

小菜蛾对阿维菌素抗药性的研究进展

孙礼兵¹, 柳 峰², 刘 限¹, 吴青君²

(1. 沈阳农业大学 生物科学技术学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要:小菜蛾是在世界范围内最难防治的害虫之一,小菜蛾对阿维菌素的抗性是目前十字花科蔬菜生产中的突出问题。现主要综述了小菜蛾对阿维菌素抗性现状、交互抗性、抗性机理方面的研究进展,以期对其抗性治理提供参考。

关键词:小菜蛾;阿维菌素;抗药性

中图分类号:S 436.341.2⁺4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)16-0205-03

小菜蛾(*Plutella xylostella*)属于鳞翅目菜蛾科,是十字花科蔬菜的主要害虫,在世界范围内广泛分布。小菜蛾繁殖速度快,发生频繁,幼虫在十字花科蔬菜的整个生育期危害叶片,大大降低了蔬菜的产量和质量。小菜蛾还有另外一个显著特性是容易产生抗药性,目前小菜蛾对有机磷、有机氯、拟除虫菊酯、生物制剂 Bt 和阿维菌素类等多种类型的杀虫剂均产生了不同程度的抗性^[1-2]。

阿维菌素(Avermectin, AVMs)是由链霉菌中灰色链霉菌 *Streptomyces avermitilis* 发酵产生的、具有杀螨、杀线虫、杀虫活性的十六元大环内酯化合物。由于其对抗性小菜蛾极高的活性,迅速成为防治小菜蛾的首选药剂。根据对我国农药登记公告的不完全统计,

目前登记用于防治小菜蛾的阿维菌素单剂和混剂超过 60%。如此大量的阿维菌素用于小菜蛾的防治,势必会对小菜蛾造成高的选择压力,不可避免地导致抗药性的产生^[3-4]。

针对小菜蛾对阿维菌素的抗药性,国内外主要研究了田间种群的抗性监测、交互抗性以及抗药性机制等方面。近年来,靶标抗性机制的研究也取得了新的进展,阿维菌素的作用靶标 GluCl 受体和 GABA 受体氯离子通道的部分亚基基因全长的分子克隆、鉴定和表达等方面已有了初步研究,这有助于阐明小菜蛾对阿维菌素的靶标抗性机制。鉴于小菜蛾对阿维菌素的抗药性是生产中日益严重的问题,现主要综述了小菜蛾对阿维菌素的抗药性现状、交互抗性和抗性机理方面的研究进展,以期对小菜蛾的抗性治理提供参考。

1 小菜蛾对阿维菌素抗性的田间监测

抗药性监测是了解田间害虫种群抗药性现状和发展动态的主要方法,国内最早报道小菜蛾对阿维菌素抗性的是在广东地区。冯夏等^[5]报道广东省供港小菜蛾对阿维菌素的抗性呈逐年提高的趋势,1992 年为 2 倍,1994 年时为 12 倍,到 1996 年就达到 20 倍。李

第一作者简介:孙礼兵(1984-),男,山东枣庄人,在读硕士,研究方向为蔬菜害虫毒理学。E-mail:198418erbao@sina.com。

责任作者:吴青君(1971-),女,河北石家庄人,博士,副研究员,现主要从事蔬菜害虫的毒理学和综合治理研究工作。E-mail:wuqj@mail.caas.net.cn。

基金项目:农业行业科技专项资助项目(201003021)。

收稿日期:2011-05-03

[26] 白新祥. 菊花花色形成的表型分析[D]. 北京:北京林业大学,2007.

[27] Faizad M, Griesbach R, WEISS M R. Floral color change in *Viola cornuta* L (Violaceae): a model system to study regulation of anthocyanin production[J]. *Plant Science*, 2002, 162: 225-231.

[28] 贺窑青, 马履一, 桑子阳. 红花玉兰花色形成的初步研究[J]. *西北植物学报*, 2010, 30(11): 2252-2257.

[29] 怀慧明, 贾忠奎, 马履一. 木兰科植物组织培养研究进展[J]. *林业实用技术*, 2010(8): 27-29

Advances in Research of *Magnolia wufengensis*

WANG Xiao-ling, MA Lv-yi, JIA Zhong-kui, ZHU Zhong-long, ZHANG Tian-tian

(The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: *Magnolia wufengensis* L. Y. Ma et L. R. Wang is a new species of *Magnolia* discovered from Wufeng County, in the southwest of Hubei Province, China. The discovery has important scientific significance and development value. The current study of *Magnolia wufengensis* was mainly focus on investigation and protection of germplasm, genetic characteristics, seedling cultivation, resistance, causes of color, etc. This article summarized these areas, and provide some suggestions for the continue research.

Key words: *Magnolia wufengensis*; research value; research results

腾武等^[6]的监测结果显示,1997~1998年,宣化、武汉、北京、云南的小菜蛾对阿维菌素的抗性倍数分别为3.7、5.7、15.7、22.3倍。Pu等^[7]从2007~2009年,监测了云南通海小菜蛾种群对阿维菌素的抗药性。结果显示,从通海田间采集的小菜蛾在室内饲养6代后对阿维菌素的抗性从最初的5000倍降到3.4倍,最终稳定在5倍左右,而继续用阿维菌素汰选的通海种群抗药性逐代增加,最高可达23670倍。可见,对阿维菌素高抗的小菜蛾种群在停止用药后,抗药性会大幅度降低,而连续用阿维菌素汰选的小菜蛾种群,可产生对其高水平的抗药性。Zhou等^[3]于1999~2009年,对中国南部小菜蛾种群进行抗药性监测,结果显示,从1999~2005年小菜蛾对阿维菌素的抗性较低,抗性倍数为1.2~8.2,但是从2007~2009年,抗性明显增加,9个种群中只有2个是低抗的,一个是中抗,5个是高抗水平的,还有一个是极其高抗的(抗性倍数为122.4)。从以上结果可看出,小菜蛾对阿维菌素的抗性是逐年升高的,而且近年来增加明显,部分地区已达到高抗水平。

2 阿维菌素抗性小菜蛾对其它药剂的交互抗性

交互抗性是指昆虫对一种药剂产生抗性后,往往对没有使用过的其它药剂也发生抗性的现象,交互抗性通常存在于具有相同抗性机理的药剂之间。由于不同抗性品系的抗性背景不同,所得的交互抗性结果也不尽相同^[8]。何玉仙等^[9]研究发现,田间小菜蛾种群在实验室内经过15代的选育,对阿维菌素的抗性增加了66.44倍。但对马拉硫磷、灭多威、氯氰菊酯、氟啶脲类的抗性水平却有所下降,表明阿维菌素与这些药剂之间不存在交互抗性。吴青君等^[10]的研究发现,阿维菌素类杀虫剂与有机磷、有机氯、沙蚕毒素类、氨基甲酸酯类、微生物杀虫剂Bt、磺胺脲类衍生物、芳基取代的吡咯杂环化合物、酰胺类无交互抗性(R/S为0.73~1.19),而对苯基吡唑类氟虫腴的敏感性却有所上升(R/S为0.22)。梁沛等^[11]研究发现,阿维菌素抗性种群与苯甲酰基脲类杀虫剂无交互抗性。冯夏等^[5]报道,抗Bt的小菜蛾品系对阿维菌素无交互抗性,但用阿维菌素选育的抗性品系对氟啶脲类敏感性测定结果表明,其对氟啶脲类产生了明显的抗性,说明它们之间存在交互抗性。Fauziah等^[2]报道,抗除虫脲的小菜蛾种群对阿维菌素没有交互抗性。李腾武等^[12]用阿维菌素汰选小菜蛾,得到812倍抗性品系,该品系对马拉硫磷、溴氰菊酯、灭多威、氟苯脲4类药剂也不存在交互抗性。Pu等^[7]的研究表明,通海田间对阿维菌素高抗性的种群,其抗性并不稳定。用阿维菌素汰选的通海种群对甲维盐的交互抗性水平很高,对多杀菌素和氟虫腴的交互抗性水平较低。以上研究结果可看出,用阿维菌素汰选的小菜蛾,除对甲维盐等少数农药产生交互抗性外,对马拉硫磷、灭多威、有机磷、有机氯、氨基甲酸酯类、微生物杀虫剂Bt、磺胺脲类衍生物等多数农药无交互抗性,或者交互抗性水平较低。

3 小菜蛾对阿维菌素的生化抗性机制

抗药性机制的研究主要涉及生化抗性机制和靶标抗性机制等方面。小菜蛾对阿维菌素的生化抗性机制的研究主要集中在代谢抗性上,是指由于解毒酶活性的增强而对杀虫剂代谢加速所产生的抗性。吴青君等^[13]对多功能氧化酶、酯酶和谷胱甘肽-S转移酶等解毒酶的研究表明,低龄幼虫的抗性与酶分子的变构有关,随幼虫虫龄的增长,酶分子数量的增加,在抗性中所起的作用逐渐增强。Qian等^[14]的研究证明,小菜蛾多功能氧化酶活性的增强,是对阿维菌素抗性增强的关键因素。许多研究认为,小菜蛾对阿维菌素的抗性与多种解毒酶系有关^[11],包括多功能氧化酶、酯酶和谷胱甘肽-S转移酶等,但是这些解毒酶之间的相互关系以及每种酶所起的具体作用并不清楚,需要进一步的探索。

4 小菜蛾对阿维菌素的靶标抗性机理

靶标抗性即靶标不敏感性,是指由于杀虫剂作用靶标敏感度(Target site insensitivity)降低而产生的抗性。靶标抗性是害虫对杀虫剂产生抗性极为重要的一种机制,尤其与高水平抗性有关。从基因水平上讲,有3类突变可产生抗性:基因扩增,其结果是在DNA中呈现该基因的多个拷贝数;过表达,即基因表达调控发生了改变,从而产生比敏感个体更多的产物;基因的结构改变,比如单个点突变可能导致不同氨基酸的产生,使基因产物的三维结构发生变化而产生抗性^[15]。

4.1 阿维菌素的作用靶标

最初的研究认为,阿维菌素作用的靶标是GABA门控的氯离子通道,即GABA受体,阿维菌素能够激活GABA门控的氯离子通道,影响正常的神经传导,致使虫体麻痹死亡。然而,阿维菌素对GABA受体的作用需要很高的浓度(远高于治疗效果的浓度),并且通常是打开通道而不是起到抑制作用,而后来研究发现,阿维菌素在低浓度时可以激活谷氨酸控制的氯离子通道的开放,即作用于谷氨酸门控的氯离子通道GluCl受体,也影响神经传导,致虫体死亡。因此,谷氨酸门控的氯离子通道是阿维菌素更为重要的生理靶标^[16]。阿维菌素对无脊椎动物的作用是通过直接激活GluCl和GABA受体或增强通道受体的作用,导致氯离子涌入神经细胞或肌肉细胞中。阿维菌素可能有多个结合位点,目前研究较多的是GABA和GluCl受体。

4.2 GABA受体和GluCl受体在小菜蛾对阿维菌素抗性中的作用

GABA受体和GluCl受体同属于半胱氨酸环配体门控离子通道超家族,作为阿维菌素的作用靶标,在小菜蛾抗药性中起到重要作用。目前对小菜蛾GABA受体的cDNA已经进行了分子克隆、鉴定和表达等方面的研究。在研究中发现,小菜蛾GABA受体相关的抗性主要是由GABA受体基因与药剂亲和力的降低或结合位点的数目减少所致。吴青君等^[10]通过放射配体结合分析发现,敏感和抗性种群小菜蛾对GABA

受体的亲和力均无显著差异,但抗性种群受体最大的结合数目比敏感种群降低了 63.6%。该研究认为,GABA 受体结合数目的降低是小菜蛾对阿维菌素产生抗性的重要机制之一。Yuan 等^[17]对小菜蛾敏感种群基因 PxGABAR α 1 和 PxGABAR α 2 克隆,并获得基因组 DNA 序列 PxGABAR α 1 (GenBank 登录号: FJ668709) 和 PxGABAR α 2 (GenBank 登录号: FJ668710)。并在 PxGABAR α 2 的 302 位上发现 1 个丝氨酸代替丙氨酸的突变。小菜蛾 GABA 受体部分亚基基因基因组 DNA 序列的测定,对于进一步研究 GABA 受体对阿维菌素的抗性机制奠定了基础。

小菜蛾 IGluRs 对阿维菌素抗性的研究比较少,对无脊椎动物 IGluRs 的研究主要来自于线虫、果蝇等动物,其中线虫对伊维菌素(阿维菌素的衍生物)的主要抗性机理是 GluCl 受体 α 亚基的 GluCl α 3 的突变(L256F),导致与药物的亲和力下降^[18-19]。线虫在这方面的探索,对于小菜蛾抗阿维菌素机制的研究具有借鉴意义。对于目前在小菜蛾 GluCl 受体的研究方面,梁延坡等^[20]通过 RT-PCR 结合 RACE 技术首次成功克隆了敏感和抗性品系小菜蛾 GluCl α 全长序列。小菜蛾 GluCl 受体对阿维菌素的抗性机理还需要进一步的研究探索。

5 结语

阿维菌素是目前防治小菜蛾的主要药剂,小菜蛾对阿维菌素的抗药性的增加成为蔬菜生产中日益严重的问题。有关对该杀虫剂的抗性监测、交互抗性以及生理生化抗性机制等方面的研究探索,为小菜蛾的抗性治理奠定了基础。但是,目前的研究结果尚不能完全解释小菜蛾对阿维菌素的抗性机理,特别是其靶标 GABA 受体和 GluCl 受体在抗性中的作用究竟如何、它们在对阿维菌素的抗性中分别所起的作用以及它们之间的关系并不清楚,还需要进一步的探索。

参考文献

- [1] Talekar N S, Shelton A M. Biology, ecology and management of the diamondback moth [J]. Annual review of entomology, 1993, 38: 275-301.
- [2] Fauziah I, Denis J W. Cross-resistance between acylurea insect growth regulators in a strain of *Plutella xylostella* L. from Malaysia [J]. Pesticide science, 1991, 33: 359-370.
- [3] 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: 272-278.
- [4] Mrozik H, Eskola P, Linn B O, et al. Discovery of novel avermectins with unprecedented insecticidal activity [J]. Cellular and molecular life sciences, 1989, 45(3): 315-316.
- [5] 冯夏, 陈焕瑜, 吕利华, 等. 广东小菜蛾对阿维菌素的抗性研究 [J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(2): 35-38.
- [6] 李腾武, 高希武, 司升云, 等. 小菜蛾对阿维菌素的抗性选育及遗传特性的研究 [J]. 世界农药, 1999, 21(增刊 2): 109.
- [7] Pu X, Yang Y H, Wu S W, et al. Characterisation of abamectin resistance in a field-evolved multiresistant population of *Plutella xylostella* [J]. Pest management science, 2010, 66(4): 371-378.
- [8] Noppun V. Cross resistance and synergism studies in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) [J]. Applied entomology zoology, 1987, 22: 98-104.
- [9] 何玉仙, 杨秀娟, 翁启勇. 小菜蛾对阿维菌素的抗性研究 [J]. 福建农业学报, 2002, 17(3): 155-158.
- [10] 吴青君, 张文吉, 张友军. 表皮穿透和 GABAA 受体不敏感性在小菜蛾对阿维菌素抗性中的作用 [J]. 昆虫学报, 2002, 45(3): 336-340.
- [11] 梁沛, 高希武, 郑丙宗, 等. 小菜蛾对阿维菌素的抗性机制及交互抗性研究 [J]. 农药学报, 2001, 3(1): 41-45.
- [12] 李腾武, 高希武, 郑炳宗. 阿维菌素对小菜蛾的抗性选育及其对解毒酶活性的影响 [J]. 昆虫学报, 2000, 43: 38-43.
- [13] 吴青君, 张文吉, 张友军, 等. 解毒酶在小菜蛾对阿维菌素抗性中的作用 [J]. 农药学报, 2001, 3(3): 23-28.
- [14] Qian L, Cao G C, Song J X, et al. Biochemical mechanisms conferring cross-resistance between tebufenozide and abamectin in *Plutella xylostella*. [J]. Pesticide biochemistry and physiology, 2008, 91: 175-179.
- [15] 陶士强, 吴福安, 程嘉翎. 昆虫的抗药性分子机制研究进展 [J]. 中国蚕业, 2005, 26(1): 11-13.
- [16] 吴青君, 张友军, 徐宝云. 抑制性谷氨酸受体 (IGluRs) 通道及其相关杀虫剂的作用 [J]. 农药学报, 2008, 10(3): 251-259.
- [17] Yuan G R, Yang Y H, Wu Y D. Molecular Cloning, Genomic Structure, and Genetic Mapping of Two RDL-orthologous Genes of GABA Receptors in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* [J]. Insect biochemistry and physiology, 2010, 74(2): 81-90.
- [18] Dent J A, Smith M M, Vassilatis D K, et al. The genetics of ivermectin resistance in *Caenorhabditis elegans* [J]. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2000, 97: 2674-2679.
- [19] Holden D L, Walker R J. Actions of glutamate and ivermectin on the pharyngeal muscle of *Ascaridia galli*: a comparative study with *Caenorhabditis elegans* [J]. International journal for parasitology, 2006, 36: 395-402.
- [20] 梁延坡, 吴青君, 刘长仲, 等. 小菜蛾 GluCl 受体 α 亚基 cDNA 基因克隆和序列分析 [J]. 植物保护, 2011, 36(4): 49-54.

Progress on The Resistance of Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) to Abamectin

SUN Li-bing¹, LIU Feng², LIU Xian¹, WU Qing-jun²

(1. College of Biological Science and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: *Plutella xylostella* is one of the most difficult pests to control worldwide and the resistance to abamectin is the prominent problem in the production of cruciferous vegetables. In this paper, the current resistance status, cross-resistance and resistance mechanism of *Plutella xylostella* to abamectin were reviewed, which will provide reference for treatment of the resistance.

Key words: *Plutella xylostella*; abamectin; resistance