



尹艳琼, 李向永, 谌爱东, 王德海, 李庆红, 韩伟君, 陈福寿, 赵雪晴, 李燕. 红火蚁入侵云南 10 年的发生状况与防控策略探析 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (6): 1356 - 1364.

红火蚁入侵云南 10 年的发生状况与防控策略探析

尹艳琼¹, 李向永¹, 谌爱东¹, 王德海², 李庆红²,
韩伟君², 陈福寿¹, 赵雪晴¹, 李燕^{2*}

(1. 云南省农业科学院农业环境资源研究所/云南省农业跨境有害生物绿色防控重点实验室, 昆明 650205;
2. 云南省植保植检站, 昆明 650034)

摘要: 重大危险性入侵害虫红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 在云南已发生 10 年了, 本文基于 2013 年 12 月至 2022 年 6 月云南省植保植检站统计报表统计数据, 分析了红火蚁在云南的分布情况、发生现状, 总结了防控成效及存在的主要问题, 并对解决这些问题提出了一些建议, 以期对云南省红火蚁的防控提供参考。

关键词: 红火蚁; 入侵; 现状; 防控

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 06-1356-09

Analysis of the occurrence and management of redimported fire ants *Solenopsis invicta* Buren in Yunnan after it invading for 10 years

YIN Yan-Qiong¹, LI Xiang-Yong¹, CHEN Ai-Dong¹, WANG De-Hai², LI Qing-Hong², HAN Wei-Jun², CHEN Fu-Shou¹, ZHAO Xue-Qin¹, LI Yan^{2*} (1. Key Laboratory of Green Prevention and Control of Agricultural Transboundary Pests of Yunnan Province, Agricultural Environment and Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 2. Yunnan Plant Protection and Quarantine Station, Kunming 650034, China)

Abstract: The major dangerous invasive pest *Solenopsis invicta* Buren has been occurring in Yunnan for 10 years. Based on the statistical data of Yunnan Plant Protection and Quarantine Station of the statistical statements from December 2013 to June 2022, we analyzes the distribution and occurrence status of the red fire ant in Yunnan, summarizes the prevention and control effects and main problems, and hopes to provide guidance for the control of the spread and prevention of the red fire ant in Yunnan.

Key words: *Solenopsis invicta*; invasion; current situation; prevention and control

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 原产于南美洲, 自 20 世纪 30 年代传入美国南部后, 以每年 198 km 的速度向外扩散 (Morrill, 1974); 70 ~ 80 年代入侵波多黎各; 2001 年在新西兰和澳大利亚被发现; 2003 年首次在中国台湾省 (曾玲等, 2005a), 2004 年底在广东、广西和湖南部分地区

陆续被发现 (曾玲等, 2005b), 红火蚁传入中国大陆后局域扩散速度慢, 长距离传播扩散速度较快 (陆永跃等, 2008), 传播速度 48.1 km/年 (陆永跃等, 2014)。2021 年红火蚁在 12 个省 (区、市) 的 534 个县 (市、区) 发生 42.14 万 ha, 比 2020 年增加 4.27 万 ha、增幅 11.3%, 新增疫情

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2021YFD1000500)

作者简介: 尹艳琼, 女, 1977 年生, 硕士, 研究员, 研究方向为农业昆虫与害虫防治, E-mail: yinyq1977@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 李燕, 女, 1976 年生, 硕士, 研究员, 主要从事害虫防治研究, E-mail: 773756160@qq.com

收稿日期 Received: 2022-08-27; 接受日期 Accepted: 2022-09-23

发生县级行政区 128 个 (新华网, 2022)。

2013 年 10 月在云南省楚雄州元谋县首次发现红火蚁 (张红梅等, 2019), 截至 2018 年 12 月, 5 年时间, 入侵了西双版纳、德宏、临沧、文山、红河、昆明等 11 个州市 46 个县区 (李燕, 2021)。红火蚁传播速度快, 适生范围广, 云南大部分地区是红火蚁的适生区 (杜予州等, 2007; 陈晓燕等, 2015), 红火蚁一旦迁入新的地区, 短时间内就能暴发 (陆永跃和曾玲, 2015), 而且 4~5 年内随着入侵时间的延长, 疫区面积、蚁巢发生面积呈指数增大 (陆永跃等, 2008)。据此推断, 红火蚁在云南省当前及今后一定时期内仍将处于快速扩张蔓延阶段, 防治形势严峻。红火蚁的扩散蔓延是红火蚁难防难控的重要因素, 本文对红火蚁入侵云南历史数据进行分析, 总结入侵 10 年来红火蚁在云南的发生现状、发生趋势和防控成效, 分析存在的问题, 以期对云南省科学防控红火蚁提供依据。

1 调查研究方法

参照 GB/T23626-2009《红火蚁疫情监测规程》开展疫情监测, 各州、市设立监测点, 建立监测月报制度, 报送云南省植保植检站。本文根据云南省植保植检站提供的年报表数据分析红火蚁在云南的发生现状、入侵扩散过程、发展趋势等。

2 结果与分析

2.1 红火蚁在云南的发现过程

2013 年 10 月, 楚雄州元谋县高速公路绿化带发现有攻击性较强的蚂蚁, 并经过国内专家鉴定确定为红火蚁, 同年 12 月, 在昆明市宜良县发现, 2013 年全省合计发生面积 1 733.33 ha。云南省农业农村厅高度重视, 组成了由云南省植保植检站牵头有云南省农业科学院和云南农业大学参加的“省红火蚁防控领导小组”和“省红火蚁防控专家组”, 并发文《云南省人民政府办公厅关于加强红火蚁防控工作的通知》(云府办明电[2014] 32 号), 要求在全省开展普查。通过普查, 2014 年发现在红火蚁在西双版纳州、普洱市、玉溪市、楚雄州、文山州、瑞丽市等 9 个州市 38 个县发生 (多腊英等, 2017; 谢春华等, 2017;

胡文兰等, 2018), 主要发生区域为绿化带和草坪, 发生面积 3 061.67 ha。

2.2 红火蚁在云南的发生现状

2.2.1 红火蚁在云南发生面积大, 发生范围广

截至 2022 年 6 月, 据农业部门提供数据, 云南省 16 个州市, 除迪庆州和怒江州 2 个州市未上报发现发生外, 红火蚁在 14 州 (市)、75 个县发生 (图 1), 占比达 58.14%, 发生面积为 27 186.67 ha, 其中重度发生 (4~5 级) 1 520.00 ha, 占总发生面积的 5.58%; 中等发生 (2~3 级) 面积 12 433.33 ha, 占总发生面积的 45.72%; 轻发生 (1 级及以下) 13 240.00 ha, 占总发生面积 48.70%。在 75 个发生县 (区) 中, 德宏州芒市发生面积最大为 7 933.33 ha, 其次是保山市隆阳区 5 773.33 ha, 发生面积也超过 1 000 ha 的有红河州蒙自市、玉溪市华宁县、西双版纳州景洪市、德宏州瑞丽、临沧市云县、昆明东川区、普洱思茅区、楚雄州楚雄市、临沧市双江、红河州建水县 10 个县 (区) (表 1)。

2.2.2 红火蚁在云南的发生呈点片状分散分布

红火蚁在西双版纳州的景洪市、玉溪市的澄江市和红塔区辖区所有乡镇、街道 100% 发生, 全境发生; 在曲靖市麒麟区、西双版纳州勐腊县、楚雄州永仁县、德宏州芒市 4 个县辖区红火蚁发生的乡镇、街道达 80% 以上, 红火蚁普遍发生; 在昆明市的东川区、呈贡区、宜良县, 楚雄州的元谋县, 玉溪市的江川区, 红河州的个旧市、建水县、开远市和蒙自市, 文山州的文山市和砚山县, 11 个县辖区红火蚁发生的乡镇、街道占 50% 以上, 其余地区点状零星发生 (表 1)。

2.2.3 红火蚁在云南的发生南部重于北部、低海拔地区重于高海拔地区

南部德宏州、临沧市、西双版纳州、普洱市、红河州、文山州普遍发生, 中部昆明、玉溪、楚雄、保山红点片状分散发生, 大理、丽江、曲靖、昭通少量县区零星发生, 怒江和香格里拉未发现发生 (图 1)。低海拔地区和低热河谷区气候适宜是红火蚁发生的重灾区, 如最早发现发生元谋属于低热河谷区, 发生面积较大的县 (区) 芒市、蒙自市、景洪市、瑞丽、双江等都属于低海拔区, 红火蚁入侵后适应性逐步加强, 向着局限区域发展, 2020 年在丽江市玉龙县奉科镇梨园村高海拔 2 900 m 处发现蚁巢。

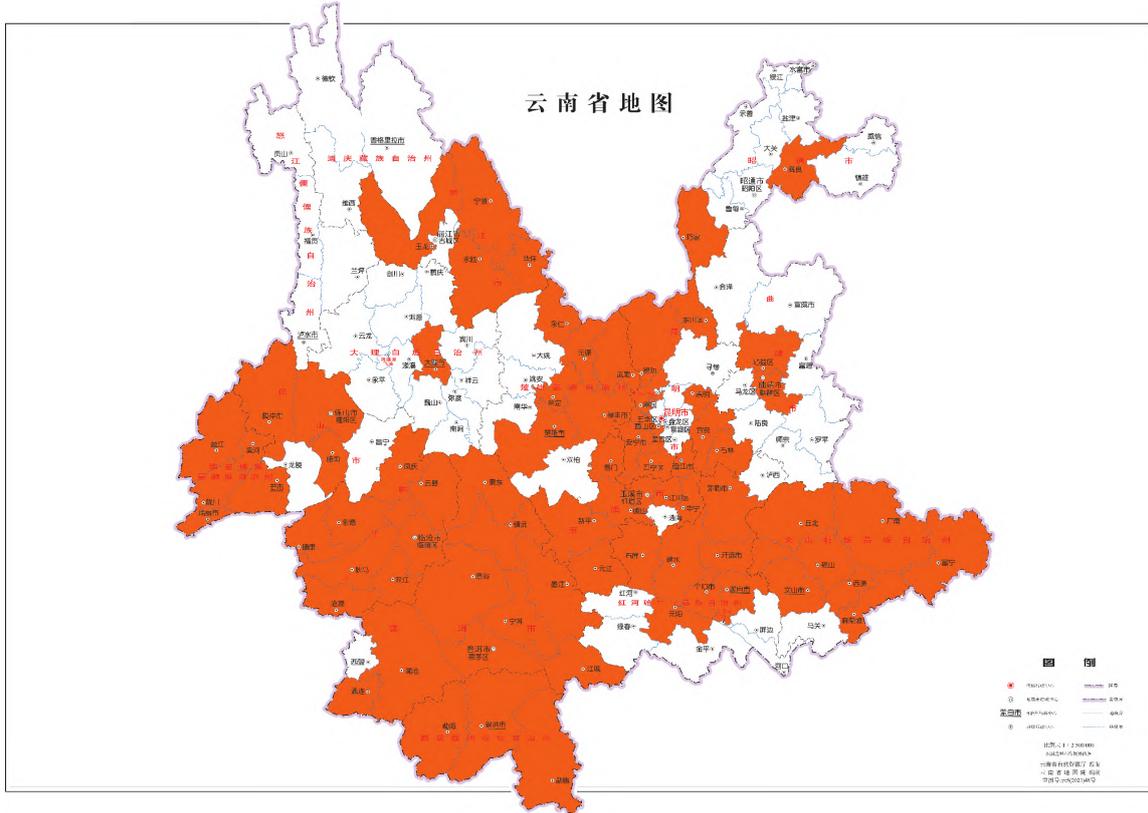


图 1 云南省红火蚁发生分布情况 (2022 年 6 月)

Fig. 1 Occurrence and distribution of *Solenopsis invicta* in Yunnan (June 2022)

注: 该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为云 S (2021) 48 号的标准地图制作, 底图无修改。红色代表已发生县。Note: The map was made based on the standard map No. Yun S (2021) 48 downloaded from the standard map service website of the National Administration of Surveying, Mapping and Geo information, and the base map was not modified. Red represented counties that had occurred.

2.2.4 红火蚁的发生城区重于农田、林地, 经济发达县区重于偏远地区

红火蚁首次在元谋县高速公路绿化带发现, 受苗木、草坪草调运等因素影响, 红火蚁在云南省的分布主要在新建湿地、公园、绿化带等地,

农田、林地发生相对较轻, 农地主要发生在田埂、沟边、荒地等。在全省发生的 14 州 (市) 中, 州府所在地发生面积基本都重于其他县区, 偏远地区较轻发生或不发生 (表 1)。

表 1 云南省红火蚁各地级市发生分布区
Table 1 *Solenopsis invicta* occurrence and release areas in Yunnan Province
(截至 2021 年 5 月 31 日 As of May 31, 2021)

州 (市) State	发生县 (市、区) County	总乡镇数 (个) Total number of townships	已发生乡镇数 (个) Number of townships that have occurred	占比 (%) Account for	发生面积 (ha) Occurrence area
昆明市 Kunming	西山区 Xishan	9	1	11.11	22.67
	东川区 Dongchuan	8	5	62.50	1 455
	呈贡区 Chenggong	10	6	60.00	162
	宜良县 Yiliang	8	5	62.50	10.4
	石林县 Shilin	5	2	40.00	57.33
	禄劝县 Luquan	18	1	5.56	0.87

续表 2 Continued table 2

州(市) State	发生县(市、区) County	总乡镇数(个) Total number of townships	已发生乡镇数(个) Number of towns that have occurred	占比(%) Account for	发生面积(ha) Occurrence area
昭通市 Zhaotong	官渡区 Guandu	10	4	40.00	-
	富民县 Fumin	7	1	14.29	-
	盘龙区 Panlong	12	1	8.33	-
	安宁市 Anning	9	5	55.56	13.33
曲靖市 Qujing	巧家县 Qiaojia	16	1	6.25	-
	麒麟区 Qilin	11	10	90.91	226.67
楚雄州 Chuxiong	沾益区 Zhanyi	11	3	27.27	353.33
	楚雄市 Chuxiong	19	4	21.05	1 333.33
	双柏县 Shuangbai	8	1	12.50	-
	永仁县 Yongren	7	6	85.71	60.47
	元谋县 Yuanmou	10	7	70.00	533.33
	牟定县 Muding	7	3	42.86	50
	大姚县 Dayao	12	3	25.00	-
	武定县 Wuding	11	2	18.18	130
	禄丰县 Lufeng	14	1	7.14	-
	玉溪市 Yuxi	澄江市 Chengjiang	6	6	100.00
红塔区 Hongta		11	11	100.00	411.93
江川区 Jiangchuan		7	5	71.43	411.61
通海县 Tonghai		9	1	11.11	-
新平县 Xinping		12	1	8.33	-
红河州 Honghe	个旧市 Gejiu	10	7	70.00	373.33
	建水县 Jianshui	14	7	50.00	1 104.13
	开远市 Kaiyuan	7	5	71.43	590.00
	蒙自市 Mengzi	11	7	63.64	3 666.67
文山州 Wenshan	石屏县 Shiping	9	3	33.33	292.67
	弥勒市 Mile	12	5	41.67	973.33
	富宁县 Funing	13	2	15.38	1.067
	广南县 Guangnan	18	2	11.11	480.53
	丘北县 Qiubei	12	4	33.33	597.53
	文山市 Wenshan	17	12	70.59	968.00
	砚山县 Yanshan	11	7	63.64	113.33
普洱市 Pu'er	景谷县 Jinggu	10	3	30.00	66.67
	澜沧县 Lancang	20	2	10.00	372.67
	墨江县 Mojiang	15	1	6.67	13.33

续表 2 Continued table 2

州 (市) State	发生县 (市、区) County	总乡镇数 (个) Total number of townships	已发生乡镇数 (个) Number of towns that have occurred	占比 (%) Account for	发生面积 (ha) Occurrence area
	宁洱县 Ning'er	9	2	22.22	200.00
	思茅区 Simao	7	3	42.86	1 333.33
	镇沅县 Zhenyuan	9	1	11.11	153.33
西双版纳州 Xishuangbanna	景洪市 Jinghong	11	11	100.00	2 026.67
	勐海县 Menghai	11	5	45.45	346.67
	勐腊县 Mengla	10	9	90.00	406.67
大理州 Dali	大理市 Dali	11	1	9.09	-
保山市 Baoshan	腾冲市 Tengchong	18	1	5.56	-
	隆阳区 Longyang	21	5	23.81	5 773.33
	施甸县 Shidian	13	1	7.69	66.67
	昌宁县 Changning	14	2	14.29	-
	龙陵县 Longling	10	4	40.00	-
德宏州 Dehong	梁河县 Lianghe	9	2	22.22	793.33
	陇川县 Longchuan	9	1	11.11	440.00
	芒市 Mangshi	12	10	83.33	7 933.33
丽江市 Lijiang	玉龙县 Yulong	16	1	6.25	1.04

2.3 红火蚁在云南的入侵扩散过程

红火蚁入侵后传播扩散速度快。2013 年首次在元谋县发现后,截至 2022 年 6 月底,发生县个数由 5 个增加到 75 个,发生面积由 1 733.33 ha 增加到 27 186.67 ha,增加了 15.68 倍,近 10 年间红火蚁发生面积呈指数增大。2014 全省普查新增发生县 33 个,2015-2017 年新增发生县 2~3 个,2017-2021 年发生县没有变化,2021 年、2022 年新增发生县分别为 14 个和 15 个(表 2)。

红火蚁入侵后增幅明显。2013 年 5 个县(区)发现发生,发生面积 1 733.33 ha,2014 年 38 个县(区)发现发生,发生面积 3 061.67 ha 增幅 76.64%,2017 年增幅达到最大,即红火蚁入侵云南的第 5 年,这 1 年的发生面积比 2013 年增加 13 447.16 ha、增幅 775.80%,比 2016 年增加 9 072.49 ha、增幅 148.53%,从 2018 年开始增长速度变缓慢。2020-2022 年的发生面积为农田、果园和农村生活区的发生面积,因此 2020 年的增

长出现了负值。2021 年全省加强了调查普查,发生面积出现了 74.13% 的增幅,新增疫情发生县级行政区 14 个,2022 年发生面积增幅 18.34%,新增疫情发生县级行政区 15 个(表 2)。

2.4 红火蚁在云南的发展趋势

比较了州级 12 个区域 2017-2021 年近 5 年红火蚁发生面积增长动态(图 2)。德宏州 2019 年,呈暴发态势,与 2017 年发生面积相比增幅达 281.25%,2020 年发生面积达 15 241 ha;文山州 2017-2019 年处于增长趋势,与 2017 年发生面积相比增幅达 169.37%,2020 年发生面积下降,主要原因是 2020 年开始发生面积统计农田、果园和农村生活区的面积,2020-2021 年增长速度得到遏制;临沧、版纳、普洱、文山、红河、保山、玉溪、曲靖、丽江 9 个地州处于增长态势;楚雄 5 年红火蚁发生面积变化不大。随着城镇建设,城市、乡村绿化苗木、草坪等调运频繁,红火蚁发生区域和范围有进一步扩散蔓延的发展趋势。

表 2 红火蚁在云南的历年发生与防治情况

Table 2 Occurrence and management of *Solenopsis invicta* in Yunnan over the year

年份 Year	发生县 (市、区) 数(个) Number of counties	发生面 积 (ha) Occurrence area	增幅 (%) Magnitude of increase	不同危害程度的发生面积 (ha) The occurrence area of different harm degree			防治面 积 (ha) Area of control	处置率 (%) Rate of disposal
				轻发生 (1级) Light occurrence (Level 1)	中等发生 (2~3级) Moderate occurrence (Level 2~3)	重度发生 (4~5级) Severe occurrence (Level 4~5)		
2013	5	1733.33	-	-	-	-	533.33	30.77
2014	38	3061.67	43.39	-	-	-	3020.13	98.64
2015	41	4814.00	36.40	-	-	-	4639.00	96.36
2016	43	6108.00	21.19	3523.33	2132.53	452.13	8386.67	137.31
2017	45	15180.49	59.76	8026.97	6211.06	942.47	24651.89	162.39
2018	46	16641.93	8.78	7139.80	7718.87	1783.27	51871.00	311.69
2019	46	20668.91	19.48	8746.84	9649.73	2272.33	34934.73	169.02
2020	46	13193.87	-56.66	5996.27	6414.87	782.73	14262.00	108.10
2021	60	22974.26	42.57	11461.05	10280.08	1233.13	24401.04	106.21
2022	75	27186.67	15.49	13240.00	1243.33	1520.00	11073.33	40.73

注: 2013-2019年统计上报的发生面积包含所有的生境, 2020-2022年统计上报的发生面积是发生在农田、果园和农村生活区的面积。Note: Occurrence area reported in 2013-2019 included all habitats, while occurrence area reported in 2020-2022 was the area in farmland, orchards and rural living areas.

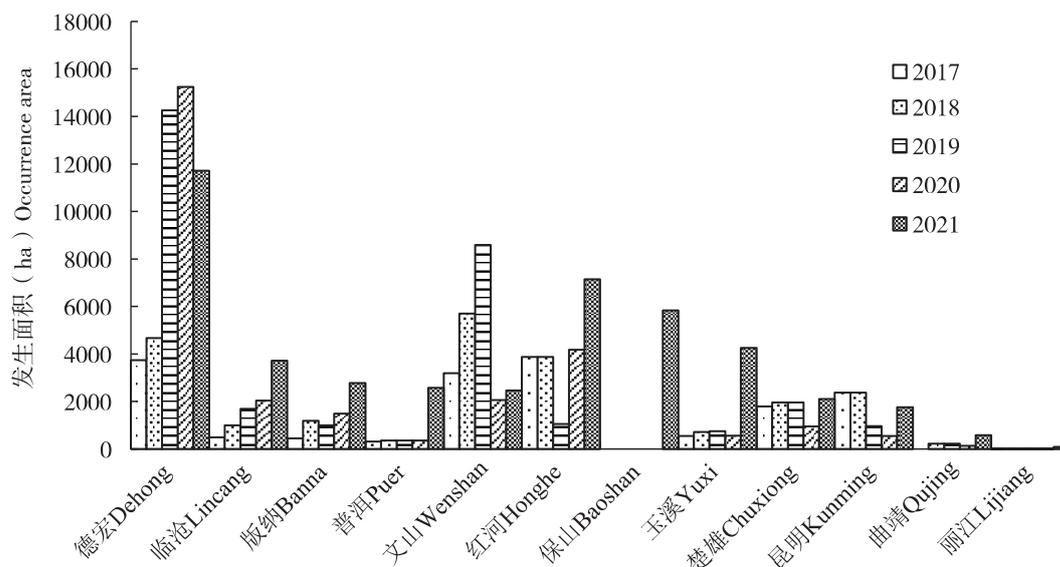


图 2 州级区域红火蚁发生面积增长动态 (2017-2021 年)

Fig. 2 Growth dynamics of *Solenopsis invicta* occurrence area in state-level regions (2017-2021)

3 云南防治红火蚁采取的措施及防控成效

2013 年在元谋县发现红火蚁疫情后, 2014 年云南省农业厅和省林业厅及时组织省州县三级植保和云南森防部门在全省开展普查, 云南省政府 6 月专门下发加强红火蚁防控的明传电报, 明确要求各州市县人民政府组织相关部门全面开展普查, 彻底摸清情况。按照《植物疫情报告管理办法》以快报、月报、年报的方式及时上报疫情。集成了“面上踏查 + 点上诱集”相结合的监测方法; 全面推广“点面结合、诱杀为主”的化学防治技术; 建立起购买专业化防控服务、统防统治和群防群治相结合的防控模式。红火蚁疫情发生后, 各级政府部门高度重视, 按照要求迅速组织云南省进行彻底摸排、监测和防治, 按照属地管理的原则, 以及红火蚁的分布区域, 农业、林业、城建等部门分别介入, 组织宣传培训, 普及防控知识, 开展红火蚁防治工作, 2014 - 2021 年总处置率都达到了 95% 以上, 有效缓解了红火蚁在云南的扩散蔓延。

4 存在问题

4.1 适生范围广, 红火蚁传播风险加剧

通过对红火蚁入侵云南省多指标综合评价体系的风险分析, 红火蚁在云南属高度风险的有害生物 (陈晓燕等, 2014), 除迪庆州和昭通市部分高海拔地区外均适宜红火蚁繁殖 (陈晓燕等, 2015)。红火蚁能通过自身婚飞、水流、气流等向周围传播, 很快形成高密度种群, 红火蚁除自然扩散传播外主要依靠苗木、花卉、草皮、肥料、土壤、废旧物品等长距离运输 (陆永跃等, 2019), 随着乡村振兴的推进, 人流、物流加大, 绿化苗木的调运, 红火蚁势必不断向偏远乡村扩散。目前云南红火蚁发生的生境类型由始发区的城市绿化带、苗圃、草坪扩散蔓延至城市郊区、农用地、荒地、农舍 (胡文兰等, 2018), 红火蚁传播风险加剧。

4.2 认识不足, 监测调查不到位

2021 年农业农村部等 9 部委联合发文, 牵头单位云南省农业农村厅对红火蚁的阻截防控工作方案提出了明确要求, 全省加强了调查普查, 发

生面积出现了 42.57% 的增幅, 新增疫情发生县级行政区 16 个。红火蚁入侵初期不易被觉察到, 等发现有明显的蚁丘时, 已经发生到一定程度, 加之认识的不足, 监测调查的不到位, 延误了治理的时机, 增加了防控的难度。

4.3 区域技术研究不足, 防治工作效率较低

云南省对红火蚁的防控技术研究薄弱, 全省防控省财政投入少, 主要依靠州、县投入, 依托基层职部门组织实施, 这样的防控局面存在技术不足、人力不足、资金不足、持续性差、监管不到位等多方面的问题, 即使各州 (市) 开展了大量防控工作, 面上处置率达到了 100%, 但防效也不理想。区域技术研究不足和防治工作效率较低是红火蚁传播势头仍未全面遏制的的关键问题。

4.4 群众参与防控意识不强, 防治面窄, 准确性差

通过大量的宣传培训, 红火蚁发生区的群众都认识了红火蚁, 对红火蚁的防控技术有了解, 但参与防控意识不强。红火蚁在云南发生面积大、发生范围广, 而且红火蚁在云南发生世代多、繁殖快、竞争力强, 加之尚无天敌 (陈婷等, 2022), 难形成自然控制, 其次红火蚁主要发生于荒坡、草地、长满杂草的田埂等较稳定的生态环境中 (曾玲等, 2005), 同时还可能有杂草、石头、树叶和树根等覆盖物, 因此, 依靠政府和职能技术部门的力量, 很难将所有的蚁巢都能找到并实行施药; 其次人力物力有限, 只能针对重点区域、重点地段开展防控, 防治面窄, 准确性差, 很难实现对红火蚁进行彻底的防治。

5 防控策略

5.1 严格落实防控职责, 实现源头管理

政府主导, 各部门联防联控, 明确属地责任。按照 2014 年云南省政府办公厅印发《关于加强红火蚁防控工作的通知》(云府办明电 [2014] 32 号) 明确的红火蚁阻截防控职能职责, 组织开展红火蚁监测调查与防控工作。根据 2021 年 5 月 8 日云南 9 厅局级联合印发《关于红火蚁阻截防控工作的通知》(云农种药 [2021] 9 号), 列出的红火蚁阻截防控工作清单和应施检疫的植物及植物产品清单严格开展阻截工作, 防止疫情传入, 从源头上控制红火蚁的进一步扩散, 降低传播风险。

5.2 加强疫情监测, 分类指导

春、秋季是红火蚁监测排查的最佳时期, 重点排查草坪、公园、堤坝、道路等居民生活区和农田, 摸清蚁巢分布情况, 建立台账。根据调查监测的结果, 按照“未发生区强化检疫监管阻截, 零星和新发生区立足扑灭, 普遍发生区综合治理、持续控制”的防控思路, 分类处置入侵红火蚁疫情。加强防控效果的评价检查督促, 杜绝不防、漏防或防控不到位现象, 确保各项防控措施落到实处。

5.3 加大政策扶持力度, 建立专业化的防控队伍

支持科研部门开展红火蚁防控技术攻关, 掌握云南红火蚁的发生危害规律、主要扩散途径、快速扩散原因, 制定防治技术, 丰富红火蚁的防治方法和技术。建立专业化的防控队伍, 走专业化、社会化之路, 是解决目前工作中普遍存在的人力缺乏、专业技术力量严重缺乏的有效途径(王超等, 2014)。

5.4 开展群防群控, 控制疫情扩散

加强科学普及培训, 一方面可以提高人们对红火蚁的了解程度和防患意识, 消除人们的恐惧心里, 另一方面可以提高对红火蚁的发现率和防治率, 群防群控、精准防控, 减轻了红火蚁的各种危害, 节约了防治成本, 减少了化学杀虫剂的使用(罗礼智, 2005), 扩大了防治面积。云南丘北县 2022 年开展防控 1 920 hm² 次, 其中通过组织发动县、乡、村组干部职工、村组和社区群众开展群防群治 1 666.67 hm² 次, 占总防治面积 80.81%, 有效减缓了红火蚁疫情传播蔓延速度(李晋海等, 2022)。

参考文献 (References)

Chen T, Tan SS, Wen JJ, *et al.* The occurrence and control measures of *Solenopsis invicta* Buren in Guangdong Province [J]. *Plant Quarantine*, 2022, 36 (2): 78–81. [陈婷, 谭思思, 温锦君, 等. 广东省红火蚁发生危害现状与防控对策 [J]. 植物检疫, 2022, 36 (2): 78–81]

Chen XY, Ma P, Li YC, *et al.* The prediction on potential distribution of *Solenopsis invicta* in Yunnan Province based on CLIMEX and ArcGIS [J]. *Plant Quarantine*, 2015, 29 (3): 34–39. [陈晓燕, 马平, 李永川, 等. 基于 CLIMEX 和 ArcGIS 预测红火蚁在云南的潜在适生区 [J]. 植物检疫, 2015, 29 (3): 34–39]

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 Biosafety*, 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]

China.com, 2022-03-29 21:21:00 [EB/OL]. <https://news.china.com/domesticzq/13004215/20220329/41808897.html>. [中华网, 2022-03-29 21:21:00 [EB/OL]. <https://news.china.com/domesticzq/13004215/20220329/41808897.html>]

Du YZ, Gu J, Guo JB, *et al.* Study on the potential distribution area of invasive alien pest redimported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40 (1): 99–106. [杜予州, 顾杰, 郭建波, 等. 入侵害虫红火蚁在中国的适生性分布研究 [J]. 中国农业科学, 2007, 40 (1): 99–106]

Duo LY, Zhang T, Xu SW, *et al.* Red imported fire ant hazard survey and prevention and control countermeasures in Ruili [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2017, 2: 49–51. [多腊英, 张婷, 许叁卫, 等. 瑞丽市红火蚁危害概况及防控对策 [J]. 云南农业科技, 2017, 2: 49–51]

Hu WL, Zhao Z, Gao W, *et al.* Cause analysis of occurrence and spread of red imported fire ant in Wenshan Prefecture and prevention and control measures [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2018, Suppl.: 119–120. [胡文兰, 赵芝, 高伟, 等. 文山州红火蚁的发生及扩散原因分析和防控对策 [J]. 云南农业科技, 2018, 增刊: 119–120]

Li JH, Wang LH, Zhu XS, *et al.* Practice and thinking of red imported fire ant prevention and control in Qiubei County, Yunnan Province [J]. *China Plant Protection Guide*, 2022, 42 (2): 89–91. [李晋海, 王兰花, 朱学松, 等. 云南省丘北县红火蚁防控工作实践与思考 [J]. 中国植保导刊, 2022, 42 (2): 89–91]

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]

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, 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. Long-distance spreading speed and trend prediction of red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren, in mainland China [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41 (10): 70–72. [陆永跃. 中国大陆红火蚁远距离传播速度探讨和趋势预测 [J]. 广东农业科学, 2014, 41 (10): 70–72]

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, 许益鏖, 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]

- Luo LZ. Considerations and suggestions on managing the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren in China [J]. *Plant Protection*, 2005, 31 (2): 5-8. [罗礼智. 基于控制我国红火蚁危害的几点思考 [J]. 植物保护, 2005, 31 (2): 5-8]
- Morrill WL. Dispersal of red imported fire ants by water [J]. *Florida Entomologist*, 1974, 57: 39-42.
- Wang C, Li SL, Lu YY. Discussion of management strategy and method for red imported fire ant based on cognitive level assessment [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41 (10): 232-236. [王超, 李慎磊, 陆永跃. 基于认知程度评估的红火蚁管理策略与方式探讨 [J]. 广东农业科学, 2014, 41 (10): 232-236]
- Wang FX, Wang L, Li XN, et al. Red imported fire ant epidemic surveillance regulation [S]. [王福祥, 王琳, 李小妮等. 红火蚁疫情监测规程 [S]. (GB/T23626-2009).
- Xie CH, Gao WH, Huang XD, et al. Risk assessment for alien invasive species *Solenopsis invicta* in Mengla County [J]. *Forest Inventory and Planning*, 2017, 42 (5): 78-83. [谢春华, 高伟华, 黄旭东, 等. 外来有害生物红火蚁入侵勐腊县的风险评估 [J]. 林业调查规划, 2017, 42 (5): 78-83]
- Zeng L, Lu YY, Chen ZN, et al. Monitoring and Control of Red Imported Fire Ants [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2005. [曾玲, 陆永跃, 陈忠南, 等. 红火蚁监测与防治 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2005]
- 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*, 2005, 42 (2): 144-148, 230-231. [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, 2005, 42 (2): 144-148, 230-231]
- Zhang HM, Wang Y, Chen ZQ, et al. Population characteristics of *Solenopsis invicta* in Kunming [J]. *Journal of Biosafety*, 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]