

◆ 专论与综述 ◆

杀虫剂对小菜蛾亚致死效应的研究进展

杜海涛, 丁旭, 周耀东, 吴进才, 刘井兰*

(扬州大学 园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009)

摘要: 杀虫剂施用于小菜蛾后, 除可以直接杀死害虫外, 随个体间接触药量的不同以及时间的推移, 部分个体存在着亚致死效应。本文综述了杀虫剂对小菜蛾的亚致死效应, 包括对小菜蛾生殖力和生长发育的影响、生物学和生态学行为的改变、抗药性的发展以及对寄生性天敌的影响等。对小菜蛾综合防治策略的制定具有积极意义。

关键词: 杀虫剂; 小菜蛾; 亚致死效应; 研究进展

中图分类号: Q 965 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2017.04.001

Research Progress on the Effects of Sublethal Insecticides on *Plutella xylostella* (L.)

DU Hai-tao, DING Xu, ZHOU Yao-dong, WU Jin-cai, LIU Jing-lan*

(School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Jiangsu Yangzhou 225009, China)

Abstract: *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is one of the worldwide agricultural pests. When insecticides were applied on *Plutella xylostella*, except for the direct killing effect, there was some sublethal effects on some *Plutella xylostella*. The sublethal effects of insecticides on *Plutella xylostella* were reviewed in this paper, including the effects on the fecundity and growth of *Plutella xylostella*, biological and ecological behavior, the development of insect resistance and the parasitic insects. The research had significant importance to the international pest management (IPM) of *Plutella xylostella*.

Key words: insecticide; *Plutella xylostella* (L.); sublethal effect; research progress

小菜蛾[*Plutella xylostella* (Linnaeus)]属鳞翅目(Lepidoptera)菜蛾科(Plutellidae), 是世界性农业害虫之一, 寄主植物主要是十字花科蔬菜。作为典型的咀嚼式口器害虫, 小菜蛾以幼虫危害作物的叶片为主。小菜蛾危害性之强与其特性密切相关: 其适应能力强, 寄主范围广, 年发生代数多, 生活周期短, 繁殖能力强, 迁移能力强。这些特性是长期进化过程中, 在环境的作用下逐步形成的^[1]。目前对于小菜蛾的防治, 施用杀虫剂仍然是最常用、最有效的手段。田间施用杀虫剂后, 对小菜蛾除了具有直接杀死作用外, 随着个体间接触药量的差异以及时间的推移, 对部分个体还存在着亚致死效应, 包括对小菜蛾生殖能力与生长发育的影响、生物学和生态学行为的改变、抗药性的发展以及对寄生性天敌的

影响等。

近年来, 由于不规范施药与害虫自然选择和遗传的结果, 害虫抗药性逐渐增强。目标害虫发生猖獗, 伴随着天敌数量减少, 次要害虫种群数量上升等问题, 使得杀虫剂对昆虫的亚致死效应研究成为新的热点^[2]。这将为科学用药、多种防治方法的协调使用提供理论依据。

1 杀虫剂的亚致死效应与亚致死剂量

亚致死剂量是指对施药昆虫个体的正常行为、生长发育和繁殖产生影响, 但不会导致受试昆虫个体死亡的剂量。亚致死剂量会使受试昆虫个体在行为、生理和生物学等方面产生异常现象, 这种现象叫做亚致死效应。对于杀虫剂的亚致死效应与亚致

收稿日期: 2017-02-23; 修回日期: 2017-03-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31471780, 31101450)

作者简介: 杜海涛(1993—), 男, 南京市人, 硕士研究生, 主要从事农药环境毒理研究。E-mail: 310052564@qq.com

通讯作者: 刘井兰, 教授。研究方向: 害虫综合治理与环境毒理。E-mail: liujl@yzu.edu.cn

死剂量已有较多阐述^[3]。Haynes^[4]将亚致死效应定义为昆虫受到一定浓度药剂的毒害,产生了不利影响,但仍有一定的行为能力,并未致死,产生的影响即亚致死效应。施药剂量称为亚致死剂量。亚致死剂量是一个区间,通常分布在 $LD_1 \sim LD_{50}$ 之间^[5]。研究的不同,采用的亚致死剂量也不尽相同。另有观点认为, LC_{50} 值的确定是根据试验条件和试验昆虫种群的不同而来,所以杀虫剂的亚致死浓度用 $x LC_{50}$ (一定比例的致死中浓度)来表示更为合理,如 $0.02 LC_{50}$ 和 $0.3 LC_{50}$ 。需要注意的是,在研究杀虫剂亚致死剂量对昆虫种群的影响时, x 的取值应该从应用的角度出发,不宜脱离环境中的实际使用量。此外,昆虫的响应因作物品种、杀虫剂类型、杀虫剂浓度不同而不同^[6]。

研究表明,受试昆虫暴露于亚致死剂量杀虫剂一段时间后,其存活个体在幼虫生长发育,昆虫取食、交配、繁殖、产卵以及卵的孵化等方面均受到不良影响^[7-10]。此外,其后代的生物学特性也可能会发生显著变化。因此,对杀虫剂亚致死效应的研究有助于控制害虫种群数量,延缓其抗药性的发展以及预防再猖獗的发生,同时对合理用药、保护环境具有重要意义。

2 杀虫剂对小菜蛾的亚致死效应

2.1 对小菜蛾生殖力的影响

已有较多研究显示杀虫剂亚致死剂量对昆虫生殖力有影响。随杀虫剂种类不同,影响也不尽相同。一方面,亚致死剂量的杀虫剂可能对小菜蛾繁殖力产生有利影响,具体表现在刺激其增殖。这种现象被称为Hormesis,是农药的低剂量兴奋效应。Calabrese等^[11]定义Hormesis为有机体接触某一化学物质,在高浓度时产生不利影响(如生长、发育受抑),而在低浓度时对机体产生有利影响(如刺激生长发育)。韩文素等^[12]研究表明,用亚致死剂量(LC_{10})的高效氯氰菊酯处理小菜蛾阿维菌素敏感种群后,小菜蛾雌成虫产卵量增加,子代的种群数量与未处理组相比也有明显上升,这表明亚致死剂量的高效氯氰菊酯对小菜蛾阿维菌素敏感种群的再猖獗具有一定的促进作用;在高浓度下,高效氯氰菊酯处理会缩短雄虫的寿命与雌虫产卵期,降低雌虫的产卵量,从而抑制小菜蛾的生殖。尹飞等^[13]发现,用亚致死剂量的氯虫苯甲酰胺处理小菜蛾3龄幼虫后,与对照组相比单雌产卵量增加显著,蛹期与产卵历期也明显延长,表明低浓度的氯虫苯甲酰胺处理对

小菜蛾的生殖力具有促进作用。

另一方面,亚致死剂量的杀虫剂抑制小菜蛾生殖。宋亮^[14]研究了亚致死剂量的高效氯氰菊酯和茚虫威对小菜蛾成虫繁殖的影响。这2种杀虫剂均对其生殖具有抑制作用,小菜蛾体内的解毒机制与这2种药剂自身的特性可能有关。韩文素等^[15]研究表明,亚致死剂量的氰氟虫腙对小菜蛾阿维菌素抗性和敏感种群分别进行处理后,小菜蛾种群的生殖力降低,子代卵的孵化率也显著降低。游灵等^[16]评价了4种低毒杀虫剂对小菜蛾的影响,亚致死剂量(LC_{25})的虫螨腈、茚虫威、氟啶脲和虫酰肼对小菜蛾的生殖力均表现出显著抑制作用。其中,亚致死剂量的虫酰肼施用后,大幅降低了小菜蛾的产卵量及卵孵化率,这可能与虫酰肼干扰小菜蛾的生殖生理行为有关。Wei等^[17]研究表明,用20%氰戊菊酯乳油处理小菜蛾3龄幼虫后,小菜蛾繁殖力显著降低,同时影响其发育和降低其体内保幼激素酯酶基因活性。

Wang等^[18]将小菜蛾3龄幼虫暴露于亚致死浓度茚虫威中,处理组小菜蛾生殖力显著降低,交配成功率减少。然而在人工暗期,处理组与对照组的平均求偶时间无显著差异,且在第1个暗期二者都达到了求偶峰值,此结果与Pivnick和Pittendrigh等观察结果一致^[19-20]。由此可见,大多数杀虫剂抑制小菜蛾生殖,而某些低浓度的杀虫剂会促进其增殖、再猖獗。但不论繁殖力变化与否,其求偶周期都没有受到明显的影响。

2.2 对小菜蛾生长发育的影响

研究表明,亚致死剂量的杀虫剂能够影响昆虫的化蛹率、蛹重,同时可能影响其发育历期,甚至对昆虫产生致畸作用。宋亮^[14]发现,高浓度的茚虫威处理使小菜蛾化蛹率和体重明显降低,发育历期显著延长,抑制了小菜蛾的发育。Mahmoudvand等^[21]研究表明,茚虫威亚致死剂量处理可以降低小菜蛾蛹重,缩短成虫寿命,且增加其卵的发育时间。顾晓军等^[22]研究表明,在亚致死浓度下,阿维菌素能够推迟小菜蛾3龄幼虫化蛹时间,降低蛹重。韩文素等^[15]研究发现,氰氟虫腙对小菜蛾阿维菌素抗性和敏感种群的影响表现为显著降低处理种群的化蛹率、蛹重、羽化率,明显延长蛹期。高效氯氰菊酯对小菜蛾阿维菌素抗性、敏感种群具有与氰氟虫腙同样的效力。田素芬等^[23]用氟虫腈与阿维菌素处理小菜蛾后,其化蛹率、蛹重都有降低的趋势。谭晓伟等^[24]研究发现,用亚致死剂量的氯虫苯甲酰胺处理小菜蛾后,

与对照相比,其除了导致小菜蛾死亡率明显上升,还会造成一些亚致死效应,如幼虫的生长发育受到抑制,幼虫至化蛹平均历期明显延长,蛹重和化蛹率显著降低。结果表明,亚致死剂量的氯虫苯甲酰胺对小菜蛾种群增长有一定抑制作用,对小菜蛾综合防治策略的制定有积极意义。游灵等^[16]研究发现,亚致死浓度的虫螨腈、茚虫威、氟啶脲和虫酰肼等4种低毒杀虫剂处理小菜蛾后,其雌、雄蛹重减轻,羽化率、化蛹率显著降低,生长发育受到了显著的抑制。Fwjiwara等^[25]研究表明,亚致死剂量氰戊菊酯处理过的小菜蛾个体明显减小,成熟末期的发育受阻,存活率降低。

Hu等^[26]研究表明,阿维菌素能改变小菜蛾线粒体膜的流动性,从而影响其能量转化,此结果为阿维菌素抑制小菜蛾生长发育提供了理论依据。综上所述,亚致死剂量的杀虫剂对小菜蛾幼虫生长、化蛹率、蛹重、成虫羽化率均有明显抑制。化蛹历期延长,生长发育受到影响。然而,也存在农药的低剂量兴奋效应,如茚虫威 LC_{15} 处理能够促进小菜蛾的发育^[14]。

2.3 对小菜蛾行为的影响

亚致死剂量的杀虫剂会干扰昆虫的取食行为。如Perera等^[27]研究表明,2种印楝素制剂和苯酸苄铵酰胺通过干扰小菜蛾的化学感受器,造成小菜蛾1、2龄幼虫拒食。AkoI等^[28]研究指出,以印楝素为原料的杀虫剂在施用24 h后通过使化学感受力受损,从而对小菜蛾的觅食造成影响。Liang等^[29]研究也表明,3种印楝素为原料的杀虫剂对小菜蛾幼虫具有拒食作用,同时抑制卵的孵化。Liu等^[30]研究表明,生物杀虫剂GCSC-BtA在0.4 g/L时可以抑制小菜蛾幼虫的取食。Charleston等^[31]研究表明,高剂量的植物源杀虫剂(丁香属提取物、印楝提取物)对小菜蛾幼虫的取食、成虫的产卵都具有遏制作用。除植物源杀虫剂外,阿维菌素、氟虫腈、氯虫苯甲酰胺等均会对小菜蛾的取食行为造成显著影响,均表现出趋避、拒食、取食量和排粪量减少等趋势^[32]。

在性信息素通讯系统方面,宋亮^[14]研究发现,茚虫威、高效氯氰菊酯和氯虫苯甲酰胺3种杀虫剂 LC_{50} 剂量连续处理小菜蛾,能够降低雌虫性信息素中Z11-16:Ald、Z11-16:OH和Z11-16:OAc三者的总合成量,并改变三者之间的比例。后续的实验结果表明,雄虫在交配时对处理组与对照组的雌虫选择上并无偏好性。

2.4 对小菜蛾抗药性的影响

抗药性是昆虫在不断适应药剂的过程中发生

的一种快速进化现象。至今产生抗药性的昆虫和螨类有很多。田间害虫长期处于杀虫剂低剂量选择压下,抗药性或耐药性强的个体存活或繁殖的机会较大,从而有利于抗药性能力的积累和发展。在1999—2009年的10年间,Zhou等^[33]在中国南部就小菜蛾对阿维菌素、氯氰菊酯、氟虫腈、杀虫单和辛硫磷5种农药的抗药性进行研究。结果表明,一段时间后小菜蛾对上述5种药剂均产生较强的抗药性。尹飞等^[13]采用亚致死剂量氯虫苯甲酰胺对小菜蛾进行长期处理,随着时间推移,小菜蛾种群数量在一定程度上有所下降。可以推测,田间长期施用亚致死剂量的杀虫剂可能提高了小菜蛾的抗药性,从而导致其再猖獗。Young等^[34]用 LD_{50} 剂量的多杀菌素对夜蛾科害虫进行连续多代处理。结果显示,与对照组相比,其抗药性在开始几代变化不明显(连续处理6代后,抗性仅为对照的1.68倍),但随处理代数增加,抗药性激增(连续处理14代后,抗性为对照的1 068倍)。Ninsin^[35-36]研究了3种农药小菜蛾抗性品系对啉虫脒的交互抗性,发现啉虫脒与氟啶脲无交互抗性,与杀螟丹和稻丰散具有具有较低的交互抗性。

以上研究表明,亚致死剂量的杀虫剂可能引起小菜蛾抗性的提高和再猖獗的发生。抗性倍数随药剂处理世代数增加而上升,处理世代数达到一定数值时抗性水平可能会发生激增。另一方面,亚致死剂量的农药不但能使小菜蛾产生抗药性,还有可能使其与其他农药产生交互抗性。

2.5 对小菜蛾寄生性天敌的影响

小菜蛾寄生性天敌主要有茧蜂科、姬蜂科和姬小蜂科的一些昆虫。有些杀虫剂会对小菜蛾的寄生性天敌造成不利影响。Perera等^[27]研究表明,2种印楝素制剂和苯酸苄铵酰胺可以减少小菜蛾绒茧蜂(*Cotesia plutellae*)的孵化率,从而减少成虫数量。Kawazu等^[37]发现,醚菊酯等5种农药对菜蛾盘绒茧蜂(*Cotesia vestalis*)的觅食行为具有强烈的抑制作用,并且会造成成虫死亡率上升。Haseeb等^[38]就10种杀虫剂对弯尾姬蜂(*Diadegma semiclausum*)的死亡率和寄生比率进行了研究。氟啶脲和氟虫脲可以使雌虫产下不能孵化的卵。Cordero等^[39]对一系列新烟碱类杀虫剂和植物生长调节剂进行了研究。所有供试农药都对岛弯尾姬蜂(*Diadegma insulare*)、菜蛾啉小蜂(*Oomyzus sokolowskii*)具有很强的毒性。综上所述,大部分杀虫剂会对小菜蛾寄生性天敌造成不利影响。

然而,Charleston等^[40]研究发现,丁香属提取物

的挥发物可以吸引菜蛾绒茧蜂到处理过的卷心菜叶片上。同样,丁香提取物处理过的菜蛾绒茧蜂寄生于小菜蛾的比例高于对照组^[41]。由此可以推测,部分杀虫剂对小菜蛾寄生性天敌具有诱导作用。

3 结语

综上所述,杀虫剂的亚致死效应能够导致小菜蛾生殖力降低,阻碍其生长发育,同时对其取食、性信息素通讯、寄生性天敌造成不利影响。然而,亚致死效应在提高药剂对小菜蛾防治效果的同时,也给小菜蛾造成了持续的药剂选择压力,使其产生抗药性风险。低剂量兴奋效应也可能对小菜蛾防治造成负面影响。如今,亚致死效应的评价指标还在逐步完善,对于有关杀虫剂亚致死效应的化学和分子生物学机制了解得还不是很透彻。杀虫剂种类繁多,施药范围广,在环境中降解速率不同,对小菜蛾造成的影响是多方面的、持续的。了解亚致死浓度的杀虫剂对小菜蛾产卵区域分布的影响,有助于合理、有计划地施用药剂。此外,还应加强亚致死浓度杀虫剂处理后对小菜蛾种群多代影响的研究。今后,从农业生产、环境保护和食品安全等可持续角度出发,减少农药的使用,寻找合适的农业防治、生物防治、物理防治方法作为化学防治的替代,这也是IPM的发展方向。

参考文献

- [1] 刘喜平. 小菜蛾的发生规律及预测预报 [J]. 湖南农业科学, 2011 (13): 97-99.
- [2] 余月书, 薛珊, 王芳, 等. 农药诱导害虫再猖獗的研究 [J]. 昆虫知识, 2008, 45 (1): 15-20.
- [3] 李会仙, 郝赤, 王利英, 等. 高效氯氰菊酯和溴氰菊酯对棉铃虫的亚致死效应 [J]. 山西农业大学学报, 2005, 25 (3): 231-233.
- [4] Haynes K F. Sublethal Effects of Neurotoxic Insecticides on Insect Behavior [J]. Annu Rev Entomol, 1988, 33: 149-168.
- [5] Haseeb M, Amano H, Nemoto H. Pesticidal Effects on Mortality and Parasitism rates of *Diadegma semiclausum*, a Parasitoid of the Diamondback Moth [J]. BioControl, 2000, 45 (2): 165-178.
- [6] 王海荣, 吴进才, 杨帆, 等. 不同药剂亚致死剂量对褐飞虱不同种群生命表参数的影响 [J]. 生态学报, 2009, 29 (9): 4753-4760.
- [7] Sun X P, Barrett B A. Fecundity and Fertility Changes in Adult Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) Exposed to Surfaces Treated with Tebufenozide and Methoxyfenozide [J]. J Econ Entomol, 1999, 92 (5): 1039-1044.
- [8] Biddinger D, Hull L, Huang H, et al. Sublethal Effects of Chronic Exposure to Tebufenozide on the Development, Survival, and Reproduction of the Tufted Apple Bud Moth (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. J Econ Entomol, 2006, 99 (3): 834-842.
- [9] Booth L H, Wratten S D, Kehrli P. Effects of Reduced Rates of Two Insecticides on Enzyme Activity and Mortality of an Aphid and Its Lacewing Predator [J]. J Econ Entomol, 2007, 100 (1): 11-19.
- [10] Lopez J D, Latheef M A, Hoffmann W C. Mortality and Reproductive Effects of Ingested Spinosad on Adult Bollworms [J]. Pest Manag Sci, 2011, 67 (2): 220-225.
- [11] Calabrese E J, Baldwin L A. The Dose Determines the Dstimulation (and Poison): Development of a Chemical Hormesis Database [J]. International Journal of Toxicology, 1997, 16 (6): 545-559.
- [12] 韩文素, 张树发, 沈福英, 等. 高效氯氰菊酯对小菜蛾阿维菌素抗性、敏感种群的亚致死效应 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (3): 335-341.
- [13] 尹飞, 冯夏, 胡珍娣, 等. 氯虫苯甲酰胺对小菜蛾生长发育的亚致死效应研究 [J]. 广东农业科学, 2012 (17): 231-245.
- [14] 宋亮. 茚虫威、高效氯氰菊酯和氯虫苯甲酰胺对小菜蛾的亚致死效应研究 [D]. 浙江金华: 浙江师范大学, 2013.
- [15] 韩文素, 任承才, 闫海燕, 等. 氟氰虫脒对小菜蛾阿维菌素抗性和敏感种群的亚致死效应 [J]. 昆虫学报, 2012, 55 (6): 694-702.
- [16] 游灵, 王广利, 田生荣, 等. 四种低毒杀虫剂对小菜蛾生长发育及繁殖的亚致死效应 [J]. 植物保护学报, 2013, 40 (6): 567-598.
- [17] Wei H, Wang J, Li H S, et al. Sub-Lethal Effects of Fenvalerate on the Development, Fecundity, and Juvenile Hormone Esterase Activity of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) [J]. Agricultural Sciences in China, 2010, 9 (11): 1612-1622.
- [18] Wang G L, Huang X L, Wei H Y, et al. Sublethal Effects of Larval Exposure to Indoxacarb on Reproductive Activities of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2011, 101 (3): 227-231.
- [19] Pittendrigh B R, Pivnick K A. Effects of a Host Plant, *Brassica juncea*, on Calling Behaviour and Egg Maturation in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* [J]. EntomolExp Appl, 1993, 68 (2): 117-126.
- [20] Pivnick K A, Jarvis B J, Gillott C, et al. Daily Patterns of Reproductive Activity and the Influence of Adult Density and Exposure to Host Plants on Reproduction in the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Environ Entomol, 1990, 19 (3): 587-593.
- [21] Mahmoudvand M, Abbasipour H, Garjan A S, et al. Sublethal Effects of Indoxacarb on the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 2011, 46 (1): 75-80.
- [22] 顾晓军, 田素芬, 高飞, 等. 阿维菌素对小菜蛾3龄幼虫的亚致死效应研究 [J]. 中国农业通报, 2008, 24 (2): 423-436.
- [23] 田素芬, 赵士熙. 锐劲特、阿维菌素对小菜蛾亚致死效应的研究

- [J]. 植物保护学报, 2008, 35 (2): 175-180.
- [24] 谭晓伟, 任龙, 徐希宝, 等. 氯虫苯甲酰胺对小菜蛾亚致死效应的研究 [J]. 植物保护, 2012, 38 (4): 42-46.
- [25] Fwjiwara Y, Takahashi T, Yoshioka T, et al. Changes in Egg Size of the Diamondback Moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) Treated with Fenvalerate at Sublethal Doses and Viability of the Eggs [J]. Applied Entomology and Zoology, 2002, 37 (1): 103-109.
- [26] Hu J F, Liang P, Shi X Y, et al. Effects of Insecticides on the Fluidity of Mitochondrial Membranes of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella*, Resistant and Susceptible to Avermectin [J]. Journal of Insect Science, 2008, 8 (2): 42-46.
- [27] Perera D R, Armstrong G, Senanayake N. Effect of Antifeedants on the Diamondback Moth (*Plutella xylostella*) and Its Parasitoid *Cotesia Plutellae* [J]. Pest Management Science, 2000, 56 (5): 486-490.
- [28] Akol A M, Sithanatham S, Njagi P G, et al. Relative Safety of Sprays of Two Neem Insecticides to *Diadegma mollipla* (Holmgren), a Parasitoid of the Diamondback Moth: Effects on Adult Longevity and Foraging Behaviour [J]. Crop Protection, 2002, 21 (9): 853-859.
- [29] Liang G M, Chen W, Liu T X. Effects of Three Neem-Based Insecticides on Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Crop Protection, 2003, 22 (2): 333-340.
- [30] Liu B, Zhu Y J. Laboratory Studies on the Effect of the Bioinsecticide GCSC-BtA on Mortality and Feeding of Diamondback Moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) Larvae on Cabbage [J]. Journal of Plant Diseases and Protection, 2006, 113 (1): 31-36.
- [31] Charleston D S, Kfir R, Vet L E M, et al. Behavioural Responses of Diamondback Moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to Extracts Derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* [J]. Bulletin of Entomological Research, 2005, 95 (5): 457-465.
- [32] 刘霞, 牛芳, 王开运, 等. 亚致死浓度氯虫苯甲酰胺对小菜蛾生物学特性的影响 [J]. 农药科学与管理, 2014, 35 (8): 58-62.
- [33] Zhou L J, Huang J G, Xu H H. Monitoring Resistance of Field Populations of Diamondback Moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) to Five Insecticides in South China: A Ten-year Case Study [J]. Crop Protection, 2011, 30 (3): 272-278.
- [34] Young H P, Bailey W D, Roe R M. Spinosad Selection of a Laboratory Strain of the Tobacco Budworm, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), and Characterization of Resistance [J]. Crop Protection, 2003, 22 (2): 265-273.
- [35] Ninsin K D. Acetamiprid Resistance and Cross-Resistance in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* [J]. Pest Management Science, 2004, 60 (9): 839-841.
- [36] Ninsin K D. Selection for Resistance to Acetamiprid and Various Other Insecticides in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae) [J]. Journal of Applied Entomology, 2004, 128 (6): 445-451.
- [37] Kawazu K, Shimoda T, Suzuki Y. Effects of Insecticides on the Foraging Behaviour and Survival of *Cotesia vestalis*, a Larval Parasitoid of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* [J]. Journal of Applied Entomology, 2011, 135 (9): 647-657.
- [38] Haseeb M, Amano H, Nemoto H. Pesticidal Effects on Mortality and Parasitism Rates of *Diadegma semiclausum*, a Parasitoid of the Diamondback Moth [J]. BioControl, 2000, 45 (2): 165-178.
- [39] Cordero R J, Bloomquist J R, Kuhar T P. Susceptibility of Two Diamondback Moth Parasitoids, *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), to Selected Commercial Insecticides [J]. Biological Control, 2007, 42 (1): 48-54.
- [40] Charleston D S, Gols R, Hordijk K A, et al. Impact of Botanical Pesticides Derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* Plants on the Emission of Volatiles that Attract Parasitoids of the Diamondback Moth to Cabbage Plants [J]. Journal of Chemical Ecology, 2006, 32 (2): 325-349.
- [41] Charleston D S, Kfir R, Dicke M, et al. Impact of Botanical Pesticides Derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on the Biology of Two Parasitoid Species of the Diamondback Moth [J]. Biological Control, 2005, 33 (2): 131-142. (责任编辑: 柏亚罗)

富美实在巴西首次推出生物杀线虫剂 Presence

富美实公司在巴西市场首次上市生物杀线虫剂 Presence, 该杀线虫剂为枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*) 和地衣芽孢杆菌 (*Bacillus licheniformis*) 复配剂, 主要用于棉花和大豆等作物。公司称, Presence 为种子处理可分散粉剂, 是巴西市场首个用于种子处理的生物杀线虫剂。在施用早期, 2 种有效成分之间的协同作用就能够有效促进根系健康生长, 且具有良好的稳定性。富美实公司补充说, 在 2 种有效成分复配的市售产品中, Presence 有效成分浓度最高, 可用于作物化学解决方案。

(陈晨译自《AGROW》)