



油茶茶黄毒蛾化学防治与农药残留研究

崔高峰¹, 张全洪^{1,2}, 陈刘生¹, 洪晓婷³, 陈艺婷³,
李观秀³, 高成龙¹, 赵丹阳^{1*}

(1. 广东省林业科学研究院, 广东省森林培育与保护利用重点实验室, 广州 510520; 2. 华南农业大学植物保护学院, 广州 510642;
3. 广东药科大学生命科学与生物制药学院, 广州 510006)

摘要: 为了研究油茶、茶树等经济树种重要食叶害虫茶黄毒蛾 *Arna pseudoconspersa* Strand 的化学防控效果和潜在农药残留风险, 本研究采用叶片浸渍法测定了 4 种农药原药和 4 种农药制剂对茶黄毒蛾幼虫的室内毒力活性, 并在油茶林间进行了无人机飞防试验, 检验了防治效果以及防治 7 d 后油茶果实的农药残留情况。结果表明: 4 种农药原药成分对茶黄毒蛾幼虫的室内杀虫活性顺序依次为: 甲维盐 > 阿维菌素 > 氯虫苯甲酰胺 > 虫酰肼, 甲维盐处理 1 d 时的致死中浓度为 0.42 mg/L; 0.5% 甲维盐微乳剂、4.5% 高效氯氟菊酯水乳剂、6% 联菊·啶虫脒微乳剂和 12% 噻虫·高氯氟悬浮剂均对茶黄毒蛾幼虫具有较强杀虫活性, 4 种农药制剂最低测试浓度处理 3 d 后死亡率在 83.3%~98.3%; 10% 噻虫·高氯氟悬浮剂飞防能够有效控制茶黄毒蛾数量; 防控 7 d 后油茶籽粒均未检出农药残留, 而油茶果皮中存在不同程度的高效氯氟菊酯残留。上述研究结果表明, 甲维盐、噻虫·高氯氟等农药可以用于油茶林茶黄毒蛾防控, 同时为相关害虫化学防控提供了参考依据。

关键词: 茶黄毒蛾; 油茶; 室内毒力测定; 噻虫·高氯氟; 无人机飞防; 农药残留

中图分类号: Q965.9

文献标识码: A

Management of *Arna pseudoconspersa* on *Camellia oleifera* with chemical pesticides and its residue analysis

CUI Gao-Feng¹, ZHANG Quan-Hong^{1,2}, CHEN Liu-Sheng¹, HONG Xiao-Ting³, CHEN Yi-Ting³, LI Guan-Xiu³, GAO Cheng-Long¹, ZHAO Dan-Yang^{1*} (1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Forest Protection and Utilization, Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China; 2. College of Plant Protection, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China; 3. School of Life Sciences and Biopharmaceutics, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: *Arna pseudoconspersa* Strand is an important leaf-eating pest of many economic trees, particularly *Camellia* species. It's important to study the effects of its chemical control and the

基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2024KJCX019)

作者简介: 崔高峰, 男, 博士, 副研究员, 主要从事昆虫毒理学和林业有害生物生态防控研究, E-mail: cuigf_gdaf@126.com

*通讯作者 Author for correspondence: 赵丹阳, 女, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事林业有害生物生态防控研究, E-mail: 85040875@qq.com

收稿日期 Received: 2024-11-06; 修回日期 Revision received: 2024-12-10; 接受日期 Accepted: 2024-12-12

potential pesticide residue. In this study, the leaf immersion method was used to determine the indoor toxicity of four pesticide chemicals and four pesticide formulations upon larvae of *A. pseudoconspersa*. Moreover, aerial pesticide application with a unmanned aerial vehicle was carried out at the *Camellia oleifera* forest, followed by the detection of pesticide residues in fruits after seven days. Results showed that the indoor insecticidal activity of four pesticide ingredients ranged as emamectin benzoate > abamectin > chlorantraniliprole > tebufenozide. The median lethal concentrations (LC₅₀) of emamectin benzoate treatment for 1 day was 0.42 mg/L. Four pesticides, including 0.5% abamectin-aminomethyl microemulsion, 4.5% beta-cypermethrin emulsion in water, 6% bifenthrin · acetamiprid microemulsion, and 12% thiamethoxam · lambda-cyhalothrin suspoemulsion (SE), all showed excellent insecticidal activity against the larvae of *A. pseudoconspersa*. The mortality rates ranged from 83.3% to 98.3% as the lowest tested concentration of the four formulations treated for 3 days. 10% Thiamethoxam · lambda-cyhalothrin SE could control the erupt of *A. pseudoconspersa* effectively through aerial pesticide application. Furthermore, no pesticide residues had been detected in the seeds of *Camellia* fruit after 7 days, while varying levels of lambda-cyhalothrin were detected in the peels. Thus, chemical pesticides, such as emamectin benzoate and thiamethoxam · lambda-cyhalothrin, could be used for the management of *A. pseudoconspersa* in *Camellia* tree forests, which would provide a scientific basis for the scientific prevention of related pests.

Key words: *Arna pseudoconspersa*; *Camellia oleifera*; indoor toxicity testing; thiamethoxam · lambda-cyhalothrin; aerial pesticide application; pesticide residues

茶黄毒蛾 *Arna pseudoconspersa* Strand 属鳞翅目 Lepidoptera 毒蛾科 Lymantriidae 昆虫，其旧学名为 *Euproctis pseudoconspersa* Strand (Ye *et al.*, 2014; Dong *et al.*, 2016)，目前依台湾物种名录移至 *Arna* 属 (林义祥, 2024)。茶黄毒蛾别名茶斑毒蛾、茶毛虫、毒毛虫、摆头虫、毛辣虫、吊丝虫等，是油茶 *Camellia oleifera*、茶树 *C. sinensis*、山茶 *C. japonica* 等重要经济树种上的重要食叶害虫，还可为害柑桔 *Citrus reticulata*、枇杷 *Eriobotrya japonica*、油桐 *Vernicia fordii*、乌桕 *Sapium sebiferum*、枫香 *Liquidambar formosana* 等林果，在我国南方各省广泛分布 (裴建国, 2009; 吴保锋和刘学彦, 2009; Ye *et al.*, 2014; 黄小玲, 2018; 黄浩, 2023)。

茶黄毒蛾在我国一年可发生多代，在各地发生代数各异 (吴保锋和刘学彦, 2009; 黄小玲, 2018)。例如，在湖南 1 年发生 3 代，福建 1 年 3~4 代，台湾 1 年 4~5 代。其主要以幼虫群集取食叶片为害，3 龄前群集性强，常数十至数百头聚集在叶背取食，3 龄后进入暴食期，开始分散迁移为害；发生严重时，叶片全部吃光后取食嫩梢、幼果、树皮等，不仅直接影响油茶茶籽和茶叶的产量和品质，严重时可影响树木生长，导致整株枯死，造成更大经济损失。茶黄毒蛾幼虫迁移和取食等过程中均会不时摆头，受震后迅速假死吐丝坠落；幼虫

多在晨昏和夜晚取食，天气炎热时群迁至叶背和树干等地，随后再群迁返回树上。老熟幼虫在落叶或浅土中小量聚集结茧化蛹，羽化后成虫在叶背或树干上产卵，卵块可在老叶背面越冬（裴建国，2009；吴保锋和刘学彦，2009；Ye *et al.*, 2014；黄浩，2023）。此外，茶黄毒蛾幼虫虫体长满毒毛，蜕皮壳和茧丝均有毒，人体皮肤接触后红肿痛痒，进而影响采茶、采果等农事操作（裴建国，2009；吴保锋和刘学彦，2009；Ye *et al.*, 2014）。

化学防治是防治茶黄毒蛾最为快速有效的措施，3龄幼虫前后喷施农药能够有效降低虫口数量，减少经济损失（裴建国，2009；吴保锋和刘学彦，2009）。目前虽然有较多农药推荐使用，但对农药使用防治效果、林间农药施用和用药后农药残留等问题鲜有报道。本研究针对性开展室内毒力测定、林间飞防试验和油茶农药残留检测等工作，旨在为油茶茶黄毒蛾防控相关研究和应用提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

1.1.1 虫源

茶黄毒蛾幼虫采自河源市连平县油茶林地，油茶品种为岑软2号和岑软3号混合种植，采集叶片和果实上群集的低龄幼虫供试，同时于附近油茶树上采集健康叶片备用。

1.1.2 试验药剂

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐（Emamectin benzoate, 95%, CAS: 155569-91-8, 甲维盐）和氯虫苯甲酰胺（Chlorantraniliprole, 95%, CAS: 500008-45-7）购自上海毕得医药科技股份有限公司，阿维菌素（Abamectin, 97%, CAS: 71751-41-2）和虫酰肼（Tebufenozide, 98%, CAS: 112410-23-8）购自上海源叶生物科技有限公司。二甲基亚砜（Dimethyl sulfoxide, DMSO）、吐温80（Tween-80）等试剂均为国产分析纯，购于广州息源生物科技有限公司。农药制剂分别为：0.50%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂（有效成分：甲氨基阿维菌素 Abamectin-aminomethyl 0.5%，登记证号：PD20102122）、4.5%高效氯氟氰菊酯水乳剂（有效成分：高效氯氟氰菊酯 Beta-cypermethrin 4.5%，登记证号：PD20110173）、6%联菊·啉虫脒微乳剂（有效成分：联苯菊酯 Bifenthrin 3%和啉虫脒 Acetamiprid 3%，登记证号：PD20140445）、12%噻虫·高氯氟悬浮剂（有效成分：噻虫嗪 Thiamethoxam 8.8%和高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin 3.2%，登记证号：PD20180454）和10%噻虫·高氯氟悬浮剂（有效成分：噻虫嗪 Thiamethoxam 6%和高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin 4%，登记证号：PD20182738）。无人机飞防试验使用助剂为先正达U伴飞防专用助剂。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定

室内毒力测定分农药原药和农药制剂两部分。农药原药先用DMSO溶解配置成母液，后用含Tween-80（0.05%，v/v）的纯净水稀释至1、2、4、8、16、20 mg/L备用；农药制剂

以推荐剂量为基础，分别设置 6 个浓度梯度，将对应体积制剂添加至纯净水中，摇匀备用。油茶叶片完全浸没于药液中 10 s 后取出，室内晾干 2 h 备用。将饥饿处理后的 3 龄茶黄毒蛾幼虫按每皿 20 头为一个处理，将浸药晾干的油茶叶片放入培养皿中，每个处理浓度设置 5 个重复，于室温 26°C±2°C 内继续培养，分别于 1 d、3 d、7 d 后统计死亡虫数，以轻触虫体没有任何反应记为死亡。死亡率 (%) = 死亡虫数/供试虫数×100，校正死亡率 (%) = (处理组死亡虫数-对照组死亡虫数)/供试虫数×100。数据处理参照文献进行，利用 Excel 计算毒力回归方程、致死中浓度 (LC₅₀)、相关系数 (r) 及 LC₅₀ 的 95% 置信区间 (张志祥等, 2002)。

1.2.2 林间飞防试验

10% 噻虫·高氯氟悬浮剂 300 mL/公顷，先正达 U 伴飞防专用助剂 150 mL/公顷，清水 45 L/公顷，混匀后用大疆 T50 植保无人机进行飞防作业。施用时间在上午 07:00-11:00 和下午 15:00-19:00；温度 19~27°C；飞行高度 5 m；飞行速度 2 m/s；风速为微风以下；虫害发生范围全覆盖。飞防 3 d 后，拍照记录虫口变化。

1.2.3 农药残留检测

飞防试验 7 d 后，按五点取样法设置 5 个取样点，每点 2~3 株，每株取 10~15 颗油茶果实备测。每个样品分果皮和籽粒两部分，送样至广东省农业科学院农业农村部农产品及加工品质检验测试中心 (广州)，参照《食品安全国家标准 植物源性食品中 208 种农药及其代谢物残留量的测定 气相色谱-质谱联用法》(GB23200.113-2018) 和《食品安全国家标准 植物源性食品中 331 种农药及其代谢物残留量的测定 液相色谱-质谱联用法》(GB23200.121-2021) 检测样品中高效氯氟氰菊酯和噻虫嗪的农药残留。主要仪器为三重四极杆型气相色谱质谱联用仪 (岛津 GCMS-TQ8040, 日本) 和三重四极液相色谱质谱联用仪 (岛津 LCMS/MS-8040, 日本)，样品前处理、测定、分析等方法步骤详见国标。

2 结果与分析

2.1 4 种农药原药对茶黄毒蛾的室内毒力测定

甲维盐、阿维菌素、氯虫苯甲酰胺和虫酰肼 4 种农药原药对茶黄毒蛾幼虫的室内毒力测定结果显示：4 种农药原药均在测试浓度范围内 (1~20 mg/L) 表现出时间和剂量依赖效应，随着剂量的增大和时间的延长，茶黄毒蛾死亡率逐步增加；整体而言，茶黄毒蛾幼虫室内杀虫活性顺序为：甲维盐 > 阿维菌素 > 氯虫苯甲酰胺 > 虫酰肼 (表 1)。其中，甲维盐原药室内活性最高，处理 1 d 时的 LC₅₀ 为 0.42 mg/L，1 mg/L 处理 3 d 后茶黄毒蛾幼虫死亡率达 87.1%±11.1%，所有浓度处理 7 d 后全部死亡。其次是阿维菌素，8 mg/L 处理 3 d 后茶黄毒蛾幼虫死亡率为 88.3%±11.5%，处理 3 d 时的 LC₅₀ 为 1.70 mg/L，处理 7 d 后所有测试浓度死亡率均超过 90%。氯虫苯甲酰胺和虫酰肼处理 7 d 后的 LC₅₀ 分别为 1.83 mg/L 和 3.14 mg/L，20 mg/L 处理茶黄毒蛾幼虫 7 d 后的死亡率分别达到 92.1%±6.3% 和 89.6%±8.5%。

表 1 4 种农药原药对茶黄毒蛾的室内毒力测定结果统计表

Table 1 Statistics of indoor toxicity tests of four pesticide chemicals on *Arna pseudoconspersa*

药剂 Chemicals	天数 (d) Days	校正死亡率 (%) Corrected mortality						毒力回归方程与相关系数 Toxicity regression equation and correlation coefficient	致死中浓 度 (mg/L) LC ₅₀	95%置信区间 95% Confidence interval
		1 mg/L	2 mg/L	4 mg/L	8 mg/L	16 mg/L	20 mg/L			
甲维盐 Emamectin benzoate	1	52.5 ± 8.7	66.3 ± 18.0	78.8 ± 22.9	57.5 ± 29.0	87.5 ± 6.5	73.8 ± 17.0	y = 0.4954 x + 5.1865 r = 0.6295	0.42	0.03-6.54
	3	87.1 ± 11.1	92.1 ± 7.5	92.1 ± 6.3	84.6 ± 13.8	95.8 ± 5.0	95.8 ± 5.0	y = 0.4596 x + 6.2186 r = 0.6483	0.00	0.00-913.58
	7	98.3 ± 0.0	97.1 ± 2.5	98.3 ± 0.0	95.8 ± 5.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		
阿维菌素 Abamectin	1	15.0 ± 13.7	26.0 ± 15.6	27.5 ± 20.6	46.3 ± 30.9	47.5 ± 2.9	67.5 ± 15.5	y = 0.9895 x + 3.9589 r = 0.9548	11.28	5.86-21.70
	3	31.3 ± 19.2	51.3 ± 19.2	73.3 ± 33.2	88.3 ± 11.5	93.3 ± 4.1	92.1 ± 6.3	y = 1.6255 x + 4.6270 r = 0.9869	1.70	1.05-2.74
	7	88.3 ± 7.9	92.3 ± 6.5	95.8 ± 2.9	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		
氯虫苯甲酰胺 Chlorantranilip role	1	10.0 ± 4.1	6.3 ± 2.5	7.5 ± 8.7	18.8 ± 6.3	16.3 ± 8.5	41.3 ± 12.5	y = 0.7300 x + 3.4175 r = 0.7776	147.19	9.97-2173.21
	3	22.1 ± 28.1	20.8 ± 6.5	32.1 ± 14.4	64.6 ± 8.5	69.6 ± 17.0	74.6 ± 4.8	y = 1.2513 x + 4.0685 r = 0.9557	5.55	3.57-8.64
	7	49.6 ± 9.5	45.8 ± 27.5	47.1 ± 15.5	73.3 ± 10.8	79.6 ± 17.5	92.1 ± 6.3	y = 1.1087 x + 4.7088 r = 0.8835	1.83	0.95-3.52
虫酰肼 Tebufenozide	1	2.5 ± 2.9	3.8 ± 2.5	11.3 ± 8.5	12.5 ± 2.9	12.5 ± 10.4	20 ± 7.1	y = 0.7858 x + 3.0860 r = 0.9418	272.73	7.41-10033.89
	3	0.8 ± 2.9	4.6 ± 2.5	18.3 ± 11.5	33.3 ± 7.1	57.1 ± 23.6	57.1 ± 11.1	y = 1.7604 x + 3.0219 r = 0.9966	13.29	8.93-19.78
	7	23.3 ± 20.4	22.1 ± 6.3	54.6 ± 23.2	69.6 ± 9.5	95.8 ± 5.0	89.6 ± 8.5	y = 1.9872 x + 4.0130 r = 0.9440	3.14	2.29-4.31

2.2 4种农药制剂对茶黄毒蛾的室内毒力测定

0.5%甲维盐微乳剂、4.5%高效氯氰菊酯水乳剂、6%联菊·啉虫脒微乳剂和12%噻虫·高氟悬浮剂4种农药制剂对茶黄毒蛾幼虫的室内毒力测定结果显示:在基于推荐剂量的测试浓度梯度内,4种农药制剂均遵循时间和剂量依赖效应,相较于农药原药表现出更高的杀虫活性(表2)。其中,4种农药制剂处理1d时的LC₅₀分别为0.79 mg/L、3.95 mg/L、0.16 mg/L和13.64 mg/L,处理3d后,除4.5%高效氯氰菊酯水乳剂最低浓度(4.5 mg/L)处理后死亡率为83.3%±9.4%外,其余3种农药制剂最低浓度处理后死亡率均超过90%。处理7d后,4种农药制剂所有浓度处理组中茶黄毒蛾幼虫全部死亡。

表2 4种农药制剂对茶黄毒蛾的室内毒力测定结果统计表

Table 2 Statistics of indoor toxicity tests of four formulations chemicals on *Arna pseudoconspersa*

农药制剂 Formulations	天数 (d) Days	校正死亡率 (%) Corrected mortality						毒力回归方程与相关系数 Toxicity regression equation & Correlation coefficient	致死中 浓度 (mg/L) LC ₅₀	95%置信区间 95% Confidence interval
		1 mg/L	2 mg/L	4 mg/L	8 mg/L	16 mg/L	20 mg/L			
甲维盐 Abamectin-aminomethyl	1	38.0 ± 11.5	67.0 ± 9.7	80.0 ± 9.4	93.0 ± 4.5	83.0 ± 9.7	78.0 ± 2.7	y = 0.8509 x + 5.0862 r = 0.7362	0.79	0.22-2.83
	3	92.3 ± 8.2	84.3 ± 6.5	89.3 ± 7.4	96.3 ± 2.7	90.3 ± 5.7	92.3 ± 4.2	-		
	7	94.3 ± 4.2	93.3 ± 8.7	94.3 ± 4.2	98.3 ± 0.0	96.3 ± 2.7	97.3 ± 2.2	-		
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	1	39.0 ± 14.3	68.0 ± 5.7	74.0 ± 6.5	74.0 ± 16.0	64.0 ± 13.9	87.0 ± 4.5	y = 0.5753 x + 4.6568 r = 0.7619	3.95	0.71-22.10
	3	83.3 ± 9.4	96.3 ± 2.7	96.3 ± 2.7	98.3 ± 0.0	95.3 ± 2.7	96.3 ± 2.7	-		
	7	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		

联菊·啮虫脞 Bifenthrin · Acetamiprid		6 mg/L	12 mg/L	18 mg/L	60 mg/L	120 mg/L	180 mg/L			
	1	82.0 ± 13.5	89.0 ± 7.4	92.0 ± 5.7	95.0 ± 6.1	97.0 ± 2.7	97.0 ± 2.7	$y = 0.6409x + 5.5069$ $r = 0.9832$	0.16	0.00~29.11
	3	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		
	7	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		
噻虫·高氯氟 Thiamethoxam · Lambda-cyhalothrin		4.8 mg/L	12 mg/L	24 mg/L	36 mg/L	120 mg/L	240 mg/L			
	1	33.0 ± 4.5	48.0 ± 4.5	59.0 ± 6.5	68.0 ± 2.7	78.0 ± 2.7	90.0 ± 5.0	$y = 0.9623x + 3.9080$ $r = 0.9920$	13.64	7.02~26.52
	3	95.3 ± 4.5	94.3 ± 4.2	96.3 ± 4.5	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		
	7	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	98.3 ± 0.0	-		

2.3 噻虫·高氯氟林间无人机飞防试验效果

利用大疆 T50 植保无人机喷施 10%噻虫·高氯氟悬浮剂 3 d 后，拍照记录油茶林茶黄毒蛾发生情况。油茶林茶黄毒蛾大爆发时，叶片存在大量茶黄毒蛾幼虫取食，每片叶片上虫口数十到数百头不等，龄期大体相近，排列紧密，取食时不停摆头，轻触受惊后悬丝下落如雨；午间高温时幼虫集体下树密集躲在叶背、主干基部等处，部分油茶树叶片已被取食殆尽，仅剩枝干和幼果（图 1-a~d）。药剂防治后，90%以上幼虫死亡，上中部枝条未见存活幼虫取食为害，仅见残存皱缩倒挂的死亡虫体；树干基部堆满死亡幼虫虫体，但尚有少量活虫存在；果实上也未见幼虫取食危害（图 1-e~h）。

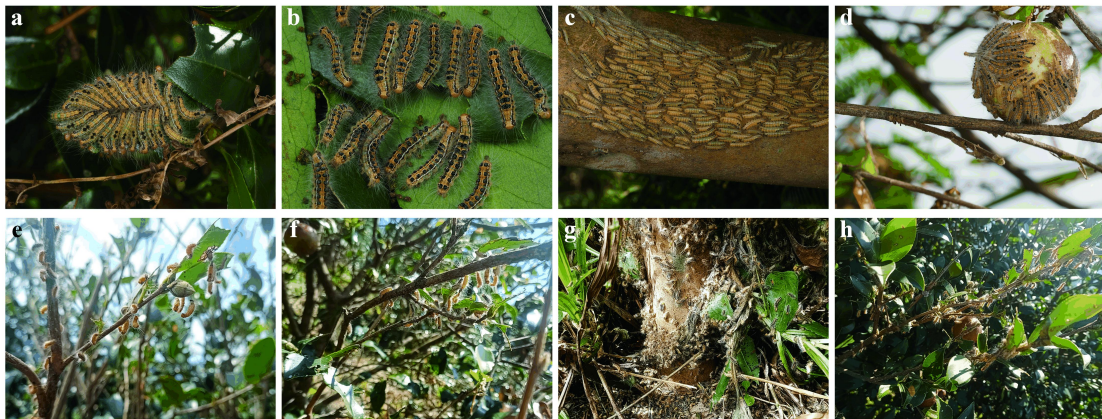


图 1 10%噻虫·高氯氟悬浮剂林间无人机飞防茶黄毒蛾防治效果图

Fig. 1 Effect diagrams of field control with unmanned aerial vehicle against *Arna pseudoconspersa* by spraying 10% Thiamethoxam · lambda-cyhalothrin suspension concentrate

注：a~d 为防治前油茶林茶黄毒蛾在林间发生情况；e~h 为防治 3 d 后油茶林茶黄毒蛾发生情况。Note: a~d, the occurrence of *A. pseudoconspersa* in *C. oleifera* forest before control; e~h, the control effects of *A. pseudoconspersa* in *C. oleifera* forest after 3 days.

2.4 油茶果实农药残留检测结果分析

油茶果实样品农药残留检测结果显示：施药 7 d 后，油茶籽粒中均未检出噻虫嗪和高效氯氟氰菊酯成分；油茶果皮中均检测出高效氯氟氰菊酯成分，残留浓度在 0.011~0.23 mg/kg 之间；仅在油茶果皮样品 40C 中检测出噻虫嗪成分，浓度为 0.12 mg/kg（表 3）。由此可见，利用 10%噻虫·高氯氟悬浮剂飞防防控茶黄毒蛾 7d 后，不会在油茶籽粒中存在农药残留，可用于后续茶油生产。

表3 油茶果实样品农药残留测定结果汇总表

Table 3 Pesticide residue determination of *Camellia oleifera* fruit samples

序号 No.	样品信息 Sample information	噻虫嗪 (mg/kg) Thiamethoxam	高效氯氟氰菊酯 (mg/kg) Lambda-cyhalothrin	送样质量 (g) Sample weight
1	果皮 Peel (15D)	未检出 Not detected (<0.01*)	0.027	470.5
2	籽粒 Seed (15D)	未检出 Not detected (<0.01*)	未检出 Not detected (<0.01*)	280.5
3	果皮 Peel (16E)	未检出 Not detected (<0.01*)	0.011	485.0
4	籽粒 Seed (16E)	未检出 Not detected (<0.01*)	未检出 Not detected (<0.01*)	271.0
5	果皮 Peel (40A)	未检出 Not detected (<0.01*)	0.029	507.5
6	籽粒 Seed (40A)	未检出 Not detected (<0.01*)	未检出 Not detected (<0.01*)	273.0
7	果皮 Peel (40B)	未检出 Not detected (<0.01*)	0.011	553.0
8	籽粒 Seed (40B)	未检出 Not detected (<0.01*)	未检出 Not detected (<0.01*)	349.0
9	果皮 Peel (40C)	0.12	0.23	369.0
10	籽粒 Seed (40C)	未检出 Not detected (<0.01*)	未检出 Not detected (<0.01*)	288.5

注: *表示检测下限; 高效氯氟氰菊酯检测依据参照 GB23200.113 - 2018; 噻虫嗪检测依据参照 GB23200.121 - 2021。Note: * represented the lower limit of detection; The detection criteria for lambda-cyhalothrin refer to GB23200.113-2018; The detection criteria for thiamethoxam refer to GB23200.121-2021.

3 结论与讨论

茶黄毒蛾是油茶林和茶园等经济林中常见的食叶害虫, 一年中时有发生(裴建国, 2009; 吴保锋和刘学彦, 2009; Ye *et al.*, 2014; 黄小玲, 2018; 黄浩, 2023)。如当地气候环境适宜、初期未及时发现管控、日常养护不到位等原因, 均可导致茶黄毒蛾虫口数量逐代积累, 进而导致茶黄毒蛾大爆发, 给林农造成较大经济损失。除化学防治外, 茶黄毒蛾防控还可采用以下措施(裴建国, 2009; 吴保锋和刘学彦, 2009; Ye *et al.*, 2014): ①农业防治: 施足基肥, 合理施肥, 增强树势, 提高抗病虫能力; 及时修剪, 定期清理林下枯落物, 集中烧毁剪下的残枝, 铲除害虫的生存场所; 人工摘除越冬卵块, 振落捕杀幼虫; 化蛹盛期, 结合开沟施肥进行中耕灭蛹, 并在根际培土, 防止成虫羽化; 清洁周边环境, 减少害虫滋生场所。②物理防治: 成虫羽化期于晚上 19:00-23:00 用黑光灯诱杀成虫。③生物防治: 采用性激素等性诱剂进行诱杀(Li *et al.*, 2023); 使用生物制剂防治, 如《油茶》(LY/T3355 - 2023)中推荐在幼虫期使用 16 000 IU/mg 的苏云金杆菌制剂 5 000 倍液, 此外还可应用杀螟杆菌、青虫菌或茶毛虫核多角体病毒(Wang *et al.*, 2021)等; 保护鸟类、寄生蜂、瓢虫、步甲、猎蝽、蜘蛛等天敌。

化学防治是茶黄毒蛾目前最为快速有效的防治方法。从室内毒力测定结果而言, 茶黄毒蛾幼虫对测试的几种农药原药和制剂均比较敏感, 阿维菌素、甲维盐、高效氯氟菊酯、联菊·啉虫脒、噻虫·高氯氟等农药成分和制剂均可用于茶黄毒蛾的防控。此外, 还可以选择印楝素、苦参碱等植物源活性成分为主的杀虫剂进行轮换或复配, 有助于减缓抗药性产生, 降低农药残留(谷清义等, 2023; 徐玉辉等, 2024)。相较于农田和果园而言, 油茶林和茶园大多位于丘陵、山地等地, 水源获取、人工作业、机械操作等均受到较大限制, 而相较于人工喷雾防治, 无人机飞防能解决以上问题并能大大降低防控成本(李长强等, 2022; 张新华等, 2024)。从林间飞防试验效果来看, 在无风或微风环境下, 采用 10%噻虫·高氯氟悬浮剂配合添加飞防助剂在清晨和傍晚害虫上树为害时进行飞防, 能有效控制茶黄毒蛾数量, 缓解害虫为害, 减少经济损失。但同时需要注意, 飞防要求相对较高(胡淑芬等, 2023; 张新华等, 2024), 需要较为专业的植保无人机来确保载

荷、飞行时间、飞行路线、覆盖度等要求,另外需要注意飞防对树体下部、树干等处害虫的防控效果,所以要选择合适的时间、气候因素等条件进行作业。关于样品农药残留问题,噻虫嗪和高效氯氟氰菊酯在不同作物上的安全间隔期不同,一般为7~14 d(毛江胜等,2021;孙淑媛等,2022;黄艳萍等,2024)。本试验飞防7 d后未在油茶籽粒中检出农药残留,可以采收,但建议在14 d后进行采收作业;此外油茶果实40C样品存在农药残留较高现象,可能是由于该样品采样点位于飞防起点或者掉头转弯点导致。

综上所述,茶黄毒蛾化学防控应选用高效、低毒、低残留的农药制剂产品,并严格掌握防治指标、防治时期和农药用量,选择合适的防控方式,对爆发中心或重点地块开展精准施药,不能长期使用同一种或同一类农药产品,采收时应注意安全间隔期,降低农药残留风险。

参考文献 (References)

- Dong WW, Dong SY, Jiang GF, *et al.* Characterization of the complete mitochondrial genome of tea tussock moth, *Euproctis pseudoconspersa* (Lepidoptera: Lymantriidae) and its phylogenetic implications [J]. *Gene*, 2016, 577 (1): 37-46.
- Gu QY, Geng XT, Ma QH, *et al.* Decremental and synergistic effects of pyrethrin matriline mixture on *Plutella xylostella* [J]. *Agricultural Research and Application*, 2023, 36 (2): 37-41. [谷清义, 耿晓桐, 马清海, 等. 除虫菊素与苦参碱混配对小菜蛾的减量增效作用 [J]. 农业研究与应用, 2023, 36 (2): 37-41]
- Hu SF, Cao XY, Deng YJ, *et al.* Effects of the flight parameters of plant protection drone on the distribution of pollination droplets and the fruit setting rate of *Camellia* [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2023, 39 (20): 92-100. [胡淑芬, 曹昕奕, 邓勇杰, 等. 植保无人机飞行参数对油茶授粉雾滴分布及坐果率的影响 [J]. 农业工程学报, 2023, 39 (20): 92-100]
- Huang H. Study on the Green Prevention and Control on Main Pests of *Camellia oleifera* in Guizhou [D]. Guiyang: Guizhou University Master Thesis, 2023. [黄浩. 贵州油茶主要害虫绿色防控研究 [D]. 贵阳: 贵州大学硕士论文, 2023]
- Huang XL. The investigation and control measures on the pests of Lymantriidae damaging to *Liquidamba formosana* in Fujian Province [J]. *Fujian Forestry*, 2018, 3: 40-45. [黄小玲. 危害枫香的毒蛾调查与防治措施 [J]. 福建林业, 2018, 3: 40-45]
- Huang YP, Wang XQ, Du ZY, *et al.* Dissipation, accumulation and risk assessment of thiamethoxam and beta-cyfluthrin in greenhouse celery after continuous spraying [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2024, 26 (3): 604-611. [黄艳萍, 王新全, 堵紫妍, 等. 设施芹菜噻虫嗪和高效氯氟氰菊酯连续施用后消散、积累与风险评估 [J]. 农药学报, 2024, 26 (3): 604-611]
- Li CQ, Zhang Q, Xie CC, *et al.* Unmanned aerial vehicle control of *Monochamus alternatus* by spraying highly effective insecticides [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2022, 53 (6): 878-882. [李长强, 张倩, 谢春春, 等. 无人机飞防喷施高效药剂防治松褐天牛 [J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53 (6): 878-882]
- Li ZQ, Yuan TT, Cui SW, *et al.* Development of a high-efficiency sex pheromone formula to control *Euproctis pseudoconspersa* [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2023, 22 (1): 195-201.
- Lin YX. Gaga Insect Website / Taiwan Insect - *Arna pseudoconspersa* (Strand, 1914) [EB/OL]. (2024-07-23) [2024.10.24]. <http://gaga.biodiv.tw/9404bx/A000%20-S701.htm>. [林义祥. 嘎嘎昆虫网/台湾的昆虫-茶黄毒蛾 *Arna pseudoconspersa* (Strand, 1914) [EB/OL], (2024-07-23) [2024.10.24]. <http://gaga.biodiv.tw/9404bx/A000%20-S701.htm>]
- Mao JS, Chen ZL, Li HD, *et al.* Residues and dissipation dynamics of 4 pesticides in pear [J]. *Agrochemicals*, 2021, 60 (9): 668-673. [毛江胜, 陈子雷, 李慧冬, 等. 4种农药在梨中的残留及消解动态 [J]. 农药, 2021, 60 (9): 668-673]
- Pei JG. Preliminary study on the biological characteristics and habits of *Euproctis pseudoconspersa* (Strand) [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2009, 15 (1): 186, 188. [裴建国. 茶黄毒蛾生物学特性的初步研究 [J]. 安徽农学通报, 2009, 15 (1): 186, 188]
- Sun SY, Hou LN, Yang GL, *et al.* Residue dynamics and risk assessment of several pesticides commonly used for the control of *Apolygus lucorum* in grapes [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2022, 34 (7): 1513-1518. [孙淑媛, 侯丽娜, 杨桂玲, 等. 葡萄中几种常用防治绿盲蝽农药的残留动态与风险评估 [J]. 浙江农业学报, 2022, 34 (7): 1513-1518]
- Wang XQ, Gu QY, Zhang W, *et al.* Prevalence of a novel bunyavirus in tea tussock moth *Euproctis pseudoconspersa* (Lepidoptera: Lymantriidae) [J]. *Journal of Insect Science*, 2021, 21 (4): 5.

- Wu BF, Liu XY. Study on biological characteristics of *Euproctis pseudoconspersa* (Strand) in Xinyang tea region [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37 (12): 5559-5560. [吴保锋, 刘学彦. 信阳茶区茶黄毒蛾生物学特性研究 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (12): 5559-5560]
- Xu YH, Dong JH, Xia GY, *et al.* Synergistic effect of tea saponin on the control of *Spodoptera litura* by toosendanin and azadirachtin [J/OL]. *Journal of Environmental Entomology*, 2024, 1-14. [徐玉辉, 董建豪, 夏国益, 等. 茶皂素混配川楝素和印楝素对斜纹夜蛾拒食活性的增效作用 [J/OL]. 环境昆虫学报, 2024, 1-14]
- Ye GY, Xiao Q, Chen M, *et al.* Tea: biological control of insect and mite pests in China [J]. *Biological Control*, 2014, 68: 73-91.
- Zhang XH, Wu CH, Wang X, *et al.* Selection of forestry aircraft and airport selection technology [J]. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2024, 54 (2): 84-86. [张新华, 吴成浩, 王翔, 等. 林业飞防飞机选型及机场选择技术 [J]. 山东林业科技, 2024, 54 (2): 84-86]
- Zhang ZX, Xu HH, Cheng DM. Calculating toxicity regression with EXCEL [J]. *Entomological Knowledge*, 2002, 39 (1): 67-70. [张志祥, 徐汉虹, 程东美. EXCEL 在毒力回归计算中的应用 [J]. 昆虫知识, 2002, 39 (1): 67-70]