

研究报告

入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查*

曾玲 陆永跃 何晓芳 张维球 梁广文

(华南农业大学昆虫生态研究室 广州 510642)

Identification of red imported fire ant *Solenopsis invicta* to invade mainland China and infestation in Wuchuan, Guangdong. ZENG Ling, LU Yong Yue, HE Xiao Fang, ZHANG Wei Qiu, LIANG Guang Wen (Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract Red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, origin from Latin America including Brazil, Paraguay and Argentina, was one of most dangerous and devastating pests in the world. It spreads continuously and invades many countries and regions now. It was found to infest in Wuchuan, Guangdong through identification of specimen collected. The population density and influence on agriculture, health was presented in this paper. 453 bp of Cytochrome b (*Cyt b*) gene from two populations (Florida, American and Wuchuan, Guangdong) of *Solenopsis invicta* and four populations of *S. geminata* from Guangdong were sequenced. These are 61 variable sites between these two species. No variable site was found between the two populations in *Solenopsis invicta*. The result of RFLP showed that there was one restrictive site detected by restriction endonucleases *MspI* in the amplified segments of *S. geminata* but none of *S. invicta*'s. *BamHI* digested amplified segments of *S. invicta* but not of *S. geminata*. Digestion of the 453 bp fragment by enzymes *BamHI* and *MspI* generates a 200 bp and a 250 bp fragment which could be used as a powerful tool for identification of these two species.

Key words *Solenopsis invicta*, *S. geminata*, identification, invasion, Cytochrome b, RFLP

摘要 根据形态特征鉴定结果首次证实红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 入侵中国大陆,并调查了广东省吴川市红火蚁发生为害情况。调查结果表明,发生区内部分地点红火蚁发生密度较高,主要发生于较稳定的生态环境中,如荒坡、草地、长满杂草的田埂等。红火蚁已对当地农业生产、人们的身体健康、日常生活等造成了不利影响。此外, *Cyt b* 基因序列分析结果表明,采自美国佛罗里达和广东吴川的红火蚁与采自广东4个地方的热带火蚁 *S. geminata* (Fabr.) 两物种间有61个变异位点,种内变异为0。限制性酶切多态实验(RFLP)的结果显示, *BamHI* 酶在红火蚁的特异扩增片段中有一个识别位点,而在热带火蚁中无酶切位点; *MspI* 酶在热带火蚁的扩增片段中也有一个识别位点,而在红火蚁中无识别位点。有酶切位点的扩增产物在酶切后分别获得近200 bp与250 bp的片段各一带。因此,用PCR-RFLP的方法可以简单快速地鉴别红火蚁和热带火蚁。

关键词 红火蚁, 热带火蚁, 鉴定, 入侵, 细胞色素 b 基因, RFLP

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 属于膜翅目 Hymenoptera、蚁科 Formicidae、切叶蚁亚科 Myrmicinae、火蚁属 *Solenopsis*, 是一种危险性害虫。国外研究资料表明,该蚁具有强大的繁殖

力和竞争能力,传播途径较多,一旦进入新的地

* 广东省植物检疫防疫项目(粤农保[2004]57号)。
通讯联系人, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn
收稿日期:2005-02-04, 修回日期:2005-02-10

区,由于缺少天敌等因素控制,种群数量会极度膨胀,短期内即可暴发成灾,成为一种严重的外来入侵物种。2004年5月台湾报道了红火蚁已在台北、桃园、嘉义等地发生为害。2004年底,在广东省吴川市发现一种危害严重的蚂蚁,疑似红火蚁。通过对该蚁的形态特征进行鉴定,同时对其发生危害等开展了实地调查,确定这种蚂蚁为红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren。在此基础上,应用分子生物学技术研究了吴川的红火蚁与采自美国的红火蚁以及本地的近缘种热带火蚁在细胞色素 b (*Cyt b*) 基因上的差异,进一步证实红火蚁已侵入中国大陆。现将有关研究结果报告如下。

1 调查研究方法

1.1 种类鉴定

鉴定标本来源:

标本1 2004年9月22日吴川市农业局符立乾采集,由广东省植物保护总站送检;

标本2 2004年9月24日曾玲采集于吴川市大山江红火蚁发生区。

种类鉴定方法:

(1) 根据国内外蚂蚁分类和形态特征描述的文献^[1,2],尤其是关于火蚁属的资料,镜检观察工蚁和兵蚁共约50头标本特征,以鉴别确定种类;(2) 实地调查观测蚁丘高度、直径以及形状、蚁巢的内部结构等;(3) 破坏蚁丘后观察该蚁工蚁、兵蚁的行为,确定是否具有较强的攻击性;(4) 调查和观察该蚁螫咬行为及人被螫咬后的感觉、被螫咬部位的症状;(5) 采用分子生物学技术研究采自广东吴川的红火蚁、采自美国的红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 和采自广东多个地方的热带火蚁 *Solenopsis geminata* (Fabr.) 在细胞色素 b (*Cyt b*) 基因上差异。分子生物学测定方法如下:

① 材料:供试的红火蚁样本采自美国(采集时间:2004年11月10日,采集地点:美国佛罗里达州,采集人:张玉清)和广东吴川(采集时间:2004年9月24日,采集地点:吴川市大山江,采集人:曾玲),热带火蚁采自广东吴川

(GWC)、深圳(GSZ)、广州(GGZ)和增城(GZC)等4个地方,其中吴川的热带红火蚁分别在大山江街道办事处3个地点的多个蚁巢采样(采集时间:2004年10月10日,采集地点:吴川市大山江,采集人:李宁东)。

② 方法:对各样品进行总DNA提取。由于来自美国的红火蚁是干标本,取整头去头使用酚-氯仿方法提取总DNA;热带火蚁是新鲜标本,取其中一足用痕量DNA提取法进行总DNA提取^[3]。PCR扩增体系为:10×buffer(含 Mg^{2+}) 2.5 μL, dNTPs(2.5 mmol) 0.5 μL, 上、下游引物(10 pmol) 各 0.5 μL, Taq 酶(3 U/μL) 0.2 μL, DNA模板 1 μL 及加 ddH₂O 至 25 μL。扩增引物参考序列 Simon^[4]。在 ABS 377 测序仪上进行正、反 2 条链测序。获得的序列在 DNASTar (DNASTAR Inc.) 软件包上进行编辑及排序,以 *Pogonomyrme* 属的 *Cytb* 序列(索取号:AF202521) 为外群,在 Mega 2.0^[2] 软件上进行比较。限制性内切酶的分析用 Primer prime 5.0 软件进行设计。选用限制性内切酶 *MspI* 和 *BamHI* 分别对扩增片段进行酶切实验。酶切反应体系如下:8 μL 扩增产物, 10×buffer 1 μL, *BAS* 0.51 μL 和 0.51 μL 限制性内切酶(*MspI* 为 12 U/μL 和 *BamHI* 为 10 U/μL)。酶切产物在 3% 的变性聚丙烯酰胺凝胶, 5 V/cm 的电压下电泳, 经过银染后在凝胶成像系统拍照及编辑。

1.2 发生为害调查

2004年10月~11月,作者多次赴吴川市,采用实地调查及咨询的方法调查该蚁发生范围、危害程度、传播途径等情况。

1.2.1 发生密度调查:采用目测观察法调查不同地方的红火蚁发生密度,以单位面积(m^2)或长度(m)的蚁巢数表示红火蚁密度。根据环境类型的不同,将调查点分为荒地、林地、果园、农田(菜地、水稻田、花生地等)、草坪、居民住宅、公路边坡等,调查记录各种类型环境中蚁巢的数量。

1.2.2 为害调查:采取询问的方式向当地居民调查了解蚁害发生危害情况,分析、获取蚁害的传播扩散情况及其来源。每个社区或行政村询

问调查 30 人以上。对询问过程中发现的红火蚁可疑存在地区进行深入重点调查。

2 结果与分析

2.1 形态特征

经核对,采自广东吴川的待鉴定蚂蚁工蚁、兵蚁形态与来自美国的红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 的无明显差异。该蚁的品级(caste)除雌、雄繁殖蚁外,工蚁分为大型工蚁(兵蚁)和小型工蚁(工蚁)。形态特征描述如下:

(1)小型工蚁(工蚁)(封4图版IV:1):体长 2.5~4.0 mm。头、胸、触角及各足均棕红色,腹部常棕褐色,腹节间色略淡,腹部第2、3节腹背面中央常具有近圆形的淡色斑纹。头部略成方形,复眼细小,黑色,位于头部两侧上方,触角共10节,柄节(第1节)最长,但不达至头顶,鞭节端部2节膨大成棒状,常称锤节(封3图版IV:11)。额下方连接的唇基(clypus)明显,两侧各有齿1个,唇基内缘中央具3角形小齿,齿基部上侧常着生刚毛1根(封3图版IV:9)。上唇退化。上颚发达,内缘有数个小齿。

前胸背板前端隆起,前、中胸背板的节间缝不明显;中、后胸背板的节间缝则明显,胸腹连接处有2个结节,第1结节呈扁锥状,第2结节呈圆锥状。腹部卵圆形,可见4节,腹部末端有螫刺伸出。

(2)大型工蚁(兵蚁)(封4图版IV:2):体长 6~7 mm。形态与小型工蚁相似,体桔红色,腹部背板色略深,上颚发达,黑褐色,体表略有光泽,体毛较短小,螫刺常不外露。

2.2 蚁巢特征

发生区内所见蚁巢特征与国外资料描述红火蚁蚁巢特征相同。一般明显隆起形成土丘,在多个地点随机测量了数10个明显蚁丘,平均直径在25 cm以上,高度为15~35 cm左右。蚁丘内部中心部分蜂巢状多孔道结构(封4图版IV:3,4)。

2.3 攻击行为观察

触动蚁巢后,该蚁兵蚁及工蚁迅速外出,四处搜寻入侵者,并进行攻击。用树枝插入蚁巢,

10 s内就有十几头蚂蚁爬上树枝,并不断叮咬、螫刺。表现出很强的攻击性。

2.4 为害症状

在采标本过程中腿部被该蚁螫刺后感觉十分刺痛,并有火灼感。其后被刺部位会出现水泡,十几小时后形成脓包。为害症状与红火蚁非常相似^[14]。

综合该蚁的形态特征、蚁巢特征、攻击行为及为害症状,可以确定这种采自广东吴川的待鉴定蚂蚁为红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren。

2.5 三种蚂蚁在 *Cyt b* 部分序列差异

实验获得的序列为 *Cyt b* 基因的部分序列共 453 bp,其中 A+T 的含量是 68.5%,这与其它膜翅目昆虫线粒体基因具有高 AT 含量相似。热带火蚁和来自美国的红火蚁间的转换与颠换率比为 2.2,符合一般中性进化的规律。这 2 种火蚁在获得的基因序列上没有长度上的变异,但具有丰富的位点上的变异,变异位点为 61 个。将碱基序列按无脊椎动物线粒体 DNA 的蛋白质编码规律翻译成氨基酸得到这 2 物种在这 151 氨基酸残基中有 3 个位点的变异,分别是第 17 位点(V→T),第 86 位点(V→T)第 116 位点(I→T)。两物种在所获得的序列上的相似性为 84.9%,热带火蚁不同种群间的差异为 0,采自广东吴川的红火蚁与来自美国的红火蚁在 453 bp 的 *Cyt b* 基因序列上没有表现出变异(图 1)。

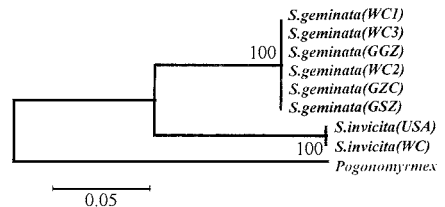


图 1 部分细胞色素 b 序列构建的红火蚁与热带火蚁的聚类分析图

限制性内切酶分析结果如图 2。其中, *MspI* 酶在红火蚁扩增产物无酶切位点,而热带火蚁扩增产物的第 186 位点上有一酶切位点,酶切后产生 1 条近 200 bp 和 1 条近 250 bp 的条带; *BamHI* 酶在热带红火蚁扩增产物无酶切位

点,而在红火蚁扩增产物的第 190 位点上有一酶切位点,酶切后同样产生 1 条近 200 bp 和 1 条近 250 bp 的条带。

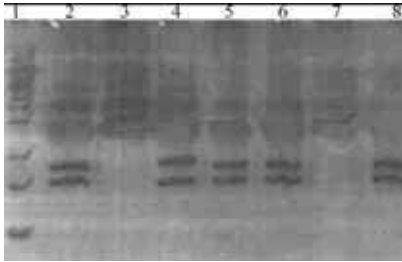


图 2 限制性内切酶 MspI 和 BamHI 酶切分析结果

1. 100 bp marker 2. *S. invicta* (WC) + BamHI; 3. *S. invicta* (WC) + MspI 4, 5, 6. *S. geminata* (GZC), (GSZ), (GGZ) + MspI 7. *S. geminata* (WC) + BamHI 8. *S. geminata* (WC) + MspI

Cyt b 基因部分序列测定结果及限制性内切酶分析结果也表明采自吴川的蚂蚁为红火蚁,与当地热带火蚁存在明显差异。

2.6 红火蚁发生密度

调查结果表明在同一地区,荒地、田埂、路边坡地等地方红火蚁密度明显较高,而密集无草林地、农田耕地(菜地、水稻田、花生地等)红火蚁的密度则较低。如在红火蚁发生严重的良发村,菜田旁荒坡上平均每 m 长有 0.3 个蚁巢,荒草地平均每 m² 有 0.11 个蚁巢;菜田内调查了 200 m² 未见 1 个蚁巢。在吴川市福利院内的草坪上,200 m² 中有蚁巢 18 个,平均 m² 0.09 个。福利院后河边的一块菜地田埂上蚁巢密集分布,且均为成熟大蚁巢,60 m 长有蚁巢 32 个,密度达 0.53 个/m。附近的稻田埂上,蚁巢密度 0.47 个/m,荒草地上为 0.35 个/m²;而调查附近的菜田、稻田内蚁巢密度均极低。在竹城村的稻田埂上,红火蚁发生密度较高,调查了 170 m 长的田埂,发现蚁巢 63 个,蚁巢密度为 0.42 个/m。另外在居民房屋周围如有杂草丛生之地,一般蚁巢密度较高。

综上所述,可以发现一般在较为稳定和食物来源丰富的环境中,红火蚁发生密度较大,如荒坡、草地、长满杂草的田埂和民房屋周围等。由于这些地方受到外界干扰较少,有利于红火

蚁迁移、建巢、繁衍壮大。

2.7 红火蚁危害调查

吴川市大江山街道竹城村的一块 200 m² 菜地周围田埂有明显蚁丘 30 个,菜田中也有 10 多个蚁巢,因播下的菜种被红火蚁搬走而菜苗变得很稀疏。在发生严重的地方,农民手脚上都有红火蚁螫刺痊愈后留下的伤疤。在农田劳动时,农民不得不穿上高筒水鞋,带上手套、袖套,以防红火蚁咬伤。即使如此,也很难避免。严重发生地区群众已对红火蚁产生恐惧心理。已出现因不堪蚁害,农田、果园被抛荒的现象。

据调查,大江山街道办事处约有 6 000 人,其中 4 000 余人曾被红火蚁螫咬过,严重受伤需就医治疗的约 200 人,所花去的医药费数额不等,一般 200~300 元,个别最多的可达 2 000~5 000 元。根据国外的资料报道,一般被红火蚁螫咬后,对其毒液敏感的人才会中毒严重需要治疗。敏感体质的人的比例仅为 1% 左右。从初步的调查结果看,吴川市被红火蚁螫咬的人需治疗的比例高于 1%。可能的原因是对红火蚁的危害没有足够的认识和了解,被螫咬后未及时处理,而导致伤口发生感染所造成。

在严重发生地区发现红火蚁在居民房屋周围筑巢,并沿墙壁、梁柱、电线等进入屋内,给生产生活带来严重不便。在一户居民房屋内,发现大量侵入的红火蚁,在电源开关盒内、墙角等地有蚁巢。居民生活受到极大干扰,不得不用“神奇药笔”到处涂抹,以防红火蚁爬上椅子、床。

2.8 可能的传播扩散途径

国外资料表明红火蚁的扩散、传播包括自然扩散和人为传播。自然扩散主要是生殖蚁飞行或随洪水流动扩散,也可随搬巢而短距离移动;人为传播主要因园艺植物污染、草皮污染、土壤废土移动、堆肥、园艺农耕机具设备污染、空货柜污染、车辆等运输而携带。调查认为,吴川的红火蚁可能是由当地居民常从境外收购废旧塑料编织袋而携带传入的。据居民反映,当大雨淹没蚁巢时,红火蚁会浮出水面,曾发现聚集成的蚁团随水漂流,因此,洪水有助于红火蚁

的扩散。

3 结论与讨论

本文采用分类学方法和分子生物学技术首次确认了红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 已入侵中国大陆。初步的调查结果表明在吴川市发生区,红火蚁在荒坡、长满杂草的田埂和耕地边、草地、路边坡地发生密度较高,而在农田耕地内的密度较低。在发生严重的几个村庄,红火蚁对农业、人们生活和健康造成了较大的影响。以上的研究调查结果为我国大陆地区对红火蚁的入侵预警、预防和迅速扑灭提供了重要的科学依据。

从发表的序列来看,热带火蚁与红火蚁在核基因 18 S 序列上的变异较少,1 863 个碱基位点只有 3 个位点的变异,两序列间的变异为 0.2 %^[5]。在线粒体细胞色素氧化酶 I (Cytochrome oxidase I, COI) 基因的变异上为 15.2 % ~ 16.6 %^[4,5]。相对而言, *Cyt b* 基因在这两物种间的变异更大也达到 15.1 %,并且该序列在种内无碱基变异,因此认为比较适合用于区别这两物种。限制性内切酶的实验进一步证实用 *MspI* 及 *BamHI* 2 种内切酶简单快速地区分这两物种。COI 基因在热带火蚁和红火蚁种群间都产生较大的变异,其中在前者发现了 15 个单倍型^[6],而在后者发现了 33 个单倍型^[7,8]。但在本实验的 2 种红火蚁在各自种群间 *Cyt b* 基因并没表现出变异。可能是由于这些红火蚁是新近入侵到中国的,在遗传上还未显示出较大的变异。从本实验的结果中可以看出,来自美国佛罗里达州的红火蚁与在广东吴川新发现的红火蚁的同源性达 100 %,是否提示我们我国红火蚁的入侵源与美国有关? 如果要进一步研究红火蚁的来源及其在我国的遗传分化情况则需要更大范围内采集标本。

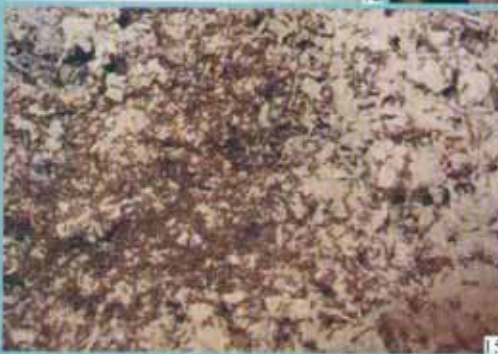
国外研究资料已表明红火蚁适生能力强,传播扩散速度快,对农业、畜牧业、公共安全、人民健康、生态系统的危害大,防治和铲除难度大^[9-13]。红火蚁是一种重大危险性入侵害虫,

我国的科学家已开始密切关注,并着手研究^[14,15]。目前中国大陆红火蚁发生范围还很窄,发生程度还较低,各级政府和有关部门已迅速采取了应急行动扑灭疫情且成效显著。当务之急是划定疫区和缓冲区,采取有效的封锁检疫措施严防红火蚁扩散;并动员一切力量,采用科学的对策和技术,迅速压低红火蚁种群直至扑灭。与此同时,应立即开展红火蚁入侵有关的基础研究以及监测预警技术、检疫措施、紧急扑灭和持续控制技术,为迅速扑灭疫情提供有力的技术支撑。红火蚁的入侵还给了我们一个启示:应借鉴国外先进经验,尽快建立入侵生物防御的应急机制,以应对日益频繁发生的重大植物病虫害疫情。

参 考 文 献

- Holldobler B., Wilson E. O. The Ants. Mass. Harvard Univ. Belknap Press, 1990. 1 ~ 165.
- Mackay W.P., Vinson S.B. Sociobiology, 1989, 16: 1 ~ 47.
- 温硕洋, 何晓芳. 昆虫知识, 2004, 40(3): 110 ~ 113.
- Simon C., Francesco F., Andrew B., Bernie C., Hong L., Paul F. Ann. the Ent. Soc. Amer., 1994, 87(6): 651 ~ 701.
- Valles S. M., Pereira R. M. J. Invertebr. Pathol., 2003, 84(2), 114 ~ 118.
- Ross K. G., Krieger M. J. B., Shoemaker D. D. Genetics, 2003, 165: 1 853 ~ 1 867.
- Shoemaker D. D., Keller L., Ross K. G. Mol. Ecol., 2003, 12: 1 757 ~ 1 771.
- Shoemaker D. D., Ross K. G., Keller L., Vargo E. L., Werren J. H. Insect Mol. Biol., 2000, 9: 661 ~ 673.
- Vinson S. B., Sorenson A. A. Imported Fire Ants: Life History and Impact. The Texas Department of Agriculture. Boulder: Westview Press, 1986. 240 ~ 258.
- McGlynn T. P. J. Biogeo., 1999, 26: 535 ~ 548.
- Morrill W. L. Florida Entomol., 1974, 57: 39 ~ 42.
- Morrison L. W., Porter S. D., Daniels E. Biol. Invas., 2004, 6: 183 ~ 191.
- Vinson S. B. Amer. Entomol., 1997, 43(1): 23 ~ 39.
- 张润志, 任立, 刘宁. 昆虫知识, 2005, 42(1): 6 ~ 10.
- 薛大勇, 李红梅, 韩红香, 张润志. 昆虫知识, 2005, 42(1): 57 ~ 60.

续图版IV 曾玲等：入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查（正文见第144页）



9.工蚁头部（示唇基的侧齿和中齿）

10.工蚁复眼

11.兵蚁头部（示唇基的侧齿）

12.蚁后

13.蚁巢中红火蚁

14.蚁巢中的有翅生殖蚁

15.破坏蚁巢后涌出的蚁群

16.幼虫及蛹

图版IV 曾玲等：入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查（正文见第144页）



1. 小型工蚁 2. 大型工蚁(兵蚁) 3. 露出地面的蚁丘 4. 蚁丘的内部结构
5. 树枝上的红火蚁 6. 正在捕食昆虫的红火蚁 7. 雌性生殖蚁 8. 雄性生殖蚁

刊号: CN 11-1829/Q
ISSN 0452-8255

代号: 国外发行: BM-407
国内邮发: 2-151

定价: 15.00元

ISSN 0452-8255

广告许可证: 京东工商广字第 0706 号

