

白背飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽的趋光性研究^{*}

邵 英 程建军 刘 芳^{**}

(扬州大学园艺与植物保护学院 扬州 225009)

摘 要 测定了白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth 及其天敌黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter 对紫光(410 ~ 415 nm)、蓝光(455 ~ 458 nm)、绿光(515 ~ 518 nm)、黄光(587 ~ 590 nm)、红光(615 ~ 618 nm)、白光(6 000 ~ 6 500 K) 6 种 LED 的趋光率。白背飞虱对蓝光和绿光较为敏感,且光波对白背飞虱趋光率的影响效应与暗适应时间有明显的互作;光照强度、羽化日龄及暗适应时间对白背飞虱的趋光率无显著影响。在不同光照强度下,黑肩绿盲蝽对蓝光的趋光率达 19.25% $\pm$ 1.12%,显著地高于其它 5 种光波。

关键词 白背飞虱,黑肩绿盲蝽,发光二极管(LED),趋光性

Research on phototaxis in *Sogatella furcifera* and its natural enemy, *Cyrtorhinus lividipennis*

SHAO Ying CHENG Jian-Jun LIU Fang^{**}

(College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract Phototaxis of *Sogatella furcifera* Horváth and its natural enemy *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter to 6 wavelengths of light-emitting diode (LED) were evaluated under laboratory conditions. The results indicate that blue (455–458 nm) and green (515–518 nm) LED lights were more attractive to *S. furcifera*. Although obvious interactions between wavelength and light intensity, days after emergence or dark adapted time were found, none of these factors had a significant effect on phototaxis in *S. furcifera*. *C. lividipennis* was significantly attracted by blue (455–458 nm) LED lights.

Key words *Sogatella furcifera*, *Cyrtorhinus lividipennis*, light-emitting diode (LED), phototaxis

白背飞虱 *Sogatella furcifera* Horváth 是我国重要的水稻害虫之一。该虫的成、若虫通过口针直接刺吸稻株的韧皮部汁液为害水稻(黄次伟和冯炳灿,1993)。白背飞虱在取食过程中可传播南方黑条矮缩病,是南方水稻黑条矮缩病毒(southern rice black-streaked dwarf virus, SRBSDV)的主要传播介体(Zhou *et al.*, 2008)。2009 年仅湖南省,由白背飞虱传播的南方水稻黑条矮缩病发生面积就超过百万亩,造成严重的经济损失,给水稻生产带来很大威胁(张松柏等,2010)。黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter 是东南亚国家、澳大利亚以及太平洋群岛等水稻种植区飞虱和叶蝉的重要捕食性天敌,能有效的捕食白背飞虱低龄若虫和卵,减轻为害(Cook and Perfect, 1985)。

昆虫对光的波长和强度等都有较强的分辨能力,能看到人类所不能看到的短光波,并呈现趋性(丁锦华和苏建亚,2002)。例如,桃小食心虫蛾 *Carposina niponensis* Walsingham 对 333、350、375、383、405 nm 5 种单色光中的 350 nm 单色光的反应比较明显(侯无危等,1994)。东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* Meyen 和亚洲小车蝗 *Oedaleus asiaticus* Bienko 对紫光、蓝光、绿光等短波段光波趋光性较强,对红光、橙光等长波段光波趋光性较弱(牛虎力和周强,2009)。棉铃虫蛾 *Helicoverpa armigera* Hübner 和龟纹瓢虫 *Propylea japonica* Thunberg 成虫的光谱反应曲线在 340 ~ 605 nm 波段范围内,表现为大小较复杂的几个峰,其中两个峰分别在蓝光区 483 nm、紫外 340 nm,另在近紫

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)项目(200903051)。

^{**} 通讯作者, E-mail: liufang@yzu.edu.cn

收稿日期:2012-02-20,接受日期 2012-07-19

外的 400 nm、绿黄光区有峰(魏国树等,2000;陈晓霞等,2009)。弱光时大草蛉 *Chrysopa pallens* Rambert 无趋光性行为,至一定光照强度以上时表现出明显的趋光性行为;且随光强增大其趋光性反应率增大,光较弱时增大缓慢,较强时迅速增大,至最强时最大(闫海霞等,2002;张海强等,2009)。

发光二极管(light-emitting diode,LED)是一种固态的半导体器件,可以直接把电转化为光。LED 具有节能环保、波长窄、波长类型丰富等优点,在各个领域里均得到了非常广泛的应用,如大屏幕显示、指示灯、交通信号灯、室内外的各种装饰灯、汽车车灯、短程通信等(Strenbel *et al.*, 2002)。近年来,LED 已应用于昆虫趋光性的研究。紫光 LED(405 nm)对螺旋粉虱 *Aleurodicus dispersus* Russell 的吸引率显著高于蓝光(461 nm)、绿光(519 nm)、黄光(570 nm)、红光(650 nm)及红外(850 nm)LED(郑月等,2010)。主峰为 405 nm 和 465 nm 的 LED 单色光对棕色鳃金龟 *Holotrichia titanis* Reitter、铅灰鳃金龟 *H. plumbea* Hope、铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky、大黑鳃金龟 *H. oblita* Hope 以及暗黑鳃金龟 *H. parallela* Motschulsky 均有较强的诱集力(鞠倩等,2010)。温室实验研究表明,淡绿色的 LED(530 nm)与黄板协同作用,有效地增强了对温室白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* Westwood、B 型烟粉虱 *Bemisia tabaci* Gennadius、棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 和蓟马 *Bradysia coprophila* Lintner 的诱捕效果(Chu *et al.*, 2004)。此外,由 LED 制成的诱捕器已成功对田间的蚊蝇进行了诱捕(Burkett *et al.*, 1998;Cohnstaedt *et al.*, 2008;刘晓英等,2009)。

诱虫灯是监测昆虫迁飞、扩散、发生期和发生量的重要工具,也是害虫综合治理的有效措施之一。黑光灯等是常用的农业害虫诱虫灯,对稻飞虱诱测效果均较好。但对天敌和非目标昆虫的杀伤作用明显,破坏了生物多样性,达不到预期的目标(Frick and Tallamy,1996;陈仕高,2006)。寻找对害虫有诱杀作用,同时又能减少天敌杀伤的诱虫灯值得探讨。本文研究了白背飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽对 6 种 LED 光波的趋性,旨在明确白背飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽的最适趋光条件,为设计专一、高效的白背飞虱诱虫灯提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

白背飞虱采自江苏仪征未施药的稻田,于实验室内用汕优 136 饲养。饲养条件为温度(25 ± 1)℃,光照周期 L:D = 16:8,相对湿度 70% ~ 80%。选用成虫供试。

黑肩绿盲蝽采自江苏仪征未施药的稻田,于室外网室中用汕优 136 上的白背飞虱卵系统饲养。选用成虫供试。

1.2 LED 光源以及照度计

光源为不同波长的 LED(广州市松华光电有限公司)。6 种 LED 光波分别为紫光(410 ~ 415 nm)、蓝光(455 ~ 458 nm)、绿光(515 ~ 518 nm)、黄光(587 ~ 590 nm)、红光(615 ~ 618 nm)、白光(6 000 ~ 6 500 K 色温)。紫光、蓝光、黄光、红光灯均为 220 V、1.8 W,白光、绿光灯为 220 V、1.0 W。

照度计(AR813A)购自广州市恒高精密科技发展有限公司。虫源释放区内的光强度由照度计测量得到,通过改变 LED 光源与行为反应箱的入光口之间距离进行调节。

1.3 白背飞虱行为反应箱

参照牛虎力和周强(2009)的试验装置改造白背飞虱行为反应箱。行为反应箱为 22 cm × 43 cm (边长 × 高)的六边形立方体,基本材料为纸板,上方用纱网覆盖,便于观察和统计虫量。行为反应箱被木制隔板分隔成上下 2 个区。其中下区为光区,光区又被木质隔板分隔成 6 个扇形的小室,用于接收 6 种不同波长的 LED 光波。每个小室的外壁中央上有一直径为 7 cm 的圆孔(入光口),以供 LED 光源通过。上下两个区域的隔板上,每个小室的中央上有一直径为 7 cm 的圆孔,用于放置一次性塑料杯。光波通过行为反应箱外壁上的圆孔进入光区后,再经一次性塑料杯进入虫源的释放区,虫源根据对不同光波的趋性进入相应的塑料杯内。顶部的纱网中间开一直径 10 cm 的圆孔(释放孔),供放入供试虫源。虫源放入后用皮筋将释放孔扎好,实验开始后顶部以黑布覆盖。

1.4 实验方法

1.4.1 不同光照强度下白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性 测定光照强度分别为 10、20、40、80 以及 100 lx 时,白背飞虱成虫对 6 种 LED

光波的趋性。调节好光照强度后,将 100 头成虫从释放孔处释放入光行为反应箱暗适应 1 h 后开灯。待 3 h 后试虫全部静伏不动时,记录不同 LED 光源室内的虫数。试虫进入某一次性塑料杯即视为趋向该室的光源。每处理重复 4 次。

趋光率(%) = (趋向 LED 光源的虫数/100) × 100。

1.4.2 不同羽化日龄的白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性 在光照强度为 100 lx 的条件下,测定羽化日龄分别为 1、2、3 以及 4 d 的白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性。测定方法同 1.4.1。

1.4.3 不同暗适应时间条件下白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性 分别设置 0、15、30、45 以及 60 min 暗适应时间,在光照强度为 100 lx 的条件下测定白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性。测定方法同 1.4.1。

1.4.4 不同光照强度下黑肩绿盲蝽对 6 种 LED 光波的趋性 测定光照强度分别为 10、20、40、80

以及 100 lx 时,黑肩绿盲蝽成虫对 6 种 LED 光波的趋性。测定方法同 1.4.1。

1.5 数据分析

采用 DPS 软件对所得数据进行两因素方差分析。不同处理间的差异水平用 Tukey 法检验。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度下白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性

两因素方差分析表明,光照强度对白背飞虱的趋光率无显著影响($F_{4,90} = 2.01, P > 0.05$),光波对白背飞虱的趋光率有显著的影响($F_{5,90} = 55.94, P < 0.001$),光波与光照强度间互作效应不明显($F_{20,90} = 1.52, P > 0.05$)。白背飞虱对蓝光和绿光的趋光率分别为 (23.05 ± 1.59)%、(19.75 ± 1.29)%,显著地高于白光、紫光、黄光、红光(图 1)。

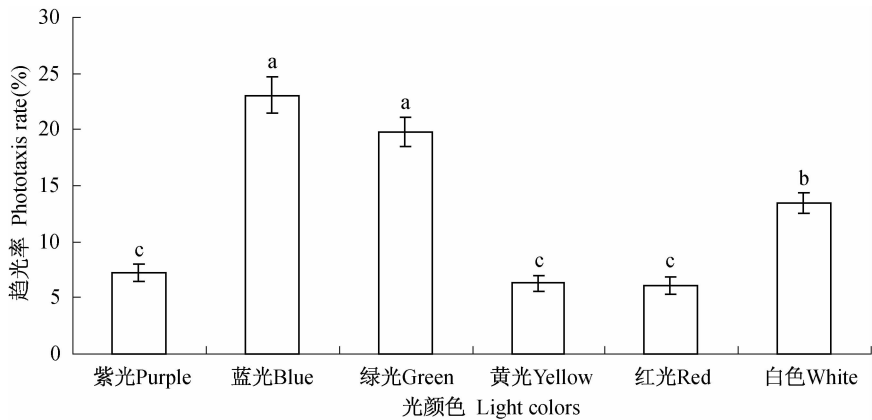


图 1 白背飞虱成虫对 6 种颜色 LED 的趋光率

Fig.1 Phototaxis rate of *Sogatella furcifera* to six light colors from LEDs

数据为“平均数 ± 标准误”。柱上标有不同字母表示在 5% 水平下差异显著。下图同。

The data in the figure are mean ± SE. Histograms with different letters indicate significant difference between treatments ($P < 0.05$). The same below.

2.2 不同羽化日龄的白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性

羽化日龄对白背飞虱的趋光率无显著影响($F_{3,72} = 0.68, P > 0.05$),光波对白背飞虱的趋光率有显著的影响($F_{5,72} = 33.71, P < 0.001$),

羽化日龄与光波间互作效应不明显($F_{15,72} = 1.04, P > 0.05$)。进一步的分析发现,白背飞虱对绿光、蓝光的趋光率最高,白光次之,对紫光、黄光、红光的趋光率显著较低(表 1)。

表 1 白背飞虱对不同颜色 LED 的趋性

Table 1 Phototaxis rate of *Sogatella furcifera* to different light colors from LEDs

光颜色 Light colors	趋光率 Phototaxis rate(%)
紫光 Purple	7. 69 ± 0. 80 c
蓝光 Blue	19. 44 ± 1. 15 ab
绿光 Green	20. 19 ± 1. 20 a
黄光 Yellow	7. 12 ± 0. 80 c
红光 Red	5. 31 ± 0. 69 c
白色 White	14. 81 ± 1. 77 b

注:数据为“平均数 ± 标准误”。同一列数据后标有不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

The data in the table are mean ± SE, and followed by different letters within a column indicate significant difference between treatments at 0.05 level. The same below.

2.3 不同暗适应时间条件下白背飞虱成虫对 6 种 LED 光波的趋性

不同的暗适应时间对白背飞虱的趋光率无显著影响($F_{4,90}=1.25, P>0.05$),光波对白背飞虱的趋光率有显著的影响($F_{5,90}=38.53, P<0.001$),暗适应时间与光波间存在显著的交互($F_{20,90}=1.90, P<0.05$)。暗适应为 0 和 30 min 时,白背飞虱对蓝光的趋光率显著高于红光;暗适应时间为 15 和 45 min 时,白背飞虱对绿光的趋光率显著高于紫光、黄光及红光;暗适应 60 min 时,白背飞虱对蓝光的趋光率显著高于紫光、黄光及红光(表 2)。

表 2 不同暗适应时间条件下白背飞虱成虫对不同 LED 光波的趋性

Table 2 Phototaxis rate of *Sogatella furcifera* in different dark adapted time to different light colors from LEDs

暗适应时间 Dark adapted time(min)	光颜色 Light color	趋光率 Phototaxis rate(%)
0	紫光 Purple	11. 50 ± 2. 25 bcdefg
	蓝光 Blue	18. 25 ± 3. 42 abcde
	绿光 Green	17. 50 ± 2. 02 abcdef
	黄光 Yellow	12. 00 ± 2. 35 bcdefg
	红光 Red	5. 50 ± 2. 22 fg
	白色 White	13. 00 ± 2. 68 bcdefg
15	紫光 Purple	9. 25 ± 0. 95 cdefg
	蓝光 Blue	16. 75 ± 5. 19 abcdefg
	绿光 Green	23. 25 ± 3. 47 ab
	黄光 Yellow	6. 25 ± 2. 32 defg
	红光 Red	4. 50 ± 0. 87 g
	白色 White	17. 75 ± 1. 89 abcdef
30	紫光 Purple	6. 00 ± 1. 58 efg
	蓝光 Blue	17. 25 ± 2. 90 abcdef
	绿光 Green	15. 75 ± 2. 66 abcdefg
	黄光 Yellow	10. 25 ± 1. 49 cdefg
	红光 Red	4. 50 ± 0. 65 g
	白色 White	12. 00 ± 1. 35 bcdefg
45	紫光 Purple	7. 50 ± 1. 66 defg
	蓝光 Blue	17. 00 ± 0. 91 abcdefg
	绿光 Green	21. 75 ± 4. 33 abc
	黄光 Yellow	6. 50 ± 0. 96 defg
	红光 Red	4. 50 ± 1. 04 g
	白色 White	18. 75 ± 1. 80 abcd
60	紫光 Purple	7. 50 ± 0. 87 defg
	蓝光 Blue	28. 00 ± 2. 35a
	绿光 Green	18. 25 ± 1. 11 abcde
	黄光 Yellow	5. 25 ± 1. 44 fg
	红光 Red	5. 50 ± 1. 19 fg
	白色 White	18. 25 ± 2. 75 abcde

2.4 不同光照强度下黑肩绿盲蝽对 6 种 LED 光波的趋性

方差分析表明,光照强度对黑肩绿盲蝽的趋光率无显著影响($F_{4,90} = 1.20, P > 0.05$),光波对黑肩绿盲蝽的趋光率有显著的影响($F_{5,90} =$

37.47, $P < 0.001$),光波与光照强度间交互效应不明显($F_{20,90} = 1.43, P > 0.05$)。黑肩绿盲蝽对蓝光的趋光率为 $(19.25 \pm 1.12)\%$,显著地高于绿光、白光、紫光、黄光、红光;对黄光和红光的趋光率为 5% 左右,显著地低于其它几种光波(图 2)。

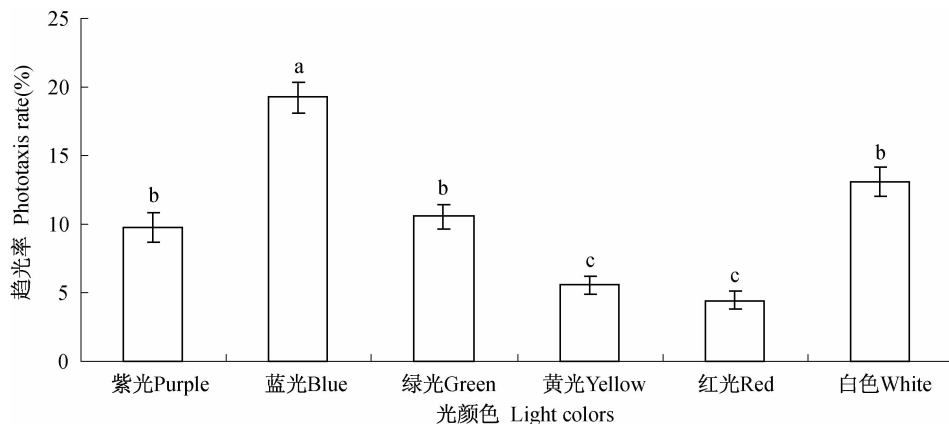


图 2 黑肩绿盲蝽对 6 种颜色 LED 的趋光率

Fig. 2 Phototaxis rate of *Cyrtorhinus lividipennis* to six light colors from LEDs

3 讨论

本文的研究结果表明光波对白背飞虱的趋光率有明显的影响,总体而言,白背飞虱对蓝光(455 ~ 458 nm)、绿光(515 ~ 518 nm)比较敏感;光照强度、羽化日龄及暗适应时间对白背飞虱的趋光率无显著影响;光波对白背飞虱趋光率的影响效果与暗适应时间存在着明显的交互。之前的研究发现螺旋粉虱显著的趋于紫光(405 nm)(郑月等, 2010),可能是因为白背飞虱与螺旋粉虱虽然属于同一目,但是复眼结构不同,所以对光的选择性也不同。一定光照强度范围内,棉铃虫蛾的趋光反应率随单色光和白光光强度的增强而增大,至一定光强度时增加变缓(魏国树等,2000)。而本文研究中光照强度对白背飞虱的趋光率无显著影响,可能是设置的光照强度范围不同所致。

Antignus(2000)认为通过光波调控昆虫的行为,从而控制昆虫的危害及虫传病毒病的流行是有害生物综合治理(IPM)的一个重要手段。白背飞虱可通过刺吸水稻汁液、传播病毒病造成危害,利用灯光诱杀可能是控制其刺吸、传毒为害的一种有效方式。本文的研究已明确,不同光照强度下,黑肩绿盲蝽对蓝光(455 ~ 458 nm)的趋光率明

显较高;白背飞虱对蓝光、绿光两种光波较敏感。可见,绿光的 LED 能有效吸引白背飞虱,且对其天敌黑肩绿盲蝽的吸引率相对较小,是一种具有应用前景的诱虫光源。绿光 LED 在田间条件下对白背飞虱及对黑肩绿盲蝽的诱集效果待进一步研究。Katsuki 等(2012)报道发紫外光的 LED 较发绿光的 LED 更能吸引西印度甘薯象甲 *Euscepes postfasciatus* Fairmaire。发紫外光的 LED 对白背飞虱及黑肩绿盲蝽的诱集效果有待研究。

参考文献 (References)

- Antignus Y, 2000. Manipulation of wavelength-dependent behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. *Virus Res.*, 71: 213 – 220.
- Burkett DA, Butler JF, Kline DL, 1998. Field evaluation of colored light-emitting diodes as attractants for woodland mosquitoes and other diptera in north central Florida. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, 14(2):186 – 195.
- Chu CC, Simmons AM, Chen TY, Alexander PJ, Henneberry TJ, 2004. Lime green light-emitting diode equipped yellow sticky card traps for monitoring whiteflies, aphids and fungus gnats in greenhouses. *Entomol. Sin.*, 11(2):125 – 133.

- Cohnstaedt L, Gillen JI, Munstermann LE, 2008. Light-emitting diode technology improves insect trapping. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, 24(2):331–334.
- Cook AG, Perfect TJ, 1985. The influence of immigration on population development of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* and its interaction with immigration by predators. *Crop Prot.*, 4(4):423–433.
- Frick TB, Tallamy DW, 1996. Density and diversity of nontarget insects killed by suburban electric insect traps. *Ent. News*, 107(2):77–82.
- Katsuki M, Omae Y, Okada K, Kamura T, Kamura T, Matsuyama T, Haraguchi D, Kohama T, Miyatake T, 2012. Ultraviolet light-emitting diode (UV LED) trap the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Appl. Entomol. Zool.*, Online first.
- Strenbel K, Linder N, Wirth R, Jaeger A, 2002. High brightness AlGaInP light-emitting diodes. *IEEE J. Sel. Topics in Quantum Electron.*, 8(2):321–332.
- Zhou GH, Wen JJ, Cai DJ, Li P, Xu DL, Zhang SG, 2008. Southern riceblack-streaked dwarf virus: A new proposed *Fijivirus* species in the family *Reoviridae*. *Chin. Sci. Bull.*, 53(23):3677–3685.
- 陈仕高, 2006. 佳多虫情测报灯对水稻迁飞性害虫的诱集效应及其改进技术的探讨. 中国植保导刊, 26(5):41–43.
- 陈晓霞, 闫海燕, 魏玮, 乔玮娜, 魏国树, 2009. 光谱和光强度对龟纹瓢虫成虫趋光行为的影响. 生态学报, 29(5):2349–2355.
- 丁锦华, 苏建亚, 2002. 农业昆虫学. 中国农业出版社出版. 9–10.
- 侯无危, 马幼飞, 高慰曾, 李世文, 1994. 桃小食心虫蛾的趋光性. 昆虫学报, 37(2):165–170.
- 黄次伟, 冯炳灿, 1993. 水稻白背飞虱、褐飞虱取食动态研究. 昆虫学报, 36(2):251–255.
- 鞠倩, 曲明静, 陈金凤, 赵志强, 牛虎力, 周强, 禹山林, 2010. 光谱和性别对几种金龟子趋光行为的影响. 昆虫知识, 47(3):512–516.
- 刘晓英, 焦学磊, 郭世荣, 徐志刚, 2009. 基于 LED 诱虫灯的果蝇趋光性试验. 农业机械学报, 40(10):178–187.
- 牛虎力, 周强, 2009. 光电诱导作用下蝗虫的光谱和光强反应行为研究. 现代生物医学进展, 9(3):466–469.
- 魏国树, 张青文, 周明群, 吴卫国, 2000. 不同光波及光强度下棉铃虫 (*Helicoverpa armigera*) 成虫的行为反应. 生物物理学报, 16(1):89–95.
- 闫海霞, 魏国树, 吴卫国, 2002. 棉铃虫及其优势种天敌草蛉感光、趋光机制的研究进展. 河北农业大学学报, 5(25):215–218.
- 张海强, 闫海霞, 刘顺, 张乃瑾, 魏国树, 2009. 光强度对大草蛉成虫感光性和趋光性行为的影响. 昆虫学报, 52(4):461–464.
- 张松柏, 彭兆普, 刘勇, 张德咏, 成飞雪, 罗源华, 马明勇, 2010. 2009 年湖南省南方水稻黑条矮缩病暴发原因初步分析. 植物保护, 36(6):121–124.
- 郑月, 吴伟坚, 符悦冠, 2010. 螺旋粉虱对不同波长发光二极管的趋光反应. 环境昆虫学报, 32(3):423–426.