

# 基于LED诱虫灯的果蝇趋光性试验<sup>\*</sup>

刘晓英<sup>1</sup> 焦学磊<sup>1</sup> 郭世荣<sup>2</sup> 徐志刚<sup>1</sup>

(1. 南京农业大学农学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

**【摘要】** 采用固体冷光源发光二极管(LED), 设计了可以调控LED光源光密度、闪烁频率和波长的柔性诱虫灯, 并对果蝇进行了趋光性试验。结果表明, 果蝇趋性最强的光源波长为560 nm, 光强弱的黄绿光诱捕效果最好。

**关键词:** 果蝇 LED诱虫灯 趋光性 光质 光强

**中图分类号:** S475+.1

**文献标识码:** A

## Experiment of Light Emitting Diode Catching Insect Lamp on Phototaxis of *Drosophila*

Liu Xiaoying<sup>1</sup> Jiao Xuelei<sup>1</sup> Guo Shirong<sup>2</sup> Xu Zhigang<sup>1</sup>

(1. Department of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2. Department of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

### Abstract

Catching insect flexible lamp with light emitting diode (LED) which can be controlled light intensity was designed, frequency and wavelength. In order to verify performance of the lamp, the experiment about phototaxis action of *drosophila* was performed, which shows that *drosophila* inclines to weak compound light of yellow and green at the 560 nm.

**Key words** *Drosophila*, LED catching insect lamp, Phototaxis action, Light quality, Light intensity

## 引言

趋光性是昆虫对环境条件的选择性, 是物种在长期适应过程中形成的本能<sup>[1]</sup>。趋光性是众多夜行昆虫的重要生态学特征之一。不同昆虫对光的趋性有特定的选择和爱好<sup>[2~3]</sup>, 取决于昆虫的复眼结构和视网膜上光敏色素<sup>[4]</sup>的特性, 但目前关于昆虫对不同波段趋光敏感度的系统性知识仍然是个空白, 因此, 目前应用中的几种杀虫灯<sup>[5~6]</sup>辐射的光波段对害虫及其天敌均有引诱效果, 益虫同时也被杀死<sup>[7]</sup>。所以研究各种昆虫最敏感的光质(波长)及其光密度和频率, 对诱(杀)虫灯的研制和应用具有重要导向意义。

作为第四代新型光源, 发光二极管(LED)具有

波长窄、波长类型丰富、可组合性好、光谱能量分布调制方便以及寿命长、响应时间短等诸多的重要特点<sup>[8~9]</sup>。本文设计一种光谱能量可调的LED诱虫灯, 以果蝇野生种作为试验材料, 研究果蝇对不同光质和相近光质不同强度光的趋光性反应。

## 1 柔性LED诱虫灯设计

### 1.1 光源总体设计

本试验光源系统主要由4个部分组成: 光源控制系统、高压电网电路、柔性灯具和光控电路。光源控制系统采用嵌入式控制, 可以调控光源的频率和光强, 并实时记录和显示, 提供LED灯所需的直流电源。高压电网电路采用变压电路将民用220 V电压升至2 000 V左右, 当昆虫碰触高压电网时瞬间

收稿日期: 2008-09-25 修回日期: 2008-11-25

<sup>\*</sup> 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2006AA03A165)和江苏省自然科学基金资助项目(BK2004107)

作者简介: 刘晓英, 讲师, 主要从事环境调控和农业工程研究, E-mail: liuxy@njau.edu.cn

通讯作者: 徐志刚, 教授, 主要从事环境调控和农业工程研究, E-mail: xuzhigang@njau.edu.cn

的大电流将杀死昆虫。灯具由高亮度发光二极管组成,阵列式平板排列,每板有 40 个 LED,每个灯具具有 4 个 LED 板,可以根据需要更换不同颜色的 LED 形成不同光质的光源。光控电路主要针对夜行的害虫而设计,由光敏传感器控制。白天,LED 灯和高压电网自动关闭,处于无功耗待机状态。夜晚 LED 灯自动开启并给高压电网供电,LED 诱虫灯外形及其硬件设计框图分别如图 1 和图 2 所示。

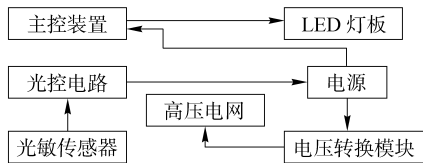


图 1 LED 诱虫灯设计框图

Fig. 1 Frame drawing of LED inducing insect light

### 1.2 光源控制系统的软硬件设计

光源控制系统硬件采用嵌入式系统设计,微控制器选用 89C2051,外围有电源转换模块,可将 220 V 电压转换为 16 V 和 5 V 的供电电压;显示模块,可显示 LED 灯的闪烁频率和通断占空比;键盘模块,可以通过键盘设置由软件实现 LED 灯的闪烁频率和通断占空比;I/O 输出模块采用可以驱动控制 LED 灯的专用驱动芯片 MBI5168,该芯片的 8 个 I/O 输出接口分别接灯板 LED 阵列(图 3),由微控制器发出命令来控制该芯片是否工作并设置 I/O 口高低电平。软件采用单片机 C 语言设计,主程序控制流程图如图 4 所示。

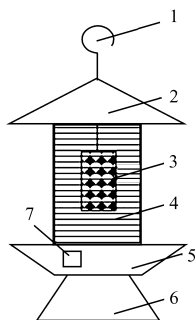


图 2 LED 诱虫灯外形效果图

Fig. 2 Layout of LED insect catching lamp

- 1. 挂钩 2. 遮雨棚 3. LED 灯板
- 4. 高压电网 5. 控制室
- 6. 害虫收集袋 7. 光敏传感器

### 1.3 LED 灯板设计

LED 灯板共有 40 个插拔式高亮度 LED 组成,分 8 路(每路 5 个),可以通过更换不同颜色 LED 实现灯色彩变化的柔性设计。LED 灯板的开闭及灯光光强采用 LED 专用驱动芯片 MBI5168 控制,控制原理图如图 3 所示。LED 灯的光强与通过电流成正比,通过 LED 的电流与外接电阻的关系式为

$$I_{out} = \frac{1.253V}{15R_{ext}}$$

式中  $V$ ——加在 LED 端的电压  
 $R_{ext}$ ——外接电阻  
 $I_{out}$ ——流过 LED 灯的电流

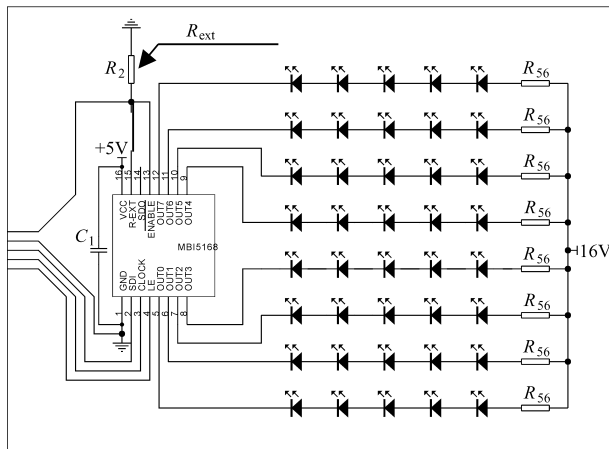


图 3 LED 灯板原理图

Fig. 3 Principle schematic of LED panel

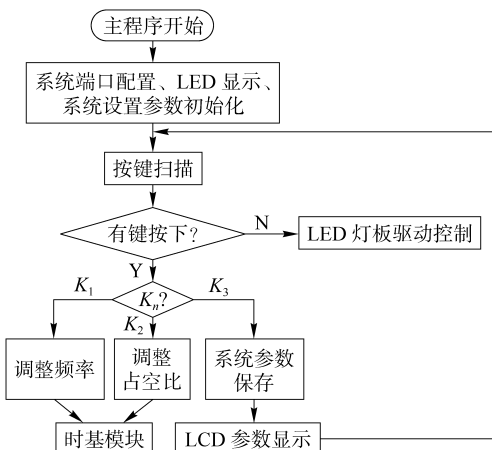


图 4 LED 灯控主程序流程图

Fig. 4 Main program flow chart of controlling LED lamp

## 2 试验与分析

### 2.1 不同光质对果蝇的趋光性影响

放入果蝇的暗箱为(长×宽×高)2 160 mm×800 mm×400 mm,其观察孔大小为 525 mm×355 mm。安装 5 种不同光质的光源,布置在箱体的顶部,灯离顶部距离为 250 mm,其平面布置图如图 5 所示。光源分别为:黄色 Y(其峰值波长为 596 nm,半波长为 16 nm)、红色 R(其峰值波长为 633 nm,半波长为 17 nm)、绿色 G(其峰值波长为 521 nm,半波长为 16 nm)、蓝色 B(其峰值波长为 456 nm,半波长为 20 nm)和红蓝组合 RB(为上述红

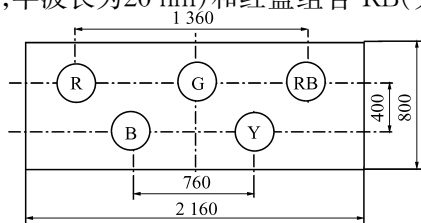


图 5 不同光质 LED 光源布置平面图

Fig. 5 Layout of LED insect catching lamp

光和蓝光复合光,红蓝个数比为1:1)。距灯下380 mm处放置有粘性作用的机油。

用LI-250型照度计测得每盏灯下最亮处光通量密度分别为:黄,  $4.86 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 红蓝组合,  $5.85 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 绿,  $6.40 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 红,  $8.48 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 蓝,  $5.49 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。在2008年4月10~12日晚21:00放约85头果蝇于箱内,箱内温度控制在 $21^\circ\text{C}$ ,相对湿度为65%,重复3次。试验结果如图6所示,图中不同字母表示显著水平不同,显著水平为 $P \leq 0.05$ 。

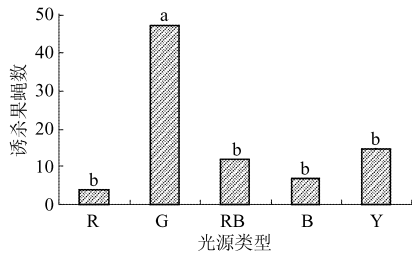


图6 不同光质的LED光源对果蝇的趋光性影响  
Fig.6 Effect of different LED lamp on phototaxis action of drosophila

## 2.2 相近光质、不同光强对果蝇的趋光性影响

据前期所做试验发现果蝇对某种光质有明显的趋光性,而且似乎有意避开各种光源下的强光部分。为了验证果蝇对不同光强的趋光性以及更详尽地确定其趋向的光质,做了相近光质、不同光强光源对果蝇的趋光性影响试验。试验箱体同上,光源分别为黄色(其峰值波长为596 nm,半波长为16 nm)、绿色(其峰值波长为521 nm,半波长为36 nm)、黄绿色(其峰值波长为560 nm,半波长为36 nm),光源的平面布置图如图7所示,并调节为弱光强,光源中心强度分别为:黄1(Y1),  $3.84 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 黄2(Y2),  $4.41 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 绿(G),  $3.91 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 黄绿1(YG1),  $2.42 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 黄绿2(YG2),  $3.13 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。于2008年4月17日和2008年5月4日晚20:00放约95头果蝇于箱内,箱内温度控制在 $21^\circ\text{C}$ ,相对湿度为65%,试验重复2次。试验结果如图8所示。

## 2.3 结果分析

采用SPSS16.0的LSD对数据进行方差分析,

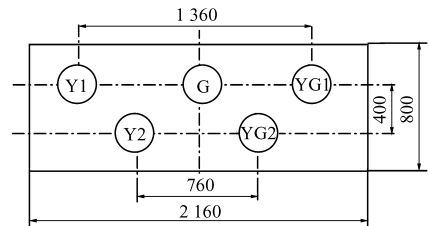


图7 不同光强LED光源布置平面图

Fig.7 Layout of LED insect catching lamp

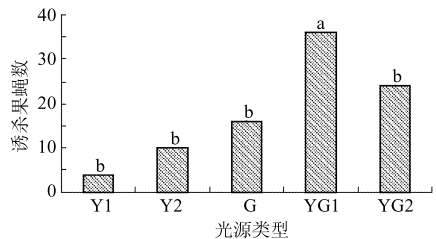


图8 相近光质、不同光强的LED光源对果蝇的趋光性影响  
Fig.8 Effect of different LED lamp and light intensity on phototaxis action of drosophila

显著水平为5%。从果蝇对不同光质的趋光性研究发现,果蝇有明显趋向于某一单色光的趋势。从图6可以看出,果蝇有趋于绿光的特性,与其他组有显著的不同;其次为黄色,红色和红蓝组合无显著差异,果蝇基本上不趋向于红光;蓝光和红蓝组合无显著差异,可能真正起作用的是蓝光,与前人称昆虫有看不见红光的说法相吻合。从果蝇的不同光质趋光性试验还发现,果蝇不但有明显趋于某一光质的特性,而且对强光有避让的习性,更愿意休息在弱光区。由图8可以看出,黄光和绿光引诱的果蝇数呈显著的差异,绿光和黄绿光之间也呈现出较大的差异,黄绿光对果蝇的诱杀数与其他组呈显著不同,果蝇更愿意趋向于光波长为560 nm的黄绿光;不同光强的同质黄绿光对果蝇诱杀效果也呈现不同,果蝇更愿意趋向于光强弱的黄绿光。

## 3 结束语

通过对果蝇的趋光性试验,可以证明LED诱虫灯可以满足诱杀昆虫的要求,可以有效地调节光源的光质及通过调节占空比来调节光源的光强,具有设计灵活,设置方便的优点。结果表明,果蝇的诱捕光源为波长560 nm的光强弱的黄绿光。

## 参考文献

- 1 吴福楨,管致和,马世骏,等. 中国农林百科全书:昆虫卷[M]. 北京:农业出版社,1990:343.
- 2 北京农业大学. 昆虫学通论:下册[M]. 北京:农业出版社,1981:626~639.
- 3 Shimizu, Katom. Loss of phototaxis in silkworm larvae after smelling mulberry leaves and recovery after electroconvulsive shock[J]. Nature, 1978, 272: 248~249.

- Measurement and Control, 1989, 111(1): 75~82.
- 3 Araki K, Chen N. Pressure versus characteristics of a diaphragm type pneumatic pressure control proportional valve[C]// Proceedings of the 4th JHPS Int. Symp., Tokyo, Japan, 1999: 413~418.
  - 4 Nabi A, Wacholder E. Dynamic model for a dome-loaded pressure regulator[J]. ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, 2000, 122(2): 290~297.
  - 5 Sorli M, Figliolini G, Pastorelli S. Dynamic model and experimental investigation of a pneumatic proportional pressure valve [J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2004, 9(1): 78~86.
  - 6 符欲梅, 唐中一, 汪永超. PWM 气动减压阀数学模型的建立、仿真及实验研究[J]. 液压气动与密封, 1998, 61(1): 22~24.  
Fu Y M, Tang Z Y, Wang Y C. Modeling, simulation and experimental investigation of the PWM pneumatic pressure regulators[J]. Hydraulics Pneumatics & Seals, 1998, 61(1): 22~24. (in Chinese)
  - 7 王宣银, 陈奕泽, 刘荣, 等. 超高压气动比例减压阀的设计与仿真研究[J]. 浙江大学学报:工学版, 2005, 39(5): 614~617.  
Wang X Y, Chen Y Z, Liu R, et al. Design and simulation of pneumatic proportional extra-high pressure valve[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2005, 39(5):614~617. (in Chinese)
  - 8 李宝仁, 杨钢, 杜经民. 高压随动压力控制阀动态性能的仿真研究[J]. 华中理工大学学报, 1998, 26(7): 24~26.  
Li B R, Yang G, Du J M. Dynamic simulation investigation of high pressure servo control valve[J]. Journal of Huazhong University of Science & Technology, 1998, 26(7): 24~26. (in Chinese)
  - 9 吴根茂, 邱敏秀, 王庆丰, 等. 新编实用电液比例技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006.
  - 10 Lu B, Tao G L, Xiang Z, et al. Modeling and control of the pneumatic constant pressure system for zero gravity simulation [C]//Proceedings of the 2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), IEEE Conference, 2008: 688~693.

~~~~~

(上接第 180 页)

- 4 靖湘峰, 雷朝亮. 昆虫趋光性及其机理的研究进展[J]. 昆虫知识, 2004, 41(3):198~202.  
Jing Xiangfeng, Lei Chaoliang. Advances in research on phototaxis of insects and the mechanism[J]. Knowledge of Insects, 2004, 41(3):198~202. (in Chinese)
- 5 农村实用技术编辑部. 市场上常见的几种杀虫灯产品简介[J]. 农村实用技术, 2005(8):40.
- 6 张纯胄, 杨捷. 害虫趋光性及其应用技术的研究进展[J]. 华东昆虫学报, 2007, 16(2): 131~135.  
Zhang Chunzhou, Yang Jie. Research progress on pest phototaxis and its applied technique[J]. Entomological Journal of East China, 2007, 16(2): 131~135. (in Chinese)
- 7 陈丽莉, 陆金鹏, 莫定言, 等. 佳多频振式杀虫灯在无公害蔬菜害虫防治中的试验[J]. 植物医生, 2006, 21(2):32~34.  
Chen Lili, Lu Jinpeng, Mo Dingyan, et al. Frequency-vibrancy moth-killing lamp in pollution-free vegetables poisonous insect prevention and treatment of test[J]. Plant Doctor, 2006, 21(2):32~34. (in Chinese)
- 8 王声学, 吴广宁, 蒋伟, 等. LED原理及其照明应用[J]. 灯与照明, 2006, 30(4):32~35.  
Wang Shengxue, Wu Guangning, Jiang Wei, et al. Principle and lighting applications of LED[J]. Light & Lighting, 2006, 30(4):32~35. (in Chinese)
- 9 林闽, 姚白云, 张艳红, 等. 太阳能 LED 杀虫灯的研究[J]. 可再生能源, 2007, 25(3):79~80.  
Lin Min, Yao Baiyun, Zhang Yanhong, et al. The studies of solar LED lights for killing worms[J]. Renewable Energy Resource, 2007, 25(3):79~80. (in Chinese)