

航空喷洒设备及监测技术的研究*

II. 喷洒设备防治松毛虫

梁成杰¹⁾ 赵玲¹⁾ 黄金义²⁾ 蒙美琼²⁾ 杨秀好²⁾ 李吉钧³⁾

(1) 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 100091, 北京; 2) 广西壮族自治区森林病虫害防治站, 530022, 南宁;
3) 沈阳滑翔机厂, 110021, 沈阳; 第一作者 58 岁, 男, 副研究员)

摘要 新研制的 HU2-HW1 型超低容量喷洒设备及 NT100GPS 导航系统与海燕 650B 飞机配套技术, 首次应用于广西武鸣林区防治森林病虫害。2.5% EC 溴氰菊酯用 0# 柴油稀释为油剂, 施药量(乳油)为 $30.45 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$; 水剂则为 $60 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。航空超低容量喷洒防治松毛虫平均死亡率依次为 96.4%、98.3% 和 97.6%; 松茸毒蛾为 93.6% (水剂)。1 000 亿孢子 $\cdot \text{g}^{-1}$ 球孢白僵菌, 施孢子量为 $120 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$ (其配比: 孢子 \cdot 水 \cdot 吐温 \cdot 盐 = 5 \cdot 100 \cdot 0.5 \cdot 0.5)。搅拌均匀, 再加 3.0 L 水稀释, 航空超低容量喷洒防治马尾松毛虫和松茸毒蛾, 平均死亡率依次为 67.7% 和 50.3%。

关键词 海燕 650B 飞机; 超低容量; 喷洒设备; 马尾松毛虫; 松茸毒蛾; 溴氰菊酯; 球孢白僵菌
分类号 S763.42; S763.81

新研制的 HU2-HW1 (HU2: 海燕动力滑翔机; H: 风动; W: 喷洒设备; 1: 产品序号) 型超低容量喷洒设备与海燕 650B 轻型飞机配套, 其风动网笼雾化头的转速: $7\ 000 \sim 10\ 000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ (航速: $100 \sim 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$); 流量: $16 \sim 21 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$; 雾滴直径: $95 \sim 150 \mu\text{m}$; 雾滴密度: $5 \sim 15 \text{ 滴} \cdot \text{cm}^{-2}$; 有效喷幅: $35 \sim 40 \text{ m}$; 雾滴均匀系数 0.77。均达到或超过设计的指标^[1]。于 1996 年 12 月 6 日至 22 日, 首次在广西武鸣县华侨农场的林区, 用 2.5% 溴氰菊酯 (Deltamethrin) 和球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana* (Bals) Vuill) 孢子, 航空超低容量喷洒防治马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus* Walker) 越冬代幼虫和松茸毒蛾 (*Dasychira axutha* Collenette)。现将试验结果予以报道。

1 试验地概况

试验地点在广西区武鸣县华侨农场的林区进行。林区属低山丘陵。树种以马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 和湿地松 (*P. elliotii* Engelm.) 为主, 树龄 3 ~ 5 年生, 树高 5 ~ 7 m, 郁闭度 0.5 ~ 0.6 或 0.7 ~ 0.8。马尾松毛虫虫口密度一般在 $20 \sim 40 \text{ 头} \cdot \text{株}^{-1}$, 有虫株率 90.0% 以上。越冬代幼虫为 3 ~ 4 龄虫。以雷秀山、莫行山和那下山林区分为 3 个作业区, 面积为 $1\ 700 \text{ hm}^2$ 。其中雷秀山林区有松茸毒蛾伴随发生, 喷药时均是老龄幼虫, 部分已化蛹。

2 试验材料和方法

2.1 海燕 650B 飞机技术数据

海燕 650B 飞机是沈阳滑翔机厂设计制造的, 采用德国生产 59.7 kW Limbach 2000EOL

* 本研究是林业部重点课题“与海燕 650B 飞机配套超低容量喷洒和喷撒设备及监测技术的应用研究”的重要内容之一; 罗基同、黄惠珍、黎玉光、杨标其、韦庆全参加试验, 一并致谢。

发动机, 驱动二叶、定距、木质螺旋桨, 翼展 14.9 m, 全机高 2.14 m, 空机质量 480 kg, 最大的起飞质量 750 kg, 最高商载质量 200 kg(已除去驾驶员 70 kg), 最大平飞速度 $135 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 巡航速度 $100 \sim 120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 最大爬升率 $144 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, 实用升限 3 850 m, 续航时间 7 h, 最大航程 800 km, 油耗 $8.5 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$, 起飞滑跑距离 150 m, 着陆滑跑距离 150 m。

2.2 喷洒设备的结构和雾化原理

喷洒设备结构简单, 由雾化头、药液箱、药液泵、输药管道和固定支架组成。与英国 Micronair 公司生产 Au3000、Au5000 和 Au7000 转笼式喷头¹⁾比, HU2-HW1 型属于小型转笼式喷头, 在左右机翼下缘的支架上各安装 4 个喷头, 整套设备质量为 27.65 kg。

HU2-HW1 型超低容量喷洒设备雾化原理: 药液泵将药液送入雾化头中间的固定空心轴内后, 便通过其上的小孔喷入雾化管, 当药液从空心轴上的小孔向外扩散到这个高速旋转的雾化管内壁时, 便被初步切割, 破碎成大的雾滴, 在离心力的作用下, 大雾滴奔向网笼的内壁。网笼和雾化管连在一起, 均由风动桨叶驱动而在固定的空心轴上高速旋转。当从内部的雾化管中飞来的大雾滴又碰到高速旋转网笼内壁时, 大雾滴第 2 次被切割破碎碰到网笼拉成细液丝后, 在表面张力的作用下断裂成雾珠, 离开网笼的同时又受到飞机气流的剪切作用, 最后雾化成所需大小的雾滴降落在林冠丛中。

2.3 与海燕 650B 飞机配套通讯系统

海燕 650B 选配了日产的“爱康姆 1C-A2000VHF 收/发机电台。频率范围 118.00 ~ 136.975 MHz, 调谐速度 25 KHz, 能贮存通道数 9 个。选配车载天线通讯距离空对地只有 40 km; 选配改装的全向固定基地台天线, 通讯距离地对地大于 40 km; 地对空大于 100 km(飞机在 300 m 高度); 地对空大于 300 km(飞机高度在 1 000 m 以上)。

2.4 与海燕 650B 飞机配套 GPS 导航系统

GPS(Global Positioning System)^[2] 卫星定位系统是美国国防部从 70 年代初开始研制的, 目前已发射完成的由 24 颗卫星组成的星座式全球性的卫星定位和导航系统是 90 年代世界上的一项高新技术。将 NT 100 GPS 定位系统与海燕 650B 轻型飞机配套, 应用于林区防治森林病虫害在我国尚属首次。GPS 导航系统与传统人工地面标志导航相比较具有下列优点: (1) GPS 导航适合在地形和气候条件十分复杂的条件下应用, 这是传统地面标志导航无法达到的。(2) GPS 导航摆脱了飞防人工地面导航标志的设置及培训信号队员上山打信号旗, 受农药熏染之苦。节省了地勤费用约 7%, 又避免了航标不明显、不准确、不及时等对防治进度和效果带来的影响。(3) 采用 GPS 导航系统只要把作业区的位置和喷幅输入到 GPS 里面, 驾驶员在飞行作业时可按 GPS 荧屏上显示作业区位置和每个喷幅的航迹进行飞行及喷洒作业。(4) GPS 导航能提高飞行日利用率, 缩短喷药时间。人工地面标志导航往往由于航线或作业区暂时性天气不好或地面信号队员不能及时到位, 不能作业或中途返航, 浪费飞行时间。

2.5 供试农药用量及喷洒量

供试农药品种有 2.5% EC 溴氰菊酯, 为法国尤克福(Roussel-uclaf) 公司生产。1 000 亿孢子·g⁻¹ 球孢白僵菌孢子粉是广西大明山菌粉厂生产。溴氰菊酯油剂, 用药量为乳油 30、45 mL·hm⁻², 另一种水剂为乳油 60 mL·hm⁻², 再分别加 0[#] 柴油和水(均为 3.0 L) 稀释。球孢白僵

1) Micronair Sales & Service, INC. Micronair AU 7000 Atomiser Owner's Handbook and Parts Catalogue. USA.

菌孢子粉 $120 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其配比: 孢子粉 水 吐温-80 盐 = 5 100 0.5 0.5, 再加水 3.0 L 稀释。溴氰菊酯的油剂、水剂和球孢白僵菌水剂的喷洒量均为 $3 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.6 航喷与防治效果调查

在广西武鸣华侨农场的林区, 利用海燕 650B 轻型飞机超低容量喷洒设备及 GPS 导航防治马尾松毛虫和松茸毒蛾, 防治面积为 850 hm^2 。有效喷幅为 40 m , 飞行速度 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 、高度 $5 \sim 10 \text{ m}$ (距树梢)。喷洒方法: 驾驶员参照 GPS 荧光屏显示出的喷幅航迹侧风飞行喷洒。航喷溴氰菊酯的油剂和水剂后 2 d 和 4 d, 分别在防治区分 3 个点随机调查每株树的马尾松毛虫和松茸毒蛾的死、活虫数, 计算防治效果。球孢白僵菌孢子粉于 1996 年 12 月 14 日喷洒, 1997 年 4 月 29 日用上述方法调查效果(见表 1)。

表 1 航喷溴氰菊酯和球孢白僵菌防治马尾松毛虫与松茸毒蛾的效果 1996-12-14

药剂	药剂(乳油) 用量 $\text{mL} \cdot \text{hm}^{-2}$	稀 释 剂		调查株数	调查虫 数/头	杀虫效果%			
		0# 柴油 $\text{mL} \cdot \text{hm}^{-2}$	水			马尾松毛虫		松茸毒蛾	
						2 d	4 d	2 d	4 d
溴氰菊酯	30	3 000	-	165	2 500	94.5	96.4	-	-
	45	3 000	-	112	1 920	95.0	98.3	-	-
	60	-	3 000	90	910	93.0	97.6	57.1	93.6
孢子粉 ^①	120	-	3 000	110	979	91.2		83.9	
对 照	空白	-	-	30	450	4.2		-	

①孢子粉药剂用量单位为 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表 1 的试验结果表明溴氰菊酯加水 and 0# 柴油做稀释剂的防治效果几乎相等, 看来生产上防治这两种虫以水稀释为宜, 而且节省防治费用 $7.5 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。溴氰菊酯对马尾松毛虫及松茸毒蛾都极敏感, 这次试验使用量为每公顷 $30、45、60 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$, 防治松毛虫死亡率达到 $93.0\% \sim 98.3\%$ 。通过试验看出用溴氰菊酯乳油 $15 \sim 30 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$ 为宜。据 1983 年南京林产工业学院(现南京林业大学)在江苏溧水县林场使用蜜蜂 3 号超轻型飞机喷洒溴氰菊酯, 雾滴密度 $2 \text{ 滴} \cdot \text{cm}^{-2}$, 就可达到 90.0% 的杀虫效果。这次防治试验使用海燕 650B 飞机喷洒, 雾滴密度达到 $10 \text{ 滴} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以上, 足以保证雾滴数量。菊酯类杀虫药剂杀虫速度快, 喷药后 1 h 见幼虫死亡, 24 h 后大部分死亡; 至第 4 天检查时还有死亡现象。越冬后调查飞防过的林分极少查到松毛虫和松茸毒蛾幼虫。没有飞防的林分幼虫密度仍较高。

球孢白僵菌孢子粉防治越冬幼虫当年效果不明显, 要到翌年 3 或 4 月在高温高湿的条件下球孢白僵菌寄生率才高。试验表明, 球孢白僵菌在 95% 以上相对湿度条件下, 松毛虫感染死亡率和发白率都很高, 一般在 75% 以上, 最高达 100% ^[3]。这次飞防试验在 1996 年 12 月 14 日至 18 日喷洒球孢白僵菌孢子粉, 于 1997 年 4 月 29 日调查防治效果, 共调查 6 个防治区, 马尾松毛虫平均死亡率为 91.2% , 其中球孢白僵菌病的死亡率为 67.7% ; 天敌昆虫寄生致死率为 23.5% 。松茸毒蛾的死亡率为 83.9% , 其中球孢白僵菌病的死亡率为 50.3% ; 天敌昆虫寄生致死率为 33.6% 。两者的寄生率之高, 是于林间导入球孢白僵菌对天敌无伤害作用的一种间接的效果。

3 成本核算

(1) 每架飞机 23 万元, 可飞行 1 000 h, 每小时防治 46.7 hm^2 , 可防治总面积 $46\ 666.7 \text{ hm}^2$, 等于 $4.95 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

(2) 飞机燃料费: 每小时 8.5 L 汽油, 95[#] 航空汽油 $3.8 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$, 即 $8.5 \times 3.8 = 32.3 \text{ 元}$, 平均为 $0.69 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

(3) 2.5% EC 溴氰菊酯+ 0[#] 柴油: 溴氰菊酯 $60 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$; 0[#] 柴油 $2.5 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$, 按用量合计为 $10.2 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

(4) 2.5% EC 溴氰菊酯+ 水, 即 $2.7 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} + 0$, 等于 $2.7 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

(5) 人工费: 飞行员补助 $28 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$; 机械师 $5 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$; 普通工两人 $4 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$, 按每小时喷洒 46.7 hm^2 , 等于 $0.79 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

以上各项相加, 油剂总成本为 $16.65 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$; 水剂总成本为 $8.7 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

海燕 650B 飞机与运五飞机比较, 前者具如下特点: 小面积能作业, 自备自用, 机动灵活, 使用简便, 防治及时, 机场、地勤简单, 防治成本低。

由于轻型飞机载药量少, 大面积飞防作业时机场离作业区越近, 喷洒效率越高, 经济效益就越好。同样轻型飞机抗风性能差, 宜在风速 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下飞行作业, 这一点与喷洒农药时的气象条件要求完全符合, 可以保证喷洒质量, 达到好的防治效果。总之, 随着高效农药的生产和超低容量喷洒技术的推广, 对雾滴直径的研究日显重要, 正确选用最少药量取得最好药效及减少环境污染等关键的喷药技术十分重要^[4]。与海燕 650B 轻型飞机配套 HU 2-HW 1 型超低容量喷洒和 NT 100GPS 设备在林区防治森林病虫害是一种较理想的施药工具, 只要在应用中不断改进与其配套的喷洒设备性能, 将具有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- 1 梁成杰, 赵玲, 黄金义, 等. 航空喷洒设备及监测技术的研究 . 喷洒设备性能测试. 林业科学研究, 1998, 11(6): 607 ~ 611.
- 2 吴坚, 马小明, 李自清. 航空录象遥感技术在森林病虫害监测中的应用. 林业科学研究, 1994, 7(5): 581 ~ 584.
- 3 陈昌洁主编. 松毛虫综合管理. 北京: 中国林业出版社, 1990. 222 ~ 245.
- 4 Webb R E, Shapiro M. Effect of aerial spraying with dimilin, dipel, or gypchek on two natural enemies of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). J. Econ. Entomol., 1989, 82(6): 1 695 ~ 1 701.

Study on the Aerial Equipment of Spraying Pesticide and Techniques of Monitoring

. Controlling *Dendrolimus punctatus* by the Aerial Equipment of Spraying Pesticide

Liang Chengjie¹⁾ Zhao Ling¹⁾ Huang Jinyi²⁾ Meng Meiqiong²⁾
Yang Xiuhao²⁾ Li Jijun³⁾

(1)The Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, 100091, Beijing, China;

2)The Forest Pest and Disease Control Station of Guangxi Zhuang Autonomous Region, 530022, Nanning, China;

3)The Motor-glider Factory of Shenyang, 110021, Shenyang, China)

Abstract When being equipped with the petrel 650B motor-glider, the HU 2-HW1 spraying equipment of ultra low volume (ULV) and the NT 100 Global Positioning System (GPS) were first applied in the forest region in Wuming County, Guangxi, for control of forest pest and disease there. When 2.5% EC deltamethrin was diluted with 0[#] Diesel oil and sprayed at 30 and 40 mL · hm⁻² during an aerial spraying, the average mortality rates of pine caterpillar were 96.4% and 98.3% respectively. When 2.5% EC deltamethrin was diluted with water and sprayed at 60 mL · hm⁻² in a similar spraying, the average mortality rates of pine caterpillar and *Dasychira axutha* were 97.6% and 93.6% respectively. 100 billion spores · g⁻¹ *Beauveria bassiana* was sprayed at 120 g · hm⁻² being mixed at the formula of 5 spores 100 water 0.5 Tuwen-80 0.5 salt, plus 3 liter water for further dilution, the death rates of pine caterpillar and *D. axutha* were 67.7% and 50.3% respectively.

Key words petrel 650B motor-glider; ultra low volume; spraying equipment; pine caterpillar; *Dasychira axutha*; deltamethrin; *Beauveria bassiana*