环境昆虫学报 2022，44（6）：1562－1568
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 06. 26

赵雪晴，李琼芬，王燕，刘莹，尹艳琼，陈福寿，谢志英，李向永，张红梅，李大军，谌爱东．几种杀虫剂对热带雨林生态区红火蚁蚁巢和工蚁的灭杀效果［J］．环境昆虫学报，2022，44（6）：1562－1568．

几种杀虫剂对热带雨林生态区红火蚁蚁巢和工蚁的灭杀效果

赵雪晴[1]，李琼芬[2]，王　燕[1]，刘　莹[1]，尹艳琼[1]，陈福寿[1]，
谢志英[3]，李向永[1]，张红梅[1]，李大军[4]，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，昆明 650205；
2. 景洪市植保植检站，云南景洪 666100；3. 西双版纳州植保植检与土壤肥料工作站，云南景洪 666100；
4. 江苏克胜集团股份有限公司，江苏盐城 224000）

摘要：为筛选出适用于云南热带雨林生态区的红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 防治药剂，通过7种杀虫剂对红火蚁蚁巢田间灭除效果试验测定。结果表明，20%多杀霉素悬浮剂（SC）、30%螺虫·噻虫嗪悬浮剂（SC）、70%吡虫啉可湿性粉剂（WP）、10%溴虫氟苯双酰胺悬浮剂（SC）和1%联苯·噻虫嗪颗粒剂（GR）对红火蚁蚁巢处理效果较好，药后1 d和10 d虫口减退率分别在95%和90%以上。其中10%溴虫氟苯双酰胺SC和1%联苯·噻虫嗪GR可作为红火蚁巢点处置的首选药剂；0.05%茚虫威饵剂（EB）速效性差，但药后10 d虫口减退率上升到86.8%。1.8%阿维菌素乳油（EC）药后1 d和10 d虫口减退率分别为89.3%和81%。这2种药剂可与前5种药剂交替使用。

关键词：红火蚁；杀虫剂；蚁巢和工蚁；防治效果
中图分类号：Q968.1；S433　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－0858（2022）06－1562－07

Effects of several insecticides on red fire ant nests and worker ants in tropical rainforest ecoregion

ZHAO Xue-Qing[1], LI Qiong-Feng[2], WANG Yan[1], LIU Ying[1], YIN Yan-Qiong[1], CHEN Fu-Shou[1], XIE Zhi-Ying[3], LI Xiang-Yong[1], ZHANG Hong-Mei[1], LI Da-Jun[4], CHEN Ai-Dong[1*] (1. Agricultural Environment and Resource Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yunnan Provincial Key Laboratory of Green Prevention and Control of Major Cross-border Pests for Agriculture, Kunming 650205, China; 2. Plant Protection and Plant Quarantine Station of Jinghong, Jinghong 666000, Yunnan Province, China; 3. Plant Protection Plant Inspection and Soil Fertilizer Station Xishuangbanna, Jinghong 666000, Yunnan Province, China; 4. Jiangsu Kesheng Group Co., LTD, Yancheng 224000, Jiangsu Province, China)

Abstract: The effect of 7 insecticides on red fire ant nests in field was tested in order to screen the red fire ant control agents suitable for Yunnan tropical rainforest ecoregion. The result showed that 20% spinosad SC, 30% spirotetramat · thiamethoxam SC, 70% imidacloprid WP, 10% broflanilide SC and 1% bifenthrin · thiamethoxam GR had good control effect on ant nest. Decrease rate of insect number were at least 95% and 90% after 1 and 10 days of application. 10% broflanilide SC and 1% bifenthrin ·

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）
作者简介：赵雪晴，女，1968年生，云南昭通人，本科，研究员，主要从事农业昆虫与害虫防治研究，E－mail：snow. xue－5@163. com
* 通讯作者 Author for correspondence：谌爱东，男，博士，研究员，主要从事农业昆虫与害虫防治研究，E－mail：shenad68@163. com
收稿日期 Received：2022－10－15；接受日期 Accepted：2022－10－23

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

thiamethoxam GR can be used as the first choice for the treatment of red fire ant nest. The rapid effect of 0.05% indoxacarb EB was poor, but the decrease rate of insect infestation increased to 86.8% after 10 d. The decrease rates at 1 d and 10 d were 89.3% and 81%, respectively, after 1.8% abamectin EC treatment. The two insecticides can be used interchangeably with the 5 mentioned above.

Key words: Red fire ant (*Solenopsis invicta*); insecticide; nest and worker ant; control effect

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 原产地是南美洲巴拉那河流域（董慧等，2005；曾玲等，2005a），2004 年在中国广东省吴川县首次发现（曾玲等，2005b），2011 年 3 月传入云南楚雄州元谋县（张红梅等，2019；李燕等，2021），截止 2021 年 5 月云南已有 15 州市 68 县区报道发生（云农种药［2021］17 号）。文山、红河、普洱、版纳、临沧、保山、德宏、玉溪、昆明、楚雄等州市普遍存在。近年，云南东北部和西北部的昭通、丽江和迪庆的少数县区也发现了红火蚁的踪影，海拔上限不断刷新。发生区域不再限于绿化带、荒地和苗圃园，越来越多农地、果园出现红火蚁（席银宝等，2010a；席银宝等，2010b；吴段等，2015；张波等，2015；杨桥文等，2019）。作物根茎、果实受觅食工蚁危害的现象较为常见，伤人事件时有发生，对农业生产和农事操作影响越来越大。红火蚁在全球很多国家和地区存在危害，化学防治仍然是各国采用的最主要手段，并在降低种群数量和密度、危害损失及遏制快速扩散蔓延方面取得显著的效果。由于红火蚁具有超强竞争能力、繁殖能力和对环境的适应性（曾玲等，2005a；吕利华等，2006）。故疫情控制必然是一个长期的过程。目前我国可用于红火蚁疫情防控的药剂有8 个成分含量 62 个登记产品（张宏军等，2022），品种不少，成分却很单一。高希武和高洪荣（2006）阐述过红火蚁的控制策略分为 2 大类，其中以蚁巢为单元的局部处理环境效益、生态效益比较高。生产中蚁巢点处理的方法也得到广泛应用。筛选多种作用机制和不同有效成分含量的杀虫剂供蚁巢处理选用，必然能有效缓解长期使用单一制剂处理蚁巢而导致防治效果下降的问题，亦可为红火蚁应急处理和轮换用药提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　试验区基本情况

试验地位于西双版纳州景洪市橄榄坝农场曼倒柚子示范基地（21°51′20″N，100°57′52″E，540 m），基地面积 20 ha，柚树龄 10 年左右，种植规格为 4 m×5 m，果园内红火蚁发生级别达到 3～4 级。试验区面积 0.5 ha，柚树行间自然留草，试验前对杂草进行清理刈割。

1.2　试验设计及材料

试验共设 7 个处理，每处理 8 个蚁巢，采用红色小旗编号标记。多余的蚁巢用同种方法处理并用绿色小旗标记，只作活动蚁巢调查，不进行活动工蚁数据采集。选用药剂及处理方法如表 1。

1.3　试验方法

药液灌巢和毒饵诱杀均施用 1 次。灌巢处理药液量平均每巢 10 L，当蚁丘直径（最长直径与最短直径的平均值，下同）大于 50 cm 或小于 20 cm 时，每巢增加或减少药液量 2.5 L。施用时沿蚁丘外围20 cm 处泼撒一圈药液，再对准蚁丘顶部灌入一定药液（约占总量的 1/4），后用铁铲快速掀开丘顶，灌入所有药液；饵剂处理每巢 30 g，当蚁丘直径大于 50 cm 或小于 20 cm 时，每巢增加或减少饵料10 g。施用时从距蚁丘边沿 50 cm 处开始均匀撒施一个闭合圈环，逐步向蚁丘靠陇并覆盖丘顶。施用时尽量均匀，撒至丘面时力度要轻，干扰不要太大。

1.4　调查方法

药前查基数，药后 1、10、30 和 60 d 调查活动工蚁、活蚁巢和地面散蚁。具体为：（1）工蚁和散蚁调查采用诱饵法，采用 50 mL 带盖离心管，内装直径 1 cm 厚度 0.5 cm 的双汇“王中王”火腿肠段，诱集时管口紧贴地面，30 min 后收回诱集管，扭紧管盖带回实验加入 75% 乙醇，待工蚁死亡后计数。诱集工蚁时每个蚁巢南向 10 cm 处放置 1 管。诱集散蚁时每个处理区地面随机放置 5 个诱集管，放置点周边 4 m 内没有活蚁巢。（2）活蚁巢采用目测调查，由小区边沿开始，按 U 形路线地毯式查找，发现蚁巢，用树枝轻敲蚁丘（药后将树枝插入蚁巢），60 s 内有 3 头以上工蚁出现判定为活蚁巢，少于 3 头或没有工蚁出现，且蚁巢周边有死亡工蚁则判定为死蚁巢。

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

表 1 药剂名称、剂型及处理方式

Table 1 Name, dosage form and treatment method of pesticides

处理 Treatment	药剂名称 Pesticide name	剂型 Dosage form	稀释倍数和药液量 Concentrate and dose	施用方式 Application methods	生产企业 Manufacturer
DS	20% 多杀霉素 20% Spinosad	悬浮剂 (SC)	4 000 倍，10 L 4 000-fold liquid, 10 L	灌巢 Mound drench	江苏克胜集团股份有限公司 Jiangsu Kesheng Group Co., LTD
LC	30% 螺虫·噻虫嗪 30% Snails·Thiamethoxam	悬浮剂 (SC)	2 500 倍，10 L 2 500-fold liquid, 10 L	灌巢 Mound drench	江苏克胜集团股份有限公司 Jiangsu Kesheng Group Co., LTD
BC	70% 吡虫啉 70% Imidacloprid	可湿性粉剂 (WP)	5 000 倍，10 L 5 000-fold liquid, 10 L	灌巢 Mound drench	浙江龙游东方阿纳萨克作物科技有限公司 Zhejiang Longyou Oriental Anasak Crop Technology Co., LTD
XC	10% 溴虫氟苯双酰胺 10% Broflanilide	悬浮剂 (SC)	3 000 倍，10 L 3 000-fold liquid, 10 L	灌巢 Mound drench	巴斯夫植物保护(江苏)有限公司 Basf Plant Protection (Jiangsu) Co., LTD
YC	0.05% 茚虫威 0.05% Indoxacarb	饵剂 (EB)	视蚁巢大小，20～30 g depending on the size of the nest, 20～30 g	撒施 Pesticide spreay	南京荣诚生物科技有限公司 Nanjing Rongcheng Biotechnology Co., LTD
AW	1.8% 阿维菌素 1.8% Avermectins	乳油 (EC)	2 000 倍，10 L 2 000-fold liquid, 10 L	灌巢 Mound drench	江苏克胜集团股份有限公司 Jiangsu Kesheng Group Co., LTD
LB	1% 联苯·噻虫嗪 1% Biphenyl·Thiamethoxam	颗粒剂 (GR)	视蚁巢大小，40～50 g depending on the size of the nest, 40～50 g	撒施 Pesticide spreay	江门市植保有限公司 Jiangmen Plant Protection Co., LTD

试验当天多云，气温 27～31℃，相对湿度 70%，17∶00 时药前调查，18∶00 开始施药，用药后 6 h 内无雨。药后调查时间均为当日 17∶00 以后，调查日遇雨调查工作后延。

1.5 防效计算及数据分析

1.5.1 防效计算公式和方法

虫口减退率(%) = $(P_1 - P_2) / P_1 \times 100$

式中：P_1 防前诱集到的工蚁数量，P_2 防后诱集到的工蚁数量。

蚁巢防效(%) = $(N_1 - N_2) / N_1 \times 100$

式中：N_1 防前处理区活蚁巢数或标记活蚁巢数，N_2 防后处理区活蚁巢数或标记活蚁巢数。

因每个蚁巢的工蚁是定点诱集，各处理总虫口减退率由 8 个重复分别计算后的平均值；地面散蚁是随机诱集，每次放管的位置不同，其虫口减退率由 5 个重复的合计数计算而得。

1.5.2 统计分析

采用 Execl 进行数据统计并计算防效，应用 SPSS 19.0 进行数据分析，使用 Duncan 氏复极差分析法对虫口减退率进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理区蚁巢的灭除效果

对试验区蚁巢调查发现，7 种药剂对蚁巢的灭除效果不同。经分别计算各处理区总蚁巢和红色小旗标记蚁巢（下称红标）的防效，结果发现：药后 1 d，总防效 LB 处理最好 100%，其次是 DS 和 XC 处理，分别为 84.62% 和 78.57%。其它均低于60%，最差为 YC 处理，仅为27.27%。其中红标蚁巢 DS、LC、XC、LB 4 个处理表现较好，防效分别为 84.62%、92.86%、100% 和 100%；药后

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

表 2　各处理区域药前药后蚁巢存活数

Table 2　Survival number of ant nests before and after treatment in each area

处理 Treatment	药前基数 Nest number before treatment	药后 1 d 1 d after treatment				药后 10 d 10 d after treatment				药后 30 d 30 d after treatment			药后 60 d 60 d after treatment		
		活蚁巢数(个) Number of living nests		防效(%) Control effect		活蚁巢数(个) Number of living nests		防效(%) Control effect		活蚁巢数(个) Number of living nests		防效(%) Control effect	活蚁巢数(个) Number of living nests		防效(%) Control effect
		处理区 Treated area	红标 Flag	处理区 Treated area	红标 Flag	处理区 Treated area	红标 Flag	处理区 Treated area	红标 Flag	处理区 Treated area	红标 Flag	处理区 Treated area	处理区 Treated area	红标 Flag	处理区 Treated area
DS	13	2	2	84.62	84.62	2	2	84.62	84.62	7	0	46.15	10	0	23.08
LC	14	6	1	57.14	92.86	5	1	64.29	92.86	7	0	50.00	7	0	50.00
BC	10	5	4	50.00	60.00	6	3	40.00	70.00	6	0	40.00	9	0	10.00
XC	14	3	0	78.57	100.00	5	0	64.29	100.00	4	0	71.43	4	0	71.43
YC	11	8	8	27.27	27.27	2	2	81.82	81.82	6	0	45.45	10	0	9.09
AW	12	6	6	50.00	50.00	4	4	66.67	66.67	8	0	33.33	8	0	33.33
LB	12	0	0	100.00	100.00	0	0	100.00	100.00	5	0	58.33	6	0	50.00

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

10 d，总防效 LB 最高 100%，其次是 DS 和 YC，分别为 84.62% 和 81.82%，其它的低于 70%。红标蚁巢同样是 DS、LC、XC、LB 4 个处理表现较好；药后 30 d 和 60 d 调查发现有新蚁巢出现，总防效下降，表现最好的是 XC 处理 71.43%，其次是 LC 和 LB 处理，而红标蚁巢全部为死巢（表 2）。

2.2 不同处理单个蚁巢工蚁虫口减退率

药后 1 d，DS、LC、BC、XC 和 LB 5 种药剂的虫口减退率分别为 96.78%、99.72%、98.51%、100% 和 100%，防效均达 96% 以上，效果较好。AW 防效其次 89.20%。YC 最低，仅为 22.68%，与其它处理差异显著（表 3）。

药后 10 d，DS、LC、XC 和 LB 4 种药剂的虫口减退率分别为 97.12%、99.68%、100% 和 100%，防效保持在 97% 以上，与其它处理差异显著（表 3）。BC 和 AW 处理虫口减退率下降，分别由 98.51% 和 89.30% 下降为 90.56% 和 81.00%。YC 处理则由 22.68% 上升为 86.80%。所有处理药后 10 d 防效最为理想。

药后 30 d，各处理虫口减退率大幅下降，XC 效果最好 85.17%，显著高于其它处理（表 3）；其次是 LB、YC 处理分别为 75.24%、66.14%。DS 和 LC 处理虫口减退率下降了一半，BC 和 AW 处理最差分别为 37.39% 和 30.22%。

药后 60 d，园间杂草长高，原蚁丘已被覆盖，在标记小旗处诱集工蚁。除 XC 处理虫口减退率为 67.45% 外，其它处理均诱集到数量不低的工蚁，其中有 4 个处理虫口减退率出现负值（表 3）。

表 3 不同药剂对工蚁的虫口减退率

Table 3 Decrease rate of worker ants with different insecticides

处理 Treatment	基数 Number	药后 1 d 1 d after treatment		药后 10 d 10 d after treatment		药后 30 d 30 d after treatment		药后 60 d 60 d after treatment	
	诱集数 Trapping number	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate
DS	147	6	96.78 a	5	97.12 ab	61	50.09 bc	172	负值 Negative
LC	130	1	99.72 a	0	99.86 a	56	54.00 abc	142	负值 Negative
BC	134	2	98.51 a	16	90.56 ab	86	37.39 c	118	7.32
XC	143	0	100.00 a	0	100.00 a	23	85.17 a	47	67.45
YC	158	113	22.68 b	31	86.80 ab	61	66.14 abc	195	负值 Negative
AW	137	15	89.30 a	26	81.00 b	91	30.22 c	159	负值 Negative
LB	163	0	100.00 a	0	100.00 a	39	75.24 ab	124	21.61

注：表中不同小写字母表示 $P < 0.05$ 水平上的差异显著性。Note: Different lowercase letters in the table indicated the significance of the difference at the $P < 0.05$ level.

2.3 不同处理区地面散蚁的虫口减退率

防治前后对试验区地面散蚁进行诱集发现，7 个处理共 35 个诱集管用药前后都能诱到散蚁，且数量较多。药后第 1 天所有处理虫口减退率均 ≤ 60.38%，最高 LB 为 60.38%，其次是 LC 处理 51.69%，最低 YC 处理 3.56%。药后 10 d，有 2 个诱集管诱到散蚁，分别位于 AW 和 LB 处理区，但数量较低；药后 30 d，BC 处理和 AW 处理总诱集量出现负增长；药后 60 d，XC、YC、AW、LB 处理区总诱集量均出现负增长（表 4）。

3 结论与讨论

防治药剂选择是决定蚁巢处理成效的关键。本试验结果表明，用 20% 多杀霉素 SC（DS 处理）、30% 螺虫·噻虫嗪 SC（LC 处理）、70% 吡虫啉 WP（BC 处理）、10% 溴虫氟苯双酰胺 SC（XC 处理）、0.05% 茚虫威 EB（YC 处理）、1.8% 阿维菌素 EC（AW 处理）、1% 联苯·噻虫嗪 GR（LB 处理）对红火蚁蚁巢进行防治，施药后 1 d 茚虫威 EB 的虫口减退率与其它处理差异显著，其它

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

表 4　防治前后各处理区地面散蚁虫口减退率

Table 4　Decrease rate of ants before and after treatment on the ground in each area

处理 Treatment	药前基数 Number before treatment	药后 1 d 1 d after treatment		药后 10 d 10 d after treatment		药后 30 d 30 d after treatment		药后 60 d 60 d after treatment	
		诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate	诱集数 Trapping number	减退率（%） Decrease rate
DS	892	472	47.09	0	100	444	50.22	599	32.85
LC	886	428	51.69	0	100	739	16.59	707	20.20
BC	781	528	32.39	0	100	845	−8.19	553	29.19
XC	799	705	11.76	0	100	607	24.03	965	−20.78
YC	731	705	3.56	0	100	606	17.10	856	−17.10
AW	673	347	48.44	37	94.50	715	−6.24	818	−21.55
LB	896	355	60.38	10	98.88	423	52.79	1 057	−17.97

处理间没有差异；施药后 10 d 所有处理虫口减退率均在 80% 以上，且 DS、LC、XC、LB 与其它处理差异显著，说明前述 4 种药剂可选择为红火蚁应急防控用药；茚虫威 EB 速效性差，与其它药剂相比效果滞后，药后 10 d 虫口减退率为 86.80%，和张方平等（2022）使用饵剂灭杀红火蚁的试验结果相吻合，符合饵剂的特点；药后 30 d 各处理虫口减退率大幅下降，应是受到地面散蚁的干扰。因为蚁巢调查发现，处理过的蚁巢均为死巢。挖开蚁巢没有查见各种形态的红火蚁，防治效果应是达到预期的；试验中发现地面散蚁较多，即使是药后 1 d，散蚁的虫口减退率最高只有 60%。试验区内仍有较多觅食的工蚁未被杀死。红火蚁的营巢方式与生境的地形、土壤状况和植被情况等有一定的关系，并不是所有蚁巢都会在栖息地形成土堆（姚绍能，2020）。所以我们推断试验区地面散蚁应是来源于隐藏在地表下未被发现蚁巢。

Cokendolpher（1985；1990）研究表明红火蚁对温、湿度相对比较敏感。Allen（2001）和吕利华等（2006）报道红火蚁工蚁觅食最活跃的时间是当地表温度在 22～36℃。赵瑾等（2009）认为短时暴雨将严重抑制红火蚁觅食行为。本试验在药后 10 d 调查各处理区地面散蚁，诱集管基本诱不到红火蚁。经对调查前 3 d 试验区天气情况进行分析，当地气温 27～35℃，相对湿度在 70% 左右，时有暴雨。那么诱集管未诱到地面散蚁的现象是否与气候因素相关联，需再作深入观察与研究才能解释。

有试验结果表明，蚁巢受扰后 7 d 内会发现新巢。药液量为 7.5 L 时，新蚁巢与处理蚁巢之间的距离为平均为 3.6 m（齐国君等，2017 年）。王磊等（2010）也报道蚁丘受到破坏后，蚁群迁移距离平均为 4.3 m，而迁移方向是随机的。笔者结合试验中观察到的一些现象，认为在红火蚁发生级别超过 3 级的区域进行蚁巢处理试验时，以药后 1 d 和 10 d 单个蚁巢的虫口减退率结合药后 10 d 供试蚁巢周边 4 m 围范内是否有新巢出现来综合判断防治效果更为科学。另外，西双版纳是一种在水分、热量和海拔分布上均达到极限条件的热带雨林类型，被称为热带季节性雨林（朱华等，2015），景洪拥有该气候类型的典型特点：高温、高湿，旱雨季分明。红火蚁在这样的环境条件下繁殖、扩散非常快，正如试验区经处理的蚁巢虽已死亡，但药后 30 d 不断有新巢出现一样。因此，该区域在红火蚁防治中仅施药 1 次不能解决实际问题，需多次连片开展统防统治和群防群治才能有效降低发生级别，取得预期效果。

参考文献（References）

Allen CR, Forys EA, Rice KG, *et al.* Effects of fire ants on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtle nesting beaches in Florida [J]. *Florida Entomol.*, 2001, 84: 250－253.

Cokendolpher JC, Francke OF. Temperature preferences of four species of fire ants (Hymenoptera: Formicidae: Solenopsis) [J]. *Psyche*, 1985, 92: 91－101.

Cokendolpher JC, Phillips JR. Critical thermal limits and locomotor

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

activity of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) [J]. *Environ. Entomol.*, 1990, 19 (4): 878 – 881.

Dong H, Yang D. Population biology and behavioral genetics of the red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren [J]. *Plant Protection*, 2005, 30 (4): 18 – 23. [董慧, 杨定. 红火蚁入侵的种群生物学与行为遗传学 [J]. 植物保护, 2005, 30 (4): 18 – 23]

Gao XW, Gao HR. Chemical control of the red imported fire ant (RIFA) *Solenopsis invicta* Buren [J]. *Plant Protection*, 2006, 31 (2): 14 – 17. [高希武, 高洪荣. 外来物种红火蚁的化学防治技术 [J]. 植物保护, 2006, 31 (2): 14 – 17]

Lu LH, He YR, Liu J, *et al.* Invasion of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): Spread, biology, and impact [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2006, 5: 3 – 11. [吕利华, 何余容, 刘杰, 等. 红火蚁的入侵、扩散、生物学及其危害 [J]. 广东农业科学, 2006, 5: 3 – 11]

Li Y, Liu P, Tai TM, *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]

Qi GJ, Liu J, Chen T, *et al.* Effect of drench insecticide dose on the nest movement of *Solenopsis invicta* Bure [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (4): 848 – 853. [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 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (4): 848 – 853]

Wu D, Zeng L, Xu YJ. Impact of *Solenopsis invicta* and its mutualism with aphids on flower – visiting behavior of insects on Mungbean, *Vignaradiata* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (4): 715 – 719. [吴段, 曾玲, 许益镌. 红火蚁及其与蚜虫互作对绿豆植株上昆虫访花的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (4): 715 – 719]

Wang L, Zeng L, Lu YY, *et al.* Effect of destructing mounds on the colony migration of red imported fire ant *Solenopsis invicta* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (5): 941 – 944. [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 [J]. 昆虫知识, 2010, 47 (5): 941 – 944]

Xi YB, Lu YY, Liang GW, *et al.* Effects of the red imported fire ant (RIFA) *Solenopsis invicta* Buren, on diversity and stability of invertebrate community in litchi orchards [J]. *Acta Ecological Sinica*, 2010a, 30 (8): 2084 – 2099. [席银宝, 陆永跃, 梁广文, 等. 红火蚁对荔枝园无脊椎动物群落多样性及稳定性的影响 [J]. 生态学报, 2010a, 30 (8): 2084 – 2099]

Xi YB, Lu YY, Zeng L, *et al.* Influence of *Solenopsis invicta* Buren on the physical and chemical proper ties of soils in litchi orchards [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010b, 32 (2): 145 – 151. [席银宝, 陆永跃, 曾玲, 等. 红火蚁入侵对荔枝园土壤性理化质的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2010b, 32 (2): 145 – 151]

Yang QW, Guan Y, Chen X, *et al.* Monitoring and eradication experiment of *Solenopsis invicta* in different habitats in Shilin County [J]. *Yunnan Agricultural Science and Technology*, 2019, 6: 37 – 40. [杨桥文, 管云, 程西, 等. 石林县不同生境红火蚁的监测与根除试验 [J]. 云南农业科技, 2019, 6: 37 – 40]

Yunnongzhongyao [2021] No. 17. Yunnan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs, Yunnan Forestry and Grassland Administration notice on the occurrence of red fire ants at county and township [EB/OL]. Yunnan Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs, Yunnan Forestry and Grassland Administration, July 12, 2021. [云农种药 (2021) 17 号. 云南省农业农村厅、云南省林业和草原局关于印发红火蚁发生县、乡级行的通知 [EB/OL]. 云南省农业农村厅、云南省林业和草原局文件, 2021 年 7 月 12 日]

Yao SN. Nest characteristics of *Solenopsis invicta* in different habitats and screening of control agents [J]. *Anhui Agronomy Bulletin*, 2020, 26 (21): 94 – 95. [姚绍能. 不同生境的红火蚁蚁巢特征及防治药剂筛选 [J]. 安徽农学通报, 2020, 26 (21): 94 – 95]

Zeng L, Lu YY, Chen ZN. Monitoring and Control of Red Fire Ants [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Publishing House, 2005a: 5. [曾玲, 陆永跃, 陈忠南. 红火蚁的监测与防治 [M]. 广州: 广东科技出版社, 2005a: 5]

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*, 2005b, 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, 2005b, 42 (2): 144 – 148, 230 – 231]

Zhao J, Zhong PS, Huang T, *et al.* Impact of precipitation on behavior of *Solenopsis invicta* Buren colony [J]. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2009, 20 (6): 542 – 545. [赵瑾, 钟平生, 黄檀, 等. 降雨对红火蚁蚁群行为的影响 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20 (6): 542 – 545]

Zhang B, He YR, Chen T, *et al.* Dietary composition of foragers of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) in two habitats, mulberry orchard and barren land, in South China [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2015, 58 (4): 382 – 390. [张波, 何余容, 陈婷, 等. 华南地区桑园和荒地两种生境中红火蚁觅食工蚁的食物组成 [J]. 昆虫学报, 2015, 58 (4): 382 – 390]

Zhu H, Wang H, Li BG, *et al.* Studies on the forest vegetation of Xishuangbanna [J]. *Plant Science Journal*, 2015, 33 (5): 461 – 726. [朱华, 王洪, 李保贵, 等. 西双版纳森林植被研究 [J]. 植物科学学报, 2015, 33 (5): 461 – 726]

Zhang HM, Wang Y, Chen ZQ, *et al.* Population characteristics of *Solenopsis invicta* in Kunming [J]. *Journal of Blosafety*, 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 HJ, Huang L, Sun YP, *et al.* The review on registered pesticide against *Solenopsisi invicta* Buren and its management situation in China [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2022, 43 (8): 6 – 12. [张宏军, 黄岚, 孙艳萍, 等. 我国红火蚁防控药剂登记管理情况分 [J]. 农药科学与管理, 2022, 43 (8): 6 – 12]

Zhang FP, Han DG, Li L, *et al.* Control effect of 4 kinds of insecticides on *Solenopsis invicta* [J]. *Modern Agrochemicals*, 2022, 21 (4): 62 – 65. [张方平, 韩冬银, 李磊, 等. 8 种杀虫剂对红火蚁的防治效果 [J]. 现代农药, 2022, 21 (4): 62 – 65]

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