

性迷向素胶条结合化学药剂规模化 防控晚熟梨园梨小食心虫

翟浩, 张勇*, 李晓军, 马亚男, 王丹, 贾晓曼

(山东省果树研究所, 山东泰安 271000)

摘要:【目的】明确晚熟梨园梨小食心虫(*Grapholitha molesta* Busck)的发生动态及新型性信息素迷向散发器—性迷向素胶条对梨小食心虫的防治效果。【方法】通过性信息素监测泰安梨园中梨小食心虫的发生动态,根据其发生规律,研究280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条不同剂量处理(330条·hm⁻², 495条·hm⁻²和660条·hm⁻²)结合常规药剂(35%氯虫苯甲酰胺水分散粒剂)对梨小食心虫的防治效果。【结果】2017年泰安地区梨小食心虫成虫田间始发期为3月中下旬,发生末期为10月上旬,7—9月为群体数量高峰期。在梨小食心虫1~4代成虫发生期,性迷向素胶条2个施放剂量(495条·hm⁻²和660条·hm⁻²)对梨小食心虫雄成虫的迷向率为96.89%~100%,对梨小食心虫幼虫蛀果防效为88.36%~93.78%,显著高于330条·hm⁻²的施放剂量、常规化学药剂和空白对照($\alpha = 0.05$)。【结论】探明了晚熟梨园中梨小食心虫发生危害规律,明确了性信息素迷向素胶条迷向的最佳施放剂量及与常规药剂组合防治梨园中梨小食心虫的效果,为梨小食心虫的绿色防控研究提供了理论依据和数据支持。

关键词: 梨; 性迷向素胶条; 梨小食心虫; 绿色防控; 发生动态

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2018)Suppl.-148-07

Scale control over *Grapholitha molesta* Busck with mating disruption clip combined with chemical control in late-ripening pear orchard

ZHAI Hao, ZHANG Yong*, LI Xiaojun, MA Yanan, WANG Dan, JIA Xiaoman

(Shandong Institute of Pomology, Taian 271000, Shandong, China)

Abstract: 【Objective】The aim of this study is to illuminate the occurrence dynamics of *Grapholitha molesta* Busck (oriental fruit moth) and explore the control effect of new sexual pheromone releaser—mating disruption clip on the oriental fruit moths in late-ripening pear orchard. 【Methods】The occurrence dynamics of adult oriental fruit moths in all the growing season was determined based on the number of adult moths trapped using sex pheromone. According to the occurrence dynamics, the control effect of mating disruption clip was investigated by releasing the sexual pheromone (with the three active ingredient of 330 clips·ha⁻¹, 495 clips·ha⁻¹ and 660 clips·ha⁻¹) combined with the utilization of conventional pesticide (35% Rynaxypyr water dispersible granules). 【Results】The results showed that the adults of the oriental fruit moths in 2017 emerged from mid or late March in Tai'an, and ended in early October. There were five obvious occurrence peaks, which were concentrated from July to September. During the adult emergencing generations of 1-4, the mating disruption rate of oriental fruit moth for mating disruption clips of two active ingredients (495 clips·ha⁻¹ and 660 clips·ha⁻¹) combined with the utilization of conventional pesticide (35% Rynaxypyr water dispersible granules) was from 96.89% to 100%, which were obviously more than that of 330 clips·ha⁻¹ (70.60% to 90.78%) ($\alpha = 0.05$). In addition, the control effect of mating disruption clip (495 clips·ha⁻¹ and 660 clips·ha⁻¹) for the oriental fruit moth larvae on injury fruits

收稿日期: 2018-11-05 接受日期: 2018-12-10

基金项目: 山东省农业科学院科技创新重大项目(2014CXZ04-1); 国家现代梨产业技术体系(CARS-28-36)

作者简介: 翟浩, 男, 助理研究员, 从事果树植保工作。Tel: 0538-8260588, E-mail: zhaihao688@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 0538-8266650, E-mail: gkszyh@sina.com

were 88.36%~93.78%, also obviously higher than that of 330 clips·ha⁻¹, chemical control (35% Rynaxypyr water dispersible granules) and blank control, with significant difference among them ($\alpha = 0.05$). The results of this study exhibited that the mating disruption clip combined with the application of chemical pesticides had an excellent control effect on oriental fruit moths【Conclusion】The results of this research will provide reference to the occurrence regularity and damage symptoms of the oriental fruit moths in late-ripening pear orchards, clarify the optimal dosage of oriental fruit moth mating disruption clip, and provide theoretical basis and data support for environment friendly control of the oriental fruit moths.

Key words: Pear; Mating disruption clip; *Grapholitha molesta* Busck; Green pest control; Occurrence dynamics

梨小食心虫(*Grapholitha molesta* Busck)属鳞翅目卷蛾科,严重危害桃、梨、苹果、樱桃等果树的新梢和果实^[1-2]。梨小食心虫一年发生4~5代,具有钻蛀危害和转移寄主的习性,连续多年的化学防治使其抗药性发展很快,导致防治困难^[2-3]。梨小食心虫性信息素具有活性高、无毒、特异性强、使用方便、不伤害天敌等优点,对控制梨小食心虫下一代虫口数量及整体防控有明显优势,因此应用性信息素防治梨小食心虫备受关注^[4-5]。Kovanci等^[6]和Pickel等^[7]研究了性信息素诱捕梨小食心虫及其交配干扰措施的防控效果;Il'ichev等^[8]研究了性信息素微胶囊释放技术,降低了该食心虫的防控成本。前人^[9-11]从国外引入迷向丝规模化防治梨小食心虫,取得了良好的防治效果,均建议在性信息素迷向防治梨小食心虫的同时,结合化学(生物)防治,防控效果更佳。

性迷向技术通过缓释载体,长时间保持昆虫信息素的高浓度释放,有效干扰阻断昆虫间的信息交流,使雄蛾丧失对性信息素的感知能力,从而无法定位雌蛾进行交配产卵,更不会产生子代进行危害^[12-14]。国内关于梨小食心虫性信息素迷向技术的研究主要集中在田间防控^[15-16],性信息素的配比和剂型等方面^[17-18],并在此基础上优化了梨小食心虫性信息素迷向剂的施放高度、位置、剂量等参数,进一步提高了性信息素迷向剂的防治效果。

Carde等^[19]和Vickers等^[20]报道性信息素释放载体的选择直接影响性迷向技术在田间的防控效果。目前,性信息素迷向缓释散发器主要有迷向丝、迷向管和迷向膏剂等,分别以缓释胶层、可塑管以及膏剂作为性信息素缓释载体释放性信息素^[9,16,31],应用广泛。但3类性信息素迷向剂规模化施放成本(迷向剂成本和人工施放成本)较高;迷向丝/管在使用时需要对树体进行捆绑,影响树干的正常增粗;迷向膏剂

持效时间短,需要在生长季当中二次施用,增加了人工成本等问题都限制了性信息迷向技术的推广应用。因此,在生产中亟需一种长效缓释、成本低廉、人工投入极少的性信息迷向产品用于规模化防治梨小食心虫。基于此,2017年课题组利用新型性信息素迷向散发器——280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条结合常规化学药剂的方法对晚熟梨树梨小食心虫进行了迷向防治试验,以期对梨小食心虫的有效防控以及节约型、生态型果园的有害生物管理提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

试验在山东省泰安市山东省果树研究所金牛山基地进行。试验区梨树生长基本一致,品种为‘金坠子’,试验树株距×行距为3.0 m×5.0 m,每666.7 m²栽树44株,树龄38 a(年),面积约8 hm²。梨园管理水平一般,梨小食心虫重度程度发生。

梨小食心虫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。性信息素诱捕器为自制盆式诱捕器(高18 cm,内口径28~30 cm),盆口中心悬挂性信息素诱芯,性信息素诱捕器中的液体使用洗洁精和自来水混配(洗洁精:自来水=1:50)。280 mg·条⁻¹梨小食心虫性信息迷向素胶条由南京新安中绿生物科技有限公司研制,管壁为高分子缓释复合材料,玫红色。胶条下部为楔形,高度为50 mm,最宽处19 mm,内含活性成分顺-8-十二碳烯醇乙酸酯等化合物280±10 mg。胶条上部为桃心形的与管壁同材质的卡扣(图1)。35%氯虫苯甲酰胺水分散粒剂由美国富美实公司生产。

1.2 方法

1.2.1 梨小食心虫发生动态监测 2017年3—10月



图1 性信息迷向素胶条及田间使用效果

Fig. 1 The mating disruption clip of *Grapholitha molesta* and its application in orchard

采用水盆型诱捕器诱捕法在试验梨园进行监测。性信息素诱捕器盆口中心悬挂1个性信息素诱芯(每个质量为2 g)。盆中注水至距诱芯0.5~1.0 cm处,及时补充蒸发水量。诱芯每月更换1次,备用诱芯于0~2℃冰箱内保存。越冬代梨小食心虫成虫羽化前(3月21日),将诱捕器悬挂于梨树树体2/3高度的外缘树枝处,在试验梨园的东、南、西、北4个方位各放置1个,各诱捕器间相距50 m以上。每周调查2次各诱捕器诱捕到的梨小食心虫成虫数量。

1.2.2 性信息迷向素防治梨小食心虫试验 试验共设5个处理:即280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条(330条·hm⁻²、495条·hm⁻²和660条·hm⁻²)+常规药剂共3个剂量处理防治区、常规化学防治区,每个处理面积约1 hm²;在常规化学防治区,选择8株树,不使用常规化学杀虫防治,作为空白对照。

剂量为280 mg·条⁻¹的梨小食心虫迷向素胶条防治区:2017年3月21日,梨小食心虫越冬代成虫羽化前期,分别按每地块330条·hm⁻²、495条·hm⁻²和660条·hm⁻²的施放剂量,将梨小食心虫迷向素胶条均匀悬挂在树冠上部三分之一范围,一次性施放完毕;整个迷向区外围采用990条·hm⁻²的剂量加倍处理2圈,以降低外围环境对试验区的影响。

梨小食心虫在山东地区每年发生5代(包括越冬代),每代成虫发生高峰期均施药1次(35%氯虫苯甲酰胺水分散剂8 000倍液),即试验期间共喷5次药。常规化学防治区:在每代梨小食心虫成虫高峰期,喷1次35%氯虫苯甲酰胺水分散剂50 mg·L⁻¹,试验期间共喷5次。为消除人为误差,施放性信息迷向素+常规药剂防治区和常规化学防治区

喷药品种和次数保持一致。常规化学防治区与性信息迷向素施放防治区间隔500 m。

1.2.3 性信息迷向素施放区梨小食心虫的动态监测 果园梨小食心虫成虫羽化前在试验小区悬挂2个监测诱捕器,间隔3 d检查1次诱捕情况,当诱到试验对象时,立即进行试验药剂、对照药剂处理。同时以每个处理区中部为中心,对角线分布,间隔50 m悬挂5个监测诱捕器,并编号记录,每周检查2次诱蛾情况,直至试验结束,期间每2个月更换1次性诱剂及配套诱捕器。

1.2.4 性信息迷向素施放区梨小食心虫蛀果率调查 根据空白对照区(不使用常规化学杀虫防治)梨小食心虫每代幼虫危害情况,对梨小食心虫幼虫的蛀果率进行调查。在每个处理区中心区域,间隔50 m,选择4个点,每个点标记2株果树,进行危害数量调查。危害果实的,每点标记200个无虫果实,每次调查发现危害蛀孔时,进行标记,下次调查不再计数,只记录新增加数。

1.3 防治效果计算方法

迷向率及防治效果分别按(1)和(2)以下公式计算:

$$\text{迷向率}/\% = \frac{N_0 - N_1}{N_0} \times 100, \quad (1)$$

N_0 为空白对照区诱蛾量; N_1 为药剂处理区(试验设计的4个处理)诱蛾量。

$$\text{蛀果防治效果}/\% = \frac{CK - PT}{CK}, \quad (2)$$

CK为空白对照区蛀果率;PT为药剂处理区(试验设计的4个处理)蛀果率。

1.4 数据分析

田间监测数据以3 d为单位进行归集,采用Excel 2010与数据处理软件DPS 16.05对结果进行方差分析和显著性检验(Duncan新复极差法)。试验结果为平均值(mean)±标准差(SD)。

2 结果与分析

2.1 梨园梨小食心虫成虫发生动态监测

根据田间诱集结果绘制出泰安地区梨小食心虫成虫发生动态(图2)。2017年泰安地区田间成虫发生始末期为3月中下旬至10月上旬,梨小食心虫从第2个高峰开始虫态交错,出现世代重叠,7月下旬至9月下旬是梨小食心虫群体数量发生的高峰期,诱捕最高峰在9月1日。

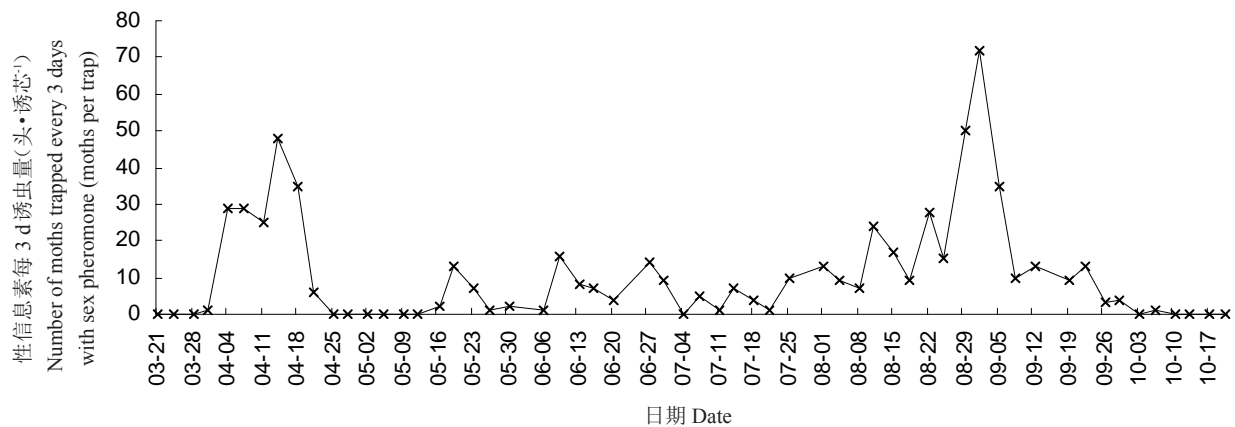


图2 2017年泰安梨园梨小食心虫雄成虫发生动态

Fig. 2 The occurrence dynamics of male adults of *Grapholitha molesta* Busck in pear orchard of Tai'an in 2017

2.2 性信息迷向素对梨小食心虫的田间迷向效果

280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条对梨园梨小食心虫雄成虫的迷向效果见表1。施放280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条各处理(330条·hm⁻²、495条·hm⁻²和660条·hm⁻²)的试验梨园中,性信息素监测诱捕梨小食心虫越冬代和1~4代雄成虫数量骤降,均显著低于对照处理区的诱捕数量,对雄成虫的迷向率均在70.60%以上,显著高于常规对照处理($\alpha=0.05$)。在梨小食心虫1~4代成虫发生期,性信息素胶条不同施放剂量对梨小食心虫雄成虫交配行为的干扰效果差异显著,495条·hm⁻²和660条·hm⁻²施放剂量处理,迷向率均在96.89%以上,显著高于330条·hm⁻²施放剂量处理。说明,性信息迷向素胶条在施放后对梨小食心虫各代雄成虫交配行为具有显著的干扰效果,495条·hm⁻²和660条·hm⁻²的施放剂量对梨小食心虫雄成虫干扰效果最佳。

2.3 性信息迷向素胶条对梨小食心虫的田间防控效果

因梨小食心虫第1、2代幼虫很少危害梨果实,且试验梨品种果实成熟期为9月下旬,故试验仅调查了性信息迷向素胶条对第4、5代梨小食心虫幼虫危害梨果实的防效(表2)。施放280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条各剂量处理(330条·hm⁻²、495条·hm⁻²和660条·hm⁻²)的试验园中,第4、5代梨小食心虫幼虫的蛀果率在0.61%~2.06%,显著低于常规化学防治区和空白对照区($\alpha=0.05$);而对梨小食心虫的蛀果防治效果均在78.89%以上,且各试验处理之间差异不显著,但均显著高于常规化学防治区和空白对照区($\alpha=0.05$)。在梨小食心虫4~5代幼虫蛀果

危害发生期,性信息素胶条不同施放剂量对梨小食心虫幼虫蛀果防治效果差异显著,495条·hm⁻²和660条·hm⁻²施放剂量处理对梨小食心虫蛀果防治效果均在88.36%以上,显著高于330条·hm⁻²施放剂量处理。说明,应用性信息迷向素胶条防治梨小食心虫蛀果危害效果显著,优于常规化学防治,且495条·hm⁻²和660条·hm⁻²的施放剂量对梨小食心虫幼虫蛀果防治效果最佳。

3 讨论

梨小食心虫在山东地区一年发生5代,在春季和夏初主要危害桃树新梢,夏季和秋季危害梨果实,由于其世代重叠和转移寄主钻蛀危害的习性,导致梨小食心虫的防治难度和成本逐年增加^[2,3,21]。通过性信息素迷向剂干扰梨小食心虫雌雄交配,并结合常规化学药剂综合防控梨小食心虫,研究新型性信息素散发器的最佳施放剂量,有利于减少迷向防治成本,提高迷向防治效果。本研究结果表明,在晚熟梨园中使用性信息迷向素胶条结合常规化学防治对梨小食心虫的防效显著高于单独常规化学药剂防治,其中280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条495条·hm⁻²和660条·hm⁻²2个施放剂量对梨小食心虫的防治效果最佳,持效期在5个月以上。本试验中,虽然性信息迷向素胶条结合常规化学防治梨小食心虫效果显著,但在用药次数没有减少的同时增加了迷向素的支出与人力成本支出,综合防控成本显著增加。因此,如何优化迷向防控技术,在降低迷向防控成本及减少农药施药次数的同时显著提高其防治效果已成为梨小食心虫迷向防控研究的重点。

表 1 280 mg·条⁻¹性信息迷向素胶条对梨小食心虫的迷向效果
Table 1 Trapping effects of 280 mg·clip⁻¹ mating disruption clip on the oriental fruit moth

试验处理 Test treatment	越冬代成虫 (3月24日—5月2日) Overwintering adults (March 24 to May 2)		第一代成虫 (5月12日—6月6日) 1st generation adults (May 12 to June 6)		第二代成虫 (6月13日—7月7日) 2st generation adults (June 13 to July 7)		第三代成虫 (7月11日—8月1日) 3st generation adults (July 11 to August 1)		第四代成虫 (8月11日—9月12日) 4st generation adults (August 11 to September 12)	
	280 mg·条 ⁻¹ 性信息迷向素施放剂量 Release active ingredient of mating disruption sex pheromone/ (clips·hm ⁻²)	迷向率 Mating disruption rate/%	诱蛾数量 Number trapped	迷向率 Mating disruption rate/%	诱蛾数量 Number trapped	迷向率 Mating disruption rate/%	诱蛾数量 Number trapped	迷向率 Mating disruption rate/%	诱蛾数量 Number trapped	迷向率 Mating disruption rate/%
性信息迷向素施放区+ 常规化学防治	330	100.00	0.75±0.96 Cc	98.69	0.50±1.00 Bc	98.48	0.00±0.00 Bc	100.00	0.00±0.00 Bc	100.00
Mating disruption of Sex pheromone + conventional medicament	495	99.14	1.75±2.06 Cc	96.89	0.75±0.96 Bc	98.33	1.25±1.26 Bc	99.19	0.25±0.50 Bc	99.75
对照处理区 Blank control	660	90.78	10.00±2.16 Bb	81.34	11.50±5.07 Bb	70.60	24.5±8.50 Bb	82.36	8.00±3.37 Bb	88.54
不施放	Not released	-	53.25±6.50 Aa	-	38.75±11.53 Aa	-	138.00±23.83 Aa	-	75.50±25.00 Aa	-

注：表中数据为平均数±标准差。同列数据后大、小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $\alpha=0.01$ 或 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。下同。

Note: The data in this table is Mean±standard deviation. The upper and lower case letters after the same data indicate that the difference is significant at the $\alpha=0.01$ or $\alpha=0.05$ level by Duncan's new complex range test. The same below.

表 2 280 mg·条⁻¹性信息迷向素胶条对梨小食心虫的蛀果防治效果
Table 2 Trapping effects of 280 mg·clip⁻¹ mating disruption clip on the oriental fruit moth

试验处理 Test treatment	第四代幼虫(7月18日至8月15日) 4st generation larvae (July 18 to August 15)		第五代幼虫(8月22日至9月19日) 5st generation larvae (August 22 to September 19)		
	280 mg·条 ⁻¹ 性信息迷向素施放剂量 Release active ingredient of mating disruption sex pheromone/(clips·hm ⁻²)	蛀果率 Fruits injury rate/%	调查果数 Fruit number	蛀果率 Fruits injury rate/%	调查果数 Fruit number
性信息迷向素施放区+常规 化学防治	330	0.61±0.84 Cd	200	92.15±2.72 Aa	200
Mating disruption of Sex phero- mone + conventional medicament	495	0.86±0.84 Cdc	200	88.36±5.78 Aab	200
常规化学防治	660	1.60±1.14 Cc	200	78.89±6.79 Ab	200
Conventional medicament		3.71±1.31 Bb	200	48.81±13.60 Bc	200
空白对照 Control		7.96±2.94 Aa	200	-	200

在我国,梨小食心虫性信息素迷向剂(散发器)主要有三类:可塑条迷向丝、可塑条迷向管和膏剂。这3类迷向剂的施放都需要人工进行悬挂或涂抹,持效期短的还需要重复悬挂或涂抹。目前,山东地区果园雇工成本较高,每个工日在100~150元,致使性信息素迷向剂人工施放成本高昂,加上性信息素迷向剂产品本身昂贵的价格(每666.7 m² 120~160元),使性信息素迷向技术的应用推广受到一定的局限性^[20]。因此,研究优化性信息素迷向素的配方、缓释载体以及田间施放剂量,对提高迷向剂的防治效果和施放效率,有效减少防治材料和劳动力的投入,降低果品生产成本,实现梨产业节本提质增效的目标具有重大意义。本研究使用的280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条,一次使用能够有效保护果园,对中外晚熟品种的梨小食心虫防治具有更加重要的意义。该胶条并创新性设计了桃心形卡扣结构,使用方便,防效突出,持效期长,安全环保并且极大的减少了人工施放成本。

迷向防治技术虽然能干扰成虫交配,但不能直接控制幼虫的危害^[12]。因此,在采用迷向技术防治的同时,还应适时进行农药防治或者生物(天敌)防治,将化学防治的快效性与生物防治长效性相结合,防治效果会更好^[22]。此外,梨小食心虫性信息素迷向剂具有专一性,只可用于防治梨小食心虫,不能用于防治其他害虫。而在梨园实际生产中,存在梨小、桃小、桃蛀螟等食心虫混合发生危害的情况。因此,研究复合式迷向剂防治果园中的多种主要害虫,减少施药次数和劳动力成本,提高综合防治效果,以符合节约型生态型果园有害生物管理的要求。

性迷向技术作为一种创新的害虫防治方法越来越受到关注,性信息素迷向技术的应用可能受到以下因素的影响:害虫种类、密度、迁飞能力、防治区域、区域间隔范围、性信息素的组分、性信息素释放载体、性信息素交配干扰技术具有专一性等^[19-20]。

4 结 论

2017年泰安地区梨小食心虫成虫田间始发期为3月中下旬,发生末期为10月上旬,7—9月为群体数量高峰期。在晚熟梨园中使用性信息素迷向素胶条结合常规化学防治对梨小食心虫的防效显著高于单独常规化学药剂防治,其中280 mg·条⁻¹梨小食心虫迷向素胶条495条·hm⁻²和660条·hm⁻²2个施放剂

量对梨小食心虫的防治效果最佳,持效期在5个月以上。

参考文献 References:

- [1] 张国辉, 仵均祥. 梨小食心虫成虫行为节律研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(12): 131-135.
ZHANG Guohui, CHU Junxiang. Behavioral rhythms of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2012, 40(12): 131-135.
- [2] 范仁俊, 刘中芳, 陆俊姣, 封云涛, 庾琴, 高越, 张润祥. 我国梨小食心虫综合防治研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(6): 1509-1513.
FAN Renjun, LIU Zhongfang, LU Junjiao, FENG Yuntao, YU Qin, GAO Yue, ZHANG Runxiang. Progress in the application of IPM to control the oriental fruit moth (*Grapholitha molesta*) in China [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2013, 50(6): 1509-1513.
- [3] 李晓龙, 夏国宁, 何建川, 贾永华, 陈汉杰, 李锋, 许泽华, 刘晓丽, 王春良. 复合式膏体迷向剂对梨小, 桃小食心虫的防控效果[J]. 植物保护, 2013, 39(6): 147-152.
LI Xiaolong, XIA Guoning, HE Jianchuan, JIA Yonghua, CHEN Hanjie, LI Feng, XU Zehua, LIU Xiaoli, WANG Chunliang. Control effects of a dual sex pheromone cream on the oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards [J]. Plant Protection, 2013, 39(6): 147-152.
- [4] STELINSKI L L, MILLER J R, LEDEBUHR R, SIEGERT P, GUT L J. Season-long mating disruption of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) by one machine application of pheromone in wax drops (SPLAT-oriental fruit moth mating disruption paste formulation) [J]. Journal of Pest Science, 2007, 80(2): 109-117.
- [5] 杜家纬. 昆虫信息素及其应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988.
DU Jiawei. Insect pheromone and its application [M]. Beijing: China Forestry Press, 1988.
- [6] KOVANC O B, SCHAL C, WALGENBACH J F, KENNEDY G G. Comparison of mating disruption with pesticides for management of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in North Carolina apple orchards [J]. Journal of Economic Entomology, 2005, 98(4): 1248-1258.
- [7] PICKEL C, HASEY J, BENTLEY W, OLSON W H, GRANT J. Pheromones control oriental fruit moth and peach twig borer in cling peaches [J]. California Agriculture, 2002, 56(5): 170-176.
- [8] IL'ICHEV A L, STELINSKI L L, WILLIAMS D G, GUT L J. Sprayable microencapsulated sex pheromone formulation for mating disruption of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Australian peach and pear orchards [J]. Journal of Economic Entomology, 2006, 99(6): 2048-2054.

- [9] 李晓军,张勇,王涛,亓彬,范昆. 0.24 g·条⁻¹梨小食心虫信息素缓释剂防治桃树梨小食心虫试验[J]. 农药, 2009, 48(5): 374-375.
LI Xiaojun, ZHANG Yong, WANG Tao, QI Bin, FAN Kun. The field trial of the pheromone 0.24 g·条⁻¹ BR on controlling *Grapholitha molesta* [J]. Agrochemicals, 2009, 48(5): 374-375.
- [10] 何超,秦玉川,周天仓,花蕾,张锐. 应用性信息素迷向法防治梨小食心虫试验初报[J]. 西北农业学报, 2008, 17(5): 107-109.
HE Chao, QIN Yuchuan, ZHOU Tiancang, HUA Lei, ZHANG Rui. Experiment of mating disruption control *Grapholitha molesta* Busck by using sex pheromone [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2008, 17(5): 107-109.
- [11] 李波,秦玉川,何亮,吴学民. 不同性诱芯与糖醋酒液防治梨小食心虫[J]. 植物保护学报, 2006, 35(3): 285-286.
LI Bo, QIN Yuchuan, HE Liang, WU Xuemin. The control of oriental fruit moth with sexpheromone dispensers and mixtures of sugar-aceticacid-ethanol [J]. Journal of Plant Protection, 2006, 35(3): 285-286.
- [12] WITZGALL P, KIRSCH P, CORK A. Sex pheromones and their impact on pest management [J]. Journal of Chemical Ecology, 2010, 36(1): 80-100.
- [13] CORK A, ALAM S N, ROUF F M, TALEKAR N S. Development of mass trapping technique for control of brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 2005, 95(6): 589-596.
- [14] EL-SAYED A M, SUCKLING D M, WEARING C H, BYERS J A. Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species [J]. Journal of Economic Entomology, 2006, 99(5): 1550-1564.
- [15] 杨兴翠,马涛,易思雨,温秀军,李奕震,曹庸,蔡卫东. 性信息素微胶囊迷向防治梨小食心虫田间试验[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(3): 410-415.
YANG Xingcui, MA Tao, YI Siyu, WEN Xiujun, LI Yizhen, CAO Yong, CAI Weidong. Mating disruption control of *Grapholitha molesta* using sex pheromone microcapsle emulsion [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2015, 31(3): 410-415.
- [16] 周洪旭,李丽莉,于毅. 信息素迷向法规模化防治梨小食心虫[J]. 植物保护学报, 2011, 38(5):385-389.
ZHOU Hongxu, LI Lili, YU Yi. Scale control over *Grapholitha molesta* with mating disruption of sex pheromone [J]. Acta Phytopylacica Sinica, 2011, 38(5): 385-389.
- [17] 徐妍,吴国林,吴学民,秦玉川. 梨小食心虫性信息素研究及应用进展[J]. 现代农药, 2009, 8(3): 40-44.
XU Yan, WU Guolin, WU Xuemin, QIN Yuchuan. Research on sex pheromone of *Grapholitha molesta* Busck and its applications [J]. Modern Agrochemicals, 2009, 8(3): 40-44.
- [18] 徐妍,吴国林,吴学民,秦玉川. 梨小食心虫性信息素微囊化及释放特性[J]. 农药学报, 2009, 11(1): 65-71.
XU Yan, WU Guolin, WU Xuemin, QIN Yuchuan. Microcapsulating and controlled release characteristics of sex pheromone of *Grapholitha molesta* [J]. Modern Agrochemicals, 2009, 11(1): 65-71.
- [19] CARDÉ R T, MINKS A K. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints [J]. Annual Review of Entomology, 1995, 40: 559-585.
- [20] VICKERS, R A, ROTHSCHILD, G H L, AND JONES, E L. Control of the oriental fruit moth, *Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae), at a district level by mating disruption with synthetic female pheromone [J]. Bulletin Entomological Research, 1985, 75: 625-634.
- [21] NAJAR-RODRIGUEZ A, ORSCHEL B, DORN S. Season-long volatile emissions from peach and pear trees in situ, overlapping profiles, and olfactory attraction of an oligophagous fruit moth in the laboratory [J]. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39(3): 418-429.
- [22] 翟浩,陈汝,薛晓敏,王金政. 信息素迷向法防治不套袋苹果园的梨小食心虫[J]. 落叶果树, 2017, 49(1): 35-36.
ZHAI Hao, CHEN Ru, XUE Xiaomin, WANG Jinzheng. The control of *Grapholitha molesta* Busck with sexual pheromone trap in no-bagged cultivation apple orchard [J]. Deciduous Fruits, 2017, 49(1): 35-36.