应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2018, 55(5): 810−816. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2018.097

不同光环境对粘虫生长发育的影响*

桑 文[1, 2**] 董婉君[1**] 黄求应[1] 朱 芬[1]
王小平[1] 郭墅濠[2] 雷朝亮[1***]

（1. 华中农业大学植物科学技术学院，湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室，武汉 430070；
2. 华南农业大学昆虫学系，广东省生物农药创制与应用重点实验室，广州 510640）

摘 要 **【目的】** 研究不同光环境条件对粘虫 *Mythimna separata* 生长发育存活的影响，探讨影响粘虫生存的关键光环境因子，揭示昆虫对光环境的适应能力，为粘虫发生分布情况进行准确预测提供实验依据。**【方法】** 选取特定波长和光强的 LED 灯作为供试光源，以不同发育阶段粘虫为供试昆虫，测定 10 种供试光源条件下粘虫各发育阶段的存活与发育情况。**【结果】** 365 nm 波长光源照射能显著降低粘虫卵孵化率，比对照组卵孵化率降低了 50.33%；420 nm 波长光源照射能显著降低粘虫幼虫存活率、幼虫化蛹率和蛹羽化率，且能延长幼虫期和蛹期，比对照组幼虫存活率、化蛹率和蛹羽化率分别降低了 72.00%、65.67%和 72.87%，比对照组幼虫期和蛹期分别延长了 12 d 和 11.4 d；420 nm 和 460 nm 波长光源照射能显著降低粘虫成虫存活率，比对照组成虫存活率分别降低了 44.44%%和 40.00%。**【结论】** 光强 1 000 lx，波长 365、420、460 nm 的光环境能够抑制粘虫的生长发育，不利于粘虫生存。

关键词 粘虫，光，生长发育，存活

Effects of different light wavelengths on the growth and reproduction of *Mythimna separata*

SANG Wen[1, 2**] DONG Wan-Jun[1**] HUANG Qiu-Ying[1] ZHU Fen[1]
WANG Xiao-Ping[1] GUO Shu-Hao[2] LEI Chao-Liang[1***]

(1. Hubei Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management Key Laboratory, College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Key Laboratory of Bio-Pesticide Innovation and Application, Guangdong Province, Department of Entomology, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China)

Abstract **[Objectives]** To investigate the effects of different light wavelengths on the growth, development and reproduction of *Mythimna separata*, identify the key factors affecting the survival of this pest and provide information to improve the accuracy of predictions of the distribution of *M. separata* and the adaptability of this pest to different light environments. **[Methods]** LED lamps of specific wavelengths and light intensity were selected as the test light source, and *M. separata* at different developmental stages as the test insects. The growth and developmental indices of *M. separata* at different developmental stages were determined under 10 different light sources. **[Results]** The hatching rate of *M. separata* eggs was significantly (50.33% < control) decreased by a 365 nm light source. A 420 nm light source significantly reduced larval survival, pupation and pupal eclosion, rates by 72%, 65.67% and 72.87%, respectively, and larval and pupal stages at this wavelength were respectively 12 days and 11.4 days longer than those of the control group. Wavelengths of 420 nm and 460 nm significantly reduced the survival rate of adult *M. separata* which were 44.44% and 40.00%, respectively, less than those of the control group. **[Conclusion]** A light intensity of 1 000 lx and wavelengths of 365 nm, 420 nm and 460 nm inhibit the growth, development and reproduction of *M. separata*.

Key words *Mythimna separata* (Walker), light, development, survival

---

*资助项目 Supported projects：公益性行业（农业）科研专项（201403031）；国家自然科学基金项目（31871958 和 31572017）
**共同第一作者 Co-first authors，E-mail：sangwen@scau.edu.cn；dongwanjun1993@163.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：ioir@mail.hzau.edu.cn
收稿日期 Received：2018-08-25，接受日期 Accepted：2018-09-21

昆虫种类多、种群数量大、分布广泛，对自然环境的光具有较高的敏感性和适应性。光除对昆虫具有吸引和趋避作用外，还对生长发育具有调节作用（鞠倩，2009；Yamaguchi *et al.*，2011；桑文等，2016；徐练等，2016）。到达地球表面的光线分为紫外波段和可见波段，不同波长的光对昆虫和其他节肢动物的影响也存在差异（蒋月丽等，2008；张洪波，2008；Karahara *et al.*，2011；边磊等，2012；Ademola and Akinboade，2016）。早在 1962 年，Wilde 等就表明光可以影响昆虫的生长发育（Wilde，1962）。不同光照强度、波长光周期能够改变异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 交配行为、产卵量和幼虫孵化率，雌虫的累积产卵量和幼虫孵化率均在黄光和绿光条件下最高（王甦等，2014）。而六斑月瓢虫 *Cheilomenes sexmaculata* 和瓢虫 *Propylea dissecta* 在 195 lx 的蓝光、黄光和红光持续照射下发育历期变长、生殖能力降低，适生性降低（Omkar，2005）。夜间给予小菜蛾 *Plutella xylostella* 绿光和黄光照射能显著降低其孵化率，但对寿命和存活率的影响不显著（段云等，2010）。王明明（2010）研究表明 520 nm 绿光能降低小菜蛾产卵量、卵孵化率及产卵历期。在梨小食心虫 *Grapholita molesta* 的光暗周期中的暗期进行 650 lx 的绿光处理后，成虫产卵期延长、卵孵化率降低，雌成虫寿命显著缩短，而雄虫寿命没有显著差异（于海利，2011）。Hori 等（2014）利用 15 种波长的光对果蝇各个发育阶段进行处理，发现蓝光可以导致果蝇 *Drosophila melanogaster* 的卵、幼虫、蛹和成虫死亡。同样蓝光也会降低灰飞虱 *Laodelphax striatellus* 卵的孵化率（朱锦磊等，2014）。Sang 等（2016）研究紫外光照射对赤拟谷盗 *Tribolium castaneum* 发育的影响，发现 UVB 照射能消除引发赤拟谷盗幼虫蜕皮变态的蜕皮激素脉冲，导致幼虫的变态过程推迟，幼虫期增长。Ismail 等（2011）利用 5 种不同颜色的 LED 灯研究二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 在不同光环境中的发育，发现黄光可缩短若虫至成虫的发育历期。光环境除了对昆虫直接造成影响外，还能通过植物间接影响昆虫的生存。研究表明光照的强弱能够影响植物的抗虫能力，进而影响害虫的存活（Caputo *et al.*，2006；鲁艺芳，2012）。

粘虫 *Mythimna separata*（Walker），属鳞翅目（Lepidoptera）夜蛾科（Noctuidae），是一种重要的农业害虫，严重威胁我国玉米、小麦和水稻三大主粮作物的生产安全（李光博等，1964；叶志华，1993）。它的发生范围广、危害世代多、危害作物种类多、危害时期长，防治难度较大（江幸福等，2014）。同时，粘虫是一种迁飞性害虫，在我国每年有 4-5 次大范围迁飞活动，除新疆地区以外都可造成严重危害并暴发成灾，在亚洲其它国家以及澳洲也时常发生危害（Hirai，1995）。其整个生长发育过程经历的光环境复杂多变，明确不同光环境条件对粘虫生长发育的影响，揭示昆虫对光环境的适应能力，可为粘虫发生分布的准确预测提供实验依据。

本研究以粘虫为供试昆虫，探究 10 种光源对其生长发育的影响，明确影响粘虫生存的关键光环境因子。

1　材料与方法

1.1　供试昆虫及其饲养

粘虫来自华中农业大学昆虫资源研究所，饲养在温度（25±2）℃，空气湿度 75%±5%，光周期 L：D=14：10（L, 6:00–20:00；D, 20:00–6:00）的养虫室内。幼虫用人工饲料饲养，老熟幼虫放入卫生纸铺的厚度约为 5 cm 的纸层中使其化蛹。成虫羽化后，加入 10%的蜂蜜水供其补充营养，并将折叠好的纸片放入养虫笼中收集卵，12 h 内产下的卵用于后续实验。

1.2　供试光源及光照处理

实验供试 LED 光源购买自深圳市鑫宏显光电科技有限公司。光源功率为 20 W，波长分别为 365、420、460、575、600、640、730 nm，对照光源为 LED 白光灯。处理时光周期 L：D=14：10，对照光周期 DD 为 24 h 持续黑暗和 LL 为 24 h 持续光照。

照射实验在 10 个图 1 所示暗箱中完成，每个暗箱长和宽均为 80 cm，高为 100 cm。暗箱内

部架构为不锈钢钢管组合而成，外部为不透光黑布缝制的六面布套。LED 光源安装在暗箱顶部中央位置，待处理样品至于暗箱底部中央区域，调节光源离暗箱底部高度，保持处理区光照强度为 1 000 lx。

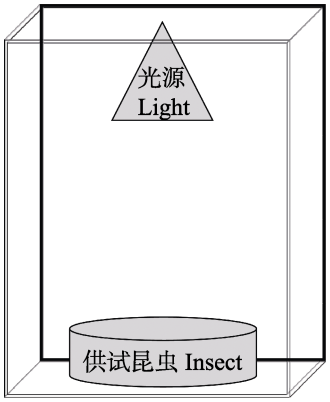


图 **1** 实验装置结构示意图
Fig. 1 The structure of apparatus

1.3 不同光环境对不同发育阶段粘虫影响的研究

早上 8:00 将 100 粒卵放在饲养盒中置于暗箱光源下方处理，从第 2 天开始，每日早 8:00，晚 20:00 观察并记录卵的孵化情况，确保试验温湿度合适，观察至不再有新的初孵幼虫出现。重复 3 次，计算孵化率和卵期。卵的孵化率（%） = 孵化数/卵处理数×100；卵期（d） = 孵化众数的日期-放供卵的日期。

取同一天孵化的幼虫 100 头，早上 8:00 放入直径 13.5 cm、高 9.2 cm 的圆形饲料盒内，盒内含有适量人工饲料，置于暗箱光源下方处理，每个处理放 3 盒。每 2 d 观察幼虫生长情况，确保其饲料充足，大约一周后，幼虫变大，将饲养盒换成长 30 cm 宽 18 cm 高 15 cm 的方形饲养盒内。第 15 天开始，每天早上 8:00 观察并记录幼虫存活情况，至没有活的幼虫为止。计算幼虫存活率、幼虫期和化蛹率。幼虫存活率（%） = 活虫数/幼虫处理数×100；幼虫期（d）=化蛹众数的日期-放供试幼虫的日期；化蛹率（%） = 蛹数/幼虫处理数×100。

取同一天化的蛹 50 头，早上 8:00 放入长 20 cm、宽 15 cm、高 13 cm 的方形饲养盒内，置于暗箱光源下方处理，每个处理放 3 盒。每 2 d 观察蛹生长情况，第 7 天开始观察并记录蛹的羽化情况，直至不再有蛹羽化。计算蛹的羽化率和蛹期。蛹羽化率（%） = 羽化成虫数/蛹期处理数×100；蛹期（d） = 羽化众数的日期-放供试蛹的日期。

取同一天羽化的成虫 30 头，早上 8:00 放到饲养笼内，置于暗箱光源下方处理，每个处理放 3 笼。每天观察成虫生长情况，确保蜂蜜水充足，记录开始产卵后 2 d 的活成虫数。计算成虫的存活率。成虫存活率 (%) = 活虫数/成虫处理数×100。

1.4 数据统计与分析

利用 SPSS Statistics 20 软件进行统计分析，孵化率、化蛹率、存活率、羽化率和发育历期使用单因素方差分析（ANOVA）的 Tukey 分析方法进行多重比较，差异显著水平为 $P<0.05$。

2 结果与分析

2.1 不同光环境对粘虫卵孵化、幼虫存活、化蛹及成虫羽化的影响

不同光源条件下粘虫各个发育阶段存活情况如图 2 所示。在不同光环境处理下，粘虫卵的孵化率存在显著差异（$F_{9,\ 20}$=167.49；P<0.001）（图 2：A），其中 365 nm 波长光源对卵孵化抑制最明显，相比 LD 对照处理（88.00%）降低了 50.3%。在不同光环境下，粘虫幼虫存活率差异显著（$F_{9,\ 20}$=1 042.62；P<0.001）（图 2：B），420 nm 波长光源处理对幼虫存活抑制效果最显著，且显著高于 365、460、575、600、645、730 nm，相比 LD 对照的幼虫存活率 (74.67%) 降低了 72%。粘虫幼虫在不同光环境处理中，化蛹率存在显著差异（$F_{9,\ 20}$=1 432.69；P<0.001）（图 2：C），结果显示，对化蛹率抑制作用最显著的光波长为 420 nm，化蛹率为 1.33%，相比 LD 对照处理（67.00%）降低了 65.67%。此外，不同光环境处理下粘虫成虫羽化率差异显著（$F_{9,\ 20}$=874.81；P<0.001）（图 2：D），其中 420 nm 波长光源处理对成虫羽化率抑制效果最显著，相比 LD 对照组（80.67%）降低了 72.9%。

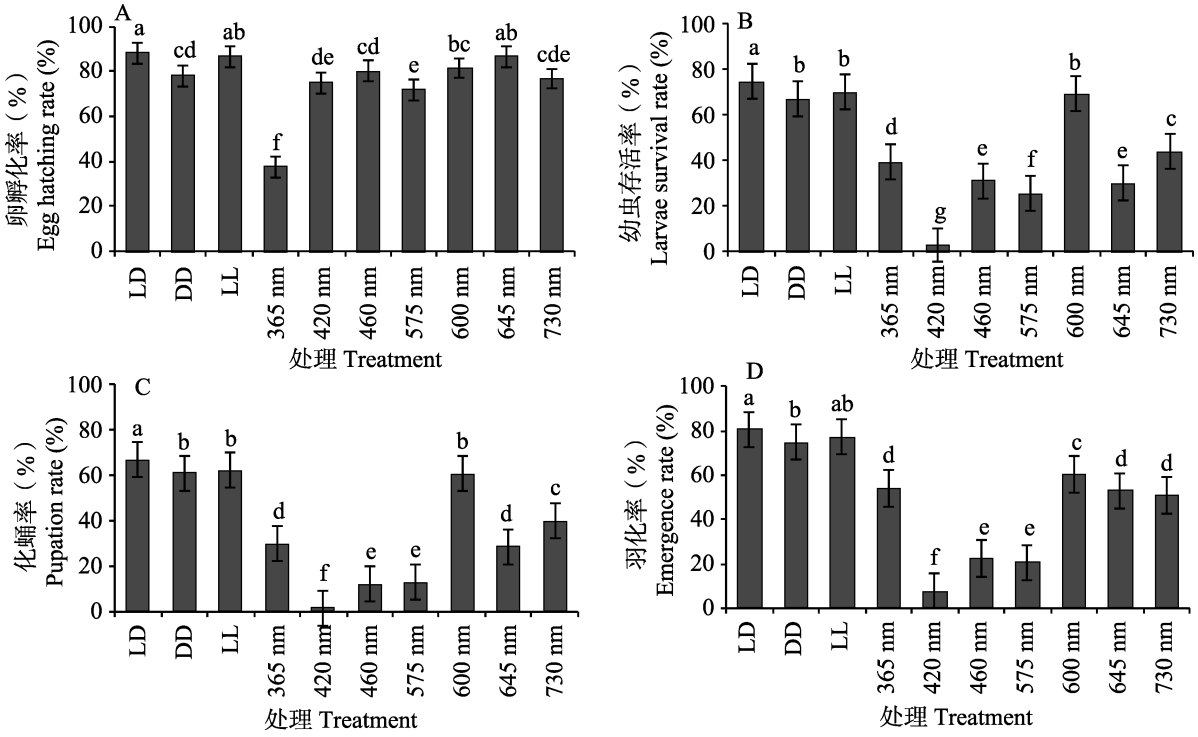


图 2　不同光源条件下粘虫卵孵化率（A）、幼虫存活率（B）、化蛹率（C）及羽化率（D）

Fig. 2　The hatching rate of egg (A), larvae survival rate (B), pupation rate (C) and emergence rate(D) of *Mythimna separata* under different light conditions

图中数据为平均值±标准误，柱上标有不同字母表示差异显著（P<0.05）。

LD、DD 和 LL 表示 14 h 光期∶10 h 暗期、24 h 全暗期和 24 h 全光期 3 种光周期。下图同。

Data are mean ± SE. Histograms with different letters indicate significant difference at the 0.05 level. LD, DD, and LL indicate 14L∶10D, 24 h dark and 24 h light photoperiod conditions, respectively. The same below.

2.2　不同光环境对粘虫各虫态发育历期的影响

不同光环境处理下，粘虫卵期差异不显著（$F_{9,\ 20}$ = 2.04；P>0.05）（图 3∶A）。但 420 nm 和 460 nm 条件下粘虫幼虫平均卵期稍长，为 3.8 d。不同光环境对粘虫幼虫发育历期影响差异显著（$F_{9,\ 20}$ = 79.02；P<0.001）（图 3∶B）。其中，420 nm 条件下粘虫幼虫发育历期最长，为 31.67 d，相比 LD 对照（19.67d）长 12 d。不同光环境处理下，粘虫蛹期差异显著（$F_{9,\ 20}$= 46.69；P<0.001）（图 3∶C）；420 nm 条件下蛹期最长为 20.7 d，相比 LD 对照组（9.33 d）延长了 11.4 d。

2.3　不同光环境对粘虫成虫存活的影响

不同光环境处理下粘虫成虫存活率存在显著差异（$F_{9,\ 20}$ = 161.29；P<0.001）（图 4）。365、420、460、575、600、645、730 nm 7 个处理的成虫存活率均显著低于 LD 处理中的成虫存活率（65.00%）（P<0.001）。420 nm 和 460 nm 对粘虫成虫存活率抑制最明显。365 nm 处理与 575 nm 和 600 nm 对粘虫成虫存活率抑制能力相似（P>0.05），但影响效果显著高于 645 nm 和 730 nm（P<0.05）。由图 4 可知，不同波长对粘虫成虫存活率影响效果以 420 nm 和 460 nm 最显著，其次是 365、575、600 nm，最后是 645 nm 和 730 nm。

3　讨论

通过分析 10 种光源对粘虫各虫态生长发育的影响，结果表明不同波长光源对不同虫态粘虫的生长发育影响存在差异。卵发育阶段，365 nm 波长光源（紫外光）照射能显著降低粘虫卵孵化率。陈伟忠等（2016）的研究也发现蓝光可显著改变小贯小绿叶蝉 *Empoasca onukii* 卵的孵化规律，且卵孵化量显著降低。

幼虫和蛹发育阶段，420 nm 波长光源（蓝

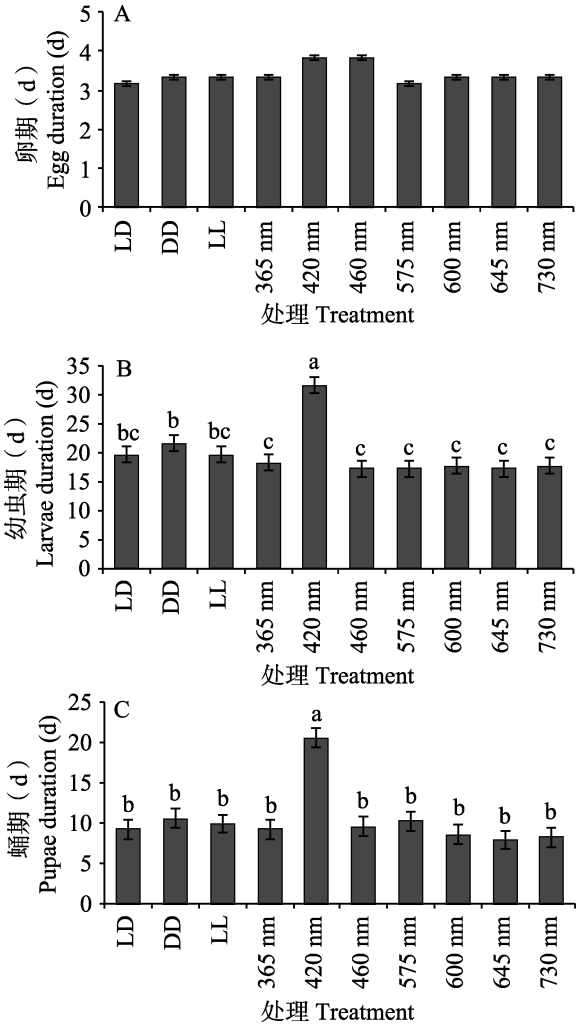


图 3 不同光环境下粘虫卵历期（**A**）、幼虫历期（**B**）、蛹历期（**C**）情况

Fig. 3 The developmental time of eggs(A), larvae(B) and pupae(C) of *Mythimna separata* as affected by different light sources conditions

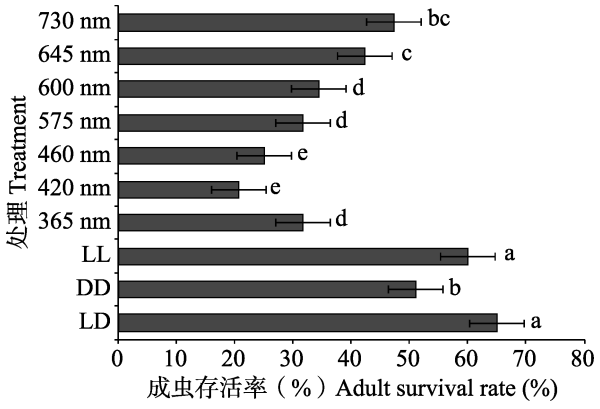


图 4 不同光环境处理对粘虫成虫存活率的影响

Fig. 4 The adult survival rates of *Mythimna separata* adults under different light conditions

紫光）照射既能显著降低粘虫幼虫存活率、幼虫化蛹率和蛹羽化率，又能延长幼虫期和蛹期；420 nm（蓝紫光）和 460 nm（蓝光）波长光源照射能显著降低粘虫成虫存活率。Hori 等（2014）通过 15 种不同波长的光对果蝇各虫态进行处理，也发现蓝光可杀死果蝇的卵、幼虫、蛹和成虫。

综上，紫外（365 nm）、可见光的蓝紫光波段（420 nm）和蓝光波段（460 nm）能够显著抑制粘虫生长发育。Guven 等（2015）的研究表明紫外照射会诱导氧化应激和 DNA 损伤从而对昆虫生长发育造成影响，施密摇蚊属（*Smittia* sp.）昆虫卵受段波紫外照射后，卵内嘧啶二聚体大量积累，嘧啶二聚体形成抑制 DNA 的正常转录和翻译，从而影响卵的存活（Jäckle and Kalthoff，1978；Sinha and Hader，2002；Britt，2004）。许多微生物细胞对蓝光比较明感，因为蓝光能导致细胞内积累卟啉和黄素等感光剂（Yin *et al.*，2013）。蓝光可以一定程度上伤害昆虫复眼视网膜（Stark *et al.*，1985），并激活活性氧（ROS）生成，进而降低幼虫的存活率（Saunders，2012）。Hori 等（2014）研究表明蓝光和蓝紫光可以被昆虫内部某些特定的器官吸收，导致能量的特异性积累，产生过量自由基导致昆虫死亡。目前紫外光对昆虫的影响研究比较清楚，而可见光中的蓝紫光波段对昆虫作用机制和靶标存在物种间的差异，其影响昆虫生长发育的内源机制，还需要进一步研究。

参考文献 **(References)**

Ademola IO, Akinboade OA, 2016. Increase exposure of *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *decoloratus* (Koch, 1844) (Acarina: Ixodidae) to ultraviolet radiation affects its reproductive capacity. *International Journal of Acarology*, 42(8): 412–415.

Bian L, Sun XL, Gao Y, Luo ZX, Jin S, Zhang ZQ, Chen ZM, 2012. Research on the light tropism of insects and the progress in application. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(6): 1677–1686. [边磊, 孙晓玲, 高宇, 罗宗秀, 金珊, 张正群, 陈宗懋, 2012. 昆虫光趋性机理及其应用进展. 应用昆虫学报, 49(6): 1677–1686.]

Britt AB, 2004. Repair of DNA damage induced by solar UV. *Photosynthesis Research*, 81(2): 105–112.

Caputo C, Rutitzky M, Ballaré CL, 2006. 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. *Oecologia*, 149(1): 81.

Chen WZ, Huang HS, Chen XH, Chen RR, Chen SF, Cai CD, 2016. The influence of light on the hatching of *Empoasca onukii* Matsuda in tea gardens. *Newsletter of Sericulture and Tea*, (4): 22–24. [陈伟忠, 黄伙水, 陈秀辉, 陈若荣, 陈思藩, 蔡创钿, 2016. 光对茶园小贯小绿叶蝉卵孵化的影响. 蚕桑茶叶通讯, (4): 22–24.]

Duan Y, Wu RH, Wu YQ, Jiang YL, Zhao MX, 2010. Effects of LED light on the biology of *Plutella xylostella* (Linnaeus) adult. *Henan Agricultural Sciences*, 33(1): 80-82, 89. [段云, 吴仁海, 武予清, 蒋月丽, 赵明茜, 2010. LED 光照对小菜蛾成虫生物学的影响. 河南农业科学, 33(1): 80-82, 89.]

Guven E, Pandir D, Bas H, 2015. UV radiation-induced oxidative stress and DNA damage on Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Turkiye Entomoloji Dergisi-Turkish Journal of Entomology*, 39(1): 23–33.

Hori M, Shibuya K, Sato M, Saito Y, 2014. Lethal effects of short-wavelength visible light on insects. *Scientific Reports*, 4(4): 7383.

Hirai K, 1995. Migration of the oriental armyworm *Mythimna separata* in east Asia in relation to weather and climate. III. Japan.// Drake VA, Gatehouse AG(eds.). Insect Migration: Tracking Resources Through Space and Time. Cambridge: Cambridge University Press. 117–130.

Ismail MSM, AboGhalia AH, Soliman MFM, Ghallab MMA, 2011. Certain effects of different spectral colors on some biological parameters of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 3(1): 27–39.

Jäckle H, Kalthoff K, 1978. Photoreactivation of RNA in UV-irradiated insect eggs (*Smittia* sp., Chironomidae, Diptera) I. Photosensitized production and light-dependent disappearance of pyrimidine dimers. *Photochemistry & Photobiology*, 27(3): 309–315.

Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, Luo LZ, 2014. Current status and trends in research on the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 881–889.[江幸福, 张蕾, 程云霞, 罗礼智, 2014. 我国粘虫研究现状及发展趋势. 应用昆虫学报, 51(4): 881–889.]

Jiang YL, Duan Y, Wu YQ, 2008. Effects of three different wavelengths of green-yellow light on oviposition biology of *Spodoptera exigua* (Hiibner). *Acta Phytophylacica Sinica*, 35(5): 473–474.[蒋月丽, 段云, 武予清, 2008. 三种不同波长绿-黄光对甜菜夜蛾产卵生物学的影响. 植物保护学报, 35(5): 473–474.]

Ju Q, 2009. Overview of insect phototaxis and phototaxis control. 2009 Annual Meeting of Chinese Society of Plant Protection, Wuhan, Hubei, China. 407–410.[鞠倩, 2009. 昆虫趋光性及趋光防治研究概述. 中国植物保护学会 2009 年学术年会. 中国湖北武汉. 407–410.]

Karahara I, Takaya E, Fujibayashi S, Inoue H, Weller JL, 2011. Development of the *Casparian strip* is delayed by blue light in pea stems. *Planta*, 234(5): 1019–1030.

Li GB, Wang HX, Hu WX, 1964. Hypothesis of seasonal migration of armyworm and label recovery experiment. *Acta Phytophylacica Sinica*, 3(2): 101–109.[李光博, 王恒祥, 胡文绣, 1964. 粘虫季节性迁飞为害假说及标记回收实验. 植物保护学报, 3(2): 101–109.]

Lu YF, 2012. Effects of light intensity on insect resistance of *Larix gmelinii*. Master dissertation. Haerbin: Northeast Forestry University. [鲁艺芳, 2012. 光照强度对兴安落叶松（*Larix gmelinii*）组成抗虫性的影响. 硕士学位论文. 哈尔滨: 东北林业大学.]

Omkar G, Mishra G, Singh K, 2005. Effects of different wavelengths of light on the life attributes of two aphidophagous ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, 102(1): 33–37.

Sang W, Yu L, He L, Ma WH, Zhu ZH, Zhu F, Wang XP, Lei CL, 2016. UVB radiation delays *Tribolium castaneum* metamorphosis by influencing ecdysteroid metabolism. *PLoS ONE*, 11(3): e0151831.

Sang W, Zhu ZH, Lei CL, 2016. Review of phototaxis in insects and an introduction to the light stress hypothesis. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(5): 915–920. [桑文, 朱智慧, 雷朝亮, 2016. 昆虫趋光行为的光胁迫假说. 应用昆虫学报, 53(5): 915–920.]

Saunders DS, 2012. Insect photoperiodism: seeing the light. *Physiological Entomology*, 37(03): 207–218.

Stark WS, Walker KD, Eidel JM, 1985. Ultraviolet and blue light induced damage to the *Drosophila* retina: microspectrophotometry and electrophysiology. *Current Eye Research*, 4(10): 1059–1075.

Sinha RP, Hader DP, 2002. UV-induced DNA damage and repair: a review. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 1(4): 225–236.

Wang MM, 2010. Effects of magnetic field and LED light on the biological characteristics of *Plutella xylostella* (Linnaeus). Master dissertation. Yangzhou: Yangzhou University.[王明明, 2010. 磁场和 LED 光照对小菜蛾生物学特性的影响. 硕士学位论文. 扬州: 扬州大学.]

Wang S, Guo XJ, Zhang JM, Zhang F, 2014. Copulatory behavior of predacious ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) under different illuminative conditions. *Acta Ecologica Sinica*, 34(24): 7428–7435.[王甦, 郭晓军, 张君明, 张帆, 2014. 异色瓢虫不同光环境下的交配行为. 生态学报, 34(24): 7428–7435.]

Wilde JD, 1962. Photoperiodism in insects and mites. *Entomology*, 7(7): 1–26.

Xu L, Wen LZ, Yi Q, Hu L, Peng YP, 2016. Effects of light wave, light source distance and temperature on phototaxis behavior of *Harmonia axyridis*. *China Agricultural Bulletin*, 32(10): 106–113. [徐练, 文礼章, 易倩, 胡亮, 彭云鹏, 2016.不同光波、光源距离及环境温度对异色瓢虫成虫趋光行为的影响. 中国农学通报, 32(10): 106–113.]

Yamaguchi S, Desplan C, Heisenberg M, 2011. Contribution of photoreceptor subtypes to spectral wavelength preference in *Drosophila*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 107(4): 5634–5639.

Ye ZH, 1993. Major Agricultural and Biological Disasters and Disaster Mitigation Measures in China. Beijing: Science Publishing House Press. 549–602.[叶志华, 1993. 中国重大农业生物灾害及减灾对策. 北京: 科学出版社. 549–602.]

Yu HL, 2011. Phototaxis and effects of green light on the biological characteristics of *Grapholita molesta* Busck. Master dissertation. Yangling: Northwest A&F University.[于海利, 2011. 梨小食心虫 *Grapholita molesta* Busck 的趋光性及绿光对其生物学特性的影响. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]

Yin R, Dai T, Avci P, Jorge AES, Melo WCD, Vecchio D, Huang YY, Gupta A, Hamblin MR, 2013. Light based anti-infectives: ultraviolet C irradiation, photodynamic therapy, blue light, and beyond. *Current Opinion in Pharmacology*, 13(5): 731–762.

Zhang HB, 2008. Infrared and ultraviolet irradiation on the hatching of locust eggs. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (2): 72–73. [张洪波, 2008. 红外和紫外照射对蝗虫卵孵化影响的研究. 黑龙江农业科学, (2): 72–73.]

Zhu JL, Zhu W, Liu HA, Lu YR, Zhang CM, 2014. Effects of LED lights on phototaxis and reproduction of small brown planthopper. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 30(3): 508–513.[朱锦磊, 朱伟, 刘怀阿, 陆玉荣, 张春梅, 2014. 灰飞虱对 5 种波长 LED 的趋光性比较及蓝光对灰飞虱繁殖力的影响. 江苏农业学报, 30(3): 508–513.]

****

封面介绍

功能植物蛇床上的七星瓢虫 4 龄幼虫

蛇床，学名为 *Cnidium monnieri*（L.）Cuss.，又名野茴香、野胡萝卜子，属伞形科、蛇床属的一年生草本植物，高 10-60 cm，分布于中国华北、华东、西南、中南、西北、东北等地区，朝鲜、北美及其它欧洲国家亦有分布。蛇床大量涵养异色瓢虫、龟纹瓢虫、七星瓢虫等天敌昆虫，且具备种植管理轻简、适生性强、种子不扩散到农田内部成为杂草、具观赏功能等优点，可作为北方小麦、玉米、棉花等作物以及苹果等果树害虫生态调控的功能植物。封面照片为在小麦拔节期，小麦田旁边蛇床上的七星瓢虫 4 龄幼虫，体长 11 mm 左右，体灰黑色，前胸背板前侧角和后侧角有桔黄色斑，腹部第 1 节和第 4 节左右侧刺疣和侧下刺疣均有桔黄色斑，其余刺疣黑色。七星瓢虫，学名为 *Coccinella septempunctata* Linnaeus，是鞘翅目瓢虫科捕食性昆虫，成虫可捕食麦蚜、棉蚜、槐蚜、桃蚜、介壳虫、壁虱等害虫，可大大减轻各种农作物、树木、瓜果及遭受害虫的损害，被人们称为“活农药”，在我国各地广泛分布。在华北南部，俗称“花大姐”。

（中国科学院动物研究所 杨泉峰）