

杆状病毒的生态学和流行病学研究进展

孙新城^{1,2}, 景建洲¹, 陈小科²

(1. 郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南省生物工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

摘要: 杆状病毒作为杀虫剂应用, 已成为生物防治中不可缺少的环节, 也是一类重要的生物防治因子, 但杆状病毒相对低的毒力和较长的杀虫时间是制约其推广应用的原因之一。文中就杆状病毒与宿主的关系, 杆状病毒在环境中的存活、滞留与扩散等方面的流行病学研究进展做一总结。

关键词: 杆状病毒; 生态学; 流行病学

中图分类号: Q968.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2007)10-0016-03

杆状病毒是一类寄生于鳞翅目、膜翅目和双翅目昆虫及其他节肢动物的病原体, 是具有囊膜的双股环状闭合的 DNA 病毒^[1]。目前, 至少已从 600 多种昆虫中发现感染杆状病毒, 并且造成一定程度的流行^[2]。它在分类上独立为杆状病毒科, 根据包含体的形态和病毒诱导的细胞病理学特征, 杆状病毒分为核多角体病毒属 (nucleopolyhedrovirus, NPV) 和颗粒体病毒属 (granulovirus, GV)。其中核多角体病毒属病毒又根据病毒粒子包膜中的粒子数目不同而划分为多粒包埋型核多角体病毒 (MNPV) 和单粒包埋型核多角体病毒 (SNPV)。

自 1949 年 Steinhilber 首次提出昆虫病毒疾病流行学原理以来, 这一学科逐步得到发展。病毒种群、传播方式、宿主对病毒的感受性是引起昆虫病毒流行发生、发展的主要因素以及所有这些因素对生物和环境的影响等, 都得到了一定深度的研究。但与植物病害流行学和医学病害流行学相比, 还十分的不完善。文中就近年来杆状病毒的生态学和流行病学方面的研究进展作一总结。

1 宿主种群对病毒的感受性

一种昆虫的两个种群或多个隔离种群之间对病原病毒的应答不同, 而且有些昆虫的不同品系也存在应答的差别, 这一差异在其后代中也有同样的表现, 说明这种感受性是可以遗传的, 且这种遗传是受抗性基因控制的。现在已经有资料证实, 一个昆虫种群与疾病长期接触之后, 便会产生抗性^[3]。也有

通过选择对 NPV 的抗性并没有增加的报道。关于抗性遗传的机制可能是病毒感染过程中的任何一步被阻断所致。影响种群感受性的因子很多, 如: (1) 不同感染途径, 宿主的感受性差别很大。(2) 昆虫对病毒的感受性是随虫龄的增加而减少的。(3) 不同的发育阶段对病毒感染性不同。例如云杉锯角叶蜂 (*D. hercyniae*) 的细胞处于胚胎状态或滞育状态时, 对 NPV 不敏感^[4]。(4) 食物质量和种类对宿主的感受性方面也有影响。棉铃虫在喂饲棉叶、番茄叶片及人工饲料时, 对多角体的感受性不同^[5~7]。(5) 温度和湿度是影响昆虫感受性和病毒在其体内繁殖的最重要的外部因子。(6) 辐射和光照。(7) 有一些荧光增效剂就能通过破坏围食膜而增强昆虫对病毒的感受性^[8,9]。(8) 当多种病原物混合接种昆虫时, 一种病原物或其侵染作用可以作为激活因子而增强昆虫对另一种病原的感受性^[10]。

2 与病毒传播有关的种群参数

病毒在昆虫种群内或种群间的传播, 对昆虫疾病流行的发展起着重要作用。病毒可以通过风、雨、雾、露水、河流等机械因子传播, 也可以通过生物因子传播。这些生物因子包括: (1) 种群密度。昆虫疾病的流行一般需要较高的种群密度, 这样会使病毒在未感病和感病昆虫之间, 昆虫和病毒之间的互相接触机会更大, 有利于病毒的流行。有时昆虫密度低时, 也可以发生疾病的流行, 特别是病原物广泛分布于昆虫宿主栖息场所的时候^[11]。(2) 被感染或污

收稿日期: 2007-06-05

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究项目资助计划 (科技攻关) (2007180051); 河南省科技发展计划项目 (重点攻关项目) (072102140009)

作者简介: 孙新城 (1977-), 男, 山东巨野人, 硕士, 主要从事病毒学研究。

染个体的行为。昆虫在感染病毒后,往往会伴随着一些异常行为。病虫爬往高处,如棉铃虫被感染后,爬到植株顶层,用腹足附在植物的枝叶上,倒悬而死,这有利于病毒的传播。(3)捕食性和寄生性天敌等可能作为隐藏或携带病毒的载体。有报道称,在森林天幕毛虫中,双翅目的寄生肉蝇成虫可以传播 NPV^[12]。同时鸟类可以通过排泄物长距离传播病毒^[13]。

3 病毒与病毒种群

昆虫疾病的流行取决于昆虫、病原在环境中的相互作用,病毒作为病原因子在疾病流行中起着十分重要的作用。

3.1 潜伏性

病毒在自然界中生存,就必须不断地感染宿主,宿主表现发病或处于潜伏性感染状态。近年来,人们已从分子水平上证实了昆虫体内有潜伏病毒的存在^[14],但对其在宿主体内的存活方式还不很清楚。

3.2 增效因子

研究表明,病毒在感染宿主过程中可产生某些物质或环境中存在某种因子可增强其感染性。病毒增效因子首先在 GV 中发现。粉纹夜蛾颗粒体病毒(*Trichoplusia ni* GV, TnGV)的 VEF 是一个 104 kD 的蛋白,是由 GV 的基因编码的。VEF 能够破坏围食膜,使病毒粒子接近中肠的细胞表面,有助于病毒的感染^[15]。

3.3 病毒在环境中的存活能力

杆状病毒在生物环境和非生物环境中的存活能力是不同的。非生物环境主要指土壤表面以上和以下的环境。病毒在土壤表面以上的存活主要受温度、湿度、阳光的影响。尤其是紫外线的影响最大,很多病毒直接暴露在阳光下很快会失活^[16]。在土壤表面以下的环境主要受土壤的类型(含砂量的多少)、湿度、pH 值等因素的影响^[17,18]。从 20 世纪 60 年代至今,有很多学者致力于土壤中病毒生态学的研究^[18-23]。这对于确定病毒在生物防治中的利用价值和风险评估都是十分必要的。有研究表明,包有多角形的蛋白质外壳的病毒,在土壤环境中可存活 5 年以上^[24],有的甚至可以存活 40 年以上^[25]。土壤中的病毒可以传播到寄主昆虫危害的植物上,昆虫在取食后感病,复制后造成新的流行^[23,26]。这种循环可从一个生长季节到下一个生长季节^[23]。病毒在生物环境中的存活能力,主要是指在宿主及宿主危害的植物及捕食或寄生宿主的天敌中的存活

能力。一般而言,具有较广宿主的病毒比单一宿主的病毒更有利于存留。毫无疑问,宿主种群是病毒存活的主要场所,在同年或下一年,被感染宿主起着病毒载体的作用^[23]。同时,对杆状病毒不敏感的无脊椎动物和脊椎动物,当与病毒接触后,也可对病毒起一定的传带作用。

3.4 杆状病毒在环境中的传播能力

在宿主种群中,任何疾病的流行关键在于病毒的传播能力。一种病毒能不能在宿主种群中延续下来,关键也在于这种病毒能否有效的传播到敏感宿主上。传播的途径和方式是影响疾病扩散的主要因子。存在有几种机制可以使病毒从环境栖所传播扩散到很远的距离。这些机制包括生物性和非生物性的途径。非生物途径包括:通过雨水和风吹而污染寄主植物^[22,27]。生物途径包括:昆虫在土壤和宿主植物之间的转运,天敌、传媒昆虫等载体^[28,29],通过被感染病毒的幼虫的扩散以及哺乳动物、鸟类、捕食性天敌等动物的肠道传递等。虽然这些途径在不同生态环境中的作用不同,但是这些路线都可能有助于病毒的传播扩散。Vasconcelos 等研究了食入感染病毒的夜蛾科幼虫的捕食性天敌步甲的传播,他们证明病毒通过捕食性天敌的肠道后仍具有感染性。有迁飞的昆虫成虫远距离垂直传播病毒,距离可以达到几百甚至上千公里。目前 NPV 的垂直传播的途径在病毒流行病学上仍存在争议。大多数学者认为,多角体病毒的垂直传播途径主要是卵表污染,且环境因素占主导地位,而由母体直接传到子代幼虫的只占极小部分,但也有人认为, NPV 是以某种未知形式存在于亲代与子代体内,只有当环境压力因子出现时才可以诱发病毒的发生和流行^[3]。还有人认为,垂直传播主要通过卵内传播。

参考文献:

- [1] Federici B A. Naturally occurring baculoviruses for insect pest control[J]. *Methods in Biotechnology*, 1999, 5: 301-320.
- [2] 蒲蛰龙. 昆虫病理学[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994.
- [3] Briese D T. Genetic basis for resistance to a granulosis virus in the potato moth, *Phthorimaea operculella*[J]. *J Invertebr Pathol*, 1982, 39: 215-218.
- [4] Bird F T. The use of a virus disease in the biology control of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Geoffr.) [J]. *Can Entomol*, 1953, 85: 437-446.
- [5] Washburn J Q, Woog J F, Volk L E. Comparative pathogenesis of *Helicoverpa zea* nucleopolyhedro virus

- in noctuid larvae[J]. J Gen Virology, 2001, 82: 1777—1784.
- [6] Hoover K, Kishida K T, Digorgio L A, *et al.* Inhibition of baculoviral disease by plant-mediated peroxidase activity and free radical generation[J]. Journal of Chemical Ecology, 1998, 24(12): 1949—2001.
 - [7] Hoover K, Washburn J Q, Vokman L E. Midgut-based resistance of *Heliothis virescens* to baculovirus infection mediated by phytochemicals in cotton[J]. Journal of Insect Physiology, 2000, 46: 999—1007.
 - [8] Shapiro M, Argauer R. Relative effectiveness of selected stilbene optical brighteners as enhancers of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus[J]. J Econ Entomol, 2001, 94(2): 339—343.
 - [9] Martin S, Domek J. Relative effects of ultraviolet and visible light on the activities of corn earworm and beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) nucleopolyhedroviruses[J]. J Econ Entomol, 2002, 95 (2): 261—268.
 - [10] Ishikawa Y, Miyajima S. Interaction between infectious flacherie virus and some bacteria in the silkworm, *Bombyx mori* [J]. Seric Sci Japan, 1968, 37: 471—476.
 - [11] Tanada Y, Kaya H K. Insect pathology[M]. San Diego, Academic Press, 1961.
 - [12] Evans H F, Bishop J M, Page E A. Methods for the quantitative of nuclear-polyhedrosis virus in soil[J]. J Invertebr Pathol, 1980, 35: 1—8.
 - [13] Fuxa J R, Richter A R. Distance and rate of spread of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus release into soybean[J]. Biol Control, 1994, 23(5): 1308—1316.
 - [14] Hughes D S, Possee R D, King L A. Evidence for the presence of a low-level persistent baculovirus infection of *Mamestra brassicae* insects[J]. J Gen Virology, 1997, 78: 1801—1805.
 - [15] 董琳茜, 张克勤. 病毒增效蛋白及其应用研究进展[J]. 中国生物防治, 2005(1): 1—5.
 - [16] Fuxa J R, Tanada Y. Epizootiology of insect diseases [M] // Benz G. Environment. New York: John Wiley & Sons, 1987: 177—214.
 - [17] Hukuhara T, Wada H. Adsorption of polyhedra of a cytoplasmic polyhedrosis virus by soil particles[J]. J Invertebr Pathol, 1972, 20: 309—316.
 - [18] Moraes R R, Maruniak J E, Funderburk J E. Methods for detection of *Anticarsia gemmatilis* nucleopolyhedro virus DNA in soil[J]. Appl Environ Microbiol, 1999, 65(6): 2307—2311.
 - [19] Fuxa J R. New directions for insect control with baculoviruses[M] // R R Baker, P E Dunn. New directions in biological control. New York: Alan R. Liss Inc, 1990: 97—113.
 - [20] Fuxa J R. Release and transport of entomopathogenic microorganisms[M] // M Levin, H Strauss. Risk assessment in genetic engineering. New York: N. Y. McGraw-Hill, 1991: 83—113.
 - [21] Fuxa J R, Matter M M. Persistence and distribution of wild-type and recombinant nucleopolyhedroviruses in soil[J]. Microbial Ecology, 2001, 41: 222—232.
 - [22] Fuxa J R, Richter A R. Quantification of soil-to-plant transport of recombinant nucleopolyhedrovirus: effects of soil type and moisture, air currents, and precipitation[J]. Appl Environ Microbiol, 2001, 67: 5166—5170.
 - [23] Fuxa J R, Lee Y. Transport of wild-type and recombinant nucleopolyhedroviruses by scavenging and predatory arthropods[J]. Microbial Ecology, 2000, 39: 301—313.
 - [24] Jaques R P. Stability of entomopathogenic viruses [M] // C M Lgnoffo, D L Hostetter. Environmental stability of microbial insecticides. College Park, MD: Miscellaneous Publications of the Entomological Society, 1977, 10(3): 99—116.
 - [25] Thompson C G, Scott D W, Wickman B E. Long-term persistence of the nuclear polyhedrosis virus of the Douglas-fir tussock moth, *Orgyia pseudotsugata* (Lepidoptera: Lymantriidae), in forest soil[J]. Environ Entomol, 1981, 10: 254—255.
 - [26] Young S Y, Yearian W C. Movement of a nuclear polyhedrosis virus from soil to soybean and transmission in *Anticarsia gemmatilis*(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) populations on soybean[J]. Environ Entomol, 1986, 15: 573—580.
 - [27] Jaques R P. Application of viruses to soil and foliage for the control of the cabbage looper and imported cabbageworm[J]. J Invert Pathol, 1970, 15: 328—340.
 - [28] Brown J R, Phillips J R, Yearian W C. Transmission of *Heliothis* NPV by *Microplitis croceipes*(Cresson) in *Heliothis virescens* (F.) [J]. Southeast Entomol, 1989, 14: 139—146.
 - [29] Dwyer G, Elkington J S. Host dispersal and the dynamics of insect pathogens[J]. Ecology, 1995, 76: 1262—1275.