

甜菜夜蛾在四种寄主植物上的生命表 参数比较研究^{*}

董钧锋¹ 张友军² 朱国仁² 王少丽^{2**}

(1. 河南科技大学林学院 洛阳 471003; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081)

摘 要 在控制条件下对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 在白菜、大葱、甘蓝和豇豆上的生命表参数进行了比较研究。结果表明, 甜菜夜蛾幼虫在 4 种寄主植物上均为 5 个龄期。幼虫和蛹在大葱上的发育历期最长, 在白菜上最短。甘蓝叶片饲养的甜菜夜蛾生殖力最高, 单雌产卵量为 1 015.8 粒, 豇豆叶片上饲养的生殖力最低, 为 496.1 粒。甜菜夜蛾在甘蓝上的内禀增长率和净增殖率最高, 分别为 0.237 和 287.82, 在大葱上最低, 分别为 0.172 和 173.90。在大葱上甜菜夜蛾幼虫存活率较低, 在其他 3 种寄主植物上较高。甜菜夜蛾的特定年龄生殖率在甘蓝叶片上最高, 第 22 天单雌产卵量高达 453.6 粒。研究结果表明, 在选取的 4 种植物中, 甘蓝是甜菜夜蛾的最适寄主。

关键词 甜菜夜蛾, 寄主植物, 生命表参数

Comparative life table parameters of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, on four host plants

DONG Jun-Feng¹ ZHANG You-Jun² ZHU Guo-Ren² WANG Shao-Li^{2**}

(1. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract The effects of four host plants on life table parameters of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), were studied in the laboratory at $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$, relative humidity of $65\% \pm 5\%$ and photoperiod of 18L:6D. The host plants tested were Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson), Chinese onion (*Allium fistulosum* L. var. *giganteum* Makino), cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), and bean (*Vigna unguiculata* W. ssp. *sesquipedalis* (L.) Verd). The results show that five larval stages of *S. exigua* occur on the four host plants tested. The larval and pupal periods were longest on Chinese onion, and shortest on Chinese cabbage. Among the different host plants, *S. exigua* exhibited the highest fecundity on cabbage, with 1 015.8 eggs/female and the lowest on bean, with 496.1 eggs/female. The intrinsic rate of increase (r_m) ranged from 0.172 to 0.237, with the highest rate on cabbage and the lowest on Chinese onion. The highest net reproductive rate (R_0) was on cabbage, with 287.82 female/female/generation and the lowest was on Chinese onion with 173.90 female/female/generation. Larval survival was lower on Chinese onion than on the other three host plants. Age-specific fecundity rate of *S. exigua* was higher on cabbage than the other plants. It is concluded that cabbage is the most suitable host plant for *S. exigua* of the four plants tested in this study.

Key words *Spodoptera exigua*, host plant, life table parameter

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 属鳞翅目、夜蛾科, 是一种世界分布的重要农业害虫, 也是近年来在我国由次要害虫上升为主要害虫, 给

农业生产造成重大经济损失的害虫之一(江幸福和罗礼智, 2010)。它具有迁飞能力强、喜高温、寄主范围广等特性。

* 资助项目: 公益性行业(农业)科研专项(200803007)和北京市自然科学基金项目(6102021)。

**通讯作者, E-mail: wangshl@caas.net.cn

收稿日期: 2011-12-23, 接受日期: 2012-05-22

寄主植物的营养成分影响植食性昆虫的生长发育和营养积累,而营养状况又决定了植食性昆虫的存活率、生殖力和成虫寿命等生物学指标(Awmack and Leather, 2002; Sarfraz *et al.*, 2007)。因此寄主植物在植食性昆虫的种群扩增和爆发危害方面发挥着重要作用(Singh and Parihar, 1988)。甜菜夜蛾是典型的广食性昆虫,Greenberg 等(2001)报道甜菜夜蛾在北美可取食 18 科 90 余种植物;张彬等(2008)综合已有的文献总结夜蛾夜蛾的寄主为 35 科 138 种植物;Farahan 等(2011)等报道甜菜夜蛾可为害 10 科 50 种植物。

甜菜夜蛾幼虫已经对几乎所有的化学防治药剂都产生了抗药性(林珠凤等, 2007),甚至对生物农药多杀菌素(Wang *et al.*, 2006; Osorio *et al.*, 2008)和印楝素(Abdullah *et al.*, 2000)也产生了较高的抗性,加之甜菜夜蛾具有间歇式爆发危害的特点,因此监控种群的变化动态是预测预报和科学治理甜菜夜蛾成灾危害的重要前提(Idris and Emelia, 2001)。

研究不同寄主上甜菜夜蛾的生命表参数有助于制订科学有效的控制甜菜夜蛾种群数量的防治策略。有关寄主植物对甜菜夜蛾生物学指标影响的报道较多(Greenberg *et al.*, 2001; Azidah and Sofian-Azirun, 2006; Saeed *et al.*, 2009),但结果不尽相同。为明确寄主植物对甜菜夜蛾生命表参数的影响,了解不同寄主上甜菜夜蛾的种群变化规律,本研究选取白菜、大葱、甘蓝和豇豆 4 种寄主植物,研究了甜菜夜蛾在该 4 种寄主上的生命表参数,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

甜菜夜蛾于 2007 年 8 月采自河南洛阳葱田,在室内续代饲养至今。幼虫饲以常规人工饲料(慕卫等, 2002)。初孵幼虫在指形管内群体饲养,每管 4~5 头,在 3 龄末期,挑选生长一致的幼虫单独饲养。成虫以 10% 的蜂蜜水补充营养。试验前将甜菜夜蛾初孵幼虫分成 4 组,在人工气候箱内分别用 4 种寄主植物叶片饲养至化蛹,以适应新的寄主植物,消除食料效应(Farahan *et al.*, 2011)。饲养条件为: $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $65\% \pm 5\%$, 光周期 L:D = 18:6。

1.2 供试植物

白菜 (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson) (丰抗 70, 莱州市汇元种业有限公司生产)、大葱 (*Allium fistulosum* L. var. *giganteum* Makino) (长白条, 郑州聚丰种子有限公司)、结球甘蓝 (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) (绿野甘蓝, 日本川野株式会社采种场生产, 简称甘蓝) 和豇豆 (*Vigna unguiculata* W. ssp. *sesquipedalis* (L.) Verd) (之豇 28, 河北省定州市玉丰种子公司)。按常规栽培方法栽种于试验田, 不施用任何化学农药。试验前从试验田采集植物顶尖下第一片成叶, 用蒸馏水冲去叶片表面异物, 晾干表面水珠备用。

1.3 试验方法

幼虫期取食同种寄主叶片的甜菜夜蛾羽化后雌雄成虫群体交配, 产卵后取 40~60 粒同日龄卵(0~8 h 卵)放入培养皿内($\Phi = 9\text{ cm}$)待孵化, 培养皿底部铺有 5 mm 厚的 2% 琼脂以保持湿度, 设 4 次重复, 第 3 天起每 3 h 检查一次卵孵化情况, 统计受精卵的孵化时间。幼虫孵化后转入塑料杯(300 mL)内饲养, 杯内分别放入 4 种不同寄主植物叶片, 杯底铺有 1 cm 厚的 2% 琼脂以保持湿度。1~3 龄幼虫用保鲜膜封口以避免幼虫逃逸, 4~5 龄幼虫用细纱布封口以保持塑料杯内通风。以蜕掉的头壳和虫蜕作为判断试虫蜕皮的依据。寄主植物叶片每 2 d 更换一次至化蛹。每处理 20 头试虫, 设 3 次重复。试验条件为: $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $65\% \pm 5\%$, 光周期 L:D = 18:6。试验期间每天检查试虫的龄期和存活情况至成虫羽化。计算不同寄主上甜菜夜蛾的幼虫期和蛹期。

取食同种寄主植物叶片的甜菜夜蛾羽化后转入交配笼($\Phi = 15\text{ cm}$, $h = 20\text{ cm}$)内单对交配。笼内白天放入蘸有 10% 蜂蜜水溶液的棉球以补充营养, 夜间移走以避免棉球上落卵。每天更换交配笼并统计交配笼内壁上的卵量至雌蛾死亡, 未交配雌蛾所产卵量不纳入统计分析。每处理设 10 次重复。

1.4 数据处理和统计分析

利用两性生命表(age-stage two-sex life table)软件对原始数据进行统计(Yang and Chi, 2006)。分别计算各虫态发育历期、产卵量以及各种生物学参数, 包括内禀增长率(r_m)、周限增长率(λ)、

净生殖率(R_0)和平均世代周期(T)等。获得的数
据用 SPSS 17.0 软件进行方差分析,并用 Duncan
的新复极差法($P=0.05$)检验差异显著性。

2 结果与分析

甜菜夜蛾未成熟阶段在不同寄主植物上发育
历期差异显著(表 1)。大葱种群卵期最短,其他 3

个种群间差异不显著。取食白菜叶片的甜菜夜蛾
生长发育最快,取食甘蓝和豇豆叶片的次之,取食
大葱叶片的生长发育最慢,未成熟阶段历期达
27.06 d。取食 4 种不同寄主植物叶片的甜菜夜蛾
幼虫期均为 5 个龄期,除豇豆种群外,1 龄时间最
长,4 龄时间最短。与其他种群相比,大葱种群 1
~5 龄发育时间和蛹期均显著延长。

表 1 甜菜夜蛾在 4 种寄主植物上各虫态的发育历期(d)
Table 1 Developmental period (d) of different stages of *Spodoptera exigua* on four host plants

发育阶段 Developmental stage	白菜 Chinese cabbage	大葱 Chinese onion	甘蓝 Cabbage	豇豆 Bean
卵期 Egg stage	2.95 ± 0.25 a	2.85 ± 0.18 b	2.89 ± 0.24 ab	2.88 ± 0.29 ab
1 龄 1 st instar	2.42 ± 0.42 d	4.00 ± 0.26 a	2.79 ± 0.32 b	2.61 ± 0.48 c
2 龄 2 nd instar	2.02 ± 0.11 c	3.58 ± 0.44 a	2.15 ± 0.28 b	2.04 ± 0.18 bc
3 龄 3 rd instar	1.96 ± 0.16 c	3.07 ± 0.23 a	2.10 ± 0.27 b	2.00 ± 0.00 c
4 龄 4 th instar	1.77 ± 0.40 c	2.89 ± 0.29a	1.89 ± 0.30 bc	2.00 ± 0.00 b
5 龄 5 th instar	2.10 ± 0.30 c	3.44 ± 0.50 a	2.63 ± 0.49 b	2.81 ± 0.44 b
蛹期 Pupa stage	6.20 ± 0.72bc	7.35 ± 0.71 a	6.31 ± 0.90 b	6.15 ± 0.46 bc
未成熟历期 Immature stage	19.32 ± 1.05 c	27.06 ± 1.36 a	20.97 ± 1.20 b	20.6 ± 0.66 b

注:同行数据(平均值±SD)后标有不同字母的表示差异显著($P<0.05$, One-way ANOVA, Duncan's 新复极差法)。下表
同。
Data are mean ± SE, and followed by different letters in the same row indicate significantly different ($P<0.05$, One-way ANOVA,
Duncan's multiple range test). The same below.

由表 2 可以看出,寄主植物对甜菜夜蛾的生
殖力和成虫寿命影响显著。甘蓝种群生殖力最
高,平均产卵量达 1 015.8 粒,白菜和大葱种群次
之,豇豆种群生殖力最低,平均产卵量仅为 496.1
粒。而甘蓝种群和豇豆种群的雌蛾产卵期最短,

暗示产卵量与产卵期无直接关系。取食甘蓝叶片
后,甜菜夜蛾雄蛾寿命最长,为 12.00 d,而雌蛾寿
命仅为 6.76 d,雌雄成虫寿命长短不一致的趋势
可能与试验中样本量较小有关。

表 2 甜菜夜蛾在 4 种寄主植物上的生殖力和成虫寿命
Table 2 Fecundity and adult longevity of *Spodoptera exigua* on four host plants

参数 Parameters	白菜 Chinese cabbage	大葱 Chinese onion	甘蓝 Cabbage	豇豆 Bean
产卵期(d) Oviposition period	5.78 ± 1.22 b	6.93 ± 2.09 a	4.76 ± 1.25 bc	4.65 ± 1.57 c
生殖力(egg/female) Fecundity	735.20 ± 183.10 b	695.60 ± 199.90 b	1 015.80 ± 284.80 a	496.10 ± 238.30 c
雄蛾寿命(d) Longevity of male adult	8.50 ± 2.46 b	8.06 ± 2.02 b	12.00 ± 5.04 a	7.50 ± 2.04 b
雌蛾寿命(d) Longevity of female adult	7.72 ± 1.02 b	9.67 ± 2.79 a	6.76 ± 1.48 b	7.22 ± 1.80 b

表 3 甜菜夜蛾在 4 种不同寄主植物上的生殖生命表参数

Table 3 Reproduction and life table parameters of *Spodoptera exigua* on four host plants

参数 Parameters	白菜 Chinese cabbage	大葱 Chinese onion	甘蓝 Cabbage	豇豆 Bean
内禀增长率(r_m) Intrinsic rate of increase	0.236 ± 0.017	0.172 ± 0.014	0.237 ± 0.017	0.228 ± 0.014
周限增长率(λ) Finite rate of increase	1.266 ± 0.023	1.187 ± 0.017	1.267 ± 0.023	1.257 ± 0.017
净增殖率(R_0) Net reproductive rate	220.570 ± 79.090	173.900 ± 71.330	287.820 ± 108.410	223.250 ± 67.200
平均世代周期(T) Mean generation time	22.930 ± 0.540	30.200 ± 0.680	24.030 ± 0.480	23.750 ± 0.350

内禀增长率是评估害虫种群增长潜力的主要参数。在本试验中,甜菜夜蛾在 4 种寄主植物上的内禀增长率均大于零,呈明显增长趋势(表 3)。甘蓝种群和白菜种群的内禀增长率最高,豇豆种群次之,大葱种群最低。种群内禀增长率从一个侧面反映植食性昆虫对寄主的适应性和嗜食性,因此仅根据内禀增长率来判断,甜菜夜蛾在十字花科蔬菜甘蓝和白菜上的适应性和嗜食性最好,豇豆上次之,大葱上最低。周限增长率表示种群

在单位时间里的理论增长倍数。从表 3 可知,甜菜夜蛾在大葱上的周限增长率最低(1.187),其余 3 个寄主种群差异不显著。

同时,甜菜夜蛾在甘蓝叶片上的净增殖率最高,达 287.82,豇豆和白菜上次之,二者差异不显著,高于在大葱上的净增殖率。大葱种群上甜菜夜蛾的世代周期 T 较长(30.2 d),明显高于其他 3 个种群。

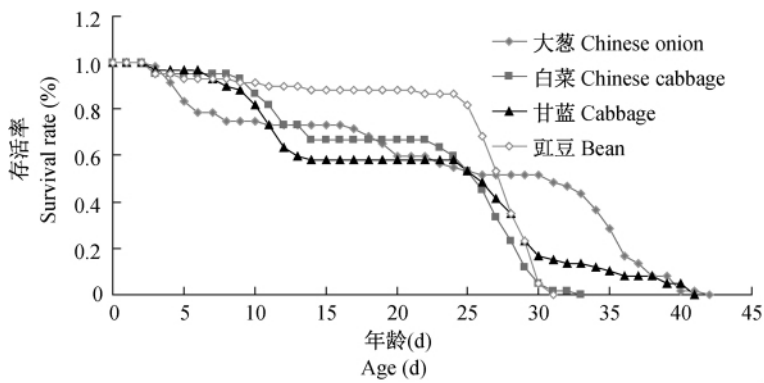


图 1 甜菜夜蛾在不同寄主上的存活率曲线

Fig.1 Survival curves of *Spodoptera exigua* on different host plants

取食 4 种寄主植物叶片后,甜菜夜蛾的存活率均逐渐下降(图 1)。豇豆种群在前 27 d 存活率较高,达 81% 以上,之后直线下降;其他 3 个种群的存活率一直缓慢下降,大葱种群在第 6 天起存活率低于 80%,而白菜和甘蓝种群在第 13 天左右存活率开始低于 80%。

从图 2 可以看出,随着时间的增加,甜菜夜蛾

的特定年龄生殖率呈先急剧增加后缓慢减少的趋势,中间有一个峰值,在不同寄主植物上,峰值出现的时间和幅度均有差异。取食甘蓝叶片后甜菜夜蛾的特定年龄生殖率最高,单头雌蛾最高产卵量达到 153.6 粒,其他 3 种寄主上甜菜夜蛾的特定年龄生殖率最高为 79 粒。白菜、甘蓝和豇豆上甜菜夜蛾产卵高峰出现的时间基本一致,而大葱

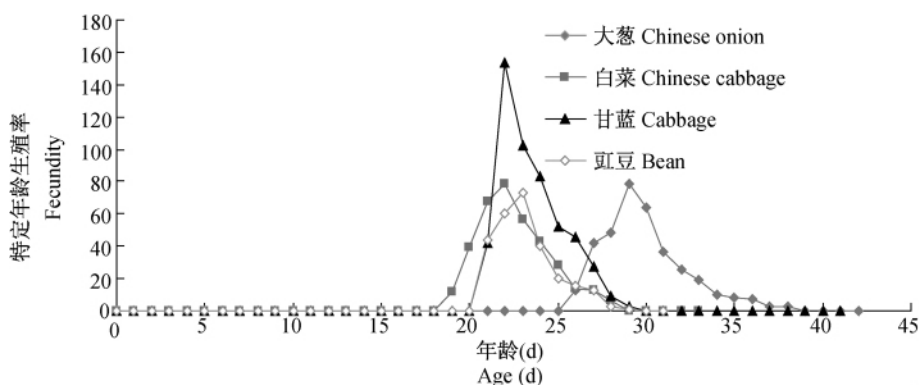


图2 甜菜夜蛾在不同寄主上的特定年龄生殖率

Fig. 2 Age-specific fecundity rate of *Spodoptera exigua* on different host plants

种群的产卵高峰出现时间比其它3个种群延迟了大约一周时间,分析原因可能是由于大葱营养成分缺乏,甜菜夜蛾幼虫和蛹期生长发育较慢,导致成虫生殖系统发育时间延长。

3 讨论

研究结果表明,不同寄主植物对甜菜夜蛾卵、幼虫和蛹的发育时间有不同程度影响。取食4种寄主植物后甜菜夜蛾卵的发育时间为2.85~2.95 d,与Khalid等(1997)的研究结果一致,而Azidah和Sofian-Azirun(2006)、Farahan等(2011)研究结果均表明,甜菜夜蛾卵的孵化时间不受寄主的影响,这可能与试验中卵的选取标准有关系,严格选用同一时间产的卵块可降低试验误差。甜菜夜蛾幼虫在白菜、甘蓝和豇豆上生长发育较快,在大葱上较慢,这可能与不同寄主叶片的营养成分和次生物质的种类与含量不同有关。Azidah和Sofian-Azirun(2006)的研究表明寄主植物对甜菜夜蛾蛹的发育时间也有一定程度的影响,这与本研究结果吻合,说明幼虫期摄取的营养成分差异影响蛹的发育进度。

Abdullah等(2000)报道大豆上甜菜夜蛾平均产卵量为472.5粒。本研究结果表明,幼虫期取食甘蓝、白菜、大葱和豇豆叶片后甜菜夜蛾平均产卵量分别为1 015.8、735.2、695.6和496.1粒。说明甜菜夜蛾的生殖力受幼虫期食料植物的影响巨大。本研究中,甜菜夜蛾雌雄成虫的寿命也受寄主植物的影响,这与Saeed等(2009)的研究结果吻合,而Farahan等(2011)的研究表明,寄主植物不会对甜菜夜蛾成虫寿命产生显著影响。

甜菜夜蛾种群增长参数由寄主和环境条件等多种因素决定(Tisdale and Sappington, 2001)。本研究中,甜菜夜蛾在大葱上的内禀增长率为0.172,而在甘蓝上为0.237。说明在研究的4种寄主植物中,甘蓝是甜菜夜蛾种群扩增最快的适宜寄主,而大葱为甜菜夜蛾种群扩增的非适宜寄主。Greenberg等(2001)报道甜菜夜蛾在甘蓝上的净增殖率为139.3,本试验中为287.82,研究结果不一致可能与甘蓝品种不同或试验采用的生育期不同有关。

甜菜夜蛾在4种寄主植物上的存活率曲线表明,甜菜夜蛾幼虫期在大葱上存活率最低,在其他3种寄主植物上存活率较高,取食白菜和甘蓝后化蛹前为死亡高峰期。Liu等(2004)研究结果表明,取食不同寄主植物后棉铃虫初孵幼虫和2龄幼虫死亡率较高。这可能是由于试虫预处理不同而造成。本研究中甜菜夜蛾已在各寄主上分别饲养一代,能够初步适应不同的寄主植物,而Liu等(2004)研究中直接将人工饲料上的棉铃虫转至植物叶片上,试虫可能由于食料突然转换而引起低龄幼虫较高的死亡率。本研究发现甜菜夜蛾在甘蓝上的特定年龄生殖率最高,说明其在甘蓝上繁殖力强,种群增长速度最快。

本研究是在室内可控制的恒定环境条件下完成的,排除了天敌等因素的影响,并且试验中选取离体的寄主植物叶片作为甜菜夜蛾幼虫的食料,而离体组织和活体植物的营养成分和挥发性物质含量均有较大差别。所以研究结果虽然对了解甜菜夜蛾在不同寄主上的种群动态有借鉴意义,但并不能完全反映田间真实情况,因此相关研究尚

需进一步深入进行。

参考文献 (References)

- Abdullah M, Sarnthoy O, Tantakom S, Isichaikul S, Cheychomsri S, 2000. Monitoring insecticide resistance development in beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Nat. Sci.*, 34: 450—457.
- Awmack CS, Leather SR, 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 47: 817—844.
- Azidah AA, Sofian-Azirun M, 2006. Life history of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on various host plants. *Bull. Entomol. Res.*, 96(6): 613—618.
- Farahan S, Naseri B, Talebi AA, 2011. Comparative life table parameters of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on five host plants. *J. Entomol. Res. Soc.*, 13(1): 91—101.
- Greenberg SM, Sappington WT, Legaspi BC, Liu TX, Setamou M, 2001. Feeding and life history of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 94(4): 566—575.
- Idris AB, Emelia O, 2001. Development and feeding behaviour of *Spodoptera exigua* L. (Lepidoptera: Noctuidae) on different food plants. *J. Biol. Sci.*, 1(12): 1161—1164.
- Khalid AM, Mohammad G, Venkataiah M, 1997. Biology and bionomics of cutworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on chillies. *Vegetable Science*, 24: 61—63.
- Liu ZD, Li DM, Gong PY, Wu KJ, 2004. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on different host plants. *Environ. Entomol.*, 33(6): 1570—1576.
- Osorio A, Martinez AM, Schneider MI, Diaz O, Corrales JL, Aviles MC, Smagghe G, Pineda S, 2008. Monitoring of beet armyworm resistance to spinosad and methoxyfenozide in Mexico. *Pest Manag. Sci.*, 64(10): 1001—1007.
- Saeed S, Sayyed AH, Ahmad I, 2009. Effect of host plants on life-history traits of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Pest Sci.*, 83(2): 165—172.
- Sarfraz M, Dosdall LM, Keddle BA, 2007. Resistance of some cultivated Brassicaceae to infestations by *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 100(1): 215—224.
- Singh OP, Parihar SBB, 1988. Effect of different hosts on the development of *Heliothis armigera*. *Bull. Entomol. Res.*, 29: 2168—2172.
- Tisdale RA, Sappington TW, 2001. Realized and potential fecundity, egg fertility, and longevity of laboratory-reared female beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) under different adult diet regimes. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 94(3): 415—419.
- Wang W, Mo JC, Cheng JA, Zhuang PJ, Tang ZH, 2006. Selection and characterization of spinosad resistance in *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Pestic. Biochem. Physiol.*, 84(3): 180—187.
- Yang TC, Chi H, 2006. Life tables and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.*, 99(3): 691—698.
- 江幸福, 罗礼智, 2010. 我国甜菜夜蛾迁飞与越冬规律研究进展与趋势. 长江蔬菜(学术版), 18: 36—37.
- 林珠凤, 罗礼智, 潘贤丽, 2007. 杀虫剂使用失当是甜菜夜蛾大发生的重要原因. 昆虫知识, 44(3): 327—332.
- 幕卫, 吴孔明, 张永军, 郭予元, 张文吉, 2002. 甜菜夜蛾的人工饲养技术. 棉花学报, 14(5): 287—290.
- 张彬, 刘怀, 王进军, 周旭, 2008. 甜菜夜蛾研究进展. 中国农学通报, 24(10): 427—433.