



蒋月丽, 郭培, 李彤, 郝超群, 苗进, 巩中军, 段云, 刘启航, 武予清. 黄光光照强度对甜菜夜蛾成虫生殖行为和寿命的干扰效果 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (5): 1230 - 1234.

## 黄光光照强度对甜菜夜蛾成虫生殖行为和寿命的干扰效果

蒋月丽<sup>1\*</sup>, 郭培<sup>1\*</sup>, 李彤<sup>1</sup>, 郝超群<sup>2</sup>, 苗进<sup>1</sup>, 巩中军<sup>1</sup>,  
段云<sup>1</sup>, 刘启航<sup>1</sup>, 武予清<sup>1\*\*</sup>

(1. 河南省农业科学院植物保护研究所, 河南省农作物病虫害防治重点实验室, 农业部华北南部有害生物治理重点实验室, 郑州 450002;  
2. 河南省农业科学院, 郑州 450002)

**摘要:** 为阐明黄光光照强度对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 成虫生殖行为和寿命的影响。本研究设置 3 个光照强度 (1 Lx, 10 Lx, 100 Lx) 和一个对照 (CK) 处理, 观察记录不同处理下甜菜夜蛾的单雌产卵量、产卵前期、产卵期、卵孵化率及成虫寿命。结果表明, 黄光不同光照强度对甜菜夜蛾的生殖行为和雌成虫寿命均存在不同程度的影响, 在光照强度达到 10 Lx 和 100 Lx 的情况下, 其单雌产卵量明显降低, 产卵历期和雌成虫寿命明显缩短, 当光照强度为 1 Lx 情况下与对照相比无明显差异。该研究结论为防蛾灯的进一步优化和完善提供了一定的理论支撑。

**关键词:** 甜菜夜蛾; 黄光; 光照强度; 生殖行为; 成虫寿命

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 05-1230-05

### Interference effect study on reproductive behavior and adult longevity of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different yellow light intensity

JIANG Yue-Li<sup>1\*</sup>, GUO Pei<sup>1\*</sup>, LI Tong<sup>1</sup>, HAO Chao-Qun<sup>2</sup>, MIAO Jin<sup>1</sup>, GONG Zhong-Jun<sup>1</sup>, DUAN Yun<sup>1</sup>, LIU Qi-Hang<sup>1</sup>, WU Yu-Qing<sup>1\*\*</sup> (1. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Henan Key Laboratory of Crop Pests Control, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southern Region of North China, Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In order to clarify the effect of yellow light intensity on the reproductive behavior and longevity of *Spodoptera exigua*. In this study, three light intensities (1 Lx, 10 Lx, 100 Lx) and a control (CK) were used to observe and record the oviposition quantity, pre-oviposition period, oviposition period, egg hatching rate and longevity of *S. exigua* under different treatments. The results showed that the yellow light intensity had different effects on the reproductive behavior and female longevity of *S. exigua*. When the light intensity reached 10 Lx and 100 Lx, the oviposition quantity decreased, and the oviposition period and female longevity shortened significantly. When the light intensity was 1 Lx, there was no significant

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFD0201008); 国家重点研发计划 (2017YFD0200907)

作者简介: 蒋月丽, 女, 1982 年生, 河南杞县人, 博士, 助理研究员, 研究方向昆虫视觉生态学, E-mail: yueli006@126.com

\* 并列第一作者简介: 郭培, 女, 1987 年生, 硕士, 科研助理, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: 2605492093@qq.com

\*\* 通讯作者 Author for correspondence: 武予清, 博士, 研究员, 研究方向为昆虫生态与害虫防治, E-mail: yuqingwu36@hotmail.com

收稿日期 Received: 2020-03-12; 接受日期 Accepted: 2020-05-12

difference compared with the control. The conclusion provides a theoretical support for the further optimization and improvement of yellow light.

**Key words:** *Spodoptera exigua*; yellow light; light intensity; reproductive behavior; adult longevity

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae, 是一种世界性分布的害虫, 常危害豆科、旋花科及十字花科等多种蔬菜。而目前, 甜菜夜蛾防治的主要手段依然是利用化学农药, 多年来形成了抗药性提高 - 药量增大的恶性循环 (贾变桃, 2007), 因此, 寻求安全有效的绿色防控技术已迫在眉睫。由于夜蛾科昆虫具有光敏感性, 所以灯光防治为主的物理防治技术越来越受重视 (Shimoda *et al.*, 2013)。近年来, 防蛾灯 (黄色灯) 对多种蛾类害虫的防控技术研究取得了一定的成效 (Kosaka, 1999; Yamanaka and Yase, 1999; Imura and Fukui, 2003; 段云等, 2007; 蒋月丽等, 2008a; 蒋月丽等, 2008b; 段云等, 2009; 段云等, 2016)。

防蛾灯主要是利用了昆虫复眼对绿-黄光感受器敏感的生物学功能。夜出型蛾类的复眼白天在日光下处于“明适应”——也称“亮眼”状态, 在夜间处于“暗适应”——也称“暗眼”状态, 而一般的夜出型蛾类的取食、交尾及产卵活动都是在夜间“暗适应”状态下进行的, 因此, 当夜间给予足够光照强度黄光照射时, 一些蛾类昆虫的复眼将仍然处于“明适应”状态 (段云等, 2009; 武予清等, 2009), 如甜菜夜蛾复眼的屏蔽色素仍然像白天一样覆盖复眼 (明适应状态) (高慰曾, 1989), 这样黄光灯就会干扰鳞翅目蛾类昆虫的日节律, 影响其取食、交尾、产卵及存活寿命等生物学习性, 从而起到控制其种群发展的目的。

前人研究证明, 强光或者持续光照可以抑制蛾类的求偶行为和性信息素的合成 (Webster and Conner, 1986; Raina *et al.*, 1991; Kawazu *et al.*, 2011)。强光可以抑制棉铃虫 *Helicoverpa orygera* 雌蛾的求偶行为、性信息素合成及交配; 弱光可以促进棉铃虫雌蛾的求偶行为; 相对黑暗环境, 弱光还可以促进棉铃虫快速完成交配 (闫硕等, 2014)。本研究团队在前期的研究中已经发现防蛾灯对蛾类害虫生殖行为干扰的效果主要受光的波长和光照强度的影响 (蒋月丽等, 2018), 然而, 关于防蛾灯的光照强度强弱对蛾类害虫的生殖行为影响的系统研究还未见报道, 甜菜夜蛾是重要

的蛾类害虫种类之一, 因此, 本研究为探明防蛾灯光照强度对蛾类害虫干扰效果的影响研究, 开展了不同光照强度梯度的黄光对甜菜夜蛾生殖行为和成虫寿命的影响研究, 预期结果可以为新一代防蛾灯的优化和改进提供必要的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试昆虫

甜菜夜蛾最早虫源采自河南正阳 (114°38'958"N, 32°60'39"E) 花生田, 在养虫室内 (T: 25 ± 1°C, RH 70% ± 5%, L:D = 14 h:10 h) 饲养多代。幼虫用人工饲料饲养 (李广宏等, 2002), 将初孵幼虫用毛笔接入装有人工饲料的 24 孔 (6 × 4) 养虫盘内, 并及时添加饲料, 直至化蛹。蛹期分雌雄, 分别放置于 30 cm × 30 cm × 30 cm 的养虫笼内羽化, 刚羽化的成虫为 1 日龄, 饲喂 10% 蜂蜜水。

### 1.2 光照条件

本试验在光照箱 (60 cm × 40 cm × 60 cm) 中进行, 对照组光周期为 14 L:10 D, 光照强度为 1 000 Lx; 处理组白天为 14 h 的普通日光照射, 光照强度为 1 000 Lx, 夜间采用波长为 565 ~ 585 nm 的黄光处理 10 h, 黄光光源采用由鹤壁国立光电科技股份有限公司订制的 Led 灯, 功率为 10 W, 黄光光照强度通过调整照射高度调节光照强度, 设置为 1 Lx、10 Lx 和 100 Lx, 利用照度计 (TES-1334A) 测试光照强度。

### 1.3 试验处理

选择 2 日龄健壮成虫, 单对雌雄虫放入同一个透明玻璃罐 (高 15 cm, 底直径 10 cm) 内, 罐口用 60 目纱布封住, 置于不同处理培养箱中, 定时添加 10% 蜂蜜水补充营养, 处理直至死亡。每处理 6 个重复 (6 罐), 记录雌蛾产卵前期 (从羽化到第一次产卵的间隔期)、产卵历期、产卵量、卵孵化率及雌雄虫寿命。

### 1.4 数据分析

所有数据均用平均值 ± 标准误来表示。为了分析不同处理对甜菜夜蛾生殖参数和寿命的影响, 均值差异分析采用单因素方差分析 (ANOVA),

如果差异显著则进行 Tukey's HSD 多重比较。百分比数据在统计分析前进行反正弦平方根转换。所有数据的处理分析均在 SPSS 19.0 软件中进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光照强度对甜菜夜蛾单雌产卵量的影响

通过统计甜菜夜蛾的单雌产卵量 (图 1), 发现不同黄光光照强度下甜菜夜蛾的单雌产卵量存在显著差异 ( $F = 5.95$ ,  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 56$ ,  $P < 0.01$ )。当黄光光照强度为 1 Lx 和 100 Lx 时, 单雌产卵量分别为  $1\ 227.00 \pm 58.49$  粒和  $1\ 011.87 \pm 71.47$  粒, 且与对照组无显著性差异; 当黄光光照强度为 10 Lx 时, 单雌产卵量为  $922.80 \pm 59.61$  粒, 显著低于对照组。

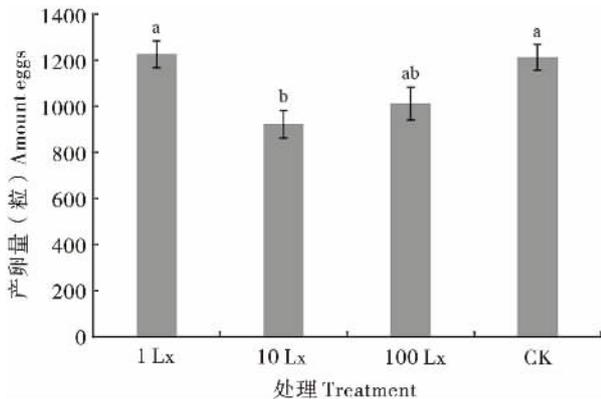


图 1 黄光不同光照强度处理下甜菜夜蛾的单雌产卵量

Fig. 1 Effect of different yellow light intensity on the oviposition quantity of *Spodoptera exigua*

注: 图柱上不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。Note: Different lowercase letters on the bar represented significant difference ( $P < 0.05$ ), the same below.

### 2.2 黄光不同光照强度对甜菜夜蛾产卵前期的影响

不同黄光光照强度下, 甜菜夜蛾产卵前期无显著性差异 ( $F = 0.998$ ,  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 56$ ,  $P = 0.401$ ) (图 2)。当光照强度为 1 Lx、10 Lx 和 100 Lx 时, 甜菜夜蛾产卵前期分别为 ( $3.27 \pm 0.12$  d,  $3.60 \pm 0.27$  d 和  $3.80 \pm 0.46$  d), 与对照组 ( $3.20 \pm 0.14$  d) 相比, 虽然有一定程度的延长, 但在统计学上并无显著性差异。

### 2.3 黄光不同光照强度对甜菜夜蛾产卵历期的影响

不同黄光光照强度处理下, 甜菜夜蛾产卵历期存在显著差异 ( $F = 5.81$ ,  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 56$ ,  $P < 0.01$ ) (图 3)。当黄光光照强度为 1 Lx 和

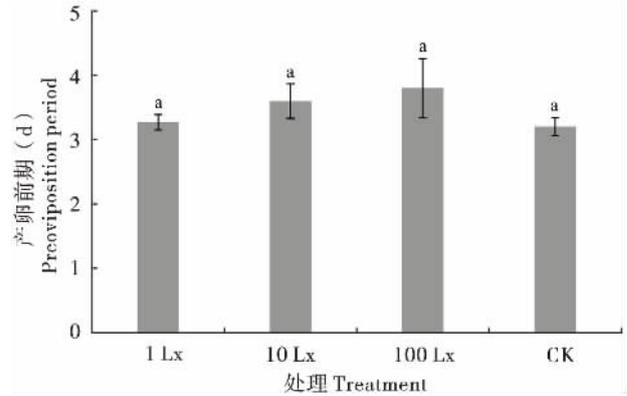


图 2 黄光不同光照强度处理下甜菜夜蛾的产卵前期

Fig. 2 Effect of different yellow light intensity on the pre-oviposition period of *Spodoptera exigua*

100 Lx 时, 产卵历期分别为  $10.07 \pm 0.91$  d 和  $6.93 \pm 0.61$  d, 存在显著性差异, 但与对照组 ( $9.80 \pm 0.96$  d) 无显著性差异; 当黄光光照强度为 10 Lx 时, 产卵历期为  $6.13 \pm 0.78$  d, 与对照组存在显著性差异。

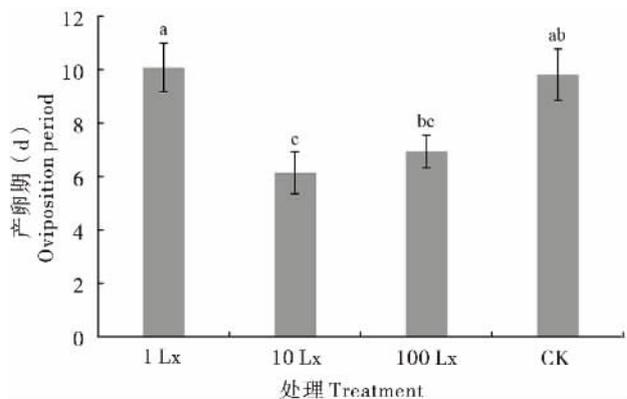


图 3 黄光不同光照强度处理下甜菜夜蛾的产卵期

Fig. 3 Effect of different yellow light intensity on the oviposition period of *Spodoptera exigua*

### 2.4 黄光不同光照强度对甜菜夜蛾卵孵化率的影响

在产卵期的第 2、3、4 和 5 天随机取一块卵, 统计卵的孵化率, 总体来看, 对照组卵孵化率相对较高, 但是与各处理之间并无显著性差异 (表 1)。

### 2.5 黄光不同光照强度对甜菜夜蛾成虫寿命的影响

不同黄光光照强度处理下, 甜菜夜蛾的雌成虫寿命存在显著性差异 ( $F = 4.83$ ,  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 56$ ,  $P < 0.01$ ) (图 4)。当黄光光照强度为 1 Lx、10 Lx 和 100 Lx 时, 雌成虫寿命分别为 ( $11.93 \pm 1.10$  d,  $13.13 \pm 0.98$  d 和  $8.53 \pm 1.11$  d), 且处理间差异不显著; 1 Lx 处理与对照组 ( $13.53 \pm$

1.06 d) 相比, 差异性不显著, 10 和 100 Lx 处理与对照存在显著性差异。雄成虫寿命受黄光光照

强度影响不明显 ( $F = 1.26$ ,  $df_1 = 3$ ,  $df_2 = 56$ ,  $P = 0.29$ ), 但处理组雄成虫寿命均低于对照组。

表 1 黄光不同光照强度处理下甜菜夜蛾卵的孵化率

Table 1 Effect of different yellow light intensity on the egg hatching rate of *Spodoptera exigua*

处理 Treatments	卵孵化率 (%) (平均值 ± 标准误) Egg hatchability (mean ± SE)			
	第 2 天 2 <sup>nd</sup> day	第 3 天 3 <sup>rd</sup> day	第 4 天 4 <sup>th</sup> day	第 5 天 5 <sup>th</sup> day
1 Lx	61.8 ± 6.14 a	64.2 ± 2.63 a	47.8 ± 1.20 a	44.0 ± 1.70 a
10 Lx	65.2 ± 3.47 a	62.4 ± 3.82 a	43.6 ± 4.21 a	46.2 ± 0.02 a
100 Lx	63.2 ± 1.70 a	58.4 ± 1.36 a	45.0 ± 2.12 a	40.6 ± 1.55 a
CK	65.6 ± 3.34 a	72.2 ± 5.14 a	53.0 ± 4.00 a	50.4 ± 0.05 a

注: 表中相同小写字母表示处理间差异显著 ( $P > 0.05$ )。Note: The same lowercase letters in the table for the same index represented significant difference between treatments ( $P > 0.05$ ).

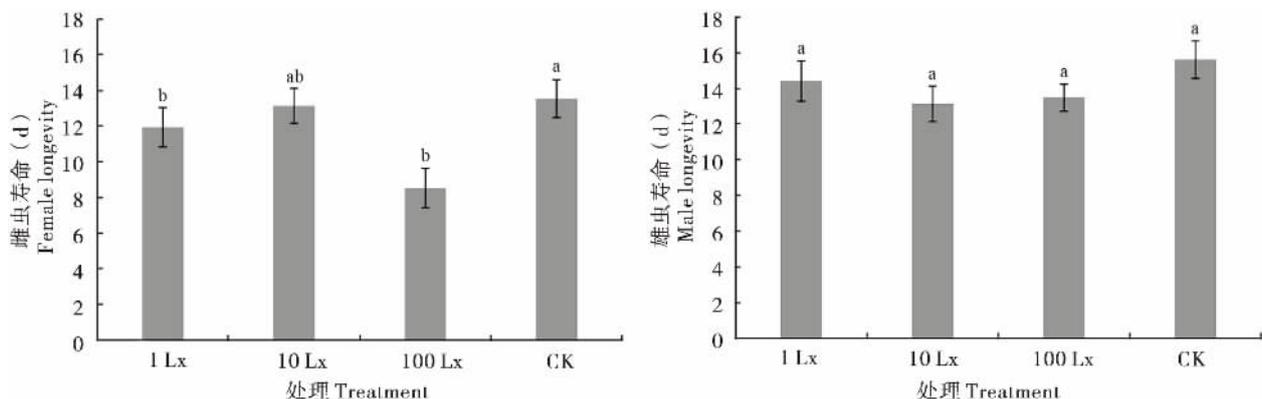


图 4 黄光不同光照强度处理下甜菜夜蛾成虫寿命

Fig. 4 Effect of different yellow light intensity on the longevity of *Spodoptera exigua*

### 3 结论与讨论

光是自然界一种重要的环境因子, 参与调控着昆虫的多种行为。光有 3 种重要的特性: 光的波长、偏振和光强。一般在灯光防治害虫的过程中其影响因素主要是波长, 在前期的研究中, 我们发现 500 ~ 590 nm 的黄绿光对蛾类害虫具有很好的干扰作用, 可以起到较好的防治效果 (蒋月丽等, 2008b)。很多昆虫的成虫复眼所感受的光照强度范围幅度很大, 具有较强的感光、耐光和对光照强度自调节能力, 但是, 光照强度的强弱会在一定程度上对昆虫的多种行为活动产生影响, 比如, 强光或者持续光照可以抑制蛾类的求偶行为和性信息素合成 (Webster and Conner, 1986; Raina *et al.*, 1991; Kawazu *et al.*, 2011); 50 Lx 白光照射处理可以抑制棉铃虫雌蛾的求偶行为、性信息素合成及交配行为; 0.5 Lx 的弱光照射处理

可以促进棉铃虫雌蛾的求偶行为, 并可以促进棉铃虫快速完成交配 (闫硕等, 2014)。本研究结果表明, 黄光光照强度强弱对甜菜夜蛾的产卵量、产卵前期及产卵历期等繁殖能力及成虫寿命均存在不同程度的影响。

本研究中, 1 Lx 微弱黄光照射处理与黑暗 (对照) 相比, 在产卵量、产卵前期、产卵历期、卵孵化率及成虫寿命均无明显的差异, 这与闫硕等 (2014) 的研究结论不太相似, 闫硕等认为 0.5 Lx 弱光可以促进棉铃虫的求偶行为, 这可能与光源的波段 (闫硕研究中运用的白光) 选择有一定的关系, 也可能在昆虫的种间存在一定的差异, 另外弱光是仅仅促进求偶, 是否促进了繁殖后代? 还有待于进一步的探讨。本研究中, 当光照强度达到 10 Lx、100 Lx 情况下, 对其产卵量、产卵前期及产卵历期等生殖能力及成虫寿命均可以产生不同程度的干扰效果, 这些与前人的研究结论是存在一定相似之处的, 闫硕等 (2014) 认

为当光照提升到一定强度时, 求偶行为减少; 一种白灯蛾 *Spilosoma congrua* 在低光照强度的光期或延长的暗期持续求偶 (Webster and Conner, 1986); 强光可以抑制烟青虫的求偶行为, 在持续的光照下求偶行为变得不规律, 求偶率降低 (Kamimura and Tatsuki, 1994)。但是, 在光照强度达到 10 Lx 情况下, 与 100 Lx 相比对其产卵量、产卵前期、产卵期、卵孵化率及成虫寿命也均无明显的影响, 这些结果表明, 黄光对甜菜夜蛾成虫生殖行为及寿命的干扰效果并非是光照强度越强效果越好。然而, 黄光更大光照强度及对其他蛾类昆虫生殖行为的影响, 需要更进一步的研究与探讨。另外, 防蛾灯 (黄光灯) 光照强度对蛾类昆虫性信息素释放的影响在其防治过程中的意义也有待进一步的深入研究。

本研究结论可以为防蛾灯的近一步优化设计及防蛾灯的田间应用提供一定的理论参考, 在防蛾灯的应用过程中不用担心远距离的微弱黄光会对其生殖产生促进作用, 另外, 在防蛾灯光照强度设计上, 为了节约成本, 不必要使用强度太强的光源。

### 参考文献 (References)

- Duan Y, Wu YQ, Jiang YL, *et al.* Effects of LED (light emitting diode) illumination on light adaptation and mating of *Helicoverpa armigera* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (9): 4727 - 4731. [段云, 武予清, 蒋月丽, 等. LED 光照对棉铃虫成虫适应状态和交尾的影响 [J]. 生态学报, 2009, 29 (9): 4727 - 4731]
- Duan Y, Wu YQ, Yang SF, *et al.* Effects of yellow light on the biology of *Plutella xylostella* [J]. *Plant Protection*, 2007, 33 (6): 110 - 112. [段云, 武予清, 杨淑斐, 等. 黄色灯对小菜蛾成虫生物学的影响 [J]. 植物保护, 2007, 33 (6): 110 - 112]
- Duan Y, Miao J, Gong ZJ, *et al.* Effects of yellow light on the oviposition and adult longevity of *Mythimna separata* [J]. *Plant Protection*, 2016, 42 (3): 175 - 177. [段云, 苗进, 巩中军, 等. 黄色光对黏虫成虫产卵和寿命的影响 [J]. 植物保护, 2016, 42 (3): 175 - 177]
- Gao WZ. The relation between transitional speed and the time of light adaptation of noctuid copound eyes [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1989, 32 (3): 306 - 310. [高慰曾. 夜蛾复眼转化速度与光暗适应的时间关系 [J]. 昆虫学报, 1989, 32 (3): 306 - 310]
- Imura T, Fukui T. Control of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) by yellow fluorescent lamps on greenhouse roses [J]. *Bulletin of the Nara Prefectural Agricultural Experiment Station*, 2003, 34: 51 - 57.
- Jia BT. Monitoring of Pesticide Resistance and Risk Assessment of Resistance to Tebufenozide in *Spodoptera exigua* [D]. Nanjing: Nanjing agricultural university, 2007. [贾变桃. 甜菜夜蛾的抗药性监测及对虫酰肼的抗性风险研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2007.]
- Jiang YL, Cao YZ, Li KB, *et al.* A preliminary study on the effects of light with different wavelengths on flight activity of *Helicoverpa armigera* [J]. *Plant Protection*, 2008a, 34 (6): 36 - 39. [蒋月丽, 曹雅忠, 李克斌, 等. 不同波长光对棉铃虫飞翔活动影响的初步研究 [J]. 植物保护, 2008a, 34 (6): 36 - 39]
- Jiang YL, Duan Y, Wu YQ. Effects of green-yellow light with three different wavelengths on the oviposition of *Spodoptera exigua* (Hübner) [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2008b, 35 (5): 473 - 474. [蒋月丽, 段云, 武予清. 三种不同波长绿-黄光对甜菜夜蛾产卵生物学影响的初步研究 [J]. 植物保护学报, 2008b, 35 (5): 473 - 474]
- Jiang YL, Zhang JZ, Yuan SX, *et al.* Progresses in the research and application of yellow light for pest control [J]. *Plant Protection*, 2018, 44 (3): 6 - 10. [蒋月丽, 张建周, 袁水霞, 等. 黄色灯防治害虫的研究与应用进展 [J]. 植物保护, 2018, 44 (3): 6 - 10]
- Kawazu K, Adati T, Tatsuki S. The effect of photoregime on the calling behavior of the rice leaf folder moth, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) [J]. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 2011, 45 (2): 197 - 202.
- Kosaka S. Present status and prospect on application technique of yellow lamp to insect pest control. Yellow fluorescent lamp and its application method [J]. *Kongetsu no Nogyo Noyaku, Shizai, Gijutsu*, 1999, 43 (8): 21 - 25.
- Li GH, Pang Y, Chen QJ, *et al.* Studies on the artificial diet for beet armyworm, *Spodoptera exigua* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2002, 18 (3): 132 - 134. [李广宏, 庞义, 陈其津, 等. 一种饲养效果更佳的甜菜夜蛾人工饲料 [J]. 中国生物防治, 2002, 18 (3): 132 - 134]
- Raina AK, Davis JC, Stadelbacher EA. Sex - pheromone production and calling in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera, Noctuidae): Effect of temperature and light [J]. *Environmental Entomology*, 1991, 20 (5): 1451 - 1456.
- Shimoda M, Honda KI. Insect reactions to light and its applications to pest management [J]. *Applied Entomology & Zoology*, 2013, 48 (4): 413 - 421.
- Webster RP, Conner WE. Effects of temperature, photoperiod, and light intensity on the calling rhythm in Arctiid moths [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1986, 40 (3): 239 - 245.
- Wu YQ, Duan Y, Jiang YL. Reviews on lighting for insect-pests control [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2009, 9: 127 - 130. [武予清, 段云, 蒋月丽. 害虫的灯光防治研究与应用进展 [J]. 河南农业科学, 2009, 9: 127 - 130]
- Yamanaka M, Yase J. Reducation of insect damage by yellow fluorescent lamp and its effect on plant growing [J]. *Agriculture and Horticulture*, 1999, 74 (12): 1291 - 1296.
- Yan S, Li HT, Zhu WL, *et al.* Effects of light intensity on the sexual behavior of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2014, 57 (9): 1045 - 1050. [闫硕, 李慧婷, 朱威龙, 等. 光强度对棉铃虫交配行为的影响 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (9): 1045 - 1050]