深圳市红火蚁婚飞规律研究*

陈晓琴[1] 江世宏[1]** 黄胜先[1,2] 孟子烨[1,3] 刘俊武[1] 岳东方[1,4]

(1. 深圳职业技术学院应用化学与生物技术学院 深圳 518055;2. 贵州大学昆虫研究所 贵阳 550025;
3. 华中农业大学昆虫资源研究所 武汉 430070; 4. 河南农业大学植物检疫专业 郑州 450002)

摘 要 本研究利用自制红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 收集装置对红火蚁婚飞规律进行研究,结果表明:本试验过程中共观察到婚飞 273 次,无论大、中、小蚁巢均有有翅蚁婚飞现象;共收集到有翅蚁 10 618 头,雌雄比为 2.1:1;单次婚飞有翅蚁均为雌虫的有 167 次,均为雄虫的有 25 次,单次婚飞有翅蚁既有雌虫又有雄虫(雌虫 + 雄虫)的共 81 次;同一蚁巢可以发生多次婚飞,同一蚁巢不同次婚飞的有翅蚁性别比也会发生变化;除 2009 年 11 月和 2010 年 2 月未收集到有翅蚁,其余各月均可观察到有翅蚁婚飞,婚飞最高峰期为 2010 年 4 月和 5 月,其次是 2009 年 6—9 月,婚飞次数和收集到的有翅蚁数量成明显的正向相关关系;8:30—15:00 均有有翅蚁婚飞,而婚飞高峰期为 11:30—13:30,婚飞一般持续 30 ~ 150 min。婚飞一般发生在雨后晴天或相对低温后气温快速回升以后。

关键词 红火蚁,有翅蚁,婚飞

Nuptial flights of *Solenopsis invicta* in Shenzhen

CHEN Xiao-Qin[1] JIANG Shi-Hong[1]** HUANG Sheng-Xian[1,2] MENG Zi-Ye[1,3]
LIU Jun-Wu[1] YUE Dong-Fang[1,4]

(1. School of Applied Chemistry and Biotechnology, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China; 2. Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 3. Institute of Insect Resources, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 4. College of Plant Quarantine, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract A study of the nuptial flights of *Solenopsis invicta* Buren was carried out using self-made collection equipment. A total of 273 nuptial flights were observed. Nuptial flights occurred regardless the size of nests. The ratio of female to male alates in 10 618 captured individuals was 2.1:1. 167 nuptial flights were observed from female nests compared to 25 flights from male nests and 81 nuptial flights observed from nests that included both females and males. Nuptial flights may occur in the same nest more than once, the proportion of male and female alates may differ between different nuptial flights from the same nest. Nuptial flights were observed throughout the year except November 2009 and February 2010. Two peaks of the nuptial flights were observed in April 2010 and May 2010 and from June 2009 to September 2009. There was a positive correlation between the time of nuptial flights and the number of captured alates. Nuptial flights took place from 8:30 to 15:00 with a peak from 11:30 to 13:30. The duration of nuptial flights was 30 – 150 min. Nuptial flights generally took place after rainy days or following a period of relatively low temperature.

Key words *Solenopsis invicta*, sexual alates, nuptial flights

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 有翅蚁婚飞是其扩散、传播的途径之一。通过大量形成有性生殖蚁婚飞、落地建巢进行逐步扩张是该蚁快速占领临近空间区域的主要方式(陆永跃等,2007a),而有翅雌蚁婚飞落地、建立新巢的范围是有限的(Vogt *et al.*, 2000),红火蚁婚飞、分巢等迁移平均距离可能是 13 m 左右(陆永跃等,2007b)。成熟的蚁巢全年都可以产生有翅蚁,一般在春末或夏初适宜的条件下飞出蚁巢,在 90 ~ 300 m 高空中婚飞交配(Stamps and Vinson, 1991)。完成交配的雄蚁很快死去,而雌蚁降落后成为蚁后、建筑新巢。红火蚁有单蚁后型和多蚁后型两种(林惠娇

* 资助项目:深圳市科技计划项目(08kjbb)。

** 通讯作者,E-mail: sjiang@szpt.edu.cn

收稿日期:2011-04-02,接受日期:2012-03-02

等,2006),我国的红火蚁多属多蚁后型(莫让瑜等,2008;邵敬国等,2008;黄绍宁等,2009;马伏宁等,2009)。婚飞后,单蚁后 BB 基因型的蚁后独自建立新的蚁群,完全依靠自己身体中储存的能量来养育第 1 代工蚁。多蚁后型种群中新的 Bb 型蚁后通过加入已有的多蚁后型种群而成功的繁育后代,它不用存储足够的能量来独自建立新的蚁群(Krieger,2005)。红火蚁早在 1995 年(陆永跃等,2008)就已经侵入深圳,并经过几年的快速繁殖和扩展蔓延已在深圳普遍发生,摸清深圳市红火蚁有翅蚁婚飞时间、婚飞数量、有翅蚁性比、婚飞与气象因子的关系等,有利于了解红火蚁短距离扩散规律、繁殖生物学特性等,能更全面的认识红火蚁,便于在更高层面上采取更科学的防控措施有效控制红火蚁。

1 材料与方法

1.1 红火蚁有翅蚁收集装置

采用细钢筋制作成圆锥体骨架(底部半径有大、中、小 3 种规格),外罩纱网,顶部连接一特制收集器,该装置可将红火蚁整个蚁巢罩住并成功收集到有翅蚁。

1.2 红火蚁有翅蚁年婚飞规律研究方法

在深圳某高校后山荒地选取 10 个大蚁巢(大蚁巢标准:蚁巢体积≥15 000 cm^3,蚁巢体积计算方法参见李宁东等(2008))、10 个中蚁巢(中蚁巢标准:7 000 cm^3 < 蚁巢体积 < 15 000 cm^3)、10 个小蚁巢(小蚁巢标准:蚁巢体积≤7 000 cm^3)并做好标记,将自制的有翅蚁收集装置分别罩于蚁巢上,于 2009 年 6 月—2010 年 5 月每天 8:00—18:00观察红火蚁婚飞情况,适时收集有翅蚁、记录发生婚飞的蚁巢及有翅蚁数量、测量当时蚁巢体积、记录当天气象因子参数。如蚁巢发生消亡,立即更换与原蚁巢大小相似的新蚁巢。数据利用统计软件 SPSS 13.0 进行处理。

1.3 红火蚁有翅蚁日婚飞规律及婚飞过程观察研究方法

2009 年 6 月—2009 年 8 月,随机选取发生婚飞现象的蚁巢 69 个,每天 8:00—18:00 每隔 30 min 观察红火蚁婚飞情况,观察有翅蚁日婚飞规律、记录婚飞的起始及结束时间;仔细观察婚飞的整个过程并对婚飞过程进行拍照、录像。

2 结果与分析

2.1 红火蚁有翅蚁年婚飞规律

本试验过程中共观察到婚飞 273 次,无论大、中、小蚁巢均有有翅蚁婚飞现象,体积为 2 031.1 ~95 366.7 cm^3 的蚁巢均有婚飞现象发生,其中 148 次婚飞为大蚁巢发生(54.2%),31.5% 为中蚁巢发生、14.3% 为小蚁巢发生。共收集到有翅蚁 10 618 头(雌虫 7 200 头、雄虫 3 418 头,雌雄比为 2.1∶1),其中 60.2%(雌雄比为 2.1∶1)的有翅蚁收集于大蚁巢、29.5%(雌雄比为 1.6∶1)的有翅蚁收集于中蚁巢、仅 10.3%(雌雄比为 6.4∶1)的有翅蚁收集于小蚁巢。

单次婚飞有翅蚁均为雌虫的有 167 次,占 61.2%;均为雄虫的有 25 次,占 9.1%;单次婚飞有翅蚁既有雌虫又有雄虫(雌虫 + 雄虫)的共 81 次,占 29.7%,其中 23 次雌虫比例在 80.0% ~ 98.5% 之间,30 次雌虫比例在 22.2% ~77.0% 之间,28 次雌虫比例在 0.9% ~17.9% 之间。

同一蚁巢可以发生多次婚飞,本试验观察最多可达 21 次;同一蚁巢不同次婚飞的有翅蚁性别比也会发生变化,有时一次婚飞的有翅蚁均为雌虫,有时一次婚飞的有翅蚁均为雄虫,有时雌雄虫均有。同一蚁巢一天仅发生一次婚飞,但可连续几天发生婚飞或者间隔几天甚至间隔更长时间才发生婚飞,本研究发现有同一蚁巢最多连续 5 d 发生婚飞的现象。

除 2009 年 11 月和 2010 年 2 月未收集到有翅蚁,其余各月均可观察到有翅蚁婚飞,婚飞最高峰期为 2010 年 4 月和 5 月,婚飞次数最多,收集到的有翅蚁亦最多,占全年收集的 57.8%;其次是 2009 年 6 月—9 月,收集到的有翅蚁占全年的 36.5%。婚飞次数和收集到的有翅蚁数量成明显的正向相关关系,两者的线性方程为:$y = 112.277 + 33.959x$,其中 x 为婚飞次数,y 为有翅蚁数量。在婚飞高峰期,除了 2009 年 9 月外,有翅蚁雌虫数量明显高于雄虫数量(图 1)。

2.2 红火蚁有翅蚁日婚飞规律

对 69 个活动蚁巢日婚飞规律进行观察,结果显示:8:30—15:00 均有有翅蚁婚飞,而婚飞高峰期为 11:30—13:30(图 2),婚飞一般持续 30 ~ 150 min(图 3),其中持续 30 ~ 60 min 的占 78.3%。同

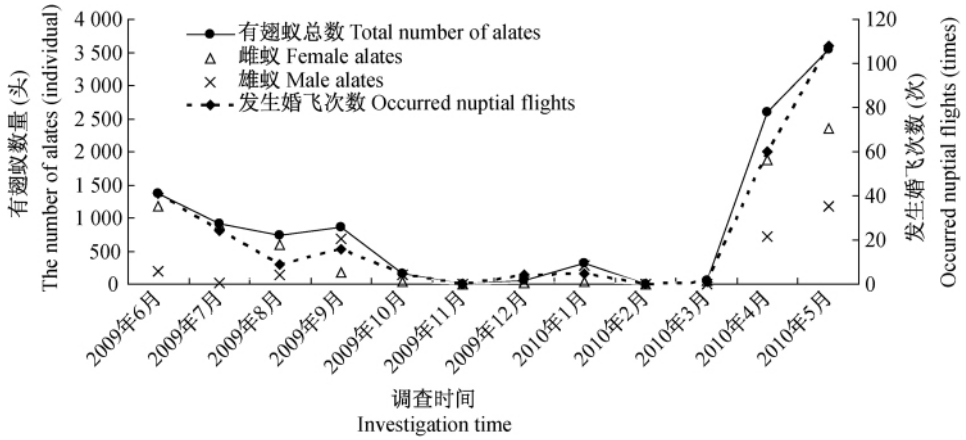

图 1　红火蚁有翅蚁年婚飞规律

Fig. 1　Nuptial flights of the red imported fire ant

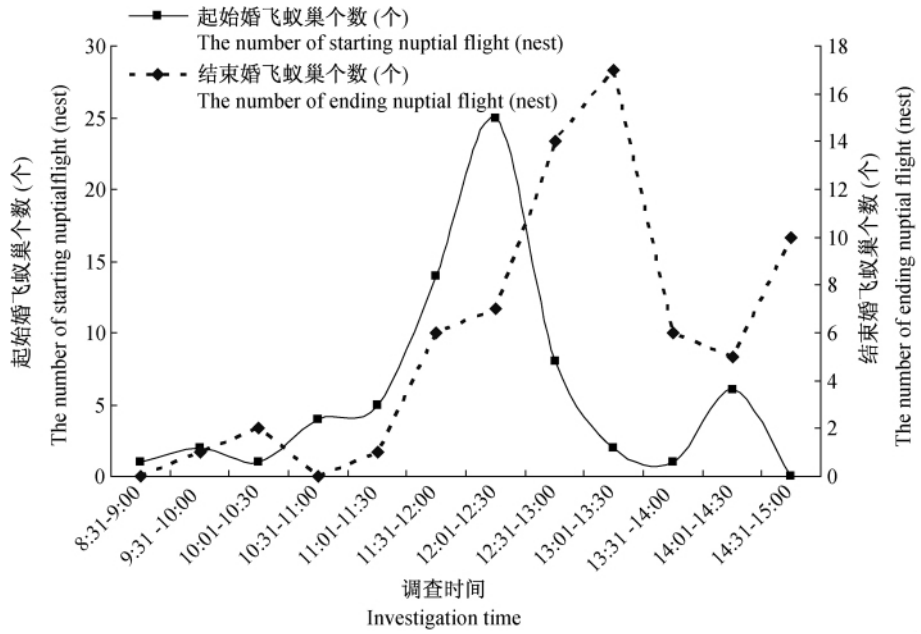

图 2　红火蚁有翅蚁日婚飞时间

Fig. 2　Daily nuptial flight time of the red imported fire ant

一个蚁巢每次婚飞持续的时间并不相同。

2.3　红火蚁婚飞过程观察

有翅蚁出现之前,蚁巢上涌现出许多繁忙的工蚁,并出现肉眼能看到的小孔,工蚁忙于将蚁巢内部的沙石、土粒等搬至孔外,小孔慢慢扩大形成 2 ~ 5 mm、形状不规则的婚飞孔。随后蚁巢表面的工蚁数量急剧增加,有翅蚁出现。有翅蚁似乎并不愿意钻出婚飞孔,是工蚁将其拖(或顶)出婚飞孔,有翅蚁在蚁巢表面不停的走动,整个蚁巢表面布满了活动的工蚁和有翅蚁,整个蚁巢处于异常活跃的状态,最后有翅蚁在蚁巢或其周围支持物较高处展翅起飞(图 4:A)。出孔的有翅蚁有时还会钻回蚁巢,而蚁巢内、外的工蚁会“攻击”它们,阻止其返回蚁巢,迫使其钻出婚飞孔。有翅蚁婚飞结束后,蚁巢表面的工蚁数量急剧减少,工蚁再将婚飞孔(图 4:B)修补好,蚁巢恢复平静。

3　讨论

红火蚁有翅蚁婚飞是为了交配、繁衍后代,只要条件适宜,红火蚁婚飞在一年中各个季节都可能发生(郑基焕和张润杰,2007)。本研究除 2009 年 11 月和 2010 年 2 月未收集到有翅蚁,其余各月

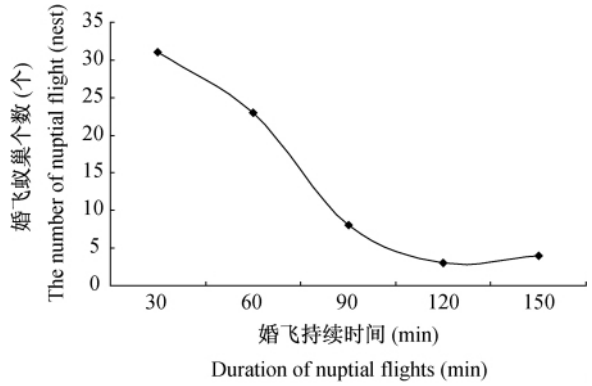

图 3　红火蚁有翅蚁单次婚飞持续时间

Fig. 3　Duration of nuptial flights of the red imported fire ant

集到约 600 头红火蚁有翅蚁，仅有 3 头为雄性，性比偏向于雌性，这种对雌性偏向不同程度的差异是由蚁后或者可育雄蚁的密度决定的。Ross 和 Fletcher(1985)认为红火蚁蚁后只交配一次，而本研究发现有翅蚁雌蚁约为雄蚁的 2 倍，这是否意味着有相当数量的雌性有翅蚁是不交配的。这些尚待进一步研究。本研究还发现，蚁巢的大小与有翅蚁性别比例有一定关系，大蚁巢婚飞的有翅雌蚁约为雄蚁的 2 倍，接近种群水平婚飞有翅蚁性比；小蚁巢则更偏向于雌虫，雌虫为雄虫的 6.4 倍。

红火蚁婚飞受到气温、降雨、风速等多个气象因子的综合影响，本研究发现当婚飞发生时，天气

图 4　红火蚁有翅蚁婚飞现象

Fig. 4　Appearance of nuptial flights of the red imported fire ant

A. 即将婚飞的有翅蚁雄蚁；B. 婚飞结束后蚁巢上的婚飞孔。

A. male alates will take off; B. holes on the nest at the end of nuptial flights.

均可观察到有翅蚁婚飞，最高峰期在 2010 年 4 月和 5 月，次高峰在 2009 年 6 月—9 月，这与我国广东(Xu *et al.*, 2009；陈浩涛等，2010)、美国南部(Tschinkel, 2006)的研究结果基本一致。单次婚飞有翅蚁存在明显的性比差别，单一性别的婚飞次数占总观察次数的 70.3%，两性同时存在时也以一种性别的有翅蚁为主。与 Xu 等(2009)不同的是，本研究发现单次婚飞是以雌虫为主，性比偏向于雌虫；收集到的有翅雌蚁约为雄蚁的 2 倍，而非 Xu 等(2009)研究的雌雄比接近 1∶1。虽然本研究采用自制的有翅蚁收集装置将整个蚁巢罩住会影响蚁巢的光照和降雨，也有少量有翅蚁飞出装置而未被收集到，但这应该都不是导致雌雄性比接近 2∶1 的主要原因。Goodisman 等(2000)收

一般也发生了变化，婚飞一般发生在雨后晴天或相对低温后气温快速回升以后，在降雨之前也观察到有翅蚁婚飞。红火蚁婚飞需要一定的温度，然而在气温仅有 20.1℃时，仍观察到有翅蚁婚飞，而在下雨时未发现有翅蚁婚飞。Boomsma 和 Leusink(1981)认为光照强度和温度是欧洲 4 种蚁后(*Lasius niger*, *L. flavus*, *Myrmica rubra* 和 *M. scabrinodis*)婚飞起始时的主要因子，并分析了 △t(大气温度与土壤温度之差)的日变化规律与婚飞的关系。Bass 和 Hays(1979)在美国南部观察到红火蚁婚飞需要 24℃以上的温度，而本研究在气温 20.1℃时仍能观察到红火蚁婚飞。尽管本研究者对红火蚁婚飞时的地表温度、大气温度、土壤温度、大气湿度、土壤湿度、气压、降雨量等多个气象

因子进行测量,但却不能将各气象因子与婚飞的关系公式化,这也说明红火蚁婚飞并不是受单一气象因子的影响,而是受多个气象因子的综合影响,很难测定某个因子对婚飞的影响有多大,只有在蚁巢、有翅蚁发育、气象等多方面因素都适宜时才能婚飞。有翅蚁婚飞发生在降雨前后,可能是降雨之后土壤疏松,利于交配后的雌蚁进入已存在的多蚁后蚁巢并被接纳为新蚁后。

本研究观察到从 8:30—15:00 均有翅蚁婚飞,而高峰期在中午前后,晚上未观察到有翅蚁婚飞。这一结果与 Xu 等(2009)基本一致。从有翅蚁日婚飞的规律来看,也正反映出有翅蚁婚飞与光照、温度有关。

参考文献(References)

Bass JA, Hays SB, 1979. Nuptial flights of the imported fire ant in South Carolina. *J. Ga. Entomol. Soc.*, 14(2): 158—161.

Boomsma JJ, Leusink A, 1981. Weather conditions during nuptial flights of four European ant species. *Oecologia (Berl.)*, 50(2):236—241.

Goodisman MAD, DeHeer CJ, Ross KG, 2000. Unusual behavior of polygyne fire ant queens on nuptial flights. *J. Insect Behav.*, 13(3):455—468.

Krieger MJ, 2005. To *b* or not to *b*: a pheromone-binding protein regulates colony social organization in fire ants. *BioEssays*, 27(1):91—99.

Ross KG, Fletcher DJC, 1985. Comparative study of genetic and social structure in two forms of the fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Behav. Ecol. Soc.*, 17(4):349—356.

Stamps WT, Vinson SB, 1991. Raiding in newly founded colonies of *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae). *Environm. Entomol.*, 20:1037—1041.

Tschinkel WR, 2006. The Fire Ants. Harvard University Press, Cambridge. Massachusetts. 136—165.

Vogt JT, Appel AG, West MS, 2000. Flight energetics and dispersal capability of the fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. *J. Insect Physiol.*, 46(5):697—707.

Xu YJ, Huang J, Lu YY, Zeng L, Liang GW, 2009. Observation of nuptial flights of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in mainland China. *Sociobiology*, 54(3):831—840.

陈浩涛,罗礼智,熊红利,2010. 广州地区红火蚁工蚁的巢外活动及有翅蚁的婚飞规律. 昆虫学报,53(4):449—456.

黄绍宁,罗礼智,张蕾,张森泉,王文荣,2009. 深圳红火蚁蚁巢密度、社会型研究及防治效果评价. 植物保护,35(6):142—145.

李宁东,曾玲,梁广文,陆永跃,2008. 广东吴川红火蚁消长规律. 昆虫知识,45(1):54—57.

林惠娇,韩日畴,许再福,2006. 红火蚁的社会型及其相关基因 *Gp-9* 的研究综述. 昆虫知识,43(6):747—751.

陆永跃,李宁东,梁广文,曾玲,2007a. 红火蚁多蚁后型种群婚飞新形成蚁巢的局域空间分布特征. 华南农业大学学报,28(4):1—5.

陆永跃,李宁东,梁广文,曾玲,2007b. 红火蚁多蚁后型种群有效蚁巢局域分布的空间相关性. 应用生态学报,18(1):140—144.

陆永跃,梁广文,曾玲,2008. 华南地区红火蚁局域和长距离扩散规律研究. 中国农业科学,41(4):1053—1063.

马伏宁,曾鑫年,潘达强,2009. 多后型红火蚁工蚁和蚁后毒液生物碱成分的比较. 中国农学通报,25(17):57—61.

莫让瑜,黄求应,雷朝亮,2008. 红火蚁的巢间相容性. 昆虫知识,45(5):771—774.

邵敬国,罗礼智,陈浩涛,江幸福,雷朝亮,2008. 应用多元 PCR 技术对我国红火蚁社会型的鉴定. 昆虫学报,51(1):551—555.

郑基焕,张润杰,2007. 蜻蜓捕食婚飞红火蚁的初步观察. 中山大学学报(自然科学版),46(2):120—122.