

## 甜菜夜蛾对几类新型杀虫剂的早期抗性监测

贾变桃, 沈晋良\*

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

**摘要:**用浸叶法测定了江苏和河南等地甜菜夜蛾种群对几种作用方式新颖的新型杀虫剂甲维盐、阿维菌素、茚虫威、溴虫腈、虫酰肼、甲氧虫酰肼及吡虫啉的敏感性, 尽管大多数种群对这些杀虫剂处于敏感阶段, 但首次监测到江宁和射阳两个种群已对阿维菌素产生了中等水平的抗性(10.4和14.2倍), 另一个丰县种群对茚虫威也具有低水平的抗性(6.8倍)。测定结果可以为甜菜夜蛾的抗性治理策略的制定提供理论依据。

**关键词:**甜菜夜蛾; 早期抗性监测

**中图分类号:**S435.61 **文献标识码:**A

**文章编号:**1002-7807(2008)05-0359-05

## Monitoring of Early Stage Resistance to Novel Classes of Insecticides in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera; Noctuidae)

JIA Bian-tao, SHEN Jin-liang\*

(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)

**Abstract:** Several classes of new insecticides with novel mode of action, such as emamectin benzoate, abamectin, indoxacarb, chlorfenapy, methoxyfenozide, JS118 and tebufenozide were developed or introduced to control the beet armyworm, *spodoptera exigua* (Hübner) in China. Resistance of this pest to many conventional insecticides has been reported in different countries and areas, but there is few evidence of resistance to these new insecticides in beet armyworm as yet. In order to make good use of these new insecticides and implement effective resistance management strategy, susceptibility to several classes of new insecticides was determined using leaf-dipping method in field populations of *Spodoptera exigua* from six areas of Jiangsu and Henan Province, in China. The results showed that in all six field populations tested with abamectin, three populations from Fengxian and Fu'ning counties, Jiangsu province and Henan province were susceptible or had decreased susceptibility (2.5~4.4-fold), one population from Dafeng county, Jiangsu province developed low level resistance (5.2-fold), and two populations from Jiangning and Sheyang counties, Jiangsu province first developed moderate levels of resistance (10.4~14.2-fold). In all four populations tested, three populations from Henan province and Jiangning, Fu'ning and Fengxian of Jiangsu province were susceptible (2.3~2.9-fold) to indoxacarb except that one population from Fengxian of Jiangsu province had low level of resistance (6.8-fold) to indoxacarb. Four populations from Henan province and Jiangning, Fu'ning and Sheyang counties of Jiangsu province were susceptible to emamectin benzoate (RR0.6~2.0-fold). In case of chlorfenapy, all four populations tested were susceptible (1.5~2.7-fold). Similarly, all populations tested were susceptible to methoxyfenozide (0.4~1.7-fold) and JS118 (0.3~1.3-fold). In all six populations tested with tebufenozide, four populations from Dafeng, Jiangning and Fengxian

of Jiangsu province and Henan province were susceptible (1.6~2.5-fold), and two populations from Fu'ning and Sheyang, Jiangsu province had decreased susceptibility (3.2-fold). These results provide a guideline for developing a more effective resistance management program for beet armyworm.

**Key words:** *Spodoptera exigua*; early stage resistance monitoring

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hüner) 是一种世界性分布的杂食性重要农业害虫,近年来此虫发生危害日趋严重,对蔬菜、棉花、甜菜等经济作物造成很大损失<sup>[1]</sup>。甜菜夜蛾的暴发涉及种植结构、气候、天敌及其自身生物学特性等诸多因子,但其对农药抗药性的产生是一个重要原因<sup>[2]</sup>。大量杀虫剂的不合理使用导致甜菜夜蛾对有机氯、有机磷、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯、苏云金杆菌、苯甲酰胺类和多种杀菌素等多种药剂产生了不同程度的抗药性<sup>[3-7]</sup>。

阿维菌素、甲维盐、茚虫威、溴虫腈、虫酰肼、甲氧虫酰肼及呋喃虫酰肼是新近开发的几种杀虫剂,被用于甜菜夜蛾的防治,具有各自新颖独特的作用方式。阿维菌素是由土壤链霉菌(*Streptomyces avermitilis*)发酵产生的16元大环内酯类化合物。作为 $\gamma$ -氨基丁酸和谷氨酸门控氯离子通道的激动剂而发挥作用。氯离子通道的直接开放而产生的氯离子流进入神经细胞导致细胞功能的丧失和神经冲动的阻断<sup>[8]</sup>。甲胺基阿维菌素苯甲酸盐(简称甲维盐)是阿维菌素的合成类似物,其对鳞翅目的杀虫活性比阿维菌素强<sup>[9]</sup>。茚虫威,商品名安打,是由美国杜邦公司开发的新型噁二嗪类杀虫剂,主要是阻断害虫神经细胞中的钠离子通道,使神经细胞丧失功能,导致靶害虫麻痹而死亡<sup>[10]</sup>。它是一种前体杀虫剂,进入虫体后在体内酯酶作用下被生物活化<sup>[11]</sup>。溴虫腈是美国氰胺公司开发的含三氟甲基吡咯腈结构的杀虫、杀螨剂,商品名为除尽。也是一种前体杀虫剂,其在昆虫体内被多功能氧化酶活化为N-脱烷基类似物,通过阻断线粒体的解偶联而发挥作用。由于解偶联剂本身不存在靶标部位,也就不可能产生靶标部位抗性,因而对许多抗性昆虫的防治有特效<sup>[11]</sup>。非甾醇蜕皮激素类杀虫剂是近年来开发的新型、高效、具有蜕皮激素活性的昆虫生长调节剂。作用机制为模拟昆虫蜕皮激素的作用,竞争性结合于蜕皮激素受体,诱导昆虫早熟蜕皮而致死<sup>[12]</sup>。虫酰肼(RH-5992)和甲氧虫酰肼(RH-2485)是相继开发的对鳞翅目具有高活性的化合物,后者对鳞翅目活性更高,杀虫谱更广,但两者都保持了对非靶标生物的安全性<sup>[13]</sup>。呋喃

虫酰肼(JS118)是由国家南方农药创制中心江苏基地合成,对鳞翅目害虫具有广谱性,其中对甜菜夜蛾和小菜蛾防效显著,效果优于虫酰肼,并且其速效性也有可能优于虫酰肼<sup>[14]</sup>。近年国内甜菜夜蛾抗性监测主要针对常规杀虫剂<sup>[5-6, 15-16]</sup>。对虫酰肼的监测还较少,还没有对甲维盐、溴虫腈和茚虫威等新药剂的抗性监测。

本文建立了甜菜夜蛾对上述各新型药剂的敏感基线,并测定了甜菜夜蛾大田种群对上述几类新型杀虫剂的早期抗药性,首次监测到甜菜夜蛾对阿维菌素和茚虫威分别具有了中等水平和低水平抗性,为科学用药与抗性治理提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试昆虫

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的情况下用人工饲料饲养5年以上。丰县种群:2002年8月采自江苏省丰县大豆、棉花田;河南种群:2003年8月采自河南省新野县郊区蔬菜田;江宁种群:2003年9月采自南京市江宁镇芦蒿田;阜宁种群:2004年7月采自江苏省阜宁县芦蒿田;大丰种群:2004年8月采自江苏省大丰县棉花田;射阳种群:2004年8月采自江苏省射阳县棉花田。

从各地采集的田间种群幼虫在室内分别在人工饲料上饲养至化蛹,饲养条件为 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,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 $F_2$ 代幼虫供抗性测定用。

### 1.2 供试药剂

20%米满 SC(虫酰肼,美国罗门哈斯公司);24%美满 SC(甲氧虫酰肼,美国陶氏益农公司);10% JS118 SC(呋喃虫酰肼,江苏省农药所);10%除尽 SC(溴虫腈,美国氰胺公司);15%安打 SC(茚虫威,美国杜邦公司);1.8%阿维菌素 EC(广西安泰化工有限责任公司);0.2%甲维盐 EC(甲胺基阿维菌素苯甲酸盐,山东京博农化有限公司)。

### 1.3 测定方法

采用浸叶法。供试药剂用清水稀释成 6~8 个系列浓度,将盆栽夏光甘蓝叶片放入药液中浸 10 s,取出后晾干放入塑料杯内,每塑料杯放入一张处理叶片,用毛笔接入初孵幼虫 10 头,每处理重复 3 次,用保鲜膜封口,清水为对照。饲养条件为:温度  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ,相对湿度 70%~80%,光周期为 14(L):10(D)。除溴虫腈 48 h 外,其它药剂均于 72 h 后检查结果。用 POLO 软件计算毒力回归式及  $LC_{50}$  值和 95% 置信限。

表 1 甜菜夜蛾敏感品系对 7 种杀虫剂的毒力

Table 1 Toxicities of 7 insecticides to a susceptible *S. exigua* strain

药剂	n <sup>a</sup>	斜率±SE <sup>b</sup>	LC <sub>50</sub> (95% 置信限)/(mg·L <sup>-1</sup> )	χ <sup>2</sup>	df <sup>c</sup>
甲维盐	180	2.273±0.372	$3.53 \times 10^{-4}$ (1.8~7.8×10 <sup>-4</sup> )	1.66	3
茚虫威	180	2.303±0.326	0.119(0.0732~0.190)	3.55	3
阿维菌素	180	1.404±0.292	0.525(0.338~0.779)	2.21	3
溴虫腈	120	4.275±0.736	1.171(0.975~1.395)	0.630	1
甲氧虫酰肼	180	2.462±0.368	1.203(0.625~2.034)	4.53	3
虫酰肼	180	1.453±0.271	1.854(1.311~2.769)	2.74	3
呋喃虫酰肼	120	2.627±0.605	2.164(1.586~2.788)	0.920	1

注: a 测定总虫数,包括对照; b 标准误; c 自由度。

### 2.2 抗性监测结果

用浸叶法测定了江苏和河南两省 6 个大田种群甜菜夜蛾初孵幼虫对 7 种新型杀虫剂的敏感性变化。结果表明,与敏感种群相比,江宁和射阳两个种群对阿维菌素抗性分别为 10.4 和 14.2 倍,属中等水平抗性;大丰种群抗性为 5.2 倍,为低水平抗性;阜宁和河南种群属敏感性下降阶段(3.1~4.4 倍),只有丰县种群尚敏感(抗性倍数为 2.5)。对茚虫威,与敏感品系相比,丰县种群抗性为 6.8 倍,已具有了低水平抗性;河南、江宁和阜宁种群抗性倍数在 2.3~2.9 之间,属敏感阶段。与敏感品系相比,河南、江宁、阜宁和射阳四个种群对甲维盐均为敏感(抗性为 0.6~2.0 倍),江宁、河南、阜宁和丰县四个种群对溴虫腈抗性为 1.5~2.7 倍,属敏感阶段(表 2)。与敏感品系相比,阜宁和射阳种群对虫酰肼敏感性下降(抗性都为 3.2 倍),江宁、河南、丰县、大丰种群皆处于敏感阶段(抗性为 1.6~2.5 倍);江宁、大丰、河南、阜宁和射阳 5 个种群对甲氧虫酰肼和呋喃虫酰肼皆处于敏感阶段(抗性分别为 0.4~1.7 倍和 0.3~1.3 倍)(图 1)。

### 3 讨论

从抗性监测结果来看,甜菜夜蛾测定种群对甲维盐、溴虫腈、甲氧虫酰肼和呋喃虫酰肼都处于敏感阶段,但某些种群对阿维菌素、茚虫威、虫酰

## 2 结果与分析

### 2.1 敏感毒力基线

以室内饲养多年的甜菜夜蛾作为敏感品系,用浸叶法建立了其对七种新型杀虫剂的敏感毒力基线,其毒力次序为:甲维盐(0.000353 mg·L<sup>-1</sup>)>茚虫威(0.119 mg·L<sup>-1</sup>)>阿维菌素(0.525 mg·L<sup>-1</sup>)>溴虫腈(1.171 mg·L<sup>-1</sup>)>甲氧虫酰肼(1.203 mg·L<sup>-1</sup>)>虫酰肼(1.854 mg·L<sup>-1</sup>)>呋喃虫酰肼(2.164 mg·L<sup>-1</sup>)(表 1)。

这三种药剂的敏感性下降,有些种群甚至达到低或中等水平抗性,如丰县种群对茚虫威,江宁和射阳种群对阿维菌素。据报道,小菜蛾已对阿维菌素产生了不同程度的抗药性<sup>[17-20]</sup>,大豆夜蛾<sup>[21]</sup>、小菜蛾<sup>[22]</sup>和蔷薇卷叶蛾<sup>[23]</sup>对甲维盐产生了低水平的抗性。甜菜夜蛾对茚虫威的抗性报道尚属首次。在美国,发现在田间使用茚虫威之前,蔷薇卷夜蛾已对其高抗,猜测可能是由于有机磷的交互抗性所致<sup>[23]</sup>。江苏丰县种群表现的低水平抗性是否也缘于对其它杀虫剂的交互抗性,还有待于进一步研究证实。溴虫腈也是近年防治甜菜夜蛾的高效药剂之一,各测定种群依然对其敏感。但是,蔷薇卷叶蛾对溴虫腈产生了 5 倍抗性<sup>[23]</sup>,巴基斯坦两个地区棉铃虫对溴虫腈具有 4~8 倍抗性<sup>[24]</sup>。与之相反,在大豆夜蛾<sup>[21]</sup>和小菜蛾<sup>[22]</sup>的多抗性种群中,没有发现对溴虫腈的交互抗性。虫酰肼 1994 年开始在我国推广应用,甲氧虫酰肼和呋喃虫酰肼应用较晚。对 6 个地区虫酰肼的监测结果(抗性 1.6~3.2 倍)与刘永杰等<sup>[5]</sup>对常熟、河北、南京、上海、深圳和湖南种群的监测结果一致(抗性 1~3.1 倍),均处于敏感到敏感性下降阶段,说明这些地区甜菜夜蛾对虫酰肼还未明显产生抗药性。室内筛选试验结果表明甜菜夜蛾对虫酰肼产生抗性的风险较低,但随着这一杀虫剂的大量使用,甜菜夜蛾对其产生抗性的结果不可避免<sup>[25]</sup>。据报道,我国上海地区甜菜夜蛾对

米满(虫酰肼)已产生了抗药性,田间防效逐年下降<sup>[26]</sup>。Moulton等<sup>[27]</sup>也报道泰国甜菜夜蛾种群对虫酰肼和甲氧虫酰肼均已产生了低水平抗性。

甜菜夜蛾由于其特殊的表皮结构和对多种常规杀虫剂发展了抗药性,使其防治比较困难。目前,化学防治仍然是防治甜菜夜蛾的主要手段,选择使用具有较好防治效果的药剂十分重要。本文所监测的七种药剂由于具有各自独特的作用方

式,是目前防治甜菜夜蛾的优良药剂,其抗性的发展值得重视。为了保护这些新型药剂,延缓抗性,必须采取有效的预防性抗性治理策略。对新型药剂及时进行早期抗性监测,密切监视其敏感性变化动态,在药剂的使用中强调不同类药剂间的轮用,严格限制使用次数,每生长季限用一次,并结合其它的非化学防治措施以延缓抗性的产生。

表2 甜菜夜蛾田间种群对甲维盐、阿维菌素、茚虫威和溴虫腈的毒力

Table 2 Toxicities of emamectin benzoate, abamectin, indoxacarb and chorfenpyr to field populations of *S. exigua*

药剂	种群	n <sup>a</sup>	斜率±SE <sup>b</sup>	LC <sub>50</sub> (95%置信限)/(mg·L <sup>-1</sup> )	RR <sup>c</sup>	χ <sup>2</sup>	df <sup>d</sup>
甲维盐	敏感种群	180	2.273±0.372	3.53×10 <sup>-4</sup> (1.82~7.81×10 <sup>-4</sup> )	1	1.66	3
	河南种群	150	2.874±0.458	2.09×10 <sup>-4</sup> (1.69~2.64×10 <sup>-4</sup> )	0.6	1.58	2
	江宁种群	120	3.164±0.672	2.33×10 <sup>-4</sup> (1.80~2.93×10 <sup>-4</sup> )	0.7	0.089	1
	阜宁种群	120	5.025±0.861	3.08×10 <sup>-4</sup> (2.63~3.64×10 <sup>-4</sup> )	0.9	0.212	1
	射阳种群	150	2.978±0.462	6.97×10 <sup>-4</sup> (5.62~8.64×10 <sup>-4</sup> )	2.0	2.70	2
阿维菌素	敏感种群	180	1.404±0.292	0.525(0.338~0.779)	1	2.21	3
	丰县种群	180	1.943±0.303	1.293(0.690~2.120)	2.5	3.39	3
	阜宁种群	180	2.355±0.337	1.637(1.263~2.070)	3.1	1.64	3
	河南种群	120	3.699±0.679	2.320(1.902~2.834)	4.4	0.608	1
	大丰种群	180	1.953±0.326	2.754(2.059~3.739)	5.2	2.90	3
	江宁种群	150	1.898±0.387	5.474(3.874~7.406)	10.4	0.764	2
	射阳种群	120	3.084±0.638	7.457(5.710~9.285)	14.2	0.244	1
茚虫威	敏感种群	180	2.303±0.326	0.119(0.0732~0.190)	1	3.55	3
	河南种群	180	1.212±0.271	0.274(0.157~0.416)	2.3	0.807	3
	江宁种群	150	2.882±0.460	0.295(0.234~0.365)	2.5	0.982	2
	阜宁种群	180	2.218±0.323	0.347(0.193~0.605)	2.9	4.38	3
	丰县种群	180	2.466±0.337	0.809(0.457~1.538)	6.8	5.42	3
溴虫腈	敏感种群	120	4.275±0.736	1.171(0.975~1.395)	1	0.630	1
	江宁种群	120	4.066±0.669	1.775(1.432~2.311)	1.5	0.001	1
	河南种群	120	4.999±0.829	2.398(2.037~2.812)	2.0	0.246	1
	阜宁种群	120	2.976±0.674	2.838(2.212~3.731)	2.4	0.603	1
	丰县种群	180	2.650±0.360	3.137(2.514~3.911)	2.7	2.53	3

注:a 测定虫数,包括对照;b 标准误;c 抗性倍数=田间种群 LC<sub>50</sub>/敏感品系 LC<sub>50</sub>;d 自由度。

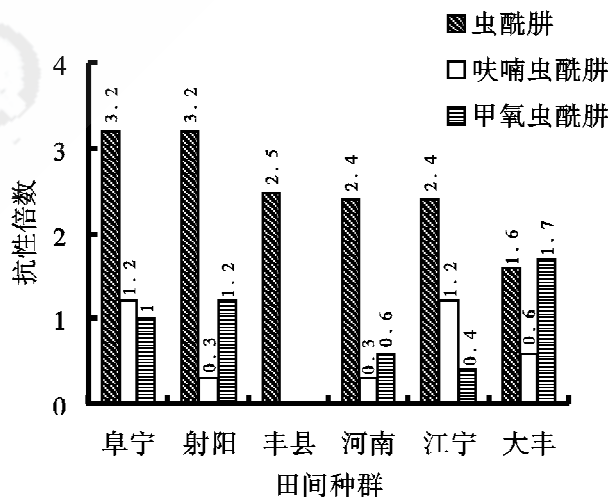


图1 6个地区甜菜夜蛾初孵幼虫对3种非甾醇脱皮激素类杀虫剂的毒力

Fig. 1 Toxicities of tebufenozide, methoxyfennozide and JS118 to first instar larvae of *S. exigua* from six areas of Jiangsu and Henan province, in China

## 参考文献:

- [1] 江幸福,罗礼智,胡毅. 幼虫食物对甜菜夜蛾生长发育、繁殖及飞行的影响[J]. 昆虫学报, 1999, 42(3): 270-275.
- [2] 江幸福,罗礼智. 甜菜夜蛾暴发原因及防治对策[J]. 植物保护, 1998, 25(3): 32-34.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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(5): 356-360.
- [6] 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.
- [7] MOULTON J K, Pepper D A, Dennehy T J. Beet armyworm (*spodoptera exigua*) resistance to spinosad [J]. Pest Management Science, 2000, 56: 8421-8488.
- [8] 邱立红,张文吉. 害虫及螨对阿维菌素(Avermectins)的抗药性发展及治理策略探讨[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(1): 43-48.
- [9] 朱丽梅. 甲胺基阿维菌素苯甲酸盐与阿维菌素的杀虫活性研究[J]. 南京农专学报, 2003, 19(4): 28-31.
- [10] 刘长令. 新型高效杀虫剂茚虫威[J]. 农药, 2003, 42(2): 42-44.
- [11] 欧晓明,黄明智,王晓光,等. 昆虫抗性靶标部位及其在杀虫剂创制中的作用[J]. 现代农药, 2003, 2(5): 11-16.
- [12] 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.
- [13] 杜育哲,刘安西. 非甾醇蜕皮激素类杀虫剂的研究进展[J]. 农药, 2002, 41(6): 7-11.
- [14] 倪玉萍,朱丽梅,侯华民,等. 新杀虫剂 JS118 的生物活性研究[J]. 现代农药, 2002(1): 16-20.
- [15] 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.
- [16] 刘永杰,赵旭东,沈晋良,等. 甜菜夜蛾泰安郊区田间种群对杀虫剂的抗药性水平监测[J]. 华东昆虫学报, 2004, 13(2): 72-75.
- [17] IQBAL M, Wright D J. Evaluation of resistance, cross-resistance and synergism of abamectin and tebufenozide in a multi-resistance field population of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 1997, 87: 481-486.
- [18] 张雪燕,何婕,叶翠玉,等. 云南省小菜蛾对阿维菌素的抗药性监测和药剂防治试验[J]. 华中农业大学学报, 2001, 20(5): 426-430.
- [19] 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.
- [20] 郭世俭,林文彩,章金明. 浙江省主要菜区小菜蛾抗药性的研究[J]. 浙江农业学报, 2003, 15(1): 19-22.
- [21] MASCARENHAS R N, Boethel D J. Response of field-collected strains of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides using an artificial diet overlay bioassay[J]. J Econ Entomol, 1997, 90: 1117-1124.
- [22] SHELTON A M, Sances F V, Hawley J, et al. Assessment of insecticide resistance after the outbreak of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in California in 1997[J]. J Econ Entomol, 2000, 93: 931-936.
- [23] AHMAD M, Hollingworth R M, Wise J C. Broad-spectrum insecticide resistance in obliquebanded leaf-roller *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) from Michigan [J]. Pest Management Science, 2002, 58: 834-838.
- [24] AHMAD M, Arif M I, Ahmad Z. Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to new chemistries in Pskistan [J]. Crop Protection, 2003, 22: 539-544.
- [25] 贾变桃,沈晋良,刘永杰. 甜菜夜蛾对虫酰肼的抗药性监测及抗性风险评估[J]. 棉花学报, 2006, 18(3): 164-169.
- [26] 袁永达,王冬生,於文俊. 上海地区甜菜夜蛾的抗药性及防治[J]. 上海农业学报, 2006, 22(1): 42-45.
- [27] 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 of resistance[J]. J Econ Entomol, 2002, 95(2): 414-424. ●