

# 糖醋酒液对桃园和苹果园中桃蛀螟的诱捕效果分析

翟浩 王丹 马亚男 贾晓曼 张勇\* 李晓军\*

(山东省果树研究所, 泰安 271000)

**摘要:** 为研究桃园和苹果园中桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* 成虫的发生动态, 探讨糖醋酒液对桃蛀螟的诱捕效果, 于2015—2016年利用糖醋酒液和性信息素对泰安市郊区桃园和苹果园中桃蛀螟成虫的全年发生动态进行监测, 并比较糖醋酒液诱捕器在不同悬挂高度0、1.0、1.5、2.0和2.5 m下对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕效果。结果显示, 2015—2016年, 泰安市郊区桃园和苹果园中桃蛀螟成虫田间始发期为4月下旬至5月中旬, 发生末期均为10月上旬。糖醋酒液和性信息素诱捕器监测结果均显示, 桃蛀螟成虫群体数量发生高峰期为9月上旬—10月上旬, 且在此期间二者的诱捕量无显著差异。糖醋酒液能够同时诱捕桃蛀螟雌、雄成虫, 且以雄成虫为主, 在桃园和苹果园中, 2016年的雄成虫诱捕量分别占总诱捕量的87.62%和88.29%。糖醋酒液诱捕器在地上0~2.5 m悬挂高度均能诱捕到桃蛀螟成虫, 其中诱捕器悬挂于地上2.5 m高度时诱捕量最多, 显著高于其它悬挂高度处理。表明糖醋酒液可以通过有效诱捕桃蛀螟成虫来准确监测其群体发生动态。

**关键词:** 糖醋酒液; 桃蛀螟; 悬挂高度; 诱蛾高峰; 绿色防控

## Trapping effects of sugar-acetic acid-ethanol water solutions on yellow peach moth *Conogethes punctiferalis* in peach and apple orchards

Zhai Hao Wang Dan Ma Yanan Jia Xiaoman Zhang Yong\* Li Xiaojun\*

(Shandong Institute of Pomology, Tai'an 271000, Shandong Province, China)

**Abstract:** To investigate the dynamics of *Conogethes punctiferalis* adults and explore the trapping effects of sugar-acetic acid-ethanol-water solution (SAEWS) on *C. punctiferalis* in peach and apple orchards, the dynamics of *C. punctiferalis* was monitored by using SAEWS and sex pheromone and comparing the amounts and rates of female/male trapped by SAEWS at five trap-hanging heights (0, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 m) above ground in Tai'an suburbs in 2015—2016. The results showed that *C. punctiferalis* adults began to emerge in peach and apple orchards of Tai'an suburbs from late April to mid-May in 2015—2016, and the emergency lasted until early October. The emergency peaks monitored by SAEWS and sex pheromone were both from early September to early October, with no significant difference in trapping amounts between them. Male and female adults of *C. punctiferalis* could be trapped by SAEWS simultaneously, with the majority being male adults, accounting for 87.62% and 88.29% of the total trapping amount in peach and apple orchards, respectively. Additionally, *C. punctiferalis* could be trapped by SAEWS trapping at any heights between 0–2.5 m above ground, and the largest number of adults trapped during the emergency peak periods was at 2.5 m above ground, which was significantly higher than those at other heights. The results indicated that SAEWS could be used to accurately monitor the population dynamics of *C. punctiferalis* by trapping their adults effectively.

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0201407), 山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2016A07), 泰安市科学技术发展计划(2017NS0091)

\* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: gkszhy@sina.com, lixiaojun@163.com

收稿日期: 2018-10-18

**Key words:** sugar-acetic acid-ethanol water solution; *Conogethes punctiferalis*; hanging height; moth peak; green pest control

桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* 属鳞翅目螟蛾科, 分布于我国华北、华东、中南和西南地区的大部分省市, 西北诸省和台湾省也有分布, 一年发生 2~5 代(王振营等, 2006)。桃蛀螟的寄主广泛, 可为害桃、梨、苹果、石榴、板栗、玉米、高粱等(马菲等, 2012; 雷恒久, 2009); 且该虫在果树、玉米、向日葵等多种作物间可转移为害, 世代重叠严重, 加上其钻蛀为害的习性, 导致其防治难度加大(范仁俊等, 2010)。为了减少化学农药对环境和果品造成污染, 保持农业生态系统的平衡和生物多样性, 除化学防控外, 国内外主要应用昆虫性信息素对桃蛀螟进行监测和防治(鹿金秋, 2008)。目前, 应用性信息素防控桃蛀螟的研究主要集中在其应用效果(Roelofs et al., 1970)、性信息素组分分析(Liu et al., 1994)、发生规律监测(田宝良等, 2012)及配方研究(杜艳丽等, 2014)等方面。其中, 通过性信息素监测研究其发生规律可为适时防治桃蛀螟提供科学依据。

性信息素诱捕是通过将极少量的人工合成性信息素制成诱饵, 吸引靶标雄虫至诱捕装置中并集中杀灭(Witzgall et al., 2010), 具有简便、专一、无毒、无污染、不伤天敌等优点(Stelinski et al., 2007)。但由于性信息素中大多属于雌性信息素, 只能诱捕雄成虫(王荫长, 2001), 在控制下一代虫口基数方面存在局限性。而糖醋酒液作为一种无公害的诱捕防治混合剂(Natal et al., 2004), 能同时诱捕雌成虫和雄成虫(李捷等, 2016), 在整体防控、诱捕雌成虫及降低虫口基数等方面更具优势。况美华等(2009)发现补充营养——糖醋酒液对桃蛀螟的繁殖和寿命具有非常重要的影响。但目前, 应用糖醋酒液诱捕桃蛀螟的研究较少, 仅见张承胤等(2009)应用糖醋酒液防治果园中桃蛀螟取得了一定的防治效果; 卜玉强(2010)报道板栗园中糖醋酒液(糖:醋:酒:水体积比为 1:4:1:16)在桃蛀螟数量增长期(8月下旬)开始发挥诱捕作用, 随后诱捕数量呈直线增长趋势, 至 9 月底诱捕数量停止增长; 但在总诱集数量上, 桃蛀螟性诱芯总诱集数量 32 头/样地是糖醋酒液总诱集数量 16 头/样地的 2 倍。因此, 明确糖醋酒液对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕效果, 对于研究桃蛀螟的发生规律及有效防控具有完善和创新意义。本试验选择泰安市郊区的桃园和苹果园, 以性信息素诱捕为对照, 研究糖醋酒液对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕效果, 并探讨诱捕器悬挂高度对糖醋酒液诱捕效果的影响, 明

确桃蛀螟的全年发生动态和活动规律, 以期为高效、合理应用糖醋酒液诱捕桃蛀螟提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试样地: 试验于 2015—2016 年在山东省果树研究所天平湖基地毗邻种植的桃园和苹果园中完成。桃园和苹果园的面积各为 1.33 hm<sup>2</sup>, 每个果园为长 110 m×宽 120 m, 2 个果园相距 50 m。桃品种为岱妃, 采用 Y 字型树形, 株行距为 1.5 m×4.0 m, 品种成熟期为 8 月中旬; 苹果品种为烟富 3 号, 采用自由纺锤型树形, 株行距为 2.0 m×4.0 m, 品种成熟期为 10 月中旬。2 个果园种植的均为 8 年生果树, 宽行密植集约栽培, 果园行间人工种草, 统一种植毛叶苕子, 其它栽培管理措施相同。

试剂及仪器: 桃蛀螟性信息素诱芯由中国科学院动物研究所提供, 载体为绿色天然橡胶, 每枚诱芯含性信息素 200 μg。诱捕器为自制盆式诱捕器, 高 18 cm、内口径 28~30 cm, 性信息素诱捕器为水盆式诱捕器的盆口中心悬挂性信息素诱芯, 而糖醋酒液诱捕器为水盆式诱捕器中注入糖醋酒液, 糖醋酒液诱捕器和性信息素诱捕器所用水盆相同。以梯形架, 在地面 0~3.0 m 范围内调节诱捕器悬挂高度(图 1, 发明专利号: ZL201410693150.5)。性信息素诱捕器中的水使用洗洁精和自来水按体积比 1:50 混配, 糖醋酒液采用绵白糖、99.5% 乙酸、无水乙醇及自来水按体积比 3:1:3:80 混配, 所用材料均为市售。

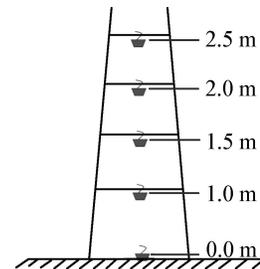


图 1 梯形架悬挂不同高度诱捕器

Fig. 1 Trapezoidal frame-suspended traps at different heights

### 1.2 方法

#### 1.2.1 性信息素和糖醋酒液对桃蛀螟的诱捕动态监测

2015 年 4—10 月分别在试验桃园和苹果园中的东、南、西、北 4 个方位同时悬挂性信息素和糖醋酒液诱捕器, 共计 8 个诱捕器。果园中不同方位的诱捕器相距 50 m 以上, 相同方位的 2 个诱捕器相距 25 m,

每个诱捕器与田边距离不少于5 m。诱捕器悬挂在树体离地2/3高度外缘树枝处,于2015年4月8日开始每3 d调查统计1次性信息素和糖醋酒液诱捕器诱捕桃蛀螟成虫数量。性信息素和糖醋酒液诱捕器均需及时补充蒸发水量,性信息素诱芯每月更换1次,备用诱芯于0~2℃冰箱保存,糖醋酒液每10 d更换1次。

1.2.2 不同悬挂高度下糖醋酒液对桃蛀螟的诱捕效果

2016年4—10月在所选桃园和苹果园中的东、南、西、北4个方位安装带有不同悬挂高度0、1.0、1.5、2.0、2.5 m标示的梯形架,梯形架上放置糖醋酒液诱捕器。在每个梯形架上,按不同高度悬挂诱捕器5个,糖醋酒液诱捕器的液面分别对应不同标示高度。于2016年4月8日开始每3 d调查1次不同悬挂高度的糖醋酒液诱捕器诱捕的桃蛀螟成虫数量。调查过程中,使用过滤网将各个悬挂高度诱捕器中的桃蛀螟成虫分别转移至装有纯酒精的100 mL白色塑料瓶中。在实验室中根据桃蛀螟雄蛾生殖器基部两侧的表皮囊着生鳞毛簇(鹿金秋等,2010)特征

统计雌、雄成虫的数量。糖醋酒液诱捕器中及时补充蒸发水量,每10 d更换1次糖醋酒液。

1.3 数据分析

田间监测数据以3 d为单位进行归集,采用Excel 2016与DPS 16.05数据处理软件对试验数据进行方差分析,应有Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 糖醋酒液和性信息素对桃蛀螟的诱捕动态监测

根据糖醋酒液和性信息素诱捕器诱捕的桃蛀螟成虫数量绘制泰安市郊区桃园(图2-A)和苹果园(图2-B)中桃蛀螟成虫发生动态图。糖醋酒液诱捕桃蛀螟数量的变化趋势、诱蛾高峰期和持续时间与性信息素诱捕结果基本一致,2015年所选桃园和苹果园中桃蛀螟成虫发生期为4月中旬至10月上旬,4月中旬至8月下旬有3个诱捕小高峰,分别是4月20日—6月4日、6月7日—7月16日、7月19日—8月31日,9月3日—10月9日为诱捕高峰期。

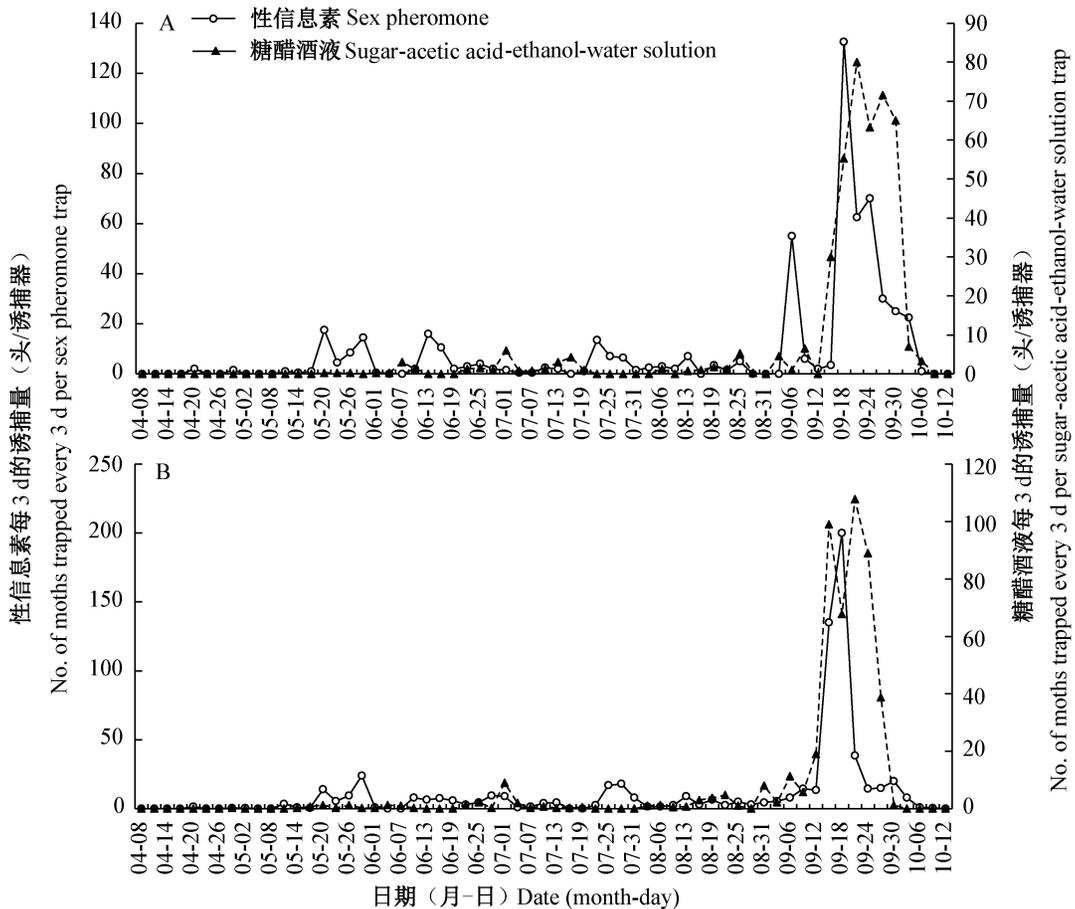


图2 2015年泰安市郊区桃园(A)和苹果园(B)中性信息素和糖醋酒液诱捕器诱捕桃蛀螟成虫的数量动态  
Fig. 2 Dynamics of *Conogethes punctiferalis* trapped by sex pheromone and sugar-acetic acid-ethanol water solutions in peach (A) and apple (B) orchards in Tai'an in 2015

桃园和苹果园中,糖醋酒液对桃蛀螟成虫的全年总诱捕量分别为429.75、489.50头/诱捕器,显著低于性信息素对桃蛀螟成虫的全年总诱捕量562.00、685.00头/诱捕器(桃园: $F=30.34, P=0.01$ ;苹果园: $F=38.76, P=0.01$ )。糖醋酒液和性信息素对桃蛀螟成虫的诱捕均主要集中于9月3日—10月9日,在此期间桃园和苹果园中糖醋酒液诱捕桃蛀螟成虫的数量分别为388.50、441.75头/诱捕器,与性信息素诱捕量410.00、474.00头/诱捕器均无显著差异(桃园: $F=1.73, P=0.28$ ;苹果园: $F=1.42, P=0.32$ )。

## 2.2 糖醋酒液在不同悬挂高度对桃蛀螟的诱捕效果

根据糖醋酒液诱捕器在不同悬挂高度0、1.0、1.5、2.0和2.5 m对桃蛀螟成虫的诱捕数量绘制桃蛀螟在不同高度的发生动态图。2016年,泰安市郊区桃园(图3-A)和苹果园(图3-B)内糖醋酒液诱捕桃蛀螟成虫始末期为5月14日—10月6日,9月上旬至

10月上旬是诱捕高峰期,与2015年的发生趋势一致。糖醋酒液诱捕器在1.0、1.5、2.0、2.5 m悬挂高度所监测到的桃蛀螟发生动态趋势、成虫高峰期(9月上旬—10月上旬)和持续时间(5月下旬—10月上旬)基本一致。糖醋酒液对桃蛀螟成虫的诱捕均主要集中于9月6日—10月6日,在此期间内,桃园和苹果园中糖醋酒液诱捕器在5个悬挂高度下的平均诱捕量132.40、215.60头/诱捕器分别占平均总诱捕量159.10、243.75头/诱捕器的83.22%和88.45%(图3)。

糖醋酒液诱捕器在0、1.0、1.5、2.0和2.5 m悬挂高度下均能诱捕到桃蛀螟,但诱捕效果不同(表1)。在地上0~2.5 m范围内,糖醋酒液对桃蛀螟成虫的诱捕量随着诱捕器悬挂高度的增加而增加,在地上2.5 m悬挂高度下诱捕量最高,显著高于其它悬挂高度下的诱捕量( $P<0.05$ ,表1)。

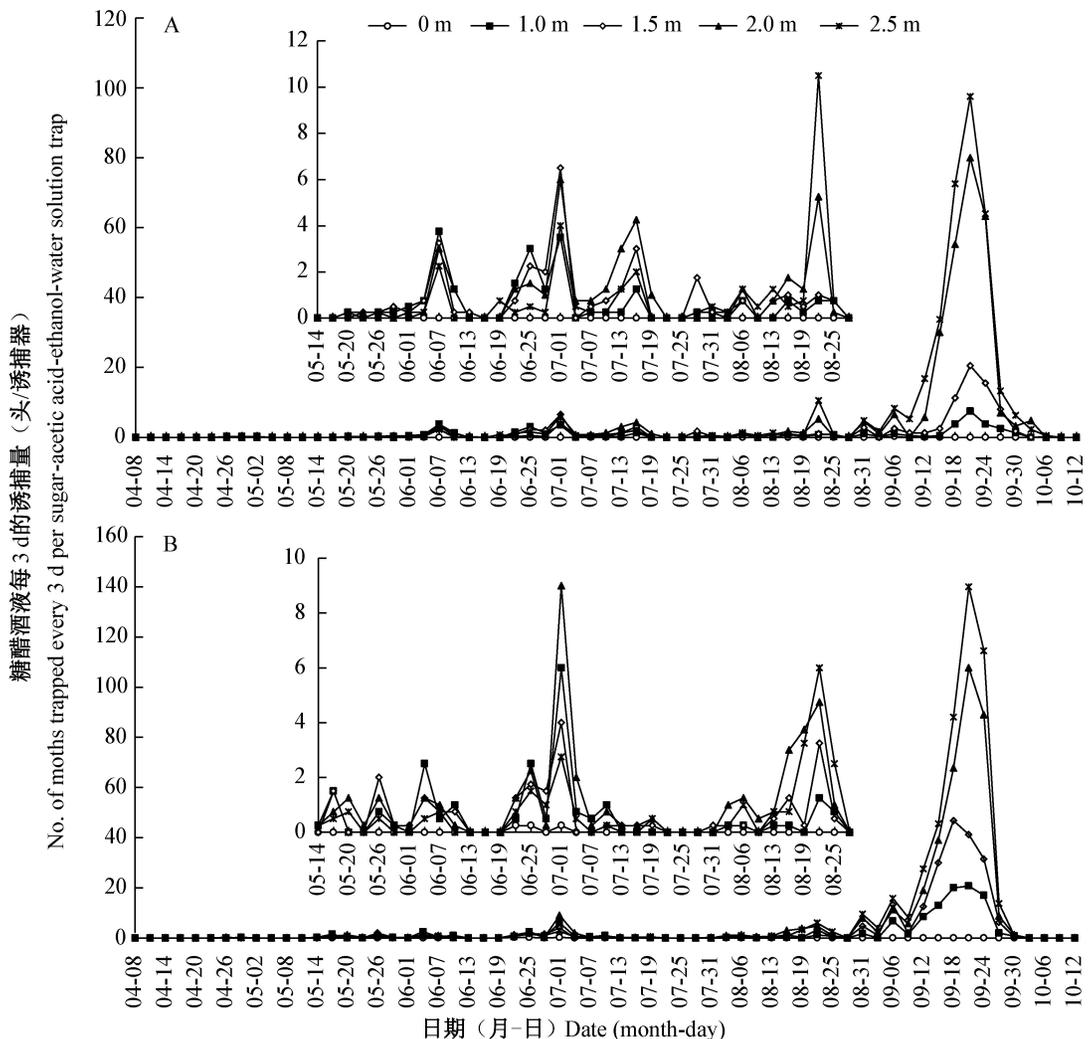


图3 2016年泰安市郊区桃园(A)和苹果园(B)中糖醋酒液诱捕器在不同悬挂高度下诱捕桃蛀螟成虫的数量动态

Fig. 3 Dynamics of *Conogethes punctiferalis* trapped by the sugar-acetic acid-ethanol-water solution at different suspension heights in peach (A) and apple (B) orchards in Tai'an in 2016

糖醋酒液诱捕器对桃蛀螟雌、雄成虫均具有良好的诱捕效果,但仍以雄成虫为主,在桃园和苹果园中,糖醋酒液诱捕的桃蛀螟雄成虫量分别占总诱捕量的87.62%和88.29%。糖醋酒液诱捕器对桃蛀螟雌成虫的诱捕主要集中在地上1.0~2.5 m,其诱捕量分别占桃园和苹果园中全年诱捕雌成虫总量的100.00%和99.83%。其中糖醋酒液诱捕器在地上

2.0 m和2.5 m悬挂高度下对雌成虫的诱捕量最高,在桃园中分别为28.75头/诱捕器和33.50头/诱捕器,分别占桃园全年诱捕雌成虫总量的29.18%和34.01%;在苹果园中分别为44.50头/诱捕器和46.25头/诱捕器,分别占苹果园全年诱捕雌成虫总量的31.17%和32.40%,均显著高于其它悬挂高度下的雌成虫诱捕量( $P<0.05$ ,表1)。

表1 2016年泰安市郊区桃园和苹果园中糖醋酒液诱捕器在不同悬挂高度对桃蛀螟的诱捕效果

Table 1 Trapping effects of the sugar-acetic acid-ethanol-water solution on *Conogethes punctiferalis* at different suspension heights in peach and apple orchards in Tai'an in 2016

果园类型 Orchard type	悬挂高度 Hanging height of trap (m)	总诱捕量 Total trapping amount		雌成虫诱捕量 Female trapping amount	
		每诱捕器诱捕量 No. of trapped moths per trap	占总诱捕量比例 Percentage of total no. trapped (%)	每诱捕器诱捕雌成虫量 Female no. of trapped moths per trap	占诱捕雌成虫总量比例 Percentage of total female no. trapped (%)
桃园 Peach orchard	0.0	0.25±0.50 De	0.03	0.00±0.00 Ee	0.00
	1.0	44.25±5.12 Dd	5.56	15.50±2.08 Dd	15.74
	1.5	97.25±2.99 Cc	12.23	20.75±2.50 Cc	21.07
	2.0	298.00±19.78 Bb	37.46	28.75±2.22 Bb	29.18
	2.5	355.75±45.35 Aa	44.72	33.50±1.29 Aa	34.01
	总计 Total	795.50	100.00	98.50	100.00
苹果园 Apple orchard	0.0	0.75±0.50 Ee	0.06	0.25±0.50 Dd	0.17
	1.0	113.50±17.33 Dd	9.31	19.25±2.22 Cc	13.49
	1.5	212.50±14.89 Cc	17.44	32.50±3.70 Bb	22.77
	2.0	399.25±15.13 Bb	32.76	44.50±4.51 Aa	31.17
	2.5	492.75±23.54 Aa	40.43	46.25±5.56 Aa	32.40
	总计 Total	1 218.75	100.00	142.75	100.00

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同大、小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different uppercase or lowercase letters in the same column indicate significant difference at  $P<0.01$  or  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test, respectively.

### 2.3 糖醋酒液诱捕器在不同诱捕高峰期的诱捕效果

在不同的诱捕高峰期,糖醋酒液诱捕器对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕效果因果园类型不同而存在差异。在2016年5月14日—9月3日,糖醋酒液诱捕器在桃园中5个悬挂高度下对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕量平均分别为11.50头/诱捕器和15.20头/诱捕器,与苹果园中的平均诱捕量11.00头/诱捕器和17.20头/诱捕器均无显著差异(雌: $F=0.07$ , $P=0.81$ ;雄: $F=0.24$ , $P=0.67$ );在9月6日—10月6日,糖醋酒液诱捕器在果园中5个悬挂高度下对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕量平均分别为17.55头/诱捕器和198.05头/诱捕器,显著高于桃园中的平均诱捕量8.20头/诱捕器和124.20头/诱捕器(雌: $F=11.14$ , $P=0.03$ ;雄: $F=12.28$ , $P=0.02$ )(表2)。

糖醋酒液对桃蛀螟雌、雄成虫的诱捕效果因诱捕高峰期不同而存在差异,糖醋酒液在桃园和苹果园中诱捕桃蛀螟雌成虫的比例由65.06%和60.64%(5月14日—6月16日)逐渐减少至6.19%和8.14%

(9月6日—10月6日)。此外,糖醋酒液诱捕器诱捕桃蛀螟的最佳悬挂高度由地上1.0、1.5、2.0 m(5月14日—6月16日)逐渐集中至地上2.5 m(9月6日—10月6日)。其中,5月14日—6月16日期间糖醋酒液诱捕器的最佳悬挂高度为地上1.0、1.5、2.0 m;6月19日—7月22日期间最佳悬挂高度为地上1.5、2.0 m(桃园)或2.0 m(苹果园);7月25日—9月3日期间最佳悬挂高度为地上2.5 m(桃园)或2.0 m和2.5 m(苹果园);9月6日—10月6日期间最佳悬挂高度为地上2.5 m(表2)。

## 3 讨论

糖醋酒液是诱杀蛾类和实蝇类成虫的一项重要措施,具有雌雄兼诱的特点(肖伟等,2013)。本研究发现,糖醋酒液能够同时诱捕桃蛀螟雌、雄成虫,且诱捕的桃蛀螟雄成虫比例随着总诱捕量的增加而增加。当糖醋酒液总诱捕量较低时诱捕的雌成虫所占比例较高,如2016年桃蛀螟第1个羽化高峰期5月

14日—6月16日,桃园和苹果园中糖醋酒液诱捕雌成虫的比例分别为65.06%和60.64%;而在桃蛀螟第4个羽化高峰期9月6日—10月6日,桃园和苹果园中糖醋酒液诱捕雌成虫的比例仅为6.19%和8.14%。本试验结果与何亮等(2009)利用糖醋酒液

诱捕梨小食心虫 *Grapholita molesta* 雌、雄成虫的结果基本一致,可能与桃蛀螟雄成虫对糖醋酒液趋性增强的同时,诱捕的雌成虫散发出性信息素引诱雌成虫从而增加了其诱捕量有关。

表2 2016年泰安市郊区桃园和苹果园中糖醋酒液诱捕器在不同诱捕高峰期对桃蛀螟的诱捕效果

Table 2 Trapping effects of the sugar-acetic acid-ethanol-water solution on *Conogethes punctiferalis* at different trapping peaks in peach and apple orchards in Tai'an in 2016

诱捕时间段 Trapping period	诱捕器 悬挂高度 Hanging height of trap (m)	桃园 Peach orchard		苹果园 Apple orchard	
		每诱捕器诱捕量 Number of trapped moths per trap	每诱捕器诱捕雌成虫量 Female number of trapped moths per trap	每诱捕器诱捕量 Number of trapped moths per trap	每诱捕器诱捕雌成虫量 Female number of trapped moths per trap
5-14—6-16	0.0	0.00±0.00 Cb	0.00±0.00 Cb	0.00±0.00 Cc	0.00±0.00 Bc
	1.0	7.00±1.83 Aa	5.50±2.38 Aa	6.75±1.50 Aa	3.75±1.71 Aab
	1.5	5.75±1.26 ABa	4.00±1.83 ABab	6.75±2.22 Aa	4.25±2.06 Aa
	2.0	5.50±2.52 ABa	1.75±0.96 BCbc	6.75±0.96 Aa	4.50±0.58 Aa
	2.5	2.50±1.73 BCb	2.25±1.26 ABCbc	3.25±0.96 Bb	1.75±1.50 ABbc
	平均数 Average	4.15	2.70	4.70	2.85
6-19—7-22	0.0	0.00±0.00 Cd	0.00±0.00 Bd	0.00±0.00 Cc	0.25±0.50 Bc
	1.0	11.25±2.99 Bbc	7.75±3.10 Ab	11.75±2.36 ABb	7.25±2.22 Aa
	1.5	17.00±6.83 ABab	10.00±1.63 Aab	9.50±1.73 Bb	6.50±3.00 Aab
	2.0	20.75±4.19 Aa	11.25±1.26 Aa	16.75±6.70 Aa	8.00±2.94 Aa
	2.5	10.00±2.83 Bc	3.00±2.16 Bc	7.25±0.96 BCb	3.25±1.26 ABbc
	平均数 Average	11.80	6.40	9.05	5.05
7-25—9-03	0.0	0.00±0.00 Dd	0.00±0.00 Bc	0.00±0.00 Cc	0.00±0.00 Cc
	1.0	5.00±1.63 CDcd	1.00±0.82 Bbc	4.75±2.36 BCc	1.00±1.15 BCbc
	1.5	9.75±1.71 BCc	2.50±1.73 ABbc	12.25±3.10 Bb	2.50±1.00 Bb
	2.0	16.00±6.68 ABb	3.25±1.89 ABab	26.25±6.55 Aa	5.75±1.71 Aa
	2.5	23.00±3.92 Aa	5.25±2.50 Aa	28.00±5.48 Aa	6.25±0.96 Aa
	平均数 Average	10.75	2.40	14.25	3.10
9-06—10-06	0.0	0.25±0.50 Ee	0.00±0.00 Cc	0.00±0.00 Ee	0.00±0.00 Ce
	1.0	21.00±2.58 Dd	1.25±0.96 Cc	90.25±13.05 Dd	7.25±1.50 Cd
	1.5	64.75±4.43 Cc	4.25±0.96 Cc	184.00±12.57 Cc	19.25±2.99 Bc
	2.0	255.75±11.93 Bb	12.50±4.20 Bb	349.50±18.12 Bb	26.25±5.06 Bb
	2.5	320.25±2.63 Aa	23.00±6.48 Aa	454.25±22.56 Aa	35.00±5.35 Aa
	平均数 Average	132.40	8.20	215.60	17.55

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同大、小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different uppercase or lowercase letters in the same column indicate significant difference at  $P<0.01$  or  $P<0.05$  level by Duncan's new multiple range test, respectively.

本研究发现,在试验桃园和苹果园中,糖醋酒液和性信息素诱捕器均可准确监测桃蛀螟发生动态,且糖醋酒液诱捕器监测桃蛀螟动态变化趋势更为明显。在桃蛀螟虫口密度较低时(4月中旬—9月上旬),糖醋酒液诱捕器的诱捕量均极显著低于性信息素;而在桃蛀螟虫口密度较高时(9月上旬—10月上旬),糖醋酒液和性信息素诱捕器的诱捕量均显著增加,但二者差异不显著。这可能与糖醋酒液的特性有关,糖醋酒液挥发性差,难以像性信息素等逸散较长的距离,其有效范围为8 m左右,只对近距离的桃蛀螟有引诱作用,从而限制了其引诱效果(卜玉强,

2010)。因而在虫口密度较大的果园使用糖醋酒液诱捕效果较显著。此外,2015—2016年连续2年调查发现,在9月上旬—10月上旬,糖醋酒液诱捕器在苹果园中对桃蛀螟的诱捕数量均高于在桃园中的诱捕数量,这可能与该时段桃园中果实已采收,而苹果园中正处于果实成熟期有关,也证实了糖醋酒液是基于害虫的取食习性而发挥其诱捕作用。

影响诱捕器诱捕效果的因素包含光照强度、温湿度、风向等环境因素(Ellis, 2006; Kovanci et al., 2006; Reinke & Barrett, 2007),以及诱捕器悬挂高度、间距等非环境因素(Foster et al., 1995; Kong et

al., 2014)。任帅和郭素娟(2015)研究发现性信息素诱捕器悬挂在板栗树冠中部(1.5~2.0 m)时诱捕的桃蛀螟雄蛾数量高于树冠上部( $\geq 2.0$  m)和树冠下部( $\leq 1.5$  m)。本研究结果表明,糖醋酒液诱捕器在桃园和苹果园中诱捕桃蛀螟的最佳悬挂高度由地上1.0、1.5、2.0 m(5月14日—6月16日)逐渐集中至地上2.5 m(9月6日—10月6日)。表明,糖醋酒液对桃蛀螟的诱捕效果不仅与诱捕器悬挂高度有关,还受诱捕时间段的影响。

本研究中,2015—2016年,泰安市郊区桃园和苹果园中桃蛀螟越冬代幼虫自4月底或5月初开始羽化,与凌飞等(2010)报道泰安市肥城市单植桃园桃蛀螟越冬代幼虫自5月底开始羽化时间不一致,这可能与不同监测年份的田间温度不同有关。温度是影响昆虫种群生长发育的一个重要因素,杜艳丽等(2012)报道在19~27℃范围内,桃蛀螟各虫态(龄)的发育历期随温度升高而缩短,发育速率与温度呈正相关。此外,通过糖醋酒液和性信息素诱捕器的诱捕监测结果发现,桃蛀螟在泰安市有4个成虫羽化高峰期,其中,前3个羽化高峰期与之前报道的桃蛀螟在山东地区1年发生3代(越冬代5月下旬至6月上旬、第1代6月下旬至7月上旬、第2代7月下旬至8月下旬)的研究几个基本一致(凌飞等, 2010; 郝立武, 2012),但与之不同的是,本研究发现桃蛀螟还存在第4个羽化高峰期(9月上旬—10月上旬),且此高峰期成虫群体数量均显著高于全年其它时段,这可能与桃蛀螟在果树、玉米、高粱以及板栗等各种作物间转移为害的习性有关(李鸿筠等, 2005)。泰安市玉米秋收时间为9月中下旬,果园周边田地秋收导致玉米田中的桃蛀螟失去生存环境(杨硕等, 2015),果园成为桃蛀螟交配和取食的主要场所,从而导致诱捕数量暴增。

桃蛀螟在田间玉米秸秆和穗轴上越冬虫量极低,其幼虫的越冬死亡率为100%(鹿金秋, 2008),而且越冬幼虫在玉米、高粱和向日葵3种寄主植物中的过冷却点较高,不耐低温,地区间差异不显著(鹿金秋等, 2010)。本研究结果表明,在2015—2016年玉米收获后(9月上旬至10月上旬),果园中桃蛀螟成虫群体数量均显著增加,且同时存在取食和交配活动。桃蛀螟从交配产卵至发育为5龄幼虫(幼虫共5龄,各代幼虫龄期以5龄最长)一般历时21~28 d(杜艳丽等, 2012)。因此,桃蛀螟转移至果园后能否完成从交配产卵至1~5龄幼虫(越冬虫态)的正常发育进入越冬状态,以及玉米秋收后果园中桃蛀螟数量的急剧增加是否对果园中桃蛀螟的越冬基数产生

影响有待于进一步研究。

## 参考文献 (References)

- Bu YQ. 2010. Studies on pollution-free control technique of three main pests on chestnut in Huairou District of Beijing. Master Thesis. Beijing: Beijing Forestry University (in Chinese) [卜玉强. 2010. 北京怀柔区板栗3种有害生物无公害控制研究. 硕士学位论文. 北京: 北京林业大学]
- Du YL, Guo HM, Sun SL, Zhang MZ, Zhang AH, Wang JB, Qin L. 2012. Effects of temperature on the development and reproduction of the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(5): 561-569 (in Chinese) [杜艳丽, 郭洪梅, 孙淑玲, 张民照, 张爱环, 王金宝, 秦岭. 2012. 温度对桃蛀螟生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报, 55(5): 561-569]
- Du YL, Zhang MZ, Ma YQ, Sun SL, Wang JB, Liu JL, Qin L. 2014. Formulation screening of sex pheromones and field trapping tests for the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Plant Protection*, 41(2): 187-191 (in Chinese) [杜艳丽, 张民照, 马永强, 孙淑玲, 王金宝, 刘建玲, 秦岭. 2014. 桃蛀螟性诱剂配方筛选与田间引诱试验. 植物保护学报, 41(2): 187-191]
- Ellis NH. 2006. Flight phenology and dispersal of *Grapholitha molesta* (Busck) as affected by rubidium enrichment and orchard hosts. Ph. D Thesis. Pennsylvania: Pennsylvania State University
- Foster SP, Ayers RH, Muggleston SJ. 1995. Trapping and sex pheromone-mediated flight and landing behavior of male *Ctenopseus obliquana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 74(2): 125-135
- Fan RJ, Li J, Ma CS. 2010. Research and demonstration on innovative technologies to monitor, prevent and control of fruit borers in northern China. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(5): 32-35 (in Chinese) [范仁俊, 李捷, 马春森. 2010. 北方果树食心虫监测和防控新技术研究与示范. 山西农业科学, 38(5): 32-35]
- Hao LW. 2012. The population dynamics of the main insect pests on summer corn field and their spatial analyses based on GIS and GS in Shandong Province. Master Thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [郝立武. 2012. 山东省夏玉米主要害虫种群发生动态及基于GIS和GS的空间分析. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]
- He L, Qin YC, Zhu PX. 2009. Trapping effect of the mixture of sugar-acetic acid-ethanol to oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) and smaller apple leaf roller (*Adoxophyes orana*). *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(5): 736-739 (in Chinese) [何亮, 秦玉川, 朱培祥. 2009. 糖醋酒液对梨小食心虫和苹果小卷叶蛾的诱杀作用. 昆虫知识, 46(5): 736-739]
- Kong WN, Hu RS, Zhao ZG, Li J, Zhang ZW, Li SC, Ma RY. 2014. Effects of trap height, location, and spacing on pheromone-baited trap catch efficacy for oriental fruit moths (Lepidoptera: Tortricidae) in a peach orchard. *The Canadian Entomologist*, 146(6): 684-692
- Kovanci OB, Schal C, Walgenbach JF, Kennedy GG. 2006. Effects of

- pheromone loading, dispenser age, and trap height on pheromone trap catches of the oriental fruit moth in apple orchards. *Phytoparasitica*, 34(3): 252–260
- Kuang MH, Liu SW, Ji BZ, Gao JY, Gao YG, Wang GX. 2009. Investigation on the overwintering status and bionomics of needle feeding type of *Conogethes punctiferalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 46(4): 569–573 (in Chinese) [况美华, 刘曙雯, 嵇保中, 高江勇, 高玉国, 王国兴. 2009. 取食针叶的桃蛀螟越冬状况调查和生物学特性. *昆虫知识*, 46(4): 569–573]
- Lei HJ. 2009. Studies on green control technique of main pests for Chinese chestnut in Yanshan area. Master Thesis. Beijing: Beijing Forestry University (in Chinese) [雷恒久. 2009. 燕山地区板栗主要虫害绿色防治技术研究. 硕士学位论文. 北京: 北京林业大学]
- Li HJ, Lei HD, Liu HQ, Yao TS, Tian WH, Qian KM. 2005. The study on occurrence and control of *Dichocrocis punctiferalis* Guenee in citrus garden. *South China Fruits*, 34(6): 22–23 (in Chinese) [李鸿筠, 雷慧德, 刘浩强, 姚廷山, 田文华, 钱克明. 2005. 柑桔园桃蛀螟的发生及防治研究. *中国南方果树*, 34(6): 22–23]
- Li J, Wang Y, Guo JS, Li Y, Kong WN, Ma RY. 2016. The effects of the three components in sugar-acetic acid-ethanol mixture in trapping *Grapholitha molesta* (Busck). *Journal of Fruit Science*, 33(3): 358–365 (in Chinese) [李捷, 王怡, 郭晋帅, 李颖, 孔维娜, 马瑞燕. 2016. 利用梨小食心虫分析糖醋酒液3种主要成分的作用. *果树学报*, 33(3): 358–365]
- Ling F, Wang P, Xu YY, Yu Y, Li LL. 2010. Studies on the occurrence dynamics and damage of fruit boring insect pests in Feicheng peach single garden of Shandong. *Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition)*, 30(4): 320–324 (in Chinese) [凌飞, 王鹏, 许永玉, 于毅, 李丽莉. 2010. 山东肥城单植桃园食心虫发生与为害规律. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 30(4): 320–324]
- Liu MY, Tian Y, Li X. 1994. Identification of minor components of the sex pheromone of yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée, and field trials. *Entomologia Sinica*, 1(2): 150–155
- Lu JQ. 2008. Investigation of occurrence and biology of *Conogethes punctiferalis*. Master Thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [鹿金秋. 2008. 桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* 的发生规律及生物学特性的研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]
- Lu JQ, Wang ZY, He KL, Liu Y. 2010. Research history, progresses and prospects in the yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis*. *Plant Protection*, 36(2): 31–38 (in Chinese) [鹿金秋, 王振营, 何康来, 刘勇. 2010. 桃蛀螟研究的历史、现状与展望. *植物保护*, 36(2): 31–38]
- Ma F, He YY, Zhao LZ, Chen NZ. 2012. Analysis of the potential geographic distribution of *Conogethes punctiferalis* in Xinjiang of China. *Plant Protection*, 38(2): 136–138, 170 (in Chinese) [马菲, 何友元, 赵林忠, 陈乃中. 2012. 桃蛀螟在新疆的适生区预测. *植物保护*, 38(2): 136–138, 170]
- Natal D, Mattiacci L, Pasqualini E, Dorn S. 2004. Apple and peach fruit volatiles and the apple constituent butyl hexanoate attract female oriental fruit moth, *Cydia molesta*, in the laboratory. *Journal of Applied Entomology*, 128(1): 22–27
- Reinke MD, Barrett BA. 2007. Sublethal exposure to methoxyfenozide-treated surfaces reduces the attractiveness and responsiveness in adult oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 100(1): 72–78
- Ren S, Guo SJ. 2015. Study on the applied technology of *Conogethes punctiferalis*' sex pheromone in chestnut orchard. *Journal of Environmental Entomology*, 37(1): 96–101 (in Chinese) [任帅, 郭素娟. 2015. 桃蛀螟性信息素在板栗园中应用技术研究. *环境昆虫学报*, 37(1): 96–101]
- Roelofs WL, Glass EH, Tette J, Comeau A. 1970. Sex pheromone trapping for red-banded leaf roller control: theoretical and actual. *Journal of Economic Entomology*, 63(4): 1162–1167
- Stelinski LL, Miller JR, Ledebuhr R, Siebert P, Gut LJ. 2007. Season-long mating disruption of *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) by one machine application of pheromone in wax drops (SPLAT-OFM). *Journal of Pest Science*, 80(2): 109–117
- Tian BL, Ma CS, Kong DC, Zhao CP, Wei GS. 2012. The fruit moth population monitoring and control technique in different orchards. *Journal of Plant Protection*, 39(1): 7–12 (in Chinese) [田宝良, 马春森, 孔德仓, 赵存鹏, 魏国树. 2012. 不同果园中主要食心虫种群监测与防控技术. *植物保护学报*, 39(1): 7–12]
- Wang YC. 2001. *Insect biochemistry*. Beijing: China Agriculture Press, pp. 448–480 (in Chinese) [王荫长. 2001. *昆虫生物化学*. 北京: 中国农业出版社, pp. 448–480]
- Wang ZY, He KL, Shi J, Ma SY. 2006. The cause and control countermeasures of *Dichocrocis punctiferalis* damage seriously on maize. *Plant Protection*, 32(2): 67–69 (in Chinese) [王振营, 何康来, 石洁, 马嵩岳. 2006. 桃蛀螟在玉米上危害加重原因与控制对策. *植物保护*, 32(2): 67–69]
- Witzgall P, Kirsch P, Cork A. 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1): 80–100
- Xiao W, Wu KM, Gong QT, Zhao ZM, He L. 2013. Pheromonal activity of rectum extracts from Chinese citrus fly (*Bactrocera minax*). *Scientia Agricultura Sinica*, 46(7): 1501–1508 (in Chinese) [肖伟, 武可明, 宫庆涛, 赵志模, 何林. 2013. 柑橘大实蝇直肠粗提物的信息素功能. *中国农业科学*, 46(7): 1501–1508]
- Yang S, Shi J, Zhang HJ, Guo N, Li P, Wang ZY. 2015. Impacts of durian fruit borer *Conogethes punctiferalis* on yield loss of summer corn by injuring corn ears. *Journal of Plant Protection*, 42(6): 991–996 (in Chinese) [杨硕, 石洁, 张海剑, 郭宁, 李坡, 王振营. 2015. 桃蛀螟为害夏玉米果穗对产量的影响. *植物保护学报*, 42(6): 991–996]
- Zhang CY, Liang B, Tang XF, Yu YQ, Shi HK, Wu XM, Zhang XH. 2009. A study on occurrence law of *Conogethes punctiferalis* and its comprehensive control in Beijing. *China Fruits*, (5): 63–64 (in Chinese) [张承胤, 梁泊, 唐欣甫, 喻永强, 史贺奎, 吴秀梅, 张晓辉. 2009. 北京地区桃园桃蛀螟的发生规律与综合防治. *中国果树*, (5): 63–64]

(责任编辑:李美娟)