

文章编号:1001—7380(2025)01—0020—04

## 2 种生物试剂对林间美国白蛾防治效果试验

文 杨<sup>1</sup>, 薛玉燕<sup>2</sup>, 周 洋<sup>2</sup>, 李胜国<sup>3</sup>, 魏 宁<sup>2</sup>, 胡 猛<sup>1\*</sup>

(1. 济宁市林业保护和发展服务中心, 山东 任城 272000; 2. 曲阜市林业保护和发展服务中心, 山东 曲阜 273100;  
3. 任城区自然资源局, 山东 任城 272000)

**摘要:**在济宁试验区,利用无人机喷施苏云金芽孢杆菌(Bt, 32 000 IU/mg)、病毒复合微生物杀虫剂(美国白蛾核型多角体病毒 1 000 万 PIB/mL+苏云金芽孢杆菌 2‰)对林间美国白蛾 1—3 龄幼虫防治效果开展试验,通过稀释 40, 20, 10 倍 3 个配比梯度,采用新复极差法对 2 种药剂的防治效果进行统计分析,结果表明:美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂与 Bt 杀虫剂的防治效果存在显著差异( $P<0.05$ )。其中,喷施复合杀虫剂 20 倍液的防治效果显著优于 Bt 10 倍液,3 d 时幼虫死亡率达 80%,7 d 后防治效果达到 99%,较 Bt 杀虫剂提高 10.37%—17.66%。美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂对桑蚕、蜜蜂、虾蟹等无毒害,可在特种养殖等敏感区域推广应用,能够有效降低害虫种群密度,抑制虫害扩散风险,从而维护森林生态系统的健康与稳定。

**关键词:**美国白蛾; Bt; 美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂; 防治效果

中图分类号:S763.42 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2025.01.004

### Evaluation of the field control efficacy of two biological reagents against *Hyphantria cunea* in forests

Wen Yang<sup>1</sup>, Xue Yuyan<sup>2</sup>, Zhou Yang<sup>2</sup>, Li Shengguo<sup>3</sup>, Wei Ning<sup>2</sup>, Hu Meng<sup>1\*</sup>

(1. Jining Forestry Protection and Development Service Center, Shandong, Rengcheng 272000, China;  
2. Qufu Forestry Protection and Development Service Center, Shandong, Qufu 273100, China;  
3. Rengcheng Natural Resources Bureau, Shandong, Rengcheng 272000, China)

**Abstract:** A field study was conducted in Jining Experimental Area to evaluate the control efficacy of UAV-sprayed *Bacillus thuringiensis* (Bt, 32 000 IU/mg) and a novel viral-microbial composite insecticide (10 million PIB/mL *Hyphantria cunea* nucleopolyhedrovirus [HcNPV] + 0.2% Bt) against 1st-3rd instar *H. cunea* larvae by three dilution gradients (40, 20, and 10 times). Statistical analysis using Duncan's new multiple range test revealed significant differences ( $P<0.05$ ) in control efficacy between the two insecticides. The 20 times gradient HcNPV-Bt formulation achieved superior performance compared with the 10 times Bt treatment, inducing 80.2% larval mortality at 3 days post-application and 99.1% efficacy after 7 d, getting 10.37%—17.66% enhancement over Bt using alone. The HcNPV-Bt formulation showed no toxicity to non-target species (silkworms, honeybees, crustaceans), suggesting its potential for integrated pest management in special type breed regions to suppress pest populations, mitigate infestation risk, and safeguard forest ecosystems.

**Key words:** *Hyphantria cunea*; Bt; *Hyphantria cunea* nucleopolyhedrovirus-*Bacillus thuringiensis* (HcNPV-Bt) composite insecticide; Control efficacy

美国白蛾 (*Hyphantria cunea*) 是世界性检疫害虫,属于我国外来入侵物种,因其食性杂、繁殖快、传播强等特点,成为全国性的防治难题。美国白蛾自 2008 年起在济宁市各县、市区陆续扩散蔓延,至

2015 年全市所有县、市区成为美国白蛾疫区,严重威胁本地的城市绿化、林业发展及居民环境。目前美国白蛾防治所使用的药剂多为菊酯类、脲类等农药,不仅对济宁养殖区内的桑蚕、鱼虾、金蝉、豆虫、

收稿日期:2024-12-07;修回日期:2025-01-16

作者简介:文 杨(1989—),女,硕士研究生。从事林业有害生物防治工作。

\* 通信作者:胡 猛(1975—),男,高级工程师。从事林业有害生物防治工作。E-mail: sdjnsbzb@163.com

蜜蜂、青蛙、蚂蚱等具有一定的毒性,而且影响本地生物多样性和生态环境安全性,寻求高效、安全、可持续的绿色生物防治方法成为林业保护从业者的共识。苏云金芽孢杆菌(*Bt*)、美国白蛾核型多角体病毒(*HcNPV*)防治美国白蛾成为当前研究的热点。据报道,*Bt* 具有胃毒作用,杀虫成分( $\delta$  内毒素)导致昆虫因饥饿和败血症而死亡<sup>[1]</sup>; *HcNPV* 入侵害虫体内后迅速大量增殖,产生病毒多角体,使害虫染病死亡。2 种生物制剂有各自的优缺点: *Bt* 相对于病毒,杀虫谱宽,杀虫速度快,但易产生抗性;美国白蛾核型多角体病毒宿主专一,可传递子代在美国白蛾种群内持效流行<sup>[2-3]</sup>,但杀虫速度慢<sup>[4]</sup>,受温度、湿度和紫外线影响大,易失活<sup>[5]</sup>。已有大量研究证明,将两者混配或复配后,在林间直升机喷施或在室内培养采用小型、微型喷雾设备施药防治美国白蛾幼虫,具有显著增效作用<sup>[6-8]</sup>。在林木资源分散、交通不便的水域等养殖区特定环境下,利用无人机防治美国白蛾幼虫的防控效果还未进一步验证。本研究通过无人机喷雾法研究了 *Bt* 与病毒复配不同配比梯度分别对美国白蛾低龄幼虫的防治效果,旨在为济宁市不宜实施直升机和地面药械喷雾的水域等特殊养殖区美国白蛾生物防控技术的研究与推广提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概 况

试验地位于山东省曲阜市小雪街道大雪村西部白蜡片林。白蜡长势较好,树龄 11—15 a,高 7—

8 m,平均胸径 17.3 cm。试验地面积约 1.4 hm<sup>2</sup>,有虫株率 20%—30%,平均网幕 1—2 个/株,虫口密度 150—600 头/株,属于中高度危害。

1.2 试验材 料

试验时间为 2024 年 5 月 30 日 16 时,温度 29 ℃,微风,3 级以下,喷雾施药后 48 h 内无降水。此时处于济宁市第 1 代美国白蛾最佳防治期,幼虫以 1—3 龄为主。经过质询采购,供试药剂为福建绿安生物有限公司生产的苏云金芽孢杆菌(可湿性粉剂,有效成分含量:32 000 IU/mg)、美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂(悬浮剂,有效成分及其含量:美国白蛾核型多角体病毒 1 000 万 PIB/mL,苏云金芽孢杆菌毒蛋白质量分数 2‰)。PIB 即 Polyhedral inclusion body,表示多角体病毒的个数。施药器械为大疆 T60 无人机,满载 60 L。

无人机喷雾方法:飞行速度 3.7—3.8 m/s,飞行高度 9.5—10 m,喷洒幅宽 3—3.5 m,喷药量 30 kg/hm<sup>2</sup>,喷洒 1 次,经水敏纸雾滴密度检测达标。

1.3 试验方 法

1.3.1 试验设计 在试验区,将整齐排列的 25 列白蜡分为Ⅰ区(12 列)、Ⅱ区(1 列)、Ⅲ区(12 列)。Ⅰ区为苏云金芽孢杆菌(*Bt*)可湿性粉剂防治区,Ⅱ区为试验间隔区,Ⅲ区开展美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂防治试验。在药剂使用说明书推荐用药量范围内上下适当浮动,将 2 种防治药剂分为 3 个配比度,即稀释 40,20,10 倍。每个配比度喷 4 列白蜡树,具体配比梯度见表 1。试验区外白蜡树喷清水作为对照(CK)。

表 1 美国白蛾幼虫防治试验药剂配比度及用量

配比度	苏云金芽孢杆菌( <i>Bt</i> )可湿性粉剂	配比度	美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂
A1	0.75 kg/hm <sup>2</sup> (原药稀释 40 倍液)	B1	0.75 L/hm <sup>2</sup> (原药稀释 40 倍液)
A2	1.5 kg/hm <sup>2</sup> (原药稀释 20 倍液)	B2	1.5 L/hm <sup>2</sup> (原药稀释 20 倍液)
A3	3 kg/hm <sup>2</sup> (原药稀释 10 倍液)	B3	3 L/hm <sup>2</sup> (原药稀释 10 倍液)

1.3.2 统计分析 防治前,每个防治区、对照区选网幕(不同株)10 个,调查并记录好每个网幕的幼虫头数,并用红漆对 10 个白蜡株做好标记;防治后,每个防治区将标注网幕枝套上尼龙纱网,对照区也用尼龙网套上标注网幕枝。

该试验于防治后第 3 日(6 月 2 日)、第 7 日(6 月 6 日)、第 10 日(6 月 9 日)开展试验区内美国白蛾防治效果核查工作。统计每个处理活虫数,计算

虫口减退率,并在清水对照区调查自然死亡率,然后计算防治效果。用 SPASS 软件按不同处理做单因子统计分析,对防治效果进行新复极差比较,确定最佳防治效果。计算式为:

虫口减退率(%)=[(防治前虫口数-防治后虫口数)/防治前虫口数]×100;

防治效果(%)=[(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(100-对照区虫口减退率)]×100。

## 2 结果与分析

### 2.1 苏云金芽孢杆菌可湿性粉剂防治美国白蛾幼虫试验效果

试验选用苏云金芽孢杆菌(*Bt*)可湿性粉剂不同配比度对美国白蛾幼虫的影响见表 2。由表 2 可以看出,不同防治配比制剂在同一防治时间下防治

效果有显著差异,配比度越高防治效果越好;同一防治配比度随着防治时间的延长,药效发挥越好,防治效果也有一定提高,在  $P<0.05$  水平上,防治 3 d 与 7,10 d 有显著差异,防治 7 d 与 10 d 相比效果异差不显著。从节约成本、提高防治效果考虑,结合此次试验结果,10 倍液 *Bt* 防治 7 d 后效果最显著,防治效果达 85.72%。

表 2 苏云金芽孢杆菌可湿性粉剂不同配比防治美国白蛾幼虫的效果 %

配比度	3 d		7 d		10 d	
	虫口减退率	平均防治效果	虫口减退率	平均防治效果	虫口减退率	平均防治效果
A1	54.03±2.30	53.27 cB	64.07±3.38	63.16 cA	68.66±2.08	67.29 cA
A2	60.66±3.86	60.01 bB	77.19±4.03	76.61 bA	81.39±3.41	80.57 bA
A3	81.64±3.84	81.34 aB	86.07±1.54	85.72 aA	89.11±3.28	88.63 aA
CK	1.62±0.99	—	2.47±1.12	—	4.20±1.41	—

注:表中数据为平均值±标准差,“-”表示无防治;不同小写字母表示同一时间不同处理防治效果之间的差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示同一处理不同时间防治效果之间的差异显著( $P<0.05$ )。

### 2.2 美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂防治美国白蛾幼虫试验效果

试验选用美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂不同配比度对美国白蛾幼虫的影响见表 3。由表 3 可以看出,不同配比药剂在同一防治时间下防治效果有差异,配比度越高防治效果越好。3 个配比度中 B1 与 B2、B3 配比度在防治效果上表现出显著差

异,B2 与 B3 配比度防治效果差异不显著;同一防治配比度随着防治时间的延长,药剂效果发挥越好,防治 3 d 与 7、10 d 有显著差异,防治 7 d 后与 10 d 后相比效果差异不显著。从节约成本、提高防治效果考虑,结合此次试验结果,20 倍液病毒复合微生物杀虫剂防治 7 d 后效果最显著,防治效果达 99.1%。

表 3 美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂不同配比防治美国白蛾幼虫的效果 %

配比度	3 d		7 d		10 d	
	虫口减退率	平均防治效果	虫口减退率	平均防治效果	虫口减退率	平均防治效果
B1	62.81±4.08	62.19 bB	72.14±1.28	71.44 bA	84.91±0.97	84.28 bA
B2	79.56±2.31	79.22 aB	99.12±1.26	99.10 aA	100	100 aA
B3	91.28±0.94	91.14 aB	100	100 aA	100	100 aA
CK	1.62±0.99	—	2.47±1.12	—	4.2±1.91	—

注:表中数据为平均值±标准差,“-”表示无防治;不同小写字母表示同一时间不同处理防治效果差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示同一处理不同时间防治效果之间的差异显著( $P<0.05$ )。

### 2.3 2 种供试药剂防治美国白蛾幼虫效果对比

将 2 种试剂同配比度、同防治时间下的防治效果进行新复极差比较,得到表 4。由表 4 可以看出,2 种供试药剂在相同稀释倍数下(10,20,40 倍),经

过相同防治时间(3,7,10 d),其防治效果在  $P<0.05$  水平下均表现出显著差异性,而且美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂对美国白蛾幼虫防治效果均优于苏云金芽孢杆菌可湿性粉剂。

表 4 2 种供试药剂防治美国白蛾幼虫效果对比 %

配比度	3 d			7 d			10 d		
	<i>Bt</i> 防治效果	复合杀虫剂防治效果	差异显著性	<i>Bt</i> 防治效果	复合杀虫剂防治效果	差异显著性	<i>Bt</i> 防治效果	复合杀虫剂防治效果	差异显著性
40 倍	53.27±2.38	62.19±4.16	*	63.16±3.48	71.44±1.35	*	67.29±2.24	84.28±1.24	*
20 倍	60.01±3.92	79.22±2.33	*	76.61±4.14	99.10±1.32	*	80.57±3.56	100	*
10 倍	81.34±3.88	91.14±0.93	*	85.72±1.59	100	*	88.63±3.42	100	*

注:表中 \* 代表 2 种供试药剂在同一时间相同配比下防治效果在  $P<0.05$  水平下差异显著。

### 3 结论与讨论

通过本试验发现,在美国白蛾 1—3 龄幼虫期使用 *Bt* (32 000 IU/mg) 10 倍液,防治效果为 81.34%—88.63%,在第 3 日死亡率超过 60%,第 7 日死亡率达到高峰,与闵水发等<sup>[9-11]</sup>研究基本一致。在美国白蛾 2—3 龄幼虫期喷施美国白蛾核型多角体病毒 1 000 万 PIB/mL、苏云金芽孢杆菌 2‰ 复合杀虫剂 20 倍液,7 d 后防治效果 99% 以上,与敖特根等<sup>[12]</sup>研究结果一致。

试验还发现喷施美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂与单独施用 *Bt* 相比,能在更短时间内降低虫口密度,这与张文颖、孙玉江等<sup>[13-14]</sup>研究一致。核型多角体病毒与苏云金芽孢杆菌间的时空协同增效作用<sup>[15]</sup>,使幼虫在 24 h 内同时遭受消化系统崩解和渗透压失衡的双重打击,增强拒食作用,显著提高幼虫死亡率,增强了对幼虫的致病效果<sup>[16-18]</sup>。

综上所述,美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂对美国白蛾幼虫防治效果明显优于苏云金芽孢杆菌可湿性粉剂。复合杀虫剂不仅提高了防治效果,而且减少了化学药剂使用,降低了生态环境污染,研究意义重大,试验效果显著。在实际防治美国白蛾中发现,*Bt*<sup>[19-20]</sup>、美国白蛾核型多角体病毒<sup>[20]</sup>作为生物杀虫剂,对人畜及虾蟹、蜜蜂等生物生长均不造成影响。本试验明确了在济宁不宜实施直升机和地面器械喷雾的水域等特种养殖区,通过无人机喷施美国白蛾病毒复合微生物杀虫剂 20 倍液,可使防治成本与防治效果达到最佳。本研究只统计 1 代虫的防治效果,持效性尚有待进一步验证,今后研究要继续调查防治区对下代成虫及幼虫影响,探索美国白蛾持效性防控技术,最大限度地降低害虫防治带来的环境污染和次生灾害,切实保护好森林资源和生态安全。

#### 参考文献:

- [1] 黄大昉,林敏.农业微生物基因工程[M].北京:科学出版社,2001.
- [2] 王金梅,范克胜,王俊洲,等.利用核型多角体病毒防治美国白蛾的试验[J].中国园艺文摘,2018(6):51-52.

- [3] 肖放,张文学,王昶远,等.病毒和细菌类生物制剂防治美国白蛾试验[J].中国森林病虫害,2005(24):34-36.
- [4] 孙修炼,胡志红.我国昆虫病毒杀虫剂的研究与应用进展[J].中国农业科技导报,2006,8(6):33-37.
- [5] 孙新城,景建洲,陈小科.杆状病毒的生态学和流行病学研究进展[J].河南农业科学,2007,19(10):16-18.
- [6] BELL M R, RORNINE C L. *Heliothis virescens* and *H. zea* (Lepidoptera: Noctuidae) dosage effects of feeding mixtures of *Bacillus thuringiensis* and a nuclear polyhedrosis virus on mortality and growth [J]. Environmental Entomology, 1986, 15 (6): 1161-1165.
- [7] 段彦丽,陶万强,曲建良,等.*HcNPV* 和 *Bt* 复配对美国白蛾的致病性[J].中国生物防治,2008,24(3):223-238.
- [8] 李红静,王西南,武海卫,等.应用美国白蛾核型多角体病毒防治美国白蛾效果评价[J].山东林业科技,2013,43(2):80-81.
- [9] 闵水发,朱艾红,曾文豪,等.2种苏云金杆菌剂型防治美国白蛾效果分析[J].湖北林业科技,2019,48(6):27-30.
- [10] 仲凯,杨晓燕,邵凌松,等.不同浓度苏云金杆菌(*Bt*)悬浮剂防治美国白蛾室内药效[J].安徽农业科学,2017,45(25):151-152.
- [11] 商荣秀.飞机喷洒苏云金杆菌(*Bt*)防治美国白蛾效果调研[J].河北林业科技,2016,10(5):58-59,71.
- [12] 敖特根,韩明海,白守宁.7种无公害农药对美国白蛾林间防效评价[J].防护林科技,2021(3):31-33.
- [13] 张文颖,闵浩,吴胜兵,等.*HycuNPV* 与 *Bt* 复配防治美国白蛾林间药效分析[J].湖北林业科技,2022,6(3):17-21.
- [14] 孙玉江,李会,修玉义.苏云金杆菌油悬浮剂和美国白蛾核型多角体病毒飞机防治美国白蛾试验初探[J].山东林业科技,2012(5):59-61.
- [15] 刘琴.茶尺蠖病毒与苏云金杆菌增强防治茶尺蠖作用效果的研究和应用[D].南京:南京农业大学,2005.
- [16] GRANADOS R R, FU Y, CORSARO B, et al. Enhancement of *Bacillus thuringiensis* toxicity to lepidopterous species with the enhancer from *Trichoplusia ni* granulovirus [J]. Biological Control, 2001, 120: 153-159.
- [17] 郭慧芳,方继朝,韩召军.昆虫病毒增效剂研究进展[J].昆虫学报,2003,46(6):766-772.
- [18] 郭开朗,胡建芳,尹宜农,等.菜青虫颗粒体病毒对苏云金杆菌的增效作用[J].中南民族学院学报(自然科学版),2000,19(6):78-80.
- [19] 焦中杰.昌邑市沿海虾蟹养殖区林业有害生物飞防技术研究[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [20] 刘小虎.解析科学使用生物农药[J].青海农技推广,2014(3):48-49.