

滇中温带地区红火蚁防治方法及效果评价

赵雪晴¹ 刘莹¹ 李向永¹ 陈福寿¹ 李燕² 尹艳琼¹ 张红梅¹ 王燕¹ 谌爱东^{1*}

(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 云南昆明 650205; 2.云南省植保植检站)

Control methods and effects evaluation of red imported fire ant in the temperate zone of central Yunnan. Zhao Xueqing¹, Liu Ying¹, Li Xiangyong¹, Chen Fushou¹, Li Yan², Yin Yanqiong¹, Zhang Hongmei¹, Wang Yan¹, Chen Aidong^{1*} (1. Institute of Agricultural Resources and Environment / Key Laboratory of Green Prevention and Control of Agricultural Transboundary Pests of Yunnan Province, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 2. Yunnan Plant Protection and Plant Quarantine Station)

Abstract In order to screen the best method to control the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, in the central Yunnan temperate zone of high altitude, three different forms of pesticide were used to compare the "disturbing and scattering method" and the "assistant spraying and pouring nest method" with the ordinary scattering method and the spraying and pouring nest method to explore the effects of different methods on the reduction rate of worker ants of *S. invicta* and the eradication effect of ant nests. The results were as follows: using baits and powders, the reduction rate of worker ants and the eradication of ant nests with the "disturbing and scattering method" and the "assistant spraying and pouring nest method" were higher than those by ordinary scattering method and ordinary spraying and pouring nest method. The "disturbing and scattering" with baits and the "assistant spraying and pouring nest" with solution had the best preventive effect at 3 d and 10 d after treatment, and the reduction rate of worker ants was 100% and the control effect on the tested ant nests was also 100%. The ordinary application of powder was the least effective method. The reduction rate of worker ants and control effect on the ant nests were 65.67%, 59.62% and 25%, 25%, respectively. The "assistant spraying and pouring nest method" with liquid pesticides and the "disturbing and scattering method" with bait is relatively thorough on eradication effect of the red imported fire ant, so it is recommended for use. The effect of ordinary scattering method with powder is poor and is not recommended for use. Other methods can be used as alternate methods.

Keywords *Solenopsis invicta*; pesticide form; application method; control effect

摘要 为筛选滇中温带高海拔地区红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)的最佳防治方法,本研究选用不同剂型的3种药剂,分别使用“惊扰撒施”法、药液“辅助喷淋灌巢”法与普通撒施法和喷淋灌巢法进行比较,探索不同方法对红火蚁工蚁减退率的影响和对蚁巢的灭除效果。结果表明:饵剂、粉剂使用“惊扰撒施”法和药液“辅助喷淋灌巢”法,对工蚁减退率和蚁巢的灭除效果均高于普通撒施法和喷淋灌巢法;药后3 d、10 d,饵剂“惊扰撒施”法和药液“辅助喷淋灌巢”法灭除效果最好,工蚁减退率和蚁巢防效均为100%;粉剂普通撒施法灭除效果最差,工蚁减退率和蚁巢防效分别为65.67%、59.62%和25.00%、25.00%。药液“辅助喷淋灌巢”法和饵剂“惊扰撒施”法对红火蚁的灭除效果较为彻底,值得推广应用,粉剂普通撒施法效果较差,不建议使用,其他方法可作备选方法轮换使用。

关键词 红火蚁;药剂剂型;施用方法;防治效果

中图分类号 S43 **文献标识码** A **DOI**: 10.19662/j.cnki.issn1005-2755.2023.03.011

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD1000500);云南省重大科技专项计划(202102AE090003);云南农业跨境重大有害生物协同绿色防控创新团队(202005AE16003);云南省财政专项(2022CZ002)

第一作者:研究员,研究方向为农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: snow.xue-5@163.com

*通信作者:研究员,研究方向为农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: shenad68@163.com

收稿日期:2023-02-02

红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)隶属于膜翅目(Hymenoptera)蚁科(Formicidae)^[1],原产于南美洲巴拉那河流域,是一种攻击性极强的社会性昆虫,被世界自然保护联盟(IUCN)收录为最具破坏力的入侵生物之一,对世界大部分区域构成入侵威胁^[2-3]。2013年10月,云南省元谋县首次发现红火蚁入侵,之后全省多个州市先后报道发现且发生范围逐年递增。2022年6月,云南省在去年同期的基础上又新增了7个县区发现红火蚁,全省发生总面积达到27186.67 hm²,大有向北扩散的趋势。云南地势地貌复杂,海拔差异悬殊,涵盖了热带、亚热带、温带、寒带等气候类型。陈晓燕等^[4]把云南红火蚁适生性分为5个等级,滇中高海拔区属于中、低度适生区,滇西北和东北高海拔区为非适生区。但实际上红火蚁除在云南南部热带和亚热带低热、干热河谷区严重发生外,滇中温带高海拔中低度适生区也存在为害级别较高的发生区域。

红火蚁是典型的外来入侵生物,防治难度极大,入侵中国后多个科研机构相继开展了防治和灭除试验研究^[5-17],也筛选出多种对红火蚁有防治效果的药剂^[18-26]。其中饵剂、粉剂撒施和药液灌巢是红火蚁防治应用得最多的方法,在低海拔区均有较好的防效表现。但针对剂型的施用方法研究却少有报道,因此本试验基于同行的研究结果,综合考量云南温带高原生态区的气候特点和红火蚁种群动态规律,对

比了2种药液灌巢方法和2种饵剂、粉剂施用方法对红火蚁工蚁减退率的影响及其对蚁巢的灭除效果,以期为该区域红火蚁的综合治理提供更加科学、高效、实用的防治方法。

1 材料与方法

1.1 试验区基本情况

供试区位于昆明市盘龙区瀑布公园附近的绿化带(25°7'28"N,102°45'44"E,海拔1 920 m)。供试面积大于7 000 m²,试验区绿化草坪与玫瑰花带状相间种植,试验小区设在绿化草坪上。

1.2 试验区外围情况

试验区外围区域大部分为绿化草坪,有树木、绿化观赏植物和绿化造形矮树种植。与试验区有硬化小路相隔。

1.3 供试药剂

供试药剂:0.1%茚虫威饵剂EB(安徽喜丰收农业科技有限公司),0.1%高效氯氟菊酯粉剂DP(安徽喜丰收农业科技有限公司),10%高效氯氟菊酯水乳剂EW(陕西先农生物科技有限公司)。

1.4 试验处理

1.4.1 试验小区设置

试验共设6个处理,各处理占地约300 m²,以观赏玫瑰相隔,每处理12个蚁巢用白色插牌按序标记,每3个蚁巢为1组,共设4次重复,各处理如表1。

表1 剂型与施用方法

Tab.1 Pesticide dosage form and application method

处理 Treatment	药剂名称 Pesticide	剂型 Dosage form	施用方法 Application method	每巢商品药量 Amount of pesticide on each nest
饵剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with bait	0.1%茚虫威	EB	撒施+惊扰	30 g
饵剂普通撒施法 Scattering with bait	0.1%茚虫威	EB	撒施	30 g
粉剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with powder	0.1%高效氯氟菊酯	DP	撒施+惊扰	30 g
粉剂普通撒施法 Scattering with powder	0.1%高效氯氟菊酯	DP	撒施	30 g
药液“辅助喷淋灌巢”法 Assistant spraying and pouring nest with solution	10%高效氯氟菊酯	EW	辅助喷淋灌巢	2.5 mL
药液喷淋灌巢法 Spraying and pouring nest	10%高效氯氟菊酯	EW	喷淋灌巢	2.5 mL

1.4.2 施药方法

(1)饵剂、粉剂“惊扰撒施”法:在距蚁丘边缘30 cm处撒一个饵剂或粉剂闭合圈环,由外向内把圈环内部区域均匀撒满。饵剂处理时轻触蚁丘顶部,引诱工蚁出巢搬食;粉剂处理时尽量拨开丘顶,惊扰大量工蚁出巢并与粉剂充分接触。饵剂或粉剂每巢用量30 g。

(2)饵剂、粉剂普通撒施法:先在距蚁丘边缘30 cm

处撒施一个饵剂或粉剂闭合圈环,再在蚁丘表面均匀撒满饵剂和粉剂,之后不对蚁丘作任何处理,不人为惊扰工蚁出巢。饵剂或粉剂每巢用量30 g。

(3)喷淋灌巢法:使用电动喷雾器(喷头选用单头)在蚁丘周边30 cm处喷洒一圈药液,再从蚁丘顶部向巢内喷洒剩余药液。药液用量每巢5 kg。

(4)“辅助喷淋灌巢”法:使用电动喷雾器(喷头

为单头)先在蚁丘周边 30 cm 处喷洒一圈药液,再从蚁丘顶向巢内喷洒剩余药液,喷药同时用 1 根长度×直径约 120 cm×2~3 cm 的棍子(竹棍或 PVC 水管均可)顺药液方向往深处捅,协助药液下沉到蚁巢深入。药液用量每巢 5 kg。

1.4.3 施药条件和多余蚁巢处理。

施药当天晴朗微风,气温 20~27℃,药液灌巢时间上午 10 时前,饵剂和粉剂撒施时间为上午 10~12 时。药后 24 h 内没有降雨。处理区多余的蚁巢用黄色插牌标记并使用茛虫威饵剂(30 g/巢)“惊扰撒施”法处理。试验区以外的区域,面积约 3 hm² 以上,采用 10%高效氯氟氰菊脂(EW)“辅助喷淋灌巢”法处理蚁巢。

1.5 调查方法

施药前和药后 3 d、10 d、30 d、60 d 各调查 1 次活蚁巢数并用插牌标注,白色插牌为供试蚁巢,黄色插牌为多余蚁巢,用药后新出现的蚁巢用红色插牌标注。同时施药前和药后 3 d、10 d 各调查供试蚁巢的单巢活动工蚁数。

1.5.1 活动蚁巢

采用目测法按“U 形”规划路径调查。调查时用 30 cm 左右的小棍或竹签轻微震动蚁巢表面(药后将竹签从蚁丘顶部插入),60 s 内有 3 头(含 3 头)以上工蚁从巢内爬出即判定为活蚁巢,少于 3 头即判定为死巢。

1.5.2 工蚁数量调查

采用诱饵诱集法调查。超市购买直径 1.5 cm 的“双汇王中王”火腿肠,切成约 0.5 cm 薄片备用。选用 150 mL 一次性塑料杯作为诱集杯,将装有火腿肠薄片的诱集杯横置于供试蚁巢东南方向 5 cm 处。火腿肠薄片放置于杯口边缘 1~2 cm 处,杯口必需紧贴地面。每个蚁巢放置 1 个,诱饵放置时间 30 min,

按诱集杯编号顺序放置和回收,以保证诱饵放置时间一致。

1.5.3 样品收集

取样时用镊子快速竖起塑料杯子,让火腿肠和蚂蚁一起落入杯底,并向杯内倒入 75%酒精,以防工蚁逃逸。所有样品收集完成带回室内记数。

1.5.4 防效计算方法

虫口减退率=[(M₁-M₂)/M₁]×100%

式中:M₁ 试验前诱集的工蚁数量,M₂ 试验后诱集的工蚁数量

供试蚁巢防效=[(N₁-N₂)/N₁]×100%

式中:N₁ 试验前供试活蚁巢数,N₂ 试验后供试活蚁巢数

处理区蚁巢防效=[(P₁-P₂)/P₁]×100%

式中:P₁ 试验前处理区总活蚁巢数,P₂ 试验后处理区活蚁巢数

1.6 统计分析

采用 Execl 进行数据统计并计算虫口减退率和蚁巢防效,应用 SPSS 19.0 分析软件 Duncan 法对虫口减退率和蚁巢防效进行差异比较。

2 结果与分析

2.1 单巢活动工蚁减退率

由表 2 可知,药后 3 d,饵剂“惊扰撒施”处理和药液“辅助喷淋灌巢”处理对工蚁种群的灭除效果最好,工蚁虫的减退率均为 100%,与粉剂的 2 个处理差异显著。粉剂普通撒施处理的灭除效果最差,工蚁减退率为 65.67%;药后 10 d,饵剂“惊扰撒施”处理、粉剂“惊扰撒施”处理、药液“辅助喷淋灌巢”处理工蚁减退率为 100%,粉剂普通撒施处理的灭除效果仍最差,工蚁减退率为 59.62%,与其他 5 种处理差异显著。

表 2 施药前后工蚁数量变化及减退率

Tab.2 Changes and reduction rate of worker ants' population before and after pesticide application

处理 Treatment	施药前工蚁数 / 头 Number of worker ants before pesticide application	药后 3 d 3 days after treatment		药后 10 d 10 days after treatment	
		工蚁数量 / 头 Number of worker ants	减退率 / % Reduction rate	工蚁数量 / 头 Number of worker ants	减退率 / % Reduction rate
饵剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with bait	4 692	0	100.00 a	0	100.00 a
饵剂普通撒施法 Scattering with bait	3 192	385	87.94 ab	65	97.96 a
粉剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with powder	4 723	998	78.87 bc	0	100.00 a
粉剂普通撒施法 Scattering with powder	4 267	1 465	65.67 c	1 723	59.62 b

(续表 2)

处理 Treatment	施药前工蚁数 / 头 Number of worker ants before pesticide application	药后 3 d 3 days after treatment		药后 10 d 10 days after treatment	
		工蚁数量 / 头 Number of worker ants	减退率 / % Reduction rate	工蚁数量 / 头 Number of worker ants	减退率 / % Reduction rate
药液“辅助喷淋灌巢”法 Assistant spraying and pouring nest with solution	3 426	0	100.00 a	0	100.00 a
药液喷淋灌巢法 Spraying and pouring nest	3 842	623	83.78 ab	153	96.02 a

注：表中同列数据后标有相同小写字母表示经 Duncan's 检验差异不显著 ($P>0.05$)。

Note: The same letter in the same column represented no significant difference at 0.05 level.

2.2 处理区内活蚁巢变化情况和灭除效果

药后 3 d, 饵剂“惊扰撒施”处理区和药液“辅助喷淋灌巢”处理区的供试蚁巢全部死亡。药后 10 d, 粉剂“惊扰撒施”处理区的供试蚁巢也全部死亡。药后 30 d 和 60 d, 6 个处理区的供试蚁巢均全部死亡;

另一方面, 药后 30 d 有 4 个处理区发现新蚁巢, 饵剂“惊扰撒施”处理区和药液“辅助喷淋灌巢”处理区没有查见新蚁巢。60 d 时, 只有药液“辅助喷淋灌巢”处理区没有查见新蚁巢(表 3)。

表 3 施药前后活蚁巢数量变化

Tab.3 Change of live ant nest numbers before and after pesticide application

处理 Treatment	施药前 活蚁巢 / 个 Number of live ant nests before pesticide application	供试 蚁巢 / 个 Number of ant nests used in the test	供试蚁巢存活数 / 个 Number of live ant nests in treated ant nests				处理区活蚁巢数 / 个 Number of live ant nests in treatment areas			
			药后 3 d 3 days after treat- ment	药后 10 d 10 days after treat- ment	药后 30 d 30 days after treat- ment	药后 60 d 60 days after treat- ment	药后 3 d 3 days after treat- ment	药后 10 d 10 days after treat- ment	药后 30 d 30 days after treat- ment	药后 60 d 60 days after treat- ment
			药后 3 d 3 days after treat- ment	药后 10 d 10 days after treat- ment	药后 30 d 30 days after treat- ment	药后 60 d 60 days after treat- ment	药后 3 d 3 days after treat- ment	药后 10 d 10 days after treat- ment	药后 30 d 30 days after treat- ment	药后 60 d 60 days after treat- ment
饵剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with bait	13	12	0	0	0	0	0	0	0	1
饵剂普通撒施法 Scattering with bait	12	12	4	2	0	0	4	2	2	2
粉剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with powder	13	12	5	0	0	0	5	0	2	1
粉剂普通撒施法 Scattering with powder	12	12	9	9	0	0	9	9	6	6
药液“辅助喷淋灌巢”法 Assistant spraying and pouring nest with solution	14	12	0	0	0	0	0	0	0	0
药液喷淋灌巢法 Spraying and pouring nest	13	12	7	4	0	0	7	4	3	3

由表 4 可知, 药后 3 d, 饵剂“惊扰撒施”和药液“辅助喷淋灌巢”2 个处理灭除效果最好, 对供试蚁巢防效均为 100%; 药后 10 d, 饵剂“惊扰撒施”处理、粉剂“惊扰撒施”处理、药液“辅助喷淋灌巢”处理的灭除效果最好, 对供试蚁巢防效均为 100%; 药后

3 d、10 d, 粉剂普通撒施灭除效果最差, 对供试蚁巢防效仅为 25%。药后 30 d 和 60 d, 所有供试蚁巢防效均为 100%(表 4); 由于部分处理区出现新蚁巢, 处理区蚁巢防效与供试蚁巢防效有差异, 但整体上还是粉剂普通撒施的防效最差。

表 4 蚁巢防效情况
Tab.4 Control effect of ant nests

处理 Treatment	供试蚁巢 / 个 Number of nests used in the test	供试蚁巢防效 / % Control effect in treatment ant nests				处理区蚁巢防效 / % Control effect in treatment areas	
		3 d	10 d	30 d	60 d	30 d	60 d
饵剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with bait	12	100.00 a	100.00 a	100.00	100.00	100.00	92.31
饵剂普通撒施法 Scattering with bait	12	66.67 b	83.33 ab	100.00	100.00	83.33	83.33
粉剂“惊扰撒施”法 Disturbing and scattering with powder	12	58.33 bc	100.00 a	100.00	100.00	84.62	92.31
粉剂普通撒施法 Scattering with powder	12	25.00 c	25.00 c	100.00	100.00	50.00	50.00
药液“辅助喷淋灌巢”法 Assistant spraying and pouring nest with solution	12	100.00 a	100.00 a	100.00	100.00	100.00	100.00
药液喷淋灌巢法 Spraying and pouring nest	12	41.67 bc	66.67 b	100.00	100.00	76.92	76.92

注：表中同列数据后标有相同字母表示经 Duncan’s 复极差检验差异不显著 ($P>0.05$)。
Note: The same letter in the same column represented no significant difference at 0.05 level.

由表 2 和表 4 可知,饵剂和粉剂“惊扰撒施”法对红火蚁工蚁减退率和蚁巢的灭除效果均高于普通撒施法。药液“辅助喷淋灌巢”法对工蚁减退率和蚁巢的灭除效果也好于普通喷淋法;药后 3 d、10 d,饵剂“惊扰撒施”法和药液“辅助喷淋灌巢”法灭除效果最好,工蚁减退率均为 100%,对供试蚁巢的防效也均为 100%;粉剂普通撒施法灭除效果最差,工蚁减退率和蚁巢防效分别为 65.67%、59.62%和 25.00%、25.00%。

3 结论与讨论

在红火蚁防治中,方法选用不当将严重影响防治效果,无法达到预期。表面上工蚁数量减少了,实则可能存在形成更多新巢的威胁。同种药剂,施用方法不同防治效果有明显差异。试验中饵剂“惊扰撒施”法和药液“辅助喷淋灌巢”法药后 3 d 和 10 d 工蚁减退率达 100%,高于同种药剂的普通施用方法。对供试蚁巢的防效也达 100%,灭除效果最好。药后 30 d 该 2 个处理区没发现新蚁巢,说明灭杀效果较为彻底,速效性和持效性均表现良好;药后 10 d,粉剂“惊扰撒施”法工蚁减退率和供试蚁巢防效均达 100%,明显高于普通撒施法,具有一定的持效性。粉剂普通撒施法效果最差,药后 3 d 和 10 d 工蚁减退率和蚁巢防效分别为 65.67%、59.62%和 25.00%、25.00%。研究结果说明,同种杀蚁剂通过施用方法的改进与创新,可有效提高剂型的防治效率。

正确选择农药剂型在红火蚁的防治中同样重要。本试验供试药剂均为红火蚁防治的常用药,但不同剂型对工蚁减退率和蚁巢灭除效果明显不同。

方法正确时,饵剂和药液灌巢对红火蚁工蚁和蚁巢的防治效果均优于粉剂,因此选择时应综合考量。

值得关注的是,本试验药后 30 d 和 60 d 所有供试蚁巢均未诱集到活动工蚁,此现象除药剂本身对工蚁有影响外,不排除因试验干扰导致残留蚁群转移的可能。红火蚁有视环境变化而不断迁移巢穴的特点^[27-29],尤其受惊扰后迁巢更频繁^[30-32]。药后 30 d 调查蚁巢,有 4 个处理区发现新巢,且新巢与供试蚁巢不重合。有研究表明,广州等地属红火蚁最适宜的分布区域^[33],药液灌巢后新巢一般在 3~5 d 出现^[32]。滇中高海拔区属温带中低度适生区,不排除蚁巢迁移后形成新巢时间延长的可能。因此,处理区的新巢是就近转移还是自然扩散新建,需要进一步试验研究和探索。

红火蚁种群发生、扩散、觅食等行为与气象因素关系密切^[2],气温超过 20℃红火蚁工蚁才会外出寻食^[29]。滇中高海拔生态区属北亚热带气候带^[34],春夏季日均气温 17~30℃之间^[35]。本试验期间,气温变化幅度为 16~24℃。为此选择上午 10 时前气温低于 20℃,多数工蚁尚未外出活动时进行巢灌处理。气温升高后,工蚁开始外出觅食时进行饵剂处理。结果表明,饵剂“惊扰撒施”法和药液“辅助喷淋灌巢”法防治红火蚁效果最好,药后 3 d、10 d 工蚁虫口减退率和供试蚁巢防效均为 100%,值得推广应用。特别是药液“辅助喷淋灌巢”法对蚁巢的处理彻底,破坏力度大,药后 60 d 该区域没有发现新的蚁巢;粉剂普通撒施法效果较差,不建议使用。其他方法可作为备选方法轮换使用。总之,在进行红火蚁巢点处理时,合理

组配农药剂型和施用方法,结合气候条件和红火蚁生活习性开展工作,才能有效提升红火蚁综合防效。

参考文献

- [1] 张润志,任立,刘宁. 严防危险性害虫红火蚁入侵. 昆虫知识, 2005,42(1):6-10.
- [2] Vinson S B. Invasion of the red imported fire ant(Hymenoptera:Formicidae):spread,biology,and impact. Journal of American Entomologist, 1997,43(1):23-39.
- [3] Allen C R,Lutz R S,Demarais S. Red imported fire ant impact on northern bobwhite populations. Ecological Application, 1995,5(3):632-638.
- [4] 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. 植物检疫,2015,29(3):34-39.
- [5] 许益鏖,陆永跃,曾玲,等. 几种饵料对红火蚁觅食的引诱作用. 昆虫知识,2006,43(6):856-857.
- [6] 宋侦东,陆永跃,吴碧球,等. 广东红火蚁多个生境中诱饵对蚂蚁诱集作用比较. 华南农业大学学报,2007,28(4):19-22.
- [7] 黄俊,陆永跃,曾玲,等. 不同放置方式的诱饵对红火蚁的诱集作用比较. 华南农业大学学报,2007,28(4):23-25.
- [8] 黄俊,曾玲,卢玉华,等. 携带红火蚁的盆栽花卉和象草的检疫处理方法研究. 植物检疫,2009,23(3):5-9.
- [9] 周爱明,陆永跃,许益鏖,等. 热水浸泡对红火蚁的致死效果研究. 环境昆虫学报,2011,33(3):342-345.
- [10] 周爱明,陆永跃,许益鏖,等. 溴甲烷对红火蚁的熏蒸效果研究. 环境昆虫学报,2011,33(1):70-73.
- [11] 鄢勤,曾鑫年,苗建忠. 红火蚁幼虫的杀虫剂敏感性及代谢酶活性研究. 中国农学通报,2011,27(18):293-296.
- [12] 钱明辉,李月红,李艳敏,等. 红火蚁生物学观察及冬季根除技术. 浙江农业科学,2018,59(12):2222-2224.
- [13] 庞杏燕,陶秋红,李绮婷,等. 5 种有机溶剂对红火蚁的毒力. 环境昆虫学报,2021,43(4):1040-1046.
- [14] 张婵,陈思琪,许益鏖. 甘氨酸和赤藓糖醇胶饵对红火蚁工蚁的毒杀效果. 环境昆虫学报,2021,43(4):1034-1039.
- [15] 钱明辉,张晨光,许新新,等. 冬季防治红火蚁灌巢适宜时间的研究. 中国植保导刊,2022,42(8):69-73.
- [16] 李玉玲,陈思琪,张森泉,等. 天然产物对红火蚁的生物活性研究进展. 植物保护,2022,48(6):232-237.
- [17] 蔡春琼,金钱荣,潘意珊,等. 昆明绿地红火蚁生活环境及防控技术探究. 内蒙古林业调查设计,2022,45(2):35-39,32.
- [18] 曾鑫年,熊忠华,郭景,等. 多杀菌素对红火蚁的毒力及传导毒杀作用. 华南农业大学学报,2006,27(3):26-29.
- [19] 黄田福,熊忠华,曾鑫年,等. 15 种杀虫剂对红火蚁工蚁的触杀活性研究. 华南农业大学学报,2007,28(4):26-29.
- [20] 王磊,李慎磊,王琳,等. 11 种杀虫剂对草皮中红火蚁的检疫除害效果. 植物检疫,2011,25(6):13-16.
- [21] 王磊,李慎磊,曾玲. 草皮种植场防治红火蚁的药剂筛选. 中国植保导刊,2012,32(7):56-57.
- [22] 谭德龙,陆永跃,李鑫,等. 高效氯氟氰菊酯和噻虫嗪对红火蚁的室内毒力. 生物安全学报,2014,23(2):121-125.
- [23] 陈慧雅,杨留鹏,程东美,等. 2 种植物源农药对红火蚁的毒杀活性和行为影响. 四川农业大学学报,2020,38(2):176-182.
- [24] 吴志鹏,童应华. 球孢白僵菌和金龟子绿僵菌对红火蚁工蚁的致病力测定. 森林与环境学报,2020,40(1):99-105.
- [25] 张方平,韩冬银,李磊,等. 8 种杀虫剂对红火蚁的防治效果. 现代农药,2022,(21)4:62-65.
- [26] 赵旭,马泽文,张云飞,等. 几种农药对海南地区入侵害虫红火蚁的田间药效. 海南大学学报(自然科学版),2022,40(3):243-250.
- [27] 许益鏖,陆永跃,曾玲,等. 红火蚁局域扩散规律研究. 华南农业大学学报,2006,26(1):34-36.
- [28] 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. 中国农业科学,2008,41(4):1053-1063.
- [29] 刘杰,吕利华,陈焕瑜,等. 灌巢对红火蚁的防效评价及对蚂蚁群落的影响. 广东农业科学,2006(5):24-27.
- [30] 莫让瑜,黄求应,雷朝亮. 挖巢、水灌巢和杀虫剂灌巢对红火蚁迁巢的影响. 华中农业大学学报,2009,28(1):20-22.
- [31] 王磊,曾玲,陆永跃,等. 蚁丘被破坏程度对红火蚁蚁群迁移的影响. 昆虫知识,2010,47(5):941-944.
- [32] 齐国君,刘杰,陈婷,等. 药剂灌巢剂量对红火蚁蚁巢迁移的影响. 环境昆虫学报,2017,39(4):848-853.
- [33] 薛大勇,李红梅,韩红香,等. 红火蚁在中国的分布区预测. 昆虫知识,2005,42(1):57-60.
- [34] 段旭,陶云,段长春. 云南省细网格气候区划及气候代表站选取. 大气科学学报,34(3):336-342.
- [35] 张万诚,郑建萌,马涛,等. 1961-2012 年云南省极端气温时空演变规律研究. 资源科学,2015,37(4):710-722.