

甜菜夜蛾触角感器种类与分布的形态学研究

徐 进<sup>1,2</sup>,李怡萍<sup>1</sup>,成卫宁<sup>1</sup>,宋月芹<sup>1</sup>,  
仵均祥<sup>1</sup>,孙会忠<sup>3</sup>,贾 晖<sup>2</sup>

(1 西北农林科技大学 植保学院,陕西 杨凌 712100;2 西安市农业技术推广中心,陕西 西安 710061;  
3 河南科技大学 农学院,河南 洛阳 471003)

【摘 要】 【目的】研究甜菜夜蛾触角感器的种类、数量和分布等特征,为解释其生态学习性和对其进行电生理学等方面的研究提供基础资料。【方法】应用电子扫描显微镜,对甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua* (Hübner))成虫触角上的化学感受器进行了观察和研究。【结果】成虫触角上存在着 6 种感器,即毛形感器、刺形感器、锥形感器、腔锥形感器、腔形感器和耳形感器,其中以毛形感器和耳形感器数目最多。刺形感器又分为长刺形(Ⅰ型)和短刺形(Ⅱ型)两种。甜菜夜蛾的雌成虫触角感器和雄成虫触角感器的种类不同,两性间感器的分布及形态特征也存在一定差异。【结论】甜菜夜蛾触角感器的种类比较多,分布具有一定的规律性。

【关键词】 甜菜夜蛾;触角感器;形态特征;扫描电镜

【中图分类号】 S433.4;Q964                      【文献标识码】 A                      【文章编号】 1671-9387(2008)01-0189-05

Morphological studies on the types and distribution of antennal sensilla  
in *Spodoptera exigua* (Hübner)

XU Jin<sup>1,2</sup>,LI Yi-ping<sup>1</sup>,CHENG Wei-ning<sup>1</sup>,SONG Yue-qin<sup>1</sup>,  
WU Jun-xiang<sup>1</sup>,SUN Hui-zhong<sup>3</sup>,JIA Hui<sup>2</sup>  
(1 College of Plant Protection, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2 Agricultural Technology Extension Central of Xi'an City, Xi'an, Shaanxi 710061, China;  
3 College of Agriculture, Henan Sci-Tech University, Luoyang, He'nan 471003, China)

**Abstract:** 【Objective】 The study is to inquire into the antennal sensilla type, number and distribution of the *Spodoptera exigua* (Hübner) to provide basic data for its further study about ecology, electrophysiology etc. 【Method】 With scanning electron microscope (SEM). 【Result】 The result showed that six types of sensilla were found on male and female of *S. exigua* (Hübner), namely sensilla trichodea, sensilla chaetica, sensilla basiconica, sensilla coeloconica, sensilla cavity and sensilla auricillica. The sensilla trichodea and sensilla auricillica were the most numerous. In addition, the sensilla chaetica consisted of longer sensilla chaetica and shorter sensilla chaetica. There are differences between male and female adults in type, number, distribution and characteristics. 【Conclusion】 The *Spodoptera exigua* (Hübner) has enrich antennal sensilla, and its distribution present law to some extent.

**Key words:** *Spodoptera exigua*; antenna sensilla; characteristics; SEM

\* [收稿日期] 2007-01-04  
[基金项目] 西北农林科技大学重点科研项目(08080228);西安市农业重点科研项目(GG05113)  
[作者简介] 徐 进(1967—),男,江苏武进人,高级农艺师,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail: xjin@163.com  
[通讯作者] 仵均祥(1961—),男,陕西凤翔人,教授,博士生导师,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。  
E-mail: junxw@nwsuaf.edu.cn

昆虫触角感器是特化的一部分表皮,是昆虫感觉器官最基本的结构单元之一,也是昆虫机体感知内外部环境、进行化学通讯的信息接收装置,主要行使嗅觉、味觉、触觉、听觉以及感受气流、CO<sub>2</sub>、湿度和温度等功能,左右着昆虫选择食物、取食、择偶、躲避危险及为子代选择栖息场所等一系列生理生态上的适应性行为<sup>[1-5]</sup>。

感器的类型、数量和分布等随昆虫种类的不同而相差很大,研究昆虫触角感器及其与昆虫行为反应之间的关系,有助于深入了解昆虫的化学感受系统,解释多种多样的昆虫生态习性。同时,也能为寻找害虫防治的新途径提供科学依据。

甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua* (Hübner))是一种多食性害虫,幼虫取食的植物多达 35 科、105 属、138 种<sup>[6-8]</sup>。近年来,甜菜夜蛾在我国发生危害的地区逐渐扩大,成灾频率和程度也越来越重,给农业生产造成了巨大损失<sup>[7,9]</sup>。目前,有关甜菜夜蛾生物学、生态学、化学防治等方面的研究较多<sup>[7-14]</sup>,但对甜菜夜蛾触角感器类型以及其与危害行为反应相关的研究尚未见报道。为此,本研究对甜菜夜蛾触角上感器的类型、数量、分布及两性间感器的差异进行了观察和描述,以期对甜菜夜蛾的生物学、行为生态学和电生理学等方面的深入研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

甜菜夜蛾于 2006-09 采自陕西省高陵县郊区菜园。将采集的老龄幼虫用新鲜甘蓝叶、野苋叶、白菜叶饲喂于西北农林科技大学植保学院农药研究所养虫室,待化蛹后,转置于人工智能气候培养箱(光周期为白天 14 h,晚上 10 h;控温(26±1)℃;控湿 75%~80%)进行人工饲料的继代饲养。在饲养过程中选取羽化 3~5 日龄的健康活泼成虫为试虫,雌雄各 5 头。

### 1.2 试验方法

用单面刀片先将雌、雄试虫头部切掉,然后再移置解剖镜下小心切取整个触角,将切取的触角用乙醇系列梯度脱水后,用丙酮置换 15 min,再用丙酮清洗 3 次,最后在烘箱中干燥 12 h 后备用。

取干燥后的雌、雄虫触角各 10 根,以不同的侧面粘于表面贴有双面胶带的样品台上,用 JFC-1600 型离子溅射仪喷金镀膜,然后置于 JSM-6360LV 型电子扫描显微镜下观察并拍照,加速电压为 10 kV 或 20 kV。

感器种类的描述术语参考文献[4]和[15]。

## 2 结果与分析

### 2.1 甜菜夜蛾触角的一般形态

根据甜菜夜蛾触角的形状、长度、结构等特征,其触角类型属于线状触角(Filiform);颜色为灰褐色,由柄节(Scape)、梗节(Pedical)和鞭节(Flagellum)组成,其中鞭节由 40~45 个亚节组成,其长度在个体间略有差异,一般为 11~13 mm,触角感器主要分布于触角的背面和外侧面,柄节周围被鳞片包被,鞭节内侧面有半包围状整齐排列的鳞片,鳞片结合处有零星分布的刺形感器;在整个触角上,感器主要集中在鞭节,柄节和梗节较少。不同类型感器相比而言,以毛形感器和耳形感器数量最多。刺形感器排列较为整齐和规律(图版 I-A,B,C;图版 II-A)。

### 2.2 甜菜夜蛾触角类型及其形态学特征

2.2.1 毛形感器(Sensilla trichodea, Str) 毛形感器是甜菜夜蛾触角上分布最广、数量最多的感器之一,其主要特征是形态较为细弱,基部无特化的表皮环形关节膜,顶端锐尖。雌虫触角上的毛形感器绝大多数与触角表皮成 45°以下夹角,长 40.18~45.16 μm,呈弧形弯曲,梗节和鞭节上均有分布,以鞭节上最多(图版 I-D);雄虫触角上的毛形感器绝大多数成 45°以上夹角,长 45~50 μm,呈大 S 形,分布情况与雌虫相同(图版 II-B)。

2.2.2 刺形感器(Sensilla chaetica, Sch) 刺形感器刚直如刺,直立于触角表面,分为长刺形感器(I 型)和短刺形感器(II 型)两种,其中 I 型长度明显长于其他各类型的感器,容易识别(图版 I-E,F;图版 II-C,D)。刺形感器基部均具有特化可活动的环形膜(臼状窝或基窝),各节均有分布。雌虫的 I 型和 II 型刺形感器均顶端锐尖, I 型长 70.56~75.56 μm, II 型长 25.18~35.71 μm; I 型在每节的背面一侧中央部分每 2 根 1 组均匀分布,鳞片一侧为单根均匀着生; II 型散生于背面和外面一侧(图版 I-E,F,C)。雄虫刺形感器顶端钝圆, I 型长 75.26~80.35 μm, II 型长 28.35~33.53 μm; I 型单根均匀着生于每节鳞片边缘中部, II 型着生方式同雌虫,在背面和外面一侧散生(图版 II-A,C,D)。

2.2.3 腔锥形感器(Sensilla coeloconica, Sco) 腔锥形感器是一类感觉锥位于表皮凹陷中的感受器。腔锥形感器呈圆锥形,腔室周围具有长度不等的缘刺,缘刺基部直径较粗,约 0.51~1.00 μm。雌虫的

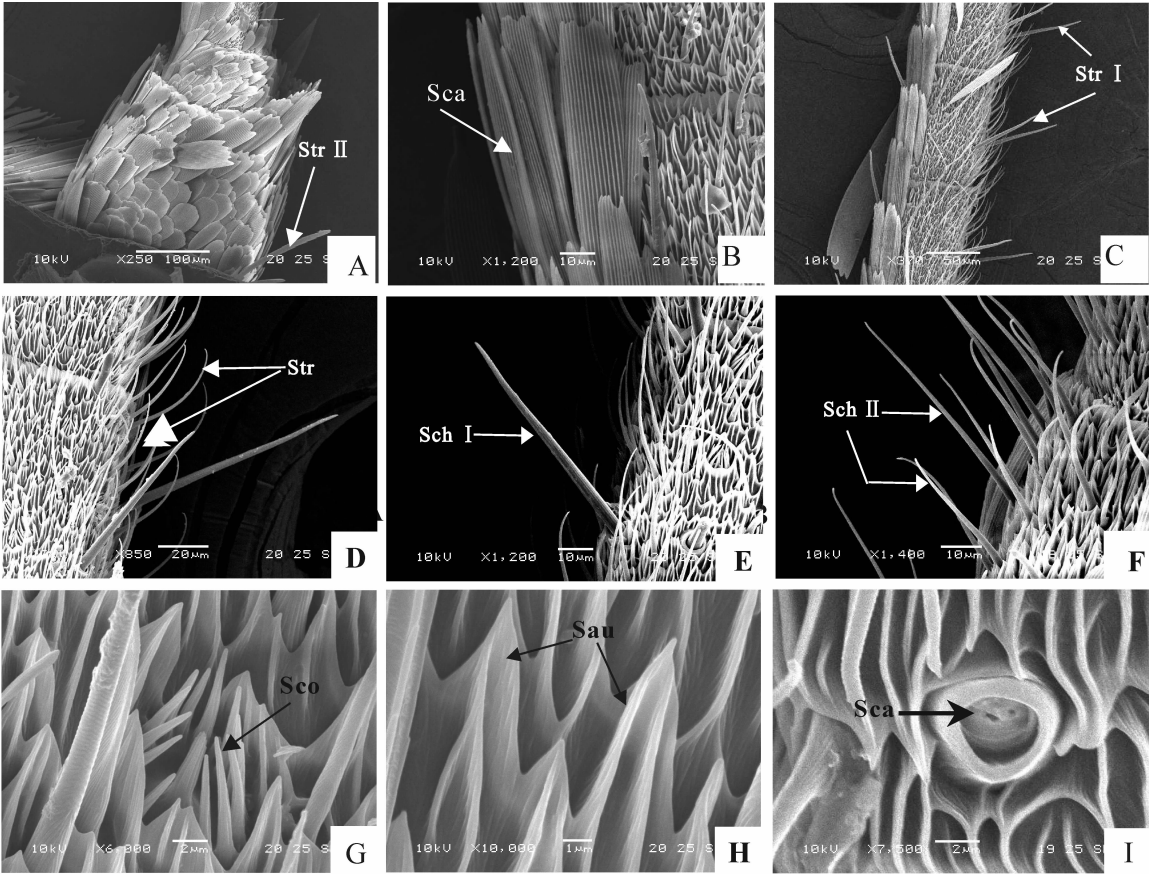
腔锥形感器的缘刺较长,约 6.53~8.13  $\mu\text{m}$ ,由缘刺围成的腔室中央有 1 根感觉锥,感觉锥挺直,顶端钝圆,明显突出于表皮凹陷之外,长 3.50~4.63  $\mu\text{m}$ ,但仅分布于鞭节,且数量较少(图版 I-G);雄虫腔锥形感器的缘刺长 2.00~3.56  $\mu\text{m}$ ,腔室中央的感觉锥不明显,数量较雌虫多(图版 II-E,F)。

2.2.4 耳形感器 (Sensilla auricillica, Sau) 耳形感器外形类似于卷曲状的禾本科植物心叶,基部彼此联合,表面凹陷,中上部呈耳形凹槽,数量较多。雌虫的耳形感器呈典型的心叶状,耳形凹槽通直而深,耳端尖细(图版 I-H);雄虫的耳形感器较扁平,

耳端钝圆(图版 II-G)。

2.2.5 锥形感器 (Sensilla basiconicum, Sba) 锥形感器呈短刺状,挺直,基部粗大,端部较钝,长 4.50~5.5  $\mu\text{m}$ ,数量少,主要分布在鞭节。锥形感器仅在雄虫触角上有分布(图版 II-H)。

2.2.6 腔形感器 (Sensilla cavity, Sca) 腔形感器为一空腔结构,腔内可见不规则小孔和凸凹状结构的感受器。雌虫的腔形感器空腔直径为 4.50~5.00  $\mu\text{m}$ ,数量较少(图版 I-I);雄虫腔形感器的腔缘较浅,腔室较为开放,凸凹状感受器明显可见(图版 II-I)。

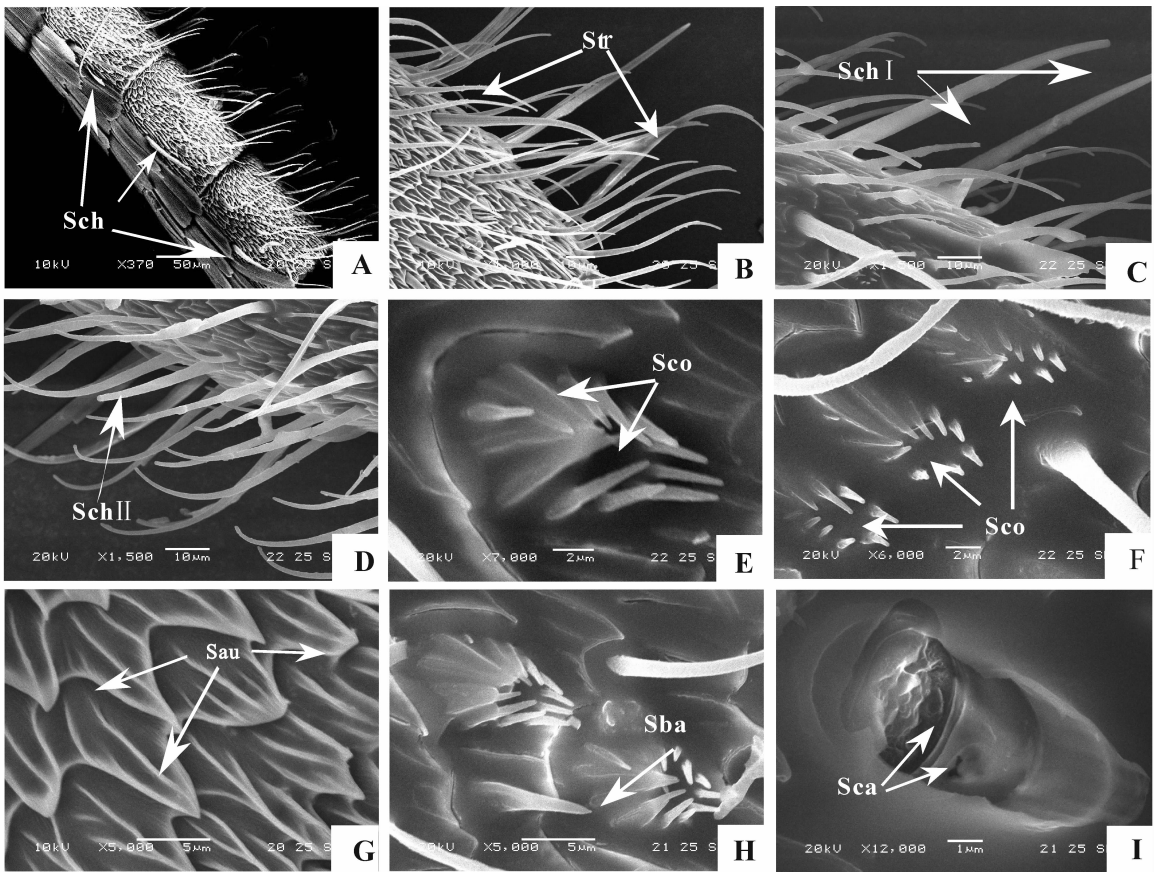


图版 I 甜菜夜蛾雌虫触角类型及其特征

A. 柄节 (Srt II,  $\times 250$ ); B. 鳞片 (Sca,  $\times 1\ 200$ ); C. 触角概貌 (Str I,  $\times 1\ 200$ );  
D. 毛形感器 (Str,  $\times 850$ ); E. 长刺形感器 (Sch I,  $\times 1\ 200$ ); F. 短刺形感器 (Sch II,  $\times 1\ 400$ );  
G. 腔锥形感器 (Sco,  $\times 6\ 000$ ); H. 耳形感器 (Sau,  $\times 1\ 000$ ); I. 腔形感器 (Sca,  $\times 7\ 500$ )

Plate I Type and characteristics of female moth antennal sensilla in *Spodoptera exigua* (Hübner)

A. Scape (Srt II,  $\times 250$ ); B. Scale (Sca,  $\times 1\ 200$ ); C. Views of antenna (Str I,  $\times 1\ 200$ ); D. Type of sensilla trichodea (Str,  $\times 850$ );  
E. Longer type of sensilla chaetica (Sch I,  $\times 1\ 200$ ); F. Shorter type of sensilla chaetica (Sch II,  $\times 1\ 400$ );  
G. Sensilla coeloconica (Sco,  $\times 6\ 000$ ); H. Sensilla auricillica (Sau,  $\times 1\ 000$ ); I. Sensilla cavity (Sca,  $\times 7\ 500$ )



图版 II 甜菜夜蛾雄虫触角类型及其特征

A. 刺形传感器的分布(Sch,  $\times 370$ ); B. 毛形传感器(Str,  $\times 1\,000$ ); C. 长刺形感器(Sch I,  $\times 1\,500$ ); D. 短刺形感器(Sch II,  $\times 1\,500$ ); E~F. 腔锥形感器(Sco,  $\times 7\,000$ ,  $\times 6\,000$ ); G. 耳形感器(Sau,  $\times 5\,000$ ); H. 锥形感器(Sba,  $\times 5\,000$ ); I. 腔形感器(Sca,  $\times 12\,000$ )

#### Plate II Type and characteristics of male moth antennal sensilla in *Spodoptera exigua* (Hübner)

A. Distribution of sensilla trichodea (Sch,  $\times 370$ ); B. Type of sensilla trichodea (Str,  $\times 1\,000$ ); C. Longer type of sensilla chaetica (Sch I,  $\times 1\,500$ ); D. Shorter type of sensilla chaetica (Sch II,  $\times 1\,500$ ); E-F. Sensilla coeloconica (Sco,  $\times 7\,000$ ,  $\times 6\,000$ ); G. Sensilla auriculica (Sau,  $\times 5\,000$ ); H. Sensilla basiconica (Sba,  $\times 5\,000$ ); I. Sensilla cavity (Sca,  $\times 12\,000$ )

### 3 讨论

甜菜夜蛾触角上的感器种类与已报道的鳞翅目昆虫较为相似,其中 5 种类型的感器已有报道,如毛形感器、刺形感器、腔锥形感器、耳形感器和锥形感器与李坤等<sup>[15]</sup>报道的烟实夜蛾触角感器接近,而腔形感器在所查阅到的鳞翅目文献中尚未见报道。昆虫通过感器与其周围环境中的各种信息发生联系,这种联系可使昆虫感知来自种内和种间以及生境中的各种化学、物理的变化,进而做出相应的行为反应,寻找适宜的寄主食物、配偶和最佳生存场所等,使种群得到不断繁衍和发展<sup>[1]</sup>。不同种类的昆虫,在长期适应环境变化和生存压力的进化过程中,感器的种类、数量、分布及形态特征等向趋同和趋异两个方向发展,进而表现出形形色色的行为习性。甜

菜夜蛾也不例外,其触角感器有其自身的独特之处,如腔形感器的存在可能与其某种特殊的功能或习性有关。另外,甜菜夜蛾雌、雄虫间触角感器在种类、形态和分布上也存在一定程度的差异,如毛形感器与触角表面形成的夹角不同、刺形感器分布位置不同、耳形感器形态不同以及仅雄虫触角上分布有的锥形感器等,这些都反映出不同种间和雌雄之间有着不同的行为倾向和生理学特性。

值得指出的是,目前国际上还没有昆虫感器种类的统一命名,大多数文献都是根据触角感器的直观形态特征或参考普遍采用的俗语来命名。所以,不同文献中名称相同的感器有可能所执行的功能并不相同,甚至是属于不同类型的感器。因此,本研究认为,不同昆虫触角的感器与其功能的关系,以及感器的形态特征有着很强的针对性和联系,不主张根

据形态特征直观推理。甜菜夜蛾触角感器类型与功能的关系,还有待进一步证实。

[参考文献]

[1] 娄永根,程家安.昆虫的化学感觉机理[J].生态学杂志,2001,20(2):66-69.  
Lou Y G,Cheng J A. Chemical sensory mechanisms of insects [J]. Chinese Journal of Ecology, 2001, 20(2): 66-69. (in Chinese)

[2] Berg B G,Galizia C G,Brandt R,et al. Digital atlases of the antennal lobe in two species of tobacco budworm moths, the oriental *Helicoverpa* (Male) and the American *Heliothis virescens* (Male and Female)[J]. Comp Neur,2002,446:123-134.

[3] Burguiere L, Marion-Poll F, Cork A. Electrophysiological responses of female *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera;Noctuidae) to synthetic host odours[J]. Insect Physiol, 2001,47:509-514.

[4] Bell W J,Carde R T. 昆虫化学生态学[M]. 黄新培,管致和,译. 北京:北京农业大学出版社,1990:3-5.  
Bell W J,Carde R T. Chemical ecology of insect[M]. Huang X P,Guan Z H, Translated. Beijing: Beijing Agricultural University Press,1990:3-5. (in Chinese)

[5] 彩万志,庞雄飞,花保祯,等. 普通昆虫学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2002:37-40.  
Cai W Z,Pang X F, Hua B Z, et al. General entomology[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2002: 37-40. (in Chinese)

[6] Leonardo D,Francesca M,Stefania N,et al. Under-estimate in a moth biodiversity measurement owing to a migratory event of *Spodoptera exigua* [J]. Acta Zoologica Sinica, 2005, 51(5): 909-911.

[7] 尹仁国. 甜菜夜蛾的发生及防治[J]. 昆虫知识,1990,27(5): 289-290.  
Yin R G. Occurrence and prevention of *Spodoptera exigua* [J]. Entomological Knowledge, 1990, 27(5): 289-290. (in Chinese)

[8] Wakamura S. Reproduction of delayed mating[J]. Jpn J Appl Ent Zool, 1990, 34(2): 43-48.

[9] 戴淑慧,杨亚萍. 甜菜夜蛾的生物学特性及防治[J]. 植物保护, 1993, 19(2): 20-21.  
Dai S H, Yang Y P. Biological characteristics and prevention of *Spodoptera exigua* [J]. Plant Protection, 1993, 19(2): 20-21.

(in Chinese)

[10] 彭 梅,邓新平. 甜菜夜蛾不同龄期幼虫药剂敏感性及酶活性差异[J]. 西南农业大学学报:自然科学版,2005,27(2):173-183.  
Peng M,Deng X P. Difference in insecticide tolerance and enzyme activity of *Spodoptera exigua* larvae at different instars [J]. Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science Edition, 2005, 27(2): 173-183. (in Chinese)

[11] 李子玲,韦绥概,覃爱枝,等. 寄主营养成分含量与甜菜夜蛾生长繁殖的关系[J]. 西南农业大学学报:自然科学版,2006,28(6):986-989.  
Li Z L,Wei S G, Qin A Z, et al. Relationship between the nutritin contents of host plants and the development and reproduction of *Spodoptera exigua* Hübner[J]. Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science Edition, 2006, 28(6): 986-989. (in Chinese)

[12] 翁志辉,林国华. 甜菜夜蛾的发生危害特点及测报与防治[J]. 福建农业科技,1994(5):35-36.  
Weng Z H, Lin G H. Occurrence, forecasting and its prevention of *Spodoptera exigua* [J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 1994(5): 35-36. (in Chinese)

[13] 何玉仙,杨秀娟,游 泳,等. 甜菜夜蛾田间种群的药剂敏感性测定[J]. 华东昆虫学报,2006;15(2):140-142.  
He Y X, Yang X J, You Y, et al. Determination of susceptibility in field populations of *Spodoptera exigua* to insecticides [J]. Entomological Journal of East China, 2006; 15(2): 140-142. (in Chinese)

[14] 伦才智,李艳伟,刘永杰,等. 抗性甜菜夜蛾 Na-K-ATP 酶、Ca-ATP 酶和 Ca-Mg-ATP 酶对高效氯氟氰菊酯的敏感性[J]. 农药学学报,2006,8(4):335-338.  
Lun C Z, Li Y W, Liu Y J, et al. Sensitivity of Nerve Na-K-ATPase, Ca-ATPase and Ca-Mg-ATPase in Resistant Strains of *Spodoptera exigua* to lambda-Cyhalothrin [J]. Chinese Journal of Presticide Science, 2006, 8(4): 335-338. (in Chinese)

[15] 李 坤,罗梅洁,赵国强,等. 烟实夜蛾触角感器的超微结构观察[J]. 河南农业大学学报,2006,40(3):250-253.  
Li K, Luo M J, Zhao G Q, et al. Observation on the ultrastructures of antennal sensilla in *Helicoverpa assulta* [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2006, 40(3): 250-253. (in Chinese)