

6种杀虫剂对玉米穗期主要鳞翅目害虫毒力及防效评价

周超¹, 陈梅楠², 吴翠霞¹, 张勇¹, 张田田¹, 欧阳美³

(1. 山东省泰安市农业科学院, 山东 泰安 271000; 2. 泰安市植物保护站, 山东 泰安 271000;

3. 肥城市边院镇农业综合服务中心, 山东 肥城 271600)

摘要: 为明确不同类别杀虫剂对玉米穗期主要鳞翅目害虫的防控应用前景, 采用人工饲料混药法测定6种杀虫剂对棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)、玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)、桃蛀螟(*Conogethes punctiferalis*)幼虫的毒力, 通过田间药效试验评价其对玉米穗期害虫的防治效果。室内毒力测定结果表明, 氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈对棉铃虫、玉米螟、桃蛀螟具有较高的室内毒力, LC_{50} 值分别在0.29~0.51、0.17~0.51、0.03~0.20、0.61~8.32 mg/L; 辛硫磷毒力最低, 对3种害虫毒力分别为127.76、80.57、62.11 mg/L。田间药效试验表明, 6种杀虫剂对玉米穗期害虫均表现出一定的防治效果, 氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈各处理对穗虫防治效果较高, 防效在73.29%~83.52%, 显著高于甲氧虫酰胺、辛硫磷各处理防效, 能有效控制玉米穗期害虫危害。综合室内毒力、田间药效试验, 氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈在玉米穗期害虫防控上具有较好的应用前景, 可合理选择适宜药剂, 轮换使用。

关键词: 玉米; 棉铃虫; 玉米螟; 桃蛀螟; 杀虫剂; 毒力; 防治效果

中图分类号: S435.131

文献标识码: A

Toxicity and Field Efficacy of Six Insecticides to Main Lepidoptera Pests in Ear Period of Maize

ZHOU Chao¹, CHEN Mei-nan², WU Cui-xia¹, ZHANG Yong¹, ZHANG Tian-tian¹, OUYANG Mei³

(1. Tai'an Academy of Agricultural Sciences, Tai'an 271000; 2. Plant Protection Station of Tai'an City, Tai'an 271000; 3. Agricultural Comprehensive Service Center of Bianyuan, Feicheng 271600, China)

Abstract: In order to evaluate the application prospect of different types of insecticides on maize to control main Lepidoptera during the maize tassel stage, the toxicity of six insecticides to *Helicoverpa armigera*, *Ostrinia furnacalis* and *Conogethes punctiferalis* were determined by Diet incorporation method, and then their control efficiency was evaluated by field tests. The results of toxicity tests showed that chlorantraniliprole, tetrachlorantraniliprole, emamectin benzoate and chlorfenapyr had higher toxicity to *H. armigera*, *O. furnacalis*, *C. punctiferalis*, with the value of LC_{50} were 0.29–0.51 mg/L, 0.17–0.51 mg/L, 0.03–0.20 mg/L and 0.61–8.32 mg/L, respectively. The toxicity of phoxim was the lowest to *H. armigera*, *O. furnacalis* and *C. punctiferalis*, with the value were 121.01 mg/L, 80.39 mg/L, 63.48 mg/L. The field efficacy test of six insecticides showed certain control effects on maize pests in ear period. Each treatment of chlorantraniliprole, tetrachlorantraniliprole, emamectin benzoate and chlorfenapyr has a high control effect on those pests, with the control effect were 73.29%–83.52%, significantly higher than the treatment of methoxyfenozide and phoxim, and can effectively control the damage of pests. Based on the toxicity and field efficacy tests, chlorantraniliprole, tetrachlorantraniliprole, emamectin benzoate and chlorfenapyr have good application prospects in the control of maize ear pests. In the field control, appropriate pesticides can be reasonably selected.

Key words: Maize; *Helicoverpa armigera*; *Ostrinia furnacalis*; *Conogethes punctiferalis*; Insecticides; Toxicity; Control effect

录用日期: 2023-10-10

基金项目: 泰安市科技发展计划项目(2018NS084)

作者简介: 周超(1986-), 硕士, 主要从事植物保护研究。E-mail: zhouchao8623@163.com

玉米是我国播种面积最大的粮食作物,2021年播种面积达4 332万 hm^2 ,产量2.73亿t,分别占全国粮食作物面积和产量的36.83%、39.91%^[1,2],在我国粮食安全、增产中起着重要作用。近年来,玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)、桃蛀螟(*Conogethes punctiferalis*)、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)等鳞翅目害虫在黄淮海玉米产区的危害逐渐加重^[3,4],该类害虫往往混合发生且在玉米穗部危害最重,取食玉米子粒、危害果穗,并诱发穗腐病^[5,6],已成为影响玉米产量、品质的重要制约因素。因此,加强玉米穗期鳞翅目害虫的田间管理,做好害虫防控工作,对保障玉米生产和提高玉米产量具有重要的意义。

当前,玉米田鳞翅目害虫防治以施用氨基甲酸酯类、有机磷类和拟除虫菊酯类杀虫剂为主^[7],长期大量使用单一一种类杀虫剂往往会加速害虫抗药性的产生,导致害虫再猖獗^[8],这不仅增加防治成本,增大食品安全风险,而且会引起环境污染和生态多样性破坏等诸多问题^[9,10]。因此,加强玉米穗期主要鳞翅目害虫化学防治技术研究,明确不同种类杀虫剂对棉铃虫、玉米螟、桃蛀螟的毒力和防治效果,对玉米穗期鳞翅目害虫综合防治和化学药剂的合理选择具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 供试害虫

供试棉铃虫、玉米螟、桃蛀螟均为本实验室室内继代饲养,在温度 $(27\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度50%~75%、光周期为L/D=14 h/10 h的养虫室内饲养,实验时选取同日龄的3龄幼虫进行接虫。

1.2 供试药剂

95.3%氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)原药,95%四氯虫酰胺(tetrachlorantraniliprole)原药,96%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐,emamectin benzoate)原药,98%虫螨腈(chlorfenapyr)原药,98%甲氧虫酰肼(methoxyfenozide)原药,87%辛硫磷(phoxim)原药。

200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂,10%四氯虫酰胺悬浮剂,5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐可溶粒剂,10%虫螨腈悬浮剂,24%甲氧虫酰肼悬浮剂(山东省联合农药工业有限公司),40%辛硫磷乳油。

1.3 室内毒力测定

根据《农药室内生物测定试验准则 杀虫剂第10部分:人工饲料混药法》(NY/T 1154.10-2008)^[11],依据预备试验结果,将不同浓度药液1 mL加入到20 g饲料中,搅拌均匀,冷却后,将不同处理饲料切成1 cm^3 小块放入24孔养虫板中,分别选择虫体大小和长势

整齐一致的3龄棉铃虫、玉米螟、桃蛀螟幼虫,接入养虫板中,每个处理4次重复,每个重复24头试虫,以清水为对照,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈和辛硫磷处理后48 h检查结果,氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺和甲氧虫酰肼处理后72 h检查结果,以镊子轻触幼虫虫体,无反应视为死亡。

1.4 田间防治效果评价

在玉米大喇叭口期,田间始见玉米螟、棉铃虫等危害孔洞时均匀喷雾施药并扣灌心叶。试验设12个处理,处理1、处理2:200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂150 mL/hm^2 、225 mL/hm^2 ;处理3、处理4:10%四氯虫酰胺悬浮剂300 mL/hm^2 、450 mL/hm^2 ;处理5、处理6:5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐可溶粒剂195 g/hm^2 、390 g/hm^2 ;处理7、处理8:10%虫螨腈悬浮剂500 mL/hm^2 、1 000 mL/hm^2 ;处理9、处理10:240 g/L甲氧虫酰肼悬浮剂300 mL/hm^2 、450 mL/hm^2 ;处理11、处理12:40%辛硫磷乳油1 125 mL/hm^2 、1 500 mL/hm^2 ,兑水50 L/hm^2 ,同时设清水对照。每个处理3次重复,小区面积100 m^2 ,随机区组排列,玉米种植密度为60 000株/ hm^2 。分别于药后15 d、30 d调查,共调查2次;每个小区5点取样,每点调查50株玉米,其中,药后15 d调查玉米受害株数、蛀孔数,药后30 d进行玉米受害株数、蛀孔数、剖秆调查虫口数(玉米螟、桃蛀螟、棉铃虫分别统计),计算相应防效^[12]。

虫孔减退率=(对照虫孔数-处理虫孔数)/对照虫孔数 $\times 100\%$;

被害株减退率=(对照被害株数-处理被害株数)/对照被害株数 $\times 100\%$;

虫口减退率=(对照虫口数-处理虫口数)/对照虫口数 $\times 100\%$;

药后15 d防治效果=(虫孔减退率+被害株减退率)/2;

药后30 d防治效果=(虫孔减退率+被害株减退率+害虫总体虫口减退率)/3。

1.5 数据处理与分析

利用SPSS23.0处理软件进行数据分析,应用Probit几率值分析法计算出毒力回归方程及 LC_{50} 、95%置信区间、 χ^2 值等相关参数,采用Duncan氏新复极差(DMRT)法对不同处理间虫孔减退率、被害株减退率、虫口减退率、防治效果进行差异显著性分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 6种杀虫剂对棉铃虫的毒力

人工饲料混药法测定6种杀虫剂对棉铃虫幼虫

的毒力表明(表 1),毒力最高的是甲氨基阿维菌素苯甲酸盐,LC₅₀值为 0.20 mg/L;其次是氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺,LC₅₀值分别为 0.51、0.51 mg/L;虫螨腈对棉铃虫毒力略低于氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺,LC₅₀值为 8.32 mg/L,甲氧虫酰肼 LC₅₀值为 98.57 mg/L;辛硫磷毒力最低,LC₅₀值为 127.76 mg/L。

表 1 6 种杀虫剂对棉铃虫幼虫的毒力
Table 1 Toxicity of six insecticides to larvae of *Helicoverpa armigera*

药 剂 Insecticide	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ (95%CL) (mg/L)	χ ²	自由度 DF	P 值 P value	相对毒力指数 Index of relative toxicity
氯虫苯甲酰胺	0.97±0.16	0.51(0.26 ~ 0.96)	0.357	3	0.949	250.51
四氯虫酰胺	0.91±0.15	0.51(0.26 ~ 1.03)	1.383	3	0.709	250.51
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	1.26±0.19	0.20(0.12 ~ 0.35)	0.269	3	0.966	638.80
虫螨腈	1.41±0.21	8.32(5.2 ~ 13.75)	1.325	3	0.723	15.36
甲氧虫酰肼	0.93±0.16	98.57(51.26 ~ 210.96)	0.171	3	0.982	1.30
辛硫磷	1.33±0.22	127.76(80.91 ~ 208.76)	1.129	3	0.770	—

注:相对毒力指数为对害虫毒力最低(绝对值最大)杀虫剂 LC₅₀值与对应杀虫剂 LC₅₀值比值。下表同。
Note: * indicates index of relative toxicity: The ratio of insecticide LC₅₀ with the lowest toxicity(maximum absolute value) to the corresponding insecticide LC₅₀. The same below.

2.2 6 种杀虫剂对玉米螟幼虫的毒力
室内测定 6 种杀虫剂对玉米螟幼虫毒力表明(表 2),毒力最高的为甲氨基阿维菌素苯甲酸盐;其次是四氯虫酰胺、氯虫苯甲酰胺、虫螨腈、甲氧虫酰肼,LC₅₀值分别在 0.17 ~ 31.37 mg/L,为辛硫磷毒力的 2.57 ~ 1 611.40 倍;辛硫磷最低,LC₅₀值为 80.57 mg/L。

表 2 6 种杀虫剂对玉米螟幼虫的毒力
Table 2 Toxicity of six insecticides to larvae of *Ostrinia furnacalis*

药 剂 Insecticide	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ (95%CL) (mg/L)	χ ²	自由度 DF	P 值 P value	相对毒力指数 Index of relative toxicity
氯虫苯甲酰胺	0.77±0.14	0.29(0.13 ~ 0.63)	0.784	3	0.853	277.83
四氯虫酰胺	0.86±0.15	0.17(0.08 ~ 0.34)	0.425	3	0.935	473.94
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	0.92±0.16	0.05(0.03 ~ 0.10)	1.136	3	0.768	1 611.40
虫螨腈	1.23±0.19	0.80(0.48 ~ 1.39)	2.822	3	0.420	100.71
甲氧虫酰肼	0.63±0.13	31.37(12.71 ~ 88.51)	0.166	3	0.983	2.57
辛硫磷	1.29±0.30	80.57(47.61 ~ 125.07)	0.199	3	0.978	—

2.3 6 种杀虫剂对桃蛀螟幼虫的毒力

表 3 6 种杀虫剂对桃蛀螟幼虫的毒力
Table 3 Toxicity of six insecticides to larvae of *Conogethes punctiferalis*

药 剂 Insecticide	斜率±标准误 Slope±SE	LC ₅₀ (95%CL) (mg/L)	χ ²	自由度 DF	P 值 P value	相对毒力指数 Index of relative toxicity
氯虫苯甲酰胺	0.99±0.16	0.45(0.24 ~ 0.87)	1.494	3	0.684	138.02
四氯虫酰胺	0.85±0.15	0.34(0.16 ~ 0.70)	0.496	3	0.920	182.68
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	0.99±0.17	0.03(0.01 ~ 0.05)	1.081	3	0.782	2 070.33
虫螨腈	1.09±0.20	0.61(0.36 ~ 1.14)	0.353	3	0.950	101.82
甲氧虫酰肼	0.97±0.16	31.35(16.59 ~ 61.68)	0.357	3	0.949	1.98
辛硫磷	1.34±0.30	62.11(40.57 ~ 102.33)	1.077	3	0.783	—

桃蛀螟毒力测定结果表明(表3),甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对桃蛀螟毒力最高,LC₅₀值为0.03 mg/L,是辛硫磷对桃蛀螟毒力的2 070.33倍;其次为四氯虫酰胺、氯虫苯甲酰胺、虫螨腈,LC₅₀值分别为0.34、0.45、0.61 mg/L,分别为辛硫磷毒力的182.68、138.02、101.82倍;甲氧虫酰肼毒力略低,仅为辛硫磷毒力的1.98倍。

2.4 6种杀虫剂对玉米穗期害虫防治效果评价

田间调查显示,施药后15 d、30 d,各药剂处理区与清水对照相比,玉米叶片、叶色均无明显差异,说明供试药剂在试验剂量下,对玉米安全。药后15 d调查显示(表4),综合虫孔减退率和被害株减退率,200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂、10%四氯虫酰胺悬浮剂对玉米穗期害虫具有较高的防治效果,供试剂量

下防治效果均在80%以上,其中,相同剂量下虫孔减退率高于被害株减退率;5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐可溶粒剂390 g/hm²、10%虫螨腈悬浮剂1 000 mL/hm²对玉米穗期害虫防治效果分别为81.43%、81.10%,与5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐可溶粒剂195 g/hm²、10%虫螨腈悬浮剂500 mL/hm²处理防治效果差异不显著,且虫孔减退率均在80%以上,表现出良好的防控效果;40%辛硫磷乳油1 125 mL/hm²、1 500 mL/hm²对玉米穗期害虫防治效果分别为71.79%、74.53%,与200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂、10%四氯虫酰胺悬浮剂相比具有显著差异,显著高于240 g/L甲氧虫酰肼悬浮剂对玉米穗期害虫的防治效果。

表4 6种杀虫剂对玉米穗期害虫药后15 d的防治效果

Table 4 Control effect of six insecticides to Lepidoptera pests in ear period of maize after treated 15 days				%
处 理	虫孔减退率	被害株减退率	防治效果	
Treatment	Decrease rate of stalk cavities	Decrease rate of damaged plants	Control efficacy	
1	85.36 ab	77.04 ab	81.20 ab	
2	88.03 a	80.84 a	84.44 a	
3	85.67 ab	78.40 ab	82.04 ab	
4	88.05 a	80.09 a	84.07 a	
5	81.18 b	76.45 ab	78.82 abc	
6	83.24 ab	79.63 ab	81.43 ab	
7	81.10 b	72.28 bc	76.69 bcd	
8	85.34 ab	76.85 ab	81.10 ab	
9	53.60 c	51.45 e	52.52 e	
10	56.38 c	53.59 e	54.99 e	
11	79.44 b	64.15 d	71.79 d	
12	80.58 b	68.48 cd	74.53 cd	

注:不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。下表同。
Note: The same letters in the same column indicate no significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test. The same below.

药后30 d进行穗期害虫危害株、蛀孔情况调查,增加剖秆调查穗期害虫数量(表5)。结果表明,除240 g/L甲氧虫酰肼悬浮剂300 mL/hm²、450 mL/hm²处理被害株减退率高于虫孔数减退率外,其余各处理均低于虫孔数减退率,表明供试药剂在保证玉米植株免受危害的同时,对减少害虫蛀孔危害数量上表现出更好的效果。玉米全株剖秆调查显示,穗期害虫发生并不是单一害虫集中危害,而是多种害虫混合发生,实际调查中桃蛀螟发生数量明显多于棉铃虫、玉米螟。相同处理下,桃蛀螟虫口减退率要高于棉铃虫、玉米螟。综合虫孔数减退率、被害株减退率、害虫总体虫口数减退率来看,200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂、10%四氯虫酰胺悬浮剂对玉米穗虫防

治效果最高,各处理防治效果均接近或超过80%;其次为5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐可溶粒剂、10%虫螨腈悬浮剂,各处理防治效果为73.29%~80.39%;显著高于40%辛硫磷乳油、240 g/L甲氧虫酰肼悬浮剂各处理防治效果。

3 结论与讨论

综合毒力测定和田间药效试验结果,氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈对玉米穗期害虫具有较好的防治效果,可合理轮换使用。受到农业种植结构调整和耕作栽培方式转变、玉米种植面积及地域扩大、玉米品种更换、全球性气候变暖等因素的影响,玉米病虫害发生呈持续

表5 6种杀虫剂对玉米穗期害虫药后30 d防治效果

Table 5 Control effect of six insecticides to Lepidoptera pests in ear period of maize after treated 30 days

%

处 理 Treatment	虫孔数减退率 Decrease rate of stalk cavities	被害株减退率 Decrease rate of damaged plants	虫口减退率 Decrease rate of larvae number				防治效果 Control efficacy
			棉铃虫	玉米螟	桃蛀螟	害虫总体	
			<i>Helicoverpa armigera</i>	<i>Ostrinia furnacalis</i>	<i>Conogethes punctiferalis</i>	Pest population	
1	80.72 ab	77.64 ab	76.84 ab	78.58 ab	85.15 ab	82.01 ab	80.12 ab
2	83.94 a	81.66 a	79.74 ab	82.99 a	87.51 a	84.96 a	83.52 a
3	80.45 ab	76.88 ab	76.15 ab	77.77 abc	84.19 ab	81.30 ab	79.54 ab
4	83.84 a	80.83 a	81.74 a	81.51 ab	85.98 ab	84.32 a	83.00 a
5	78.14 ab	73.30 ab	75.41 ab	74.71 abc	80.82 abc	78.44 bc	76.62 bc
6	82.51 ab	77.56 ab	77.12 ab	77.47 abc	83.91 ab	81.09 ab	80.39 ab
7	75.91 bc	69.07 bc	72.95 b	73.31 bc	76.12 c	74.89 c	73.29 c
8	79.16 ab	72.80 ab	77.06 ab	75.94 abc	79.99 bc	78.66 bc	76.87 bc
9	40.54 e	42.30 e	33.69 d	43.55 e	50.55 f	45.25 f	42.70 e
10	45.92 e	47.98 e	40.28 d	49.00 e	53.32 ef	49.82 f	47.91 e
11	63.68 d	57.71 d	55.50 c	62.58 d	61.78 de	60.69 e	60.69 d
12	69.58 cd	60.79 cd	62.03 c	68.32 cd	68.43 d	67.07 d	65.81 d

加重趋势,发生规律也更加复杂^[13],主要病虫害造成的产量损失自 2010 年来持续超过水稻病虫害造成的损失^[14],钻穗害虫危害加重并持续发生,玉米螟、桃蛀螟、棉铃虫发生区域逐年扩大,对玉米生产影响明显。我国在玉米穗期害虫防治中,常利用赤眼蜂等进行生物防治,并且取得了一定的防治效果^[15]。当田间害虫发生较重、落卵量较大时,生物防治手段就很难取得较好的防治效果^[16]。此外,赤眼蜂在防治害虫时具有一定局限性,往往受释放位置、环境、气候等因素影响较大,寄生效果不稳定。同时,赤眼蜂种类和地理种群的差异、中间宿主的驯化等因素都会对赤眼蜂的寄生潜能产生一定的削弱作用^[17,18],因此在玉米穗期害虫防治中还需结合化学药剂的施用。

通过室内毒力和田间防效试验检测,在大喇叭口期施药剂可有效控制玉米穗期鳞翅目害虫的危害。不同药剂对玉米穗期棉铃虫、玉米螟、桃蛀螟的防效存在较大差异,其中,氯虫苯甲酰胺、四氯虫酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈在室内毒力和田间防治效果上对 3 种害虫均表现良好,能有效控制穗期害虫的危害,保障玉米生产,同时供试药剂的毒理机制存在较大差异。在生产中,施用高效药剂以限制杀虫剂使用次数、不同毒理机制杀虫剂轮换使用、合理混配混用等措施是延缓害虫抗药性产生的常用解决方案^[19]。在玉米穗期害虫的田间防治中,还应综合考虑作物生长特性和害虫发生特点。

王喜印等^[20]研究表明,单纯防治一代玉米螟并不能有效控制二代玉米螟的发生,在玉米生育期内对不同世代玉米螟进行防治,可有效降低玉米螟危害,提高防治效果。由于玉米属于高秆作物,中后期植株高大、茂密,常规喷雾很难开展,且雾滴很难穿透冠层到达需要重点防控害虫的植株中部穗位置,常造成防治效果不理想。近年来,全国农业农村部门和植保体系连续开展“虫口夺粮”行动,有效控制了重大病虫害的危害势头,保障国家粮食安全。2022 年玉米病虫害防控植保贡献率为 18.84%,低于小麦、水稻病虫害防控植保贡献率的 24.20%、19.46%,也低于三大粮食作物的平均植保贡献率(20.31%)^[21]。未来,在玉米害虫防控中,在适用药剂选择及防控技术方面仍有很大的提升空间。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国家统计局. 主要农作物播种面积年度数据 [DB/OL]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.

[2] 中华人民共和国国家统计局. 主要农作物产品产量年度数据 [DB/OL]. <http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.

[3] 陈 浩,赵文路,门兴元,等. 玉米灌浆期 3 种鳞翅目害虫的空间分布[J]. 玉米科学,2016,21(1):160-165.
CHEN H, ZHAO W L, MEN X Y, et al. Spatial distribution of *Ostrinia furnacalis*, *Conogethes punctiferalis* and *Helicoverpa armigera* at maize filling stage[J]. Journal of Maize Sciences, 2016, 21(1): 160-165. (in Chinese)

[4] 赵士文,陈秀琳,陈丽慧,等. 陕西省关中夏玉米后期钻蛀性害虫的发生及不同玉米品种的抗虫性调查[J]. 植物保护,2017,43(5): 164-168.

- ZHAO S W, CHEN X L, CHEN L H, et al. Occurrence of corn borers in late stage of summer-corn and corn varieties resistant to the borers in Guanzhong of Shaanxi province[J]. Plant Protection, 2017, 43(5): 164–168. (in Chinese)
- [5] 魏铁松, 朱维芳, 庞敏好, 等. 棉铃虫和玉米螟危害对玉米穗腐病的影响[J]. 玉米科学, 2013, 21(4): 116–118.
- WEI T S, ZHU W F, PANG M H, et al. Influence of the damage of cotton bollworm and corn borer to ear rot in corn[J]. Journal of Maize Sciences, 2013, 21(4): 116–118. (in Chinese)
- [6] 杨 硕, 石 洁, 张海剑, 等. 桃蛀螟危害夏玉米果穗对产量的影响[J]. 植物保护学报, 2015, 42(6): 991–996.
- YANG S, SHI J, ZHANG H J, et al. Impacts of durian fruit borer *Conogethes punctiferalis* on yield loss of summer corn by injuring corn ears[J]. Journal of Plant Protection, 2015, 42(6): 991–996. (in Chinese)
- [7] 袁伟宁, 魏玉红, 牛丽敏, 等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对3种鳞翅目害虫与赤眼蜂的毒力[J]. 中国农学通报, 2019, 35(26): 148–152.
- YUAN W N, WEI Y H, NIU L M, et al. Toxicity of Emamectin Benzoate to 3 kinds of pests (Lepidoptera) and *Trichogramma dendrolimi* [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(26): 148–152. (in Chinese)
- [8] 张懿熙, 刘泽文. 杀虫剂的选择性与害虫抗药性[J]. 中国科学基金, 2020, 34(4): 511–518.
- ZHANG Y X, LIU Z W. Selectivity of insecticides and pest resistance[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2020, 34(4): 511–518. (in Chinese)
- [9] CARVALHO F P. Pesticides, environment, and food safety[J]. Food & Energy Security, 2017, 6(2): 48–60.
- [10] TANG W X, WANG D, WANG J Q, et al. Pyrethroid pesticide residues in the global environment: An overview[J]. Chemosphere, 2017, 191: 990–1007.
- [11] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则杀虫剂第10部分: 人工饲料混药法: NY/T1154. 10–2008[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [12] 周淑香, 鲁 新, 王振营, 等. 对不同世代亚洲玉米螟进行化学防治的效果比较[J]. 植物保护, 2016, 42(4): 226–229.
- ZHOU S X, LU X, WANG Z Y, et al. Effect comparison of chemical control against *Ostrinia furnacalis* at different generations[J]. Plant Protection, 2016, 42(4): 226–229. (in Chinese)
- [13] 张社梅, 赵芝俊. 我国玉米病虫害防治与转基因玉米的应用前景分析[J]. 玉米科学, 2009, 17(3): 149–152.
- ZHANG S M, ZHAO Z J. Application prospect analysis of transgenic maize in China based on maize diseases and pests situation[J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(3): 149–152. (in Chinese)
- [14] 刘万才, 刘振东, 黄 冲, 等. 近10年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. 植物保护, 2016, 42(5): 1–9.
- LIU W C, LIU Z D, HUANG C, et al. Sild statistics and analysis of crop yield losses caused by main diseases and insect pests in recent 10 years[J]. Plant Protection, 2016, 42(5): 1–9. (in Chinese)
- [15] 张海燕, 葛亚菲, 胡 新, 等. 黑龙江省嫩江地区亚洲玉米螟发生动态及利用赤眼蜂防治研究[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 206–210.
- ZHANG H Y, GE Y F, HU X, et al. Occurrence dynamics of *Ostrinia furnacalis* in Nenjiang region of Heilongjiang province and the release of *Trichogramma dendrolimi* for its control[J]. Plant Protection, 2019, 45(3): 206–210. (in Chinese)
- [16] 周淑香, 鲁 新, 李丽娟, 等. 吉林省二代区玉米螟落卵与赤眼蜂寄生动态关系研究[J]. 玉米科学, 2020, 28(1): 165–171.
- ZHOU S X, LU X, LI L J, et al. Dynamic relationship between asian corn borer egg-laying and the parasitism of *Trichogramma* in two generation regions in Jilin province[J]. Journal of Maize Sciences, 2020, 28(1): 165–171. (in Chinese)
- [17] 王福莲, 张 帆, 万方浩. 赤眼蜂蜂种及品系选择刍议[J]. 中国生物防治, 2004(4): 269–272.
- WANG F L, ZHANG F, WANG F H. Primary discuss on selection of *Trichogramma* species and strain[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2004(4): 269–272. (in Chinese)
- [18] 张云月, 冯梦霞, 王立辉, 等. 两种赤眼蜂在甜玉米上的不同释放方式对防治亚洲玉米螟效果的影响[J]. 玉米科学, 2022, 30(4): 164–171.
- ZHANG Y Y, FENG M X, WANG L H, et al. Control effect of releasing methods on *Ostrinia furnacalis* with two species of *Trichogramma* on sweet maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2022, 30(4): 164–171. (in Chinese)
- [19] 王巧兰, 夏敬华. 农业害虫抗药性及其治理[J]. 植物保护, 2004(6): 15–18.
- Wang Q L, Xia J H. Advances in insecticide resistance of insects and its management[J]. Plant Protection, 2004(6): 15–18. (in Chinese)
- [20] 王喜印, 黄慧光, 徐静华, 等. 2代玉米螟重发原因及其与1代残虫量关系分析[J]. 中国植保导刊, 2009, 29(4): 15–16.
- WANG X Y, HUANG H G, XU J H, et al. Analysis on the causes of recurrence of the 2nd generation corn borer and its relationship with the quantity of residual insects in the 1st generation[J]. China Plant Protection, 2009, 29(4): 15–16. (in Chinese)
- [21] 刘万才, 刘 慧, 朱晓明, 等. 2022年全国三大粮食作物病虫害防控植保贡献率评价研究报告[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(1): 5–9, 39.
- LIU W C, LIU H, ZHU X M, et al. Evaluation of plant protection contribution of pest control to three major grain crops in China in 2022[J]. China Plant Protection, 2023, 43(1): 5–9, 39. (in Chinese)

(责任编辑:姜媛媛)