

桃蛀螟性诱剂的筛选及其在黄淮海夏玉米区种群动态监测中的应用

陈万斌, 杨 宸, 黄晓丹, 何康来, 王振营*

(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)

摘要 桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée) 是我国黄淮海夏玉米区的主要玉米穗部害虫, 幼虫取食玉米果穗不但直接影响玉米产量, 而且严重降低玉米品质。为了更好地利用性诱剂监测玉米田桃蛀螟种群动态和有效防控桃蛀螟为害, 比较了桃蛀螟性信息素成分顺-10-十六碳烯醛[(Z)-10-hexadecenal, Z-16; Ald]和反-10-十六碳烯醛[(E)-10-hexadecenal, E-16; Ald]在不同配比和不同剂量下的诱蛾效果; 利用筛选出的诱集效果最佳的桃蛀螟性诱剂对黄淮海夏玉米田桃蛀螟的发生动态进行了监测。结果表明, 桃蛀螟性信息素成分顺反比 Z:E 为 1:9、剂量 100 μg 的诱芯对桃蛀螟雄蛾的诱蛾效果最好, 2017 年和 2018 年的总诱蛾量分别为 140 头/诱芯和 186.3 头/诱芯。2018 年和 2019 年在黄淮海夏玉米区不同地点的监测结果发现, 黄淮海夏玉米穗期桃蛀螟在 8 月下旬—9 月上旬出现发生高峰, 但高峰出现的时间和发生量因地域不同而存在差异。该配方可在生产中用于黄淮海夏玉米田桃蛀螟种群监测, 为桃蛀螟的绿色防控提供技术支撑。

关键词 桃蛀螟; 性信息素; 黄淮海夏玉米产区; 发生动态

中图分类号: S475.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020585

Screening of the sex pheromones formulation and application for population dynamics monitoring of *Conogethes punctiferalis* (Guenée) in Huang-Huai-Hai summer corn region in China

CHEN Wanbin, YANG Chen, HUANG Xiaodan, HE Kanglai, WANG Zhenying*

(State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract Yellow peach moth, *Conogethes punctiferalis* (Guenée), is one of major insect pests infesting on corn ear in Huang-Huai-Hai summer corn region in China. Corn ear was fed by larvae which can directly affect the kernel quality as well as seriously reduce yield. In order to exploit the sex pheromone for monitoring and managing the *C. punctiferalis*, we compared the trapping efficiency of different formulations with various ratios and dosages of (Z)-10-hexadecenal (Z) and (E)-10-hexadecenal (E). Meanwhile, we monitored the population dynamic of *C. punctiferalis* in summer corn fields by using the selected best formulation of sex pheromone in Huang-Huai-Hai summer corn region. The results indicated that trapping efficiency of Z:E=1:9 at the dosage of 100 μg was highest with the number of 140 and 186.3 moth/trap in 2017 and 2018, respectively. The peak of *C. punctiferalis* adult population dynamics in Huang-Huai-Hai summer corn region was from late August to early September, but the specific frequency and amount differed depending on different locations and years. Briefly, this formulation of Z:E=1:9 at the dosage of 100 μg can be used to monitor and control of *C. punctiferalis* in Huang-Huai-Hai summer corn region by trapping the male moths.

收稿日期: 2020-11-02

修订日期: 2020-12-03

基金项目: 财政部和农业农村部, 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-02); 中国农业科学院重大科研任务(CAAS-ZDRW202004)

致谢: 感谢国家玉米产业技术体系石家庄、邯郸、唐山、鹤壁、洛阳、德州、济宁、潍坊和宿州综合试验站张全国、王磊、张冬梅、王昌亮、周新、赵文路、孔晓民、白星焕和张建等各位老师和河北科技师范学院静大千同学在试验调查方面给予的帮助和支持!

* 通信作者 E-mail: zywang@ippcaas.cn

Key words *Conogethes punctiferalis*; sex pheromone; Huang-Huai-Hai summer corn region in China; population dynamic

玉米是我国重要的粮食作物,更是重要的饲料作物,广泛应用于畜牧业、医药和化工等领域,对我国的粮食安全以及畜牧和水产业的发展具有重要的战略意义^[1]。2012年玉米跃居为我国第一大粮食作物^[2]。近些年来,随着我国农作物种植结构以及耕作模式等方面的调整和转变,一些影响玉米生产的病虫害问题也随之而来。例如,在局部和大范围地域一些次要害虫的为害越来越严重,甚至上升为主要害虫^[2]。其中,玉米生产中重要的蛀穗害虫桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* (Guenée) 的为害呈现出逐渐加重的态势,在一些地区或某些年份对玉米造成的危害甚至超过了玉米生产中的第一大害虫亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée)^[3]。桃蛀螟对玉米果穗的为害,不仅会严重影响玉米产量,还会引起或加重穗腐病的发生,导致玉米品质严重下降^[4-6],该虫已经成为黄淮海和西南山地夏玉米产区的重要穗期害虫^[7-8]。

鳞翅目雌雄成虫之间的交尾活动主要是通过雌性个体分泌的特定性信息素来引发的,雄性个体可以通过感受器识别同种的雌性释放的化合物,进而促成交尾活动的发生^[9]。昆虫性信息素产品具有环境友好、人畜安全、无毒无害、专一性强以及对天敌安全等一系列特点,使其受到国内外研究者高度重视,具有广阔前景^[10]。目前已有多种性诱芯用于害虫预测预报和防治工作,例如用于草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*^[11]、梨小食心虫 *Grapholitha molesta*、苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*^[12] 等的监测,并且研究了不同诱芯与不同悬挂高度、方位的诱捕器组装后的诱蛾效果,可为害虫监测工作提供有力支撑。

桃蛀螟常在玉米生育后期严重发生,此时由于玉米植株高大,再加上桃蛀螟的钻蛀为害特点使得常规的化学防治很难奏效^[3],而性信息素迷向干扰交尾过程,可大幅降低桃蛀螟交尾率进而减少其产卵量,是一种符合农业可持续发展要求的绿色防治方法。国内外已有对于桃蛀螟性信息素相关的研究报道,主要聚焦在组分鉴定以及田间试验方面^[13-16]。在主要组成成分方面已有一个基本的共识,认为反-10-十六碳烯醛 [(*E*)-10-hexadecenal, *E*-16: Ald] 是

其主要成分^[13, 15, 17],但在具体的其他组分以及配比方面尚有不同意见^[18]。与此同时,桃蛀螟雌蛾释放的顺、反-10-十六碳烯醛的比例因地域不同而存在一定差异^[19],因而可能会出现同一诱芯对不同地域种群表现出不同诱蛾现象。国外研究发现,当顺-10-十六碳烯醛 [(*Z*)-10-hexadecenal, *Z*-16: Ald] 和反-10-十六碳烯醛以 1:9、剂量 300 μg/诱芯时对果树型桃蛀螟有较好诱集效果;而在 1:4 和 1:9 配比下均对松树型桃蛀螟有效^[13]。国内在山东的诱蛾试验中发现,十六醛 (hexadecenal, 16: Ald)、顺、反-10-十六碳烯醛以 16:8:100 或 0:8:100 配比时的诱蛾效果最好^[17]。而宋卫等^[15]和杜艳丽等^[16]在陕西梨园和北京板栗园的田间试验发现,顺、反-10-十六碳烯醛在 1:4 条件下 50 μg/诱芯和 400 μg/诱芯时分别表现出最好的诱蛾效果。由此可见,地域差异、试验地的寄主植物以及桃蛀螟生态型差异等均可能是影响信息素效果的因素。

鉴于上述研究差异以及重点出于对黄淮海夏玉米区桃蛀螟发生动态监测问题的考虑,本实验室通过室内风洞行为试验测定了桃蛀螟雄蛾在顺-10-十六碳烯醛和反-10-十六碳烯醛以 1:1、1:4 和 1:9 三个配比下的行为反应,结果发现雄蛾在 3 个配方诱芯的刺激下均会产生反应,且反应程度存在差异^[20]。因此,本文基于前期工作基础并参考上述同类研究设计了不同配方诱芯并在田间进行了诱集效果评价;在此基础上,利用筛选出的诱集效果最好的诱芯对黄淮海夏玉米区桃蛀螟的种群动态和发生量进行了监测,期望为桃蛀螟性信息素配方的优化提供数据支撑,同时为黄淮海夏玉米区桃蛀螟的种群监测和防控对策的制定提供依据。

1 材料与方法

1.1 性诱剂配方

本试验中所用桃蛀螟性诱剂的主要化合物为顺-10-十六碳烯醛(以下简称 *Z*)和反-10-十六碳烯醛(以下简称 *E*),设计 *Z*:*E*=1:1、1:4 和 1:9 三个体积比,每个配比下分别设 50、100、200 μg 和 400 μg 4 个剂量水平,共组成 12 个处理。上述 12 个处理在

下文中将以“配比-剂量”的形式进行简称,如 $Z:E=1:1$ 以 $50\ \mu\text{g}$ 为剂量时的处理简写为 $1:1(50\ \mu\text{g})$ 。以此类推,上述处理依次用 $1:1(50\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(200\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(400\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(50\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(200\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(400\ \mu\text{g})$ 、 $1:9(50\ \mu\text{g})$ 、 $1:9(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:9(200\ \mu\text{g})$ 、 $1:9(400\ \mu\text{g})$ 表示。诱芯以 PVC 软管为载体,根据上述配方将相应剂量的化合物加入 $100\ \mu\text{L}$ 正庚烷缓释剂中混合均匀后加入一端已封口的 PVC 软管,然后将另一端也封口即可。本试验所用性诱剂诱芯配方由中国农业科学院植物保护研究所玉米害虫研究组提供,北京中捷四方生物科技股份有限公司(以下简称中捷四方)制作。

1.2 诱捕器

2017 年和 2018 年田间试验所用诱捕器为中捷四方生产的水盆型诱捕器。在直径 25 cm、深度约 10 cm 的塑料盆内倒入用洗衣粉和清水配制的 0.5% 的洗衣粉水溶液,然后将固定有诱芯的“十字形”悬浮架 4 个方向分别插入长宽高均为 2 cm 的泡沫块,最后在诱芯正上方固定一个直径 5 cm 的塑料盖片。其中,诱芯距离水面 1 cm 左右,泡沫块起悬浮作用可使载有诱芯的悬浮架随水面的波动而浮动,可保证诱芯不因水盆晃动而被洗衣粉水溶液浸透;塑料盖片可避免诱芯因阳光直射而挥发过快影响后期效果。在 2017 年和 2018 年用水盆型诱捕器调查的同时,也设置了由该公司生产的新型蛾类诱捕器用于比较两种诱捕器之间的诱捕效果,发现二种诱捕器的诱捕效果无差别。因此 2019 年的田间试验中采用了操作更加便捷的新型蛾类诱捕器。

1.3 配方筛选

田间诱捕器分别在 2017 年、2018 年和 2019 年 8 月初夏玉米抽雄吐丝期开始设置,开展对桃蛀螟雄蛾的诱集试验,至 9 月下旬玉米成熟时结束。

2017 年和 2018 年桃蛀螟性诱剂筛选试验在中国农业科学院廊坊科研中试基地(以下简称廊坊)进行。通过比较上述 12 个配方的诱蛾效果后筛选出一个效果最好的配方用于 2018 年和 2019 年黄淮海夏玉米产区桃蛀螟发生动态监测。

1.4 夏玉米田桃蛀螟种群动态监测

2018 年监测试验在国家玉米产业技术体系河北石家庄、邯郸,河南鹤壁、洛阳,山东济宁、德州等 6 个综合试验站进行;2019 年监测试验在 2018 年的

基础上增加了山东潍坊、安徽宿州和河北唐山综合试验站。使用上述筛选试验中效果最好的配方用于监测试验。

1.5 调查方法

田间试验时诱捕器间距大于 15 m,诱芯距离地面高度为 1.5 m 左右,各诱捕器随机均匀布置于通风良好的玉米田周围或通风过道中,各试验地面积均大于 $1\ \text{hm}^2$ 。每处理设置 3 个诱捕器,均以市售的商品桃蛀螟性诱剂诱芯(中国科学院动物研究所)作为对照。每 3 d 定时调查一次各诱捕器内桃蛀螟雄蛾的数量并做好相应记录。对水盆型诱捕器而言,调查后将诱捕器内的杂物清理干净,及时补充洗衣粉水溶液并校正诱捕器位置;对新型蛾类诱捕器而言,每次调查后清除桶内的虫尸,若有存活个体则将其杀灭。每 20 d 更换一次诱芯。

1.6 数据处理

所有试验数据采用 MS Excel 2010 进行整理和统计,采用统计软件 SPSS 19.0 进行 ANOVA 单因素方差分析,不同处理间的差异显著性用 Duncan 氏新复极差法进行检验。发生量监测中两种诱芯诱集效果的比较采用 t 测验。

2 结果与分析

2.1 不同配方诱蛾效果比较

通过 2017 年和 2018 年的田间诱捕试验发现各配方的桃蛀螟性诱剂的诱蛾效果存在差异(图 1、图 2 和表 1)。2017 年在 $Z:E=1:1$ 配比时,配方 $1:1(50\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(200\ \mu\text{g})$ 和 $1:1(400\ \mu\text{g})$ 的单个诱捕器的累计诱蛾量分别为 24.3、31.7、18.7 头和 21.3 头,均低于市售性诱剂(76.5 头)。当 $Z:E=1:4$ 时, $1:4(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(200\ \mu\text{g})$ 配方的诱蛾量分别为 100.7 头和 96.3 头,高于市售性诱剂和其他剂量水平的配方。而配方 $1:9(100\ \mu\text{g})$ 的诱蛾效果最好,单个诱捕器的累计诱蛾量为 140 头(图 1 和表 1)。

2018 年配方 $1:1(50\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:1(200\ \mu\text{g})$ 和 $1:1(400\ \mu\text{g})$ 的平均累计诱蛾量依次为 6.3、16.3、23 头和 33.3 头,均低于市售性诱剂的 45.3 头。当 $Z:E=1:4$ 时各剂量水平下的配方表现出更好的诱蛾效果, $1:4(50\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(100\ \mu\text{g})$ 、 $1:4(200\ \mu\text{g})$ 和 $1:4(400\ \mu\text{g})$ 配方的平均累计诱蛾量分别为 38.3、56、91.7 头和 120.3 头。配方 $1:9(100\ \mu\text{g})$ 单个诱捕器

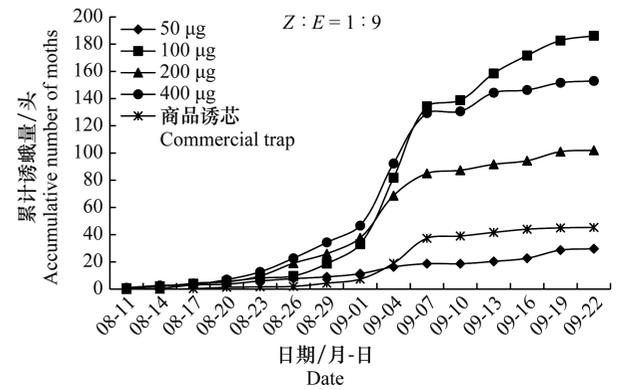
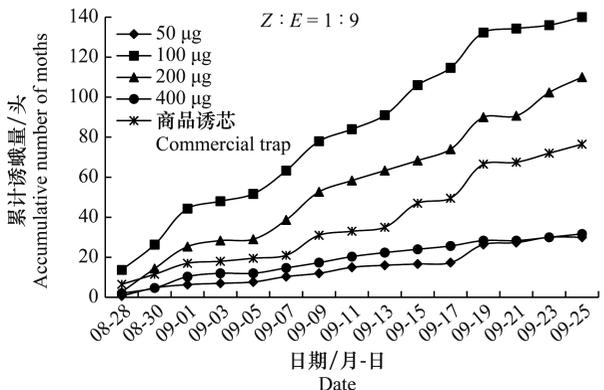
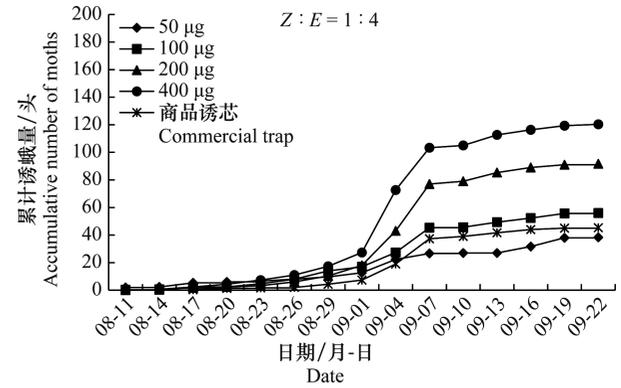
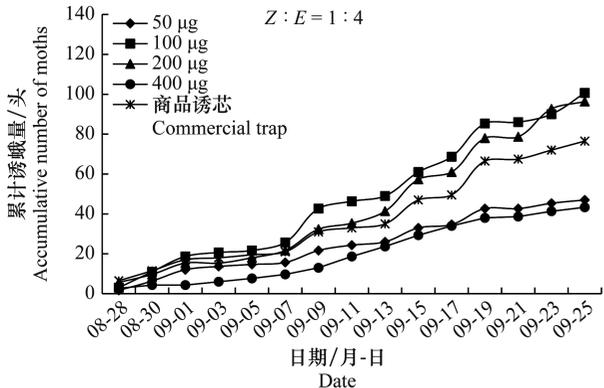
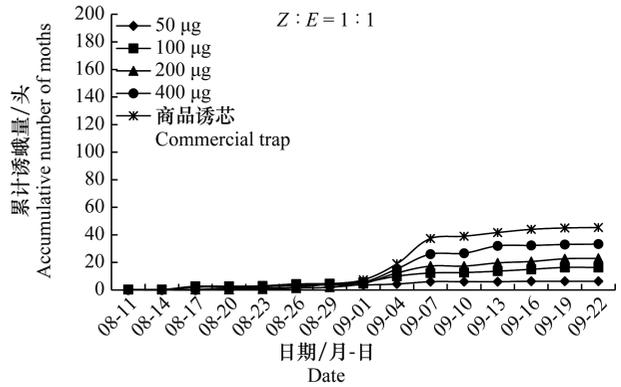
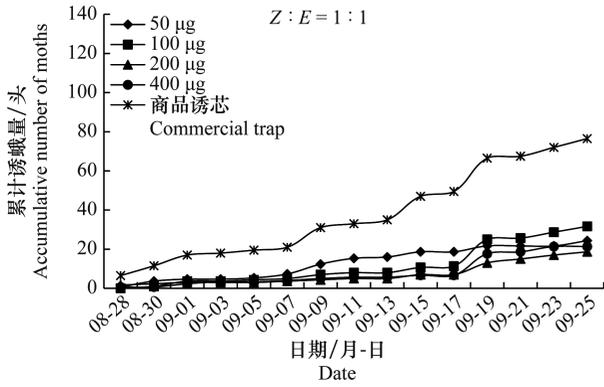


图 1 2017 年不同配方诱芯逐日平均累计诱蛾量(廊坊)

Fig. 1 Accumulative number of *Conogethes punctiferalis* males daily trapped by different formulations of sex pheromones in Langfang in 2017

图 2 2018 年不同配方诱芯逐日平均累计诱蛾量(廊坊)

Fig. 2 Accumulative number of *Conogethes punctiferalis* males daily trapped by different formulations of sex pheromones in Langfang in 2018

的诱蛾量高达 186.3 头,诱蛾效果最好(图 2 和表 1)。

2017 年和 2018 年两年的田间诱蛾结果均表明 1:9(100 µg)配方的诱蛾效果最好。

2.2 黄淮海夏玉米桃蛀螟发生规律

通过比较各性诱剂配方的累计诱蛾量后发现配方 1:9(100 µg)的诱蛾效果最好,因此将该配方用于监测其他地区桃蛀螟的发生规律。田间诱集结果表明,2018 年 8 月中旬和 9 月上中旬在河北省石家庄和邯郸均出现两次发生高峰。河南鹤壁和洛阳的发生高峰在 9 月初,9 月 2 日在鹤壁的诱蛾量由 8 月 30 日

的 11.3 头/诱芯猛增为 136 头/诱芯,而同期在洛阳的诱蛾量更是高达 217 头/诱芯。山东济宁在 9 月 2 日和 9 月 8 日的诱蛾量分别为 8.3 头/诱芯和 10.8 头/诱芯,德州则在 9 月 6 日和 9 月 18 日出现两次高峰,分别诱蛾 19.2 头/诱芯和 40.8 头/诱芯。从发生动态中可以看出,2018 年黄淮海地区夏玉米桃蛀螟的发生高峰主要集中在 8 月底到 9 月初这段时间,有些地域可能会出现多次小高峰,河南的发生量总体偏重(图 3)。

表 1 2017 年和 2018 年不同配方诱芯平均累计诱蛾量(廊坊)¹⁾Table 1 Accumulative number of *Conogethes punctiferalis* males trapped by different formulations of sex pheromones in Langfang in 2017 and 2018

剂量/ μg Dosage	诱蛾量/头 Accumulative number					
	2017			2018		
	Z:E=1:1	Z:E=1:4	Z:E=1:9	Z:E=1:1	Z:E=1:4	Z:E=1:9
50	(24.3 \pm 0.9)bB	(47.0 \pm 2.6)bA	(30.0 \pm 2.5)cB	(6.3 \pm 3.3)dB	(38.3 \pm 14.2)cA	(29.7 \pm 4.9)dAB
100	(31.7 \pm 1.5)BC	(100.7 \pm 2.9)aB	(140.0 \pm 1.7)aA	(16.3 \pm 1.2)cdB	(56.0 \pm 16.4)bcB	(186.3 \pm 11.2)aA
200	(18.7 \pm 1.2)BC	(96.3 \pm 2.7)aB	(110.0 \pm 2.6)bA	(23.0 \pm 5.0)cA	(91.7 \pm 12.8)abA	(102.0 \pm 41.9)bcA
400	(21.3 \pm 0.9)BC	(44.3 \pm 0.9)cA	(31.7 \pm 3.8)dB	(33.3 \pm 3.2)BB	(120.3 \pm 21.4)aA	(153.0 \pm 21.1)abA
市售 Commercial trap	(76.5 \pm 2.5)a	(76.5 \pm 2.5)b	(76.5 \pm 2.5)c	(45.3 \pm 1.9)a	(45.3 \pm 1.9)bc	(45.3 \pm 1.9)cd

1) 数据为平均值士标准误。不同大、小写字母分别表示数据在同一剂量下不同比例和同一比例下不同剂量间差异显著。

Data were presented as mean \pm SE. Data with different uppercase letters and lowercase letters indicated significantly different among ratios in same dosages and dosages with same ratios, respectively.

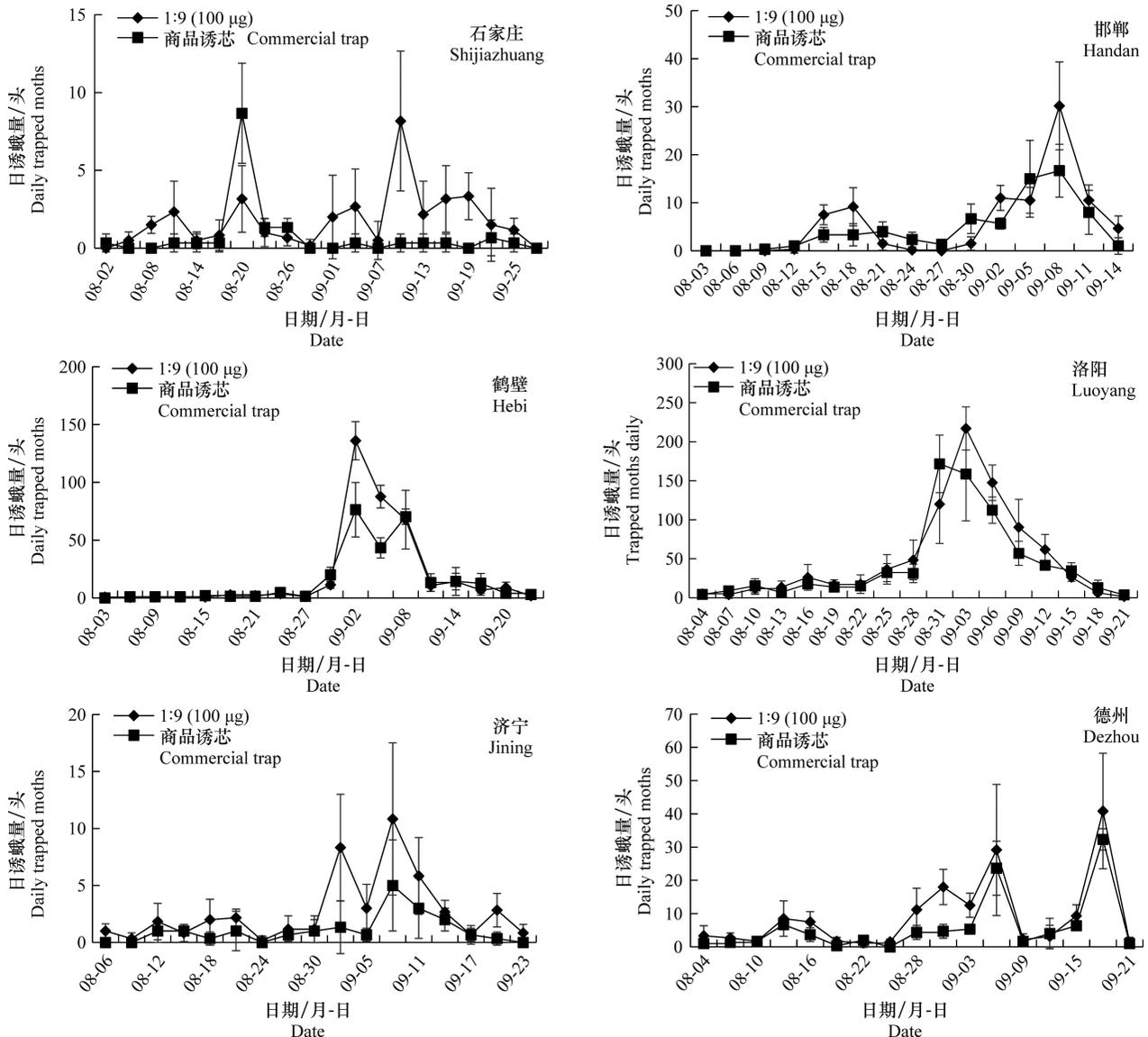


图 3 2018 年黄淮海夏玉米产区桃蛀螟发生动态

Fig. 3 The population dynamic of yellow peach moth in Huang-Huai-Hai summer corn region in 2018

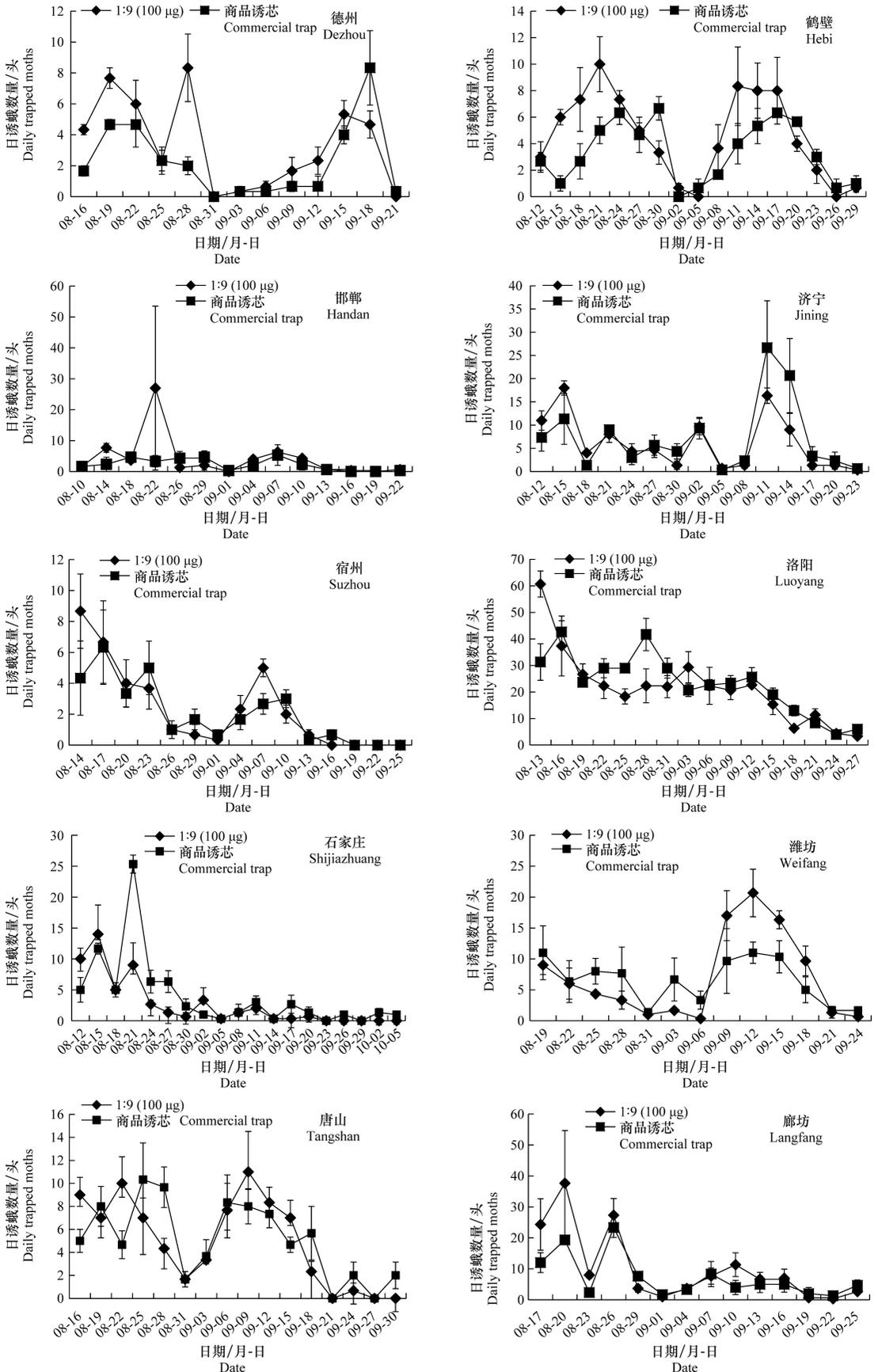


图 4 2019 年黄淮海夏玉米产区桃蛀螟发生动态

Fig. 4 The population dynamic of yellow peach moth in Huang-Huai-Hai summer corn region in 2019

在 2018 年的基础上,2019 年监测地点增至 10 个。河北石家庄、邯郸和廊坊在 2019 年 8 月 20 日左右出现高峰;唐山在 8 月下旬和 9 月上中旬处于短暂间断的高峰状态,但总体发生量偏低。河南鹤壁在 8 月 21 日和 9 月 11 日左右有两次高峰,持续约 1 周左右;桃蛀螟在洛阳的发生从 8 月中旬开始到 9 月中旬始终处于一个较高的水平,8 月 13 日和 9 月 12 日的诱蛾量分别为 60.7 头/诱芯和 22.7 头/诱芯。山东德州在 8 月中下旬和 9 月中旬有 3 次高峰;济宁和潍坊的发生情况类似,发生量均在 9 月 5 日开始上升,在 9 月 12 日前后达到最高值,直至 9 月 17 日左右下

降到高峰发生前的水平,发生规律呈现倒“V”形。安徽宿州在 8 月中旬和 9 月上旬有两次高峰(图 4)。

2.3 黄淮海夏玉米桃蛀螟的发生量

2018 年桃蛀螟的发生量总体上比 2019 年要高。2018 年,河南洛阳和鹤壁的发生量要比河北石家庄、邯郸和山东济宁、德州高。在鹤壁和洛阳的累计诱蛾量分别高达 358.3 头/诱芯和 850.5 头/诱芯。除洛阳外,其他 5 个试验地配方 1:9 (100 μg) 的诱蛾效果显著高于市售性诱剂。2019 年洛阳的发生量仍是最高,为 345.3 头/诱芯;廊坊次之,为 142 头/诱芯(图 5)。

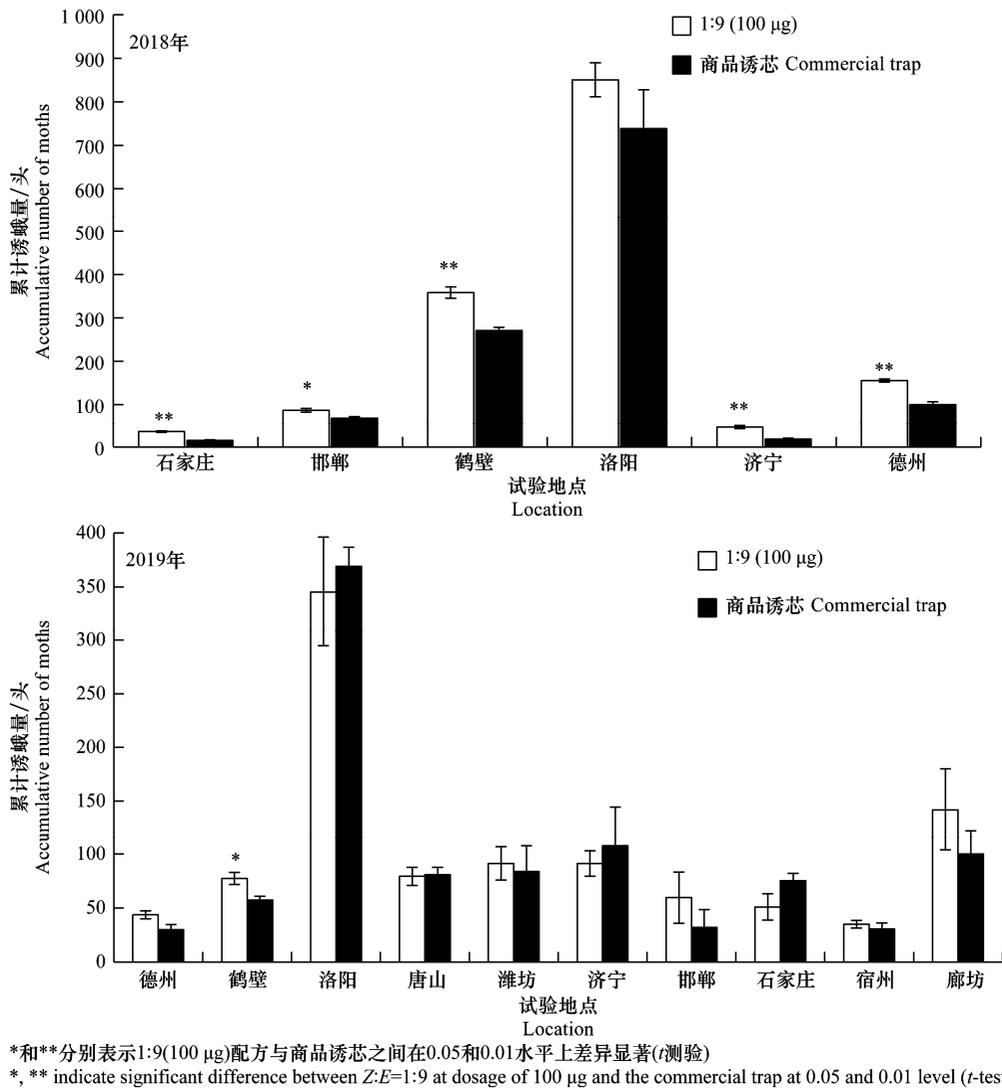


图 5 2018 年和 2019 年黄淮海夏玉米产区桃蛀螟的发生量

Fig. 5 The occurrence degree of yellow peach moth in Huang-Huai-Hai summer corn region in 2018 and 2019

3 讨论

随着我国在农业领域“转方式、调结构”和“到 2020 年农药使用量零增长”战略行动的实施,我国

在对害虫综合治理重要性的认识方面上升到了一个新的水平和高度,这对于我国粮食安全、农产品质量以及生态环境安全都将产生重要影响^[21]。集高效、无公害、使用简便和专一性强等一系列优点为一体

的性信息素产品在虫情预测预报、害虫大量诱捕以及迷向干扰中都有广泛的应用,是理想的绿色防控手段^[22]。目前,我国已人工合成多种农林害虫的性信息素^[10]。

本试验结果发现,不同配方的诱蛾效果存在差异。随着反-10-十六碳烯醛在配方中占比的增大其诱蛾效果也呈现增加趋势,配方 Z:E=1:9 时的诱蛾效果总体上要优于其他配方,这与前人认为的反-10-十六碳烯醛是桃蛀螟性信息素的主要成分的结论相一致^[13, 17]。本实验室前期的风洞试验结果显示,当性信息素组分为 Z:E=1:9 时,桃蛀螟雄蛾的起飞、定向飞行、半程、接近诱芯 10 cm 和抵达诱芯 5 个行为反应均优于其他两个配比的诱芯^[20],田间实际的诱蛾试验结果也与该室内结果相符。同一配比条件下,配方的剂量也是影响诱蛾效果的因素之一。本研究中,在 Z:E=1:9 配比条件下 100 μg/诱芯的诱蛾效果最好,50 μg/诱芯的效果最差;2017 年 1:9(400 μg)诱芯的效果也较差。当剂量过高时,雄蛾长期处于弥漫有高浓度性信息素的环境中可能会对其触角产生一定的麻痹作用而降低引诱作用;相反,低剂量水平则会因挥发出来的性信息素分子数量较低而不足以被雄蛾发现或接受,以至效果不佳^[23]。同类的研究表明,在北京板栗园中 Z:E=1:4 配比条件下 400 μg/诱芯的诱蛾效果最好^[16],而陕西梨园中则发现同比例条件下 50 μg/诱芯表现最佳,但其诱蛾量均低于在本研究中 1:9(100 μg)配方的诱蛾效果。自然环境中,昆虫通常通过自身的嗅觉系统来感知外界的刺激。在长期的进化过程中,寄主植物挥发物对植食性昆虫的寄主定位、觅食、交配以及产卵等行为均有重要作用^[20]。植物挥发物可通过作用于雌性昆虫神经系统来刺激性信息素的释放,对昆虫性信息素诱集效果有强烈影响^[16]。因此推测试验地的寄主植物或地域差异均可能是产生这种差异的原因。

受温度、光照、寄主等多种因素的影响,桃蛀螟在我国各地的发生世代数和发生规律也不尽相同^[24]。在河南中部每年有三个高峰期,5 月下旬、7 月上旬和 9 月上中旬依次为越冬代、第一代和第二代成虫高峰期^[25]。本试验在 2018 年的调查中发现鹤壁和洛阳在 9 月上旬出现高峰,持续约 10 d 左右;2019 年鹤壁在 8 月下旬和 9 月中下旬出现 2 次高峰,发生规律基本与本文调查结果相符。2019 年 8 月 17 日—8 月底在廊坊出现 2 次小高峰,其发生

规律与本实验室在 2007 年落卵量调查结果基本一致^[18],呈现“M”型发生规律。2009 年和 2010 年在唐山北部山区的监测中发现桃蛀螟在该地区年发生 3 代,越冬代、第一代和第二代成虫羽化高峰期分别在 5 月底—6 月初、7 月下旬和 8 月底—9 月初^[26]。本试验 2019 年在唐山调查发现 8 月中下旬和 9 月上旬有 2 次高峰。此时主要是二代成虫的高发期,可能由于世代重叠以及个体发育进度不整齐而导致高峰期持续时间较长。有研究表明,2016 年—2018 年在鲁西北地区的灯诱结果显示该地区桃蛀螟成虫有 4 个高峰期。5 月下旬—6 月初、7 月上中旬、8 月上中旬和 9 月中旬依次为越冬代、第一代、第二代和第三代成虫的高峰期^[27]。本研究 2019 年在山东西北部德州夏玉米田的两次高峰恰好出现在 8 月中旬和 9 月中旬,说明此时诱到的雄蛾为第二代和第三代成虫。

本试验通过比较各配方的田间诱蛾效果进一步证实了反-10-十六碳烯醛是桃蛀螟性信息素的主要组成成分。与此同时,筛选出了诱蛾效果较好的 1:9(100 μg)配方,其效果总体要优于前人的效果,与目前市售的部分商品诱芯相当或略优,可主要用于黄淮海夏玉米区桃蛀螟发生动态的监测工作。相比于前人三组分以及高剂量的配方而言,本研究自制的两组分配方的诱集效果更好,可适度降低成本并且配制简单。此外,本实验室也开展了利用赤眼蜂防治桃蛀螟的相关研究^[28-29],可通过本研究筛选出的诱蛾效果最好的配方诱杀部分雄蛾,降低交配率,进而降低其产卵量,也可监测桃蛀螟的发生规律为田间释放赤眼蜂提供合适的时间指导和参考,以期为桃蛀螟的绿色防控提供配套的技术方法和提供充分的科学依据。

参考文献

- [1] 仇焕广, 张世煌, 杨军, 等. 中国玉米产业的发展趋势、面临的挑战与政策建议[J]. 中国农业科技导报, 2013, 15(1): 20-24.
- [2] 王振营, 王晓鸣. 我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 1-11.
- [3] 王振营, 何康来, 石洁, 等. 桃蛀螟在玉米上危害加重原因与控制对策[J]. 植物保护, 2006, 32(2): 67-69.
- [4] 刘玥, 李荣荣, 何康来, 等. 桃蛀螟为害对春玉米镰孢穗腐病发生及产量损失的影响[J]. 昆虫学报, 2017, 60(5): 576-581.
- [5] DU Yanli, LI Jing, WANG Zhenying. Research progress of *Conogethes punctiferalis* (Lepidoptera: Crambidae) in China [M]// CHAKRAVARTHY A. The black spotted, yellow

- borer, *Conogethes punctiferalis* Guenée and allied species. Singapore; Springer, 2018.
- [6] 杨硕, 石洁, 张海剑, 等. 桃蛀螟为害夏玉米果穗对产量的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 991-996.
- [7] 王振营, 王晓鸣. 加强玉米有害生物发生规律与防控技术研究, 保障玉米安全生产[J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 865-868.
- [8] 宋海燕, 张晴晴, 李丽莉, 等. 亚洲玉米螟和桃蛀螟危害对玉米产量损失的影响[J]. 山东农业科学, 2019, 51(6): 135-138.
- [9] 王博, 林欣大, 杜永均. 蛾类性信息素生物合成途径及其调控[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3235-3250.
- [10] 范晓军, 李瑜, 李瑶, 等. 昆虫性信息素研究进展[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(9): 4636-4638.
- [11] 杨留鹏, 宋紫霞, 李拥虎, 等. 不同类型性诱剂诱芯及诱捕器组合对草地贪夜蛾诱集效果评价[J]. 环境昆虫学报, 2020, 42(6): 1344-1351.
- [12] 崔笑雄, 李志雄, 麻正辉, 等. 香梨园苹果蠹蛾和梨小食心虫性诱集技术[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(3): 519-527.
- [13] KONNO Y, ARAI K, SEKIGUCHI K, et al. (*E*)-10-Hexadecenal, a sex pheromone component of the yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 1982, 17(2): 207-217.
- [14] JUNG J K, HAN K S, CHOI K S, et al. Sex pheromone composition for field-trapping of *Dichocrocis punctiferalis* (Lepidoptera: Pyralidae) males [J]. Korean Journal of Applied Entomology, 2000, 39(2): 105-110.
- [15] 宋卫, 唐光辉, 冯俊涛, 等. 桃蛀螟性信息素顺、反-10-十六碳烯醛的 Wittig 反应合成[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(1): 179-182.
- [16] 杜艳丽, 张民照, 马永强, 等. 桃蛀螟性诱剂配方筛选与田间引诱试验[J]. 植物保护学报, 2014, 41(2): 187-191.
- [17] LIU Mengying, TIAN Yu, LI Yuexia. Identification of minor components of the sex pheromone of yellow peach moth, *Dichocrocis punctiferalis* Guenée, and field trials [J]. Entomologia Sinica, 1994, 1(2): 150-155.
- [18] 鹿金秋. 桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* 的发生规律及生物学特性的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- [19] 鹿金秋, 王振营, 何康来, 等. 桃蛀螟研究的历史、现状与展望[J]. 植物保护, 2010, 36(2): 31-38.
- [20] 葛星. 桃蛀螟性信息素结合蛋白的功能研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.
- [21] 陆宴辉, 赵紫华, 蔡晓明, 等. 我国农业害虫综合防治研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(3): 349-363.
- [22] 张新慰, 李景刚, 武海卫. 昆虫性信息素研究进展[J]. 山东林业科技, 2020, 50(3): 88-91.
- [23] 宋卫. 桃蛀螟性信息素的合成及活性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [24] 王晓鸣, 王振营. 中国玉米病虫害草害图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018: 326-327.
- [25] 边红伟, 周俊杰, 乔愧红. 漯河市桃蛀螟发生为害与防治技术[C]// 河南省植物保护学会第十一次、河南省昆虫学会第十次、河南省植物病理学会第五次会员代表大会暨学术讨论会论文集, 2017: 2.
- [26] 张善江, 李庆丰, 张紫珩, 等. 京东板栗产区桃蛀螟发生规律及有机防治试验[J]. 河北果树, 2012(1): 5-7.
- [27] 王邑刚, 白龙, 丁彬, 等. 桃蛀螟种群消长规律及其对核桃的危害[J]. 山东林业科技, 2019, 49(4): 98-102.
- [28] 陈万斌, 何康来, 王勤英, 等. 不同品系赤眼蜂对桃蛀螟卵的寄生选择性[J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(2): 167-172.
- [29] 陈万斌, 王勤英, 何康来, 等. 不同赤眼蜂品系对桃蛀螟卵的寄生功能反应和干扰效应[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(3): 319-326.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 210 页)

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典-I 部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 68.
- [2] 朱艳, 周小华, 秦民坚. 太子参病毒病及其脱病毒研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2005, 24(2): 31-33.
- [3] 黄勇毅, 林丛发. 闽东太子参花叶病发病规律调查及防治途径研究[J]. 宁德师专学报(自然科学版), 2004, 16(1): 65-68, 73.
- [4] 刘清琪, 陈绳亮, 陈隼华, 等. 太子参花叶病原及其防治的初步研究[J]. 中药材科技, 1983(2): 11-12.
- [5] 宋荣浩, 濮祖芹. 太子参(*Pseudostellaria heterophylla*)病毒病原鉴定[J]. 上海农业学报, 1991, 7(2): 80-85.
- [6] 高玮, 张敬水, 张建红, 等. 太子参花叶病毒的检测与防治[J]. 中国病毒学, 1993, 8(4): 390-393.
- [7] 匡云波, 陈满足, 陆伊荣, 等. 太子参茺菁花叶病毒和蚕豆萎蔫病毒的双重 RT-PCR 检测[J]. 园艺学报, 2017, 44(4): 784-791.
- [8] 匡云波, 叶炜, 李金辉, 等. 不同产地太子参茺菁花叶病毒 CP 基因的分离与序列差异性分析[J]. 热带作物学报, 2016, 37(10): 1974-1979.
- [9] 匡云波, 叶炜, 李金辉, 等. 太子参蚕豆萎蔫病毒 2 号 CP 基因的遗传多样性及分子进化分析[J]. 植物病理学报, 2017, 47(4): 470-478.
- [10] 康传志, 周涛, 郭兰萍, 等. 全国栽培太子参生态适宜性区划分析[J]. 生态学报, 2016, 36(10): 2934-2944.
- [11] LETSCHERT B, GÜNTER A, LESEMANN D E, et al. Detection and differentiation of serologically cross-reacting tobamoviruses of economical importance by RT-PCR and RT-PCR-RFLP [J]. Journal of Virological Methods, 2002, 106(1): 1-10.
- [12] KUMAR S, STECHER G, LI M et al. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms [J]. Molecular Biology and Evolution, 2018, 35(6): 1547-1549.
- [13] 戴军, 姚厚军, 张九玲, 等. 太子参超低温脱毒及规模化组培育苗技术[J]. 生物学杂志, 2014, 31(3): 84-87.

(责任编辑: 田 喆)