

DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2024.05.015

· 植物保护 ·

不同杀虫剂对油菜花露尾甲成虫的室内毒力测定及田间防效

安蓉²,余昕¹,康霓¹,张振兰²,李永红²,李建厂²,黄敏¹

(1. 西北农林科技大学植物保护学院,陕西杨凌 712100;2. 陕西省杂交油菜研究中心,陕西杨凌 712100)

摘要:为筛选出防治陕西省冬油菜区油菜花露尾甲高效安全的杀虫剂,选用5%高效氯氟氰菊酯水乳剂、25%溴氰菊酯乳油、20%呋虫胺水分散粒剂、30%噻虫嗪悬浮剂、10%溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂、20%氯虫苯甲酰胺等6种杀虫剂,采用浸虫法和田间小区试验分别对油菜花露尾甲进行了室内毒力测定和田间防效评价。结果表明:6种药剂对油菜花露尾甲均有较高的毒力,24 h的 LC_{50} 值均低于40 mg/L,其中20%呋虫胺WG毒力最强,10%溴氰虫酰胺OD次之,30%噻虫嗪SC毒力最弱, LC_{50} 分别为5.236 mg/L、9.650 mg/L和35.078 mg/L,6种杀虫剂毒力大小排序:20%呋虫胺WG>10%溴氰虫酰胺OD>25%溴氰菊酯EC>20%氯虫苯甲酰胺SC>5%高效氯氟氰菊酯EW>30%噻虫嗪SC。田间防效试验结果表明,6种药剂在试验剂量下使用安全无药害,对油菜花露尾甲均有一定的防效,药后1 d、3 d、7 d各处理防效分别达79.3%~91.25%、88.24%~97.95%、72.47%~98.86%,其中20%呋虫胺WG3 000倍液和10%溴氰虫酰胺OD4 000倍液效果最好,20%呋虫胺WG3 000倍液3 d时防效是所有处理中最高的(97.95%),10%溴氰虫酰胺OD4 000倍液7 d时防效是所有处理中最高的(98.86%),且两种杀虫剂药后1 d、3 d、7 d的防效均在85%以上。生产中选择防治油菜花露尾甲药剂应兼具速效性、持效性和对传粉益虫蜜蜂安全,可选20%呋虫胺WG或10%溴氰虫酰胺OD在现蕾未开花时使用,20%氯虫苯甲酰胺SC在油菜进入花期后使用。

关键词:杀虫剂;油菜花露尾甲;毒力测定;田间药效

中图分类号:S433.5 文献标识码:A 文章编号:0488-5368(2024)05-0080-06

Toxicity and Field Efficacy of Different Insecticides Against Adults of *Brassicogethes aeneus* Fabricius

AN Rong², YU Xin¹, KANG Ni¹, ZHANG Zhenlan², LI Yonghong², LI Jianchang², HUANG Min¹

(1. College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Hybrid Rapeseed Research Center of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to screen out highly effective and safe insecticides against *Brassicogethes aeneus* Fabricius in the winter rapeseed area of Shaanxi Province, six insecticides were evaluated through both laboratory toxicity tests and field trials. The six insecticides tested were 5% Lambda-cyhalothrin EW, 25% Deltamethrin EC, 20% Dinotefuran WG, 30% Thiamethoxam SC, 10% Cyantraniliprole OD and 20% Chlorantraniliprole SC. The toxicity test was conducted using insect dipping method, and the control efficacy of these insecticides was evaluated through field plot trials. The toxicity results showed that all the six insecticides exhibited higher toxicity against *Brassicogethes aeneus* F. The LC_{50} values of all treatments were lower than 40mg/L at 24h. Among the tested insecticides, 20% Dinotefuran WG exhibited the highest toxicity against *Brassicogethes aeneus* F. with an LC_{50} value of 5.236mg/L, followed by

收稿日期:2023-11-16 修回日期:2024-01-15

基金项目:陕西省重点研发计划项目(2022NY-131);陕西省油菜产业技术体系建设(NYKJ-2022-5)。

第一作者简介:安蓉(1988-),女,硕士,研究实习员,主要从事植物保护与油菜抗病育种工作。

通信作者:黄敏,李建厂。

10% Cyantraniliprole OD with an LC_{50} of 9.650mg/L. The least toxic was 30% Thiamethoxam SC, which had the lowest toxicity with the LC_{50} value of 35.078mg/L at 24h. The toxicity order of six insecticides was as follows: 20% Dinotefuran WG > 10% Cyantraniliprole OD > 25% Deltamethrin EC > 20% Chlorantraniliprole SC > 5% Lambda-cyhalothrin EW > 30% Thiamethoxam SC. The results of field control test showed that the six insecticides were safe and harmless at the test dosage, and had certain control efficacy on the *Brassicogethes aeneus* F. At 1 day, 3 days and 7 days after treatment, the control efficacies were 79.3%~91.25%, 88.24%~97.95%, 72.47%~98.86%, respectively. The 3 000 times of 20% Dinotefuran WG and 4 000 times of 10% Cyantraniliprole OD showed the optimal control efficacies among all the six insecticides. The 3000 times of 20% Dinotefuran WG had the best control efficacy among all treatments on the 3rd day, its field control efficacy was 97.95%. The 4000 times of 10% Cyantraniliprole OD had the best control efficacy among all treatments on the 7th day, and the field control efficacy was 98.86%. The control efficacies of the two insecticides remained above 85% 1~7 days post treatment. The pesticides used to control the *Brassicogethes aeneus* F. in production should be quick acting, effective and safe for bees based on the comprehensive analysis. 20% Dinotefuran WG or 10% Cyantraniliprole OD can be used at rapeseed squaring stage and 20% Chlorantraniliprole SC can be used at rapeseed flowering stage.

Key words: Insecticides; *Brassicogethes aeneus* Fabricius; Toxicity assay; Field control efficacy

油菜花露尾甲 (*Brassicogethes aeneus* (Fabricius)) 属鞘翅目, 露尾甲科, 花露尾甲亚科, 菜花露尾甲属, 是油菜上的重要害虫之一, 在我国主要分布于青海、甘肃、新疆等春油菜种植区和陕西冬油菜区^[1]。油菜花露尾甲以成虫和幼虫为害油菜: 其幼虫取食花粉, 影响授粉和胚珠发育, 造成籽粒瘦小, 千粒重下降^[2]; 成虫在蕾期和花期主要以取食花蕾和在花蕾中产卵两种方式为害^[1,3], 成虫一般会选择直接取食直径小于 0.5 mm 的花蕾, 蛀食花蕾留下小孔洞, 或咬断蕾梗使花蕾脱落^[4], 无法形成角果, 影响结实率和产量^[5,6]。目前有关油菜花露尾甲防治的研究仅在青海和甘肃春油菜区有少量记载, 在实际生产中仍以化学农药防治为主, 由于长期、大量不合理使用同类杀虫剂, 已使油菜花露尾甲对多种杀虫剂产生了抗药性^[7,8], 同时, 使用的很多杀虫剂毒性高、剂型落后, 导致生态环境受到污染, 威胁人和牲畜健康。

陕西省是我国重要的油菜产区, 油菜常年种植面积 20 万 hm^2 左右, 总产 40 万 t, 是我省第三大农作物^[9,10], 占全省油料作物的 70% 以上, 主要分布在汉中和安康, 关中地区有少量种植^[11]。近年来由于环境气候的变化、农业产业结构的调整和药剂的不合理使用, 导致该虫在陕西省冬油菜区的为害呈加重趋势, 仅 2006 年在陕西镇巴县油菜被害株率就高达 100%, 经济损失严重^[12]。因此, 为防止该虫害在陕西省进一步扩散蔓延, 本研究选择 6 种药剂开展室内毒力测定和田间药效试验, 以期筛

选出防效最佳的药剂, 为有效防治油菜花露尾甲提供科学的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

田间试验地点位于陕西省咸阳市杨陵区良科智慧农业示范基地 (34.26°N、108.06°E), 海拔 460.7 m, 该地地势平坦、土壤肥力中等、有机质含量丰富, 年降水量约 635.1 mm, 年平均气温约 12.9℃。供试油菜品种为秦优 919, 2021 年 10 月 1~2 日播种。

1.2 供试虫源

供试虫源: 采自良科智慧农业示范基地, 在室内用养虫盒饲养 1~2 d 后, 选取大小发育一致、健康活动能力强的成虫进行室内毒力测定。

1.3 药剂及仪器

药剂: 5% 高效氯氟氰菊酯水乳剂, 山东恒利达生物科技有限公司; 10% 溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂, 美国杜邦公司; 20% 呋虫胺水分散粒剂, 湖南新长山农业发展股份有限公司; 20% 氯虫苯甲酰胺, 江西中讯农化有限公司; 25% 溴氰菊酯乳油, 拜耳作物科学(中国)有限公司; 30% 噻虫嗪悬浮剂, 陕西安德瑞普生物化学有限公司。

仪器: 人工气候箱 (LRH-400-G, 韶关市泰宏医疗器械有限公司)、培养皿 (8 cm)、实验养虫盒 (5.7 cm × 5.7 cm × 4 cm)、塑料圆筒、喷壶 (2 L)、计时器、滤纸、毛笔等。

1.4 室内毒力测定方法

采用浸虫法测定 6 种杀虫剂对油菜花露尾甲的毒力^[13,14],在预试验基础上,将每种药剂等比例配置成 5 个不同的浓度梯度,每种试验药剂为 1 个处理,每个处理设置 5 次重复,每重复 15 头试虫,另设清水作对照处理。将装有试虫的塑料圆筒(直径 10 cm,高 3 cm,底为塑料网)浸入药液,10 s 后立即将盒子捞出放于干燥滤纸上吸去多余药液,10 min 后将试虫转移至装有新鲜油菜花的干净养虫盒中。将养虫盒置于温度 $T=(19\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、光周期 $L:D=16\text{ h}:8\text{ h}$ 的光照培养箱中,24 h 后记录死亡虫数(使用毛笔轻触虫体,无反应视为死亡)和存活虫数。

1.5 田间药效试验

依据往年用药经验设置药剂稀释倍数,试验共设 6 个药剂处理和 1 个清水对照处理(表 2),小区随机区组排列,每个处理重复 3 次,每小区面积 25 m^2 。田间药效试验于 2022 年 3 月 22 日(当日天气晴朗无风)进行,均匀喷药 1 次,喷施标准以有少量药液下滴为止,试验前和试验期间未曾施用其他药剂。分别于当天施药前和施药后 1 d、3 d、7 d 调查各处理虫体数量,调查采用每小区对角线 5 点取样,每点调查 5 株,共计 25 株,记录虫体基数^[15],整个试验期间共调查 4 次。施药 1 d、3 d、7 d 后,根据《NY/T 1965.1-2010 农药对作物安全性评价准则》记录各处理是否药害及药害发生程度。

1.6 数据处理

毒力测定试验,将死亡虫头数调查数据用 Excel2019 整理后,采用公式(1)、(2)计算校正死亡率,使用 SPSS25.0 软件求出毒力回归方程、 LC_{50} 值、95% 置信区间和相关系数^[16]。田间药效试验,根据调查结果使用公式(3)、(4)计算虫口退减率和校正防效,使用 SPSS25.0 软件进行统计分析,均值采用邓肯氏新复极差法进行多重比较,分析不同

药剂田间防效的显著性差异。

$$(1) \text{死亡率}(\%) = \frac{\text{死亡虫数}}{\text{供试试虫}} \times 100$$

$$(2) \text{校正死亡率}(\%) =$$

$$\frac{\text{处理组虫死亡率} - \text{对照组虫死亡率}}{1 - \text{对照组虫死亡率}} \times 100$$

$$(3) \text{虫口减退率}(\%) =$$

$$\frac{\text{处理前虫口数} - \text{处理后虫口数}}{\text{处理前虫口数}} \times 100$$

$$(4) \text{校正防效}(\%) =$$

$$\frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 毒力测定结果

6 种杀虫剂对油菜花露尾甲成虫的室内毒力测定结果见表 1。结果表明,6 种药剂对油菜花露尾甲的致死率均与药剂浓度成正相关,随着药剂浓度提高,药剂毒力随之增强。由表 1 可以看出,6 种杀虫剂对油菜花露尾甲都有较高的毒力,其中 20% 呋虫胺 WG 毒力最强,10% 溴氰虫酰胺 OD 次之,30% 噻虫嗪 SC 毒力最弱。 LC_{50} 由小到大的顺序为:20% 呋虫胺 WG (5.236 mg/L) < 10% 溴氰虫酰胺 OD (9.650 mg/L) < 25% 溴氰菊酯 EC (15.302 mg/L) < 20% 氯虫苯甲酰胺 SC (19.567 mg/L) < 5% 高效氯氟氰菊酯 EW (25.482 mg/L) < 30% 噻虫嗪 SC (35.078 mg/L)。以 30% 噻虫嗪 SC 的 LC_{50} 作为基数,计算各药剂相对毒力指数发现,20% 呋虫胺 WG 相对毒力指数最高,为 6.70,各处理的相对毒力指数计算结果详见表 1。通过比较各药剂 LC_{50} 的 95% 置信区间发现,20% 呋虫胺 WG 和 10% 溴氰虫酰胺 OD 与其它供试药剂均不重叠,表明 20% 呋虫胺 WG 和 10% 溴氰虫酰胺 OD 对油菜花露尾甲的毒力均显著高于其他供试药剂,且两者之间差异也显著。

表 1 6 种杀虫剂对油菜花露尾甲成虫的毒力测定

供试药剂	毒力回归方程	相关系数(R^2)	致死中量(mg/L) (95%的置信区间) LC_{50} (mg/L)	相对毒力指数
5% 高效氯氟氰菊酯水乳剂	$y=3.6502x+1.3645$	0.9917	25.482(20.368~29.654)	1.38
25% 溴氰菊酯乳油	$y=3.3693x+1.6770$	0.9932	15.302(12.828~18.050)	2.29
30% 噻虫嗪悬浮剂	$y=4.3604x-1.3659$	0.9822	35.078(26.283~48.795)	1.00
20% 呋虫胺水分散粒剂	$y=3.7378x+2.3298$	0.9868	5.236(3.254~6.550)	6.70
10% 溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂	$y=4.1502x+1.5580$	0.9399	9.650(7.589~12.369)	3.64
20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂	$y=3.9032x+1.3261$	0.9730	19.567(16.446~23.138)	1.79

注:1. LC_{50} 数值为平均数;2. 以 LC_{50} 数值最大药剂相对毒力指数为 1,最大的 LC_{50} 数值除以其它药剂 LC_{50} 数值即为相对毒力指数。

2.2 田间药效试验结果

6种杀虫剂对油菜花露尾甲成虫的田间药效结果见表2。由表2可知,各药剂在试验设置的稀释倍数下对油菜花露尾甲均有一定的防治效果,药后1、3、7 d各处理防效分别达79.3%~91.25%、88.24%~97.95%、72.47%~98.86%。施药1 d后各处理间的防效就表现出了一定的差异,其中25%溴氰菊酯 EC4 000 倍液、5%高效氯氟氰菊酯 EW2 500 倍液、20%呋虫胺 WG3 000 倍液的防效分别为91.25%、89.89%、88.06%,显著高于其他药剂,具有较好的速效性;10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍液和30%噻虫嗪 SC4 500 倍液次之,防效分别为85.93%、82.93%,两者之间差异不显著;20%氯虫苯甲酰胺 SC3 000 倍液相对而言防效较差(79.3%),显著低于其它药剂。喷药3 d后,有5种药剂防效超过90%,其中20%呋虫胺 WG3 000 倍液防治效果最好,防效从第1天的88.06%上升到97.95%,20%氯虫苯甲酰胺 SC3 000 倍液相比防效最低,为88.24%。喷药7 d后,10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍液、20%呋虫胺 WG3 000 倍液、20%氯虫苯甲酰胺 SC3 000 倍液的防治效果分别为98.86%、94.07%、93.44%,显著高于其他药剂,表现出优异的持效性;其次是25%溴氰菊酯 EC4 000 倍液和5%高效氯氟氰菊酯 EW2 500 倍液,防治效果分别为81.01%和77.16%,持效性一般,与10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍、20%呋虫胺 WG3 000 倍液、20%氯虫苯甲酰胺 SC3 000 倍液的防治效果差异达显著水平;30%噻虫嗪 SC4 500 倍液防治效果最差,为72.47%,与除5%高效氯氟氰菊酯 EW2 500 倍液外4种药剂的防效均存在显著性差异。

调查期间,参试的6种药剂中,10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍液和20%氯虫苯甲酰胺 SC3 000 倍液对油菜花露尾甲表现出防效一直不断升高,其余4种药剂对油菜花露尾甲的防效均表现出先升高后下降的趋势。各处理防效的最高值和最高值出现时间有所不同,药后3 d时5%高效氯氟氰菊酯 EW2 500 倍液、25%溴氰菊酯 EC4 000 倍液、30%噻虫嗪 SC4 500 倍液和20%呋虫胺 WG3 000 倍液4个处理均达到各自的防效峰值,分别为:96.90%、97.63%、90.74%和97.95%;10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍液和20%氯虫苯甲酰胺 SC3 000 倍液防效峰值出现在喷药后第7天,分别

为98.86%、93.44%。6个处理中,防治效果最好的是10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍液(7 d时98.86%)和20%呋虫胺 WG3 000 倍液(3 d时97.95%)。

2.3 药害观察

经观察,各处理药剂在试验设置的稀释倍数下油菜均生长正常,未发现药害现象。

3 讨论

油菜花露尾甲是欧洲油菜种植区最重要的害虫之一^[17],国外对油菜花露尾甲防控的研究较多^[18~21],但查阅资料发现,国内有关该虫防控的研究报道很少,目前生产实际中油菜花露尾甲最有效的防治方法仍是田间喷施化学药剂。在这些化学杀虫剂中,最常用的是菊酯类、烟碱类^[22]和有机磷类^[23],并在整个油菜生育期使用。长期不合理的使用农药,会导致油菜花露尾甲对杀虫剂,尤其对一些菊酯类、烟碱类等杀虫剂的抗性日益增强^[7,8]。大量高毒的农药残留也会对人体和牲畜健康造成危害,污染环境。随着油菜花露尾甲在陕西省冬油菜区为害的逐渐加重,现迫切需要寻找高效低毒的防治药剂。

由于油菜花露尾甲幼虫个体较小,药后短期内较难分辨是否存活,田间调查较困难,同时考虑到幼虫比成虫对药剂的敏感性更高,因此,以油菜花露尾甲成虫作为室内毒力和田间药效试验对象在生产上有很好的指导意义。室内毒力测定结果表明,6种杀虫剂对油菜花露尾甲成虫均有较好的毒力,24 h的 LC_{50} 值均低于40 mg/L,其中20%呋虫胺 WG(24 h的 LC_{50} 值为5.236 mg/L)和10%溴氰虫酰胺 OD(24 h的 LC_{50} 值为9.650 mg/L)毒力最高,且显著高于其它供试药剂,适合用于防治油菜花露尾甲。从6种杀虫剂对油菜花露尾甲的田间防治效果来看,菊酯类杀虫剂(5%高效氯氟氰菊酯 EW、25%溴氰菊酯 EC)和烟碱类杀虫剂(20%呋虫胺 WG、30%噻虫嗪 SC)均表现为药后3 d防效最高,7 d时明显下降,这说明菊酯类、烟碱类杀虫剂的速效性好,持效性短,Zimmer *et al.*^[24]在油菜花露尾甲上、于晓庆等^[25]在小麦蚜虫上、韩腾等^[26]在石榴棉蚜上也有类似的研究结果;新型酰胺类杀虫剂(10%溴氰虫酰胺 OD、20%氯虫苯甲酰胺 SC)施药后1~7 d防效持续上升,说明该类杀虫剂具有较好的持效性。

表 2 6 种杀虫剂对油菜花露尾甲的田间防效

供试药剂	稀释 倍数	施药后 1 d		施药后 3 d		施药后 7 d	
		减退率/%	校正防效/%	减退率/%	校正防效/%	减退率/%	校正防效/%
5%高效氯氟氰菊酯水乳剂	2 500	88.57	(89.89±3.38) a	94.00	(96.90±5.25) a	73.43	(77.16±4.17) bc
25%溴氰菊酯乳油	4 000	90.09	(91.25±4.46) a	94.60	(97.63±2.93) a	79.14	(81.01±2.67) b
30%噻虫嗪悬浮剂	4 500	80.94	(82.93±2.89) b	87.86	(90.74±4.38) b	68.32	(72.47±4.88) c
20%呋虫胺水分散粒剂	3 000	87.54	(88.06±3.33) a	95.47	(97.95±4.01) a	93.91	(94.07±1.71) a
10%溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂	4 000	83.94	(85.93±5.65) b	88.53	(90.61±2.24) b	96.43	(98.86±3.12) a
20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂	3 000	76.35	(79.30±4.91) c	90.34	(88.24±3.64) b	91.34	(93.44±4.95) a
清水 CK	—	-13.56	—	-32.15	—	-22.31	—

注:表中数值为 3 次重复的平均值,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

田间药效评价通常用来验证室内毒力测定结果,本研究显示两者结果略有不同,室内毒力测定显示 20%呋虫胺 WG 毒力最高,10%溴氰虫酰胺 OD 次之,田间药效试验则 10%溴氰虫酰胺 OD 的防效峰值最高(98.86%),20%呋虫胺 WG 的防效峰值次之(97.95%),这可能是因为室内毒力测定时试虫能够完全接触药剂,而田间药效试验时受药剂剂型、施药时间和方式等多因素影响,从而导致两者结果不完全一致。清水处理后 3d 油菜花露尾甲成虫的虫口增加率最高,达到 32.15%,7d 时却下降至 22.31%,这可能和当年试验地附近越冬成虫虫口数量以及试验处理期间环境气温变化等因素有关。

综合室内和田间试验结果,考虑到各杀虫剂的速效性、持效性等因素,20%呋虫胺 WG3 000 倍液和 10%溴氰虫酰胺 OD4 000 倍液对油菜花露尾甲的田间防治效果最好、药效最稳定,是最理想的防治药剂选择。

由本研究小组其它研究结果可知,陕西省冬油菜区油菜花露尾甲在油菜现蕾期至角果期均有发生,现蕾后期和初花期数量达到高峰,虽然烟碱类杀虫剂 20%呋虫胺 WG 和新型酰胺类杀虫剂 10%溴氰虫酰胺 OD 对油菜花露尾甲成虫有较好的防治效果,但由于对蜜蜂高毒^[27,28],因此,使用时需特别注意对蜜蜂的保护。新型酰胺类杀虫剂 20%氯虫苯甲酰胺 SC 为新型邻甲酰胺基苯甲酰胺类化合物,其作用机理独特,与有机磷类、菊酯类、烟碱类等药剂无交互抗性,是一种新型高效、广谱、低毒、低残留杀虫剂^[29],只要防治过程中按照说明使用,对蜜蜂种群是安全的^[30],所以 20%呋虫胺 WG 和 10%溴氰虫酰胺 OD 最好在现蕾期油菜未开花时使用,当油菜进入花期后,则要选择使用

20%氯虫苯甲酰胺 SC 防控油菜花露尾甲。

4 结论

本研究从室内到田间初步评价了 6 种不同类型的杀虫剂在陕西省冬油菜区对油菜花露尾甲的防治效果。结果均表明,无论是室内毒力试验还是田间药效试验,各药剂对油菜花露尾甲均有一定的防治效果,并且各处理稀释倍数喷药后无药害产生,其中 20%呋虫胺 WG 和 10%溴氰虫酰胺 OD 防效最好,是最优的防治药剂选择,但是考虑到对蜜蜂的毒害作用,实际中防治油菜花露尾甲时建议 20%呋虫胺 WG 和 10%溴氰虫酰胺 OD 在现蕾未开花时使用,20%氯虫苯甲酰胺 SC 在油菜进入花期后使用。这些数据为后续指导油菜安全生产、开展药剂复配增效、延缓抗性发展等提供了重要参考依据。

参 考 文 献:

- [1] 贺春贵. 油菜花露尾甲的发生规律及药剂防治[J]. 植物保护, 2001, 27(1): 15-17.
- [2] 李育静, 朱宝莲. 有色粘板对西宁地区春油菜花露尾甲诱集效果初报[J]. 农业科技通讯, 2017(4): 102-104.
- [3] 祁生兰, 杨占彪. 大通县油菜露尾甲严重发生原因及防治技术[J]. 现代农业科技, 2009(10): 96.
- [4] 王显红. 油菜露尾甲发生规律观察及防治试验[J]. 中国植保导刊, 2007(2): 18-19.
- [5] 贺春贵, 范玉虎, 邹亚暄. 油菜花露尾甲的为害及对产量的影响[J]. 植物保护学报, 1998, 25(1): 15-19.
- [6] COOK S M, MURRAY D A, WILLIAMS I H. Do pollen beetles need pollen? The effect of pollen on oviposition, survival, and development of a flower-feeding herbivore[J]. Ecological Entomology, 2004, 29

- (2):164-173.
- [7] HANSEN L M. Occurrence of insecticide resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L.) crops[J]. Bull OEPP, 2008(38):95-98.
- [8] ZIMMER CT, MAIWALD F, SCHORN C, *et al.* A de novo transcriptome of european pollen beetle populations and its analysis, with special reference to insecticide action and resistance[J]. Insect Molecular Biology, 2014,23(4):511-526.
- [9] 杨建利,任军荣,张智,等. 关中地区油菜全程机械化生产技术规范[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(12): 113-114.
- [10] 王阳峰. 陕西省油菜产业发展现状及建议[J]. 基层农技推广, 2018(2):1-3.
- [11] 张智,孔建,李永红,等. 陕西省油菜产业发展现状、存在问题及发展对策[J]. 中国种业, 2020(7): 36-38.
- [12] 李存庆,李瑞清. 镇巴县油菜露尾甲猖獗发生原因及防治对策[J]. 陕西农业科学, 2016(4):43-44.
- [13] 王芳,杨旭东,陈佳斌,等. 溴氰虫酰胺对枸杞棉蚜室内毒力和田间防效[J]. 农药, 2019, 58(9):687-689.
- [14] 刘丙涛,何军,刘润强,等. 植物精油杀蚜活性的筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(3):163-168.
- [15] 院海英,陈婷,李斌,等. 甘草萤叶甲虫害田间防治药剂筛选与药效评价[J]. 农业科技通讯, 2021(1): 170-172+196.
- [16] 王发伍,张强艳,马岳,等. 9种不同类型杀虫剂对玉米草地贪夜蛾的室内毒力测定[J]. 现代农药, 2022, 21(5):56-59.
- [17] WILLIAMS I H. The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: an overview [J]. Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests, 2010(1):1-43.
- [18] ZAMOJSKA J. Differences in susceptibility of the cabbage seed weevil (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.) (Coleoptera: Curculionidae) and the pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) (Coleoptera: Nitidulidae) to indoxacarb and deltamethrin and resistance mechanisms of the cabbage seed weevil to indoxacarb[J]. Phytoparasitica, 2017, 45(3):407-418.
- [19] KOCOUREK F, STARA J, SOPKO B, *et al.* Proteogenomic insight into the basis of the insecticide tolerance/resistance of the pollen beetle *Brassicogethes* (*Meligethes*) *aeneus* [J]. Journal of Proteomics, 2021(233):1-8.
- [20] ERBAN T, HARANT K, CHALUPNIKOVA J, *et al.* Beyond the survival and death of the deltamethrin-threatened pollen beetle *Meligethes aeneus*: An in-depth proteomic study employing a transcriptome database [J]. Journal of Proteomics, 2017(150):281-289.
- [21] BRANDES M, HEIMBACH U, ULBER B. Impact of insecticides on oilseed rape bud infestation with eggs and larvae of pollen beetle (*Brassicogethes aeneus*? (*Fabricius*)) [J]. Arthropod-Plant Interactions, 2018(12):811-821.
- [22] MILOVANOVI P, KLJAJIC P, ANDRI G, *et al.* Efficacy of different insecticides in controlling pollen beetle (*Meligetes aeneus* F.) in rapeseed crop[J]. Institute of Pesticides and Environmental Protection, 2013, 28(4):255-263.
- [23] HOKKANEN M T. Biological control methods of pest insects in oilseed rape[J]. EPPO Bull, 2008(38):104-109.
- [24] ZIMMER C T, NAUEN R. Pyrethroid resistance and thiacloprid baseline susceptibility of European populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae) collected in winter oilseed rape[J]. Pest Management Science, 2011, 67(5): 599-608.
- [25] 于晓庆,张帅,宋姝娥,等. 小麦蚜虫对六种杀虫剂的抗药性及田间药效评价[J]. 昆虫学报, 2016, 59(11):1 206-1 212.
- [26] 韩腾,范静,王跃华,等. 6种药剂对石榴棉蚜的毒力测定及田间防效[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2023, 54(1):37-41.
- [27] VEROMANN E, METSPALU L, WILLIAMS I H, *et al.* Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping[J]. Arthropod Plant Interact, 2012, 6(3):385-394.
- [28] PPDB: Pesticide Properties Data Base [DB/OL]. University of Hertfordshire, 2023.
- [29] 严明,柏亚罗. 双酰胺类等五大类热点农药的市场概况及产品研发[J]. 现代农药, 2019, 18(1):7-15.
- [30] 陈吉祥,于伟丽,王广友,等. 氯虫苯甲酰胺对环境生物的急性毒性与安全性评价[J]. 生态毒理学报, 2022(6):452-461.