

甜菜夜蛾卵和成虫携带核型多角体病毒对种群数量的影响

周利琳[#], 杨帆[#], 司升云^{*}

(武汉市农业科学技术研究院蔬菜科学研究所, 武汉 430345)

摘要 在室内分别测定了甜菜夜蛾的卵、雌蛾和雄蛾分别携带甜菜夜蛾核型多角体病毒(SeNPV)对其卵孵化率、幼虫存活率及单雌产卵量的影响。结果表明:甜菜夜蛾卵块携带 SeNPV 后,卵孵化率和幼虫存活率均显著下降。雌、雄蛾分别携带病毒再交尾后,对单雌产卵量、卵孵化率和幼虫的存活率也有显著影响,并且不同带毒量处理间存在显著差异,表现为带毒量越高,单雌产卵量越少、卵孵化率和幼虫存活率越低。同等带毒处理条件下,卵、雌蛾和雄蛾带毒 3 种处理方式对甜菜夜蛾种群数量的影响没有显著差异。说明 SeNPV 能通过甜菜夜蛾的卵、雌蛾和雄蛾 3 种虫态进行垂直传播,可以明显抑制甜菜夜蛾种群数量的增长,为昆虫性诱剂和病毒集成技术在田间的应用提供了理论依据。

关键词 甜菜夜蛾; 核型多角体病毒; 产卵量; 卵孵化率; 幼虫存活率

中图分类号: S 476.13 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.04.007

Effects of eggs and adult stages carrying SeNPV on the population dynamics of *Spodoptera exigua*

Zhou Lilin, Yang Fan, Si Shengyun

(Vegetable Research Institute, Wuhan Academy of Agricultural Science and Technology, Wuhan 430345, China)

Abstract The effects of the eggs, males and females carrying *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus (SeNPV) on lifetime fecundity, egg hatching and larval survival rate in a natural strain of *S. exigua* were detected in the laboratory. The results showed that the egg hatch and larval survival rate of *S. exigua* carrying SeNPV were significantly decreased compared with the control. Males and females carrying SeNPV also had significant effects on lifetime fecundity, egg hatching and larval survival rate. Furthermore, there were significant differences between different treatment concentrations, showing that the greater the concentration, the fewer fecundity and lower hatchability and larval survival. In addition, there was no significant difference in the control effect after egg masses, females and males were infected with SeNPV. These studies suggested that SeNPV could be transmitted to the offspring by three stages, including eggs, females and males, and significantly inhibited the population dynamics of *S. exigua*. The results provide a theoretical basis for the application of the insect sex attractant integrated with the virus technology in the field.

Key words *Spodoptera exigua*; SeNPV; fecundity; egg hatching rate; larval survival rate

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 是一种世界性分布的多食性害虫,由于化学农药的不合理使用,导致其对多数化学农药均产生了不同程度抗药性。同时,农药残留也危害到人类和牲畜的健康,对环境造成了不良的影响^[1-3]。昆虫病毒及昆虫性

信息素均具有对防治对象的专一性、对环境的安全性、不易产生抗性和对害虫控制的持续性等优点^[4]。目前,甜菜夜蛾核型多角体病毒 *S. exigua* nuclear polyhedrosis virus (SeNPV) 及甜菜夜蛾性信息素是公认防治甜菜夜蛾比较理想的生物制剂^[5-7],分别

收稿日期: 2016-08-24 修订日期: 2016-09-18

基金项目: 武汉市“黄鹤英才计划”人才项目

* 通信作者 E-mail: sishengyun@126.com

对本文同等贡献,为并列第一作者

作为喷雾与诱捕手段用于甜菜夜蛾的田间防治。自 SeNPV 被发现以来,国内对其毒力测定、致病机理和增效剂等进行了广泛的研究^[8-9]。SeNPV 对甜菜夜蛾的田间防治效果受多种因素的影响^[10]。施药时的环境温度对 SeNPV 药效的发挥影响显著,随着温度的升高,SeNPV 对目标昆虫的毒力明显增强,29℃是 SeNPV 侵染昆虫的最适温度^[11-12];甜菜夜蛾幼虫对 SeNPV 的敏感性会随着虫龄的增加而逐渐降低,其中 1 龄到 3 龄为最佳防治时期;同时施药浓度也会对防治效果产生一定的影响^[13]。此外,不同的甜菜夜蛾品系对 SeNPV 敏感程度也不尽相同^[14]。然而,目前未见有卵和成虫携带 SeNPV 对甜菜夜蛾种群数量影响的相关报道。根据 SeNPV 与性诱剂的作用原理,笔者提出甜菜夜蛾性诱剂与 SeNPV 集成防控应用技术,利用甜菜夜蛾性信息素引诱雄蛾至防控器,携带 SeNPV 后返回田间,并与雌蛾交尾,将病毒传染给雌蛾,继而传染给雌蛾产的卵,使这些卵孵化出的幼虫染病、死亡,以达到控制害虫子代种群的目的。在甜菜夜蛾病毒田间自传播过程中,需明确两个至关重要的问题,卵和成虫携带病毒后对甜菜夜蛾种群数量的影响,以及雄蛾—雌蛾—卵对病毒带毒量的传递效率。笔者在室内分别测定了甜菜夜蛾卵、雌蛾和雄蛾携带 SeNPV 对子代种群数量的影响,以期为进一步研究甜菜夜蛾的传毒效率以及性信息素和 SeNPV 集成技术的田间应用提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

2014 年 7 月在武汉市农业科学技术研究院蔬菜科学研究所武湖基地马齿苋 *Portulaca oleracea* L. 和辣椒 *Capsicum annuum* L. 上采集甜菜夜蛾幼虫,携至室内后,置于直径 2.5 cm、高 8 cm 的指形管内,用未接触过任何农药的新鲜甘蓝叶片单管单头饲养,直至化蛹。羽化后将成虫转移至 1 000 mL 玻璃烧杯内,每杯 20 头健康成虫,雌雄性比 1:1,饲喂 10% 蜂蜜水,瓶壁围有白纸供其产卵,每 2 d 更换一次蜂蜜水和产卵纸。甜菜夜蛾的继代饲养与试验条件均为(27±1)℃、相对湿度 70%±10%、L//D=12 h//12 h。

1.2 供试病毒

甜菜夜蛾核型多角体病毒原粉(2 000 亿 PIB/

g)为河南省济源白云实业有限公司产品。

1.3 甜菜夜蛾卵块携带病毒对卵孵化率和幼虫存活率的影响

将病毒原粉用滑石粉配制成有效成分含量为 2×10^{11} 、 2×10^{10} 、 2×10^9 、 2×10^8 PIB/g 的病毒粉剂。选择饱满、有光泽的甜菜夜蛾卵块(每卵块约 100 粒卵),在卵块表面均匀涂抹不同处理的病毒粉剂 0.1 g。每处理重复 4 次,每重复含 4 个带毒卵块,设未涂抹病毒粉剂的卵块为对照。将卵块置于人工气候箱内,观察卵孵化及幼虫存活情况,计算卵孵化率及幼虫存活率。甜菜夜蛾幼虫因感染 SeNPV 而死亡的鉴定标准是虫体组织液化,体表不破裂,但用镊子等硬物触碰即破,有脓水流出;死亡虫体发黑(刚死的虫体不发黑)。

1.4 甜菜夜蛾成虫携带病毒对子代卵孵化率和幼虫存活率的影响

将病毒原粉用滑石粉配制成有效成分含量为 2×10^{11} 、 2×10^{10} 、 2×10^9 、 2×10^8 PIB/g 的病毒粉剂 1.0 g,分别置于 250 mL 具塞试剂瓶底部,轻轻晃动试剂瓶使病毒粉剂黏附在瓶壁上。取当天羽化的健康雌/雄蛾单头置于试剂瓶内,任其活动 1 min,然后转移至 1 000 mL 烧杯内。每 10 头携带病毒粉剂的雌/雄虫为 1 次重复,再分别取当天羽化的健康未带毒雌/雄蛾 10 头置于烧杯内与其交配产卵。烧杯内壁围上白纸、上盖纱布供其产卵,底部放置浸有 10% 蜂蜜水的脱脂棉为成虫补充营养。每处理重复 4 次,以未携带病毒粉剂的雌、雄蛾配对组为对照。观察并计算平均单雌产卵量、卵孵化率,以及幼虫存活率。

1.5 数据分析

文中所有数据为平均值±标准误。卵孵化率和幼虫存活率数据经反正弦转换后,采用 SAS 9.0 软件对数据进行统计分析。两组数据间的差异显著性用 *t* 测验进行分析,多组数据间的差异显著性用 Tukey's HSD 检验进行分析。

2 结果与分析

2.1 甜菜夜蛾卵块带毒后的卵孵化率和幼虫存活率

甜菜夜蛾卵块表面涂抹病毒粉剂后,卵的孵化率及幼虫存活率较对照均显著下降(表 1)。不同浓度粉剂处理后,随着浓度的上升,卵孵化率和幼虫存活率显著下降(卵孵化率: $F_{(4,10)} = 223.452$, $P <$

0.000 1;幼虫存活率: $F_{(4,10)}=927.406$, $P<0.000\ 1$),但是在 2×10^{11} PIB/g 和 2×10^{10} PIB/g 高浓度处理间没有显著差异(表 1)。这些结果表明,病毒处理卵块可以显著降低甜菜夜蛾卵孵化率,但对甜菜夜蛾幼虫存活率的影响更明显。

2.2 甜菜夜蛾带毒雄虫与健康雌虫交配后的单雌产卵量、卵孵化率和幼虫存活率

甜菜夜蛾带毒雄虫和健康雌虫交配产卵后,单雌产卵量、卵孵化率和幼虫存活率与对照组相比均存在显著差异(表 2)。随着病毒浓度的增加,单雌产卵量显著降低($F_{(4,10)}=12.623$, $P=0.001$),卵孵化率($F_{(4,10)}=334.292$, $P<0.000\ 1$)和幼虫存活率($F_{(4,10)}=469.753$, $P<0.000\ 1$)显著下降。

表 2 甜菜夜蛾雄蛾携带不同浓度 SeNPV 对单雌产卵量、卵孵化率及幼虫存活率的影响

Table 2 Effects of males carrying different concentrations of SeNPV on lifetime fecundity, egg hatching rate and larval survival rate of <i>Spodoptera exigua</i>			
浓度/PIB·g ⁻¹ Concentration	产卵量/粒 Lifetime fecundity	卵孵化率/% Egg hatching rate	幼虫存活率/% Larval survival rate
2×10 ¹¹	(314.85±9.50)d	(56.49±1.79)d	(12.57±4.40)c
2×10 ¹⁰	(343.44±16.18)cd	(72.46±1.57)c	(13.22±4.49)c
2×10 ⁹	(400.00±36.00)bc	(71.18±4.47)c	(57.49±1.76)b
2×10 ⁸	(434.33±29.62)b	(81.24±2.92)b	(62.50±3.56)b
CK	(557.23±44.10)a	(94.98±1.01)a	(93.92±1.09)a

2.3 甜菜夜蛾带毒雌虫与健康雄虫交配后的单雌产卵量、卵孵化率和幼虫存活率

甜菜夜蛾带毒雌虫和健康雄虫交配产卵,单雌产卵量、卵孵化率和幼虫存活率较对照显著降低,并

表 1 甜菜夜蛾卵块携带不同浓度 SeNPV 对卵孵化率和幼虫存活率的影响¹⁾

Table 1 Effects of eggs carrying different concentrations of SeNPV on egg hatching and larval survival rate of <i>Spodoptera exigua</i>		
浓度/PIB·g ⁻¹ Concentration	卵孵化率/% Egg hatching rate	幼虫存活率/% Larval survival rate
2×10 ¹¹	(56.05±3.22)d	(17.56±2.44)d
2×10 ¹⁰	(57.58±4.41)d	(19.13±4.72)d
2×10 ⁹	(83.16±2.48)c	(51.23±4.45)c
2×10 ⁸	(87.95±2.51)b	(55.75±3.30)b
CK	(95.18±2.25)a	(90.07±3.65)a

1) 同列数据后标有不同字母表示经 Tukey's HSD 检验后差异显著($P<0.05$)。表 2、3 同。
Different letters within the same column indicate significant difference by Tukey's HSD test ($P<0.05$). The same in table 2 and table 3.

且在不同病毒浓度处理间存在着显著差异(单雌产卵量: $F_{(4,10)}=14.336$, $P<0.000\ 1$;卵孵化率: $F_{(4,10)}=100.187$, $P<0.000\ 1$;幼虫存活率: $F_{(4,10)}=207.862$, $P<0.000\ 1$)(表 3)。

表 3 甜菜夜蛾雌蛾携带不同浓度 SeNPV 对单雌产卵量、卵孵化率及幼虫存活率的影响

Table 3 Effects of females carrying different concentrations of SeNPV on lifetime fecundity, egg hatching rate and larval survival rate of <i>Spodoptera exigua</i>			
浓度/PIB·g ⁻¹ Concentration	产卵量/粒 Lifetime fecundity	卵孵化率/% Egg hatching rate	幼虫存活率/% Larval survival rate
2×10 ¹¹	(318.00±39.02)c	(61.10±2.48)e	(11.58±1.37)c
2×10 ¹⁰	(370.50±39.44)bc	(65.67±0.79)d	(15.87±2.36)c
2×10 ⁹	(394.58±32.62)bc	(71.53±1.26)c	(53.67±2.68)b
2×10 ⁸	(430.28±27.56)b	(84.13±0.42)b	(58.06±4.64)b
CK	(557.23±44.10)a	(94.98±1.01)a	(93.92±1.09)a

2.4 不同带毒方式对甜菜夜蛾种群数量的影响

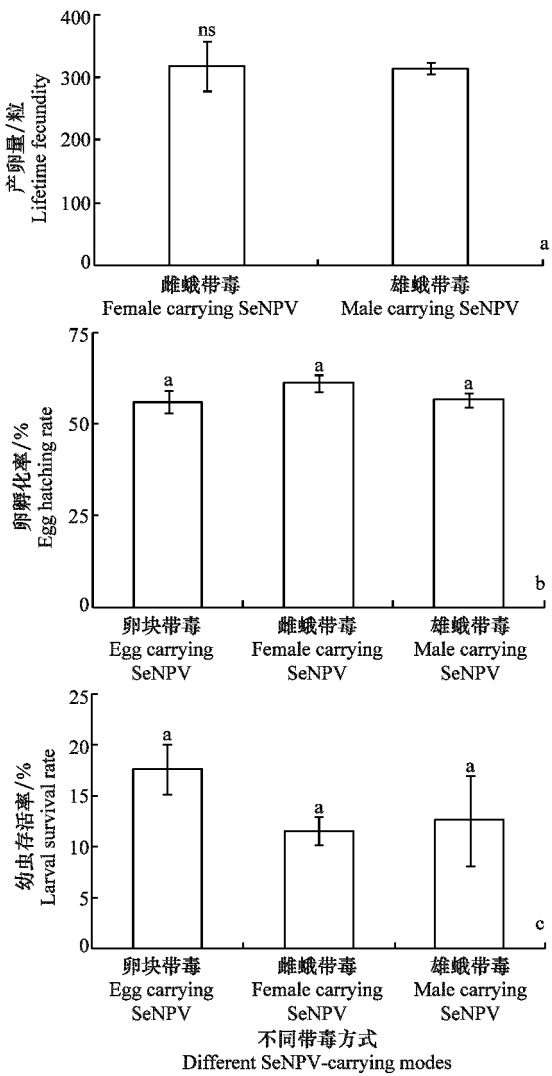
通过不同浓度 SeNPV 处理的比较, 2×10^{11} PIB/g 处理对甜菜夜蛾种群繁殖的各项指标影响最大,因此我们进一步分析了此浓度下卵带毒、雌蛾带毒和雄蛾带毒 3 种处理方式对甜菜夜蛾种群数量影响的差异。结果表明,单雌产卵量、卵孵化率和幼虫死亡率在不同带毒方式处理间没有显著差异(单雌产卵

量: $t_{(1,6)}=0.092$, $P=0.938$;卵孵化率: $F_{(2,9)}=1.049$, $P=0.533$;幼虫存活率: $F_{(2,9)}=2.541$, $P=0.073$)(图 1)。

3 讨论

采用 SeNPV 田间防治甜菜夜蛾时,一般于低龄幼虫期进行喷雾,幼虫通过直接取食感染病毒死亡,可以达到很好的防治效果^[7]。蒋杰贤等^[15]对甜菜夜

蛾卵表进行消毒,发现卵孵化后甜菜夜蛾幼虫仍能染毒死亡,说明甜菜夜蛾可能通过母体以垂直传播的方式将病毒传递给后代^[16],但是以父体为介导的垂直传播研究报道较少。本研究表明,分别以甜菜夜蛾雌蛾(表 3)、雄蛾(表 2)以及卵(表 1)为介导对象,均显著降低了单雌产卵量、卵孵化率和幼虫的存活率,其中成虫带毒导致的幼虫感染死亡率高达 80%~85%(图 1c)。这些结果表明,SeNPV 既可以通过甜菜夜蛾雌蛾传递到下一代,也可以通过甜菜夜蛾雄蛾传递给子代,造成子代感染,进而达到控制甜菜夜蛾种群数量的目的。



每组柱上标有不同字母表示经Tukey's HSD检验后差异显著($P<0.05$)
两组柱上标有'ns'表示经t检验差异不显著($P>0.05$)
Different letters indicate significant difference by Tukey's HSD test ($P<0.05$)
ns indicates no significant difference by t-test ($P>0.05$)

图 1 甜菜夜蛾不同带毒方式携带 2×10^{11} PIB/g 浓度 SeNPV 的单雌产卵量(a)、卵孵化率(b)和幼虫存活率(c)
Fig.1 Lifetime fecundity (a), egg hatching rate (b) and larval survival rate (c) of *Spodoptera exigua* carrying SeNPV of 2×10^{11} PIB/g by different ways

甜菜夜蛾性诱剂与 SeNPV 集成防控应用技术是利用甜菜夜蛾性信息素引诱雄成虫携带 SeNPV 病毒,然后在田间种群间进行垂直传播,进而影响甜菜夜蛾子代种群数量的一项防控技术。雄成虫一雌成虫一卵对病毒带毒量的传递效率,以及对子代幼虫成活率的影响都是本项技术实用化成败的关键。本研究证明,甜菜夜蛾各虫态携带 SeNPV 后对子代种群均有较为显著的影响,且卵、雄蛾和雌蛾带毒这 3 种处理方式对防治效果没有显著的差异(图 1),这为甜菜夜蛾性诱剂与 SeNPV 集成防控应用技术的提出与实用化提供了科学的理论依据。雄蛾一雌蛾一卵各环节对 SeNPV 带毒量的传递效率另文发表。

参考文献

[1] 尹仁国. 甜菜夜蛾的发生及其防治[J]. 昆虫知识,1990,27(5): 289-290.

[2] 戴淑慧,杨亚萍. 甜菜夜蛾的生物学特性及防治[J]. 植物保护, 1993,19(2):20-21.

[3] 罗礼智,曹雅忠,江幸福. 甜菜夜蛾发生危害特点及其趋势分析 [J]. 植物保护,2000,26(3):37-39.

[4] 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.

[5] 陈其津,李广宏,庞义,等. 甜菜夜蛾核多角体病毒杀虫剂研究进展[J]. 中国病毒学,2000,15(S1):234-235.

[6] Smits P H, van de Vrie M, Vlak J M. Nuclear polyhedrosis virus for control of *Spodoptera exigua* larvae on glasshouse crops [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1987, 43 (1): 73-80.

[7] 徐爱仙. 甜菜夜蛾核型多角体病毒防治蔬菜甜菜夜蛾田间药效试验[J]. 长江蔬菜,2013(6):50-51.

[8] 徐树兰,李辉,陈其津. 甜菜夜蛾核型多角体病毒的致病力测定与群养对病毒产量的影响[J]. 长江蔬菜,2010(18):10-12.

[9] 张海元,梅春蕾,张忠信. SeMNPV 两个分离株的生物活性比较及病毒杀虫剂的应用[J]. 中国病毒学,2005,20(6):656-659.

[10] 郑常格,李广宏,陆小军,等. 环境因子对 SeNPV 杀虫剂防治效果的影响[J]. 昆虫天敌,2006,28(2):66-70.

[11] 徐彩霞,韩日畴. 不同温度和浓度下核型多角体病毒对甜菜夜蛾的致病力[J]. 长江蔬菜,2010(18):13-15.

[12] 蒋杰贤,王冬生,曾爱平,等. 温度对甜菜夜蛾核型多角体病毒流行的影响[J]. 生态学报,2004,24(8):1724-1730.

[13] 刘劲军,蒋杰贤,游兰韶. 不同虫龄甜菜夜蛾幼虫实验种群对核型多角体病毒的敏感性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004,30(1):40-42.

[14] 李广宏,宋少云,李充壁,等. 甜菜夜蛾不同品系对甜菜夜蛾核多角体病毒的敏感性[J]. 中国生物防治,2006,22(3):250-252.

[15] 蒋杰贤,曾爱平,季香云,等. 甜菜夜蛾核型多角体病毒在宿主种群中的垂直传播研究[J]. 昆虫学报,2005,48(6):922-927.

[16] Payne C C. Insect viruses as control agents[J]. Parasitology, 1982, 84: 35-77.