地区果园对苹果蠹蛾雄蛾的诱集结果表明，配方 PF2（26.4 头/诱捕器）和 PF10（20.8 头/诱捕器）等配方诱到的蛾量最多；对苹果蠹蛾雌蛾的诱集结果表明，虽然部分添加植物挥发物的配方（PF4、PF5、PF10 和 PF11）诱到的蛾量明显多于仅含有性信息素的配方（PF1、PF2）（表 3），但诱蛾量仍然较小。对梨小食心虫雄蛾的诱集结果表明，所有配方诱到的数量都多于对照；其中，PF2、PF4、PF10 和 PF11 等配方诱到的蛾量接近，均多于其他配方（表 3）。

3 讨论

我们在南疆库尔勒和阿克苏两地香梨果园进行的诱蛾结果发现，无论是否在苹果蠹蛾性信息素中添加梨酯等多种寄主植物挥发物质，供试配方对苹果蠹蛾、梨小食心虫和优斑螟雄蛾的诱集数量多于商品性

诱素。造成该差异的原因是多方面的：一是所用化学成分的纯度可能不一致；二是商品性诱素的存放期较长影响了诱集效果；三是田间某些未知因素，这有待于在更大范围、持续更长时间的试验中进行比较。

表 2 不同诱剂配方对库尔勒地区 3 种梨园蛾类害虫的诱雄蛾量（头/诱捕器）

Table 2 Numbers of male adults of three moth species trapped by lure preparations in a pear orchard at Kurle site				
诱剂配方 Lure preparation	苹果蠹蛾 <i>C. pomonella</i>	梨小食心虫 <i>G. molesta</i>	优斑螟 <i>E. pyriella</i>	
商品对照 CK	6.6±3.3	2.0±2.1	0.2±0.2	
PF1	74.4±10.9 a*	2.4±1.1 b*	0.6±0.4	
PF2	21.2±5.8 b*	2.2±0.8 b*	18.8±5.1 a*	
PF3	34.0±7.4 b*	2.6±1.1 b*	1.8±0.8 c*	
PF4	31.6±7.1 b*	6.6±2.5 b*	12.0±3.4 b*	
PF5	23.4±6.1 b*	9.4±3.4 a*	12.6±3.6 b*	
PF6	36.2±7.6 b*	4.6±1.8 b*	1.4±0.6	
PF7	13.4±4.6 c*	1.2±0.2	11.4±3.3 b*	
PF8	10.8±4.2 b*	4.1±1.7 b*	0.8±0.4	
PF9	19.2±5.5 c*	1.4±0.2	0.4±0.3	
PF10	8.6±3.7	4.1±1.7 b*	3.8±1.3 c*	
PF11	43.0±8.3 b*	3.0±1.3 b*	0.2±0.2	

注：配方化合物组分参见表 1。\*与对照比较在 5% 概率水平上存在显著差异；不同小写字母代表在显著高于对照的配方中存在显著差异的配方。  
Note: See Table 1 for detail lure preparations. \*indicated a significant difference at the 5% level compared to the control; different lowercase letters indicated significant differences between lure preparations that were significantly higher than the control.

表 3 阿克苏地区不同诱剂配方对苹果蠹蛾和梨小食心虫的诱蛾量（头/诱捕器）

Table 3 Numbers of <i>C. pomonella</i> and <i>G. molesta</i> moths trapped by different lure preparations in a pear orchard at Aksu site				
诱剂配方 Lure preparation	苹果蠹蛾雄蛾 <i>C. pomonella</i> male	苹果蠹蛾雌蛾 <i>C. pomonella</i> female	梨小食心虫雄蛾 <i>G. molesta</i> male	
商品对照 CK	13.8±1.7	—	7.2±1.7	
PF1	15.0±1.7	3	26.8±3.3 b*	
PF2	26.4±2.3 a*	3	35.2±3.8 a*	
PF3	15.6±1.8	5	23.0±3.0 b*	
PF4	16.4±1.8	7	27.2±3.3 b*	
PF5	17.2±1.9	6	26.0±3.2 b*	
PF6	16.6±1.8	3	26.0±3.2 b*	
PF7	15.6±1.8	4	23.8±3.1 b*	
PF8	10.6±1.5	5	25.4±3.2 b*	
PF9	12.0±1.6	3	23.2±3.1 b*	
PF10	20.8±2.0 b*	8	38.2±3.9 a*	
PF11	16.6±1.8	9	30.4±3.5 b*	

注：配方化合物组分参见表 1。苹果蠹蛾雌蛾为 5 个诱集器的虫数总和。\*与对照比较在 5% 概率水平上存在显著差异；不同小写字母代表在显著高于对照的配方中存在显著差异的配方。  
Note: See Table 1 for detail lure preparations. The number of *C. pomonella* females were the sum of total moths from 5 lure traps. \* indicated a significant difference at the 5% level compared to the control; different lowercase letters indicated significant differences between lure preparations that were significantly higher than the control.

供试配方对苹果蠹蛾雌蛾的诱集效果不理想，这一方面说明配方有待改进，另一方面也有待进行更大规模的田间试验进行测定。

通过添加寄主植物挥发物使性信息素不仅诱雄蛾而且可诱雌蛾，在近年来针对苹果蠹蛾开展了若干研究<sup>[23-25]</sup>，虽然确实可诱集雌蛾，但诱集效果差异较大。这与本研究结果类似。其原因是多方面的，一是配方有待改进；二是环境因素影响了诱集效果。新疆南疆地区气候干燥，风沙很大，无疑会对诱集效果产生

较大影响, 可通过改善诱集器来提增诱集效果。另外, 对成虫羽化高峰期的准确预测, 也是提高诱集效果的途径之一。

苹果蠹蛾和梨小食心虫的亲缘关系较近, 其性信息素主要成分的结构极其相似, 主链碳原子数均为 12 个, 均属长链烷烃衍生物类, 是结构较为简单的昆虫信息素类型, 其中, 苹果蠹蛾信息素为共轭二烯醇, 而梨小食心虫信息素为单烯醇乙酸酯和单烯醇等, 两者最主要成分仅有一对共价双键和衍生化合物的末端基团存在差别。这 2 种害虫的寄主植物也十分类似<sup>[26,27]</sup>。因此, 研制以诱集苹果蠹蛾为主, 兼而诱集梨小食心虫的诱剂, 可提高果园害虫防治的效率、降低防治成本。本研究所试验的诱剂配方对梨小食心虫也有较好的诱集效果, 而且还可诱集优斑螟, 从而对当地果园的 3 种蛀食害虫具有兼治的效果。

**致谢:** 新疆巴州农科所郭铁群研究员对诱捕试验给予大力帮助, 南京农业大学董双林教授对诱剂配方配制进行指导。在此一并致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 陈江玉, 于利国, 李海山, 等. 梨园梨小食心虫的发生规律及其防治技术研究[J]. 河北农业科学, 2011, 15(5): 44-47.
- [2] 蔡青年, 张青文. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2005, 363-375.
- [3] 苏俊平, 于海利, 丁倩, 等. 苹果蠹蛾性诱剂对梨小食心虫性诱剂诱集效果的影响[J]. 森环森保, 2018(7): 40-43.
- [4] 王登元, 于江南. 新疆农业昆虫图志[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 2010, 126-127.
- [5] 林伟丽, 于江南. 新疆阿克苏地区苹果蠹蛾和梨小食心虫消长规律的研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(2): 100-102.
- [6] 张学祖. 苹果蠹蛾在我国的新发现[J]. 昆虫学报, 1957, 7(4): 467-472.
- [7] 秦晓辉. 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.
- [8] 索相敏, 王献革, 郝婕, 等. 苹果蠹蛾生物学特征与防治对策[J]. 河北农业科学, 2015, 19(4): 52-55.
- [9] 宋美杰, 周娜丽, 邢虎田, 等. 香梨优斑螟发生规律及防治研究[J]. 新疆农业科学, 1998, 35(1): 22-24.
- [10] 林伟丽, 于江南. 新疆阿克苏地区苹果蠹蛾和梨小食心虫消长规律的研究[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(2): 100-102.
- [11] Roelofs W L, Comeau A, Hill A, *et al.* Sex attractant of the codling moth: characterization with electron-antenna gram technique[J]. Science, 1971, 174: 297-302.
- [12] 王成祥, 张新平, 岳朝阳. 不同性信息素诱芯对苹果蠹蛾的诱捕效果比较[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(27): 9341-9343.
- [13] 张煜, 马诗科, 李晶. 库尔勒香梨上苹果蠹蛾发生规律及其性信息素迷向防控效果[J]. 生物安全学报, 2017, 26(1): 47-51.
- [14] 朱虹昱, 徐婧, 张润志. 苹果蠹蛾性信息素对梨小食心虫的诱集和迷向作用[J]. 生物安全学报, 2015, 24(4): 320-326.
- [15] 于治军, 李硕, 张旭, 等. 新疆伊犁地区苹果蠹蛾性信息素监测效果[J]. 中国森林病虫, 2016, 35(5): 21-24.
- [16] 张煜, 安尼瓦尔·木沙, 阿丽亚·阿布拉, 等. 新疆苹果蠹蛾性信息素迷向防控技术的示范应用[J]. 中国植保导刊, 2014, 34(4): 66-68.
- [17] 余河水, 臧冰, 吴江, 等. 苹果蠹蛾性信息素生物活性测定[J]. 新疆农业科学, 1984(3): 21-36.
- [18] 祁建. 苹果蠹蛾性诱剂对梨小食心虫等的控制效果[J]. 黑龙江农业科学, 2014(9): 174.
- [19] 魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 等. 信息素迷向技术防治苹果蠹蛾试验初报[J]. 中国果树, 2010(3): 48-50.
- [20] 杜磊, 张润志, 蒲崇建, 等. 两种苹果蠹蛾性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.
- [21] 翟小伟, 刘万学, 张桂芬, 等. 苹果蠹蛾性信息素的研究和应用进展[J]. 昆虫学报, 2009, 52(8): 907-916.
- [22] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing[CP]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017. URL <https://www.R-project.org/>.
- [23] El-Sayed A M, Cole L, Revell J, *et al.* Apple volatiles synergize the response of codling moth to pear ester[J]. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39: 643-652.
- [24] Jones V P, Horton D R, Mills N J, *et al.* Evaluating plant volatiles for monitoring natural enemies in apple, pear and walnut orchards[J]. Biological Control, 2016, 102(1): 53-65.
- [25] Knight A L, Basoalto E, Kataiini J. A binary host plant volatile lure combined with acetic acid to monitor codling moth[J]. Environmental Entomology, 2015, 44(15): 2-5.
- [26] 刘金龙, 李庆燕, 薛小连. 梨小食心虫性信息素主要成分的化学合成与田间活性试验[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(2): 268-272.
- [27] 陆鹏飞, 黄玲巧, 王琛柱. 梨小食心虫化学通信中的信息物质[J]. 昆虫学报, 2010, 53(12): 1390-1403.