

视觉因素在松墨天牛定位寄主和交配中的作用

刘 博¹, 徐华潮¹, 孟俊国¹, 孙江华², 樊建庭¹

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 中国科学院 动物研究所, 北京 100101)

摘要: 在野外诱捕试验中, 使用相同的诱芯, 测试了4种不同颜色诱捕器对松墨天牛 *Monochamus alternatus* 的引诱效果。其中黑色和棕色诱捕器引诱效果显著高于对照灰白色, 而绿色诱捕器引诱效果最差, 显著低于对照。这表明, 在松墨天牛的野外远距离寄主定位过程中, 视觉因素起到了重要的作用, 黑色和棕色提高了引诱效果, 而绿色抑制了引诱效果。在室内交配定位试验中, 当松墨天牛的复眼被涂黑处理之后, 雌雄抱对交配的成功率降低为50.7%, 显著低于对照健康组的成功率(93.3%)。当松墨天牛触角被切除之后, 抱对交配成功率为72.3%, 同样显著低于对照。而将天牛的复眼涂黑并且切除触角之后, 抱对交配的成功率仅为26.7%。视觉因素在天牛近距离交配定位过程中发挥着重要的作用。图2参24

关键词: 森林保护学; 松墨天牛; 视觉; 嗅觉; 寄主定位; 交配定位

中图分类号: S763.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2012)04-0617-04

Visual cues for the host-finding and mating locations of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae)

LIU Bo¹, XU Hua-chao¹, MENG Jun-guo¹, SUN Jiang-hua², FAN Jian-ting¹

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: In order to explore the role of the visual factors, for *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) four treatments of field traps (black, brown, green, and gray—control) were tested. The mating behavior was observed after *M. alternatus*' visual organ compound eyes and olfaction were treated. Results showed that the black and brown traps were stronger than the gray (control) traps ($P < 0.05$); but the green traps were weaker than the control ($P < 0.05$). In mating behavior assays, after the compound eyes were treated, the percentage of mating success decreased to 50.7% compared to the control which had an average of 93.3%. Also, the proportion of mating success after treating olfaction (antenna were cutting down) averaged 72.3%, which was lower than the control ($P < 0.05$). With both vision and olfaction treated, the proportion of mating success averaged 26.7%, also lower than the control ($P < 0.05$). This indicated that visual cues over short distances were very important in the mating behavior of *M. alternatus*. [Ch, 2 fig, 24 ref.]

Key words: forest protection; *Monochamus alternatus* (Japanese sawyer beetle); vision; olfaction; host-finding; mating behavior

大部分蛀干害虫依靠寄主挥发性气味寻找寄主, 如单萜类化合物和乙醇^[1-3], 但也有部分植食性昆虫依靠视觉信号寻找寄主^[4-8], 并且已有研究证实一些鞘翅目 Coleoptera 种类部分依靠视觉寻找寄主植物^[9-11]。

收稿日期: 2011-10-12; 修回日期: 2011-11-23

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金资助项目(30800107); 浙江省科学技术厅公益技术应用研究项目(2010C32100); 浙江省科学技术重大科技专项(2010C12029); 浙江省大学生科技创新活动项目(2010R412049)

作者简介: 刘博, 从事森林昆虫学研究。E-mail: xingfu-xianghuaer@163.com。通信作者: 樊建庭, 副教授, 博士, 从事昆虫化学生态学及害虫综合防治研究。E-mail: fanjt123@sina.com

如星天牛 *Anoplophora malasiaca* 的雌虫和雄虫在互相寻找配偶的过程中依靠嗅觉和视觉进行定位^[12-13]。另外,小蠹虫 *Anobium punctatum* 在依靠寄主挥发性气味定位的同时,树的轮廓为小蠹提供了视觉刺激,帮助小蠹虫远距离寄主定位^[14-15]。在中国和日本,松墨天牛 *Monochamus alternatus* 是一种重要的柱干害虫,是松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 病的主要传播媒介昆虫,松材线虫病已经导致大量的松树 *Pinus* spp. 枯萎死亡^[16-18]。樊建庭等^[2,19]研究证实,松墨天牛通过寄主挥发性物质进行交配定位。Kim 等^[20]研究证实松墨天牛存在着雄性挥发性信息素与雌性接触性信息素,并且在天牛的交配定位中起着重要的作用。但是,如果将松墨天牛的雄虫或者是雌虫放进诱集笼中作为野外诱捕器,诱捕作用却很微弱^[21]。为进一步探究松墨天牛的视觉因素,在远距离寄主定位和近距离交配定位 2 个过程中起到的作用,我们开展了以下试验探究。

1 材料与方 法

1.1 野外诱捕试验

试验地点选在浙江省富阳市昌东村的马尾松 *Pinus massoniana* 林。试验测试了 4 种不同颜色的诱捕器对天牛成虫的诱捕效果。处理 A 为黑色诱捕器,参考小蠹虫诱捕器,通常为黑色;处理 B 为褐色,参考树干的颜色设置,松墨天牛通常产卵于树干上;处理 C 为绿色,参考马尾松树冠整体颜色,松墨天牛以马尾松枝条为食^[2,18-19];处理 D 为灰白色,灰白色诱捕器是松墨天牛最普遍使用的诱捕器,作为对照。

试验中所有的诱捕器均使用 M99-1 作为诱芯,M99-1 由浙江省林业有害生物防治检疫局提供,使用时,M99-1 药液分装于 200 mL 聚乙烯缓释瓶(山西宏志塑料制品有限公司),缓释速率为 $4 \text{ mL} \cdot \text{d}^{-1}$ 。试验中的诱捕器均为十字交叉型诱捕器,全部诱捕器均挂放于试验林通风良好的山脊或靠山脊处或道路旁。挂放时,在两树间架一根木棍,将诱捕器挂于中间,诱芯缓释瓶置于诱捕器中间的开口处,诱芯距地面 120 cm,松墨天牛在此高度产卵较为密集。均设置重复 10 个·处理⁻¹,随机的挂放于林间,各诱捕器之间间隔 20~30 m。

该试验于 2010 年 5 月 10 日开始,当年 9 月 1 日结束,期间隔 7 d 调查 1 次,记录每个诱捕器诱捕到的天牛头数。

1.2 交配定位试验

试验所用天牛均来自富阳市昌东村。幼虫羽化后置于 $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ (长×宽×高)小笼子中饲养。使用新鲜 1~3 年生马尾松枝条饲养,温度为 $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$,光周期为 12 h : 12 h。饲养 18~25 d 后,天牛进入成熟期,用于试验。

试验于 2011 年 6 月在试验室内展开,室内温度为 $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 70%。在视觉试验中,对天牛复眼进行涂黑处理;在嗅觉试验中,对天牛的触角进行完全切除;在视觉和嗅觉的双重试验中,对天牛的复眼和触角进行同时处理,即涂黑复眼并切除触角;不进行任何处理并且健康的天牛作为对照。使用 20 对·处理⁻¹以上的天牛,设置重复 5 个·处理⁻¹,使用 1 次·头⁻¹。

试验使用的天牛在 17:00 处理完毕并放置 2 h,以保证天牛处于平静状态。每对天牛都放在直径为 15 cm 的玻璃培养皿中,并且从 19:00 开始,持续观察 5 h。

1.3 数据统计方法

所有数据均使用 SPSS 16.0 统计软件,Duncan 比较法,进行单因素方差分析。

2 试验结果

2.1 不同颜色诱捕器对诱捕效果的影响

不同颜色诱捕器诱捕松墨天牛成虫效果差异较大(图 1)。黑色诱捕器诱得成虫 $(6.4 \pm 0.3) \text{ 头} \cdot \text{个}^{-1} \cdot \text{周}^{-1}$,显著优于对照 $[4.4 \pm 0.3) \text{ 头} \cdot \text{个}^{-1} \cdot \text{周}^{-1}]$,高出 45% ($P < 0.05$);褐色诱捕器诱得成虫 $(5.1 \pm 0.4) \text{ 头} \cdot \text{个}^{-1} \cdot \text{周}^{-1}$,同样显著优于对照 ($P < 0.05$);但是绿色明显抑制了诱芯对松墨天牛的引诱作用,诱捕量为 $(0.2 \pm 0.1) \text{ 头} \cdot \text{个}^{-1} \cdot \text{周}^{-1}$,仅为对照的 1/20。可见,改变诱捕器颜色能显著提高对松墨天牛成虫的诱捕效果。

2.2 交配定位试验

由图 2 可见:当复眼被涂黑后,天牛抱对交配的成功率平均只有 $50.7\% \pm 5.8\%$,显著低于健康对照

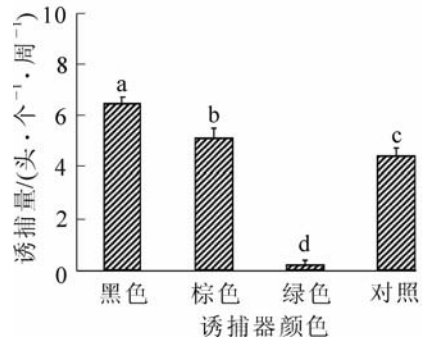


图 1 不同颜色诱捕器对松墨天牛野外诱捕结果

Figure 1 Results of the trap of different color in field

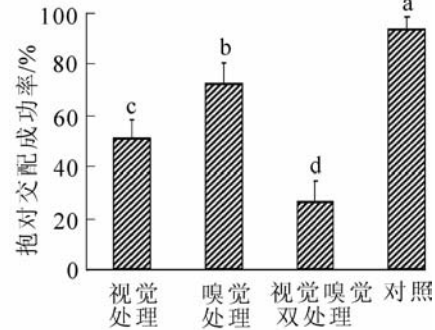


图 2 触角和复眼对松墨天牛交配成功率的影响

Figure 2 Effect of the compound eyes and olfaction on the mating behavior

组(93.3%±3.3%, $P<0.05$); 当天牛的触角被切除后, 抱对交配的成功率为 72.3%±5.8%, 同样显著低于对照, $P<0.05$; 当天牛的触角和复眼同时被处理之后, 抱对交配的成功率仅为 26.7%±3.3%。

3 讨论

野外远距离定位试验结果显示, 不同颜色对天牛的引诱作用有着显著的差异。黑色与褐色诱捕器明显诱捕到了更多的天牛, 褐色明显对天牛的诱捕有增效作用。褐色与马尾松树干的顏色相近, 松墨天牛通常产卵于树干上, 诱捕到的大部分雌虫都怀有卵^[22]。绿色诱捕器对天牛产生了很明显的抑制作用, 绿色是松墨天牛喜欢取食的枝条颜色。我们推测: 由于诱捕到的天牛大部分处于产卵期, 对它们来说, 寻找适宜的寄主产卵比寻找适宜的食物具有更重要的意义。同样, 伍苏然等^[23]的研究提到, 不同颜色的诱捕器对松墨天牛的引诱效果差异很大, 褐色明显提高了引诱效果。另外, M99-1 是一种产卵期引诱剂, 给松墨天牛提供一个适宜产卵的信息, 而绿色提供的是一个适宜取食的信息, 这可能会给松墨天牛在辨识信号上产生误导, 因此褐色能够显著地提高诱捕效果, 而绿色抑制了诱捕效果。这些结果证明了在远距离寄主定位过程中, 松墨天牛能够辨识不同的颜色, 视觉因素发挥着重要的作用。同时, 这也表明黑色或者褐色的诱捕器比现在广泛使用的灰白色诱捕器更有推广意义。

在室内近距离交配试验中, 当视觉器官复眼被涂黑后, 降低了松墨天牛抱对交配的成功率。当触角被完全切除后, 也降低了交配成功率, 但是比涂黑复眼高一些。这表明在近距离的交配定位中, 视觉和嗅觉都起到了非常重要的作用。然而, 即便是既涂黑复眼又切除触角, 天牛抱对交配的成功率依然有 26.7%, 这表明, 除了视觉和嗅觉因素之外, 交配定位中存在着其他的一些未知因素, 也许是偶然遇见。另外我们观察到, 在天牛抱对过程中时常有雄雄抱对或者是雌雌抱对的现象发生, 并且会持续很长时间, 甚至试图交尾。这种现象表明, 在天牛近距离交配定位中, 雌性接触性信息素并不是唯一的指示因素, 或者说这种信息素并不准确。同样有研究指出, 在光肩星天牛 *Anoplophora glabripenni* 的近距离交配定位过程中, 嗅觉因素和接触性信息素并不是交配行为的主导因素, 交配行为的开端也是由视觉刺激引起的^[24], 也就是雄虫视觉上观察到了雌虫的存在。这些都表明了视觉因素在天牛近距离交配定位中起到了相当重要的作用。

参考文献:

- [1] PHILLIPS T W, WILKENING A J, ATKINSON T H, *et al.* Synergism of terpentine and ethanol as attractants for certain pine-infesting beetles (Coleoptera) [J]. *Environ Entomol*, 1988, **17** (3): 456 - 462.
- [2] CHENIER J V R, PHILOGENE B J R. Field responses of certain forest coleoptera to conifer monoterpenes and ethanol [J]. *J Chem Ecol*, 1989, **15** (6): 1729 - 1745.
- [3] FAN Jianting, SUN Jianghua, SHI Jin. Attraction of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, to volatiles from stressed host in China [J]. *Ann Forest Sci*, 2007, **64** (1): 67 - 71.

- [4] ALUJA M, PROKOPY R J. Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* flies [J]. *J Chem Ecol*, 1993, **19** (11): 2671 – 2696.
- [5] BUTKEWICH S L, PROKOPY R J. Attraction of adult *Plum curculios* (Coleoptera: Curculionidae) to host-tree odor and visual stimuli in the field [J]. *J Entomol Sci*, 1997, **32** (1): 1 – 6.
- [6] HARRIS M O, ROES S, MALSCH P. The role of vision in the host plant-finding behaviour of the hessian fly [J]. *Physiol Entomol*, 1993, **18** (1): 31 – 42.
- [7] PROKOPY R J, OWENS E D. Visual detection of plants by herbivorous insects [J]. *Ann Rev Entomol*, 1983, **28** (1): 337 – 364.
- [8] SZENTESI A, HOPKINS T L, COLLINS R D. Orientation responses of the grasshopper, *Melanoplus sanguinipes*, to visual, olfactory and wind stimuli and their combinations [J]. *Entomol Exp Appl*, 1996, **80** (3): 539 – 549.
- [9] de GROOT P, NOTT R. Evaluation of traps of six different designs to capture pine sawyer beetles (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Agric For Entomol*, 2001, **3** (2): 107 – 111.
- [10] MCINTOSH R L, KATINIC P J, ALLISON J D, et al. Comparative efficacy of five types of trap for woodborers in the Cerambycidae, Buprestidae and Siricidae [J]. *Agric For Entomol*, 2001, **3** (2): 113 – 120.
- [11] MOREWOOD W D, HEIN K E, KATINIC P J, et al. An improved trap for large wood-boring insects, with special reference to *Monochamus scutellatus* (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Can J For Res*, 2002, **32** (2): 519 – 525.
- [12] FUKAYA M, AKINO T, YASUDA T, et al. Visual and olfactory cues for mate orientation behaviour in male white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* [J]. *Entomol Exp Appl*, 2004, **111** (2): 111 – 115.
- [13] FUKAYA M, YASUI H, YASUDA T, et al. Female orientation to the male in the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* (Thomson) (Coleoptera: Cerambycidae) by visual and olfactory cues [J]. *Appl Entomol Zool*, 2005, **40** (1): 63 – 68.
- [14] TILDEN P E, BEDARD W D, LINDAHL K Q, et al. Trapping *Dendroctonus brevicornis*: Changes in attractant release rate, dispersion of attractant and silhouette [J]. *J Chem Ecol*, 1983, **9** (3): 311 – 321.
- [15] WYATT T, VASTIAU K, BIRCH M. Orientation of flying male *Anobium punctatum* (Coleoptera: anobiidae) to sex pheromone: separating effects of visual stimuli and physical barriers to wind [J]. *Physiol Entomol*, 1997, **22** (2): 191 – 196.
- [16] KOBAYASHI F, YAMANE A, IKEDA T. The Japanese pine sawyer beetles as the vector of pine wilt disease [J]. *Ann Rev Entomol*, 1984, **29** (1): 115 – 135.
- [17] YANG Baojun, WANG Qiuli. Distribution of the pine wood nematode in China and susceptibility of some Chinese and exotic pines to the nematode [J]. *Can J For Res*, 1989, **19** (12): 1527 – 1530.
- [18] 柴希民, 蒋平. 松材线虫病的发生和防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 70 – 75.
- [19] FAN Jianting, KANG Le, SUN Jianghua. Role of host volatiles in mate location by the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Environ Entomol*, 2007, **36** (1): 58 – 63.
- [20] KIM G H, TAKABAYASHI J, TAKAHASHI S, TABATA K. Function of pheromones in mating behavior of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus* Hope [J]. *Appl Entomol Zool*, 1992, **27** (4): 489 – 497.
- [21] KISHI Y, OTSU S. Preliminary study on pheromone of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. *Trans 98th Meet Jap For Soc*, 1987, **98**: 537 – 538.
- [22] 赵锦年, 林长春, 姜礼元, 等. M99-1 引诱剂诱捕松墨天牛等松甲虫的研究[J]. 林业科学研究, 2001, **14** (5): 523 – 529.
- ZHAO Jinnian, LIN Changchun, JIANG Liyuan, et al. Study on trapping pine beetles such as *Monochamus alternatus* with M99-1 attractant [J]. *For Res*, 2001, **14** (5): 523 – 529.
- [23] 伍苏然, 王凯, 袁素蓉, 等. 诱捕器形状及颜色对松墨天牛诱捕效果的影响[J]. 中国森林病虫, 2010, **29** (1): 5 – 7.
- WU Suran, WANG Kai, YUAN Surong, et al. Influence of traps of different shapes and colors on the trapping effect on *Monochamus alternatus* Hope [J]. *For Pest Dis*, 2010, **29** (1): 5 – 7.
- [24] 李德家, 所雅彦, 中岛忠一. 光肩星天牛成虫交配行为机制研究[J]. 北京林业大学学报, 1999, **21** (4): 33 – 36.
- LI Dejia, TOKORO M, NACASHIMA T. Mechanism of mating action of *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) [J]. *J Beijing For Univ*, 1999, **21** (4): 33 – 36.