

## 松墨天牛交配行为及其规律初步研究

罗亚萍, 徐华潮, 孟俊国, 樊建庭

(浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 在室内养虫笼观察并分析松墨天牛 *Monochamus alternatus* 在以 24 h 为周期内的交配行为及其规律。松墨天牛交配行为包括 2 个步骤: 一是雌虫接近雄虫, 在其周围活动; 二是雄虫抱握雌虫, 发生交配行为。交配日节律观察结果显示: 松墨天牛在 24 h 内有 2 次交配高峰期, 10:00-14:00 和 18:00-24:00, 它在这 2 个时间段以外很少或几乎不交配。松墨天牛交配行为具有以下特点: 普遍存在与同一个体或不同个体的多次交配现象, 交配次数为 2 次(含)以上的松墨天牛个体约占全部个体的 77.5%, 每次交配时间平均为 50 s; 除正常雄雌交配外, 还会出现雄雄和雌雌“交配”以及 2 只雄虫争夺雌虫交配权的现象。图 1 表 1 参 15

**关键词:** 森林保护学; 松墨天牛; 交配行为; 日节律

**中图分类号:** S763.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2012)05-0795-04

### Mating behavior and characteristics of *Monochamus alternatus*

LUO Ya-ping, XU Hua-chao, MENG Jun-guo, FAN Jian-ting

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an, Zhejiang, China)

**Abstract:** The mating behavior and characteristics of *Monochamus alternatus* adults in cages were observed over a 24 h period. Results showed that the mating behavior consisted of two steps: 1) the female got close to and moved around the male, and 2) the male caught the female and mated. Mating behavior rhythm within 24 h consisted of two mating peaks at 10:00-14:00 and 18:00-24:00. Little to no mating behavior occurred outside of these periods. Mating behavior revealed that multiple mating existed universally. Individuals with a mating frequency of 2 times (or more) accounted for 77.5% of all experimental insects, and mating lasted 50 s each time. Apart from the normal male-female mating, male-male “mating” and female-female “mating” occurred. In addition, two males sometimes fought for the right of mating with the same female. [Ch, 1 fig. 1 tab. 15 ref.]

**Key words:** forest protection; *Monochamus alternatus*; mating behavior; characteristics

松墨天牛 *Monochamus alternatus* 又名松褐天牛, 属鞘翅目 Coleoptera 天牛科 Cerambycidae 沟胫天牛亚科 Laminae 墨天牛属 *Monochamus*<sup>[1]</sup>, 是中国重要的针叶树蛀干害虫之一, 其寄主有马尾松 *Pinus massoniana*, 黑松 *Pinus thunbergii*, 湿地松 *Pinus elliotii*, 云南松 *Pinus yunnanensis* 等。松墨天牛在幼虫时期主要危害树干和枝条的韧皮部和木质部, 其成虫更是松树的毁灭性病害松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 病的主要传播媒介<sup>[2-4]</sup>, 2003 年被国家林业局列入首次发布的 233 种“林业危险性有害生物名单”<sup>[5]</sup>。松墨天牛的防治, 其中很重要的一个方面就是从其繁殖角度控制新的松墨天牛的产生, 而通过控制成虫的交配, 减少后代的数量是防止疫区扩大的有效而直接的手段。对于松墨天牛的交配行为及其影响因素, 已有人做过相关的研究<sup>[6-9]</sup>。作者在前人的研究基础上, 对松墨天牛成虫在 24 h 之内的交配行为特点、交配的日节律等方面做了较为细致的观察和记录。

收稿日期: 2011-10-12; 修回日期: 2011-11-28

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金资助项目(3080010); 浙江省科技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)

作者简介: 罗亚萍, 从事森林昆虫学研究。E-mail: lyping\_sky@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

## 1 材料与方方法

### 1.1 试验材料

试验于2010年6月在浙江省富阳市的昌东村林地,选取14~16年生的马尾松树制成诱木。方法是用斧头在树干基部不同方向砍3个伤口,深至木质部,然后注入体积分数为5%百草枯药液。2011年3月将诱木伐倒切割成2 m长的木段,搬运到3 m×2 m×2 m(长×宽×高)高的大型养虫笼里,将刚从木段内羽化的松墨天牛直接带回浙江农林大学生测室,采用新鲜马尾松枝条进行饲养。约15~20 d后,将达到性成熟的成虫用于交配行为观察。

### 1.2 试验方法与数据处理

2011年6月在试验室,将10对性成熟的雌、雄成虫同时投放到5个50 cm×40 cm×40 cm(长×宽×高)<sup>[10]</sup>养虫笼中,2对·笼<sup>-1</sup>,笼中放入新鲜的1~3年生马尾松枝条。白天保持室内与室外光线、温度和湿度一致,夜晚在较弱的灯光下,用纸板将养虫笼的上、下、左、右、后5个面遮挡住,仅留养虫笼的一面,这样既便于观察又避免了光线对松墨天牛的影响。试验从当天8:00到第2天8:00结束,24 h为1个周期。以2 h为间隔时段,记录交配的行为过程、交配的时间、交配持续时间、交配次数等数据。交配次数是指同一对松墨天牛在经过一次抱握过程中所发生的雄虫将外生殖器插入雌虫的腹部末端,并成功输精的次数。试验设3次重复。

## 2 结果与分析

### 2.1 交配步骤

交配行为观察结果显示,松墨天牛整个交配过程分为2个步骤:①雌虫接近雄虫,在其周围活动。雌虫总是主动去接近雄虫,在其附近活动,但是并不主动接触雄虫。②雄虫抱握雌虫,发生交配行为。性成熟的雄虫并不是一感觉到成熟雌虫的存在就立刻向雌虫表现出求爱行为,而是静止不动。十几分钟过后,雄虫开始接近雌虫,并用前足和中足抱住雌虫,继而爬到雌虫体背,雄虫腹部末端开始向下弯曲,然后伸出外生殖器插入雌虫腹部末端进行交配。在交配过程中,雌虫都会进行反抗,并有挣脱雄虫逃逸的趋势,因此,很多雌虫会在交配过程中受伤,受伤部位一般为后翅。

### 2.2 交配日节律

图1显示:松墨天牛的交配行为在一天中存在明显的规律,交配行为主要集中在中午时分和黄昏后,即10:00~14:00和18:00~24:00这2个时间段中,在其他时间段较少发生。

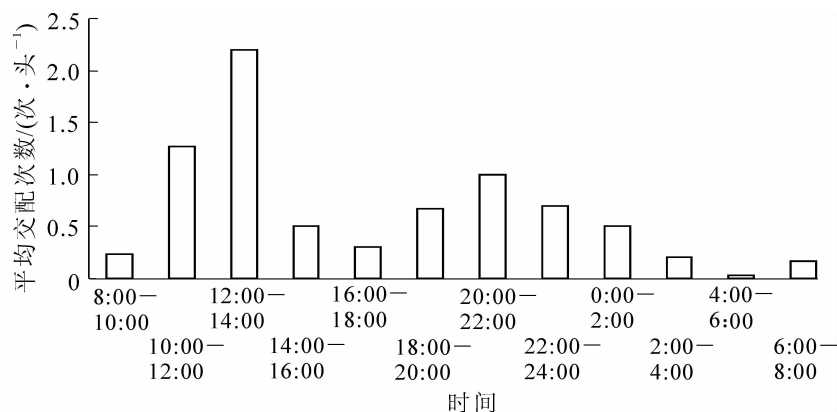


图1 松墨天牛在24 h内的交配次数分布图

Figure 1 Mating frequency distribution of *Monochamus alternatus* adults in 24 hours

### 2.3 交配特点

2.3.1 多次交配 表1显示:松墨天牛交配行为中普遍存在与同一个体或多个个体的多次交配现象,交配次数为2次(含)以上的松墨天牛个体约占全部个体的77.5%。松墨天牛交配持续时间一般是5~150 s,平均约50 s。

表 1 松墨天牛成虫交配次数表

Table 1 Mating frequency of *Monochamus alternatus* adults

重复	性别	交配次数/次				交配次数≥2 次的百分率/%
		0	1	2~5	≥6	
1	雌虫	2	1	4	3	77.8
	雄虫	0	1	4	1	83.3
2	雌虫	0	5	11	1	70.6
	雄虫	0	4	10	2	75.0
3	雌虫	0	1	2	1	75.0
	雄虫	0	1	3	2	83.3

2.3.2 同性“交配” 在松墨天牛交配行为观察中，有时会发生雄雄抱握的现象。雄虫爬在另一只雄虫体背，将其抱住，背上的雄虫一直不断地尝试伸出外生殖器多达近 30 次，且外生殖器都有直接与下面的雄虫的腹部末端发生接触，每次持续时间最多不超过 5 s。受钳制的雄虫在整个“交配”过程中都在试图摆脱上面的雄虫。在雄雄抱握的过程中，雄虫对经过的雌虫视而不见，继续抱握行为，并持续近 2 h。发生过雄雄“交配”现象后的位于上面的雄虫，当天不再与其他雌虫进行交配，一般在第 2 天再与其他雌虫发生正常交配行为；位于下面的雄虫，当天即可与其他雌虫再次发生交配行为。雌虫间也有类似交配的抱握行为出现，但是持续时间非常短暂，一般十几秒钟即分开。在 30 对天牛的观察试验中共发生过雄雄抱握现象的有 3 对，雌雌抱握的现象有 1 对。

2.3.3 争夺交配权 在松墨天牛的交配过程中，经常发生 2 只雄虫争夺雌虫交配权的现象。当雌虫朝有数只雄虫方向爬去时，雄虫感受到后便会发生争夺之战，约 10 s 后，胜出的雄虫便与雌虫进行交配。有时，雄虫会与正在交配的一对松墨天牛中的雄虫争斗，将之驱逐，替代它与雌虫进行交配。而 2 头雌虫相遇则会相互避让，不会出现争斗现象。

### 3 讨论

Ginzel 和 Hanks 提出的交配定位“3 个行为阶段”假说中的后 2 个阶段是雄虫通过短距离性信息素吸引雌虫过来；雄虫通过雌虫体表的接触性信息素识别雌虫，从而产生交配行为<sup>[11-12]</sup>。我们观察到的松墨天牛的交配行为过程分为 2 个步骤，与上述 2 个阶段描述基本一致。Pajares 等<sup>[13]</sup>报道了樟子松墨天牛 *Monochamus galloprovincialis* 雄性信息素为 2-十一烷氧基-1-乙醇，并且对樟子松墨天牛的野外诱捕表现出很强的增效作用，说明性信息素在樟子松墨天牛的交配行为中扮演了非常重要的角色。松墨天牛的雄性信息素至今未有报道，值得进一步的探索和研究。

试验发现，松墨天牛在 10:00-14:00 和 18:00-24:00 这 2 个时间段中的交配频次明显比其他时段高出数倍。吕传海等<sup>[4]</sup>曾报道，松墨天牛的交配主要发生在夜间，本研究结果显示，松墨天牛在中午时分也有一个交配行为的高峰期。

松墨天牛的交配过程中存在多次交配的现象。多次交配广泛存在于各种昆虫种类中。Amqvist 和 Nilsson 报道<sup>[14]</sup>，有 10 目 38 科 58 属共 122 种昆虫具有多次交配行为。刘兴平等<sup>[15]</sup>指出，多次交配有利于昆虫适应不利的环境因素。本次试验也验证了多次交配这一行为。

对于雄雄“交配”和雌雌“交配”现象出现的原因存在 2 种不同的观点，即同性恋和接触信息素的错误识别。根据试验记录过程中，出现过错误交配的天牛在之后并不会排斥与其他异性天牛正常交配，因而推测接触信息素的错误识别导致天牛出现错误的交配的可能性更大。松墨天牛接触性信息素的分离鉴定还未见报道，研究雌雄成虫之间接触信息素的差别有助于解释雄雄“交配”和雌雌“交配”的现象，另外，接触性信息素对松墨天牛植物源信息素引诱效果的影响也值得进一步探索研究。

在整个交配过程中，雄虫是竞争的性别，它的生殖成功受与其交配的配偶数量的限制，如果与它交配的配偶数量越多，表明其授精的机会越大，产生较多后代的可能性越高，从而获得高的适应性。

## 参考文献:

- [1] 胡长效, 苏新林, 张艳秋. 我国松墨天牛研究进展[J]. 河北林果研究, 2003, **18** (3): 293 - 299.  
HU Changxiao, SU Xinlin, ZHANG Yanqiu. Research advances of *Monochamus alternatus* Hope in China [J]. *Hebei J For Orchard Res*, 2003, **18** (3): 293 - 299.
- [2] 杨宝君, 潘宏阳, 汤坚, 等. 松材线虫病[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 1 - 9.
- [3] 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, 2004: 70 - 75.
- [4] 吕传海, 濮厚平, 韩兵, 等. 松墨天牛生物学特性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2000, **27** (3): 243 - 246.  
LÜ Chuanhai, PU Houping, HAN Bing, *et al.* Study on the biological characteristic of *Monochamus alternatus* Hope [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2000, **27** (3): 243 - 246.
- [5] 曾宪勤, 刘正忠, 郑红军. 松褐天牛 2 种引诱技术防治比较研究[J]. 贵州林业科技, 2007, **35** (3): 20 - 24.  
ZENG Xianqin, LIU Zhengzhong, ZHENG Hongjun. Control of *Monochamus alternatus* Hope by the methods of trap trees and attractants [J]. *J Guizhou For Sci Technol*, 2007, **35** (3): 20 - 24.
- [6] 张永慧, 郝德君, 王焱, 等. 松墨天牛成虫交配与产卵行为的观察[J]. 昆虫知识, 2006, **43** (1): 47 - 49.  
ZHANG Yonghui, HAO Dejun, WANG Yan, *et al.* The mating and ovipositing behavior of *Monochamus alternatus* [J]. *Chin Bull Entomol*, 2006, **43** (1): 47 - 49.
- [7] 樊建庭, 韦卫, 孙江华. 松墨天牛是否存在雌性接触信息素[J]. 昆虫知识, 2007, **44** (1): 125 - 129.  
FAN Jianting, WEI Wei, SUN Jianghua. Does the contact sex pheromone of Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, exist? [J]. *Chin Bull Entomol*, 2007, **44** (1): 125 - 129.
- [8] 嵇保中, 魏勇, 黄振裕. 天牛成虫行为研究的现状与展望[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, **26** (2): 79 - 83.  
JI Baozhong, WEI Yong, HUANG Zhenyu. Present situations and prospects of researches on adult's behavior of longicorn beetles [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2002, **26** (2): 79 - 83.
- [9] 刘博, 徐华潮, 孟俊国, 等. 视觉因素在松墨天牛定位寄主及交配中的作用[J]. 浙江农林大学学报, 2012, **29** (4): 617 - 620.  
LIU Bo, XU Huachao, MENG Junguo, *et al.* Visual cues for the host-finding and mating locations of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae)[J]. *J Zhejiang A & F University*, 2012, **29** (4): 617 - 620.
- [10] 徐金华, 黄秀凤, 徐华潮, 等. 松墨天牛室内人工饲养及生物学特性观察[J]. 浙江林业科技, 2009, **29** (4): 86 - 88.  
XU Jinhua, HUANG Xiufeng, XU Huachao, *et al.* Rearing and biological properties of *Monochamus alternatus* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2009, **29** (4): 86 - 88.
- [11] KIM G H, TAKABAYASHI J, TAKAHASHI S, TABATA K. Function of pheromones in mating-behavior of Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus* Hope [J]. *Appl Entomol Zool*. 1992, **27** (4): 489 - 497.
- [12] GINZEL M D, HANKS L M. Role of host plant volatiles in mate location for three species of longhorned beetles [J]. *J Chem Ecol*, 2005, **31**: 213 - 217.
- [13] PAJARES J A, ÁLVAREZ G, IBEAS F, *et al.* Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis* [J]. *J Chem Ecol*, 2010, **36**: 570 - 583.
- [14] ARNQVIST G, NILSSON T. The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects [J]. *Anim Behav*, 2000, **60** (2): 145 - 164.
- [15] 刘兴平, 彭接辉, 何海敏, 等. 多次交配对昆虫适应性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2008, **30** (4): 592 - 600.  
LIU Xingping, PENG Jiehui, HE Haimin, *et al.* The effect of multiple mating on fitness in insects [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2008, **30** (4): 592 - 600.