

阿维菌素对广赤眼蜂 (*Trichogramma evanescens*) 不同发育阶段的毒性和实验种群动态的影响

朱九生^{1,*}, 连梅力², 王 静¹, 秦 曙¹

(1. 山西省农药重点实验室, 太原 030031; 2. 山西省农业科学院植物保护研究所, 太原 030031)

摘要:研究了阿维菌素对广赤眼蜂不同发育阶段的毒性和实验种群动态的影响。结果表明,阿维菌素田间推荐剂量喷雾处理可显著降低米蛾卵内广赤眼蜂的羽化率;除卵期外,其它 3 种发育阶段经该药处理,羽化后的雌蜂寿命显著缩短,其中预蛹和蛹期处理雌蜂前翅畸形率高达 43.3%~47.2%,影响程度随着其生长发育的进行呈增大趋势。根据药膜法剂量与效应测定结果,广赤眼蜂成蜂对阿维菌素比较敏感, LC_{50} 值为 $2.1991\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。温室盆栽试验表明,1.8% 阿维菌素乳油对广赤眼蜂成蜂的持效期为 10d,具有一定程度的残留毒性。广赤眼蜂的蛹经阿维菌素亚致死剂量 LC_{35} 处理后,发育至成蜂,除羽化后的雌蜂产卵量显著减少外,雌蜂寿命、子代羽化率和子代性比与对照并无显著差异。生命表参数显示, LC_{35} 处理后的广赤眼蜂净增值率和世代平均历期明显地低于对照,但内禀增长率、周限增长率和种群倍增时间与对照差异不明显。可以认为阿维菌素亚致死剂量对广赤眼蜂的种群没有重要影响。

关键词:阿维菌素;广赤眼蜂;生物防治;副作用;持效期;种群动态

文章编号:1000-0933(2009)09-4738-07 中图分类号:Q142,Q968,X171 文献标识码:A

The toxicity of abamectin on different developmental stages of *Trichogramma evanescens* and effects on its population dynamics

ZHU Jiu-Sheng^{1,*}, LIAN Mei-Li², WANG Jing¹, QIN Shu¹

1 Key Laboratory of Pesticides of Shanxi, Taiyuan 030031, China

2 Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4738 ~ 4744.

Abstract: The toxicity of abamectin on different developmental stages of *Trichogramma evanescens* and effects on its population dynamics were studied. The results showed that emergence rate of *T. evanescens* from *Corcyra cephalonica* S. eggs was significantly inhibited when parasitized host eggs were sprayed with abamectin at the field recommended concentration. Longevity of emerged female *T. evanescens* was reduced when treated with abamectin during in preimaginal stages with the exception of egg stage. Exposed to abamectin during prepupal and pupal stages could resulted in 43.3%—47.2% of female brachyptery, and high impact of abamectin on *T. evanescens* was observed with the parasitoid development. Based on the dose-response study, the LC_{50} value was $2.1991\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ when adult was exposed to fresh dry insecticide film, which indicates that adult *T. evanescens* was susceptible to abamectin. Under conditions of greenhouse, effectiveness of abamectin lasted for 10d for adult *Trichogramma evanescens*, which demonstrates that the pesticide was classified as slightly persistent. Number of parasitized eggs per emerged female adult was significantly reduced when parasitized host eggs were sprayed with LC_{35} dose of abamectin at pupal stage. However, longevity of emerged female adult, F_1 emergence ratio and F_1 sex ratio were not affected significantly by the sub-lethal dosage treatment. Adult life table parameters indicated that net reproductive rate and mean generation time in LC_{35} treatment were obviously lower than those in the control, but intrinsic rate of increase, finite

基金项目:山西省回国留学人员科研资助项目(2005-82)

收稿日期:2008-05-26; 修订日期:2008-12-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zjs5963@163.com

rate of increase and doubling time were similar among LC_{35} treatment and the control. It was suggested that population dynamics of *T. evanescens* might not be affected significantly by sub-lethal dose of abamectin.

Key Words: abamectin; *Trichogramma evanescens*; biological control; side effect; persistence; population dynamics

赤眼蜂(*Trichogramma* spp)是当今国内外研究最多、应用最广、影响最大的天敌昆虫之一。多年来,赤眼蜂释放一直作为一种重要的生物防治手段,在控制鳞翅目害虫发生方面起到了重要的作用^[1-5]。但人工释放赤眼蜂受环境条件影响较大,导致防治效果不稳定,其中化学农药的使用常常会对寄生蜂造成危害,使其难以定居建立自然种群,即使单纯放蜂进行生物防治,赤眼蜂也不可避免地受到残留在放蜂农田或邻近地块农药的影响^[6]。因此,如何协调化学防治与生物防治就成为众多学者研究的热点^[3]。

阿维菌素(abamectin)是一种大环内酯双糖类生物杀虫杀螨剂,其杀虫机理独特,作用靶标是神经轴突 γ -氨基丁酸调节的氯离子通道。该药剂杀虫谱广,对节肢动物中的蜱螨目、鞘翅目、同翅目和鳞翅目等害虫、害螨具有很高的生物活性,对多种动物胃肠道线虫、动物肺线虫、牛皮蝇蛆、虱、螨以及蜚等也有较好的防治效果,广泛应用于农业害虫和牲畜寄生虫的防治^[7],是我国取代高毒有机磷农药的主要品种之一,在有害生物治理中占有重要地位。目前涉及阿维菌素对害虫的生物活性和对部分天敌影响的研究颇多^[8-12],而其对广赤眼蜂影响尚缺乏详尽的研究。本文研究了阿维菌素对广赤眼蜂生长发育的毒性和实验种群动态的影响,旨在为协调化学防治与生物防治提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

广赤眼蜂(*Trichogramma evanescens* Westwood)由山西省农业科学院植物保护研究所生物防治研究室提供,蜂种于2000年从埃及引进,用米蛾卵扩大繁殖至今。采用继代饲养的新羽化的成虫进行试验。

米蛾(*Corcyra cephalonica* Stainton)卵,取自山西省农业科学院植物保护研究所生物防治研究室用麦麸饲养的米蛾实验种群。收集当日新产的米蛾卵,接蜂前以30W紫外灯照射米蛾卵0.5h,杀死其胚胎。将新鲜的米蛾卵用乳胶粘在2cm×2cm的白纸上做成卵卡备用。

1.8%阿维菌素乳油(商品名为虫螨克),桂林集琦药业股份有限公司产品,市售。毒性和持效性测定采用田间推荐剂量 $7.2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,种群动态测定采用亚致死剂量 LC_{35} $0.9097\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1.2 试验方法

1.2.1 对米蛾卵内广赤眼蜂卵、幼虫、预蛹和蛹的毒性测定

将米蛾卵卡(150粒左右/张)以卵与蜂之比例为10:1接蜂6h,接蜂后的卵卡置于人工气候箱中发育至1d(卵期)、2d(幼虫期)、4d(预蛹期)和7d(蛹期)后,将1ml药液用改进后的皮特喷雾塔(3WPSH-500E型,农业部南京农业机械化研究所研制)喷洒到卵卡上,卵卡风干后装入试管(2cm×10cm)内继续置于人工气候箱中饲养。待羽化开始后,每重复取刚羽化(小于12h)的雌成蜂10头,单头装在点涂有25%蜂蜜水的试管内,置于人工气候箱中,观察并记录每头雌蜂的寿命。待对照成虫羽化结束后,用解剖镜检查羽化与未羽化蜂数、雌雄成蜂数,前翅畸形雌蜂数。以喷洒蒸馏水为对照,每处理重复3次。

1.2.2 对广赤眼蜂成蜂的毒性测定

将1.8%阿维菌素乳油用清水稀释成6个系列浓度,药液到满2cm×10cm试管中,5s后倒出药液,自然晾干,随后用昆虫针点涂蜂蜜水于试管内壁,接入羽化后12h内的成蜂50头左右,用黑布封紧管口,放入人工气候箱中饲养,6h后检查统计试管中死亡和存活蜂数。每一处理重复3次,并设清水对照。

1.2.3 对广赤眼蜂持效性测定

盆栽油菜(五月蔓),待其长至20cm高(叶片完全展开),用手持喷壶将供试农药按推荐浓度喷洒到油菜叶片上,叶面喷湿为止。处理后的油菜放回温室中培养,每天定时记录温室中的温度和湿度。

喷药后 1、3、5、7d 和 10d 采样,每重复采集叶片 2 张。在室内将每张叶片剪成 5 个 1.5cm × 3cm 的叶碟,并在其中间点涂蜂蜜水备用。

单头雌蜂(羽化 0 ~ 12h 内)引入试管,将上述叶碟置于其中,蜂叶接触 3h 后放入新鲜卵卡供其寄生,24h 后取出卵卡,调查记录雌蜂死亡数,同时将卵卡放入人工气候箱中继续饲育,5d 后调查寄生卵数(卵粒变黑)。设喷清水为对照。每处理重复 3 次,共 6 盆油菜,每盆每次采集叶片 1 张,每重复雌成蜂 10 头。

1.2.4 对广赤眼蜂试验种群动态的影响

另取在人工气候箱中发育至 7d(蛹期)的寄生卵卡,进行上述喷雾处理,待成虫羽化当日,供给蜂蜜水,让其充分交配 6h 后单蜂引入试管中,管壁同样点涂蜂蜜水,并提供 1 张卵卡(约 50 粒卵/张),放入人工气候箱中培养,以喷清水为对照,每处理接蜂 40 管。此后每 12h 更换 1 次卵卡,同时观察记录雌蜂的存活情况。更换下的卵卡置于人工气候箱中继续饲育,允许其羽化和死亡。观察记录每日 2 张卵卡的黑卵数(寄生卵数)、羽化后的雌、雄成蜂数、羽化与未羽化的黑卵数。

根据每日雌蜂的存活情况、寄生卵数和子代雌蜂数,参照黄寿山等^[13]计算净增殖率、世代平均周期、内禀增长率等指标。计算公式为:净增殖率 $R_0 = \sum l_x \times m_x$,世代平均周期 $T = (\sum x l_x \times m_x) / (\sum l_x \times m_x)$, $r_m = \ln R_0 / T$,种群倍增时间 $DT = \ln 2 / r_m$,周限增长率 $\lambda = e^{r_m}$ 。其中 x 为种群寄生后的天数, l_x 为 x 期种群存活率, m_x 为 x 期间内平均每雌产雌卵数。

1.3 饲育或培养条件

人工气候箱温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(70 \pm 5)\%$,光照 14h,黑暗 10h。温室盆栽试验期间(2007 年 4 月 19 日至 29 日),室内白天温度为 $14.5 \sim 31.5^\circ\text{C}$,每 2d 给植株浇水 1 次。

1.4 数据处理

不同处理的成虫寿命、寄生卵量均用 SPSS 软件进行方差分析,并采用 Duncan 氏新复极差法进行平均数的多重比较。羽化率、死亡率等百分率数据先进行反正弦转换,再采用上述方法进行分析。

2 结果与分析

2.1 阿维菌素对米蛾卵内赤眼蜂 4 个发育阶段的毒性

2.1.1 对米蛾卵内广赤眼蜂羽化率的影响

表 1 结果表明,阿维菌素以田间推荐使用浓度处理对米蛾卵内广赤眼蜂的羽化有显著影响。对照组 4 个发育阶段的平均羽化率为 93.5%,而处理组平均羽化率为 57.1%,比对照降低了 38.9%。从表 1 中可以看出,处理时期不同对广赤眼蜂的影响程度也不同。预蛹期和蛹期处理赤眼蜂羽化率较低,其次是幼虫期,卵期处理羽化率较高。表明阿维菌素对米蛾卵内广赤眼蜂羽化率的影响程度随着其生长发育的进行呈增大趋势。以羽化率的降低指标(IOBC/WPRS 标准)来判断^[10],1.8% 阿维菌素乳油 $7.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 剂量对寄主卵内广赤眼蜂的毒性属于 2 级(slightly harmful,有一定程度的有害)。

表 1 阿维菌素处理对广赤眼蜂羽化率的影响

试验处理 Treatment	羽化率 Emergence from parasitized host eggs treated at different stages(%)				平均羽化率 Mean emergence in treatment(%)	羽化减退率 Reduction of emergence(%)
	卵期 Egg	幼虫期 Larvae	预蛹期 Prepupae	蛹期 Pupae		
阿维菌素 Abamectin	80.0 ± 3.8b	65.5 ± 9.4b	37.8 ± 8.0b	44.9 ± 2.2b	57.1	38.9
清水对照 Control	92.7 ± 0.7a	95.7 ± 0.2a	93.9 ± 2.0a	91.8 ± 3.1a	93.5	

表中数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误,下同; 同列中数据,如果后缀字母不同,则表示经 Duncan 检验,处理间差异显著($P < 0.05$),表 3 同 The data in the table denote mean of three replications ± SE, the same as below; Those followed by the different letter within same column are significantly different by Duncan($P < 0.05$); the same as Table 3

2.1.2 对羽化后蜂的性比、雌蜂寿命和翅发育的影响

从表 2 中可以看出,阿维菌素处理对广赤眼蜂羽化后蜂的性比无不良影响。除卵期处理外,在其它 3 种

发育阶段处理均可显著降低羽化后雌蜂的寿命,其中预蛹期和蛹期处理,前翅出现畸形的雌蜂量占羽化总雌蜂数的 43.3% ~47.2%。4 种虫态中,蛹期对阿维菌素最敏感,其次是预蛹期和幼虫期,卵期耐药性较强。

表 2 阿维菌素处理对广赤眼蜂性比、雌蜂寿命和翅发育的影响

Table 2 Sex ratio, brachyptery and female longevity of *T. evanescens* exposed to field recommended concentration of abamectin at four preimaginal developmental stages

赤眼蜂虫态 Developmental stages	试验处理 Treatment	雌蜂率(%) Female ratio	雌蜂翅畸形率(%) Brachypterous female rate	雌蜂的寿命(d) Adult female longevity
卵期 Egg	阿维菌素 Abamectin	66.1 ± 1.6a	3.5 ± 1.4b	2.6 ± 0.3a
	清水对照 Control	66.7 ± 4.2a	0.0 ± 0.0a	3.5 ± 0.3a
幼虫期 Larvae	阿维菌素 Abamectin	67.1 ± 9.7a	7.9 ± 1.9a	1.5 ± 0.2b
	清水对照 Control	65.9 ± 2.8a	5.8 ± 1.5a	3.4 ± 0.1a
预蛹期 Prepupae	阿维菌素 Abamectin	73.8 ± 2.6a	43.3 ± 10.1b	1.4 ± 0.1c
	清水对照 Control	71.1 ± 6.3a	0.3 ± 0.3a	3.4 ± 0.3a
蛹期 Pupae	阿维菌素 Abamectin	70.1 ± 3.2a	47.2 ± 2.8b	1.2 ± 0.3b
	清水对照 Control	70.9 ± 6.5a	5.4 ± 3.6a	3.7 ± 0.2a

同列中处理虫态相同的数据,如果后缀字母相同,则表示经 Duncan 检验,处理间差异不显著($P < 0.05$) In a column, values followed by the same letter at same stage treatment are not significantly different by Duncan ($P < 0.05$)

2.2 阿维菌素对广赤眼蜂成虫的毒性

根据广赤眼蜂 6h 成虫的死亡率与阿维菌素浓度数值之间的关系,采用 Finney 机率分析法,得出毒力曲线为: $y = 4.6560 + 1.0050x$,计算得到阿维菌素对广赤眼蜂致死中浓度 LC_{50} 为 $2.1991\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,是田间使用浓度 $7.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 1/3。根据农药对赤眼蜂的毒性等级划分标准^[14],1.8% 阿维菌素乳油对广赤眼蜂成虫属高毒农药。根据毒力方程求得 LC_{35} 为 $0.9097\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$,以此作为对种群影响的试验剂量。

2.3 阿维菌素对广赤眼蜂的持效性测定

持效性测定结果见图 1。成蜂死亡率结果表明,处理后 1d 和 3d,阿维菌素对广赤眼蜂的残留毒性较高,24h 死亡率达 93.3% ~100%,随着喷药后时间的延长,其毒性降低,但在喷药后 10d 仍达 46.7%。对寄生卵粒分析结果表明,喷药后 1、3d 和 7d,阿维菌素处理组广赤眼蜂产卵量显著低于对照,但处理后 5d 和 10d,其寄生卵量与对照无显著差异。根据死亡率和寄生卵量测定结果,可以认为在温室条件下 1.8% 阿维菌素乳油对广赤眼蜂的持效期为 10d。

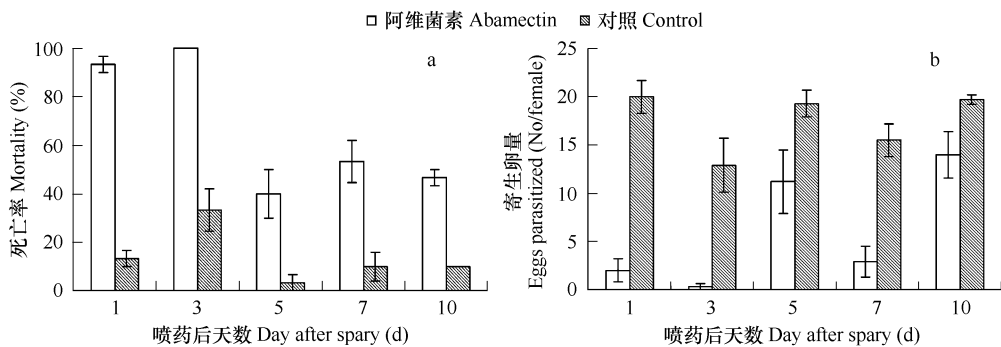


图 1 阿维菌素残留对广赤眼蜂雌成蜂存活(a)和寄生卵量(b)的影响

Fig. 1 Adult survival of *T. evanescens* (a) and number of *C. cephaloica* eggs parasitized (b) by *T. evanescens* exposed to abamectin residues

2.4 阿维菌素亚致死剂量处理对广赤眼蜂实验种群动态的影响

2.4.1 雌蜂寿命、寄生卵量、子代羽化率和性比变化

广赤眼蜂的蛹经阿维菌素亚致死剂量 LC_{35} 处理后,发育至成蜂,其雌蜂的寿命、寄生卵数、子代羽化率和

性比的测定结果见表 3。从每雌总寄生卵数来看,对照组为 53.92 粒,处理组为 43.7 粒,两者差异显著。从逐日寄生卵量(图 2)来看,对照组和处理组雌蜂均在羽化当日就达到其产卵高峰,之后随雌蜂年龄的增加急剧下降。但阿维菌素亚致死剂量处理后的广赤眼蜂,其每雌每日产卵量均小于对照相应日龄的产卵量,产卵峰值也低于对照。

表 3 阿维菌素亚致死剂量处理对广赤眼蜂寿命、寄生卵量、子代羽化率和性比的影响

Table 3 Impacts of sub-lethal dosages of abamectin on longevity, number of parasitized eggs, F₁ emergence rate and sex ratio of *Trichogramma evanescens* Westwood

处理 Treatment	雌蜂寿命(d) Longevity of female adult	每雌寄生卵量(粒) Number of parasitized eggs per female adult	子代孵化率(%) F ₁ emergence rate	子代雌蜂率(%) F ₁ female rate
阿维菌素 Abamectin	5.81 ± 0.50a	43.70 ± 3.26a	87.19 ± 0.93a	67.79 ± 2.79a
对照 Control	6.59 ± 0.61a	53.92 ± 3.55b	88.38 ± 1.02a	70.28 ± 3.42a

在供卵的条件下,广赤眼蜂雌蜂寿命对照组为 6.59d,处理组为 5.81d,两者差异不显著。子代羽化率和性比对照组和处理组之间也无显著差异。

2.4.2 广赤眼蜂种群的动态变化

剔除逃逸或被蜂蜜水粘住个体所产生的数据。根据观察资料,总结生殖力,计算出种群参数,结果见表 4。从表中可以看出,经阿维菌素亚致死剂量 LC₃₅ 处理后,广赤眼蜂的净增值率和世代平均历期为 25.2583 和 11.6139,明显地低于对照;但内禀增长率、周限增长率和种群倍增时间与对照差异不明显。可以认为阿维菌素亚致死剂量对广赤眼蜂的种群没有重要影响。

3 小结与讨论

赤眼蜂的生长发育分卵、幼虫、预蛹、蛹和成虫 5 个阶段。虽然前 4 个阶段在寄主卵内度过,寄主卵壳对其有一定的保护作用^[9],但对渗透力较强的一些农药而言,这种保护作用微乎其微^[15],并且农药的影响与处理时寄生蜂所处的发育状态无明显的相关性^[16]。

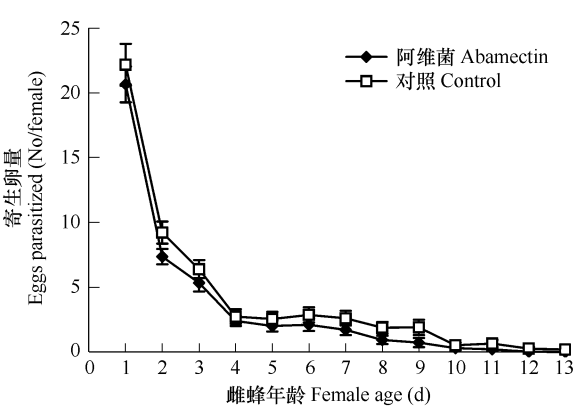


图 2 亚致死剂量阿维菌素处理对广赤眼蜂雌成蜂每日寄生卵量的影响

Fig. 2 Number of *C. cephaloica* eggs parasitized by female *Trichogramma evanescens* treated with sub-lethal dose of abamectin at pupal stage

表 4 阿维菌素亚致死剂量处理后广赤眼蜂的种群生命表参数

Table 4 Life table parameters of *Trichogramma evanescens* Westwood treated by sub-lethal dosages of abamectin at pupal stage

处理 Treatment	内禀增长率 Intrinsic rate of increase, r_m	净增值率 Net reproductive rate, R_0	世代平均周期 Mean generation time, T (d)	周限增长率 Finite rate of increase, λ	种群倍增时间 Doubling time , DT (d)
阿维菌素 Abamectin	0.2780	25.2583	11.6139	1.3205	2.4933
对照 Control	0.2905	31.6900	11.8987	1.3371	2.3860

然而,对一般的杀虫剂而言,农药处理时卵寄生蜂的发育状态至关重要,因为它决定了赤眼蜂羽化前农药的降解时间,进而决定了寄主卵壳上残留农药的多少和对赤眼蜂的影响程度^[17]。本研究对处理组未羽化的卵进行解剖检查,发现大部分广赤眼蜂能在米蛾卵内完成发育,其中有相当一部分已咬破卵壳,但没能从中羽化出来。说明阿维菌素对其发育进程没有实质性的影响,而残留在寄主卵壳上的农药对试图羽化的成蜂有明显的副作用。这从一个侧面解释了卵期和幼虫期羽化率高,而预蛹和蛹期羽化率低的原因。Plewka 等^[18]研究认为,一些杀虫剂不能穿透麦蛾卵的卵壳,试验蜂种从寄主卵中羽化出来时才会受到这些农药的影响,这与

本研究结果有相似之处。但并非所有的研究都与上述结果完全一致^[19],这可能是蜂种与寄主卵不同、农药与剂量有别和研究方法差异所致^[20,21]。

生物在吸收有毒物质后,个体发育的一部分能量用于解毒,会导致生物体寿命、产卵能力等的变化^[22]。Cônsoi 等^[9]报道一些昆虫生长调节剂能降低寄生蜂的寄生能力,影响其发育的历期。Suh^[16]等研究表明,经多杀菌素处理后的拟暗褐赤眼蜂,其雌成蜂的寿命降低。本研究中,1.8%阿维菌素乳油田间剂量处理对广赤眼蜂成蜂的性比没有不良影响,但羽化后的雌成蜂寿命显著缩短(卵期除外),翅的畸形率显著升高(幼虫期除外),其影响程度随着寄生蜂的发育而加大。阿维菌素亚致死剂量 LC_{35} 处理广赤眼蜂蛹,对羽化后雌蜂的生殖力有明显的抑制作用,而对雌蜂寿命、子代羽化率和子代性比影响不显著。生命表参数显示,在种群水平上,阿维菌素亚致死剂量 LC_{35} 处理对广赤眼蜂无明显影响。

在赤眼蜂的 5 个生长期中,成虫期是对农药最敏感的时期。本研究中,阿维菌素田间推荐使用浓度处理导致广赤眼蜂成蜂 65% 死亡, LC_{50} 值也只有田间剂量的 1/3,这从理论上说明田间喷施 1.8%阿维菌素乳油对广赤眼蜂成虫的存活有一定的影响。

农药施用后,对喷施环境中的某种生物产生作用所持续的时间称为农药的持效期。一般性质稳定、不易降解的农药,在田间条件下的持效期较长;反之,则较短。拟除虫菊酯类农药如氯氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯等对甘蓝夜蛾赤眼蜂持效期较短,而氨基甲酸酯类农药甲萘威对该寄生蜂持效期较长^[23]。本研究中,1.8%阿维菌素乳油对广赤眼蜂的持效期为 10d,根据 IOBC/WPRS 标准^[10],属于 2 级(slightly persistent,有一定程度的持效性)。阿维菌素对卷蛾赤眼蜂的持效期也属于此范围^[10]。

本研究是在实验室和温室条件下进行的。由于阿维菌素是直接被喷洒到供试对象上的,因此,寄主卵和寄主植物叶片接触到农药的量有可能是最大的。而在田间,寄主卵通常是产在叶片背面,暴露在农药直接喷洒下的机率很少,接受到农药的量也远远小于在实验室接受到的量,所以,在田间喷药以前被寄生的卵都有可能羽化出正常的蜂。由于阿维菌素在田间的半衰期较短,阿维菌素喷施后 5d,从寄生卵内羽化出的或人工释放的赤眼蜂,其生存也可能不会受到该药的影响。田间结果是否正如上所述推断有待进一步研究。

References:

- [1] Bao J Z, Gu D X. Biological control in China. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 1998. 1—12.
- [2] Hafez M B, Hassan S A. The side effects of plant extracts and metabolites of *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai and conventional fungicides on the beneficial organism *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). J Appl Entomol, 1999, 123(6): 363—368.
- [3] Hafez M B. Comparative study of side effects of some pesticides applied on glass plates and plant leaves on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). Alex J Agric Res, 1998, 43(1): 47—56.
- [4] Hu X N, Liang G W, Pang X F. Ecological control of Asian corn borer (ACB), *Ostrinia furnacalis* in the sweet corn field. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(11): 2573—2578.
- [5] Wang Y L, Xiao Z Q. Progress of research and application on *Trichogramma* in China. Chinese Agric Sci Bulletin, 1998, 14(1): 43—45.
- [6] Iakada Y, Kawamura S, Ianaka I. Effect of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera Trichogrammatidae). J Econ Entomol, 2001, 94(6): 1340—1343.
- [7] Wang G C, Zheng Z M, Gao L M, et al. Mechanism and application of abamectin. Plant Doctor, 2006, 19(1): 4—5.
- [8] He Y S, Yang X J, Weng Q Y, et al. Biological toxicity of Avermectin to *Plutella xylostella*. Fujian J Agri Sci, 2001, 16(2): 24—27.
- [9] Cônsoi F L, Parra J R P, Hassan S A. Side effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riely (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). J Appl Entomol, 1998, 122(1): 43—47.
- [10] Hassan S A. The side effects of 161 pesticides on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera, Trichogrammatidae). In: Hassan S A ed. Egg parasitoids. Berlin: Parey Buchverlag Berlin, 1998. 63—76.
- [11] Shipp J L, Wang K, Ferguson G. Residual toxicity of avermectin b1 and pyridaben to eight commercially produced beneficial arthropod species used for control of greenhouse pests. Biocontrol, 2000, 17(2): 125—131.
- [12] Tursun A, Guo W C, He J, et al. Influential effects of pesticides and acaricides to *Trichogramma chilonis* Ishii in Xinjiang farmland. Xinjiang Agric Sci, 2004, 41(1): 34—37.

- [13] Huang S S, Dai Z Y, Wu D Z. The establishment and application of the experimental population life tables of *Trichogramma* spp. on different hosts. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1996, 23(3): 209–212.
- [14] Zhao H, Li K, Wu S G, *et al.* Evaluation on toxicity and safety of chlorpyrifos to environmental organisms. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2004, 16(5): 292–298.
- [15] Vieira A, Oliveira L, Garcia P. Effects of conventional pesticides on preimaginal developmental stages and on adult of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Sci Technol*, 2001, 11(4): 527–534.
- [16] Suh C P C, Orr D B, Duyn J W V. Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. *J Econ Entomol*, 2000, 93(3): 577–583.
- [17] Orr D B, Boethel D J, Layton M B. Effect of insecticide applications in soybean on *Trissolcus basal* (Hymenoptera: Scelionidae). *J Econ Entomol*, 1989, 82(4): 1078–1084.
- [18] Plewka T, Kot J, Trukierek T. Effect of insecticides on the longevity and fecundity of *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pol Ecol Stud*, 1975, 1(3): 197–210.
- [19] Li Y S. Effects of insecticides on *Trichogramma* Wasps. *Chin J Biol Cont*, 2004, 20(2): 81–86.
- [20] Saber M, Hejazi M J, Hassan S A. Effects of azadirachtin/neemazal on different stages and adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J Econ Entomol*, 2004, 97(3): 905–910.
- [21] Sun C, Su J Y, Shen J L, *et al.* Laboratory safety evaluation of insecticides to *Trichogramma japonicum*. *Chin J Rice Sci*, 2008, 22(1): 93–98.
- [22] Bayne B L, Moore M N, Widdows J, *et al.* Measurements of responses to environmental stress and pollution: Studies with bivalve mollusks. *Phil Trans Royal Soc London B*, 1997, 286(1015): 563–581.
- [23] Navarajan P A V, Agarwal R A. Persistent toxicity of some insecticides to the egg parasitoid, *Trichogramma brasiliensis* Ashmead. *Indian J Entomol*, 1989, 51(3): 273–277.

参考文献:

- [1] 包建中, 古德祥. 中国生物防治. 太原: 山西科学技术出版社, 1998. 1~12.
- [4] 胡学难, 梁广文, 庞雄飞. 甜玉米地亚洲玉米螟为害的生态控制系统研究. *生态学报*, 2004, 24(11): 2573~2578.
- [5] 王玉玲, 肖子清. 中国赤眼蜂研究与应用进展. *中国农学通报*, 1998, 14(1): 43~45.
- [7] 王广成, 张忠明, 高立明, 等. 阿维菌素的作用机理及其应用现状. *植物医生*, 2006, 19(1): 4~5.
- [8] 何玉仙, 杨秀娟, 翁启勇. 阿维菌素对小菜蛾的生物活性研究. *福建农业学报*, 2001, 2: 24~27.
- [12] 吐尔逊·阿合买提, 郭文超, 何江, 等. 新疆农田常用杀虫、杀螨剂对螟黄赤眼蜂的影响. *新疆农业科学*, 2004, 41(1): 34~37.
- [13] 黄寿山, 戴志一, 吴达璋. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用. *植物保护学报*, 1996, 23(3): 209~212.
- [14] 赵华, 李康, 吴声敢, 等. 毒死蜱对环境生物的毒性与安全性评价. *浙江农业学报*, 2004, 16(5): 292~298.
- [19] 李元喜. 杀虫剂对赤眼蜂的影响. *中国生物防治*, 2004, 20(2): 81~86.
- [21] 孙超, 苏建亚, 沈晋良, 等. 杀虫剂对二化螟卵寄生性天敌稻螟赤眼蜂室内安全性评价. *中国水稻科学*, 2008, 22(1): 93~98.