



赵翊, 冉浩, 陆永跃, 许益鏊. 小火蚁的形态特征、分布危害及监测与防控 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (6): 1365–1372.

小火蚁的形态特征、分布危害及监测与防控

赵翊, 冉浩, 陆永跃*, 许益鏊*

(华南农业大学红火蚁研究中心, 广州 510642)

摘要: 小火蚁 *Wasmannia auropunctata* Roger 被世界自然保护联盟 (IUCN) 列为最具危害性的 100 种入侵物种之一, 已从其原产地南美洲扩散到除南极洲以外的每个大陆, 近期被报道成功入侵中国。本文对小火蚁的分类学与形态特征进行了描述; 简要探讨了小火蚁的原产地范围和在全球的扩散历史, 进一步阐述其对农业生产、人类健康、生态系统等方面的影响; 同时, 介绍了小火蚁的监测与调查方法; 最后就小火蚁的检疫、化学防治与生物防治等防控技术进行了归纳, 以期提升大众对小火蚁的认识并为积极应对小火蚁的入侵提供参考。

关键词: 生物入侵; 外来蚂蚁; 形态鉴定; 监测调查; 控制技术

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 06-1365-08

Morphological characters, distribution, monitoring and control of *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae)

ZHAO Yi, RAN Hao, LU Yong-Yue*, XU Yi-Juan* (Red Imported Fire Ant Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The little fire ant, *Wasmannia auropunctata* Roger, which is listed as one of the 100 worst invasive species in the world by International Union for Conservation of Nature (IUCN), has spread from its native range in South America to every continent except Antarctica. Recent research has shown the first formal record of the invasion of *W. auropunctata* outdoor in Chinese mainland. This paper reviewed related information on the taxonomic and morphological of *W. auropunctata*. Secondly, briefly discussing the origin and the history of the global dispersion of the little fire ant, and amplifying on its impact on agricultural production, human health and ecosystem. Additionally, the means and method of the monitoring and investigation of *W. auropunctata* was introduced. Finally, summarizing the control strategies such as quarantine measures, chemical control and biocontrol of little fire ant, in order to raise the cognition of *W. auropunctata* and provide an important reference for active response to the threat posed by this highly invasive ant.

Key words: Biological invasion; exotic ants; morphological identification; monitoring; control technologies

外来蚂蚁往往由于体型小、对筑巢环境要求低以及具机会主义的食性等特点随人类活动或贸易,

无意中通过船、火车等运输货物时传播扩散。一些外来蚂蚁具有成为世界上最恶劣的入侵物种

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFC2600404, 2021YFD1000500); 广东省农业产业技术体系创新团队项目 (2022KJ134)

作者简介: 赵翊, 男, 1998 年生, 硕士研究生, 研究方向为入侵生物学, E-mail: woaidaxiaochao@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 陆永跃, 教授, 研究方向为昆虫生态学、害虫治理与入侵生物学, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn; 许益鏊, 教授, 研究方向为昆虫生态学、社会昆虫学, E-mail: xuyijuan@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2022-04-17; 接受日期 Accepted: 2022-05-07

的潜力,红火蚁 *Solenopsis invicta*、阿根廷蚁 *Linepithema humile*、长足捷蚁 *Anoplolepis gracilipes* 等外来蚂蚁在入侵地对濒危物种、本地生态系统、生物多样性、城市环境和人类健康造成不利影响 (Xu *et al.*, 2022)。

2022 年,广东汕头报道了恶性入侵物种小火蚁野外种群,这是该入侵物种在我国大陆的首次记录 (Chen *et al.*, 2022),在稍早时候,我国台湾地区也在台中报道了该入侵物种 (李锦城等, 2021)。小火蚁 *Wasmannia auropunctata* Roger, 又名金刻沃氏蚁,英文俗名 “little fire ant”, 是膜翅目蚁科切叶蚁亚科的一种重要的入侵蚂蚁。作为世界上 100 种最严重的外来入侵生物之一,小火蚁原产地为中南美洲等热带地区,并且已经被广泛传播到美国佛罗里达半岛地区以及太平洋岛屿上 (Holway *et al.*, 2002)。本文将从小火蚁的形态特征、分布扩散、发生危害以及防控等几个方面对小火蚁进行综述,以期提升大众对小火蚁的认识并为积极应对小火蚁提供参考。

1 分类地位和形态学

在生物分类学上,小火蚁属于膜翅目 Hymenoptera 蚁科 Formicidae 切叶蚁亚科 Myrmicinae 沃氏蚁属 *Wasmannia*, 其形态学特征如下:

工蚁: 体长 1.2 ~ 1.5 mm, 体金棕色至褐色,立毛稀疏,头宽明显大于并腹胸。头具网状刻纹,具长而明显触角沟且达后头缘,具两复眼。触角 11 节,鞭节棒 2 节。唇基前缘呈弧形,上颚具有 5 齿。下颚须 3 节,下唇须 2 节。并腹胸具网状刻纹或刻点,前胸背板具肩角,并胸腹节刺长而尖锐。腹柄节两节,具网状刻点。前柄节后部侧面观近方形,明显高于后柄节,后柄节背面观宽于后柄节,前柄节腹面前缘具齿,后柄节腹面具突起。后腹部光亮,具发达螫针 (Chen *et al.*, 2022) (图 1)。

雌蚁: 体长 4.5 ~ 5.0 mm, 体色通常深于工蚁,并腹胸发达,宽于头部。头具 2 个复眼及 3 个单眼。并胸腹节刺略尖。雌蚁具两对翅,开始产卵后翅折断脱落,留有残基。后腹柄节所占身体比例明显小于工蚁。其余类似工蚁 (图 2)。

雄蚁: 体长接近雌蚁,并腹胸发达,头小。头具 2 个复眼及 3 个单眼,复眼在头部具有较大比

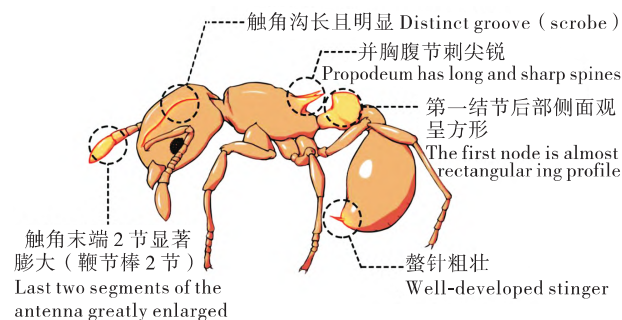


图 1 小火蚁工蚁识别示意图 (周凯、冉浩绘)

Fig. 1 Morphological of *Wasmannia auropunctata* worker, drawn by Zhou Kai, Ran Hao

例。触角 13 节,柄节所占比例明显短于工蚁和雌蚁,鞭节末端不膨大形成鞭节棒。触角沟短。具两对翅,并胸腹节不具刺。雄性外生殖器发达,呈细长指状,向腹部弯曲,末端宽约 0.05 mm (del Carmen Cuezco *et al.*, 2015)。



图 2 小火蚁蚁后和工蚁生态照

Fig. 2 A queen and workers of *Wasmannia auropunctata*

2 分布与扩散

小火蚁被推测起源于中南美洲地区,其原产地范围南起阿根廷,北至墨西哥,与此同时广泛分布于加勒比海岛屿 (Wetterer and Porter, 2003),但是目前还没有办法精准地定位其产地范围,也正是因为如此,在美洲还无法区分其原产地和入侵地,也没办法推定其在美洲作为入侵物种出现的时间。小火蚁在 1863 年首次在古巴被记录 (Roger, 1863),但估计,小火蚁是以生物入侵的方式进入古巴的,若是如此,则时间不晚于 1863 年。在中南美洲之外的其他大陆或岛屿所发现的小火蚁均可认为是入侵种群。在美洲大陆外

的首次记录是 1893 年, 地点是非洲的塞拉利昂和加蓬 (Emery, 1893), 不过在塞拉利昂的记录有待进一步核实。1924 年, 小火蚁第一次在美国本土被发现。第一个美国本土的小火蚁样本于佛罗里达州采集得到 (Deyrup *et al.*, 2000)。在太平洋上, 小火蚁率先入侵到新喀里多尼亚和所罗门群岛 (Fabres and Brown, 1978; Ikin, 1984); 小火蚁也成功入侵瓦努阿图 (Rapp, 1999)。此外, 小火蚁也入侵到加拉帕戈斯群岛, 并对当地生态环境产生了恶劣影响 (Lubin, 1984; Wetterer and Porter, 2003)。该入侵种群非常活跃, 迅速向邻近岛屿传播, 在夏威夷群岛也有小火蚁入侵的身影 (Conant and Hirayama, 2000; Kirschenbaum and Grace, 2007)。有证据表明, 入侵夏威夷群岛的小火蚁种群与入侵新喀里多尼亚的是同源 (Foucaud *et al.*, 2006; Mikheyev *et al.*, 2009)。2002 年, 小火蚁开始入侵澳大利亚 (Foucaud *et al.*, 2010)。巴布亚新几内亚和关岛也有小火蚁入侵的报告 (Vanderwoude, 2008)。然而, 小火蚁的入侵脚步一直没有减缓。在非洲大陆, 加蓬的野生动物保护区报道了小火蚁的入侵 (Wetterer *et al.*, 1999), 并且随着非洲的商业伐木与其他形式的资源开采

不断地进行, 小火蚁在非洲的扩张也在不断地加速 (Walsh *et al.*, 2004)。在喀麦隆也发现了小火蚁的入侵 (Bruneau de Miré, 1969)。迄今为止, 小火蚁在西非地区已经快速扩散, 并且对当地的生态系统造成了严重的影响 (Deblauwe and Dekoninck, 2007; Tindo *et al.*, 2012)。亚洲与欧洲也无法幸免, 小火蚁在 2005 年首次在以色列被记录 (Vonshak *et al.*, 2010)。2006 年意大利首次报道了小火蚁的入侵 (Jucker *et al.*, 2008)。研究人员发现, 已经有小火蚁种群在欧洲户外成功筑巢 (Espadaler *et al.*, 2018)。小火蚁还可以扩张到其适生地域外的地区, 小火蚁作为一种温室害虫首次在加拿大不列颠哥伦比亚省被发现 (Naumann, 1994)。不过在这些地区的报道表明, 小火蚁仅出现在温室之中, 并未有关于其在野外的记录。

至今为止, 小火蚁已经广泛分布于热带与亚热带地区, 包括中南美洲, 美国南部佛罗里达与加利福尼亚地区, 非洲的喀麦隆和加蓬, 太平洋上的诸多岛屿如瓦努阿图岛、加拉帕戈斯群岛、新喀里多尼亚岛、夏威夷群岛、所罗门群岛、澳大利亚、关岛等。即使在温带地区, 小火蚁也可以在温室中存活并为害 (Wetterer, 2013) (表 1)。

表 1 小火蚁在全球的入侵记录
Table 1 Earliest known records for *Wasmannia auropunctat* in the world

地点 Locality	首次记录 Earliest Record	地点 Locality	首次记录 Earliest Record
古巴 Cuba	1863 (Roger, 1863)	圣克鲁斯岛 Santa Cruz Islands	1995 (Wetterer, 2013)
塞拉利昂 Sierra Leone	1893 (Emery, 1893)	瓦努阿图 Vanuatu	1998 (Rapp, 1999)
加蓬 Gabon	1893 (Emery, 1893)	夏威夷 Hawaii	1999 (Conant and Hirayama, 2000)
佛罗里达 Florida	1924 (Deyrup <i>et al.</i> , 2000)	澳大利亚 Australia	2002 (Foucaud <i>et al.</i> , 2010)
加利福尼亚 California	1937 (Keifer, 1937)	巴布亚新几内亚 Papua New Guinea	2005 (Vanderwoude, 2008)
加拉帕戈斯群岛 Galapagos Islands	1935 (Wetterer and Porter, 2003)	以色列 Israel	2005 (Vonshak <i>et al.</i> , 2010)
喀麦隆 Cameroon	1959 (Bruneau de Miré, 1969)	意大利 Italy	2006 (Jucker <i>et al.</i> , 2008)
新喀里多尼亚 New Caledonia	1972 (Fabres and Brown, 1978)	关岛 Guam	2011 (Wetterer, 2013)
所罗门群岛 Solomon Islands	1974 (Ikin, 1984)	中国台湾 Taiwan, China	2021 (李锦城等, 2021)
不列颠哥伦比亚省 British Columbia	1994 (Naumann, 1994)	中国大陆 Chinese Mainland	2022 (Chen <i>et al.</i> , 2022)

近期研究人员就对小火蚁在中国的潜在适生区进行预测,以供对该入侵蚂蚁的检疫工作参考。结果表明,小火蚁在中国本土具有广阔的潜在分布区。长江以南大部分地区均可小火蚁提供一个良好的栖息环境。如果其成功入侵,则后果十分严重 (Mao *et al.*, 2022)。小火蚁一直是我国植物检疫工作中十分重要的一种入侵害虫。2018 年,我国连云港海关就曾经在自泰国的水果货物中成功拦截了小火蚁 (赵光明和王川, 2018)。2021 年,小火蚁入侵我国台湾地区。初步调查结果显示,小火蚁群落主要分布在台中地区的乌日区与和平区的次生林以及道路旁,并且根据行为实验的结果,两个地区的小火蚁种群可能来自于同一个超级蚁巢 (supercolony) (李锦城等, 2021)。2022 年广东汕头采集到的小火蚁样本,这也是该入侵物种在我国大陆的首次记录 (Chen *et al.*, 2022)。不过目前我们对小火蚁在中国本土的入侵阶段和发生程度并没有一个明确的认知,因此相关部门应该尽快开展与加强对这种入侵蚂蚁的检疫、发生分布调查、生物生态学研究等工作,在第一时间将小火蚁对我国的社会与生态安全的威胁降到最低。

3 发生危害

小火蚁的危害多种多样,包括对农业生产与人类健康的影响,干扰侵入地的原生蚂蚁群落、无脊椎动物群落与植物群落进而影响生态平衡,为害侵入地的脊椎动物以及其他危害。现在对以上几点进行阐述。

小火蚁最初在美国被发现就是因为其对咖啡种植所造成的恶劣影响 (Van Zwaluwenburg, 1917)。在咖啡种植园中,小火蚁的主要危害是在收获季节对工人进行蛰咬攻击,使工人无法完成收获,进而影响农业生产 (de Souza *et al.*, 1998)。此外,人们发现,小火蚁与半翅目昆虫臀纹粉蚧 *Planococcus citri* 互利共生,而后者会对可可的生产造成致命打击 (Delabie and Cazorla, 1991)。小火蚁会破坏植物表面,造成创口,而这些创口就是病原体侵入的绝佳场所。有研究表明,在柑橘生产中,镰刀霉菌 *Fusarium* sp. 常常通过热带火蚁 *Solenopsis geminata* 和小火蚁对植物造成的伤口来

侵染植物 (Suarez Sotolongo, 1990)。所罗门群岛的农业生产也因为小火蚁的入侵受到了影响。调查发现,所罗门群岛的农业害虫,尤其是野芋飞虱 *Tarophagus* sp. 因为小火蚁的入侵而呈现上升的态势 (Fasi *et al.*, 2013)。

小火蚁对加拉帕戈斯群岛的本地动物群落有着巨大影响。在加拉帕戈斯群岛总计 28 种蚂蚁,其中 17 种受小火蚁的影响,在小火蚁高发地,几乎没有其他蚂蚁与其同时出现。与此同时,小火蚁还影响到蛛形纲的动物,一种蝎子和两种蜘蛛因为小火蚁的存在种群数量降低甚至完全消失。所属于加拉帕戈斯群岛的圣萨尔瓦多岛的树栖昆虫与飞行昆虫种群数量也有一定程度的降低 (Lubin, 1984; Le Breton *et al.*, 2003)。加蓬的本地蚂蚁分布与数量也在小火蚁的入侵下出现了下降的趋势 (Walker, 2006)。

小火蚁的入侵对脊椎动物的影响也十分巨大。在小火蚁入侵新喀里多尼亚后,当地的蜥蜴群落受到了巨大的冲击。受影响最大的是 *Caledoniscincus austrocaledonicus* 和 *Bavayia cyclura* 这两种蜥蜴 (Jourdan *et al.*, 2001)。小火蚁还会对鸟类产生影响,有调查表明,小火蚁会杀死刚孵化的鸟类幼崽 (Wetterer, 1997)。此外,小火蚁还会叮咬脊椎动物,除了引发疼痛以外,更严重的会致盲 (Michaud, 2010)。在非洲加蓬、美拉尼西亚和波利尼西亚群岛上,小火蚁已经成为人和其他动物角膜病变的一个重要因素 (Rosselli and Wetterer, 2017)。在巴西的可可种植园,一些工人被小火蚁叮咬后出现严重过敏甚至休克等症状 (Dhang, 2011)。

小火蚁的危害不仅限于上面几点。它们会爬到人们家中,叮咬人们和他们的宠物,附着在家中的景观植物上,并且会咬坏电器等,为害十分恶劣 (Bueno, 1997; Marques *et al.*, 2002; Campos-Farinha, 2005)。在城市中,小火蚁存在于医院之中,并且作为包括铜绿假单胞菌 *Pseudomonas aeruginosa* 等病原菌的载体,进而危害人类的健康 (dos Santos *et al.*, 2009)。

4 监测与调查

可以通过在农田、果园、荒地等小火蚁的潜

在栖息地开展监测与调查以明确其分布与发生情况,调查时应该避免降雨和低温等天气。小火蚁通常在石块、枯木等下面筑巢,由于其蚁巢特征不明显,无类似于红火蚁的隆起蚁丘,通常可采用瓶诱法、竹签诱集法和固体食物诱集法进行调查 (Vanderwoude *et al.*, 2009)。

4.1 瓶诱法

瓶诱法一般可采用带盖的透明小塑料瓶 (50 ~ 100 mL) 中放入诱饵的方式进行监测,它适用于在工业区和花木苗圃场进行诱集调查。小火蚁的诱饵可用花生酱,使用时将它抹在塑料瓶的内壁。诱集时应保证花生酱新鲜,每 100 m²可放置一个诱瓶,一般放置 30 ~ 60 min 可收回诱瓶并盖紧瓶盖,进一步鉴定与统计所诱蚂蚁数量。

4.2 竹签诱集法

竹签诱集法也是比较便捷的一种调查方法,尤其可用于快速确定所调查生境中是否存中小火蚁。使用时竹签的半截双面均涂抹上薄薄一层花生酱,然后将其置于地面进行诱集。早晨或阴天是诱集的最佳时间。如果在炎热的中午进行调查,诱饵应该放在阴凉的地方。每隔 5 ~ 10 m 放置竹签,30 ~ 60 min 收集并检查竹签上是否有小火蚁。

4.3 固体食物诱集法

当开展大范围调查或需快速确定大区域的疫情时,可采用固体食物诱集法进行调查。使用时将串有香肠片的铁丝制成的小旗插入土中,保证香肠片贴近地面。一般诱集 30 ~ 60 min 检查诱饵上是否有小火蚁 (Causton *et al.*, 2005)。

5 防控技术

5.1 植物检疫

小火蚁的防控最重要的一点就是将其拒之于门外,通过植物检疫的手段来防止小火蚁的入侵。太平洋的诸多岛屿已经开始采取行动,相关地区的植物检疫部门联合开展太平洋蚂蚁预防计划 (The Pacific Ant Prevention Programme),旨在防止包括红火蚁、小火蚁等在内的多种有害蚂蚁的进一步入侵。很多国家都在积极地开展植物检疫工作,为了防止小火蚁的入侵与扩散,进行小火蚁在本国的适生地预测。这些国家包括中国 (Mao *et al.*, 2022)、法国 (Bertelsmeier and Courchamp,

2014)、以色列 (Federman and Carmel, 2010)、新西兰 (Harris and Barker, 2007) 等。除此之外,辐射处理被视作可广泛用于检疫处理。有研究表明,使小火蚁后停止繁殖的最小辐射量是 72 Gy (Calcaterra *et al.*, 2012),几年后该团队提议针对蚁类检疫性害虫,在检疫过程中辐射量应为 150 Gy (Follett *et al.*, 2016)。

5.2 化学防治

在化学防治方面,最初人们使用 DDT 和巴拉松进行小火蚁的灭杀 (Osburn, 1945; Griffiths and Thompson, 1947; Osburn, 1949),随着时间的推移,越来越多的防治方法出现。利用昆虫保幼激素类似物甲氧普烯对小火蚁进行灭杀,在加拉帕戈斯群岛的圣克鲁斯岛取得的不错的效果 (Ulloachaon and Cherix, 1989)。为了进行更好的诱杀,Williams 和 Whelan (1992) 对 4 种用来灭杀小火蚁的药剂进行筛选,发现效果最好的是 Amdro,一种含有大豆油的伏蚁脲。这种药剂也被用来与焚烧植物相结合,成功根除了太平洋上一些岛屿上的小火蚁 (Abedrabbo, 1994; Causton *et al.*, 2005)。Hara 等 (2011) 发现,氰氟虫脲的喷雾和饵剂对盆栽植物上的小火蚁均有一定程度的杀伤效果。其中,暴露环境中 14 d 的氰氟虫脲饵剂在盆栽中仍然可以有 90% 以上的灭杀率。该团队也进行了野外诱饵实验,结果表明,在野外条件下,长时间暴露于环境的饵剂药效损失较大,研究人员建议配合玉米 *Zea mays* L. 碎屑制作新型诱饵,以保持降雨量大的热带环境中保持一定的吸引力 (Hara *et al.*, 2014)。此外,他们也进行了昆虫生长调节剂 (IGR) 对小火蚁的药效试验,结果发现,与甲氧普烯相比,蚊蝇醚可以使小火蚁种群工蚁诞生的数量降低甚至停止,以及对育幼行为进行持续干扰 (Cabral *et al.*, 2017)。

5.3 生物防治

在对小火蚁的生物防治方面人们也取得了一定的进展。通过对 3 株白僵菌、3 株绿僵菌和 6 株苏云金芽孢杆菌对小火蚁的毒力进行测定,发现苏云金芽孢杆菌菌株 LBT-5 和 LBT-6 对小火蚁有一定的防治作用 (Castineiras *et al.*, 1991)。在野外人们也发现了行军蚁 *Neivamyrmex compressinodis* 可以释放特殊的信息素使小火蚁恐慌,进而完成对小火蚁的捕食与蚁巢的破坏 (Le Breton *et al.*,

2007)。寄生蜂也是小火蚁的天敌, 在一些小火蚁的原生地区, 由于寄生蜂的缺失导致了小火蚁的泛滥 (Lopez *et al.*, 2008)。

6 总结

综上所述, 小火蚁是一种及其危险的入侵生物, 并且其在我国有着广阔的适生区 (Mao *et al.*, 2022), 相关部门应迅速采取应急行动调查并扑灭疫情。目前, 对于小火蚁在国内发生与危害情况比较有限, 在国外的相关研究与报道的基础上, 研发相关的监测与防治方法可为有效应对这种新发入侵物种提供重要的技术支撑。

参考文献 (References)

- Abedrabbo S. Control of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*, on Santa Fe Island in the Galapagos Islands. In: David FW, ed. Exotic Ants: Biology, Impact, and Control of Introduced Species [C]. Florida: CRC Press, 1994: 219–227.
- Bertelsmeier C, Courchamp F. Future ant invasions in France [J]. *Environmental Conservation*, 2014, 41 (2): 217–228.
- Bruneau de Miré P. Une fourmi utilisée au Cameroun dans la lutte contre les mirides du cacaoyer *Wasmannia auropunctata* Roger [J]. *Café, Cacao, Thé (France)*, 1969, 13 (3): 209–212.
- Bueno OC. Urban ants: Identification and control [J]. *O Biológico*, 1997, 59 (2): 17–19.
- Cabral SK, Hara AH, Niino – DuPonte R. Response of little fire ant (Hymenoptera: Formicidae) colonies to insect growth regulators and hydramethylnon [J]. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society*, 2017, 49: 1–10.
- Calcaterra LA, Coulin C, Briano JA, *et al.* Acute exposure to low – dose radiation disrupts reproduction and shortens survival of *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) queens [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2012, 105 (3): 817–822.
- Campos – Farinha AEC. Urban pest ants of Brazil (Hymenoptera: Formicidae). In: Lee CY, Robinson WH, eds. Proceedings of the Fifth International Conference on Urban Pests [C]. Malaysia: Perniagaan Ph'ng, 2005: 81–84.
- Castineiras A, Neyra M, Fernandez – Larrea O, *et al.* Evaluation of strains of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sor. and *Bacillus thuringiensis* Berl. for biological control of *Wasmannia auropunctata* (Rogat) [J]. *Revista de Protección Vegetal*, 1991, 6 (1): 21–26.
- Causton CE, Sevilla CR, Porter SD. Eradication of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae), from Marchena Island, Galapagos: On the edge of success? [J]. *Florida Entomologist*, 2005, 88 (2): 159–168.
- Chen N, Wang Y, Chen H, *et al.* Prediction of potential distribution area of *Wasmannia auropunctata* in China [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44 (6): 855–858.
- Chen S, Zhao Y, Lu Y, *et al.* First record of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae), in Chinese mainland [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2022, 21 (6): 2–6.
- Conant P, Hirayama C. *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae): Established on the Island of Hawaii [J]. *Bishop Museum Occasional Papers*, 2000, 64 (2): 1.
- de Souza ALB, Delabie JHC, Fowler HG. *Wasmannia* spp. (Hym., Formicidae) and insect damages to cocoa in Brazilian farms [J]. *Journal of Applied Entomology – Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie*, 1998, 122 (6): 339–341.
- Deblauwe I, Dekoninck W. Diversity and distribution of ground – dwelling ants in a lowland rainforest in southeast Cameroon [J]. *Insectes Sociaux*, 2007, 54 (4): 334–342.
- del Carmen Cuezco F, Calcaterra L, Chifflet L, *et al.* *Wasmannia forel* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae) in Argentina: Systematics and distribution [J]. *Sociobiology*, 2015, 62 (2): 246–265.
- Delabie JHC, Cazorla IM. Damage caused by *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae) in the production of cocoa [J]. *Agrotropica*, 1991, 3 (1): 53–57.
- Deyrup M, Davis L, Cover S. Exotic ants in Florida [J]. *Transactions of the American Entomological Society*, 2000: 293–326.
- Dhang P. Urban Pest Management: An Environmental Perspective [M]. UK, CABI, 2011.
- dos Santos PF, Fonseca AR, Sanches NM. Ants (Hymenoptera: Formicidae) as vectors for bacteria in two hospitals in the municipality of Divinópolis, State of Minas Gerais [J]. *Revista Da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical*, 2009, 42 (5): 565–569.
- Emery C. Über die Herkunft der Pharao – Ameise [J]. *Biologisches Centralblatt*, 1893, 13: 435–436.
- Espadaler X, Pradera C, Santana JA. The first outdoor – nesting population of *Wasmannia auropunctata* in continental Europe (Hymenoptera, Formicidae) [J]. *Iberomyrmex*, 2018, 10: 1–8.
- Fabres G, Brown WL. Recent introduction of pest ant *Wasmannia auropunctata* into New Caledonia [J]. *Journal of the Australian Entomological Society*, 1978, 17: 139–142.
- Fasi J, Brodie G, Vanderwoude C. Increases in crop pests caused by *Wasmannia auropunctata* in Solomon Islands subsistence gardens [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2013, 137 (8): 580–588.
- Federman R, Carmel Y. Predicting the potential distribution of the little fire ant (*Wasmannia auropunctata*) in Israel [J]. *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 2010, 56 (1): 82–83.
- Follett PA, Porcel S, Calcaterra LA. Effect of irradiation on queen survivorship and reproduction in the invasive fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) and a proposed phytosanitary

- irradiation treatment for ants [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2016, 109 (6): 2348 – 2354.
- Foucaud J, Jourdan H, Breton JL, *et al.* Rare sexual reproduction events in the clonal reproduction system of introduced populations of the little fire ant [J]. *Evolution*, 2006, 60 (8): 1646 – 1657.
- Foucaud J, Orivel J, Loiseau A, *et al.* Worldwide invasion by the little fire ant: Routes of introduction and eco-evolutionary pathways [J]. *Evolutionary Applications*, 2010, 3 (4): 363 – 374.
- Griffiths JT, Thompson WL. The use of DDT on citrus trees in Florida [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1947, 40 (3): 386 – 388.
- Hara AH, Aoki KL, Cabral SK, *et al.* Attractiveness of gel, granular, paste, and solid formulations of ant bait insecticides to the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) [J]. 2014, 46: 45 – 54.
- Hara AH, Cabral SK, Niino – Duponte RY, *et al.* Bait insecticides and hot water drenches against the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae), infesting containerized nursery plants [J]. *Florida Entomologist*, 2011, 94 (3): 517 – 526.
- Harris RJ, Barker G. Relative risk of invasive ants (Hymenoptera: Formicidae) establishing in New Zealand [J]. *New Zealand Journal of Zoology*, 2007, 34 (3): 161 – 178.
- Holway DA, Lach L, Suarez AV, *et al.* The causes and consequences of ant invasions [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2002, 33 (1): 181 – 233.
- Ikin R. Solomon Islands cocoa tree – ant [J]. *Quarterly Newsletter, FAO Asia and Pacific Plant Protection Commission*, 1984, 27: 8.
- Jourdan H, Sadlier RA, Bauer AM. Little fire ant invasion (*Wasmannia auropunctata*) as a threat to New Caledonian lizards: Evidences from a sclerophyll forest (Hymenoptera: Formicidae) [J]. *Sociobiology*, 2001, 38 (3A): 283 – 301.
- Jucker C, Rigato F, Regalin R. Exotic ant records from Italy (Hymenoptera, Formicidae) [J]. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 2008, 40 (1): 99 – 107.
- Keifer H. Systematic entomology [J]. *Calif. Dept. Agric. Bull.*, 1937, 26: 433 – 435.
- Kirschenbaum R, Grace JK. Agonistic interactions of four ant species occurring in Hawaii with *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) [J]. *Sociobiology*, 2007, 50 (2): 643 – 651.
- Le Breton J, Chazeau J, Jourdan H. Immediate impacts of invasion by *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) on native litter ant fauna in a New Caledonian rainforest [J]. *Austral Ecology*, 2003, 28 (2): 204 – 209.
- Le Breton J, Dejean A, Snelling G, *et al.* Specialized predation on *Wasmannia auropunctata* by the army ant species *Neivamyrmex compressinodis* [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2007, 131 (9 – 10): 740 – 743.
- Lee CC, Hsu PW, Hsu FC, *et al.* First record of the invasive little fire ant (*Wasmannia auropunctata*) (Hymenoptera: Formicidae) in Taiwan: Invasion status, colony structure, and potential threats [J]. *Formosan Entomologist*, 2021, 41 (3): 172 – 181. [李锦城, 徐伯玮, 许峰铨, 等. 光点小火蚁 (*Wasmannia auropunctata*) (膜翅目: 蚁科): 台湾新记录之入侵蚂蚁及其潜在威胁 [J]. 台湾昆虫, 2021, 41 (3): 172 – 181]
- Lopez UMdP, Arcila AM, Chacon de Ulloa P. Absence of the parasitoid *Oraesema minutissima* (Howard) in populations of the ant *hormiga Wasmannia auropunctata* (Roger) in south – west Colombia [J]. *Boletin del Museo de Entomologia de la Universidad del Valle*, 2008, 9 (1): 17 – 21.
- Lubin YD. Changes in the native fauna of the Galapagos Islands following invasion by the little red fire ant, *Wasmannia auropunctata* [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1984, 21 (1 – 2): 229 – 242.
- Mao MF, Chen SQ, Ke ZY, *et al.* Using MaxEnt to predict the potential distribution of the little fire ant (*Wasmannia auropunctata*) in China [J]. *Insects*, 2022, 13 (11): 1008.
- Marques APC, Ale-Rocha R, Rafael JA. House infesting ants (Hymenoptera: Formicidae) in the city of Manaus, Amazonas State, Brazil [J]. *Acta Amazonica*, 2002, 32 (1): 133 – 139.
- Michaud B. Atypical keratopathy in three cats with the same owner [J]. *Point Veterinaire*, 2010, 41 (303): 59 – 60.
- Mikheyev A, Bresson S, Conant P. Single-queen introductions characterize regional and local invasions by the facultatively clonal little fire ant *Wasmannia auropunctata* [J]. *Molecular Ecology*, 2009, 18 (14): 2937 – 2944.
- Naumann K. An occurrence of two exotic ant (Formicidae) species in British Columbia [J]. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 1994, 91: 69 – 70.
- Osburn MR. DDT to control the little fire ant [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1945, 38 (2): 167 – 168.
- Osburn MR. Tests of parathion for control of the little fire ant [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1949, 42 (3): 542.
- Rapp G. Introduction of the fire ant *Wasmannia auropunctata* into Vanuatu [J]. *Ag. Alert*, 1999, 18: 1.
- Roger J. Dieneu aufgeführten Gattungen und Arten meines Formiciden-Verzeichnisses nebst Ergänzung einiger früher gegebenen Beschreibungen [J]. *Berliner Entomologische Zeitschrift*, 1863, 7 (1 – 2): 131 – 214.
- Rosselli D, Wetterer JK. Stings of the ant *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) as cause of punctate corneal lesions in humans and other animals [J]. *Journal of Medical Entomology*, 2017, 54 (6): 1783 – 1785.
- Suarez Sotolongo M. Fungal diseases of citrus [J]. *Memoria, Estacion Experimental de Citricos, Jaguey Grande Matanzas, Cuba.*, 1990, 20: 72 – 82.
- Tindo M, Mbenoun Masse P, Kenne M, *et al.* Current distribution and population dynamics of the little fire ant supercolony in Cameroon [J]. *Insectes Sociaux*, 2012, 59 (2): 175 – 182.
- Ulloachacon P, Cherix D. Perspectives of chemical control of the little fire ant *Wasmannia auropunctata* with juvenile hormone analogs.

- In: Actes Des Colloques Insectes Sociaux [C]. Toulouse: Impr. Université Paul Sabatier, 1989: 187 – 194.
- Van Zwaluwenburg RH. Insects affecting coffee in Porto Rico [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1917, 10: 513 – 517.
- Vanderwoude C. Operational plan for management of *Wasmannia auropunctata* (little fire ant) in East Sepik Province, Papua New Guinea [R]. *VCL New Zealand*, 2008.
- Vanderwoude C, Penniman T, Paracuelles K, *et al.* Operational plan for management of *Wasmannia auropunctata* (little fire ant) on the island of Maui, Hawaii [R]. 2009.
- Vonshak M, Dayan T, Ionescu – Hirsh A, *et al.* The little fire ant *Wasmannia auropunctata*: A new invasive species in the Middle East and its impact on the local arthropod fauna [J]. *Biological Invasions*, 2010, 12: 1825 – 1837.
- Walker KL. Impact of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*, on native forest ants in Gabon [J]. *Biotropica*, 2006, 38 (5) : 666 – 673.
- Walsh PD, Henschel P, Abernethy KA. Logging speeds little red fire ant invasion of Africa [J]. *Biotropica*, 2004, 36 (4) : 637 – 640.
- Wetterer JK. Alien ants of the Pacific islands [J]. *Aliens*, 1997, 6: 3 – 4.
- Wetterer JK. Worldwide spread of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) [J]. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2013, 6 (3) : 173 – 184.
- Wetterer JK, Porter SD. The little fire ant, *Wasmannia auropunctata*: Distribution, impact and control [J]. *Sociobiology*, 2003, 41 (3) : 1 – 41.
- Wetterer JK, Walsh PD, White LJT. *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae) , a destructive tramp ant, in wildlife refuges of Gabon [J]. *African Entomology*, 1999, 7 (2) : 292 – 294.
- Williams DF, Whelan PM. Bait attraction of the introduced pest ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) in the Galapagos Islands [J]. *Journal of Entomological Science*, 1992, 27 (1) : 29 – 34.
- Xu Y, Vargo EL, Tsuji K, *et al.* Exotic ants of the Asia – Pacific: Invasion, national response, and ongoing needs [J]. *Annual Review of Entomology*, 2022, 67: 27 – 42.
- Zhao GM, Wang C. Lianyungang customs intercepted *Wasmannia auropunctata* for the first time in China [N]. *Jiangsu Economic News*, 2018. [赵光明, 王川. 连云港海关全国首次截获小火蚁 [N]. 江苏经济报, 2018]