

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.06.25

不同浓度茚虫威对红火蚁的防治效果

谭德龙¹, 曾 玲², 许益鏐^{2*}

(1. 广东省农业科学院农业科研试验示范场, 广州 510640; 2. 华南农业大学红火蚁研究中心, 广州 510642)

摘要: 为探索适合防治红火蚁的茚虫威浓度, 利用丙酮溶解茚虫威原药, 使用雾化手段与载体和配方其他试剂充分混合, 干燥后保存, 进行野外试验测定其防治红火蚁的药效。结果表明, 研制的 0.025% 茚虫威饵剂综合防治效果达 85.30%, 0.05% 茚虫威饵剂达 100%, 0.1% 茚虫威饵剂达 100%。3 个浓度的茚虫威饵剂拥有良好的防治红火蚁药效, 0.05% 浓度最适合研制红火蚁饵剂。

关键词: 茚虫威; 不同浓度; 饵剂; 红火蚁

中图分类号: Q965.9; S433

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 03-1256-06

The control effect of different concentrations of Indoxacarb on fire ants *Solenopsis invicta* Buren

TAN De-Long¹, ZENG Ling², XU Yi-Juan^{2*} (1. Agricultural Research Experiment Demonstration Field, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Red Imported Fire Ant Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: To explore indoxacarb concentration suitable for controlling fire ants, using acetone dissolve the original carboplatin of indoxacarb, and then use of atomization means mixed with a carrier and other reagents recipe thoroughly, after drying saved for field test determined the efficacy of prevention and treatment of fire ants *Solenopsis invicta* Buren. Development of 0.025% indoxacarb bait integrated control effect to 85.30%, 0.05% indoxacarb bait up to 100%, 0.1% indoxacarb bait up to 100%. Three concentrations of indoxacarb baits have good control fire ants, 0.05% concentration best suited to develop fire ant bait.

Key words: Indoxacarb; different concentrations; bait; red imported fire ant

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种原产于南美洲巴拉那河流域的危险性害虫 (VINSON, 1997), 自 2004 年被发现入侵中国大陆以来已在广东、广西、福建、江西、海南、四川、云南、湖南、重庆等 9 省 (市、区) 200 余个县区发生危害, 并给农业、畜牧业、公共安全和生态系统带来严重的为害 (曾玲, 2005; 陆永跃等, 2015)。毒饵法是控制红火蚁的最有效的方法之一, 具有省力省时、防治彻底、适合大面积防治的优点

(Collins and Callcott, 1995)。茚虫威 (Indoxacarb) 是杜邦公司开发的二嗪类高效杀虫剂, 具有触杀和胃毒作用, 主要机理是阻断害虫神经细胞中的钠通道, 导致靶标害虫麻痹、最终死亡 (Lahm *et al.*, 2001; McCann *et al.*, 2001), 拥有不溶于水、毒性低、防治效果好、作用效果快、使用量低的优点 (刘杰等, 2006)。2001 年杜邦公司就推出了 0.045% 浓度的茚虫威饵剂 Advion 防治红火蚁, 经黄俊等 (2009) 试验, 田间防治红火蚁效

基金项目: 广东省高等学校优秀青年教师培养计划 (Yq2013031)

作者简介: 谭德龙, 男, 硕士, 研究方向为外来入侵生物与植物检疫, E-mail: cvet2311035@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: xuyijuan@seau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-12-14; 接受日期 Accepted: 2016-04-07

果很好, 茚虫威原药专利期过后, 安徽省合肥福瑞德生物化工厂于 2014 年研制了 0.1% 的茚虫威饵剂 (潘达强等, 2014), 李平东等 (2014) 研究了红火蚁防治中茚虫威饵剂的使用剂量, 但茚虫威最适合防治红火蚁的浓度未见有报道。鉴于茚虫威对害虫的显著防治性能, 本研究比较不同浓度茚虫威毒饵对红火蚁防治效果的差异, 为寻找最适合防治红火蚁的茚虫威浓度提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 饵剂原材料

红火蚁饵剂主要由有效成分、防腐剂、载体、其他添加剂等配制而成。

有效成分: 茚虫威原药 (含量 $\geq 95\%$, 陕西惠诚生物科技有限公司生产)。溶剂: 丙酮 (分析纯, 西陇化工股份有限公司生产)。防腐剂: 苯甲酸 (分析纯, 天津致远化学试剂有限公司生产)。载体: 饼干碎。其他添加剂: 白砂糖。

1.1.2 仪器

鼓风干燥箱 (博讯牌 DZF-6050), 分析天平 (梅特勒 ME204E), 250 mL 烧杯, 250 mL 锥形瓶, 玻璃棒, 旋转搅拌锅, 药勺, 50 cm $\times$ 30 cm 不锈钢托盘, 移动电子天平。

1.1.3 茚虫威浓度

0.025% 茚虫威饵剂, 0.05% 茚虫威饵剂, 0.1% 茚虫威饵剂。试验阶段每浓度制作 5000 g。

1.2 研制路线

1.2.1 溶化原药和防腐剂

用分析天平分别准确称量茚虫威原药 1.250 g、2.500 g、5.000 g, 苯甲酸 5.000 g, 使用 100 mL 丙酮融化, 置于雾化喷壶中。

1.2.2 雾化搅拌

启动旋转搅拌锅, 倒入饼干碎 4000 g, 投入 250 g 白砂糖, 补足载体至 5000 g。转速设定在 200–300 r/min, 边搅拌边雾化喷入调配好的原药溶液, 充分搅拌 60 min。此阶段务求原药溶液与载体饵料充分搅拌均匀。

1.2.3 烘干保存

搅拌均匀后的饵剂装盘, 放在阴凉通风处 24 h 令其散去丙酮气味, 后放入鼓风干燥箱, 干燥后

装袋密封, 保存在阴凉无光照环境。

1.3 防治红火蚁应用

1.3.1 试验环境和靶标

试验在华南农业大学跃进南草坪、佛山市三水区南山镇佛山农科技园, 试验对象为红火蚁多蚁后型种群。试验撒药与调查时空气温湿度: 26℃–32℃、40%–80%, 土壤温湿度: 26℃–32℃、35%–65%。撒药前撒药后 48 h 未见有降雨。

1.3.2 小区排列及处理剂量

供试药剂为配制好的 0.025%、0.05%、0.1% 茚虫威饵剂。对照饵剂为 0.02% 多杀霉素饵剂 (红火蚁克星, 惠州市南天生物科技有限公司生产)。设空白对照。

试验设 4 个处理 1 个空白对照, 4 次重复, 采用单蚁巢处理方法进行试验。参照对照饵剂的用量, 各处理分别为 0.025%、0.05%、0.1% 茚虫威饵剂 10 g/巢, 0.02% 多杀霉素饵剂 10 g/巢。各处理小区按随机区组排列。共设计 5 个处理, 4 次重复, 共 20 个小区。每个小区符合试验的蚁巢 5–6 巢。

1.3.3 施药方法和次数

采用电子天平和 $\Phi 9$ cm 培养皿量取饵剂, 人工均匀撒施于红火蚁蚁巢 50–100 cm 范围内。空白对照区不使用任何药剂。饵剂施药时间为早上 8:00–9:30, 仅施一次。试验期间不采取任何措施防治其他有害生物。

1.4 调查方法和分级标准

根据《GBT 17980.149–2009 农药田间药效试验准则 (二) 第 149 部分: 杀虫剂防治红火蚁》《广东省杀虫剂防治红火蚁药效监测调查和评价技术方案》等有关技术规程, 综合评价药剂的防治效果。

1.4.1 活动蚁巢防治效果调查与计算方法

采用目测法调查活动蚁巢防治效果。用 GPS 定位小区内的活动蚁巢, 以小红旗在活动蚁巢旁做好标记。用竹签轻微破坏蚁巢表面, 60 s 内有多于 3 头红火蚁出来即判定为活动蚁巢, 少于 3 头即判定为非活动蚁巢, 每次调查后对非活动蚁巢做好标记 (黄俊, 2009)。

$$\text{活动蚁巢防治效果 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{药前对照区活动蚁巢数} \times \text{药后处理区活动蚁巢数}}{\text{药前处理区活动蚁巢数} \times \text{药后对照区活动蚁巢数}} \right) \times 100$$

1.4.2 工蚁防治效果调查与计算方法

采用诱饵诱集法调查红火蚁工蚁数量调查各处理小区有效蚁巢数量。诱饵为新鲜火腿肠薄片。

在 8-10 时和 16-18 时将装有火腿肠薄片的 30 mL 塑料瓶横置于小区内, 放置 0.5-1.0 h 取回, 记录各诱饵瓶中工蚁数量。

$$\text{工蚁防治效果 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{药前对照区活动工蚁数} \times \text{药后处理区活动工蚁数}}{\text{药前处理区活动工蚁数} \times \text{药后对照区活动工蚁数}} \right) \times 100$$

1.4.3 蚁巢级别减退调查与计算方法

蚁群死亡情况指标是挖开蚁巢检查红火蚁蚁群存活情况, 按下列标准进行分级, 计算每个小区所有蚁巢蚁群的平均级数:

分级标准: 0 级, 无任何虫态的红火蚁存活,

1 级, 仅发现红火蚁的工蚁或蛹和幼虫存活, 2 级, 发现红火蚁的有翅生殖蚁、除蚁后外的其他虫态个体存活, 3 级, 发现红火蚁蚁后及其他虫态个体存在。

$$\text{蚁巢级别减退率 (\%)} = \left(1 - \frac{\text{药前对照区蚁巢级别} \times \text{药后处理区蚁巢级别}}{\text{药前处理区蚁巢级别} \times \text{药后对照区蚁巢级别}} \right) \times 100$$

1.4.4 综合防治效果计算

赋予活蚁巢防治效果 (蚁巢减退率)、工蚁防治效果 (工蚁减退率)、蚁群防治效果 (蚁群级别减退率) 指标的权重系数分别为 0.3、0.2、0.5, 则综合防治效果的计算公式: $P = 0.3 PN + 0.2 PW + 0.5 PC$

式中: P, 综合防治效果; PN, 活蚁巢防治效果; PW, 工蚁防治效果; PC, 蚁群防治效果。

1.4.5 对其他生物的影响

试验过程中, 观察对试验小区内的有益生物、其他昆虫、杂草的影响。

1.4.6 调查时间和次数

施药前一天进行基数调查, 施药后 7、14、21、28 d 各调查 1 次防治效果, 第 28 天挖开蚁巢调查蚁后、工蚁存活及蚁群结构等情况。

2 结果与分析

采用 SPSS 处理数据、分析比较不同处理的效果差异。试验结果见表 1、表 2、表 3、表 4。

2.1 施药前后活动蚁巢和工蚁数量的变化

活动蚁巢减退率方面, 0.025% 茚虫威饵剂在 28 d 后达到 75%, 0.05% 茚虫威饵剂、0.1% 茚虫威饵剂和 Advion 饵剂达到 100%, 红火蚁克星为

70%。工蚁数量减退率方面, 0.025% 茚虫威饵剂在 28 d 后达到 84.81%, 0.05% 茚虫威饵剂、0.1% 茚虫威饵剂未诱集到活红火蚁, 减退率达到 100%, 红火蚁克星为 82.50%。4 个处理在不同时间调查工蚁数量均明显低于对照, 说明在减少红火蚁工蚁数量方面各处理药剂都能获得很好的防效。0.05% 和 0.1% 茚虫威饵剂在降低程度和降低速度上与其他三种饵剂有显著差异, 但 0.05% 和 0.1% 茚虫威饵剂之间没有显著差异。4 个处理较空白对照差异显著 (表 1)。

2.2 蚁群死亡情况和综合防治效果

施药后 28 d 挖开各处理区内的蚁巢, 根据蚁群死亡情况指标分级标准对各处理区进行分级, 结果表明 0.025% 茚虫威、0.05% 茚虫威、0.1% 茚虫威、红火蚁克星的蚁群级别降低率分别为 91.67%、100%、100%、91.67%。综上, 0.025% 茚虫威饵剂的综合防治效果为 85.30%, 0.05% 茚虫威饵剂和 0.1% 茚虫威饵剂的防治效果为 100%, 对照的南天红火蚁克星饵剂为 83.34% (表 2, 表 3)。

2.3 对其他生物的影响

试验过程中发现, 大面积撒施毒饵防治红火蚁, 会对地面节肢动物特别是其他蚂蚁种群产生不利影响。未发现对试验区内和周围的杂草、果树、野生生物有药害。

表 1 施药前后各处理的活动蚁巢数和工蚁数量
Table 1 Number of active nests and workers in each treatment plots

调查时间 Investigation time	药剂种类 Bait type	处理剂量 (g) Treatments	活动蚁丘数 (个) No. of active nest	活动蚁巢防 治效果 (%) Control effect of active nests	工蚁数 (头) No. of workers	工蚁防治效 果 (%) Control effect of workers
施药前基数 Before the spraying base	0.025% 茚虫威 0.025% indoxacarb	10	5 a	—	243.75 ± 17.61 a	—
	0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	10	5 a	—	247.75 ± 26.60 a	—
	0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	10	5 a	—	287.25 ± 19.35 ab	—
	红火蚁克星 HHYKX	10	5 a	—	236.35 ± 37.82 a	—
	对照 CK	—	5a	—	226.25 ± 9.64 a	—
施药后 7 d 7 days after pesticide application	0.025% 茚虫威 0.025% indoxacarb	10	1.5 ± 0.5 b	70	48.50 ± 6.33 b	81.51
	0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	10	1 a	80	29.75 ± 3.52 a	88.84
	0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	10	1 a	80	31.37 ± 13.12 a	89.85
	红火蚁克星 HHYKX	10	1.5 ± 0.5 b	70	49.53 ± 9.56 b	80.53
	对照 CK		5 c	0	243.50 ± 10.56 d	0
施药后 14 d 14 days after pesticide application	0.025% 茚虫威 0.025% indoxacarb	10	1.25 ± 0.13 b	75	43.32 ± 4.87 b	85.17
	0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	10	0 a	100	0 a	100
	0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	10	0 a	100	0 a	100
	红火蚁克星 HHYKX	10	1.5 ± 0.15 b	70	38.93 ± 14.72 b	86.26
	对照 CK		5 c	0	271.25 ± 33.64 c	0
施药后 21 d 21 days after pesticide application	0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	10	0 a	100	0 a	100
	0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	10	0 a	100	0 a	100
	红火蚁克星 HHYKX	10	1.5 ± 0.15 b	70	56.87 ± 20.12 c	74.71
	对照 CK		5 c	0	215.27 ± 23.54 d	0
施药后 28 d 28 days after pesticide application	0.025% 茚虫威 0.025% indoxacarb	10	1.25 ± 0.13 b	75	37.82 ± 17.38 b	84.81
	0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	10	0 a	100	0 a	100
	0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	10	0 a	100	0 a	100
	对照 CK	—	5 c	0	271.25 ± 33.64 c	0

注: 表中同列同一时间数字后字母相同者表示经方差分析 (DMRT) 在 5% 水平上差异不显著。Note: Data in the same row and same time followed by the same letter are not significantly different (DMRT) at level of 0.05.

表 2 各种饵剂处理后蚁群级别
Table 2 Colony grade after the treatments of various bait

药剂种类 Bait type	处理剂量 (g) Treatments	蚁群级别 Colony grade
0.025% 茚虫威 0.025% indoxacarb	10	0.25 ± 0.25 b
0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	10	0 a
0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	10	0 a
红火蚁克星 HHYKX	10	0.25 ± 0.25 b
对照 CK	—	3 c

注: 表中数字后字母相同者表示经方差分析 (DMRT) 在 5% 水平上差异不显著。Note: Data in the same row followed by the same letter are not significantly different (DMRT) at level of 0.05.

表 3 各种饵剂对红火蚁的防治药效
Table 3 Comprehensive control of various kinds bait on the prevention and control of fire ants

药剂种类 Bait type	活蚁巢减退率 (%) Active nest reduction rate	工蚁减退率 (%) Worker ant reduction rate	蚁巢级别降低率 (%) Nest grade reduction rate	综合防治效果 (%) Comprehensive control effect
0.025% 茚虫威 0.025% indoxacarb	75	84.81	91.67	85.30
0.05% 茚虫威 0.05% indoxacarb	100	100	100	100
0.1% 茚虫威 0.1% indoxacarb	100	100	100	100
红火蚁克星 HHYKX	70	82.50	91.67	83.34
对照 CK	0	0	0	0

3 结论与讨论

当前对红火蚁的控制以化学防治为主, 生物防治方面有 α -三联噻吩、绿僵菌、白僵菌、苏云金芽孢杆菌、红背桂提取物、马缨丹提取物等对红火蚁的毒力测定研究, 但仍未见于生产中防治 (杨佳后等, 2009; 吴华俊等, 2014 a; 吴华俊等, 2014 b), 物理防治主要是开水浇灌和液化气喷火枪两种方法, 亦较少使用。饵剂防治是最常用的防治方法, 市面饵剂的有效成分有多杀霉素、苯氧威、氟虫腈、吡虫啉、氟蚁腓、氟虫胺等, 有效成分含量从 0.05% - 0.5% 不等。

茚虫威是杜邦公司研发的新型高效杀虫剂, 凭借着优异的性能, 又逢原药专利期已在 2011 年 11 月 21 日到期, 将会是国内农药企业开发的热点 (唐永军, 2012; 杨丙连, 2012)。张森泉等 (2008) 对比了茚虫威饵剂和多杀霉素饵剂的防治

红火蚁效果, 认为茚虫威饵剂的作用效果更快, 黄俊等 (2009) 曾评价过 0.045% 茚虫威饵剂 (杜邦 Advion) 对红火蚁的田间药效, 论证了茚虫威适合田间防治红火蚁, 潘达强等 (2014) 明确了茚虫威具有缓效特性, 同时指出红火蚁工蚁间茚虫威横向传毒的剂量、时间和供受蚁比例的效应, 李平东等 (2014) 也使用 0.045% 茚虫威饵剂 (杜邦 Advion) 进行了茚虫威饵剂使用剂量的确定。但通过市场调查发现, 茚虫威原药的售价高达 80 - 100 万/吨, 目前仅有安徽省合肥福瑞德生物化工厂生产有效成分为 0.1% 的茚虫威饵剂 (瑞丰舒绝), 杜邦公司在 2012 年将 0.045% 有效成分的 Advion 饵剂转让给先正达公司后, 至今仍没正式上市。对茚虫威饵剂防治红火蚁的有效成分浓度研究, 既有利于指导研制红火蚁饵剂的适合浓度, 也能减少企业生产的成本。

本试验表明, 茚虫威饵剂不仅对红火蚁有着优异的防治效果, 同时对植被不产生药害, 可以

预见将来的市场会有越来越多以茚虫威为有效成分的红火蚁毒饵。3 个不同浓度茚虫威研制的饵剂都能有效防控红火蚁, 0.05%、0.1% 茚虫威饵剂在防治上差异不显著, 较 0.025% 浓度和参照饵剂差异显著, 判断 0.1% 茚虫威饵剂有效成分可能过量。0.05% 的含量最适宜, 工业化生产建议配方规格为茚虫威 0.05%。具体用量应根据蚁巢密度及大小进行调整。本研制技术路线简洁易懂, 材料价格低廉、来源面广, 可以作为红火蚁饵剂开发的参考。

参考文献 (References)

- Collins HL, Callcott AA. Effectiveness of spot insecticide treatments for red imported fire ant control [J]. *J. Entomol. Sci.*, 1995, 30: 489–496.
- Lahn GP, Mc-Cann SF, Harrison CR, *et al.* Evolution of the sodium channel blocking insecticides: The discovery of indoxacarb [J]. *Acs Symposium Series*, 2000: 20–34.
- Li PD, Li ZQ, Zhang SQ, *et al.* Dosage of the indoxacarb bait used to control *Solenopsis invicta* Buren [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 17: 88–92, 118. [李平东, 李志强, 张森泉, 等. 红火蚁防治中茚虫威饵剂使用剂量的确定 [J]. *广东农业科学*, 2014, 17: 88–92, 118]
- Liu J, Lv LH, Feng X, *et al.* Development of chemical baits for red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) in the United States [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2006, 5: 12–16. [刘杰, 吕利华, 冯夏, 等. 美国红火蚁防治饵剂的研制应用与启示 [J]. *广东农业科学*, 2006, 5: 12–16]
- Mc-Cann SF, Annis GD, Shapiro R, *et al.* The discovery of indoxacarb [J]. *Pest Management Science*, 2001, 57: 153–164.
- Huang J, Lu YY, Xu YJ, *et al.* Control effect of 0.045% indoxacarb on the red imported fire ant *Solenopsis invicta* [J]. *Plant Protection*, 2009, 35 (3): 145–148. [黄俊, 陆永跃, 许益鏊, 等. 0.045% 茚虫威饵剂对红火蚁的田间防治效果评价 [J]. *植物保护*, 2009, 35 (3): 145–148]
- Huang J, Zeng L, Liang GW, *et al.* Technical demonstration of controlling red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren. China plant protection [J]. *China Plant Protection*, 2007, 27 (8): 41–43. [黄俊, 曾玲, 梁广文, 等. 红火蚁疫情灭除技术示范 [J]. *中国植保导刊*, 2007, 27 (8): 41–43]
- Pan DQ, Zeng XN, Yan Q. Horizontal transfer of indoxacarb among red imported fire ant workers [J]. *Journal of Biosafety*, 2014, 23 (2): 117–120. [潘达强, 曾鑫年, 鄢勤. 茚虫威在红火蚁工蚁间的横向接触传导效应 [J]. *生物安全学报*, 2014, 23 (2): 117–120]
- Tang YJ. In 2011–2015 patent pesticide varieties of indoxacarb [J]. *The New Century of Agrochem*, 2012, 4: 39–42. [唐永军. 2011 年–2015 年专利到期的农药品种之茚虫威 [J]. *今日农药*, 2012, 4: 39–42]
- VINSON SB. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): Spread, biology, and impact [J]. *American Entomologist*, 1997, 43 (1): 23–39.
- Wu HJ, Gan JL, Huang HY, *et al.* Insecticidal activities of 5 plant extracts against *Solenopsis invicta* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2014a, 33 (6): 35–37. [吴华俊, 甘洁琳, 黄卉扬, 等. 5 种植物提取物对红火蚁的杀虫活性比较 [J]. *中国森林病虫*, 2014a, 33 (6): 35–37]
- Wu HJ, Lu LL, Ma D, *et al.* Virulence determination of 3 kinds of microbial insecticides on the red imported fire ants [J]. *China Plant Protection*, 2014, 34 (11): 65–67. [吴华俊, 罗淋淋, 马頔, 等. 3 种微生物杀虫剂对红火蚁的毒力测定 [J]. *中国植保导刊*, 2014, 34 (11): 65–67]
- Yang BL, Sun K, Zhang MH. A review of synthetic methods of indoxacarb [J]. *Agrochemicals*, 2014, 51 (10): 774–779. [杨丙连, 孙克, 张敏恒. 茚虫威合成方法述评 [J]. *农药*, 2014, 51 (10): 774–779]
- Yang JH, Sun F, Liao KH, *et al.* Bioassay of 4 strains of *Beauveria bassiana* against *Solenopsis invicta* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 31 (1): 46–51. [杨佳后, 孙钊, 廖坤宏, 等. 4 株球孢白僵菌对红火蚁毒力的生物测定 [J]. *环境昆虫学报*, 2009, 31 (1): 46–51]
- Zeng L, Lu YY, Chen ZN, *et al.* Monitoring and Control of 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]
- Zhang SQ, Li PD, Wu BS, *et al.* Evaluation of the field control effect of 3 pesticides on the red imported fire ants [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2008, 6: 77–78. [张森泉, 李平东, 吴贻生, 等. 3 种药剂对红火蚁田间防治效果评价 [J]. *广东农业科学*, 2008, 6: 77–78]