

Bt-NPV 复配剂对蔬菜害虫的田间药效试验

段彦丽¹, 王晓梅¹, 李志强¹, 张 寰², 韩振芹¹, 秦启联²

(1. 北京农业职业学院, 北京 102442 ;

2. 中国科学院动物研究所农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 利用甜菜夜蛾 NPV(*Spodoptera exigua* NPV, SeNPV)、棉铃虫 NPV(*Helicoverpa armigera* NPV, HaNPV) 分别与苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis*, Bt) 制成复配剂, 分别对甜菜夜蛾和棉铃虫 2 ~ 3 龄幼虫进行田间防治药效试验, 同时对小菜蛾 (*Plutella xylostella* Linnaeus)、菜粉蝶 (*Pieris rapae* Linne) 进行田间兼治。结果表明, 复配剂 Bt+SeNPV1 对甜菜夜蛾幼虫防效, 7 d 和 10 d 分别达到 78.2% 和 82.16%, 明显高于单剂 Bt 的防效 60.23% 和 63.79%; Bt+SeNPV1 防治白菜田间自然发生的小菜蛾、菜青虫, 10 d 防效分别达到 60.75%、50.58%; 复配剂 Bt+HaNPV1 防治温室番茄棉铃虫, 7 d 和 10 d 防效分别达到 63.62% 和 71.40%, 显著高于单剂 Bt 的防效 53.38% 和 60.78%。由此可见, 复配剂 Bt+SeNPV1、Bt+HaNPV1 可以有效防治甜菜夜蛾、棉铃虫幼虫, 防效在杀虫速度和持续性上明显高于单剂 Bt; 同时 Bt+SeNPV1 对菜田的小菜蛾、菜青虫具有一定兼治作用, 可扩大复配剂防治蔬菜害虫的作用谱。

关键词: Bt+SeNPV1; Bt+HaNPV1; 甜菜夜蛾; 棉铃虫; 生物防治

在蔬菜生产中常发生甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner)、棉铃虫 (*Helicoverpa armigera* Hubner)、小菜蛾 (*Plutella xylostella* Linnaeus)、菜粉蝶 (*Pieris rapae* Linne) 等的严重危害, 对这 4 种害虫的防治常用大量化学农药来控制, 产生蔬菜农药残留、害虫抗药性、环境污染等副作用, 迫切需要应用环保绿色的生物防治技术防治这 4 种蔬菜害虫^[1-7]。病毒杀虫剂与苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*, Bt)、白僵菌 (*Beauveria* spp.) 等同属活体微生物农药, 主要通过微生物对害虫机体的侵染导致其患病死亡 (Bt 主要通过 - 内毒素杀虫), 其共同特点是环境友好、对非靶标生物安全、无毒无害^[8]。报道中, 利用昆虫病毒防治害虫具有特异性强、在害虫种群中形成流行病等特点, 而苏云金杆菌防治害虫相对于昆虫病毒具有速效性, 将二者复配进行防治, 结合二者的优点, 可提高速效性和持续性^[9-13]。但上述报道室内试验较多, 田间应用效果较少。本文应用昆虫病毒、Bt 进行复配, 在田间进行药效防治试验, 以提高微生物制剂的杀虫效率, 为绿色蔬菜和有机蔬菜生产中防治鳞翅目害虫

提供科学依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试材料 试虫: 甜菜夜蛾、棉铃虫幼虫为中国林业科学研究院森林保护与环境研究所昆虫病毒实验室提供; 小菜蛾、菜青虫为白菜地自然发生的 2 ~ 3 龄幼虫。

1.1.2 供试药剂 (1)16 000 IU/mg 苏云金杆菌 (Bt)WP (山东鲁抗有限公司产品); (2) 甜菜夜蛾核型多角体病毒 (SeNPV) 悬浮液 1.6×10^9 PIB/ml (中国林科院森林环境与保护研究所昆虫病毒中心提供); (3) 复配剂 Bt+SeNPV1、Bt+SeNPV2 北京农业职业学院生物制剂室配制, 其中 SeNPV1 和 SeNPV2 在复配剂中浓度分别为 1.6×10^5 PIB/ml 和 1.6×10^4 PIB/ml, Bt 在 2 种复配剂中浓度均为 2 400 IU/ml。 (4) 复配剂 Bt+HaNPV1、Bt+HaNPV2 自己配制, 其中 HaNPV1 和 HaNPV2 在复配剂中浓度分别为 4.6×10^5 PIB/ml 和 4.6×10^4 PIB/ml, Bt 在 2 种复配剂中浓度均为 2 400 IU/ml。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 2015 年 6 月 13 ~ 28 日在北京农职院科技园进行试验。

甜菜夜蛾防治试验, 共设 5 个处理, 每个处理 3 个重复, 各处理为: (1)Bt(16 000 IU/mg)WP(山东鲁抗生物农药厂生产) 粉剂, 喷洒浓度为 19 200 IU/ml; (2)SeNPV 浓度 3.6×10^7 PIB/ml; (3)Bt+SeNPV1; (4)Bt+SeNPV2; (5) 空白对照。

第一作者简介: 段彦丽 (1969-), 女, 博士, 副教授; 从事农业害虫微生物防治研究。

项目来源: 北京市教育委员会科技计划面上项目 (SQKM 201412448002); 北京农业职业学院院级项目 (XY-YF-12); 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室 (Chinese IPM1414); 北京市职业院校教师素质提高工程中青年骨干教师培养项目。

菜地自然发生的菜青虫和小菜蛾防治试验,共设4个处理,每个处理3个重复,各处理为:(1)苏云金杆菌(16 000 IU/mg)WP(山东鲁抗生物农药厂生产)粉剂,喷洒浓度为19 200 IU/ml;(2)Bt+SeNPV1;(3)Bt+SeNPV2;(4)空白对照。

棉铃虫防治试验,共设5个处理,每个处理3个重复,各处理为:(1)Bt(16 000 IU/mg)WP(山东鲁抗生物农药厂生产)粉剂,喷洒浓度为19 200 IU/ml;(2)HaNPV浓度 4.6×10^7 PIB/ml;(3)Bt+HaNPV1;(4)Bt+HaNPV2;(5)空白对照。

1.2.2 田间小区药效测定 试验区在北京农职院科技园菜地。

甜菜夜蛾防治试验:试验田块为露天多年种植白菜,面积为200 m²。田间设5个随机排列试验小区,试验小区间相距0.5 m,在白菜4~5叶期开始试验,覆盖杀虫网隔离。每小区为1个浓度处理,各处理分别为Bt、SeNPV、Bt+SeNPV1、Bt+SeNPV2、CK1。

棉铃虫防治试验:在温室番茄大棚,番茄定苗后装盆,待番茄挂果后开始试验。大棚试验区域覆盖防虫网,底部用塑料布铺垫,防止棉铃虫逃逸。每小区为1个浓度处理,共5个处理,各处理分别为Bt、HaNPV、Bt+HaNPV1、Bt+HaNPV2、CK2。

1.2.3 试验方法 甜菜夜蛾防治试验:各处理药剂喷洒白菜,喷洒到白菜滴水为度;然后将甜菜夜蛾2~3龄幼虫接到白菜叶片上,每株接幼虫6头,每

个处理10株,共接60头。施药后1、3、7、10 d再检查活虫口数并记录。

在白菜地有自然发生小菜蛾幼虫和菜青虫,虫龄不整齐,每处理喷药同甜菜夜蛾。用5点取样法,每个处理,每点取2株白菜,共取10株,定株挂牌,在试验前、后分别调查虫口数并记录。

棉铃虫防治试验:各处理药剂喷洒番茄,药剂喷洒到番茄滴水为度;然后将棉铃虫2~3龄幼虫接到番茄叶片上,每株接6头,每个处理10株,共接60头。施药后1、3、7、10 d检查活虫口数并记录。

用spss统计进行方差分析。计算虫口减退率和防效,计算公式如下。

虫口减退率(%)=[(药前虫口数-药后虫口数)/药前虫口数]×100

校正防效(%)=[(处理区虫口减退率-对照区虫口减退率)/(1-对照区虫口减退率)]×100

2 结果与分析

2.1 不同生物制剂对甜菜夜蛾的防治效果

从表1可以看出,在5种生物制剂处理中,Bt+SeNPV1和Bt+SeNPV2处理,7 d对甜菜夜蛾幼虫的防效分别为78.2%、62.82%,10 d后二者的防效分别达到82.16%、67.71%,前者防效明显优于后者,二者的防效差异显著;Bt、SeNPV的防效10 d分别为63.79%、91.04%,SeNPV的防效明显高于Bt,且差异显著。

表1 不同生物制剂对甜菜夜蛾的防治效果

| 处理 | 防治前虫口数 (头) | 1 d | | 3 d | | 7 d | | 10 d | |
|-----------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) |
| Bt | 60 | 17.56 | 17.56 | 33.31 | 33.31 | 60.23 | 58.42 | 65.54 | 63.79 b |
| SeNPV | 60 | 9.68 | 9.58 | 28.76 | 28.76 | 67.78 | 66.31 | 91.47 | 91.04 a |
| Bt+SeNPV1 | 60 | 19.26 | 19.26 | 43.81 | 43.81 | 78.25 | 77.25 | 82.16 | 81.25 a |
| Bt+SeNPV2 | 60 | 16.41 | 16.41 | 36.88 | 36.88 | 62.82 | 61.13 | 67.71 | 66.07 b |
| CK1 | 60 | 0 | - | 0 | - | 4.36 | - | 4.83 | - |

注:同列相同字母表示差异不显著(P < 0.05)。下同。

2.2 复配剂对菜青虫、小菜蛾的防治效果

从表2可看出,Bt、Bt+HaNPV1、Bt+HaNPV2对菜青虫的10 d防效达到70.2%、50.58%、44.18%;对小菜蛾10 d的防效达到82.88%、60.75%、49.57%。

复配剂中Bt+HaNPV1的防效要显著高于Bt+HaNPV2,对小菜蛾的防治效果显著。

2.3 不同生物制剂对棉铃虫的防治效果

从表3可看出,在4种生物制剂处理中,Bt+

HaNPV1 和 Bt+HaNPV2 处理, 7 d 对棉铃虫幼虫的防效分别为 63.62%、31.45%, 10 d 后二者的防效分别达到 71.4%、34.821%, 前者明显优于后者, 二者的防效

差异显著; Bt、HaNPV 的防效 10 d 分别为 83.75%、93.29%, HaNPV 的防效显著高于 Bt, 表现出 HaNPV 对害虫特效性和持续性优于单剂 Bt。

表 2 复配剂对菜青虫、小菜蛾的兼治效果

| 处理 | 菜青虫 防治前虫口数 (头) | 小菜蛾 防治前虫口数 (头) | 菜青虫 | | | | 小菜蛾 | | | |
|-----------|----------------------|----------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | | | 7 d | | 10 d | | 7 d | | 10 d | |
| | | | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) |
| Bt | 26 | 38 | 46.67 | 44.68 | 71.56 | 70.20 a | 49.21 | 47.15 | 83.67 | 82.88 A |
| Bt+SeNPV1 | 31 | 34 | 38.31 | 36.01 | 52.87 | 50.58 b | 31.67 | 28.90 | 62.56 | 60.75 A |
| Bt+SeNPV2 | 38 | 27 | 26.34 | 23.59 | 46.81 | 44.18 b | 25.41 | 22.38 | 51.89 | 49.57 B |
| CK2 | 28 | 29 | 3.60 | - | 4.70 | - | 3.90 | - | 4.60 | - |

表 3 不同微生物制剂对棉铃虫的防治试验

| 处理 | 防治前虫口 数(头) | 1 d | | 3 d | | 7 d | | 10 d | |
|-----------|---------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| | | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) | 虫口减退率 (%) | 防效 (%) |
| | | Bt | 60 | 36.26 | 36.26 | 53.60 | 52.12 | 55.36 | 53.38 |
| HaNPV | 60 | 14.06 | 14.06 | 22.03 | 19.54 | 81.90 | 81.10 | 93.52 | 93.29 a |
| Bt+HaNPV1 | 60 | 15.62 | 15.62 | 35.83 | 33.78 | 65.17 | 63.62 | 72.36 | 71.40 b |
| Bt+HaNPV2 | 60 | 10.22 | 10.22 | 28.14 | 25.84 | 34.21 | 31.45 | 37.02 | 34.82 c |
| CK2 | 60 | 0 | - | 3.10 | - | 4.25 | - | 3.37 | - |

3 结果分析与讨论

据报道, 昆虫病原微生物与 NPV 的混合应用对病原的毒力影响比较复杂, 有些病原微生物对 Bt 有增效作用; 不同病原微生物对不同昆虫 NPV 的毒力的作用不同^[11,13]。本试验结果表明, 当 SeNPV 为 1.6×10^4 PIB/ml 和 HaNPV 为 4.6×10^4 PIB/ml 时, Bt 浓度为 2 400 IU/ml, 其复配剂防效低于高浓度病毒复配剂的防效。

Bell^[14] 对 Bt-NPV 的混合感染做了详细研究, 若不同剂量病原同时感染, 对于烟芽夜蛾 (*Heliothis virescens*) 和谷实夜蛾 (*H. zea*) 幼虫毒力有增效和拮抗 2 种影响; 当 Bt 浓度为 $1 \times 10^3 \sim 5 \times 10^3$ IU/ml、NPV 浓度为 $10^4 \sim 10^5$ PIB/ml 时, 主要表现为相加作用。本试验统计分析结果表明, 当 Bt 为 2 400 IU/ml、SeNPV 为 3.6×10^5 PIB/ml 和 HaNPV 为 4.6×10^5 PIB/ml 时, 对 Bt 有增效作用, 这与 Bell^[14] 等的研究结果一致。

不同组织特异性的病毒不会入侵同 1 个细胞并在其中增殖^[15]。不同昆虫病原微生物的作用机理不同, Bt 主要通过 δ -内毒素杀虫, 作用于昆虫的中肠基底膜细胞, 昆虫病毒在昆虫的细胞核中增殖。复配剂中病原的浓度不同, 对病原的毒力也不同^[16-20]。本试验中 Bt+SeNPV2 处理, 其防效低于单剂 Bt 的防效, 这可能与病毒在复配剂中的浓度较低有关。至于其浓度范围, 有待于进一步试验研究。

本试验结果表明, 复配剂中病原的浓度配制影响病原的毒力, SeNPV、HaNPV 在复配剂中, 病毒较高的复配剂对 Bt 有增效作用, 而且能提高复配剂的速效性, 这与刘广生^[17]和段彦丽^[12]的研究结果一致。因此, 在田间应用微生物制剂, 要严格掌握好病原的配比, 才能充分发挥生物源农药的效力。

复配剂 Bt+SeNPV1、Bt+SeNPV2 对小菜蛾和菜青虫有一定的防效, 其中 Bt 的浓度相同, SeNPV 对小菜蛾和菜青虫侵染力很低, 高浓度 SeNPV1 表现出

较高的防效。有关这样的报道较少,有待于进一步试验研究。

微生物杀制剂对昆虫的毒力,虫龄越小的防效越明显。在田间试验的结果,相对于室内试验,许多因素会影响结果的准确性,但在实践中摸清其规律,掌握在昆虫3龄前防治及制剂的浓度配比,利用复配剂在蔬菜生产中预防食叶害虫,对满足人们对绿色有机蔬菜的需求具有重要的实践和应用价值。

参考文献:

- [1] 王晓荣,黎永栈,卢辉红.甜菜夜蛾研究进展[J].仲凯农业技术学院学报,1995,8(2):87-93.
- [2] 王国锋,张友军,柏连阳等.甜菜夜蛾抗药性的研究进展[J].农药科学与管理,2003,24(3):21-24.
- [3] 陈满蝇,Toshikazu A.小菜蛾4种农药抗药性研究[J].植物保护,1999,25(1):20-21.
- [4] 杜传玉.苏云金杆菌复配剂对小菜蛾和菜青虫的防治效果[J].黑龙江农业科学,2007,(2):50-51.
- [5] 韩盛,杨渡,徐万里等.六种生物农药防治加工番茄棉铃虫试验[J].新疆农业科学,2010,47(10):2108-2111.
- [6] 雷仲仁,吴圣勇,王海鸿.我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J].植物保护,2016,42(1):1-6.
- [7] 徐伟松,钟国华.昆虫病毒在害虫防治上的应用及其对寄生蜂的影响[J].昆虫天敌,2002,23(2):70-79.
- [8] 王德旭,张伟,姜振祥.番茄田二代棉铃虫发生规律及药剂防治[J].昆虫知识,2002,39(3):197-199.
- [9] 秦启联,程清泉,张继红等.昆虫病毒生物杀虫剂产业化及其展望[J].中国生物防治学报,2012,28(2):157-164.
- [10] 张继红,王琛柱,钦俊德.苏云金杆菌 δ -内毒素的杀虫

- 机理及其增效途径[J].昆虫学报,1998,41(3):323-332.
- [11] 秦利,张涛,刘彦群等.增效物质对核型多角体病毒AcMNP的感染增效作用[J].中国生物防治,2002,18(1):43-44.
 - [12] 段彦丽,陶万强,曲良建等. HeNPV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.
 - [13] 郭慧芳,方继朝,罗伟杰等.不同昆虫病毒对斜纹夜蛾和甜菜夜蛾的联合增效作用[J].中国生物防治,2003,19(1):23-26.
 - [14] 洪华珠,杨红.病毒杀虫剂的发展[J].中国生物防治,1995,11(2):84-88.
 - [15] 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]. Environ Entomol, 1986, 15(6):1161-1165.
 - [16] 吕鸿声.昆虫病毒与昆虫病毒病[M].北京:科学出版社,1985.
 - [17] 刘广生.苏云金杆菌与家蚕核型多角体病毒对家蚕联合致病性的研究[D].泰安:山东农业大学,2005.
 - [18] 肖仕全,潘敏慧,万永继等.家蚕病原微生物的交叉感染研究[J].蚕学通讯,2003,24(3):1-5.
 - [19] 邬开朗,尹宜农,胡远扬等.松毛虫质型多角体病毒对苏云金杆菌的增效作用[J].中国生物防治,2001,17(3):141-142.
 - [20] 侯建文,赵焯烽,姚国强等.复配型苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒制剂对2种夜蛾的毒力测定[J].中国病毒学,1998,13(4):345-350.
 - [21] 冷扬.茶毛虫病毒的病理特征和病毒Bt制剂的作用特性研究[D].北京:中国农业科学院,2006.

Experimental studies of Bt-NPV(*Bacillus thuringiensis* and polyhedrovirus) on two Noctuidaepests in vegetable

DUAN Yan-li, WANG Xiao-mei, LI Zhi-qiang, ZHANG Huan, HAN Zhen-qin, QIN Qi-lian

Abstract: The mixture of Nucleopolyhedrovirus (SeNPV or HaNPV) of *Spodoptera exigua* and *Helicoverpa armigera* and *Bacillus thuringiensis* (Bt) is a new biological pesticide which was developed to control several kinds of Lepidoptera insects. The joint control effect was assayed in the fields. Preliminary results showed that combination of Bt at 2 400 IU/ml with SeNPV (HaNPV) at 1.6×10^5 (4.6×10^5) PIBs/ml could significantly increase the virulence of Bt against *S. exigua* (*H. armigera*). The results showed that the validity of SeNPV (HaNPV) at 1.6×10^5 (4.6×10^5) PIBs/ml was better than its SeNPV (HaNPV) at 1.6×10^4 (4.6×10^4) PIBs/ml. In comparison to the single Bt, the mixture enhanced greatly the killing speed and validity to the *S. exigua* (*H. armigera*) larvae, and Bt+SeNPV1 was effective against *Plutella xylostella*, *Pieris rapae*, which had a broad spectrum against pest.

Key words: Bt+SeNPV1; Bt+HaNPV1; *Spodoptera exigua*; *Helicoverpa armigera*; biological control