

# LED 光照对棉铃虫成虫明适应状态和交尾的影响

段 云, 武予清\*, 蒋月丽, 吴仁海, 赵明茜

(河南省农业科学院植物保护研究所, 郑州 450002)

**摘要:**室内条件下研究了 505、540nm 和 590nm 3 种波长 LED (light emitting diode) 光照对棉铃虫成虫明适应状态和交尾的影响。结果表明, 夜间给予 3 种波长的 LED 光的持续光照和间歇光照均能有效地保持棉铃虫成虫的明适应状态, 明适应保持率在 75% ~ 100%; 590nm 的 LED 光照能够使棉铃虫成虫的交尾率由对照组的 89.1% 降低至 52.5%, 同时明显减少其交尾次数。本试验的结果还表明, 505nm 和 590nm 的 LED 光照能够改变棉铃虫成虫的产卵动态, 使平均产卵期延长 2d 左右, 同时也能显著地降低棉铃虫卵的孵化率, 但对棉铃虫产卵量的影响不显著。

**关键词:**LED; 棉铃虫; 明适应; 交尾; 干扰

文章编号: 1000-0933 (2009)09-4727-05 中图分类号: Q142, Q968 文献标识码: A

## Effects of LED (light emitting diode) illumination on light adaptation and mating of *Helicoverpa armigera*

DUAN Yun, WU Yu-Qing\*, JIANG Yue-Li, WU Ren-Hai, ZHAO Ming-Qian

Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4727 ~ 4731.

**Abstract:** Effects of LED (light emitting diode) illuminations of three wavelengths (i. e. 505 nm, 540 nm and 590 nm) on light adaptation and mating of the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* were investigated under laboratory conditions (at  $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ , 70% - 75% RH and a photoperiod of L12:D12). Both continuous and intermittent illumination of all three wavelengths could keep the status of light adaptation of *Helicoverpa armigera* during night and the rate of light adaptation was from 75% to 100%. LED illumination of 590 nm decreased the mating rate from 89.15% in the control to 52.5% in the treatment, and the number of copulations. LED illuminations of 505 nm and 590 nm changed the oviposition dynamic of *H. armigera*, prolonged the average oviposition duration about 2 days, and decreased the egg hatching rate significantly, but not affected fecundity.

**Key Words:** Light Emitting Diode; *Helicoverpa armigera*; light adaptation; mating; interference

夜行性蛾类在白天光照情况下, 常常处于“明适应”状态, 即屏蔽色素将复眼覆盖起来静伏, 而晚上处于暗适应状态, 屏蔽色素消失, 复眼感受夜间的微弱紫外光, 进行取食、交尾和产卵等活动<sup>[1]</sup>。由于暗适应状态与蛾类夜间活动直接相关, 当夜间给予适度的敏感波长光照时, 蛾类将会保持白天的明适应状态, 从而干扰其夜间的活动习性, 进而在蛾类害虫的防治中发挥作用<sup>[2]</sup>。

蛾类复眼的视觉色素主要有两个: 500 ~ 600nm 的黄绿光色素和 320 ~ 430nm 的紫外光色素。以棉铃虫为例, 它的 2 个视觉色素分别为 540nm 和 332nm。2000 年以来, 日本开始用该波段的黄色荧光灯来防治蔬菜和花卉上斜纹夜蛾、甘蓝夜蛾等蛾类害虫<sup>[3]</sup>, 我国也有一些这方面的应用报道<sup>[4]</sup>。但是, 由于黄色荧光灯波

**基金项目:** 河南省“十一五”科技攻关资助项目(072102160004); 河南省农业科学院高新技术孵化资助项目(豫农科[2006]101号)

收稿日期: 2009-02-10; 修订日期: 2009-06-19

致谢: 本研究中的棉铃虫虫源由河南省农业科学院植物保护研究所李国平博士提供, 在此表示感谢。

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuqingwu36@hotmail.com

长范围较宽(500~700nm),可能会影响短日照植物的生长发育<sup>[5]</sup>。因此,发光二极管(light emitting diode, LED)作为一种新型的绿色光源,不仅对蛾类害虫有明显的干扰作用,同时也可以避免对作物产生不良的影响,近几年来已逐渐成为国外研究的热点之一<sup>[6]</sup>。

棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)是一种世界性农业害虫,其寄主植物多达30余科200多种,对棉花、烟草、番茄等作物产生巨大危害<sup>[7]</sup>。由于长期利用化学农药防治棉铃虫,其抗药性水平较高,且幼虫具有钻蛀特性,难于防治。因此,研究用于防治棉铃虫危害的新方法和新技术具有重要意义。本文通过黑暗条件下分别施加505、540nm和590nm3种波长的LED光照,在室内条件下研究了不同波长LED光照对棉铃虫成虫明适应状态影响和交尾的干扰作用,为开发控制夜行性昆虫活动的新型光源提供基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试棉铃虫及饲养方法

虫源为2007年采自河南省新乡县,用人工饲料在室内饲养2代,待成虫羽化后,放入40cm×40cm×60cm的养虫笼中,每天定时更换5%的蜂蜜水用于补充营养。温度为(26±1)℃,相对湿度为70%~75%。

### 1.2 供试光源

LED光源由郑州朗睿公司制作,颜色及波长分别为绿色(505nm±5nm)、黄绿色(540nm±5nm)和黄色(590nm±5nm),其光照强度可调,并可进行间歇光照(闪光)的调整,范围为0.5~2.5S。本试验中所用光源的光照强度均为5~20lx。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 LED光照对棉铃虫明适应保持率的影响

取2日龄的棉铃虫成虫,放入30cm×30cm×50cm的有机玻璃养虫盒中,在夜间给予不同的光照处理,波长分别为505、540nm和590nm;并设置3h持续光照或3h间歇光照;间歇光照的光/暗时间分别为:0.5s/0.5s,1.5s/0.5s,2.5s/0.5s,2.5s/1.5s和2.5s/2.5s;以黑暗处理作为对照。每处理重复3次,每次20头成虫。光照结束后,立即在黑暗条件下检查棉铃虫成虫的明适应个体数(保持亮绿色复眼的个体数)。

#### 1.3.2 LED光照对棉铃虫交尾的干扰作用

将刚羽化的棉铃虫成虫(雌雄比1:1)放入透明的玻璃瓶(直径15cm,高30cm)中,瓶口用纱布封口,每天定时更换纱布,并更换5%的蜂蜜水用于补充营养。处理组光照条件为:白天12h的普通日光照射,光照强度为1500~2000lx,夜间给予12h的590nm LED光的持续照射;对照组的光照条件为:白天12h的普通日光灯,光照强度为1500~2000lx,夜间12h的黑暗。每个处理40对棉铃虫成虫,分别放入2个玻璃瓶中,重复3次。每天定时检查有无成虫死亡,若发现有雌蛾死亡且没有干瘪,立即解剖,查看其精包数目(雌虫精包数为有效交配次数),其它雌蛾在羽化后第7天全部解剖,查看其精包数目。

#### 1.3.3 LED光照对棉铃虫成虫产卵的影响

将刚羽化的棉铃虫成虫雌雄配对后,放于透明保鲜盒(直径10.5cm,高8.5cm)中,用纸巾封住盒口,供成虫产卵。处理组白天给予12h的普通日光照射,光照强度为1500~2000lx,夜间给予12h的505nm或590nm LED光持续光照;对照组的光照条件为:白天12h的普通日光灯,光照强度为1500~2000lx,夜间12h的黑暗。每个处理5对棉铃虫成虫,重复3次。每天定时更换5%的蜂蜜水用于补充营养,并记录产卵情况,直至成虫全部死亡。

同时在产卵的第2~5天,每天随机取卵(100±5)粒,重复3次,查看其孵化情况。

### 1.4 数据分析

数据统计分析以SPSS 10.0软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 LED光照对棉铃虫成虫明适应保持率的影响

表1的结果表明,与对照相比,505、540nm、590nm3个波长的持续光照均可以有效地保持棉铃虫成虫的

明适应状态,其明适应保持率均在 90% 以上。间歇光照时,光照与黑暗时间长短均会对棉铃虫的明适应状态产生影响,且 3 种波长的光照处理影响趋势相同。当黑暗时间一定(0.5s),光照时间由 0.5s 增加到 1.5s 时,3 种波长光照处理的棉铃虫明适应保持率均显著增加,差异显著;但当光照时间由 1.5s 增加到 2.5s 时,各处理棉铃虫的明适应保持率基本无变化。当光照时间一定(2.5s),黑暗间隔时间由 0.5s 增加到 1.5s 时,590nm 和 505nm 光照处理的棉铃虫明适应保持率基本无变化,均在 75% 以上,而 540nm 光照处理的棉铃虫明适应保持率明显下降,差异显著;当黑暗间隔时间由 1.5s 增加到 2.5s 时,各处理棉铃虫的明适应保持率均显著降低,存在明显差异。

表 1 3 种 LED 光源不同光照条件下对棉铃虫明适应保持率的影响

Table 1 Effects of LED illuminations of three wavelengths on light adaptation of *Helicoverpa armigera* under different conditions

光处理 Light treatment (nm)	持续光照的明适应保持率* Light adaptation under continuous illumination(%)	光/暗间歇光照的明适应保持率* Light adaptation under intermittent illumination(light/darkness, s.)(%)				
		0.5L/0.5D	1.5L/0.5D	2.5L/0.5D	2.5L/1.5D	2.5L/2.5D
590	100.0 ± 0.0 a	65.0 ± 7.1c	81.3 ± 6.3b	81.3 ± 6.2b	80.0 ± 5.8b	35.0 ± 6.7d
540	93.3 ± 3.8 b	62.5 ± 6.8d	100.0 ± 4.3a	100.0 ± 0.0a	80.0 ± 4.4 c	20.0 ± 6.7e
505	100.0 ± 0.0 a	56.5 ± 7.0c	87.5 ± 5.5b	75.0 ± 5.9b	85.0 ± 4.7b	50.0 ± 6.5c
黑暗 Darkness	1.80 ± 0.5 c					

\* 光照强度 Light intensity: 5 ~ 20lx; 表中数据为平均值 ± 标准差;同行中不同字母表示差异显著(Duncan 新复极差多重比较,  $P < 0.05$ ),以下同 Means(±SD) in the same row followed with different letters meant significant difference among treatments(Duncan's Multiple Range test,  $P < 0.05$ ), the same below

由以上的分析结果可知,利用不同波长(500 ~ 600nm)LED 光源的持续光照或间歇光照(黑暗时间不超过 0.5s,光照时间大于 1.5s),均可以有效地保持棉铃虫的明适应状态。

## 2.2 LED 光照对棉铃虫成虫交尾的干扰作用

由表 2 可知,590nm LED 光照能够使棉铃虫的交尾率由对照组的 89.1% 下降到 52.5%,交尾率下降达 40% 以上。同时,棉铃虫的交尾次数也发生明显的变化,其中对照组棉铃虫交尾 2 次以上的占 70% 以上,而经 590nm LED 光照后,棉铃虫交尾 2 次以上的只有 25% 左右,不交尾或只交尾 1 次的占 75% 以上。由此可说明,590nm 的 LED 光照对棉铃虫成虫的交尾有明显的干扰作用,能够有效降低棉铃虫成虫的交尾率,减少交尾次数,此结果与 Yabu<sup>[8]</sup>的研究结果基本一致。

表 2 590nm LED 光照对棉铃虫成虫交尾情况的影响

Table 2 Effects of LED illumination on mating of *Helicoverpa armigera*

光处理 Light treatment(nm)	交尾数 Mating number	交尾率 Mating rate(%)	交尾次数百分率 Percent of mating times(%)				
			0	1	2	3	4
590	20 ± 0.4 **	52.5 ± 1.5 **	47.5 ± 1.4 **	27.5	10	7.5	7.5
黑暗 Darkness	33 ± 0.8	89.1 ± 3.1	10.9 ± 2.8	15	50	15	9.1

\*\* 表示差异显著( $t$  测验,  $P < 0.05$ ) Double stars meant significant difference among treatments ( $t$  test,  $P < 0.01$ )

## 2.3 LED 光照对棉铃虫成虫产卵的影响

### 2.3.1 LED 光照对棉铃虫成虫产卵情况的影响

由表 3 和图 1 可知,不同波长的 LED 光照对棉铃虫成虫的产卵情况有明显的影 响。对照组棉铃虫的最长产卵期为 6d,而经 505nm 和 590nm 的 LED 光照后,棉铃虫的最长产卵期分别延长了 2d 和 5d,同时平均产卵期均延长 2d 左右。在对照组和 590nm 光照处理组中,棉铃虫的产卵高峰均在第 3 天,产卵主要集中在第 2 ~ 4 天;而 505nm 光照后,棉铃虫的产卵时间较为分散,产卵主要分布在 2 ~ 9d 之间,且产卵高峰期不明显。同时,505nm 能够使棉铃虫的总产卵量增加近 20%,单雌平均产卵量增加 80 粒左右,与对照组存在显著差异;而经 590nm 光照处理后,棉铃虫的单雌产卵量和日最大产卵量均与对照无明显差异,由此可说明,505nm LED 光照对棉铃虫产卵量的影响作用大于 590nm LED 光照。

表 3 两种波长 LED 光照对棉铃虫成虫产卵情况的影响

Table 3 Effects of LED illumination (with a wavelength of 590nm and 505nm respectively) on the oviposition of *Helicoverpa armigera*

光处理 Light treatment (nm)	总产卵量 Total eggs	单雌产卵量 Eggs of per female	平均产卵期 Avg. oviposition period (d)	最长产卵期 Max. oviposition period (d)
590	1741 ± 86.07b	348.2 ± 17.21b	6.38 ± 0.69a	11
505	2230 ± 92.12a	446.1 ± 18.42a	6.73 ± 0.41a	8
黑暗 Darkness	1837 ± 56.96b	367.4 ± 11.39b	4.57 ± 0.57b	6

以上的分析结果表明,夜间给予不同波长的 LED 光照对棉铃虫成虫的产卵动态均有明显的影响。同时,590nm LED 光照对棉铃虫总产卵量的影响不显著,而 505nm LED 光照对棉铃虫的产卵量有显著影响。

### 2.3.2 LED 光照对棉铃虫卵孵化率的影响

由表 4 的结果可知,两种波长的 LED 光照对棉铃虫卵的孵化率均有显著影响。对照组棉铃虫的卵孵化率都在 55% 以上,最高时可达 90% 以上,平均孵化率接近 70%。经 505nm 和 590nm LED 光照处理后,棉铃虫的卵孵化率明显下降,与对照组相比分别下降了 45% 和 59%,存在显著差异。由此说明,505nm 和 590nm LED 光照对棉铃虫卵孵化率有显著影响。

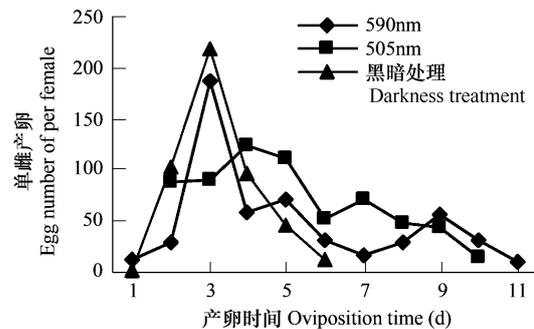


图 1 不同处理条件下棉铃虫的产卵动态

Fig. 1 The oviposition dynamic of *Helicoverpa armigera* under different conditions

表 4 两种波长 LED 光照对棉铃虫卵孵化率的影响

Table 4 Effects of LED illumination (with a wavelength of 590nm and 505nm respectively) on the oviposition rate of *Helicoverpa armigera*

光处理 Light treatment (nm)	孵化率 Oviposition rate (%)				平均孵化率 Avg. oviposition rate (%)
	第 2 天 2nd day	第 3 天 3rd day	第 4 天 4th day	第 5 天 5th day	
590	13.97 ± 1.67c	67.01 ± 2.11b	30.00 ± 2.38c	7.29 ± 0.76c	29.57 ± 26.71b
505	32.74 ± 1.33b	50.93 ± 0.29c	35.58 ± 1.32b	32.99 ± 2.60b	38.06 ± 8.67b
黑暗 Darkness	63.54 ± 1.78a	91.00 ± 3.08a	56.00 ± 2.85a	67.74 ± 2.99a	69.57 ± 15.09a

### 3 讨论

光干扰假说是近年来研究光对昆虫影响作用的重要假说之一,该假说认为夜行性昆虫适应黑暗的环境,进入灯区后,光对其眼睛的刺激作用能够影响昆虫的日节律,干扰其取食、交尾、产卵等行为活动<sup>[9]</sup>。本人曾利用光的这一原理在室内条件下研究了黄色灯对小菜蛾成虫生物学的影响<sup>[10]</sup>,取得了较好的结果。

棉铃虫是一种重要的夜行性蛾类害虫,其成虫复眼在白天光照“明适应”状态下为亮绿色,这种状态的眼被称为“亮眼”或“昼眼”;夜间暗适应状态下为黑色,此时的眼也被称为“暗眼”或“夜眼”<sup>[11]</sup>。复眼由绿到黑的转化是逐步的,也是可逆的。本文研究了不同波长的 LED 光照对棉铃虫成虫的影响,发现 505nm,540nm 和 590nm 3 种波长的 LED 光能够有效地保持棉铃虫成虫的明适应状态。而这种明适应状态的保持对棉铃虫成虫的交尾、产卵有显著的影响,其中 590nm 的 LED 光照能够使棉铃虫成虫的交尾率由 89.1% 降低至 52.5%,并减少其交尾次数;505nm 和 590nm LED 光照均能够延长棉铃虫的产卵历期,降低棉铃虫卵的孵化率。由此可见,适当的 LED 光照能够通过干扰昆虫行为的方式控制害虫的数量。

LED 光源具有节能、环保、耐用和安全等特点,被誉为是新世纪的绿色光源,成为近几年来国内外研究的热点。本文的研究结果进一步表明,LED 光源在防治棉铃虫等夜行性蛾类害虫方面具有很大的潜力。

**References:**

- [ 1 ] Masahiro Okamura. The relationship between “insect eye” and “light and color”. The 9<sup>th</sup> Annual Meeting of the Agricultural Insect Pest Management Society of Japan, Abstract, Kochi, Sansuien, 2004. 26.
- [ 2 ] Tatsukiyo Uchida and Kentaro Arikawa, Action spectram of locomotor suppression at night in the cotton bollworm by light to control insect pests, Abstract, Kyoto, Kyoto Institute of Technology, 2004. 81.
- [ 3 ] Shin-ichi Kousaka, Jiro Itakura, Jyunya Yase, *et al.* Control of the common cutworm on rose plants by yellow fluorecence light. The 30<sup>th</sup> Annual Meeting of the Illuminating Engineering Institute of Japan, Abstract, Narashino, 1997. 255 – 256.
- [ 4 ] He G, Tang C W, Liu J A, *et al.* Studies of the bionomics and harmless control of Jinqiu pear’s fruit-sucking moths. Journal of Central South Forestry University, 2003, 23(4) :46 – 49.
- [ 5 ] Minoru Nishino and Toru Kitakami. Effects on control efficacy of the common cutworm on the strawberry plants and the growth of the strawberry plants by yellow fluorecence light. The 48th Annual Meeting of the Japanese Society of Applied Entomology and Zoology. Abstract, Kyoto, Kyoto Institute of Technology, 2004. 81.
- [ 6 ] Hiram Junji, Aranaga Makoto, Nakade Tomoki, *et al.* Studies on the Control of Insect Pests using Illuminators made from Ultra-High Luminance Light-Emitting Diodes. Characteristics of Insect Electro-Retinograms ( ERG ) with respect to Wavelength and Frequency of Pulsed Light Stimuli, Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 2002, 64(5) :76 – 82.
- [ 7 ] Tang D L, Wang C Z, Luo L E, Qin J D. Comparative study on the responses of maxillary sensilla styloconica of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* and oriental tobacco budworm *H. assultalarvae* to phytochemicals. Sci. China(Ser. C), 2000, 43(6) : 606 – 613.
- [ 8 ] Yabu T. Control of insect pest by using illuminator of ultra high luminance light emitting diode ( LED ): Effect of flight and mating behavior of *Helicoverpa armigera*. Plant Protect, 53:209 – 211.
- [ 9 ] Jing X F, Lei C L. Advances in research on phototaxis of insects and the mechanism. Entomological Knowledge, 2004, 41(3) :198 – 203.
- [ 10 ] Duan Y, Wu Y Q, Y Shu F, *et al.* Effect of yellow light on the biology of *Plutella xylostella*. Plant Protection, 2007, 33(6) :110 – 112.
- [ 11 ] Gao W Z. The relation between transitional speed and the time of light adaptation of noctuid compound eyes. Acta Entomologica Sinica, 1989, 32(3) :306 – 310.

**参考文献:**

- [ 1 ] 岡村雅広. “虫の眼”と“光の色”との関係, 日本農林害虫防除研究会第9回大会、講演要旨, 高知、山水園, 2004. 26.
- [ 2 ] 内田達清, 蟻川謙太郎. オオタバコガにおける防蛾灯による行動抑制現象の作用スペクトル, 日本応用動物昆虫学会第48回大会、講演要旨, 京都、京都工芸繊維大学, 2004. 81.
- [ 3 ] 向阪信一, 板倉二郎, 八瀬順也, 等. 黄色蛍光灯によるバラのハスモンヨトウの防除, 日本照明学会第30回大会、講演要旨、習志野, 1997. 255 ~ 256.
- [ 4 ] 何钢, 唐成万, 刘君昂, 等. 金秋梨吸果夜蛾发生规律及无公害防治技术. 中南林学院学报, 2003, 23(4) :46 ~ 49.
- [ 5 ] 西野 実, 北上 達. 黄色蛍光灯によるイチゴのハスモンヨトウ防除効果と生育への影響, 日本応用動物昆虫学会第48回大会、講演要旨, 京都、京都工芸繊維大学, 2004. 81.
- [ 9 ] 靖湘峰, 雷朝亮. 昆虫趋光性及其机理的研究进展. 2004, 41(3) :198 ~ 203.
- [ 10 ] 段云, 武予清, 杨淑斐, 等. 黄色灯对小菜蛾成虫生物学的影响. 植物保护, 2007, 33(6) :110 ~ 112.
- [ 11 ] 高慰曾. 夜蛾复眼转化速度与光暗适应的时间关系. 昆虫学报, 1989, 32(3) :306 ~ 310.