

光强度对大草蛉成虫感光性和趋光性行为的影响

张海强¹, 闫海霞¹, 刘 顺¹, 张乃瑾², 魏国树^{1,*}

(1. 河北农业大学植物保护学院/河北省农作物病虫害生防工程中心, 河北保定 071001;

2. 河北省石津灌区管理局, 石家庄 050051)

摘要: 运用视网膜电位(electroretinogram, ERG)技术和行为学方法研究了大草蛉 *Chrysopa pallens* Ramber 成虫的光强度反应。结果显示: (1)白光(Log I = 4.5 ~ 0.0)可引发2 h暗适应的大草蛉复眼的电位反应。随光强增强其ERG值呈近线性增大,最强时未出现高端平台,表明该光强范围内其感光性基本一致,且可感受更强的光; (2)一定光强度(Log I = 4.0)以上的白光可引发大草蛉较明显的趋光性行为,该行为具有光强域值特征和较明显的光强度依赖性。弱光时(Log I = 4.5)无趋光性行为,随光强增大趋光性反应率增大,光较弱(Log I = 4.5 ~ 1.5)时增大缓慢,较强(Log I = 1.5 ~ 0.0)时迅速增大,至最强(Log I = 0.0)时最大(37.1%),呈一近“J”型式样。避光行为为无或很低,且无规律,最大值仅为4.5%。这些结果表明:光强度是大草蛉感光性与趋光性行为的重要决定因素,强光时感光性电位反应与趋光性行为反应基本一致,弱光时则不同,暗示了光强度信息在感光性和趋光性间作用的有条件性和复杂性。

关键词: 大草蛉; 光强度; 白光; 视网膜电位; 趋光性行为

中图分类号: Q967 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2009)04-0461-04

Effect of light intensity on the photosensitivity and phototaxis behaviour of *Chrysopa pallens* Ramber (Neuroptera: Chrysopidae)

ZHANG Hai-Qiang¹, YAN Hai-Xia¹, LIU Shun¹, Zhang Nai-Jin², WEI Guo-Shu^{1,*} (1. Hebei Agricultural University/Biological Control Center of Plant Diseases and Plant Pests of Hebei Province, Baoding, Hebei 071001, China; 2. The Administrative Bureau of the Shijin Irrigation District of Hebei, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: The responses of *Chrysopa pallens* Ramber to light stimuli with different intensities were investigated by means of electroretinogram (ERG) technique and behaviour measurement. The results were as follows: (1) The white light with given intensity (Log I = 4.5 ~ 0.0) could evoke the ERG responses of the compound eyes of *C. pallens* after 2 h dark-adaption. A linear increase in ERG value occurred with the increase of the light intensity, and no plateau end was seen in the strongest intensity, which revealed that *C. pallens* owned almost the same photosensitivity within the test range of light intensity and was able to perceive stronger light. (2) Obvious phototactic responses in behavior upon given light stimuli that were stronger than Log I = 4.0 were also observed, and the stronger the light intensity, the higher the percentage of behaviour response, especially in the range of stronger intensity (Log I = 1.5 ~ 0.0). However, their photophobism was rather lower or irregular, with the maximum of 4.5%. It is so concluded that both the perception to light and subsequently phototaxis behavior of *C. pallens* depend on the light intensity obviously, there is no visible photophobism response in any case, and the response of primal receptor cell potential is accordant with the phototactic behavior in a certain range of light intensity, indicating that light intensity plays a subtle role during the light perception and succeeding phototaxis.

Key words: *Chrysopa pallens*; light intensity; white light; electroretinogram (ERG); phototactic behavior

基金项目: 河北省博士基金; 河北省自然科学基金项目(C2004000341, C2008000272); 河北省强势特色学科项目

作者简介: 张海强, 男, 1979年1月生, 硕士, 从事昆虫视觉及IPM研究, E-mail: zhang.haiqiang@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: weiguoshu03@yahoo.com.cn

收稿日期 Received: 2008-10-06; 接受日期 Accepted: 2009-02-20

草蛉具有趋光性,多数种类在夜间或日暮前后活跃,仅有少数种类白天也活跃,此习性和昼夜行为模式不但与其复眼为重叠像眼、视网膜细胞排列等光学和生理特征有关,更重要的是取决于自然环境的光暗强度变化,受光源波长的影响较小,譬如普通草蛉 *Chrysoperla carnea* 飞行的光强域值约为 10 lx (Kral and Stelzl, 1998; Yang *et al.*, 1998a, 1998b; Nabli *et al.*, 1999; 张广学等, 2004; 张海强等, 2007)。光暗强度变化对感光性和趋光性行为有何影响? 光强度信息在该生理行为过程中的作用有否一致性或内在联系迄今尚不清楚。本文利用视网膜电位 (electroretinogram, ERG) 技术和行为学方法研究了光强度对大草蛉 *Chrysopa pallens* Ramb. 成虫感光性、趋光性的影响,以有助于揭示其在感光生理和趋光行为间的作用及其感光性和趋光性机理,为研发能保护自然界天敌的害虫测报和防治用新一代选择性光源或光活性物质提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试虫

大草蛉各虫态采自河北农业大学试验农场,室内(25 ~ 28℃)饲养至成虫 10 日龄,选健壮个体备用。

实验在暗室中进行,室温 21 ~ 23℃。

1.2 视网膜电位研究

试虫处理、光源与光刺激、光强度度和视网膜电位记录均同闫海霞等(2007)。试虫每次 1 头,重复间换用新虫,重复 10 次。

1.3 行为学研究

(1)试虫处理:选健壮大草蛉成虫 30 头,置于自行设计的行为反应箱内(图 1)。实验前的光暗处理同 1.2。

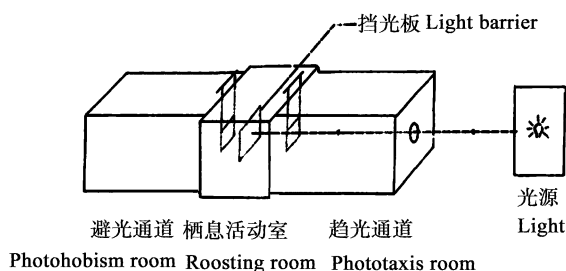


图 1 大草蛉趋光性行为反应箱光路图

Fig. 1 Sketch map of light-path in phototaxis behavior of *Chrysopa pallens*

(2)光源与光刺激:点光源同 1.2。光刺激经石英隔热玻璃滤掉红外后,通过中性滤光片,再经过一石英透镜将光束会聚于行为反应箱的入光口,用手动快门调节入光口的进光量。白光光强度处理同 1.2。每次光照时间为 20 min,刺激间隔时长为 5 min。

(3)记录:分别统计趋光性通道和避光通道内的成虫数量,依下式分别计算其趋、避光行为反应百分率。试虫每次 30 头为一组,重复间换用新虫组,重复 6 次。

趋光行为反应百分率 = 趋光通道虫数/栖息室总虫数 × 100% (1)

避光行为反应百分率 = 避光通道虫数/栖息室总虫数 × 100% (2)

2 结果与分析

2.1 V-Log I 反应

不同光强度白光对大草蛉复眼 ERG 的影响结果见图 2。结果显示:一定光强度(Log I = 4.5 ~ 0.0)的白光刺激均能引发大草蛉复眼产生 ERG 反应,光强度最低时其 ERG 值最小,为 0.77 mV,随光强增加其 ERG 值逐渐增大,在光强最大时(Log I = 0.0)达到最大,为 7.85 mV,其光强度反应呈一近线性(图 2)。值得注意的是,光强最低时其仍具有一定的感受性和光强最高时并未出现常见的高端平台,显示其具有较强的光敏感性或感光能力。换言之,该草蛉成虫感受光强度的范围较宽,其光强度自调节能力较强。

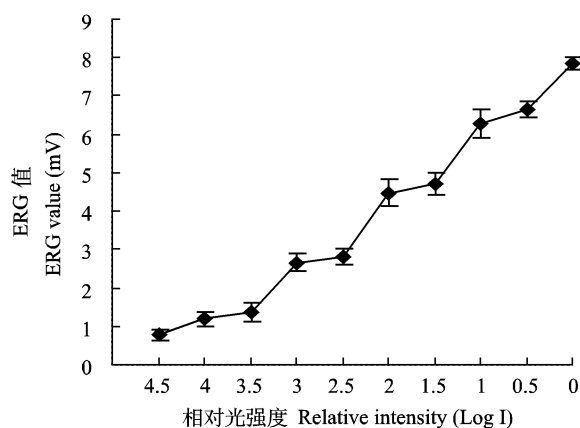


图 2 不同光强度白光刺激下大草蛉复眼 ERG 变化

Fig. 2 Effect of light intensity on the ERG values of *Chrysopa pallens* in white light

2.2 光强度行为反应

白光 ($\text{Log } I = 4.5 \sim 0.0$) 对大草蛉趋、避光行为的影响结果见图 3。从中可知, 弱光时 ($\text{Log } I = 4.5$) 大草蛉无趋光性行为, 至一定域值 ($\text{Log } I = 4.0$) 以上时均可引发其较明显的趋光性行为, 且随光强增大其趋光性反应率增大, 光较弱 ($\text{Log } I = 4.5 \sim 1.5$) 时增大缓慢, 较强 ($\text{Log } I = 1.5 \sim 0.0$) 时迅速增大, 至最强 ($\text{Log } I = 0.0$) 时最大 (37.1%) (图 3)。表明其趋光性行为具有较明显的光强度范围和光强度依赖性。

从图 3 还可以看出, 该光强范围内大草蛉无避光行为或很低, 且无规律。在弱光 ($\text{Log } I = 4.0$) 和相对强光 ($\text{Log } I = 0.5$) 时其避光反应率均为 0, 最高时亦仅为 4.5%。表明其基本无避光行为, 抑或光强度对该避光行为无影响, 期间的避光行为可能仅由于其随机活动等因素造成。

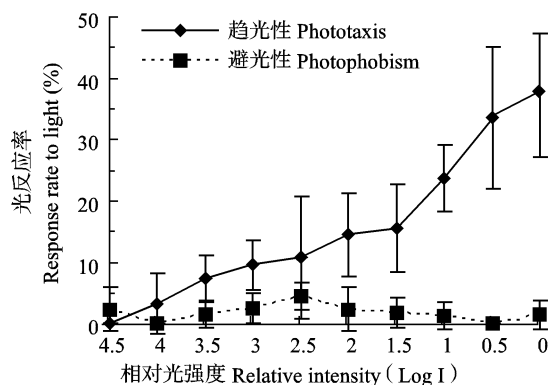


图 3 不同强度白光下大草蛉的趋光和避光行为反应

Fig. 3 Effect of light intensity on the phototaxis and photophobia behaviour of *Chrysopa pallens* in white light

3 讨论

光强和波长是光波的两项重要特征, 其单一和两者协同对趋光性昆虫种类施加影响。Agee (1972, 1973) 发现美国棉铃虫和烟青虫复眼的最敏感波长范围为 480 ~ 575 nm, 其次为 365 nm。丁岩钦等 (1974) 报道夜行的棉铃虫和烟青虫成虫对 13 种单色光的趋光性反应曲线相似, 自紫外 333 nm 到可见光区 656 nm 内共有 3 个峰, 分别位于 333, 385 和 466 nm 处, 其中最大峰值在 333 nm。这些研究初步揭示了棉铃虫等的光谱敏感性、趋光性行为及其间的联系等, 为了解光视觉在其取食、寻找配偶和栖息场所等生命活动中的作用和害虫综合治理提供了依据, 但均未涉及光强度影响方面。

本文在细胞和种群水平初步明确了光强度对大

草蛉感光性和趋光性行为的影响, 得到如下结论:

1. 一定光强度范围 ($\text{Log } I = 4.5 \sim 0.0$) 内, 白光刺激能引发大草蛉复眼的 ERG 反应, 其电位光强度 ($V\text{-Log } I$) 反应呈一近线性。证实光强度是决定其感光性的关键因素之一, 也表明其复眼具有较强的光敏感性或感光能力。

2. 一定域值 ($\text{Log } I = 4.0$) 以上的白光可引发大草蛉较明显的趋光性行为, 表明其趋光性行为具有较明显光强域值, 显示光强度亦是决定其趋光性行为的关键因素之一。

显然, 光强度对感光性和趋光性行为的影响并非完全一致。在实验光强范围内, 其感光性基本一致, 且能感受的光强度范围更宽, 而其趋光性行为在光强较低 ($\text{Log } I = 4.5 \sim 1.5$) 时相对较弱甚至没有 ($\text{Log } I = 4.5$)。表明大草蛉复眼仅在特定范围内由光强度信息引发的细胞水平上的原初感受器电位反应和经其编码、加工和整合后输出的趋光性行为指令在种群水平上基本吻合, 反映了该光强度信息在感光性和趋光性行为间作用的有条件性和复杂性。

3. 大草蛉复眼的光强度电位反应和趋光性行为反应均未出现常见的高端平台或“S”形曲线 (Wu et al., 1990; 范先群等, 1995)。其可能原因一是光源的限制, 二是大草蛉可以感受更强的光, 具有较强的感光 and 光强度自调节及适应能力, 该点得到其复眼显微解剖研究结果的支持, 即其复眼中次级虹膜色素颗粒和远端小网膜细胞核会随光强度的变化发生不同程度的纵向位移, 其晶锥的开闭程度、基膜色素颗粒在视杆间的扩散距离也与光的强弱有关 (张海强等, 2007)。其生物学意义在于其既可适于白天强光又能适于晚上弱光的活动习性。

光强度可能通过影响昆虫细胞水平的感光性和其种群水平的趋光性行为, 来决定和反映其在寻找食物、配偶和栖境等重要生命活动中的成功与否、效率高低, 因此了解外界光环境与昆虫生理行为间的内在联系以及其对害虫、天敌间影响的差异, 将为研发能够保护自然界天敌的害虫测报和防治用的新一代选择性光源或光活性物质提供科学依据。

参 考 文 献 (References)

- Agee HR, 1972. Sensory response of the compound eye of adult *Heliothis zea* and *H. virescens* to ultraviolet stimuli. *Annals of the Entomological Society of America*, 65 (3): 701–705.
- Agee HR, 1973. Spectral sensitivity of the compound eyes of field-

- collected adult bollworms and tobacco budworms. *Annals of the Entomological Society of America*, 66 (3): 613–615.
- Ding YQ, Gao WZ, Li DM, 1974. Study on the phototaxis behavior of nocturnal moths: the response of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *Heliothis assulta* Guenée to different monochromatic lights. *Acta Entomologica Sinica*, 17(3): 307–317. [丁岩钦, 高慰曾, 李典谟, 1974. 夜蛾趋光性的研究: 棉铃虫和烟青虫成虫对单色光的反应. 昆虫学报, 17(3): 307–317]
- Fan XQ, Xi WQ, Li HS, Wang RZ, Zhang YY, 1995. Study on the scotopic intensity-response function of the a-wave of the electroretinogram. *Acta Universitatis Medicinalis Secundae Shanghai*, 15(2): 105–109. [范先群, 奚渭清, 李海生, 王仁猷, 张芸芸, 1995. 视网膜电图 a 波的光强-反应函数研究. 上海第二医科大学学报, 15(2): 105–109]
- Kral K, Stelzl M, 1998. Daily visual sensitivity pattern in the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Eur. J. Entomol.*, 95: 327–333.
- Nabli H, Bailey WC, Necibi S, 1999. Beneficial insect attraction to light traps with different wavelengths. *Biological Control*, 16: 185–188.
- Wu WG, Wu MY, Warrant EJ, 1990. Physiological changes of photoreceptor of bush cricket compound eye as a function of time and adaptation state. *Chinese Science Bulletin*, 35 (15): 1 319 – 1 320.
- Yan HX, Wei GS, Wu WG, Yan HY, Zhang HQ, Li ZB, 2007. Spectral sensitivity of the compound eye in the lacewing *Chrysopa sinica* Tjedar. *Acta Entomologica Sinica*, 50(11): 1 099 – 1 104. [闫海霞, 魏国树, 吴卫国, 闫海燕, 张海强, 李振波, 2007. 中华通草蛉复眼光感受性. 昆虫学报, 50(11): 1 099 – 1 104]
- Yang IF, Lin JT, Wu CY, 1998a. Fine structure of the compound eye of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 91(1): 113–121.
- Yang IF, Lin JT, Wu CY, 1998b. Spectral sensitivity of the compound eye in the green lacewing, *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Chinese J. Entomol.*, 18: 117–126.
- Zhang GX, Zheng G, Li XJ, Bu J, 2004. Discussion of using frequency trembler grid lamps from angle of protecting biodiversity. *Entomological Knowledge*, 41(6): 532–535. [张广学, 郑国, 李学军, 卜军, 2004. 从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用. 昆虫知识, 41(6): 532–535]
- Zhang HQ, Zhu N, Fan F, Wei GS, 2007. External morphology and microstructure of the compound eye of *Chrysopa pallens* Rambur (Neuroptera: Chrysopidae). *Acta Entomologica Sinica*, 50(5): 454–460. [张海强, 朱楠, 范凡, 魏国树, 2007. 大草蛉成虫复眼的外部形态及其显微结构. 昆虫学报, 50(5): 454–460]
- (责任编辑: 袁德成)