



郑佳寅, 韩杜斌, 陈向荣, 吴晓霞, 赵明, 陈学好, 周福才. 蓝光对设施黄瓜蚜虫种群的控制作用 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 462–467.

蓝光对设施黄瓜蚜虫种群的控制作用

郑佳寅¹, 韩杜斌¹, 陈向荣¹, 吴晓霞², 赵明¹, 陈学好¹, 周福才^{1*}

(1. 扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009; 2. 扬州大学生物科学与技术学院, 江苏扬州 225009)

摘要: 利用灯光控制害虫是蔬菜绿色防控的重要手段之一。本文以黄瓜为供试材料, 研究蓝光照射对设施黄瓜蚜虫种群数量的影响。结果表明, 蓝光照射对设施黄瓜上有翅蚜和无翅蚜均有较强的驱避作用, 蓝光照射 2 d 后, 有翅蚜和无翅蚜种群数量分别下降了 65.91% 和 45.26%, 校正虫口减退率分别达到了 54.22% 和 52.83%。随着照射时间的延长, 蚜虫种群数量持续下降, 校正虫口减退率不断上升, 照射 14 d 后, 有翅蚜和无翅蚜种群数量分别下降了 78.18% 和 96.40%, 校正虫口减退率分别达到了 76.67% 和 96.40%。蓝光照射可以增加黄板对蚜虫的诱集虫量, 蓝光照射 3 d 后, 处理区黄板上蚜虫的数量较对照区黄板增加 65.08%。研究发现, 蓝光照射对黄瓜蚜虫具有直接的驱避作用, 同时还可以增加黄板对蚜虫诱集作用。

关键词: 蓝光; 黄瓜; 设施蔬菜; 蚜虫; 驱避; 控制

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 02-0462-06

Control effects of blue light on aphid population on greenhouse cucumber

ZHENG Jia-Yin¹, HAN Du-Bin¹, CHEN Xiang-Rong¹, WU Xiao-Xia², ZHAO Ming¹, CHEN Xue-Hao¹, ZHOU Fu-Cai^{1*} (1. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China; 2. College of Biological Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China)

Abstract: Using light to control insect is one of the important strategies of vegetable green control. In this paper, the control effects of blue light on aphid on greenhouse cucumber were studied. The results showed that both alate aphid and apterous aphid on greenhouse cucumber were repelled by blue light. After 2 days of blue light irradiation, the populations of alate aphid and apterous aphid decreased by 65.91% and 45.26%, and the corrected decline rate reached 54.22% and 52.83%, respectively. With the prolongation of irradiation time, the aphid population declined continuously, and the corrected decline rate of insect population increased continuously. After irradiation for 14 days, the alate and apterous aphid population declined 78.18% and 96.40%, and the corrected decline rate was up to 76.67% and 96.40%, respectively. Blue light irradiation could increase the aphid amount of yellow board. After blue light irradiation for 3 days, the number of aphids on yellowtrap increased to 65.08% compared with that in the control area. Our results suggest that blue light irradiation has direct repellent effect on cucumber aphids, and also enhanced the attractive effect of yellow board to aphids.

Key words: Blue light; cucumber; greenhouse vegetables; aphid; repellent; control

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目 (CX (21) 3037); 江苏省自主创新资金 (CX (20) 3165); 镇江市 1+1+N 新型农业技术推广项目 (ZJNJ [2019] 05); 国家重点研发计划 (2018YFD000702)

作者简介: 郑佳寅, 男, 1998 年生, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜害虫绿色防控技术, E-mail: 904011570@qq.com

* 通信作者 Author for correspondence: 周福才, 博士, 研究员, 主要研究方向为昆虫生态和蔬菜害虫综合治理, E-mail: fezhou@yzu.edu.cn

收稿日期 Received: 2020-12-25; 接受日期 Accepted: 2021-02-04

光(颜色)是昆虫重要的行为诱导因子,昆虫的复眼中存在对特定波长光敏感的视觉细胞,视觉感受器接受到光波的刺激后产生趋光或负趋光的行为反应(Briscoe, 2001)。光(颜色)是植食性昆虫寻找和发现寄主植物的重要线索(陆宴辉等, 2008),如白背飞虱 *Sogatella furcifera* 对绿光较为敏感,而其天敌黑肩绿盲蝽 *Cyrtorbinus lividipennis* 对蓝光的反应最强(邵英等, 2013)。同一种昆虫通常会对多个不同波长的光波产生较高的敏感性,棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 对波长 340~360 nm 的紫外光和 483 nm 的蓝光有趋光反应峰值(魏国树等, 2000)。光对昆虫的生长发育和繁殖也有较大的影响,不同颜色的光对二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 若螨的生长发育存在明显的差异,其中绿光处理的若虫发育历期最长,黄光处理的最短(Ismail *et al.*, 2011);在绿光和橙光环境中棉铃虫的产卵期延长,卵孵化率也明显降低(段云等, 2009)。蓝光能对昆虫的视网膜造成伤害,进而抑制昆虫虫态发育(Hori *et al.*, 2014)。长期暴露在紫外线下,会引起昆虫 DNA 的变异,导致成虫羽化率、产卵量和卵孵化率的降低(Caputo *et al.*, 2006)。目前,利用灯光防治蔬菜害虫主要集中在灯光诱杀上(边磊等, 2012),但诱虫灯对天敌昆虫有一定的误杀作用,对农田生态多样性也有一定的负面作用。目前利用驱虫光谱对害虫进行驱避的研究和应用较少。

蚜虫是蔬菜上的重要害虫,严重影响蔬菜的产量和品质(朱铨培等, 2011)。目前色板诱集(郑颖姹等, 2018)、嗜好植物诱集(张海波等, 2017)、释放天敌防控(王海诺, 2019)等措施在蔬菜蚜虫绿色防控中发挥了一定的作用。为了进一步拓展蔬菜蚜虫的绿色防控技术,本文以黄瓜为对象,探讨蓝光对设施蔬菜上蚜虫种群的影响,以期对设施蔬菜蚜虫的绿色防控提供新的手段。

1 材料与方法

1.1 供试材料

黄瓜:津优 35 号,市购。黄瓜穴盘育苗,长至 2 片真叶时,选长势一致的苗移栽于盆内,4 片真叶时供试。

瓜蚜:虫源取自扬州大学园艺与植物保护学院试验田的大棚黄瓜上。在非供试的黄瓜品种上饲养 3 代以上供试。实验开始前蚜虫饥饿 4 h。瓜蚜 *Aphis gossypii* Glover 是黄瓜上的优势蚜种,蓝光对大棚黄瓜上蚜虫的影响研究采用瓜蚜为虫源,田间蚜虫控制试验采用田间自然发生的蚜虫。

蓝色灯泡:浙江磐安有限公司生产,LED 灯光源波长 470 nm,功率 8 w,光强 55 LUX。

蓝色灯带:凌明照明有限公司,LED 灯光源波长 470 nm,功率 55 w,光强 35 LUX。

黄板:科凌虫控有限公司,规格 25 cm × 20 cm。

1.2 试验方法

1.2.1 蓝光对盆栽黄瓜上蚜虫的影响

用 4 片真叶期盆栽黄瓜,每天 17:00 用毛笔从虫源黄瓜上取无翅成蚜,接到黄瓜叶片背面,每株黄瓜接 80 头蚜虫。将接有蚜虫的盆栽黄瓜置于有防虫网的笼内,在笼的上方 20 cm 处放置 1 盏蓝色灯,18:00 开始开灯,每 1 h 观察一次黄瓜叶片上蚜虫的数量,计算蚜虫的校正虫口减退率。以不用蓝光作对照。试验重复 5 次。

1.2.2 蓝光对大棚黄瓜上蚜虫种群的影响

试验在开花结果期黄瓜上进行,光源为蓝光灯带。灯带放置在黄瓜中部,距离地面约 1 m 左右,每天 18:00 开灯,次日 6:00 关灯。每天上午 8:00 调查黄瓜上蚜虫数量。蚜虫调查方法:顺着行向随机取黄瓜 10 株,每株取上部和中部叶片各 3 张,分别调查上部和中部叶片上有翅蚜、无翅蚜的数量,计算蚜虫的虫口减退率。不用蓝光处理作为对照。

1.2.3 蓝光对黄板诱蚜的增效作用

光源处理同 1.2.2。顺着垄的方向,每垄黄瓜 2 m 为一个区间,每个区间在中间位置内悬挂一张黄板,每 3 d 调查一次黄瓜叶片上有翅蚜的数量,以及黄板上有翅蚜的数量。黄瓜叶片上蚜虫的调查方法同 1.2.2。黄板上蚜虫调查:每张黄板上随机选取 3 点,每点调查 9 cm²,统计黄板上蚜虫的虫量。试验重复 5 次。

1.3 数据处理

虫口减退率和校正虫口减退率用下列公式试算:

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{处理前虫口数} - \text{处理后虫口数}}{\text{处理前虫口数}} \times 100$$

$$\text{校正虫口减退率}(\%) = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{1 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100$$

试验数据采用 DPS 软件处理, 利用 Duncan 新复极差法进行多重比较, 成对数据进行 T 测验。

2 结果与分析

2.1 蓝光照射对盆栽黄瓜上无翅蚜的影响

盆栽黄瓜上用蓝光灯照射, 观察黄瓜上蚜虫数量的变化。结果发现, 蓝光照射后, 黄瓜上蚜

虫的数量迅速下降(表1), 处理 1 h 和 5 h 后虫量分别下降 23.44% 和 84.56%。应用校正虫口减退率分析蓝光处理对盆栽黄瓜上蚜虫的驱避作用可以更清楚地看出(图1), 蓝光处理后, 盆栽黄瓜上蚜虫的校正虫口减退率快速上升, 处理后 1 h 和 5 h 蚜虫的校正虫口减退率分别达到 14.28% 和 77.31%。结果表明, 蓝光对黄瓜蚜虫具有较强的驱避作用。

表1 蓝光处理对盆栽黄瓜无翅蚜数量的影响

Table 1 Effects of blue light treatment on the number of apterous aphid in potted cucumber

处理 Treatments	不同处理时间 (h) 蚜虫数量 (头/盆) Aphid population at different treatment time					
	0	1	2	3	4	5
蓝光 Blue light	80.00 ± 0.00	61.25 ± 3.58	50.03 ± 4.66	35.94 ± 5.74*	18.41 ± 2.51*	12.35 ± 3.14*
对照 Control	80.00 ± 0.00	71.45 ± 1.37	65.55 ± 1.28	60.87 ± 3.59	58.55 ± 4.65	54.45 ± 2.83

注: 同列数据后的“*”表示经 t 检验差异显著。下同。Note “*” indicated that peer data was significantly different by t test ($P < 0.05$). Same below.

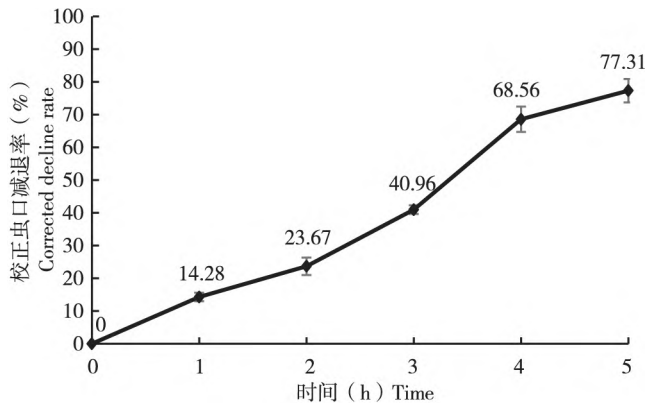


图1 蓝光处理后黄瓜上蚜虫的校正虫口减退率

Fig. 1 Corrected decline rate of aphid on cucumber treated with blue light

2.2 蓝光处理对大棚黄瓜上有翅蚜的影响

设施黄瓜使用蓝光照射后有翅蚜虫有较好的驱避效果。蓝光处理后黄瓜叶片上蚜虫的种群数量迅速下降, 处理后 2 d 蚜虫数量下降了 65.91%, 此后种群数量一直维持在相对较低的水平上, 而未经蓝光处理的对照蚜虫种群数量一直维持在相对较高的水平, 处理 8 d 后蚜虫种群数量持续上升, 处理 14 d 后蚜虫的数量是蓝光处理的 4.58 倍(图2)。

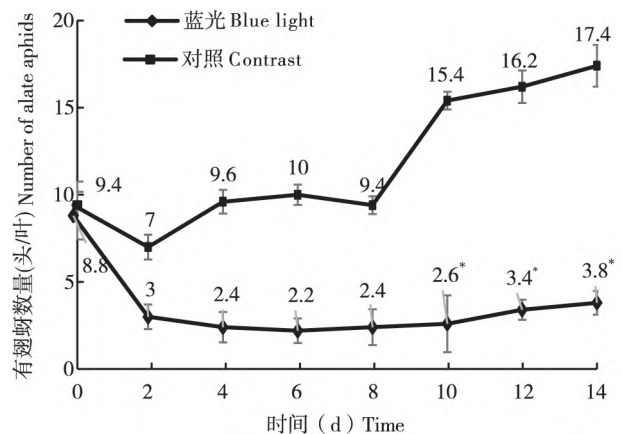


图2 蓝光处理后黄瓜上有翅蚜的种群动态

Fig. 2 Population dynamics of alate aphid on cucumber treated with blue light

应用校正虫口减退率分析蓝光处理对黄瓜蚜虫的驱避作用可以更清楚地看出(图3), 随着蓝光处理时间的延长, 黄瓜上有翅蚜的校正虫口减退率持续上升, 处理 4 d 后有翅蚜的校正虫口减退率处于相对稳定状态, 处理 14 d 后校正虫口减退率达到 76.67%。结果表明, 蓝光对大棚黄瓜上的有翅蚜有较好的防控作用。

2.3 蓝光处理对黄瓜无翅蚜种群的影响

蓝光对大棚黄瓜上的无翅蚜有明显的驱避作

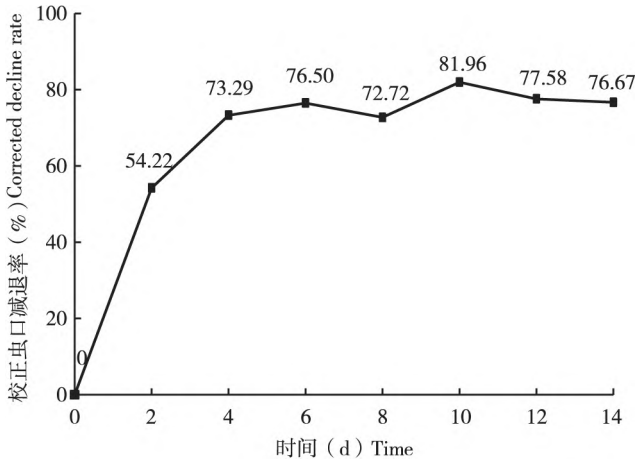


图3 蓝光处理后有翅蚜校正虫口减退率
Fig. 3 Corrected reduction rate of alate aphid after blue light treatment

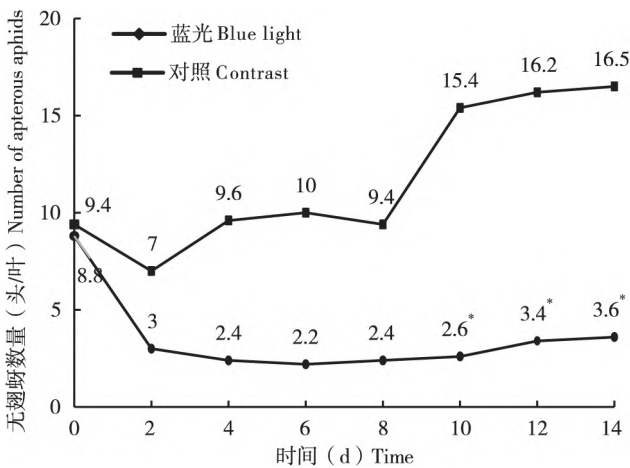


图4 蓝光处理后黄瓜上无翅蚜的种群动态
Fig. 4 Population dynamics of apterous aphid on cucumber treated with blue light

用(图4),蓝光处理后无翅蚜种群数量呈现出持续下降的趋势,处理14 d时蚜虫数量(0.33头/叶)仅为处理前的(5.17头/叶)的6.38%,而对照的蚜虫种群数量呈现出持续上升的趋势,处理14 d后蚜虫的数量是蓝光处理的4.58倍。

应用校正虫口减退率分析蓝光对黄瓜蚜虫的驱避作用可以更清楚地看出(图5),随着处理时间的延长,黄瓜上无翅蚜的校正虫口减退率持续上升,处理14 d后,蚜虫的校正虫口减退率达到96.40%。结果表明,蓝光对大棚黄瓜是无翅蚜也有较好的控制作用。

2.4 蓝光处理对黄瓜不同叶位上无翅蚜的影响

蓝光照射处理后,大棚黄瓜上部和中部叶片上蚜虫的虫口减退率有相似的变化趋势(图6)。

蓝光处理第2天至第4天上部叶片的蚜虫虫口减退率明显大于中部叶片,处理第4天以后两者的差异进一步缩小,至处理第6天以后上部叶片和中部叶片的蚜虫虫口减退率之间没有明显的差异。结果表明,在保护地黄瓜上蓝灯放置在黄瓜架的中部,距离地面1 m时对上部和中部蚜虫的驱避作用没有明显的差异,因此,在生产上防控蚜虫时蓝灯可以放置在黄瓜的中部位置。

2.5 蓝光对黄板诱蚜的增效作用

黄瓜棚内加挂黄板可以提高蓝光照射驱蚜虫的效果(表2)。蓝光+黄板处理后黄板上蚜虫的虫量明显高于没有蓝光的对照黄板,处理3、6、9 d后蚜虫的虫量分别比对照高81.30%、83.52%和81.84%。结果表明,在蓝光照射区域增挂黄板可以增强对黄瓜上有翅蚜的驱避作用,从而提高对大棚内黄瓜蚜虫的控制效果。

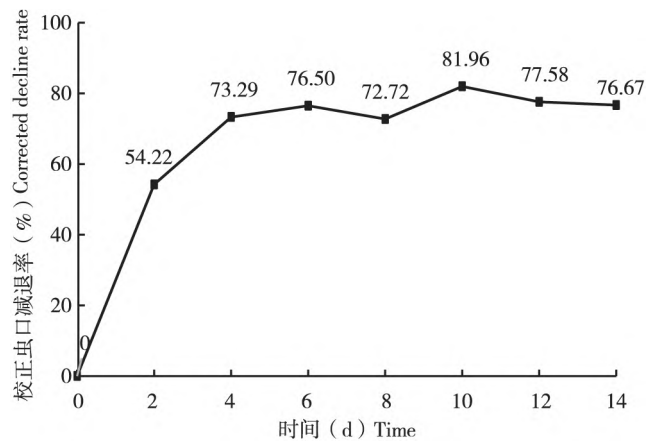


图5 蓝光处理后无翅蚜的校正虫口减退率
Fig. 5 Corrected decline rate of apterous aphid after blue light treatment

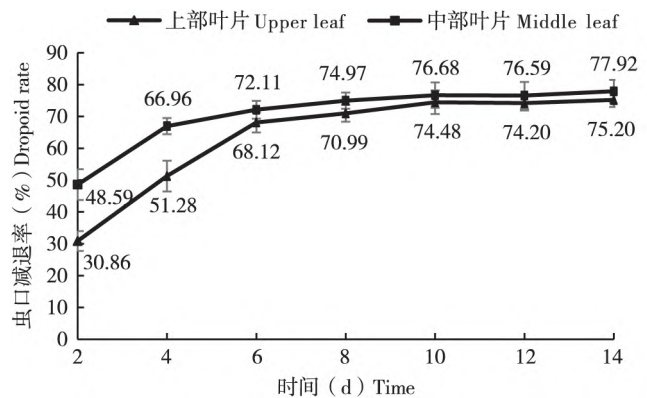


图6 蓝光照射后黄瓜不同叶位的蚜虫种群动态
Fig. 6 Aphid population dynamics of cucumber at different leaf positions after blue light irradiation

表 2 不同蓝光处理时间叶片和黄板上的蚜虫数量

Table 2 Aphid populations on leaves and yellow plates after blue light treatment at different processing time

处理 Treatments	叶片蚜虫数量 (头/叶) No. of aphids at leaf blade			黄板蚜虫数量 (头/9cm ²) No. of aphids at yellow plate		
	3	6	9	3	6	9
蓝光 Blue light	2.48 ± 0.12*	1.77 ± 0.49*	1.36 ± 0.32*	13.26 ± 0.97*	10.74 ± 0.85*	7.49 ± 0.53*
对照 contrast	9.27 ± 1.06	8.39 ± 0.69	10.72 ± 1.54	4.63 ± 0.32	4.38 ± 0.28	3.06 ± 0.37

3 结论与讨论

适应进化使昆虫具有了与其它动物不同的视觉器官,这一特殊的视觉器官对其定向飞行、搜寻和定位寄主、寻找栖息场所、交配、产卵、扩散、学习记忆,以及躲避天敌等具有重要的意义 (Jarrod *et al.*, 2010)。光波在不同的波段上呈现为不同的颜色,颜色能够强烈刺激昆虫视觉,即使在寄主化学气味完全缺失时,颜色仍然可以对昆虫产生明显的驱避效果 (Dacke *et al.*, 2004),如马铃薯小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* (Fabricius) 对化学气味的反应不明显,在寄主寻找过程中视觉的作用要远大于嗅觉,对蓝色和黄色波段刺激强烈的驱避反应 (Bullas-Appleton *et al.*, 2004)。畏光性昆虫可能由于体内丢失修复光照 (包括紫外光和可见光) 引发细胞损伤的系统,为最大程度的减少光损伤,产生了这种见光即避的习性 (桑文等, 2019)。本研究也发现,蓝光对蚜虫也有较强的驱避作用,其驱避作用与蓝光的照射时间呈正相关。

蚜虫对黄色均具有较强的趋性,生产上常用黄板诱杀蚜虫,但蚜虫对绿色也有一定的趋性,因此,黄板对黄瓜上蚜虫的诱集仍有一定的局限。本研究发现,蓝光对有翅蚜有较强驱避的作用,蓝光环境可以提高黄板对黄瓜有翅蚜的诱集效果。在有防虫网的保护地环境中,蚜虫难以逃离蓝光环境,在有黄板的环境中,有翅蚜会加速向黄板上迁移,从而提高黄板的诱集效果。因此,在设施黄瓜生产上可以用蓝光驱蚜的方法控制蚜虫,蓝光灯带置在黄瓜棚架的中上部,同时在棚内增加黄板的数量,以提高防控效果。

本研究还发现,蓝光照射处理后黄瓜上无翅蚜的种群数量也迅速下降。在蓝光环境中无翅蚜

如何离开寄主植物,离开寄主植物后又去何方? 蓝光对天敌昆虫和其它生物是否有不良影响? 蓝光是否会影响植物生长发育,或通过影响植物代谢对蚜虫造成间接影响? 这些问题还有待于进一步研究。

参考文献 (References)

- Bian L, Sun XL, Gao Y, *et al.* Research on the light tropism of insects and the progress in application [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2012, 49 (6): 1677 - 1686. [边磊, 孙晓玲, 高宇, 等. 昆虫光趋性机理及其应用进展 [J]. 应用昆虫学报, 2012, 49 (6): 1677 - 1686]
- Briscoe AD. Functional diversification of lepidopteran opsins following gene duplication [J]. *Molecular Biology & Evolution*, 2001, 12: 2270 - 9.
- Bullas - Appleton ES, Otis G, Gillard C, *et al.* Potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) varietal preferences in edible beans in relation to visual and olfactory cues [J]. *Environmental Entomology*, 2004, 5: 1381 - 1388.
- Caputo C, Rutitzky M, Ballaré CL. Solar ultraviolet-B radiation alters the attractiveness of *Arabidopsis* plants to diamondback moths (*Plutella xylostella* L.): Impacts on oviposition and involvement of the jasmonic acid pathway [J]. *Oecologia*, 2006, 149 (1): 81 - 90.
- Dacke M, Byrne MJ, Scholtz CH, *et al.* Lunar orientation in a beetle [J]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2004, 271 (1537): 361 - 365.
- 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 光照对棉铃虫成虫明适应状态和交尾的影响 [J]. 生态学报, 2009, 29 (9): 4727 - 4731]
- Ismail MSM, AboGhalia AH, Soliman MFM, *et al.* Certain effects of different spectral colors on some biological parameters of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* [J]. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 2011, 3 (1): 27 - 39
- Jarrod T. Hardke, B. Rogers Leonard, Fang NH, *et al.* Damage and survivorship of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic field corn expressing *Bacillus thuringiensis* cry proteins [J]. *Crop Protection*, 2010, 30 (2): 168 - 172.

- Lu YH, Wu KM, Zhang YJ. Host-plant selection mechanisms and behavioural manipulation strategies of phytophagous insects [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 10: 5113 - 5122. [陆宴辉, 张永军, 吴孔明. 植食性昆虫的寄主选择机理及行为调控策略 [J]. 生态学报, 2008, 10: 5113 - 5122]
- Masatoshi H, Kazuki S, Mitsunari S, et al. Lethal effects of short-wavelength visible light on insects [J]. *Scientific Reports*, 2014, 4: 7383.
- Sang W, Huang QY, Wang XP, et al. Progress in research on insect phototaxis and future prospects for pest light-trap technology in China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (5): 907 - 916. [桑文, 黄求应, 王小平, 等. 中国昆虫趋光性及灯光诱虫技术的发展、成就与展望 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (5): 907 - 916]
- Shao Y, Cheng JJ, Liu F. Research on phototaxis in *Sogatella furcifera* and its natural enemy, *Cyrtorhinus lividipennis* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2013, 50 (3): 700 - 705. [邵英, 程建军, 刘芳. 白背飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽的趋光性研究 [J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (3): 700 - 705]
- Wang HN. Control of *Harmonia axyridis* on aphids in greenhouse [J]. *The Farmers Consultant*, 2019, 13: 143. [王海诺. 浅谈异色瓢虫对温室蚜虫的防控 [J]. 农家参谋, 2019, 13: 143]
- Wei GS, Zhang QW, Zhou MZ, et al. Studies on the phototaxis of *Helicoverpa armigera* (Hübner) [J]. *Acta Biophysica Sinica*, 2000, 16 (1): 89 - 95. [魏国树, 张青文, 周明祥, 等. 不同光波及光强度下棉铃虫 (*Helicoverpa armigera*) 成虫的行为反应 [J]. 生物物理学报, 2000, 16 (1): 89 - 95]
- Zhang HB, Zhou FC, Chen XH, et al. Study on controlling effect of *Chrysanthemum coronarium* on *Aphis gossypii* Glover [J]. *China Plant Protection*, 2017, 37 (9): 46 - 49. [张海波, 周福才, 陈学好, 等. 茼蒿对瓜蚜的控制作用研究 [J]. 中国植保导刊, 2017, 37 (9): 46 - 49]
- Zheng YC, Niu YQ, Cui GL, et al. Community composition and phototaxis of insects in tea plantations in Southern Jiangsu Province during late fall [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33 (16): 5017 - 5025. [郑颖姹, 钮羽群, 崔桂玲, 等. 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性 [J]. 生态学报, 2013, 33 (16): 5017 - 5025]
- Zhu CP, Zhou FC, Chen XH, et al. The study of cucumber varieties resistance to *Aphis gossypii* Glover [J]. *Journal of Yangzhou University (Agricultural and Life Science Edition)*, 2011, 32 (3): 65 - 69. [朱铨培, 周福才, 陈学好, 等. 不同品种黄瓜对蚜虫抗性的研究初报 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2011, 32 (3): 65 - 69]