环境昆虫学报 2022，44（6）：1466－1472
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 06. 16



李燕，刘英，廖召发，李玉美，成志荣，黄曦，李悦娜，谌爱东，陈福寿．曲靖市沾益区红火蚁发生规律研究［J］．环境昆虫学报，2022，44（6）：1466－1472.

曲靖市沾益区红火蚁发生规律研究

李　燕[1*]，刘　英[2*]，廖召发[3]，李玉美[3]，成志荣[2]，黄　曦[2]，
李悦娜[2]，谌爱东[4**]，陈福寿[4**]

（1. 云南省植保植检站，昆明 650034；2. 曲靖市植保植检站，云南曲靖 655000；3. 沾益区植保植检站，云南沾益 655331；
4. 云南省农业科学院农业环境资源研究所，农业农村部外来入侵生物防控重点实验室（昆明），
云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室，昆明 650205）

摘要：红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是国际最具危险性的入侵性物种之一，传播扩散速度快、适生能力强。云南由于其独特的地理和气候环境，给红火蚁的入侵和发生提供了丰富的栖息环境和食物。本研究对云南高海拔冷凉区域人工草坪条件下红火蚁婚飞有翅蚁、工蚁活动规律，以及蚁巢变化规律进行了系统的调查研究。结果表明，在人工草坪条件下，红火蚁婚飞活动主要发生在每年的5－8月，6月初和8月初为婚飞生殖蚁发生高峰期，婚飞生殖蚁数量分别达到390. 33头/1 000 m^2和523. 33头/1 000 m^2，分别占到全年婚飞生殖蚁总量的25. 19%和33. 77%；诱集工蚁数量在6月下旬－7月上旬、8月下旬－9月下旬达到两个高峰，合计诱集数量分别为634. 66头/1 000 m^2和1 636. 00头/1 000 m^2，分别占到全年诱集工蚁总量的44. 59%和17. 30%；新增蚁巢数量在6月1日－7月1日、8月16日、9月15日－12月16日、次年3月14日－4月15日为4个增长阶段，新增蚁巢数量分别为9. 66个/1 000 m^2、4. 33个/1 000 m^2、5. 67个/1 000 m^2、2. 00个/1 000 m^2、分别占到全年新增蚁巢总数的44. 62%、20. 00%、26. 15%、9. 23%。综合婚飞年度规律、全年诱集工蚁数量、活动蚁巢数量和新增蚁巢数量方面的结果，人工草坪条件下，6－9月为红火蚁的活动发生高峰期，结合当地的实际情况，建议每年的4－6月和8－9月采用毒饵与粉剂相结合的方式进行防治，在12月份采用低毒农药灌巢进行防治。

关键词：红火蚁；婚飞；生殖蚁；工蚁；蚁巢；发生规律；沾益区
中图分类号：Q968. 1；S433　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－0858（2022）06－1466－07

Study on occurrence regularity of *Solenopsis invicta* in Zhanyi District, Yunnan

LI Yan[1*], LIU Ying[2*], LIAO Zhao-Fa[3], LI Yu-Mei[3], CHENG Zhi-Rong[2], HUANG Xi[2], LI Yue-Na[2], CHEN Ai-Dong[4**], CHEN Fu-Shou[4**] (1. Yunnan Plant Protection and Quarantine Station, Kunming 6500340, China; 2. Qujing Plant Protection and Quarantine Station, Qujing 655000, Yunnan Province, China; 3. Zhangyi Plant Protection and Quarantine Station, Zhangyi 655331, Yunnan Province, China; 4. Key Laboratory of Prevention and Control of Biological Invasion Ministry of Agricultural and Rural Affairs, P. R China (Kunming), Yunnan Key Laboratory of Green Prevention and Control of

基金项目：国家重点研发计划（2021YFD1000500）

* 共同第一作者：李燕，女，1976年生，硕士，主要从事害虫防治研究，E－mail：773756160@qq. com；刘英，女，高级农艺师，主要从事农作物病虫害预测预报，E－mail：1258621090@qq. com

** 通讯作者 Author for correspondence：陈福寿，男，硕士，研究员，研究方向为生物防治，E－mail：chenfsh36@163. com；谌爱东，男，博士，研究员，E－mail：shenad68@163. com

收稿日期 Received：2022－09－26；接受日期 Accepted：2022－10－21

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Agricultural Transboundary Pests, Institute of Agriculture Environment and Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

Abstract: Red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, is one of the most dangerous invasive species in the world, with rapid spread and strong adaptability. There is a unique geographical and climatic environment, rich habitat and food are more suitable for the invasion and occurrence of *S. invicta*, in Yunnan. In this study, the activity regularity of nuptial flights reproductive ants and worker ants, as well as the changes of ant nests were systematically investigated under the conditions of artificial lawn in cold and high-altitude area of Yunnan. The results showed that the nuptial flights mainly occurred from May to August, and the peak of nuptial flights reproductive ants occurred in early June and early August. The number of nuptial flights reproductive ants reached 390.33 /1 000 m^2 and 523.33 /1 000 m^2 which were accounted for 25.19% and 33.77% of the total number of nuptial flights reproductive ants for the annual total, respectively. The number of lured worker ants reached two peaks from late June to early July and from late August to late September, and the number of lured workers ants was 634.66 /1 000 m^2 and 1 636.00 /1 000 m^2, accounted for 44.59% and 17.30% of the total number of lured workers ants for the annual total, respectively. The number of newly emerged ant nests increased from June 1 to July 1, August 16, September 15 to December 16, and March 14 to April 15 of the next year. The number of newly emerged ant nests was 9.66 /1 000 m^2, 4.33 /1 000 m^2, 5.67 /1 000 m^2 and 2.00 /1 000 m^2, accounting for 44.62%, 20.00%, 26.15% and 9.23% of the total number of newly emerged ant nests in the year, respectively. Based on the results of the annual regularity of nuptial flights reproductive ants, the number of worker ants, active ant nests and newly emerged nests, the activity peak of *S. invicta* occurred from June to September on the lawn. Combining with the actual situation of the local, it is recommended to use poison bait method in Apr to June and August to September, and to irrigate of nest use low-toxicity pesticides in December for *S. invicta* control.

Key words: *Solenopsis invicta*; nuptial flights; reproductive ant; worker; nest; occurrence regularity; Zhanyi District

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 原产于南美洲，是国际上最具危险性的一种入侵性物种。红火蚁具有传播扩散速度快、适生能力强、易暴发成灾等特点。随着全球一体化的深入，全球贸易经济物流的发展，红火蚁已经从原产地蔓延至中美洲、北美洲、澳洲、亚洲等国家和地区，并在入侵地快速蔓延和爆发，对当地农林业生产、人畜健康、生物多性、公共安全等造成了影响（Vinson, 1997; Allen *et al.*, 2004; Morrison *et al.*, 2004; Ascunce *et al.*, 2011; 陆永跃等, 2019）。随着红火蚁在中国的入侵蔓延（曾玲等, 2005a; 陆永跃和曾玲, 2015），关于红火蚁的监测检测、生物学和生态学、发生危害规律、防除药剂及技术等多个方面的研究取得丰富的成果（曾玲等, 2005b; 许益镌, 2007; 黄俊等, 2008; 陆永跃等, 2008; 吴碧球等, 2008; 黄奕雯等, 2014; Wang *et al.*, 2019）。

云南由于其独特的地理和气候环境，给红火蚁的入侵和发生提供了丰富的栖息环境和食物。2013 年 10 月，云南楚雄州元谋县高速公路绿化带首次确认了红火蚁在云南的发生和分布，2014 年官方信息显示云南全省 38 个县报告有红火蚁发生。在城镇一体化、乡村振兴等建设推动下，绿化苗木、草坪调运频繁，红火蚁在云南的发生区域和范围不断扩大，截止 2022 年全省 14 州（市）、75 个县均有发生分布，其发生总体呈现南部重于北部、低海拔地区重于高海拔地区，低热河谷重于冷凉地区的态势。为了有效阻击红火蚁在云南的传播蔓延和控制其发生危害，针对红火蚁的生物生态学、发生规律、药剂帅选以及防控技术等方面开展了研究，并取得了一定的研究成果。张红梅等（2019）对昆明宜良红火蚁蚁群结构、动态的研究表明蚁群数量动态有 2 个峰值，第 1 个峰值为 8－9 月，第 2 个峰值 3－4 月；李燕等（2021）对昆明市呈贡区红火蚁工蚁数量动态规律研究表明 6－11 月是工蚁活动高峰期；张华伟等（2022）对楚雄市红火蚁工蚁活动数量随着季节的变化研究表明 6 月和 9 月有 2 个工蚁活动高峰

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

期；陈晓燕等（2014）对红火蚁分线分析结果表明红火蚁在云南属高风险有害生物，风险评估值为 2.25。

曲靖市地处云贵高原中部滇东高原向黔西高原过渡地带的乌蒙山脉，气候类型为亚热带高原季风气候。2017 年 8 月，麒麟区太和街道首次确认了红火蚁在曲靖的发生和分布，随后分别在麒麟区的其他乡镇和沾益区发现其分布，截止 2022 年全市 2 个县区、13 个乡镇有发生分布。为了探明沾益区红火蚁发生扩散规律、工蚁活动和婚飞动态规律，本研究于 2021 年 4 月－2022 年 5 月，在曲靖沾益区进行为期 1 年的调查研究旨为曲靖市红火蚁的发生扩散及其防治，以及云南高海拔冷凉区域红火蚁的防治提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

调查点位于曲靖市沾益区强制隔离戒毒所大营分所绿化地，海拔 1 880 m，经纬度为 25°34′38.97″N，103°51′7.94″E。绿化地面积 4.5 ha 为完全封闭的人工草坪，人为干预少，最早发现红火蚁为 2021 年，经过调查红火蚁蚁巢密度为 21 巢/667 m^2，根据红火蚁疫情监测规程，该调查点红火蚁发生水平为 4 级，属于重度发生区。

1.2 红火蚁年婚飞规律调查

在试验地随机选取 3 块样地，每块样地面积 1 000 m^2。每块样地选取 5 个蚁巢，用婚飞监测器将选定的蚁巢覆盖，定期调查统计婚飞监测器内的有翅蚁的数量，每 15 d 调查 1 次。每次调查后取出监测器内有翅蚁，同时检查监测器内蚁巢情况，若发现蚁巢迁移需要将监测器放在新的蚁巢上继续调查。

1.3 红火蚁工蚁年活动规律调查

在试验地随机选取 3 块样地，每块样地面积 1 000 m^2。将厚度为 1 cm、直径为 2 cm 的火腿肠放入 50 mL 的离心管管口制作成为诱集瓶，每块样地按照 10 m 间隔距离呈对角线放置 5 个诱集瓶，诱集瓶放置 30 min。诱集时间到快速收取诱集瓶，并在诱集瓶中放入无水乙醇，将诱集到样品带回室内统计记录工蚁数量。每 15 d 调查 1 次。

1.4 红火蚁蚁巢年度密度变化规律调查

在试验地随机选取 3 块样地，每块样地面积 1 000 m^2。每块样地调查蚁巢数量，对每个蚁巢的位置进行标记（利用旗子进行标记，旗子上进行编号（1、2、3、4、5……）），统计记录每个样地的新增蚁巢数量，活动蚁巢数量以及废弃蚁巢数量，每 15 d 调查 1 次。

1.5 数据统计和分析

通过定点定时调查获得红火蚁婚飞生殖蚁数量、蚁巢数量、以及活动工蚁数量的相关数据，并使用 Excel 统计分析软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 红火蚁年度婚飞活动规律

红火蚁婚飞生殖蚁从 3 月份开始出现，一直延续到 11 月份（图 1）。在婚飞生殖蚁出现时段内有 2 个发生高峰期 5 月 1 日－6 月 15 日和 7 月 15 日－8 月 2 日，婚飞生殖蚁数量分别达到 390.33 头/1 000 m^2和 523.33 头/1 000 m^2，分别占到全年婚飞生殖蚁总量的 25.19% 和 33.77%。8 月份开始至 11 月份一直有婚飞生殖蚁的出现，但其数量保持在较低水平，从 11 月份开始到次年的 3 月份一直没有婚飞生殖蚁的出现。从红火蚁婚飞生殖蚁发生情况可以得出红火蚁婚飞主要发生在每年的 5－8 月，并且婚飞活动受到温度的影响。

2.2 红火蚁工蚁年度活动规律

红火蚁工蚁从 5 月份开始到 11 月份都能诱集到，从 12 月份到次年的 3 月份没有诱集到工蚁，次年 3 月下旬能诱集到工蚁（图 2）。5 月 15 日－7 月 15 日诱集工蚁数量持续增加，合计诱集数量为 634.66 头/1 000 m^2，占到全年诱集工蚁总量的 17.30%；从 8 月 16 日－9 月 15 日诱集工蚁数量为全年最高，单次诱集数量最高为 618 头/1 000 m^2，合计诱集为 1 636.00 头/1 000 m^2，占到全年诱集工蚁总量的 44.59%；次年 3 月 14 日－5 月 1 日诱集工蚁数量保持稳定诱集数量为 689.33 头/1 000 m^2，占到全年诱集工蚁总量的 18.79%。以上结果表明，6 月下旬－7 月上旬、8 月下旬－9 月下旬以及次年 3 月下旬－5 月上旬为红火蚁的活动高峰期。

2.3 红火蚁蚁巢年度发生变化规律

红火蚁的蚁巢在调查期间内，随着调查时间的延续，蚁巢总数量持续增加，在 5 月 15 日－8 月 15 日蚁巢处于快速增加阶段，蚁巢数量从 21 个/1 000 m^2快速增加到 35 个/1 000 m^2，此后蚁

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

巢增加速度缓慢，从 12 月 16 日－次年 3 月 1 日，蚁巢数量一直保持不变，3 月下旬后蚁巢数量缓慢增加。活动蚁巢数量随着调查时间持续逐步增加，7 月 1 日达到最高为 28.67 个/1 000 m^2，随后逐步降低，9 月 30 日达到最低为 21 个/1 000 m^2，随后维持在 21～24 个/1 000 m^2之间（图 3）。以上结果表明，调查样地内红火蚁的发生级别保持相对稳定。

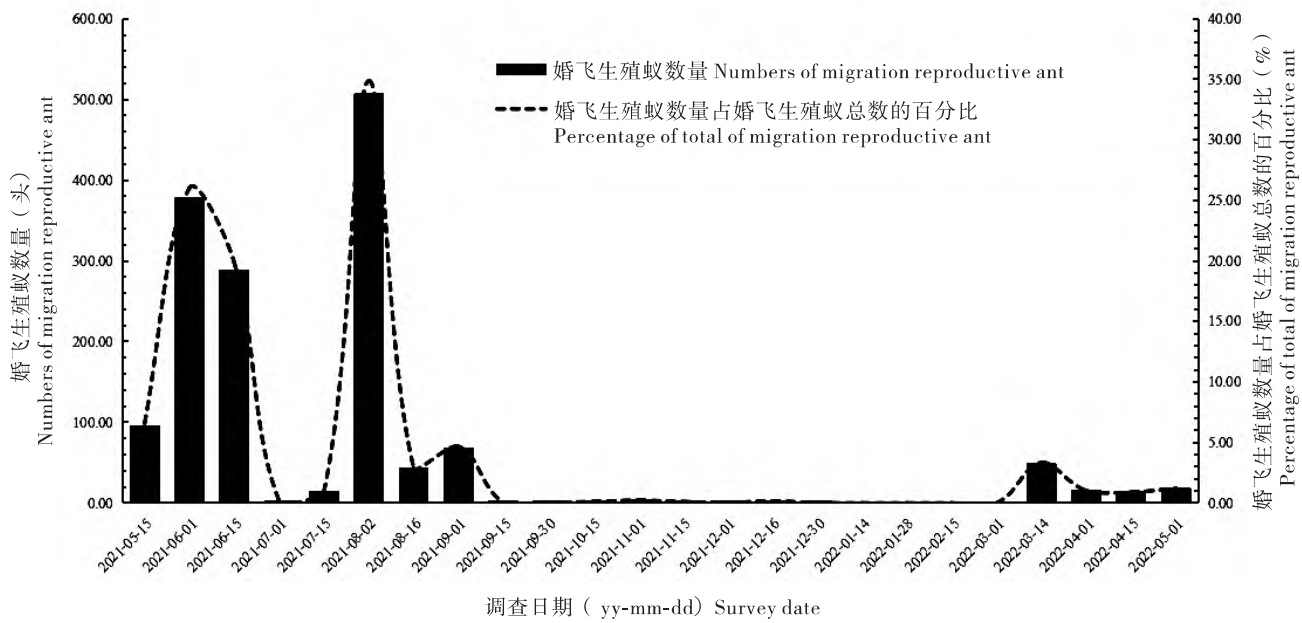


图 1　红火蚁婚飞生殖蚁年度发生动态

Fig. 1　Dyamic of occurrence of migration repoductive ant



图 2　红火蚁活动工蚁年度发生动态

Fig. 2　Dynamic of occurrence of worker

红火蚁蚁巢全年有 4 个新增阶段（图 4），6 月1 日－7 月 1 日为第 1 个蚁巢新增阶段，此阶段新增蚁巢数量为 9.66 个/1 000 m^2，占到全年新增蚁巢总数的 44.62%；8 月 16 日为第 2 个蚁巢新增阶段，此阶段新增蚁巢数量为 4.33 个/1 000 m^2，占到全年新增蚁巢总数的 20.00%；9 月 15 日－12 月16 日为第 3 个蚁巢新增阶段，此阶段新增蚁巢数量为 5.67 个/1 000 m^2，占到全年新增蚁巢总

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

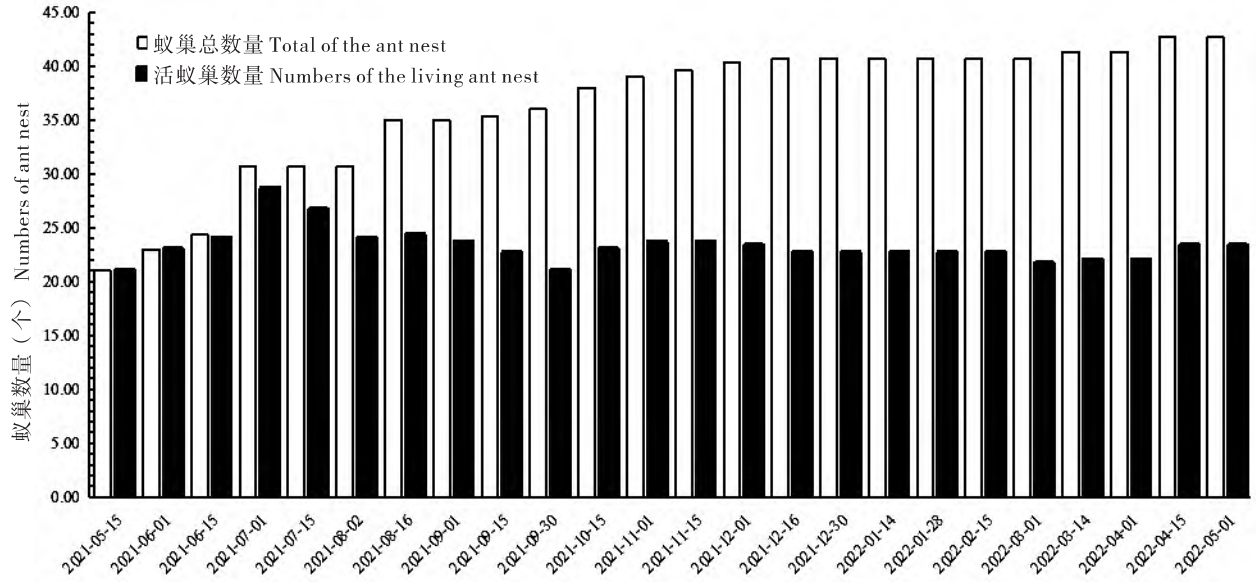


图 3　红火蚁蚁巢年发生动态

Fig. 3　Dynamic of occurrence of the *Solenopsis invicta* Buren nest

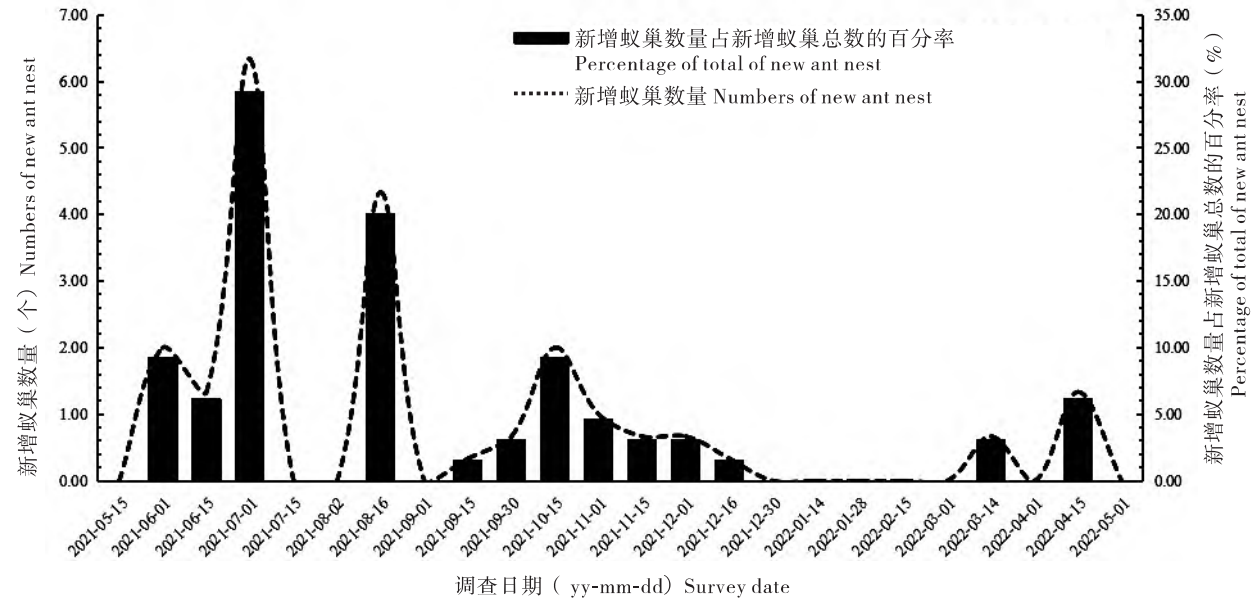


图 4　红火蚁新增蚁巢数量及其占新增蚁巢总数的百分率

Fig. 4　The numbers of new ant nest and percentage of total of new ant nest

数的 26.15%；次年 3 月 14 日 – 4 月 15 日为第 3 个蚁巢新增阶段，此阶段新增蚁巢数量为2.00 个/1 000 m^2，占到全年新增蚁巢总数的 9.23%。第 1 和第 2 阶段蚁巢快速增长，并且新增数量占到全年新增蚁巢总数的64.62%。以上结果表明，6 月 1 日 – 7 月 1 日和 8 月 16 日两个阶段为红火蚁的发生高峰期。

3　结论与讨论

从红火蚁婚飞生殖蚁发生情况表明，红火蚁的婚飞主要发生在 5 – 8 月，在婚飞期间内有两次明显的婚飞高峰期，婚飞有季节性变化。红火蚁婚飞是其扩散、传播的途径之一，通过婚飞、落地建巢进行逐步扩张是红火蚁快速占领临近空间区域的主要方式（陆永跃等，2007）。红火蚁的婚

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

飞不仅受到蚁巢、有翅蚁发育等因子的影响，同时还受到温度、湿度等多个气象因子的的综合影响，通常认为温度、湿度和光照与婚飞联系紧密(姜浔等，2016)。陈浩涛等（2010）研究表明广州红火蚁的婚飞温度均在23～28℃之间，陈晓琴等（2016）研究表明在气温为20.1℃时，仍观察到有翅蚁婚飞活动。本研究结果表明，红火蚁的婚飞发生在5－8月，但发生高峰期分别为7月和8月，这一结果与陈浩涛等（2010）研究结果广州红火蚁婚飞活动主要集中在3－5月和陈晓琴等(2016)研究结果深圳红火蚁婚飞高峰期为4－5月有差别，造成这一差别的原因与区域间的气象因子，特别是气温条件有很大的关系。

诱集工蚁数量和蚁巢数量能反映红火蚁的发生消长过程。结果表明，曲靖市沾益区诱集工蚁数量在全年的6月下旬－7月上旬、8月下旬－9月下旬以及次年3月下旬－5月上旬出现3个高峰期；活动蚁巢数量在6－7月间出现快速增长，新增蚁巢在6月1日－7月1日和8月16日出现数量快速增加，为全年新增蚁巢数量最多的阶段。由此可以看出调查区域红火蚁的年发生消长动态规律表现出明显的季节差异性，在6－9月为红火蚁的发生活动盛期，这一研究结果与李宁东等研究结果存在差别，其活动蚁巢数量的高峰期为11月，以及工蚁数量的高峰期为5－6月和10－11月（李宁东等，2008）。

本研究从红火蚁婚飞年度规律、全年诱集工蚁数量、活动蚁巢数量和新增蚁巢数量方面阐明了曲靖沾益区红火蚁年发生消长动态规律，并明确该区域红火蚁的活动规律及与我国其他地区的差异，为当地开展红火蚁防控工作提供了科学依据。根据本研究结果和曲靖6－9月份为雨季的实际情况，对于曲靖地区，可在红火蚁婚飞高峰期前和活动蚁巢数量以及新增蚁巢增长期前及时开展防治，建议每年的4－6月和8－9月采用毒饵与粉剂相结合的方式进行防治，在12月份采用低毒农药进行灌巢控制为害。

参考文献（References）

Allen CR, Epperson DM, Garmestant AS. Red imported fire ant impacts on wildlife: A decade of research［J］. *Am. Midl. Nat.*, 2004, 152(1): 88－103.

Ascunce MS, Yang CC, Jane O, *et al.* Global invasion history of the fire ant *Solenopsis invicta*［J］. *Science*, 2011, 331(4): 1066－1068.

Chen XQ, Jiang SH, Huang SX, *et al.* Nuptial flights of *Solenopsis invicta* in Shenzhen［J］. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2012, 49(5): 129－1297.［陈晓琴，江世宏，黄胜先，等．深圳市红火蚁婚飞规律研究［J］．应用昆虫学报，2012，49(5)：129－1297］

Chen HT, Luo LZ, Xiong HL. The outing activity of worker ants and nuptial flight of alates in the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in Guangzhou area Southern China［J］. *Acta Entomologica Sinica*, 2010, 53(4): 449－456.［陈浩涛，罗礼智，熊红利．广州地区红火蚁工蚁的巢外活动及有翅蚁的婚飞规律［J］．昆虫学报，2010，53(4)：449－456］

Chen XY, Ma P, Yu M, *et al.* Invasive risk analysis of *Solenopsis invicta* Buren using integrated multi－index evaluation system in Yunnan Province［J］. *Journal of Bio-safety*, 2014, 23(2): 81－87.［陈晓燕，马平，余猛，等．红火蚁在云南的入侵风险分析［J］．生物安全学报，2014，23(2)：81－87］

Huang J, Lu YY, Liang GW, *et al.* Control effect of four poisonous baits on red imported ant, *Solenopsis invicta* Buren［J］. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30(2): 135－140.［黄俊，陆永跃，梁广文，等．四种毒饵对红火蚁的田间防治效果评价［J］．环境昆虫学报，2008，30(2)：135－140］

Huang YW, He XF, Lu YY, *et al.* Population genetic structure of *Solenopsis invicta* Buren in China based on microsatellite［J］. *Journal of Bio－safety*, 2014, 23(2): 131－138.［黄奕雯，何晓芳，陆永跃，等．基于微卫星的中国红火蚁种群遗传结构的研究［J］．生物安全学报，2014，23(2)：131－138］

Jiang X, Tang LW, Huang Y, *et al.* A preliminary report on the marital flight of red fire ant in Liuzhou City［J］. *Guangxi Plant Protection*, 2016, 29(1): 15－17.［姜浔，覃立微，黄莹，等．柳州市红火蚁婚飞情况调查初报［J］．广西植保，2016，29(1)：15－17］

Lu YY, Zeng L, Xu YJ, *et al.* Research progress of invasion biology and management of red imported fire ant［J］. *Journal of South China Agricultural University*, 2019, 40(5): 149－160.［陆永跃，曾玲，许益镌，等．外来物种红火蚁入侵生物学与防控研究进展［J］．华南农业大学学报，2019，40(5)：149－160］

Lu YY, Zeng L. 10 years after red imported fire ant found to invade China: History, current situation and trend of its infestation［J］. *Plant Quarantine*, 2015, 29(2): 1－6.［陆永跃，曾玲．发现红火蚁入侵中国10年：发生历史、现状与趋势［J］．植物检疫，2015，29(2)：1－6］

Lu YY, Liang GW, Zeng L. Study on expansion pattern of red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, in South China［J］. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(4): 1053－1063.［陆永跃，梁广文，曾玲．华南地区红火蚁局域和长距离扩散规律研究［J］．中国农业科学，2008，41(4)：1053－1063］

Lu YY, Li ND, Liang GW, *et al.* Spatial correlation of active mounds locative distribution of *Solenopsis invicta* Buren polygyne populations［J］. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(1): 40－144.［陆永跃，李宁东，梁广文，等．红火蚁多蚁后型种群有效蚁巢局域分布的空间相关性［J］．应用生态学报，2007，18(1)：40－144］

Li ND, Zeng L, Liang GW, *et al.* Dynamics of red imported fire ant

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Solenopsis invicta in Wuchuan, Guangdong [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45 (1): 54 – 57. [李宁东, 曾玲, 梁广文, 等. 广东吴川红火蚁消长规律 [J]. 昆虫知识, 2008, 45 (1): 54 – 57]

Li Y, Liu P, Tai YM, *et al.* Dynamics of red imported fire ant worker and its optimum control period in Chenggong, Kunming, China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2021, 43 (6): 1552 – 1556. [李燕, 刘萍, 太一梅, 等. 昆明市呈贡区红火蚁工蚁消长动态及防控适期 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (6): 1552 – 1556]

Morrison LW, Porter SD, Daniels E, *et al.* Potential global range expansion of the invasive fire ant, *Solenopsis invicta* [J]. *Biol. Invasions*, 2004, 6 (2): 183 – 191.

Vinson SB. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): Spread, biology, and impact [J]. *American Entomologist*, 1997, 43 (1): 23 – 39.

Wang L, Xu YJ, Zeng L, *et al.* A review of the impact of the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren on biodiversity in South China [J]. *J. Integr. Agr.*, 2019, 18 (4): 788 – 796.

Wu BQ, Lu YY, Zeng L, *et al.* Influences of *Solenopsis invicta* Buren invasion on the native ant communities in different habitats in Guangdong [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19 (1): 151 – 156. [吴碧球, 陆永跃, 曾玲, 等. 红火蚁入侵对广东多种生境中蚂蚁类群的影响 [J]. 应用生态学报, 2008, 19 (1): 151 – 156]

Xu YJ. Basic Study on Invasion Ecology of Red Fire Ant [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2007. [许益镌. 红火蚁入侵生态学基础研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2007]

Zeng L, Lu YY, He XF, *et al.* Identification of red imported fire ant *Solenopsis invicta* to invade mainland China and infestation in Wuchuan Guangdong [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005a, 42 (2): 144 – 148. [曾玲, 陆永跃, 何晓芳, 等. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查 [J]. 昆虫知识, 2005a, 42 (2): 144 – 148]

Zeng L, Lu YY, Chen ZN. Monitoring and Control of Red Imported Fire Ant *Solenopsis invicta* [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2005b. [曾玲, 陆永跃, 陈忠南. 红火蚁监测与防治 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2005b]

Zhang HM, Wang Y, Chen ZQ, *et al.* Population characteristics of *Solenopsis invicta* in Kunming [J]. *Journal of Bio – safety*, 2019, 28 (1): 29 – 33. [张红梅, 王燕, 陈宗麒, 等. 昆明红火蚁种群发生特征 [J]. 生物安全学报, 2019, 28 (1): 29 – 33]

Zhang HW, Lu HZ, Xia CH, *et al.* Study on the population fluctuation of red fire ant in specific area of Chuxiong City [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2022, S: 10 – 11. [张华伟, 卢惠芝, 夏翠花, 等. 楚雄市区特定区域红火蚁种群消长规律探究 [J]. 云南农业科技, 2022, S: 10 – 11]

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net