

光强对松蠹狄金小蜂趋光行为的影响

陈 友,罗长维*

(重庆城市管理职业学院,重庆 401331)

摘要: 研究昆虫对不同光强光源的行为反应,有利于确定诱集光源的功率、诱集有效空间范围及布点密度,为此,利用昆虫视觉行为学研究方法,研究华山松木蠹象优势寄生蜂——松蠹狄金小蜂对不同光强敏感单色光的趋向行为。结果表明,无论从趋向率还是趋向位移看,3种敏感单色光(340 nm 紫外光、415 nm 紫色光和 549 nm 黄绿光)下,松蠹狄金小蜂的趋光行为与光强具有明显相关性,光强较低时呈正相关,光强较高时呈负相关,在 415 nm 紫色光和 549 nm 黄绿光下,松蠹狄金小蜂的趋光行为反应随着光强的继续增加稍有减弱,而在 340 nm 紫外光下,松蠹狄金小蜂的趋光行为反应随着光强的继续增加明显降低,甚至低于光强较低时的水平。3种敏感单色光中,松蠹狄金小蜂的趋光行为反应达到峰值时光强的大小顺序为:黄绿光(549 nm) > 紫色光(415 nm) > 紫外光(340 nm)。

关键词: 松蠹狄金小蜂; 光强; 趋向率; 趋向位移; 单色光

中图分类号: S476.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2015)07 - 0099 - 04

Phototactic Behavior of Parasitic Wasp *Dinotiscus armandi* to Different Light Intensities

CHEN You, LUO Changwei*

(Chongqing City Management College, Chongqing 401331, China)

Abstract: Studying behavioral response of insects to different light intensity could help to determine the power, effective trapping range and distribution density of trapping lights. This study dealt with the visual behavioral response of *Dinotiscus armandi*, which is a major natural parasitic wasp of *Pissodes punctatus*, under different light intensity of its three kinds of sensitive monochromatic lights (549 nm yellow-green light, 415 nm purple light, and 340 nm UV light). The results demonstrated that the phototactic behavior of *D. armandi* was significantly correlated with light intensity according to the indexes of trending rate and trending displacement, and it showed positive correlation when light intensity was low, it showed negative correlation when light intensity was high. Furthermore in the UV (340 nm), the phototactic behavior of *D. armandi* abidingly weakened as light intensity increased, even weaker than that at the low light intensity. Under the three sensitive monochromatic lights, the light intensity causing the maximum of phototactic response of *D. armandi* was in the following order: yellow-green (549 nm) > purple (415 nm) > UV light (340 nm).

Key words: *Dinotiscus armandi*; light intensity; trending rate; trending displacement; monochromatic light

目标害虫及其主要天敌的准确监测是制订科学 防治方案的必要前提,其中蛀干害虫及其天敌的监

收稿日期:2014 - 12 - 12
基金项目:云南省教育厅科学研究基金项目(2011Y498);重庆城市管理职业学院高层次人才科研启动基金
作者简介:陈 友(1973 -),男,四川内江人,副教授,博士,主要从事植物病虫害教学与研究。
E - mail:chenyou2235@163.com
* 通讯作者:罗长维(1972 -),女,重庆江津人,副教授,博士,主要从事昆虫学研究。E - mail:luoccw4540@126.com

测一直是森林有害生物综合防治工作的难点。华山松木蠹象 (*Pissodes punctatus*) 是危害华山松 (*Pinus armandi*) 的一种毁灭性蛀干害虫^[1]。松蠹狄金小蜂 (*Dinotiscus armandi*) 是华山松木蠹象的主要寄生蜂^[2],在云南省会泽县者海林场,松蠹狄金小蜂是 7 种本地寄生蜂中数量最多的寄生蜂,占寄生蜂总数的 41.85%^[3];在云南省施甸县大亮山林场,松蠹狄金小蜂也是华山松木蠹象的本地寄生天敌^[4]。由于华山松木蠹象危害隐蔽,寄生蜂个体小、活动能力强,对其进行有效而准确的监测十分困难。目前,华山松木蠹象的种群动态依赖引诱剂实施监测,但在应用中由于引诱剂具有专一性^[5],对寄生蜂等自然天敌不具有诱集作用,如果单纯依靠华山松木蠹象种群动态的监测情况来制定防治方案,将不可避免对其自然天敌造成伤害。为此,华山松木蠹象生态控制课题组开展了华山松木蠹象及其主要寄生蜂的趋光特性研究^[6-8]。其中,研究松蠹狄金小蜂对敏感单色光不同光强的行为反应,有助于在监测松蠹

狄金小蜂种群动态时确定诱虫灯的最佳功率、诱集光源的有效空间范围及布点密度,相关研究报道如下。

1 材料和方法

1.1 供试昆虫

供试的松蠹狄金小蜂采自云南省会泽县者海林场联合林区吴家小丫口 (26°26' N、103°36' E,海拔 (2 649 ± 100) m)。4 月下旬选取内含活虫的华山松被害木,将其中华山松木蠹象的蛹和老熟幼虫带回实验室,置于智能人工气候箱中。模拟自然环境中的光热条件进行培养,等待松蠹狄金小蜂成虫羽化。选取饲喂 2 d 且健康活泼的成虫做趋向行为测试。

1.2 测试装置

趋光行为测试装置为单臂套管结构,由光源、滤光片、硅橡胶接口、遮光布、暗室和生物测定套管组成^[8],如图 1 所示。采用功率 50 W 的 PHILIPS 卤钨灯作为光源,用汇博光学技术有限公司生产的滤

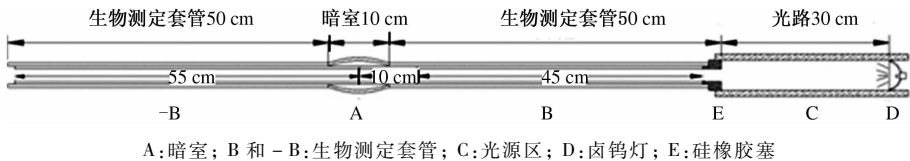


图 1 松蠹狄金小蜂趋光行为测试装置

光片获得单色光。用滑动变阻器调节光照强度,用数字式照度计测量光强。暗室由 1 节长度为 10 cm 的有机玻璃内衬管(外径 3.0 cm、内径 2.5 cm)加上 1 个由遮光布和矿泉水瓶制成的外套筒组成。生物测定套管由 2 根深色不透光的 PP-R 外套管(外径 4.0 cm、内径 3.0 cm、长 50 cm)和有机玻璃内衬管(外径 3.0 cm、内径 2.5 cm,长度分别为 45 cm 和 55 cm)组成。

1.3 测定方法

将测试装置一端(图 1, -B)的开口处用黑色遮光布做成的塞子封堵,另一端用滤光片置于硅橡胶接口(图 1,E)中来获得单色光,本试验只测试松蠹狄金小蜂最敏感的 3 种单色光,即中心波长 340 nm 紫外光、415 nm 紫色光和 549 nm 黄绿光^[8]。通过调节滑动变阻器以及光源与滤光片之间的距离使得滤光片前口光强分别为 10、50、250、500、1 000、2 000、4 000、8 000 lx,用处理 1、2、3、4、5、6、7、8 表示,每个滤光片都测试这 8 个光强,每个光强处理测试 50 头松蠹狄金小蜂,分 5 组测试。每次测试 1 头松蠹狄金小蜂,1 min 后,迅速抽出内衬管,记录松蠹狄金小蜂在生物测定管中的位移(朝向光源记录

为正值,背向光源记录为负值,在暗室内记录为 0),每组测试 10 头,计算趋向率,趋向率 = (趋向位移 > 9 cm 的虫数/试虫数) × 100%。每次测试完后,用 95% 的乙醇擦拭内衬管管壁,用吹风机吹干后再进行下一个试验。为了提高试验效率,共准备 4 套内衬管和 10 个暗室,轮换使用。

1.4 统计分析

测试数据用 SPSS 11.5 软件进行统计分析。松蠹狄金小蜂在不同处理下的趋向位移差异通过方差分析(ANOVA)进行测定。在方差分析前,对每组数据进行方差齐性、正态分布检验,以确定该组数据可以满足方差分析的需求。若方差分析结果显著,再对不同处理间趋向位移进行两两比较(LSD),分析不同处理之间的差异是否显著。

2 结果与分析

2.1 松蠹狄金小蜂对 3 种敏感单色光不同光强的趋向率

在测试的光强范围内,松蠹狄金小蜂对 340 nm 紫外光 8 个光强均表现较高的趋向率。在前 5 个光强处理中,松蠹狄金小蜂的趋向率随着光强增加而

增大,由 68% 上升到 92%。然而从处理 5 开始,松蠹狄金小蜂的趋向率却随着光强的进一步增加表现为急剧下降,在最大光强下,松蠹狄金小蜂的趋向率仅为 58%,低于最低光强的趋向率。对中心波长 415 nm 紫色光,松蠹狄金小蜂的趋向率在前 5 个光强处理中也随着光强的增加而增大,由 74% 上升到 84%。从处理 5 开始,松蠹狄金小蜂的趋向率随着光强的进一步增加而稍有下降,在最大光强下,松蠹狄金小蜂的趋向率为 80%。对中心波长 549 nm 黄绿光,松蠹狄金小蜂的趋向率在前 6 个光强处理中随着光强增加而变大,由 72% 上升到 84%。从处理 6 开始,松蠹狄金小蜂的趋向率随着光强的进一步增加而稍有下降,在最大光强时,松蠹狄金小蜂的趋向率为 80% (图 2)。

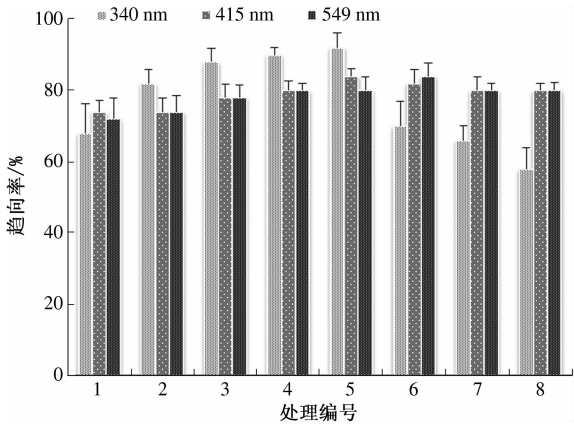


图 2 松蠹狄金小蜂对 3 种敏感单色光不同光强的趋向率

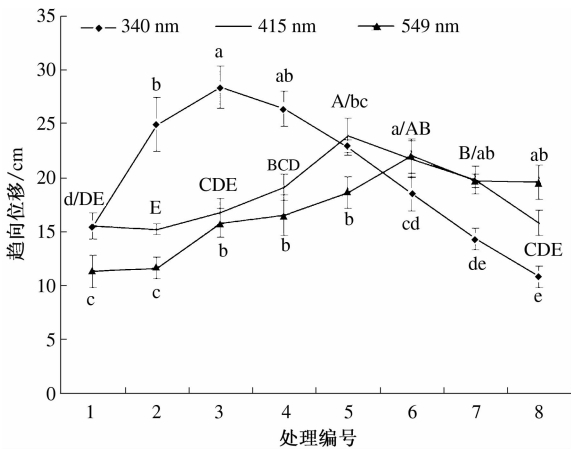
2.2 松蠹狄金小蜂对 3 种敏感单色光不同光强的趋向位移

从图 3 可以看出,在光强处理 1、处理 2、处理 3 中,松蠹狄金小蜂对紫外光 (340 nm) 的趋向位移分别为 15.5 cm、24.9 cm、28.4 cm,呈直线上升趋势,在光强处理 3 达到最高,然后开始下降,在最大光强时,其趋向位移为 10.8 cm,小于最小光强下的趋向位移。8 个不同光强处理的趋向位移变化规律与趋向率的变化规律相似,但是趋向率的峰值出现在光强处理 5,而趋向位移的峰值出现在光强处理 3。总体上,松蠹狄金小蜂对 8 个光强梯度的趋光反应差异极显著 ($F_{7,32} = 19.627, P < 0.001$)。在光强处理 1、处理 2 与处理 3 中,松蠹狄金小蜂的趋向位移差异显著 ($P < 0.05$)。从处理 3 开始,随着光强的增加,后面的每个光强处理都与之相邻的处理差异不显著。在光强较高时的趋向位移显著小于在光强较低时的趋向位移 ($P < 0.05$)。

对中心波长 415 nm 紫色光,松蠹狄金小蜂在光强处理 1、处理 2、处理 3、处理 4、处理 5 中的趋向位

移分别为 15.5 cm、15.2 cm、16.8 cm、19.1 cm、23.9 cm,呈缓慢的上升趋势,在光强处理 5 达到最高,然后开始下降,在最大光强下,趋向位移为 15.8 cm。8 个不同光强处理下趋向位移变化规律与趋向率的变化规律相似,趋向率和趋向位移的峰值均出现在光强处理 5。总体上,松蠹狄金小蜂对波长 415 nm 紫色光 8 个光强梯度的趋向位移差异极显著 ($F_{7,32} = 6.627, P < 0.001$)。最小光强下 (处理 1) 的趋向位移与处理 5、处理 6、处理 7 三个光强下的趋向位移差异显著 ($P < 0.05$),同其他 4 个光强下 (处理 2、处理 3、处理 4 和处理 8) 的趋向位移差异不显著 ($P > 0.05$);趋向位移峰值 (处理 5) 除与光强处理 6 的趋向位移无显著差异外,与其他 6 个光强处理的趋向位移差异显著 ($P < 0.05$) (图 3)。

对中心波长 549 nm 黄绿光,松蠹狄金小蜂在前 6 个光强处理中,趋向位移分别为 11.3 cm、11.6 cm、15.8 cm、16.5 cm、18.6 cm、22.0 cm,呈缓慢上升趋势,在光强处理 6 达到最高,然后开始下降,在最大光强时,其趋向位移为 19.6 cm。8 个不同光强处理下的趋向位移变化规律与趋向率的变化规律近似,趋向率和趋向位移的峰值均出现在光强处理 6。总体上,松蠹狄金小蜂对中心波长 549 nm 黄绿光 8 个光强梯度的趋向位移差异极显著 ($F_{7,32} = 8.120, P < 0.001$)。最小光强下 (处理 1) 的趋向位移除与相邻的处理 2 差异不显著外,与其他 6 个光强下的趋向位移差异显著 ($P < 0.05$);趋向位移峰值 (处理 6) 除与处理 7 和处理 8 两个光强的趋向位移无显著差异外,与其他 5 个光强处理的趋向位移差异显著 ($P < 0.05$) (图 3)。



英文字母为同一单色光不同光强处理间趋向位移的差异显著性分析标记,有相同字母的表示差异不显著,字母完全不同的表示差异显著

图 3 松蠹狄金小蜂对 3 种敏感单色光不同光强的趋向位移

3 结论与讨论

以往研究表明,寄生蜂能被不同强度单色光所吸引^[9]。棉铃虫的反应强度随光强的增加而增加,到一定强度时增长变缓,呈近 S 曲线型^[10],即昆虫对于光强的趋光敏感性是在一定范围内,除此之外趋光反应将受到抑制^[11]。本研究结果显示,无论从趋向率指标还是趋向位移指标看,松蠹狄金小蜂的趋光行为与光强都表现一定相关性。当光强较低时,松蠹狄金小蜂的趋光行为反应随着光强的增加而增强。当光强增加到一定程度时,在紫色光(415 nm)和黄绿光(549 nm)下,松蠹狄金小蜂的趋光行为反应随着光强的继续增加稍有减弱,但光强较高时松蠹狄金小蜂的趋向率和趋向位移显著高于光强较低时的水平;而在紫外光(340 nm)下,松蠹狄金小蜂的趋光行为反应随着光强的继续增加明显降低,光强较高时松蠹狄金小蜂的趋向率和趋向位移反而低于光强较低时的水平。这是因为大量紫外辐射对昆虫的活动与生长发育不利^[12],昆虫在高强度的紫外光中表现不积极的趋向特性,是为了避免被过量紫外线伤害,这也是许多昆虫选择在林内或林下活动,并不在太阳直射很强的地方活动和栖息的主要原因,因为森林能滤掉部分紫外线辐射而降低紫外线强度^[13]。此外,在不同单色光刺激下,其趋向行为表现强烈的峰值出现在不同的光强处理中。在 340 nm 紫外光下,松蠹狄金小蜂趋向率的峰值出现在光强处理 5,而趋向位移的峰值却出现在光强处理 3,这也说明紫外光虽然对昆虫具有很好的趋向刺激作用,但由于过量的紫外光对昆虫而言也是一种伤害,在光强较高的处理中,大部分松蠹狄金小蜂选择趋向光源,到达一定位置后却不再前行,因为再往前行,增加的紫外光强会对其造成伤害,因而出现趋向位移反而不如前面光强较小的处理。在 415 nm 紫色光下,松蠹狄金小蜂趋向率和趋向位移的峰值都出现在光强处理 5。在 549 nm 黄绿光下,松蠹狄金小蜂趋向率和趋向位移的峰值都出现在光强处理 6。膜翅目寄生蜂为陆生昆虫,生活的光强环境由于光路、栖息环境^[14]、昼夜长短与季节^[15]以及气候条件等不同而不同,松蠹狄金小蜂能够识别不同强度范围的单色光,有利于其快速适应变化的光环境。

参考文献:

- [1] 谢开立,李永和,段兆尧. 实施华山松木蠹象可持续控制策略与技术[J]. 林业实用技术,2002(4):6-8.
- [2] Yang Z Q. A preliminary survey of parasitic wasps of *Dendroctonus armandi* Tsai et Li (Coleoptera, Scolytidae) in Qinling Mountains with description of three new species and a new Chinese record (Hymenoptera: Pteromalidae) [J]. Journal Entomotaxonomia, 1987, 9(3):175-184.
- [3] 陈敏. 华山松木蠹象生物防治研究[D]. 昆明:西南林学院,2007.
- [4] 王晓佳. 华山松木蠹象生态控制研究[D]. 昆明:西南林学院,2009.
- [5] 闫争亮,泽桑梓,刘宏屏,等. 利用引诱剂监测华山松木蠹象的研究[J]. 西南林业大学学报,2011,31(4):61-64.
- [6] Chen Y, Luo C W, Kuang R P, et al. Phototactic behavior of armand pine bark-weevil, *Pissodes punctatus* (Coleoptera: Curculionidae) [J]. Journal of Insect Science, 2013, 3:1-10.
- [7] 罗长维,陈友,罗正方. 利用趋光性林间诱集华山松木蠹象[J]. 河南农业科学, 2014, 43(10):79-82.
- [8] 陈友,罗长维,陈丽花. 松蠹狄金小蜂的光谱行为研究[J]. 河南农业科学, 2015, 44(5):102-106.
- [9] 张英,高艳飞,吴伟. 烟蚜茧蜂及重寄生蜂对不同光源选择性研究[J]. 科学时代, 2012(3):96-98.
- [10] 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.
- [11] Roberts A E, Syms P R, Goodman L J. Intensity and spectral emission as factors affecting the efficacy of an insect electrocutor trap towards the house-fly [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1992, 64:259-268.
- [12] Jékely G. Evolution of phototaxis [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 2009, 364:2795-2808.
- [13] Endler J A. The color of light in forests and its implications [J]. Ecological Monographs, 1993, 63:1-27.
- [14] Brown P E, Anderson M. Spectral sensitivity of the compound eye of the cabbage root fly, *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 1996, 86:337-342.
- [15] Thorne H C, Jones K H, Peters S P, et al. Daily and seasonal variation in the spectral composition of light exposure in humans [J]. Chronobiology International, 2009, 26:854-866.