

航空喷洒设备及监测技术的研究*

· 喷撒设备防治马尾松毛虫

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 60 岁, 男, 副研究员)

摘要 在广西武鸣县的团结、直属站和定标水库林区, 设定了 7 个试验区, 首次用新研制的 HU2-HPS-2 型喷撒设备及用 NT100GPS 导航与海燕 650B 飞机配套, 喷撒孢子 100 ~ 120 亿 · g⁻¹ 球孢白僵菌粉剂, 有效喷幅为 80 m, 粉量调节装置放在 1, 2, 3, 4 挡, 喷粉量依次为 4, 10, 16. 7, 35 kg · min⁻¹, 喷粉量均为 1. 3 ~ 1. 5 kg · hm⁻², 粉粒+ 孢子密度为 84+ 48 个 · cm⁻²。其中 6 个试验区防治马尾松毛虫平均死亡率依次为 65. 34%, 88. 09%, 93. 60%, 91. 99%, 80. 99% 和 81. 00%; 另一防治松茸毒蛾为 46. 77%。

关键词 海燕 650B 飞机; 喷撒设备; 球孢白僵菌; 马尾松毛虫; 松茸毒蛾

分类号 S763. 42; S776. 28

过去广西林业生产喷撒球孢白僵菌(*Beauveria bassiana* (Sals) Vuill) 防治病虫害单靠“运五”飞机。新研制的 HU2-HPS-2 型喷撒设备及用 NT100GPS 导航与海燕 650B 飞机配套^[1, 2], 于 1995 ~ 1996 年首次在广西武鸣林区进行喷撒球孢白僵菌防治马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker) 试验。结果表明海燕 650B 飞机飞行喷撒比“运五”飞机作业时飞得低、灵活、拐弯半径小, 因此, 喷撒作业时漏喷和误业均少, 防治效果好, 且费用低, 完全可以代替“运五”飞机。在林区喷撒无公害的球孢白僵菌粉剂, 使用方便、不需要水、工效高、粉粒沉积分布性能好、着药比较均匀, 乃是一种很好的施药方法。现将试验结果报道如下。

1 喷粉设备的结构和喷粉原理

HU2-HPS-2 型(HU2: 海燕动力滑翔机; H: 风动; PS: 喷粉设备; 2: 产品序号)喷粉设备的结构简单, 由粉量调节装置、进风口、延长管、两个“V”字型喷粉尾管和粉箱组成。总质量为 21. 5 kg。

喷粉原理: 借助气流冲压代替搅拌和利用飞机的螺旋桨高速转动产生强大的气流吹散粉剂, 粉粒沉积到林木的株丛或树冠中。喷粉设备的工作程序, 第一步是借助气流冲压鼓动或搅拌, 使粉剂发生流化现象, 成为容易分散的疏粉体; 第二步借助飞机螺旋桨的飞快转速产生强大的气流把已流化的粉体吹送到空中使之分散成为粉尘。粉尘在空中运动有两种特性: (1) 布

* 本项研究是 1994 ~ 1996 年林业部重点课题“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、韦庆全参加防治试验工作, 一并致谢。

1998-07-01 收稿。

朗运动:粉粒在空中的一种无规则运动,包含垂直方向内的位移现象和水平方向内的位移现象,而且有多种取向。(2)飘翔效应:球孢白僵菌粉的粉粒都是不规则的非球形粒子,在垂直落下时由于粉粒不同部位受到空气阻力作用强度不同,从而使粉粒运动方向发生偏离,使下落的球孢白僵菌粉粒滑落一边,产生飘翔现象。根据有关资料报道,粉粒直径大于 $10\ \mu\text{m}$ 时产生飘翔效应特性为主,而小于 $10\ \mu\text{m}$ 时,产生布朗运动特性为主^[3]。这两种特性有利于粉粒在空中的飘悬时间,在有气流扰动时更为明显。这是飞机喷粉在林间沉积比较均匀,工效比较高的原因,也是粉剂在大气中容易发生飘移现象的主要原因。

2 喷粉设备流量测定

粉量调节装置主要控制流粉量,此装置开关分为4个挡次,不同挡次其流粉量口的开度不同,新研制的喷粉设备于1996年12月09日在武鸣航校机场用球孢白僵菌原粉进行静、动态流粉量的测定。

2.1 静态球孢白僵菌原粉的流粉量

海燕650B飞机停在机场,开动发动机靠飞机的震动和螺旋桨叶产生强大的气流冲压代替搅拌和吹撒菌粉。测得粉量调节装置的1,2,3,4挡的球孢白僵菌粉流粉量依次为4,10,16,35 $\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 。供试的球孢白僵菌粉絮状现象明显,形成团粒较多,影响测定静态流粉量的准确性,但可供测动态流粉量参考。

2.2 动态流粉量

经静态流粉量的初步测定,只有3挡适用于喷撒球孢白僵菌粉。因此,只对3挡的动态流粉量进行几次重复测试。粉箱分别盛球孢白僵菌粉为90,90,100,120 kg,在航高为10~15 m进行喷撒,依次所需时间5 min 30 s,5 min 40 s,6 min 0 s,6 min 45 s;喷粉量依次为16.3,15.9,16.7,17.8 $\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$,平均喷粉量为16.7 $\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ 。在测试过程中粉流没有断流,留在粉箱里的余粉极少。说明利用空气冲压代替搅拌是可行的,这套喷粉设备的结构是合理的。粉剂的粉体易分散、粉粒和密度不同对流粉量口的开度亦有差异。可见在喷撒不同粉剂或种子时,作业前应测试该粉剂或种子的流量。

3 球孢白僵菌原粉有效喷幅

参照广西森林病虫害防治站用“运五”飞机喷撒球孢白僵菌原粉防治越冬代马尾松毛虫的喷撒方法,该机喷洒超低容量时所测得的有效喷幅为50 m;喷撒球孢白僵菌原粉时则扩大到100 m。而海燕650B飞机喷洒超低容量时所测得有效喷幅为40 m;喷粉的有效喷幅则扩大为80 m进行测试。在武鸣航校机场内设置试区宽180 m,每隔5 m放2个(重复2次)3 cm × 7 cm载玻片,并在每个载玻片涂一层凡士林粘捕球孢白僵菌粉剂的粉粒和孢子。在航高10~15 m,风速1.0~1.5 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,在试区180 m宽每隔80 m侧风飞行3次。为了使前两个喷幅的粉粒均重复覆盖,其中一次距试区载玻片带80 m空地上喷撒。喷撒后8 min把载玻片取回,在16 × 10倍显微镜下重复2次观察,检查50个载玻片上的粉粒和孢子数,结果粉粒+孢子密度为(84+48)个· cm^{-2} 。试验表明这套喷粉设备喷撒球孢白僵菌粉的幅宽已达到80 m,而且在这一幅宽的范围内的粉粒和孢子分布比较均匀。

4 林间喷撒球孢白僵菌原粉防治马尾松毛虫

4.1 试验地概况和设计

试验地设在武鸣县和华侨农场的林区,属于丘陵山区,海拔 120~140 m。树种为湿地松(*Pinus elliotii* Engelm.)和马尾松(*P. massoniana* Lamb.)混交林,树龄 3~5 年生或 15~20 年生,树高 5~9 m 或 15~18 m,郁闭度 0.5~0.6 或 0.7~0.8。林间马尾松毛虫(*Dendrolimus punctatus* Walker)和松茸毒蛾(*Dasychira axutha* Collenette)伴随发生,前者为 3~4 龄虫;后者处在老熟幼虫,并有部分下树化蛹。

根据团结、直属站和定标水库林区的地形和害虫发生分布的情况,设定了 7 个飞防试验区,见表 1。

4.2 喷粉量和 NT100GPS 导航作业

供试球孢白僵菌原粉是大明山和高峰林场球孢白僵菌厂生产,孢子含量为每克菌粉含 100~120 亿个孢子,粉量调节装置开到第 3 档,喷粉量为 $1.3 \sim 1.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,与“运五”飞机的喷粉量相同。侧风飞行喷撒,幅宽为 80 m,航高 5~10 m(离树梢),航速 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,每架次载粉量 90~100 kg。作业前把防治区的位置及喷幅宽 80 m 输入 NT100GPS,飞行作业时可按照 NT100GPS 荧屏显示防治区的位置和有效喷幅的航迹进行喷撒。

4.3 飞防效果调查

于 1996 年 12 月 12~18 日喷粉,由于当年冬季低温干燥,球孢白僵菌的防治效果不明显。待翌年 4~5 月相对湿度最高时,球孢白僵菌对松毛虫的幼虫和蛹的寄生死亡率才高。试验表明,球孢白僵菌在气温 24℃ 与 95% 以上的相对湿度时,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],因此在 1997 年 4 月 29 日至 5 月 5 日调查各个防治区的防治效果。调查方法采用随机抽样,调查每株树的死虫、死蛹和活虫数统计防治效果。

4.4 结果分析

经过 850 hm^2 面积防治试验,并且对设定 7 个防治试验区和对照区的效果进行调查和比较,球孢白僵菌对松毛虫的防治效果很好,对松茸毒蛾较差(见表 1)。球孢白僵菌对松毛虫的幼虫和蛹均致病,在林间会形成自然群落,后效持久,可以延续到下一代;对害虫的天敌无伤害作用,所以喷撒球孢白僵菌,能提高林分对害虫的自控能力。

表 1 海燕 650B 飞机喷撒球孢白僵菌防治马尾松毛虫的效果(1996-12~1997-05)

试验地点	菌剂种类	施药方式	调查株数	调查虫数/头	调查效果%		校正死亡率%
					球孢白僵菌死亡率	寄生死亡率	
团结林区-1	原粉	喷粉	55	563	67.65	23.53	65.34
团结林区-2	原粉	喷粉	55	316	50.32	33.54	46.77
团结林区-3	原粉	喷粉	41	153	88.89	6.54	88.09
直属站林区-1	原粉	喷粉	23	167	94.03	2.98	93.60
直属站林区-2	原粉	喷粉	26	126	92.53	0	91.99
定标水库林区-1	原粉	喷粉	25	267	82.26	2.99	80.99
定标水库林区-2	原粉	喷粉	36	222	82.27	4.05	81.00
对照	无	-	48	160	6.67	8.33	

4.5 成本核算

(1) 每架飞机 23 万元, 可飞行 1 000 h, 每小时喷粉防治面积 66.7 hm^2 , 可防治总面积为 6.7 万 hm^2 , 折合 $3.43 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。(2) 飞机燃料费 $8.5 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$, $3.8 \text{ 元} \cdot \text{L}^{-1}$, 折合 $0.48 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。(3) 球孢白僵菌原粉 $5 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$, 喷粉量 $1.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 折合 $7.5 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。(4) 人工费: 飞行员补助 $28 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$; 机械师补助 $5 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$; 普通工人 2 人 $4 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$, 防治 $66.7 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$, 折合 $0.55 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。总成本为 $11.96 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

5 讨 论

早年的农药如硫磺、磷酸盐类和多种植物性农药可以直接粉碎成粉剂使用。自从 1922 年开始采用飞机施药法后, 最初大量使用喷粉法。喷粉法一度成为主要施药方法, 1950 年美国的航空施药作业中喷粉法仍占 49% ^[4]。60 年代中期, 日本曾对喷粉法进行详尽的开发研究, 在植保工作中推行喷粉法为主体的农药使用运动。喷粉法轻便省力而且工效高, 地面喷粉法的工效比喷雾法高 10 倍以上^[5]。缺点是粉剂微粒在空气中极易发生飘移而污染环境, 随着环境的质量问题日益引起社会重视, 喷粉法的应用也相应地受到限制。到 1960 年美国的飞机喷粉作业降到 39% , 到 1970 年剧降至 3% ^[5]。我国直到 80 年代初期喷粉法仍是主要施药方法。“六六六”停止生产以后喷粉法退居次要地位。飘移问题最突出的飞机喷粉法首先受到限制。尤其将毒性高或毒性低的化学农药配制成粉剂进行喷撒理应受到严格限制。但对森林喷撒无公害的球孢白僵粉剂或其它的生物制剂, 喷粉法仍然是很好的施药方法。

球孢白僵菌原粉配制后放置一段时间受潮, 粉粒之间出现一种絮状现象。若干个粉粒絮结到一起形成团粒, 团粒的直径远大于单个粉粒。当喷粉设备吹撒的粉粒在空中时, 粉粒的运动性质发生变化, 粗大的团粒容易垂直下落, 失去布朗运动和飘翔效应的作用。这当然有利于防止飘移, 但不利于粉粒沉积分布均匀, 会影响防治效果。配制球孢白僵菌粉时应加入一些分散剂, 避免产生絮状现象, 提高粉粒在株丛或冠幅分布的均匀度和防治效果。

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 梁成杰, 赵玲, 黄金义, 等. 航空喷洒设备及监测技术的研究 . 喷洒设备防治松毛虫. 林业科学研究, 1999, 12(1): 74 ~ 78.
- 3 陈昌洁主编. 松毛虫综合管理. 北京: 中国林业出版社, 1990. 220 ~ 226.
- 4 Norman B A, Wesley E Y. Pesticide application equipment and techniques, FAO. Rome: Agriculture Service Bulletin, 1979.
- 5 中国农业百科全书编辑部编. 中国农业百科全书(农药卷). 北京: 农业出版社, 1993. 290 ~ 292.

Study on the Aerial Equipment of Spraying Pesticide and Techniques of Monitoring Controlling *Dendrolimus punctatus* by the Aerial Equipment of Dusting Powder

Liang Chengjie¹⁾ Zhao Ling¹⁾ Huang Jinyi²⁾ Meng Meiqiong²⁾
Yang Xihao²⁾ 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 This paper reported the test methods, the technical properties and result of controlling the pine caterpillar by the HU2-HPS-2 dusting equipment when being equipped with the petrel 650B motor-glider. If the control valves put in 1, 2, 3, 4 of the hold backs, the folw powder rates of *Beauveria bassiana* was 4, 10, 16.7 and 35.0 kg · min⁻¹ respectively. The swath width was 80 m at the dusting powder. The density granules+ spores was 84+ 48 individual per cm². Seven experiment areas were set up in the forest region of the Tuan-jie, Shishuzhan and Dingbiashuku in Wuming County, Guangxi. When being equipped with the petrel 650B motor-glider, the HU2-HPS-2 dusting equipment and polit of the NT100 Global Positioning System GPS it was first applied at 100 ~ 120 billion spores per gram of *B. bassiana* of the powder dusting at 1.3 ~ 1.5 kg · hm⁻² in the six experiment areas, and the average mortality rates of pine caterpillar were 65.4%, 88.09%, 93.60%, 91.99%, 80.99% and 81.00% respectively. When being used to control *Dasychira axutha*, in the 7th experiment region the death rates was 46.77%.

Key words petrel 650B motor-glider; dusting equipment; *Beauveria bassiana*; pine caterpillar; *Dasychira axutha*