

甜菜夜蛾对虫酰肼的抗药性监测及抗性风险评估

贾变桃¹, 沈晋良^{1*}, 刘永杰²

(1. 南京农业大学农业部病虫害监测与治理重点开放实验室, 植物保护学院农药科学系, 南京 210095;

2. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018)

摘要:用浸叶法监测了江苏丰县、大丰、射阳、阜宁、南京江宁及河南新野 6 个地区甜菜夜蛾初孵幼虫对虫酰肼的抗性, 结果表明: 各种群对虫酰肼的抗性倍数为 2.1~4.2, 属敏感至敏感性下降阶段。用虫酰肼筛选甜菜夜蛾广东深圳种群 34 代后, 与起始种群相比, 抗性为 17.0 倍。筛选前 17 代, 甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性现实遗传力为 0.1021, 筛选后 17 代, 现实遗传力为 0.1519, 前半段现实遗传力小于后半段的现实遗传力。整个 34 代筛选期间, 现实遗传力为 0.1695。当抗性现实遗传力为 0.1021, 杀死率为 80%~90% 时, 抗性上升 10 倍, 需要 14~18 代。试验结果证明甜菜夜蛾对虫酰肼产生抗性的风险较低。并对甜菜夜蛾的抗性治理进行了讨论。

关键词: 甜菜夜蛾; 虫酰肼; 抗性监测; 现实遗传力; 风险评估

中图分类号: S435.6 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2006)03-0164-06

Monitoring and Risk Assessment of Resistance to Tebufenozide in *Spodoptera Exigua*

JIA Bian-tao¹, SHEN Jin-liang^{1*}, LIU Yong-jie²

(1. Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Insects, Ministry of Agriculture, Department of Pesticide Science, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Department of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong, 271018, China)

Abstract: Resistance of the beet armyworm to many insecticides has been documented in many areas. Tebufenozide, the first commercial non-steroidal ecdysteroid agonist, proved to be extremely potent against and selective toward larval *Lepidoptera*, and has been recently widely used against *Lepidoptera* pests on several crops in China. Monitoring and risk assessment of resistance can provide information that will be useful for pro-active management of resistance for this valuable group of insecticides. Susceptibility to tebufenozide of the beet armyworm from Fengxian, Dafeng, Sheyang, Funing, Jiangning of Nanjing, Jiangsu Province and Xinye, Henan Province were determined through exposure of the first instars of dipped cabbage leaves. The results showed six field populations were susceptible to or had decreased susceptibility to tebufenozide (2.1~4.2 folds). A field population from Shenzhen, Guangdong Province was tested in the laboratory with one concentration (survival percentages ranged from 40% to 80% at 3 d after exposed each generation) of tebufenozide incorporated into an artificial diet for 34 generations. The LC_{50} of selected strain was 17.0 times less susceptible to tebufenozide, when compared with the original reference strain. Estimation of realized heritability (h^2) of resistance

收稿日期: 2005-07-04

作者简介: 贾变桃(1971-), 女, 博士, jiabiantao@yahoo.com.cn; * 通讯作者, jlshen@njau.edu.cn

基金项目: 国家“十五”攻关资助项目(2001BA509B08)及江苏省“十五”重点攻关项目(BE2001354)

was based on the method described by Tabashnik & McGaughey. The results suggested that h^2 to tebufenozide was lower in the first half (1~17 generations) of the selection experiment ($h^2 = 0.1021$) than in the second half (18~34 generations) ($h^2 = 0.1519$). h^2 for the entire selection experiment was 0.1695. Assuming $h^2 = 0.1021$ and selection kills 80% ~90% of the populations, then a 10-fold increase in LC_{50} was expected in 14~18 generations. These results demonstrated the beet armyworm may have lower chance of resistance development to tebufenozide. At the same time, resistance management of beet armyworm was discussed.

Key words: *Spodoptera exigua*; tebufenozide; resistance monitoring; realized heritability; risk assessment

甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)属鳞翅目夜蛾科,是一种世界性分布的害虫。其食性杂,寄主植物达 170 多种^[1]。由于气候变暖和作物布局的改变,近年来甜菜夜蛾对棉花、大豆和蔬菜等农作物的危害逐渐加重,生产者不得不频繁用药。杀虫剂的长期使用导致了甜菜夜蛾抗药性的产生,日本、美国、法国、墨西哥、西班牙、韩国、比利时、越南等国以及中国的台湾、福建、上海、湖北、江苏、山东等地都先后报道了甜菜夜蛾对多种杀虫剂的抗药性,其中包括有机磷、有机氯、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、苯甲酰脲类、苏云金杆菌和多杀菌素等^[1-8],目前推广的转 *Bt* 或 *Bt*+*CpTI* 基因抗虫棉对甜菜夜蛾高龄幼虫的控制作用也不太理想^[9]。许多常规药剂已不能有效控制甜菜夜蛾的危害。

虫酰肼是由美国罗姆哈斯公司研究开发的双酰肼类蜕皮激素抑制剂,模拟昆虫天然蜕皮激素的功能,与蜕皮激素受体蛋白相互作用,诱导昆虫早熟蜕皮而致死。该药剂对靶标鳞翅目害虫具有高度的选择毒性,而对环境和非靶标生物安全可靠^[10]。目前已在世界许多国家广泛应用防治棉花、蔬菜、果树等作物上的鳞翅目害虫。作为甜菜夜蛾的少数几种高效药剂之一,其抗性的发展值得重视。抗性风险评估是有害生物抗药性研究中的重要内容之一。任何一种新药剂在大面积推广应用或害虫明显产生抗性之前,通过在室内用杀虫剂对害虫进行抗性筛选,来评估抗性风险,为该药剂的合理使用,延长其使用寿命提供依据^[11]。本研究监测了我国不同地区甜菜夜蛾对虫酰肼的抗药性,用人工饲料感染法对广东深圳种群进行了抗性筛选。根据 Tabashnik & McGaughey^[12]改进的分析方法,计算了甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性现实遗传力,并进行了抗性风险评估,为甜菜夜蛾预防性抗性治理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试甜菜夜蛾

室内敏感品系:2001年5月由武汉科诺生物技术有限公司提供,在室内未接触任何药剂饲养6年以上;深圳种群:2001年6月3日采自广东省深圳市保山区蔬菜田大葱上的幼虫;丰县种群:2002年8月采自江苏省丰县大豆、棉花田的幼虫;山东种群:2002年9月采自山东省寿光蔬菜田的幼虫;河南种群:2003年8月采自河南省新野县郊区蔬菜田的幼虫;江宁种群:2003年9月采自南京市江宁镇芦蒿田的幼虫;阜宁种群:2004年7月采自江苏省阜宁县芦蒿田的幼虫;大丰种群:2004年8月采自江苏省大丰县棉花田的幼虫;射阳种群:2004年8月采自江苏省射阳县棉花田幼虫。

采集的田间种群幼虫拿回室内在光照培养箱内用人工饲料饲养至化蛹,饲养条件为温度 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,光周期为 14(L):10(D)的光照培养箱内。待蛹将要羽化时放入养虫笼内,成虫喂以 10% 的糖水,放入白纸供其产卵。室内 F_1 和 F_2 代幼虫供抗药性测定用。

1.2 供试药剂

20%米满(虫酰肼)SC:美国罗姆哈斯公司生产。

1.3 生物测定方法

浸叶法:参照刘永杰等^[6]的方法。

人工饲料感染法:用无菌水配置 6~8 个系列浓度,清水为对照。然后分别把药液加入简易人工饲料中,放到磁力搅拌器上搅拌均匀,得到所需要的一系列浓度,把带药简易饲料倒入指形管中,每处理倒 20 支指形管。每支管中接入 5 头初孵幼虫,每浓度处理幼虫 100 头,放入培养箱内[温度 $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,相对湿度 70%~80%,光周期为 14(L):10(D)],72 h 检查结果。用本实验室建

立的生物测计数据处理与管理(BA)计算毒力回归式、 LC_{50} 值及95%置信限。

1.4 抗性筛选方法

筛选1~14代方法为将虫酰肼混入简易饲料中,选择一个合适的浓度(即多数筛选代数的3d存活率范围保持在40%~80%),接入初孵幼虫,在含药饲料上饲喂3d后转入新鲜人工饲料上饲养至化蛹,从筛选15代开始,为加快抗性发展速度,将虫酰肼混入人工饲料中,搅拌均匀,倒入指形管中,接入初孵幼虫直至化蛹。

1.5 抗性风险评估和抗性发展速率的预测

根据Tabashnik & McGaughey^[12]改进的分析方法。现实遗传力 $h^2=R/S$;选择反应 $R=($ 筛选后第 n 代 LC_{50} 的对数值-筛选前亲代 LC_{50} 的对数值) $/n$;选择差异 $S=i\delta p$,其中选择强度 i 是根据公式 $i=1.583-0.0193336P+0.0000428P^2+$

$3.65194/P(10<P<80)$ ($P=100$ -平均校正死亡率)计算而得;表现型标准差 δp 是筛选各代毒力回归线的斜率的平均值的倒数。

根据现实遗传力 h^2 ,可以预测筛选后抗性上升 x 倍所需代数 $[Gx=lgx/(h^2S)]$,以及不同选择压力(50%~99%)下,抗性上升10倍所需的代数 $[G=R^{-1}=1/(h^2S)]$ 。

2 结果与分析

2.1 甜菜夜蛾对虫酰肼的抗药性水平

用浸叶法检测了江苏丰县、大丰、射阳、阜宁、南京江宁及河南新野6个地区甜菜夜蛾种群初孵幼虫对虫酰肼的抗性,结果表明:各种群对虫酰肼的抗性倍数为2.1~4.2,属敏感至敏感性下降阶段(表1)。

表1 浸叶法测定6个甜菜夜蛾种群初孵幼虫对虫酰肼的抗性水平

Table 1 The levels of resistance to tebufenozide in first instar larvae of *S. exigua* with leaf-dipping method

试虫	毒力回归式(Y=)	LC_{50} (95%置信限)/(mg·L ⁻¹)	抗性倍数
敏感种群	4.6860+2.1070x	1.4093(1.1724~1.6864)	1.0
大丰种群	4.0189+2.0413x	3.0243(2.3269~4.0064)	2.1
江宁种群	3.5208+2.3012x	4.3933(3.1113~5.6755)	3.1
河南种群	3.8049+1.8353x	4.4789(3.3103~5.9742)	3.2
丰县种群	2.4231+3.8280x	4.7116(3.9113~5.6400)	3.3
射阳种群	2.6820+3.0014x	5.9198(4.7338~7.2948)	4.2
阜宁种群	3.0371+2.5219x	6.0026(4.6312~7.6120)	4.3

注:测定时间为2002—2004年。

2.2 虫酰肼选育甜菜夜蛾抗性品系

用饲料感染法筛选甜菜夜蛾深圳种群9代,与起始种群相比,敏感性没有显著变化。中间停筛8代后继续筛选3代,敏感性没有变化。筛选至13~17代,与起始种群相比,敏感性开始下降,抗性倍数在3.0左右。筛选至18~27代,与起始种群相比,抗性倍数大于5.0,呈现出低水平抗性;筛选至25代,与起始种群相比,抗性倍数达11.2倍,达到了中等水平抗性,由于抗性还不稳定,以后两代又有所下降,但都大于5倍。从28代后的抗性倍数大于10倍(最高达24.6倍),达中等水平抗性(表2)。

2.3 甜菜夜蛾对虫酰肼抗性的抗性风险评估

计算了不同筛选阶段的 R 、 S 、 δp 及 h^2 值,筛选前17代,甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性现实遗传力为0.1021,筛选后17代,现实遗传力为0.1519,前半段现实遗传力小于后半段的现实遗传力。整个34代筛选,现实遗传力为0.1695(表3)。

2.4 甜菜夜蛾对虫酰肼抗性发展速率的预测

根据不同筛选阶段的抗性现实遗传力值,假设虫酰肼对甜菜夜蛾的杀死率为50%、60%、70%、80%、90%和99%时,对抗性提高10倍所需的代数分别进行了预测(假设筛选前后毒力回归线的斜率为2.5,即 $\delta p=0.4$,该假设的斜率与筛选前后的斜率接近),从图1可以看出,甜菜夜蛾的抗药性发展速率随药剂杀死率和现实遗传力的提高而加快。当 $h^2=0.1659$,杀死率为80%~90%时,预计甜菜夜蛾对虫酰肼抗性增长10倍,需要8.4~10.6代;当 $h^2=0.1519$,杀死率为80%~90%时,抗性增加10倍,需要9.4~11.8代;当 $h^2=0.1021$,杀死率为80%~90%时,抗性增加10倍,需要13.9~17.3代。在田间,实际的 h^2 可能比环境方差较小的室内选择种群估计的 h^2 低,因此预计在田间产生10倍抗性所需的时间更长。

表 2 用含虫酰肼的人工饲料对甜菜夜蛾深圳种群的抗性选育结果

Table 2 Selection of resistance to tebufenozide in first instar larvae of *S. exigua* collected from Shenzhen, Guangdong Province

饲养代数	总试虫数	3 d 存活率/%	毒力回归式(Y=)	LC ₅₀ (95%置信限)/ (mg · L ⁻¹)	抗性倍数
F0	4000	61.7	5.7679+1.6914x	0.3516(0.2497~0.4319)	1
F1	3900	52.5	5.8178+1.7360x	0.3380(0.2114~0.3916)	0.96
F2	3250	46.4	5.8405+2.1251x	0.4022(0.3145~0.4889)	1.14
F3	3500	48.6	5.6871+1.7010x	0.3945(0.2884~0.4907)	1.12
F4	2800	37.1	6.3936+2.4639x	0.2719(0.1316~0.5209)	0.62
F5	4200	57.6	5.8550+1.9378x	0.3631(0.2724~0.4417)	1.03
F6	4500	48.7	5.9119+2.0421x	0.3576(0.2689~0.4313)	1.02
F7	5200	41.3	5.5157+1.7711x	0.5117(0.4358~0.5999)	1.43
F8	2025	39.7	—	—	—
F17	—	—	6.2169+3.0670x	0.4011(0.3580~0.4494)	1.1
F18	2960	82.2	5.6761+2.7620x	0.5691(0.5020~0.6424)	1.6
F19	1860	60.2	5.5285+2.6772x	0.6347(0.5594~0.7180)	1.8
F22	3930	88.0	4.8285+3.2010x	1.1313(1.0094~1.2685)	3.2
F23	2950	89.0	5.1243+3.0531x	0.9105(0.8114~1.0174)	2.6
F24	4440	92.3	5.0368+2.8002x	0.9702(0.8507~1.0939)	2.8
F25	3220	77.7	5.0194+2.5248x	0.9825(0.8509~1.1184)	2.8
F26	4080	70.2	5.0829+3.5628x	0.9478(0.8508~1.0494)	2.7
F27	3170	76.2	4.2481+2.3725x	2.0745(1.8257~2.3598)	5.9
F28	3220	71.3	4.4666+1.8941x	1.9125(1.6142~2.2747)	5.4
F29	2050	—	—	—	—
F31	5260	52.8	4.5197+2.1461x	1.6742(1.4682~1.9130)	4.8
F32	5220	45.7	4.2143+2.4471x	2.0945(1.8495~2.3737)	6.0
F33	1340	76.8	3.5130+2.8310x	3.3516(2.9816~3.7851)	9.5
F34	1592	69.2	3.7429+2.5099x	3.1685(2.7762~3.6016)	9.0
F35	1800	74.3	3.6978+2.1567x	4.0160(3.4926~4.6780)	11.2
F36	1230	—	3.9794+2.6580x	2.4209(2.1511~2.7233)	6.9
F37	1600	—	3.8604+2.7389x	2.6066(2.2882~2.9413)	7.4
F38	1240	76.9	2.0459+3.5749x	6.7042(6.0599~7.4120)	19.1
F40	1270	76.0	—	—	—
F41	1830	84.3	3.1508+2.6453x	5.0009(4.4149~5.7333)	14.2
F42	1550	63.8	1.7384+3.4840x	8.6331(7.7031~9.6100)	24.6
F44	1595	71.1	—	—	—
F45	1500	76.9	3.4440+2.3775x	4.5130(3.8484~5.1829)	12.8
F46	2000	89.6	2.2759+2.8807x	5.9640(5.2898~6.6946)	17.0

表 3 甜菜夜蛾深圳种群对虫酰肼的抗性现实遗传力

Table 3 Realized heritability of resistance to tebufenozide in *Spodoptera exigua* from Shenzhen, Guangdong Province

筛选代数	平均每代选择反应			平均每代选择差异					现实遗传力(h ²)
	始 LC ₅₀	终 LC ₅₀	选择反应 R	存活率 P	选择强度 i	平均斜率	标准差 δp	选择差异 S	
34	0.3516	5.9640	0.0362	66.6	0.5401	2.5278	0.3956	0.2136	0.1695
前 17	0.3516	0.9478	0.0253	62.1	0.6062	2.4448	0.4090	0.2479	0.1021
后 17	2.0745	5.9640	0.0270	71.8	0.4664	2.6226	0.3813	0.1778	0.1519

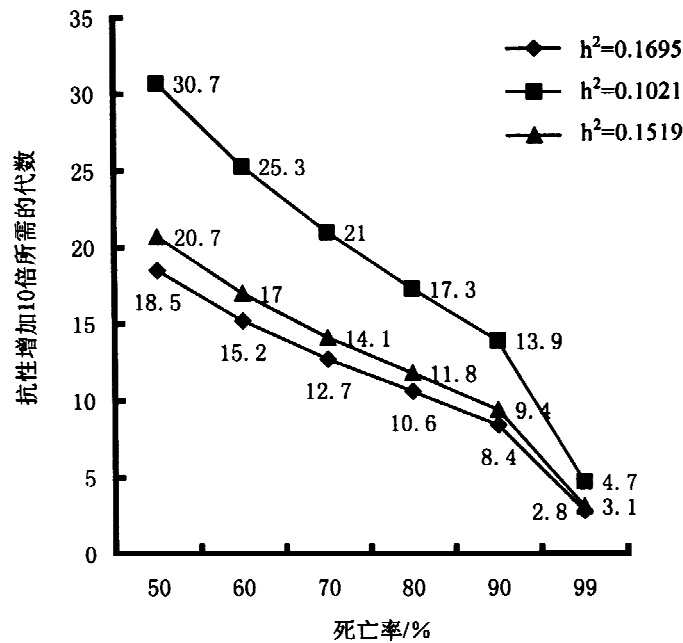


图 1 不同选择压力和 h^2 对虫酰肼抗性发展速度的影响(斜率 2.5, δp 0.4)

Fig. 1 Effects of heritability and percentage mortality caused by tebufenozide on generations required for a 10-fold increase in LC_{50}

3 讨论

从抗性检测结果看,各检测地区甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性倍数为 2.1~4.2,处于敏感到敏感性下降阶段,这与刘永杰等^[6]2001—2002 年测定的常熟、河北、南京、上海、深圳和湖南种群对虫酰肼的敏感性基本一致。说明这些地区甜菜夜蛾对虫酰肼尚未明显产生抗性。目前国内甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性报道是兰亦全等^[9]用点滴法检测的福州种群对虫酰肼的抗性,2001 年为 11.1 倍,2002 年达到了 47.9 倍。甜菜夜蛾的抗性检测主要采用点滴法和浸叶法。这两种测定方法所得出的抗药性水平有一定的差异。点滴法所用药剂为原药,主要反映药剂的触杀毒力,而浸叶法所用药剂为制剂,同时反映了药剂的触杀毒力和胃毒毒力。虫酰肼的作用方式以胃毒为主,用浸叶法可以更好地反映其实际的抗性水平。国外, Moulton 等^[13]用浸叶法测定了美国南部 6 个地区和泰国甜菜夜蛾种群初孵和 3 龄幼虫对虫酰肼的敏感性,美国 6 个种群对虫酰肼皆处于敏感阶段;泰国种群初孵和 3 龄幼虫对虫酰肼抗性分别为 6.0 倍和 9.9 倍,已具有了低水平抗性。泰国于 1994 年开始使用虫酰肼,首次出现抗性是在 1997 年。到 1998 年,仅仅在使用 4 年后,虫酰肼已完全无效。泰国甜菜夜蛾对虫酰肼抗性的快速增长可能缘于

该地区频繁用药和没有采取任何抗性治理措施。美国也是 1994 年开始使用虫酰肼防治棉花、蔬菜和果树等作物上的鳞翅目害虫。由于美国在甜菜夜蛾的防治中采取了严格的抗性治理措施,如在棉田中虫酰肼主要用于甜菜夜蛾的早期防治^[14],所以一直未监测到甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性。虫酰肼在我国的推广应用也始于 1994 年,由于价格比较贵,田间速效性较差而使之大量使用受到限制,这可能是我国甜菜夜蛾抗性发展比较缓慢的原因之一。

从室内抗性风险评估的结果来看,深圳甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性现实遗传力为 0.1695,与 Tabashnik 等^[15]估计的 3 个来自美国夏威夷小菜蛾田间种群对 Bt 的现实遗传力(分别为 0.14、0.17、0.18)接近,大于东台棉铃虫对辛硫磷的现实遗传力(0.0865)^[11],但小于韩启发等^[16]报道的二化螟对杀螟硫磷的抗性现实遗传力(0.277)。

按照本文的抗性预报结果,以 h^2 最小(0.1021)来估算,当田间防效为 80%~90%,如每代用虫酰肼防治一次,抗性上升 10 倍,约需 14~18 代。在田间条件下,抗性个体的迁出和敏感个体的迁入以及环境和选择压力等因素的影响、交替用药或轮换用药、基因突变等影响,表现型变异的遗传方差和环境方差变动都比较大,而室内选择是在特定空间进行的,而且在恒温、恒定的光

周期下饲养,每代都进行汰选,遗传和环境方差变化都很小,因此在田间条件下,甜菜夜蛾对虫酰肼产生抗性的风险要比室内低,结合田间抗性监测结果说明甜菜夜蛾对虫酰肼产生抗性的风险较低。

虽然室内结果不能直接用于田间,但仍可作为田间防治的参考,泰国使用虫酰肼 3 年后甜菜夜蛾就产生抗性的例子给我们提出了警示:如果不采取有效的抗性治理措施,甜菜夜蛾对虫酰肼产生抗性的结果不可避免。因此在甜菜夜蛾对虫酰肼尚未产生抗性或在抗性发展的早期阶段,制定相应的预防性抗性治理策略极其重要。在田间防治甜菜夜蛾时应尽可能限制虫酰肼的使用次数,尽可能做到在低龄幼虫期使用,并与其它药剂交替轮换使用,并结合其它防治方法如农业防治、生物防治等以延缓抗性的产生。

参考文献:

- [1] 何玉仙,杨秀娟,翁启勇,等. 甜菜夜蛾的抗药性研究及其治理[J]. 世界农业,1999,6:41-43.
- [2] 郑允,高静华. 甜菜夜蛾抗药性之研究[J]. 中华农业研究,1993,42(4):396-402.
- [3] 兰亦全,赵士熙. 甜菜夜蛾抗药性监测及机理[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2004,33(1):26-29.
- [4] 吴世昌,顾言真,沈忠良,等. 甜菜夜蛾的抗药性监测及防治[J]. 植物保护学报,1995,22(1):95-96.
- [5] 朱树勋,司升云,邹丰,等. 甜菜夜蛾抗药性测定及田间抗性监测[J]. 昆虫知识,1996,33(2):82-85.
- [6] 刘永杰,沈晋良. 甜菜夜蛾对四类杀虫剂的抗药性监测[J]. 棉花学报,2002,14(6):356-360.
- [7] 陈丙坤,王开运,姜兴印,等. 甜菜夜蛾的抗药性调查与研究[J]. 植物保护学报,2002,29(4):366-370.
- [8] MOULTON J K, Pepper D A, Dennehy T J. Beet armyworm (*Spodoptera exigua*) resistance to spinosad [J]. Pest Management Science, 2000, 56: 8421-8488.
- [9] 夏敬源,崔金杰,常蕊芹. 转基因抗虫棉对甜菜夜蛾的抗性研究[J]. 中国棉花,2000,27(9):10-11.
- [10] DHADIALLA T S, Carlson G R, Le D P. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity[J]. Annu Rev Entomol, 1998,43: 545-569.
- [11] 林祥文,沈晋良. 棉铃虫对辛硫磷抗性的风险评估与预报[J]. 昆虫学报,2001,44(4):462-468.
- [12] TABASHNIK, B E, McGaughey W H. Resistance risk assessment for single and multiple insecticides: responses of Indian meal moth (*Lepidoptera: Pyralidae*) to *Bacillus thuringiensis* [J]. J Econ Entomol, 1994, 87(4): 834-841.
- [13] MOULTON J K, Pepper D A, Jansson R K, et al. Pro-active management of beet armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) resistance to tebufenozide and methoxyfenozide: baseline monitoring, risk assessment, and isolation resistance[J]. J Econ Entomol, 2002, 95(2):414-424.
- [14] 王艳青. 美国棉田甜菜夜蛾的发生及其治理[J]. 植保技术与推广,2001,21(1):44-45.
- [15] TABASHNIK B E. Resistance risk assessment: realized heritability of resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback Moth (*Lepidoptera: Plutellidae*), Tobacco Budworm (*Lepidoptera: Noctuidae*), and Colorado Potato Beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) [J]. J Econ Entomol, 1992, 85(5): 1551-1559.
- [16] 韩启发,庄佩君,唐振华. 抗杀螟硫磷二化螟的抗性遗传力研究[J]. 昆虫学报,1995,38(4):402-405.