

油茶林茶角胸叶甲成虫防治药剂筛选

张浩宇¹ 戴恬美¹ 李密^{2*} 张子良¹ 邓婉² 杨剑³

(1. 中南林业科技大学, 湖南长沙 410004; 2. 湖南省林业科学院, 湖南长沙 410004;

3. 湖南林脉网生态科技有限公司, 湖南长沙 410017)

摘要: 为筛选高效防治油茶成林茶角胸叶甲成虫的药剂并评估不同施药方式的效果, 本研究基于林间试验, 系统评估了人工喷雾和无人机喷雾 2 种施药方式下, 5 种药剂(含复配剂)对茶角胸叶甲成虫的防治效果。结果表明: 高效氯氰菊酯 ME、甲维盐 ME 及甲维盐 ME + 高效氯氰菊酯 ME 复配剂在施药后 1 d 即达到显著防治效果, 人工喷雾处理组防效(77.82%~87.37%)较无人机处理组(60.71%~63.99%)显著提升, 但持续性有待加强; 鱼藤酮 ME + 绿僵菌 OF 复配剂(750 mL/hm² + 1 500 mL/hm²) 在施药后 15 d 仍可保持 87.27%(人工)和 86.63%(无人机)防效, 显著高于其他药剂; 吡虫啉 WDG 单剂(60 g/hm²)和鱼藤酮 ME + 绿僵菌 OF 复配剂(750 mL/hm² + 1 500 mL/hm²) 在施药后 20 d, 无人机组防效分别为 82.81% 和 86.25%, 人工组防效分别为 86.25% 和 83.33%, 均在 80% 以上。因此, 根据试验结果, 在茶角胸叶甲成虫为害期间利用人工或无人机方式, 喷雾吡虫啉 WDG 单剂(60 g/hm²)或鱼藤酮 ME+绿僵菌 OF 复配剂(750 mL/hm² + 1 500 mL/hm²), 可有效控制该虫的进一步危害。

关键词: 茶角胸叶甲; 油茶; 复配; 药剂浓度; 防治效果; 无人机

中图分类号: S763.38

文献标识码: A

文章编号: 2097-5279(2026)01-0075-06

Screening of pesticides for the control of adult *Basilepta melanopus* Lefevre in *Camellia oleifera* Abel. forests

Zhang Haoyu¹ Dai Tianmei¹ Li Mi^{2*} Zhang Ziliang¹ Deng Wan² Yang Jian³

(1. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, China; 3. Hunan Linmaiwang Ecological Technology Co., Ltd., Changsha 410017, China)

Abstract: To screen high-efficiency insecticides for controlling adult *Basilepta melanopus* beetles in mature *Camellia oleifera* plantations and evaluate the effects of application methods, this study systematically assessed the control efficacy of five insecticides (including compound formulations) under manual and unmanned aerial vehicle (UAV) spraying through field trials. The results demonstrated that pyrethroids, emamectin benzoate, and their compound formulation achieved significant control efficacy (77.82%~87.37% for manual spraying versus 60.71%~63.99% for UAV spraying) within 1 d post-application. However, their sustained efficacy declined rapidly. In contrast, the rotenone + *Metarhizium robertsii* compound formulation (750 mL/hm² + 1 500 mL/hm²) maintained superior control efficacies of 87.27% (manual) and 86.63% (UAV) at 15 days after treatment, significantly outperforming other insecticides. Furthermore, both imidacloprid (60 g/hm²) and the rotenone + *M. robertsii* formulation maintained stable control efficacies above 80% at 20 days after application. Specifically, UAV spraying achieved 82.81% efficacy for imidacloprid and 86.25% for the rotenone + *M. robertsii* combination, while manual spraying reached 86.25% and 83.33%, respectively. These findings indicate that applications of imidacloprid (60 g/hm²) or the rotenone + *M. robertsii* formulation (750 mL/hm² + 1 500 mL/hm²) via manual or UAV spraying during initial infestations can effectively suppress subsequent damage by *B. melanopus*.

收稿日期: 2024-12-09; 修回日期: 2025-09-08。

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(2025JJ50139); 湖南省财政林业有害生物防治项目(XLSF2024004); 湖南省科技创新计划(2024RC8161); 长沙市科技计划项目(kq2306024)。

* 通信作者: 李密(E-mail: limi49@163.com), 副研究员。

引文格式: 张浩宇, 戴恬美, 李密, 等. 2026. 油茶林茶角胸叶甲成虫防治药剂筛选[J]. 树木医学, 3(1): 75-80.

Zhao H Y, Dai T M, Li M, et al. 2026. Screening of pesticides for the control of adult *Basilepta melanopus* Lefevre in *Camellia oleifera* Abel. forests[J]. Tree Health, 3(1): 75-80.

Keywords: *Basilepta melanopus* Lefèvre; *Camellia oleifera* Abel; compound agent; concentration of pesticide; control effect; unmanned aerial vehicle

油茶 *Camellia oleifera* Abel 是山茶科 Theaceae 山茶属 *Camellia* 的重要油料树种, 是我国特有的木本油料作物(何方等, 2002), 其主要害虫——茶角胸叶甲 *Basilepta melanopus* Lefèvre, 别名黑足角胸叶甲, 以成虫取食油茶新梢嫩叶, 在叶片背面形成密集透明圆孔而造成危害(何学友等, 2011), 严重时可引发油茶非生理性落叶, 显著抑制树体生长发育。

2011年, 何学友等(2011)首次报道茶角胸叶甲危害油茶, 此后该虫害迅速蔓延, 已在湖南省、江西省等主要油茶产区发展成为重要害虫。在药剂防治方面, 现有研究显示, 化学农药如吡虫啉、植物源制剂鱼藤酮(包强等, 2020)在室内触杀试验中致死率达到 69.10%, 表现出良好的速效性和击倒效应, 但其应用存在农药残留、伤害天敌及诱发抗药性等问题; 生物源药剂如甲维盐(李先文等, 2008)在茶园中的防治效果为 55.23%, 虽然与环境相容性较高, 但速效性较差且易受环境因素影响; 拟除虫菊酯类药剂如高效氯氰菊酯(李密等, 2013)在幼林期的防治效果可达 93.48%, 防效显著, 但其生态安全性存在较大争议。近年来, 植物源及微生物制剂逐渐受到关注, 如绿僵菌(黄丽蕴等, 2024)田间防效达到 88.13%, 植物源制剂鱼藤酮(吴勇等, 2021)防效达到 48.17%, 后者显示出更优的环境相容性。然而, 目前针对成林期茶角胸叶甲的系统性药剂筛选研究尚显不足, 基于无人机的防治技术体系亦未见报道(欧阳安, 2022)。

本研究基于上述相关报道, 系统比较、验证高效氯氰菊酯、甲维盐和吡虫啉等单剂及鱼藤酮-绿僵菌复配剂对油茶成林茶角胸叶甲成虫的防治效果, 同步评估人工地面喷雾与无人机载药喷雾的防控

效果差异, 旨在通过系统评价与筛选, 形成防治油茶成林茶角胸叶甲成虫的高效药剂与施药技术组合方案。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在国家油茶工程技术中心(湖南省长沙市雨花区, 28° 6' 59" N, 113° 3' 49" E), 试验区总面积约 500 hm², 主要栽植品种为普通油茶(湘林系列), 造林密度 3.5 m(行距)×3.0 m(株距), 林分结构整齐, 树龄为 13~16 年, 树势旺盛。该区域自 2021 年起持续发生茶角胸叶甲成虫危害, 且在研究前尚未进行过药剂防治。

1.2 试验材料

70% 吡虫啉水分散粒剂(WDG), 天津市施普乐农药技术发展有限公司; 6% 鱼藤酮微乳剂(ME), 北京三浦百草绿色植物制剂有限公司; 80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌 CQMa421 可分散油悬浮剂(OF), 重庆聚立信生物工程有限公司; 3% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂(ME), 河北省唐山市瑞华生物农药有限公司; 4.5% 高效氯氰菊酯微乳剂(ME), 天津市施普乐农药技术发展有限公司。

1.3 试验方法

根据预试验结果与文献调研, 本试验施药时间选择在 2024 年 5 月上旬, 经前期调查确定该时期为茶角胸叶甲为害期。按照不同施药方式分为无人机喷雾和人工喷雾 2 组, 每组 9 个处理, 1 个对照, 每个处理设置 3 次重复。每个处理的面积约为 30 m×30 m, 各处理间设置明显隔离带。详见表 1。

表 1 试验不同施药处理

Tab. 1 Test different pesticide application treatments

处理 Treatment	施药种类及剂型 Type and formulation of the pesticide applied	数量 Quantity
A	鱼藤酮 ME	900 mL/hm ²
B	鱼藤酮 ME+绿僵菌 OF 复配剂	750 mL/hm ² +1 500 mL/hm ²
C	鱼藤酮 ME+绿僵菌 OF 复配剂	450 mL/hm ² +1 200 mL/hm ²
D	绿僵菌 OF	1 800 mL/hm ²
E	高效氯氰菊酯 ME	600 mL/hm ²
F	甲维盐 ME	750 mL/hm ²
G	高效氯氰菊酯 ME+甲维盐 ME 复配剂	300 mL/hm ² +450 mL/hm ²
H	吡虫啉 WDG	60 g/hm ²
I	吡虫啉 WDG	45 g/hm ²
CK	清水	

无人机组使用无人机(植保无人机 T20, 药剂最大装载量 20 L)装载试验药剂进行喷洒。作业参数:飞行高度距树冠层不超过 5 m, 飞行速度约 6 m/s。其中处理 A-D 稀释 30 倍, 喷洒药剂量分别为 2.430 L、6.075 L、4.455 L、4.860 L; 处理 E-G 稀释 50 倍, 喷洒药剂量分别为 2.700 L、3.375 L、3.375 L; 处理 H 稀释 500 倍, 喷药量为 2.700 L; 处理 I 稀释 500 倍, 喷药量为 1.800 L。

人工组使用背负式喷雾器(型号 3WBD-16A, 最大容量 16 L)装载试验药剂进入油茶林进行喷洒。作业要求:沿既定线路,对树冠层由下至上喷雾,力求覆盖整个植株。其中:处理 A-D 稀释 1 000 倍, 喷洒药剂量分别为 81.000、202.500、148.500、162.000 L; 处理 E-G 稀释 2 000 倍, 喷洒药剂量分别为 108.000、135.000、135.000 L; 处理 H 稀释 7 500 倍, 喷药量为 40.500 L; 处理 I 稀释 7 500 倍, 喷药量为 27.000 L。

1.4 调查方法

分别在防治前 3 d 和喷药后第 1、3、7、10、15、20 天进行茶角胸叶甲成虫数量调查。调查采用五点取样法:各处理区(含对照区)随机选定 5 株标准株,在其下方铺上 1 m×1 m 的白布,利用振落法摇晃树枝,记录掉落于白布上的茶角胸叶甲成虫数量(图 1)。



图 1 茶角胸叶甲的林间药剂防治处理与效果调查

Fig. 1 Investigation on the treatment and effect of insecticide control in forest of *B. melanopus*

1.5 数据处理

数据用 Excel 整理后,使用 SPSS 27.0 进行反正弦函数标准化处理,分别计算平均虫口密度、虫口减退率、校正虫口减退率;对校正防效采用 Duncan's 新复极差法进行方差分析。

$$\text{平均虫口密度(头/株)} = \frac{\text{茶角胸叶甲成虫总数}}{\text{调查株数}} \quad (1)$$

$$\text{虫口减退率(\%)} = \frac{(\text{防治前平均虫口密度} - \text{防治后平均虫口密度})}{\text{防治前平均虫口密度}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{校正虫口减退率(\%)} = \frac{(\text{防治区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率})}{(1 - \text{对照区虫口减退率})} \times 100 \quad (3)$$

2 结果与分析

2.1 无人机施药组不同药剂对茶角胸叶甲的防治效果

施药后,随着时间推移,整体虫口密度呈先上升后下降趋势,对照区虫口减退率呈负增长趋势。药后 1 d,所有供试药剂均表现出一定防控作用,防效达到 41.07%~63.99%。处理 A、处理 E、处理 F 和处理 G 速效性较为突出,防效在 60.71%~63.99%。施药后 3 d,处理 B、处理 C 的防效明显提升,与处理 A、处理 E、处理 F 和处理 G 的防效无显著差异;处理 D 防效仅为 41.56%;其他药剂防效与药后 1 d 相比无显著差异。施药后 7~15 d,处理 B、处理 C 防效上升,其中处理 B 于 15 d 防效达 86.63%,处理 C 于 10 d 防效达 84.56%;处理 D 于 15 d 防效升至 66.25%;处理 H 和 I 在 15 d 防效分别达 80.49% 和 80.80%;各处理均表现出优异的持效性。施药后 20 d,处理 I 与处理 C 无显著差异,而处理 A、处理 F 及处理 G 的防效自施药后 7 d 持续下降。详见表 2。

2.2 人工施药组中不同药剂对茶角胸叶甲的防治效果

施药后 1 d,处理 A、处理 E、处理 F 及处理 G 速效性突出,防效为 69.59%~87.37%,其中处理 E 防效最高(87.37%)。药后 3 d,上述药剂除了处理 G 的防效有所上升外,其他药剂防效均有所下降;而处理 B、处理 C、处理 D、处理 H、处理 I 的防效均有所提升,处理 G 的防效显著高于处理 B、处理 C、处理 H 和处理 I。施药后 7~15 d,处理 B、处理 C、处理 H 和处理 I 的防效显著上升;处理 D、处理 H 和处理 I 防效于药后 10 d 达到峰值,分别为 72.75%、87.06% 和 82.57%;处理 B 于施药后 15 d 达到峰值,为 87.27%。施药后 20 d,处理 C 防效达到 82.37%。鱼藤酮、绿僵菌和吡虫啉这 3 种药剂在人工施药条件下同样持效性优异;其中在施药后 20 d,处理 B 和处理 C 防效无显著差异,处理 H 和处理 I 防效也无显著差异;处理 B、处理 C 与处理 H、处理 I 在药后 20 d 防效无显著差异。详见表 3。

3 讨论

本研究选取了多种单一药剂及复合药剂,对油

表 2 无人机施药组不同药剂对茶角胸叶甲防治效果

Tab. 2 The control effects by unmanned aerial vehicle with different combinations of pesticide on *B. melanopus*

处理 Treatment	平均虫口密度/(头·株 ⁻¹) Mean pest density							虫口减退率/% Rate of population decline						防治效果/% Control effects						
	防治前 Before treatment	防治后 After prevention and treatment						1 d	3 d	7 d	10 d	15 d	20 d	1 d	3 d	7 d	10 d	15 d	20 d	
		1 d	3 d	7 d	10 d	15 d	20 d													
A	9.67	4.67	10.25	17.25	27.50	10.50	4.63	51.72± 9.12	-6.03± 17.09	-78.45± 36.42	-184.48± 13.68	-8.62± 2.99	49.17± 10.01	62.07± 7.17ab	61.12± 8.85 ab	57.02± 10.41b	49.80± 2.65e	34.83± 1.79d	31.25± 19.40d	
B	11.67	7.00	12.33	7.25	8.00	2.60	1.17	40.00± 9.90	-5.71± 10.30	37.86± 12.31	31.43± 30.10	77.71± 9.75	90.00± 3.78	52.86± 7.78 ab	61.24± 3.78 ab	85.03± 3.58a	87.90± 5.31a	86.63± 5.85a	86.25± 5.20ab	
C	10.67	7.00	12.67	12.33	9.33	3.67	1.67	34.38± 5.41	-18.75± 8.27	-15.63± 8.27	12.50± 16.54	65.63± 13.62	84.38± 3.13	48.44± 4.25 ab	56.46± 3.03 ab	72.15± 1.99 ab	84.56± 2.92ab	79.38± 8.17ab	78.52± 4.30 abc	
D	10.67	8.00	17.00	19.75	23.50	6.00	3.00	25.00± 9.38	-59.32± 42.27	-85.16± 20.74	-120.31± 14.06	43.75± 5.41	71.88± 9.38	41.07± 7.37 b	41.56± 15.50b	55.40± 6.16b	61.12± 2.92 de	66.25± 3.25bc	61.33± 12.89 abcd	
E	8.00	3.67	7.33	14.25	17.00	6.25	4.33	54.17± 8.33	8.33± 4.17	-78.13± 15.63	-112.50± 19.09	21.88± 10.67	45.87± 4.17	63.99± 6.55 a	66.39± 1.53a	57.09± 5.22b	62.50± 3.37de	53.13± 9.01cd	25.52± 5.73d	
F	5.40	2.50	4.50	8.25	10.00	3.67	2.33	53.70± 5.35	16.67± 11.95	-52.78± 34.95	-85.19± 28.29	32.10± 12.35	56.85± 16.33	63.62± 4.20 ab	69.44± 3.92a	63.20± 8.92b	67.32± 4.99cd	59.26± 7.41 bcd	40.59± 22.46cd	
G	6.75	3.38	6.67	10.25	14.33	4.33	2.67	50.00± 10.20	1.23± 13.07	51.85± 12.65	-112.35± 21.53	35.80± 21.53	60.44± 4.94	60.71± 10.27 ab	63.79± 4.79a	63.42± 2.06b	62.53± 3.80de	61.48± 12.92bc	45.68± 6.79bcd	
H	8.00	5.00	9.67	12.67	10.67	2.67	1.00	37.50± 7.22	-20.83± 8.33	-58.33± 11.02	-33.33± 18.16	67.48± 4.07	87.50± 7.22	50.89± 5.67 ab	55.69± 3.06 ab	61.86± 2.66b	76.47± 3.21bc	80.49± 2.44ab	82.81± 9.92a	
I	6.25	4.33	8.33	8.00	9.67	2.00	1.00	30.67± 5.33	-33.33± 10.67	-28.00± 32.00	-54.67± 10.67	68.00± 9.24	84.00± 9.24	45.52± 4.19 ab	51.11± 3.91 ab	69.17± 7.71b	72.71± 1.88cd	80.80± 5.54ab	78.00± 12.70 abc	
CK	11.00	14.00	30.00	45.67	62.34	18.33	9.67	-27.27± 13.89	-172.73± 20.99	-315.15± 37.24	-466.67± 23.67	-66.67± 23.67	12.12± 16.03							

注:表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),相同小写字母表示处理间差异不显著($P>0.05$)。下表同。

Notes: The data in the table represent the average of three repetitions±standard error. Different lowercase letters indicate significant differences between treatments within the same column ($P<0.05$), and the same letters indicate no significant difference between groups ($P>0.05$). The table is the same as below.

表 3 人工组不同药剂对茶角胸叶甲的防治效果

Tab. 3 The control effects by manual operation with different combinations of pesticide on *B. melanopus*

处理 Treatment	平均虫口密度/(头·株 ⁻¹) Mean pest density							虫口减退率/% Rate of population decline						防治效果/% Control effects						
	防治前 Before treatment	防治后 After prevention and treatment						1 d	3 d	7 d	10 d	15 d	20 d	1 d	3 d	7 d	10 d	15 d	20 d	
		1 d	3 d	7 d	10 d	15 d	20 d													
A	10.33	4.00	9.50	17.50	24.75	10.00	4.67	61.29± 5.59	8.06± 9.27	-69.34± 18.74	-139.52± 21.05	3.23± 5.59	54.84± 11.63	69.59± 4.39abc	66.29± 3.40bcd	59.21± 4.51d	57.73± 3.71e	41.94± 3.35c	37.90± 15.99c	
B	11.00	6.33	11.67	11.50	8.67	2.33	1.33	42.42± 8.02	-6.06± 21.21	-4.54± 18.37	21.21± 8.02	78.79± 12.12	87.88± 3.03	54.76± 6.30cd	61.11± 7.78cd	74.82± 4.42abc	86.10± 1.41a	87.27± 7.27a	83.33± 4.17a	
C	13.00	8.33	15.33	17.33	13.00	4.00	1.67	35.90± 13.57	-17.95± 9.25	-33.33± 6.78	0.00± 7.69	69.23± 4.44	87.18± 2.56	49.63± 10.66cd	56.75± 3.39cd	67.88± 1.63bcd	82.35± 1.36ab	81.54± 2.66a	82.37± 3.53a	
D	11.33	8.25	17.33	17.75	17.5	6.50	2.33	27.21± 4.22	-52.94± 38.24	-56.62± 16.65	-54.41± 18.19	42.65± 2.55	79.44± 7.78	42.80± 3.32d	43.92± 14.02d	62.27± 4.01cd	72.75± 3.21cd	65.59± 1.53ab	71.69± 10.70ab	
E	9.33	1.50	4.67	9.50	16.67	7.25	4.00	83.93± 3.09	50.00± 12.88	-1.79± 12.75	-78.57± 12.88	22.32± 9.15	57.14± 6.19	87.37± 2.43a	81.67± 4.72ab	75.48± 3.07abc	68.49± 2.27cd	53.39± 5.49bc	41.07± 8.51bc	
F	6.20	1.75	4.25	7.00	12.00	4.33	2.33	71.77± 7.72	31.45± 13.77	-12.90± 22.81	-93.55± 9.31	30.11± 10.75	62.37± 14.22	77.82± 6.07ab	74.87± 5.05abc	72.80± 5.49bc	65.84± 1.64de	58.06± 6.45bc	48.25± 19.56bc	
G	7.45	2.00	3.00	4.75	10.00	3.66	2.67	73.15± 5.48	59.73± 13.42	36.24± 13.84	-34.23± 20.50	50.78± 19.50	64.21± 8.95	78.91± 4.31ab	85.23± 4.92a	84.64± 3.33a	76.31± 3.62bc	70.47± 11.70ab	50.78± 12.30ab	
H	10.00	5.00	9.00	8.33	7.33	2.25	1.00	50.00± 15.28	10.00± 11.55	16.70± 12.02	26.67± 12.02	77.50± 4.79	90.00± 5.77	60.71± 12.00bcd	67.00± 4.32bcd	79.93± 2.89ab	87.06± 2.12a	86.50± 2.87a	86.25± 7.94a	
I	6.75	4.00	7.67	6.33	6.67	2.00	1.00	40.74± 14.81	-13.58± 9.88	6.22± 4.94	1.23± 17.81	70.37± 8.55	85.19± 8.55	53.44± 11.64cd	58.35± 3.62cd	77.40± 1.19ab	82.57± 3.14ab	82.22± 5.13a	79.63± 11.76a	
CK	11.00	14.00	30.00	45.67	62.34	18.33	9.67	-27.27± 13.89	-172.73± 20.99	-315.15± 37.24	-466.67± 23.67	-66.67± 23.67	27.27± 16.63							

茶成林中的茶角胸叶甲成虫开展了防治效果对比试验。结果表明,所有供试药剂对茶角胸叶甲成虫均

具有一定的防治效果,证实该昆虫对供试药剂具有敏感性。

高效氯氰菊酯与甲维盐在防治初期(1~3 d)呈现最佳防治效果,防效为63.62%~87.37%,人工地面喷雾防治效果(77.82%~87.37%)优于无人机施药(63.62%~69.44%),但二者在施药7 d后防效均下降。该结果与李密等(2013)的报道存在差异,推断主要与药剂机理和茶角胸叶甲成虫习性及其生活环境有关。高效氯氰菊酯和甲维盐均依赖触杀和胃毒机制发挥杀虫作用。茶角胸叶甲具有明显的叶背活动习性(何学友等,2011),而油茶成林叶片浓密,显著减少了成虫与药剂的接触几率,进而降低了防效。吡虫啉在防治后期具有稳定性和持续防控能力,防效为61.86%~87.06%。该药具有内吸性,经植物吸收后可滞留于组织内(唐光辉,2007),当害虫持续取食植株时,其体内残留药剂可发挥作用,从而克服了其他药剂必须接触虫体才能达到防效的局限。

鱼藤酮属于植物源杀虫剂,绿僵菌属于生物菌剂(真菌杀虫剂)。鱼藤酮通过触杀和胃毒作用机制灭杀害虫,但其光解敏感性导致持效期较短(张庭英等,2005)。本研究结果也证实了这一点,鱼藤酮单剂使用时的防效从初期的62.07%左右显著下降至后期(20 d)的31.25%左右。相比之下,绿僵菌通过孢子侵入昆虫体内,在昆虫体内增殖并分泌毒素(裘晖等,2004;黄浩,2024),因此后期防治效果更为明显,其单剂在初期防效为41.07%~43.92%,后期则提升至61.12%~72.75%。鱼藤酮+绿僵菌复配剂在药后20 d,无人机组和人工组的防效分别达到86.25%和83.33%,防效显著高于单剂,这主要与2种药剂的协同增效作用(常静等,2015)有关。在防治初期,鱼藤酮主要发挥触杀作用,进而削弱害虫的抵抗力,随后绿僵菌经萌发、侵入、定殖和致死等阶段(裘晖等,2004)发挥杀虫效力,试验结果与丁福章等(2006)的报道一致。

本研究比较了无人机和人工喷雾2种施药方式对油茶成林茶角胸叶甲的防控效果。多数药剂处理下,人工喷雾方式的防效显著优于无人机喷雾,高效氯氰菊酯与甲维盐的表现最为明显。人工喷雾1 d后的防治效果可达约80.00%,高于同期无人机喷雾的防治效果,此差异可能与人工喷雾更深入林间作业并将药液喷至叶背有关。宫庆涛等(2023)的研究表明,人工喷雾时植物叶片的着药情况优于无人机喷雾。然而,选用如鱼藤酮+绿僵菌复配剂或吡虫啉防治茶角胸叶甲时,无人机喷雾与人工喷雾的防治效果差异不显著,表明药剂的选择可有效解决无人机或其他施药方式在渗透上表现出的缺陷(王建华等,2023)。

4 结论

本研究立足我国油茶种植规模持续扩大的产业背景,系统探讨油茶主产区关键害虫茶角胸叶甲的防控策略。结果表明:在虫害发生初期采用高效氯氰菊酯与甲维盐人工地面喷雾防治,可实现虫口基数的快速压制;从整体防效来看,优先选用吡虫啉、鱼藤酮+绿僵菌复配剂,同时适配人工喷洒和无人机喷洒的作业模式,能够实现对虫害的长效管控。本研究为油茶产业的可持续发展提供了重要的技术支撑,对保障油茶产量和品质具有重要的实践意义。未来研究应进一步探索环境友好型防治技术,以促进油茶产业的绿色健康发展。

参 考 文 献

- 包强,李冠华,肖蕾,等. 2020. 4种植物源农药对茶角胸叶甲的室内毒力测定[J]. 广东茶业(3): 12-15.
- Bao Q, Li G H, Xiao L, et al. 2020. Indoor toxicity test of four botanical pesticides to *Basilepta melanopus* lefevre[J]. Guangdong Tea Industry, (3): 12-15. (in Chinese)
- 常静,周晓榕,李海平,等. 2015. 绿僵菌与3种杀虫剂混用对沙葱萤叶甲的协同作用[J]. 农药学报, 17(1): 54-59.
- Chang J, Zhou X R, Li H P, et al. 2015. Synergistic effects of *Metarhizium anisopliae* mixed with three pesticides against *Galeruca daurica*[J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 17(1): 54-59. (in Chinese)
- 丁福章,张泽华,张礼生,等. 2006. 绿僵菌对椰心叶甲的控制作用研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 28(3): 454-456.
- Ding F Z, Zhang Z H, Zhang L S, et al. 2006. Biological control of *Metarhizium anisopliae* against *Brontispa longissima*[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 28(3): 454-456. (in Chinese)
- 宫庆涛,张坤鹏,彭金海,等. 2023. 无人机施药防治桃园桔小实蝇的效果及成本评价[J]. 中国南方果树, 52(4): 171-174.
- Gong Q T, Zhang K P, Peng J H, et al. 2023. Evaluation of the effect and cost of drone spraying on controlling *Bactrocera dorsalis* Hendel in peach orchard[J]. South China Fruits, 52(4): 171-174. (in Chinese)
- 何方,何柏. 2002. 油茶栽培分布与立地分类的研究[J]. 林业科学, 38(5): 64-72.
- He F, He B. 2002. Cultural distribution and site classification for *Camellia oleifera*[J]. Scientia Silvae Sinicae, 38(5): 64-72. (in Chinese)
- 何学友,蔡守平,吴智才. 2011. 油茶的一种新害虫:黑足角胸叶甲[J]. 中国森林病虫, 30(3): 16-17.
- He X Y, Cai S P, Wu Z C. 2011. *Basilepta melanopus* Lefever, a new insect pest in *Camellia oleifera*[J]. Forest Pest and Disease, 30(3): 16-17. (in Chinese)
- 黄浩. 2023. 贵州油茶主要害虫绿色防控研究[D]. 贵阳: 贵州大学.
- Huang H. 2023. Study on green control of major pests in *Camellia oleifera* in Guizhou Province [D]. Guiyang: Guizhou University. (in Chinese)
- 黄丽蕴,陈颖慧,连娜娜,等. 2024. 苦皮藤素与绿僵菌复配对茶角胸叶甲的毒力及田间防效[J]. 茶叶, 50(1): 24-26.
- Huang L Y, Chen Y H, Lian N N, et al. 2024. The toxicity and field control

- efficacy of *celangulin* and *Metarrhizium anisopliae* on *Basilepta melanopus* Lefevre[J]. *Journal of Tea*, 50(1): 24–26. (in Chinese)
- 李密, 何振, 夏永刚, 等. 2013. 湖南主要油茶产区茶角胸叶甲的发生与防治[J]. *中国森林病虫*, 32(2): 32–35, 43.
- Li M, Zhou G, He Z, *et al.* 2013. Spatial distribution patterns and environmental interpretations of *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Eumolpidae) adults in *Camellia oleifera* young forests[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 32(2): 32–35, 43. (in Chinese)
- 李先文, 谭济才, 柏晓勇, 等. 2008. 几种药剂对茶角胸叶甲的室内杀虫活性测定及田间药效试验[J]. *现代农药*, 7(3): 44–47.
- Li X W, Tan J C, Bai X Y, *et al.* 2008. Biological activity test and field trial of pesticides on *Basilepta melanopus* lefevre[J]. *Modern Agrochemicals*, 7(3): 44–47. (in Chinese)
- 欧阳安. 2022. 我国农用无人机产业发展现状及建议[J]. *农业工程*, 12(5): 5–9.
- Ouyang A. 2022. Development status and suggestions of agricultural UAV industry in China[J]. *Agricultural Engineering*, 12(5): 5–9. (in Chinese)
- 裘晖, 吴振强, 梁世中. 2004. 金龟子绿僵菌及其杀虫机理[J]. *农药*, 43(8): 342–345.
- Qiu H, Wu Z Q, Liang S Z. 2004. *Metarrhizium anisopliae* and its mechanism for killing insects[J]. *Pesticides*, 43(8): 342–345. (in Chinese)
- 唐光辉. 2007. 一种新型杀虫注干液剂的研制与应用基础研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学.
- Tang G H. 2007. Research and development of a new kind of liquid formulation for trunk injection[D]. Yangling: Northwest A & F University. (in Chinese)
- 王建华, 温晓蕾, 栗佳宁, 等. 2023. 不同施药方式对板栗红蜘蛛田间防效和效益分析[J]. *中国农业科技导报*, 25(5): 139–146.
- Wang J H, Wen X L, Li J N, *et al.* 2023. Field control efficacy and cost analysis of different spraying methods for control of *Oligonychus ununguis* (jacobi)[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 25(5): 139–146. (in Chinese)
- 吴勇, 林娟, 黎健龙, 等. 2021. 英德市 2019 年茶角胸叶甲重发生的气象成因浅析及其防治试验[J]. *广东茶业*(2): 6–9.
- Wu Y, Lin J, Li J L, *et al.* 2021. Analysis on meteorological causes of *basilepta melanopus* lefevre recurrence in Yingde city in 2019 and Its prevention and control Experiment[J]. *Guangdong Tea Industry*, (2): 6–9. (in Chinese)
- 张庭英, 徐汉虹, 王长宏. 2005. 鱼藤酮的应用现状及存在问题[J]. *农药*, 44(8): 352–355.
- Zhang T Y, Xu H H, Wang C H. 2005. Current status of rotenone utilization and existing concerns[J]. *Pesticides*, 44(8): 352–355. (in Chinese)