

光谱和性别对几种金龟子趋光行为的影响^{*}

鞠倩^{1**} 曲明静^{1***} 陈金凤² 赵志强¹ 牛虎力³ 周强³ 禹山林^{1***}

(1. 山东省花生研究所 青岛 266100; 2. 安徽师范大学 芜湖 241000; 3. 中国农业大学工学院 北京 100083)

The influence of spectral and sexual differences on phototaxis action of several kinds of beetles. JU Qian^{1**}, QU Ming-Jing^{1***}, CHEN Jin-Feng², ZHAO Zhi-Qiang¹, NIU Hu-Li³, ZHOU Qiang³, YU Shan-Lin^{1***} (1. Shandong Peanuts Research Institute, Qingdao 266100, China; 2. Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 3. China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract The phototactic responses of beetles to different LED lights were studied. *Holotrichia titanis* Reitter, *H. plumbea* Hope and *Anomala corpulenta* Motschulsky showed strong, positive, phototactic response rates of 68%, 84% and 90% respectively, higher than those of *H. oblita* Hope and *H. parallela* Motschulsky. Phototactic responses of *H. plumbea* were slightly influenced by wavelength. *A. corpulenta*, *H. oblita* and *H. parallela* preferred monochromatic lights with peak wavelengths of 405 nm and 465 nm. Male and female *H. titanis*, *H. plumbea* and *A. corpulenta* showed identical phototactic behavior. However, the phototactic responses of female *H. oblita* and *H. parallela* were stronger than those of the males of these species.

Key words beetles, phototactic responses, response rate, sexual differences, LED light

摘要 本研究采用不同波长的LED新型绿色光源对几种金龟子雌雄性的趋光行为进行研究,结果表明:棕色鳃金龟 *Holotrichia titanis* Reitter、铅灰鳃金龟 *H. plumbea* Hope、铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky 的趋光反应率分别为 68%、84%、90%,显著高于暗黑鳃金龟 *H. parallela* Motschulsky 和大黑鳃金龟 *H. oblita* Hope;棕色鳃金龟和铅灰鳃金龟趋光谱较广;主峰为 405 nm 和 465 nm 的单色光对所有试虫均有较强的诱集力。雌性大黑鳃金龟和暗黑鳃金龟的趋光性强于雄虫;但雌雄差异对棕色鳃金龟、铅灰鳃金龟和铜绿丽金龟的趋光性无显著影响。

关键词 金龟子,趋光性,反应率,性别差异,LED光源

农业害虫危害是导致农作物减产的主要原因之一。目前多数农业害虫防治仍以化学防治为主,但农药的普施和滥施使环境日趋恶化,因此非化学方法治理害虫愈来愈受到人们的重视。利用害虫趋光性进行预测预报和物理防治是公认的有效方法之一^[1,2]。如刘立春等^[3]以蔬菜、花生、水稻、梨园等为示范基地进行灯防,通过3年田间试验示范发现,灯区害虫发生基数下降43%~75%,为害下降35.71%~78.57%,每667m²减少喷药1~2次,人工1~2个,节省农药及人工费8~27.74元。西兰花、包菜、黄瓜和花生地块挽回为害损失44~272元/667m²。但随着灯光诱杀的范围应用加大,其非选择性缺陷亦日益暴露,在诱杀害虫的

同时,对有益昆虫、天敌及非靶标昆虫也有不同程度的诱杀,导致生物群落乃至自然生态平衡的失调。张广学等^[4]曾提出可针对一些重要的农业害虫,研制专用型的诱虫灯,以达到科学用灯的目标。

蛴螬是我国农田最重要的地下害虫之一,据调查统计,植物地下部分受害的86%是由蛴螬

^{*} 资助项目:山东省农业重大应用技术创新课题(鲁财农指[2009]45号)、青岛市关键技术攻关项目(08-2-1-25-nsh)、山东省自然科学基金(2009zrc02070)。

^{**} E-mail: jjswlg@163.com

^{***} 通讯作者, E-mail: mjqu@yahoo.com.cn; yshanlin1956@163.com

收稿日期:2009-09-09,修回日期:2010-01-06

蝻危害造成的,尤其在花生、甘薯、玉米、草坪等及各类蔬菜田危害严重,其常发种类约 20~40 种,重发生者有 10 多种。其成虫主要有暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* Motschulsky、铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky 和大黑鳃金龟 *H. oblita* Hope 等。以农作物花生为例,一般受害 10%~20%,严重者 50%~80%,甚至颗粒无收。因此防治蛴螬刻不容缓。但由于蛴螬防治方位上的困难,化学防治难以达到理想效果。依据“地下害虫地上治的原则”,可在地上部对其成虫金龟子进行防治,同样可达到灭杀蛴螬的目的。金龟子是趋光性很强的一类昆虫,因此灯光诱杀具备很大应用前景。但不同金龟子的趋光特征往往在种间、性别间存在较大差异^[5],因此本研究采用多波长的 LED 新型绿色光源对其趋光特征进行研究,旨在为研制金龟子专用型杀虫灯奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验虫源

本试验所取用的棕色鳃金龟 *H. titanis* Reitter、铅灰鳃金龟 *H. plumbea* Hope、铜绿丽金龟、大黑鳃金龟均采自青岛大学校区,暗黑鳃金龟采自山东省花生研究所莱西试验田。将采回的成虫按雌雄分开放在有透气孔的周转箱内饲以新鲜榆树、槐树叶,箱内土壤湿度为 18%~20%,养虫室温度保持于 $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$,选飞翔能力强的健壮成虫作试验材料。试验在暗室中进行。

1.2 光源

由中国农业大学工学院光电实验室提供,采用不同波长高亮度单色光发光二极管和白光发光二极管(LED),输出电源为 3V 锂电池,各单色光波长范围和主波长如表 1 所示。

1.3 行为反应试验箱

依据金龟子的趋光特性,自行设计了其趋光行为反应试验箱,如图 1 所示。依据金龟子对光刺激的行为反应,试验箱主体分为 3 个部分,即趋光反应通道(长 105 cm × 宽 40 cm × 高

表 1 试验用单色光和白光波长范围和主峰位置单色光号

单色光号	光谱范围 (nm)	主峰 (nm)
P	380~430	405
B	430~525	465
G	505~570	520
Y	570~610	585
R	610~780	620
W	380~780	

40 cm),在趋光通道 15 cm 处设一闸门,试验时闸门打开,放入此处的试虫开始接受来自通道另一端的光照产生趋光行为;集虫箱也叫收集箱(长 50 cm × 宽 50 cm × 高 50 cm)连接着趋光反应通道的另一端,集虫箱顶端开一直径为 20 cm 的圆孔,圆孔用玻璃覆盖,便于观察和统计虫量,集虫箱外面覆盖以尼龙纱网,以防金龟子逃出;光源设在反应通道的集虫箱顶端的圆孔处。试验前,所有试虫均在暗箱中暗适应 30 min。每次试验光照时长为 10 min。为减少实验误差,单色光各波长依序随机选取。

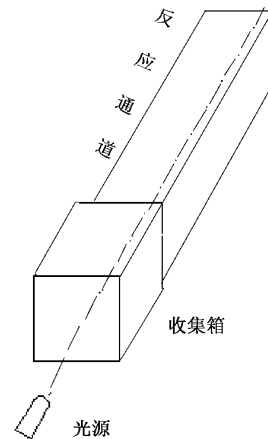


图 1 行为反应试验箱

1.4 计算方法

反应率 = 趋光虫数 / 试验虫数。

选取金龟子 5 个出土日连续试验,每个出土日 10 次试验,每组实验用虫 10 头,取平均值,所得数据利用 DPS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同金龟子对光的敏感行为

以白光发光二极管为试验光源,研究金龟子不同虫种的光敏感性。

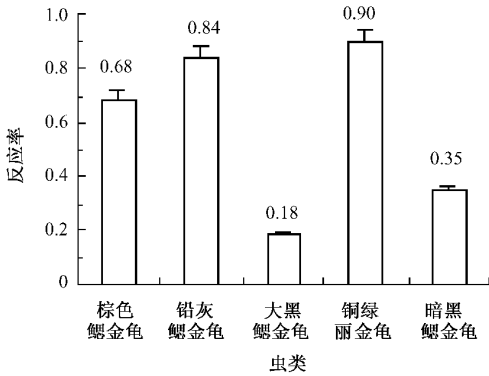


图2 金龟子不同虫种对光的敏感行为

各虫种趋光性如图2所示,不同种类金龟子对光的敏感行为有明显差别。棕色鳃金龟、铅灰鳃金龟、大黑鳃金龟、铜绿丽金龟和暗黑鳃金龟的反应率分别为0.68、0.84、0.18、0.9、0.35。铜绿丽金龟表现为趋光性最强,90%的试虫表现有明显趋光行为;大黑鳃金龟最弱,具趋光行为的大黑鳃金龟只占到试虫的18%。

2.2 不同光谱对金龟子趋光行为的影响

采用不同波长单色光发光二极管作为光源,研究不同波长下金龟子的趋光性。试验结

果如图3所示,金龟子在不同波长下表现有不同的趋光活性。铅灰鳃金龟在不同波长下的趋光性比较一致,都表现有较高值,达到70%~90%。铜绿丽金龟在波长范围为430~525 nm、波长主峰为465 nm的单色光(B)下趋光性高达100%,但由图3中可以看到,铜绿丽金龟只对P、B、G 3种单色光源表现有较高趋光活性,对其他2种单色光源敏感性非常低。暗黑鳃金龟在波长范围为380~430 nm,主峰为405 nm的单色光(P)下趋光性相对较高,为60%;但其他单色光源对其行为无影响,甚至暗黑鳃金龟对Y和R 2种光源的敏感性降至零点。大黑鳃金龟趋光性较差,只对P和B 2种光源有趋性,最高趋光性30%,对其他单色光源不敏感。

2.3 不同光谱金龟子趋光性比较

将相同波长诱导下不同种金龟子的反应率做比较,得出表2所示的差异性分析结果。由表2可以看出,不同种金龟子在相同波长的光源下均有显著性差异,尤其在B、Y、R光源下不同种金龟子的反应率有极显著差异。

2.4 不同性别对金龟子趋光行为的影响

依据图3中不同金龟子对不同波长敏感性强弱,分别设定相应具较强影响的光源对其诱导:对铅灰鳃金龟、棕色鳃金龟、暗黑鳃金龟提供波长范围为380~430 nm、主峰为405 nm的单色光(P);针对大黑鳃金龟、铜绿丽金龟提

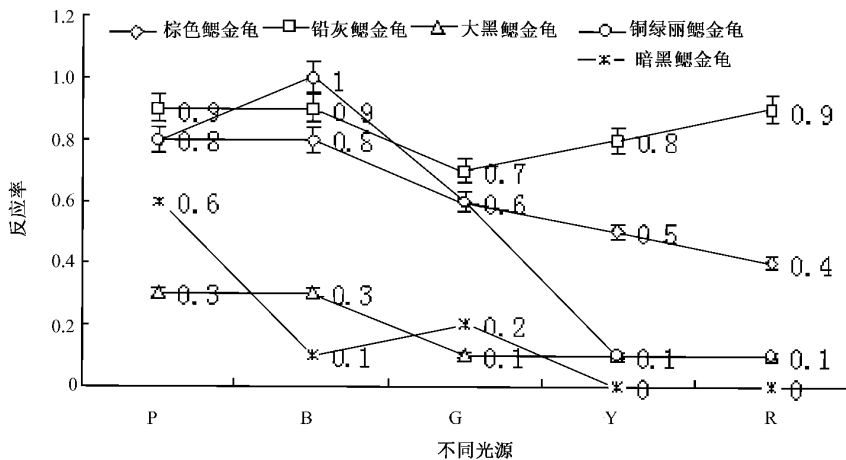


图3 不同波长下金龟子的趋光性

供波长范围为 430 ~ 525 nm、波长主峰为 465 nm 的单色光 (B), 进行金龟子雌雄性趋光行为比较。

不同种金龟子的趋光性在雌雄性别间也表现不同 (图 4)。棕色鳃金龟、铅灰鳃金龟和铜绿丽金龟雌雄虫之间的趋光性并无明显差异; 棕色鳃金龟雌雄反应率分别为 0.78 和 0.8, 铅

灰鳃金龟雌雄反应率分别为 0.91 和 0.9, 铜绿丽金龟雌雄反应率同为 1。大黑鳃金龟和暗黑鳃金龟雌雄虫之间的趋光性在雌雄性别间有相似趋势, 雌虫均表现为较强于雄虫的趋光性; 大黑鳃金龟雌雄反应率分别为 0.5 和 0.3, 暗黑鳃金龟雌雄反应率分别为 0.8 和 0.4。

表 2 不同波长下金龟子趋光性比较

虫种	反应率				
	P	B	G	Y	R
铅灰鳃金龟	0.9 ± 0.02 aA	0.9 ± 0.07 bAB	0.7 ± 0.07 aA	0.8 ± 0.02 aA	0.9 ± 0.06 aA
棕色鳃金龟	0.8 ± 0.05 aA	0.8 ± 0.05 cB	0.6 ± 0.05 aA	0.5 ± 0.06 bB	0.4 ± 0.05 bB
铜绿丽金龟	0.8 ± 0.06 aA	1 ± 0.02 aA	0.6 ± 0.08 aA	0.1 ± 0.003 cC	0.1 ± 0.06 cC
暗黑鳃金龟	0.6 ± 0.05 bB	0.1 ± 0.02 eD	0.2 ± 0.02 bB	0 ± 0 dD	0 ± 0 dD
大黑鳃金龟	0.3 ± 0.07 cC	0.3 ± 0.05 dC	0.1 ± 0.05 cB	0.1 ± 0.005 cC	0.1 ± 0.05 cC

注: 同列数据中不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

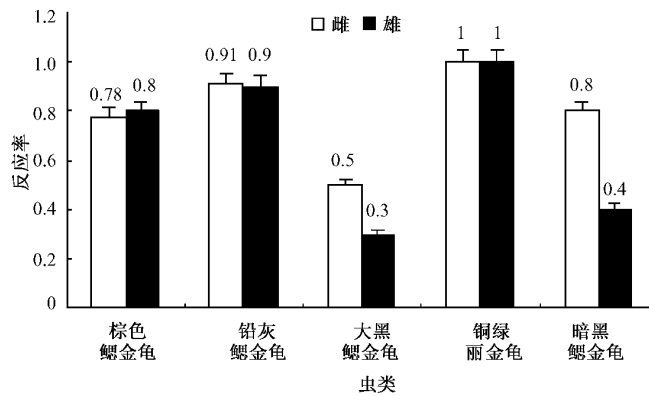


图 4 不同虫种雌雄趋光行为比较

3 讨论

蛴螬是鞘翅目昆虫中最庞大类群之一, 其成虫和幼虫均对农业、林业生产造成严重危害。成虫金龟子趋光性很强, 孙明海等^[6]在花生标准化试验田挂灯, 一台杀虫灯诱到的金龟子数量高达总虫量的 95.4%, 因此研究这一种类的趋光特点对开展灯诱工作很有意义。昆虫通过视觉器官感受外界光源, 不同波长的光对昆虫起的作用及效应亦不同。已有研究表明, 短波光对昆虫的诱集力较大^[7, 8]。虽然目前对昆虫趋光现象还缺少公认的解释, 但一些昆虫敏感

的波长已经比较明确。魏国树等^[9]采用视网膜电位图技术确定了棉铃虫蛾对 400、483、562 nm 波长的光敏感。丁岩钦等^[10]发现, 350 nm 与 405 nm 光组合, 对烟青虫趋光起增效作用, 而 350 nm 与 656 nm 组合则起抑制作用。

本研究结果表明, 相比暗黑鳃金龟和大黑鳃金龟, 棕色鳃金龟、铅灰鳃金龟、铜绿丽金龟表现出更高的趋光活性。主峰为 405、465 nm 的单色光对几种金龟子均有较强的诱集力, 而其他波长单色光对金龟子的引诱活性相对较弱。这可能与金龟子在趋光行为中复眼视网膜细胞的光感受器的生理结构调节与不同的光

波、光强产生生物光电效应有关。不同金龟子趋光性的差异也可能与其复眼光感器的类型和数量有关。研究中我们还发现棕色鳃金龟、铅灰鳃金龟对不同波长的光均表现出较强的趋性,且性别对趋光行为没有明显影响。同样,铜绿丽金龟的性别也未对趋光行为产生显著影响,但其趋光行为受波长的影响大,表现出较高的选择性。在5种所测试虫中,大黑鳃金龟趋光性最差,但雌虫趋光性稍高于雄性。实验中我们发现将光强调高至10.4 lx时,雌虫趋光率可达80%,但受成本所限,实际应用性不大。因此采用诱虫灯对大黑鳃金龟诱杀的同时应辅以其它防治措施,才能达到更好的效果。暗黑鳃金龟雌性趋光性也高于雄性,这与孙明海等^[6]用频振式杀虫灯诱杀金龟子,发现雌雄比高于10以上的研究结果一致。当然,雌雄间的趋光差异也可能与金龟子的日龄及雌雄金龟子的复眼光感器对光敏感度不同有关^[8],具体机制尚需进一步的研究。本研究采用的诱导光源为新型的、低能耗且可便捷调控性的LED光源,具备节能的特点,同样照明效果,LED比传统光源节能80%~90%。实验中还发现某些金龟子虽然趋光波长接近,但其趋光高峰期不

同,因此也可将这一特点应用到专用型杀虫灯的设计中来。

参 考 文 献

- 1 周强,徐瑞清,程小桐. 昆虫的生物光电效应与虫害治理应用. *现代生物医学进展* 2006 6(4):70~72.
- 2 Rind F. C., Leiting G. Immunocytochemical evidence that collision sensing neurons in the locust visual system contain acetylcholine. *The Journal of Comparative Neurology*, 2000, 423: 389~401.
- 3 刘立春,朱白平,徐炜民,等. 高效节能双波诱虫灯田间试验及应用效果. *昆虫知识* 2005 42(2):202~206.
- 4 张广学,郑国,李学军,等. 从保护生物多样性角度谈频振式杀虫灯的应用. *昆虫知识* 2004 41(6):532~535.
- 5 张孝曦,程遐年,耿济国. 害虫测报原理和方法. 农业出版社,1979.90~95.
- 6 孙明海,王志伟,顾士莲,等. 频振式杀虫灯防治花生蛴螬试验研究. *农业科技通讯* 2008,(4):71~73.
- 7 吴卫国,吴梅英,Warrant E. J.,等. 昆虫复眼瞳孔调节的一种新机制, *生物物理学报*, 1990 6(2):178~182.
- 8 Michael D. A. Introduction to insect behavior, New York: Macmillan Publishing Co. Inc., 1980. 31~33.
- 9 魏国树,张青文,周明,等. 棉铃虫复眼光反应特性. *昆虫学报* 2002 45(3):323~328.
- 10 丁岩钦,高慰曾等. 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*, 1974, 17(3):307~317.