

# 不同剂量灭蚁威饵剂对红火蚁的田间防治效果评价\*

黄俊<sup>1,2\*\*</sup> 陆永跃<sup>1</sup> 梁广文<sup>1</sup> 曾玲<sup>1\*\*\*</sup>

(1. 华南农业大学红火蚁研究中心, 广州 510642;

2. 浙江省农业科学院花卉研究开发中心, 浙江省萧山棉麻研究所, 杭州 311202)

**摘要** 【目标】明确红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 毒饵最佳使用剂量有助于有效控制红火蚁、降低防治成本和保护生态安全。【方法】采用活动蚁巢减退率、工蚁减退率与蚁群级别降低率综合评价了单蚁巢点施不同剂量灭蚁威饵剂对红火蚁的田间防治效果。【结果】结果表明, 地表有效体积大小一致的蚁巢实施 25、20、15、10、5 g 饵剂处理 25 d 后, 对应的活动蚁巢减退率分别为 80%、90%、100%、90%、90%, 工蚁减退率分别为 100%、100%、100%、98.1%、99.2%, 蚁群级别降低率为 86.7%、90%、100%、80%、76.7%。同时, 在最适投饵量基础上, 针对不同地表有效体积大小的蚁巢投施相应饵剂量, 综合防治效果达 94% 以上。【结论】上述结果可见, 对蚁巢地表有效体积大小 0.066 m<sup>3</sup> 的蚁巢施用 15 g 灭蚁威饵剂能起到最佳的防治效果, 而且每 0.03 m<sup>3</sup> 蚁巢地表有效体积大小相对应的饵剂量为 5 g。

**关键词** 红火蚁, 活动蚁巢减退率, 工蚁减退率, 蚁群级别降低率, 防治效果

## Optimal dosage of Meiyiwei (0.45% tetramethrin + 0.05% cypermethrin) bait for the control of *Solenopsis invicta* Buren

HUANG Jun<sup>1,2\*\*</sup> LU Yong-Yue<sup>1</sup> LIANG Guang-Wen<sup>1</sup> ZENG Ling<sup>1\*\*\*</sup>

(1. Red Imported Fire Ant Research Centre, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Flower Research and Development Centre, Cotton and Flax Research Institute, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 311202, China)

**Abstract** [Objectives] To determine the optimal dosage of Meiyiwei (0.45% tetramethrin + 0.05% cypermethrin) bait. [Methods] The effect of Meiyiwei (0.45% tetramethrin + 0.05% cypermethrin) on fire ants was evaluated using an integrated index. [Results] The mortality of fire ant colonies treated with dosages of 25, 20, 15, 10, 5 g per mound were 80%, 90%, 100%, 90% and 90%, respectively; the mortality of fire ant workers were 100%, 100%, 100%, 98.1% and 99.2%, respectively, and the control effect were 89.4%, 93%, 100%, 87.4%, 86.1%, respectively, after 25 days. The application of practical quantities of Meiyiwei achieved a control effect in excess of 94% depending on different mound volume and dosage. [Conclusion] 15 g Meiyiwei per mound had the best control effect, and in general, 5 g of this pesticide should be applied per 0.03 m<sup>3</sup> of mound volume.

**Key words** *Solenopsis invicta*, active mound decreasing rates, chemical control, poisonous bait

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 隶属膜翅目、蚁科、切叶蚁亚科、火蚁属, 是国际公认的危险性最大的外来入侵物种之一 (Lofgren *et al.*, 1972; Vinson, 1997)。自 2004 年 9 月底在我国广东省吴川市发现红火蚁入侵危害以来, 目前已分布于我国近 30 个县级区域 (曾玲等, 2005a)。

\* 资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金项目 (305712427); 广东省科技计划项目 (2005A20401001); 农业部项目 (农财发[2005]16 号; 农办科函[2005]45 号); 广东省红火蚁防控技术项目 (粤农保[2005]26 号)

\*\*第一作者 First author, E-mail: junhuang1981@aliyun.com

\*\*\*通讯作者 Corresponding author, E-mail: zengling@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-11-02, 接受日期 Accepted: 2015-11-12

红火蚁攻击性强、传播快、危害重,影响范围广,防控工作的难度大(Lofgren *et al.*, 1975; 曾玲等, 2005b)。

目前,防治红火蚁的化学药剂种类及剂型很多,其中毒饵是最有效的剂型(Phillips and Thorvilsion, 1989; Williams *et al.*, 2001),已报道的产品中有效化学成分有氟虫胺、硫氟磺酰胺、胺菊酯、苯氧威、多杀菌素、伏蚊脞等(吴志红等, 2006; 曾鑫年等, 2006; 黄田福等, 2007; 黄俊等, 2009; Wang *et al.*, 2012)。应用毒饵防治红火蚁省时、省工、省力,而且适合大面积防控。但是,新研发的毒饵在应用之前,必须要对其田间效果进行科学评价。谢毅璇(2012)研究发现,在农田、山坡地、绿化带、草坪4个不同生境的红火蚁发生区域,通过单蚁巢施药10~15 g 灭蚁威饵剂,在药后35 d时,其对蚁巢和工蚁的校正防效均在95%以上,表现出良好的防治效果。因此,本试验以灭蚁威饵剂为材料,设置不同梯度的单蚁巢投饵量,以活动蚁巢减退率、工蚁减退率与蚁群级别降低率综合评价防治效果且得出最适投饵量;并在此基础上,通过对不同大小的蚁巢投施不同饵剂量,检验最适饵剂量的可靠性,为饵剂的实际应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地介绍

本试验在广东省深圳市坑梓第三工业区内的绿化带进行。试验区域边界定点坐标为22°44.617'N/114°23.193'E, 22°44.337'N/114°22.754'E, 工业区总面积约为5万 m<sup>2</sup>; 供试绿化带宽度约2.5 m, 绿化草皮为台湾草, 绿化带之间以水泥路相隔。

### 1.2 供试饵剂

供试饵剂商品名为灭蚁威(广东省揭阳市为民蚂蚁药厂提供), 有效成分为0.45%胺菊酯+0.05%氯氰菊酯。

### 1.3 试验方法

首先,在绿化带区域选取60个活动蚁巢,

选定蚁巢的地表体积大小较一致,判断方法根据Porter(1992)的计算公示,经测量、计算得出选定蚁巢地表的有效体积大小约为0.066 m<sup>3</sup>,表面基部面积约为0.055 m<sup>2</sup>。每个蚁巢之间距离5~8 m,用GPS对蚁巢空间位置进行定位。设置单个蚁巢投施不同梯度的饵剂量,即5、10、15、20、25 g/巢,不投饵剂作为对照,共6个处理,每处理重复10个蚁巢。

对上述得到的最适投饵量进行检验。在同区域内、不同绿化带中选取50个活动蚁巢,蚁巢地表的有效体积大小均<0.1 m<sup>3</sup>,且根据其大小划分为4个等级并投以相应的饵剂量,如表1所示。

表1 供试蚁巢体积大小分级、数量及相应投饵量  
Table 1 The classification of mound volume, mound numbers and corresponding bait-dosage

蚁巢体积大小(m <sup>3</sup> ) Mound volume	数量(个) Mound numbers	投饵量(g) Dosage of bait
0-0.03	13	N-10
0.03-0.05	10	N-5
0.05-0.07	19	N
0.07-0.10	8	N+5

表中N为蚁巢地表有效体积大小0.066 m<sup>3</sup>,表面基部面积0.055 m<sup>2</sup>的蚁巢所对应的最适投饵量。

The "N" in the table means the optimum dosage of bait according to the mound volume (0.066m<sup>3</sup>) and mound surface base area (0.055m<sup>2</sup>).

根据红火蚁的活动规律和天气状况,选择晴天的傍晚(4:00—5:00),采用单个蚁巢处理的方法,以蚁丘为中心,在10~30 cm范围内将饵剂作环形撒施,施药时不扰动蚁巢,药后12 h无雨。试验时地面温度为:24~31℃,空气湿度:55%~71%。整个试验过程中没发现原蚁巢迁移现象。

### 1.4 调查方法与步骤

基数调查采用干扰取样法,用铝质可乐瓶制作蚁巢干扰取样器(底部不开口,顶部开口,高5 cm、上下直径4 cm)。然后用滑石粉均匀涂抹取样器的内壁,将取样器底部轻轻插入蚁巢顶

部,受干扰后红火蚁工蚁会沿着外壁迅速爬上,达到顶部后会掉落至取样器内,60 s 后收回,用 70%酒精浸泡,带回室内并记录工蚁数。点撒饵剂后每隔 5 d,用同样的方法对各蚁巢进行调查。当工蚁中毒后无力爬上干扰取样器,或者工蚁数较少而不构成攻击的时候,取样工蚁数记录为 0。同时,在取样过程中记录活动蚁巢情况,干扰蚁巢后 60 s 还能发现 3 头以上工蚁即判定为活动蚁巢。施药 40 d 后挖开整个蚁巢仔细观察蚁群结构。

最适投饵量的效果检验只调查 25 d 后活动蚁巢数量和采集工蚁数量,以及 40 d 后整个蚁巢的蚁群结构。

### 1.5 评价指标和方法

最适投饵量的判定采用活动蚁巢减退率、工蚁数量减退率为主要指标,辅以蚁群、蚁后死亡情况综合评价药剂的防治效果。蚁巢减退率、工蚁数量减退率、蚁群级别降低率的计算公式参照(黄俊等,2008,2009)。同时,根据试验研究

和经验,赋予活动蚁巢减退率(防治效果)(%)、工蚁减退率(防治效果)(%)、蚁群级别降低率(%)权重系数分别为 0.2、0.3、0.5。因此,给出防治效果的综合评价指标为以下公式:

防治效果综合评价指标(%)=活动蚁巢防治效果 $\times$ 0.2+工蚁防治效果 $\times$ 0.3+蚁群级别降低率 $\times$ 0.5。

## 2 结果与分析

### 2.1 处理前后活动蚁巢数、工蚁取样数的变化

从表 2 中可以看到:施药后 10 d,无论投放多少饵剂量,活动蚁巢数都有一定程度的减少,其中 15 g 灭蚁威剂量处理下的效果最明显,施药后 25 d 活动蚁巢数为 0;25、20 和 15 g 3 个不同剂量处理下的工蚁数明显见到效果,施药后 20 d,干扰取样器中的工蚁密度为 0,而 10 g 和 5 g 两个不同剂量处理不彻底,到施药后 25 d 干扰取样器还能采集到工蚁。

表 2 不同剂量的灭蚁威饵剂在处理红火蚁蚁巢上的效果情况

Table 2 The control effects of different dosages of Meiyiwei bait on fire ant mounds

	单蚁巢施药量(g) The dosage of bait per ant mound	活动蚁巢数(个) Numbers of active fire ant mound	活动蚁巢防治 效果(%) Mortality of active fire ant mound	60 s 干扰取样器采 集工蚁数(头) Number of fire ant workers	工蚁防治效果(%) Reduction rate of fire ant workers
施药前	25	10	-	298.70 $\pm$ 90.94a	-
Pre-treatment	20	10	-	490.40 $\pm$ 163.66a	-
	15	10	-	281.60 $\pm$ 100.80a	-
	10	10	-	409.50 $\pm$ 136.85a	-
	5	10	-	520.50 $\pm$ 172.48a	-
	对照 CK	10	-	328.00 $\pm$ 109.45a	-
施药 5 d 后	25	9	10	51.90 $\pm$ 40.15b	79.9
5 days after treatment	20	10	0	79.30 $\pm$ 71.62b	81.4
	15	10	0	78.40 $\pm$ 42.74b	67.9
	10	9	0	70.80 $\pm$ 74.04b	80.1
	5	8	20	157.10 $\pm$ 142.89a	65.2
	对照 CK	10	-	284.60 $\pm$ 121.28a	-
施药 10 d 后	25	6	40	29.10 $\pm$ 30.08b	84.6
10 days after treatment	20	7	30	64.60 $\pm$ 66.49b	79.2
	15	7	40	13.30 $\pm$ 20.97b	92.5
	10	4	10	33.00 $\pm$ 64.68b	87.3

续表 2 (Table 2 continued)

	单蚁巢施药量 (g) The dosage of bait per ant mound	活动蚁巢数 (个) Numbers of active fire ant mound	活动蚁巢防治效果 (%) Mortality of active fire ant mound	60 s 干扰取样器采集工蚁数 (头) Number of fire ant workers	工蚁防治效果 (%) Reduction rate of fire ant workers
	5	5	50	17.40±29.46b	94.7
对照 CK		10	-	207.80±97.95a	-
施药 15 d 后 15 days after treatment	25	4	60	1.10±2.16b	99.3
	20	4	60	22.70±29.79b	91.2
	15	3	70	2.80±4.34b	98.1
	10	1	60	12.70±24.89b	94.1
	5	2	80	11.60±22.74b	95.8
对照 CK		10	-	172.90±72.47a	-
施药 20 d 后 20 days after treatment	25	3	70	0b	100.0
	20	2	80	0.50±0.98b	99.9
	15	2	80	0b	100.0
	10	1	90	5.40±10.58b	98.2
	5	2	80	13.50±26.46b	96.5
对照 CK		10	-	243.30±67.36a	-
施药 25 d 后 25 days after treatment	25	2	80	0b	100.0
	20	1	90	0.50±0.98b	100.0
	15	0	100	0b	100.0
	10	1	90	5.20±10.19b	98.1
	5	1	90	2.70±5.29b	99.2
对照 CK		10	-	222.80±59.11a	-

表中同列数字后字母相同者表示经 Duncan's 方差分析在 5%水平上差异不显著。

Data followed by the same letters in the same column indicate no significant difference at 0.05 level.

### 2.2 挖巢法观察蚁群结构

40 d 后对处理的所有蚁巢进行挖巢观察,以此来判断该饵剂剂量处理的彻底性。需要观察的内容有蚁后、有翅生殖蚁、工蚁、蛹、幼虫。由于卵较难计数,因此不在观察范围内。从表 3 中可以看出,10 g 和 5 g 处理下,10 个蚁巢中都还有一个蚁巢存在有蚁后及其他虫态个体,潜在繁殖力很大,防治效果不够彻底;25 g、20 g 处理下也不彻底,均能发现有翅蚁、工蚁等,但没发现有蚁后,也可能具有潜在繁殖力;而 15 g 处理下,无任何虫态的红火蚁存活。因此,15 g 处理下蚁群死亡级别皆为 0,25、20、10 及 5 g 灭蚁

威处理下蚁群死亡级别平均分别为 0.4、0.3、0.6 及 0.7。由此得出,各剂量灭蚁威饵剂处理下

表 3 不同剂量灭蚁威饵剂处理下的蚁群品级  
Table 3 Colony class at different dosages of Meiyiwei bait

单蚁巢施药量 (g) The dosage of bait per ant mound	蚁群品级 Colony class			
	品级 0 Class-0	品级 1 Class-1	品级 2 Class-2	品级 3 Class-3
25	7	2	1	0
20	7	3	0	0
15	10	0	0	0
10	7	1	1	1
5	6	2	1	1

蚁群级别降低率分别为 86.7%(25 g)、90%(20 g)、100%(15 g)、80%(10 g)、76.7%(5 g)。

### 2.3 最适投饵量的综合判定

将各灭蚁威剂量处理后 25 d 的活动蚁巢防治效果、工蚁防治效果数据(表 1)和蚁群级别降低率(表 2)的数据分别带入防治效果综合评价公式中,最后得出 25、20、15、10、5 g 灭蚁威饵剂处理红火蚁蚁巢的防治效果分别为 89.4%、93%、100%、87.4%、86.1%。表明 15 g 灭蚁威饵剂的防治效果最好,也是本试验中对应

蚁巢大小所应该投放的最适饵量。

### 2.4 最适投饵量的效果检验

由表 4 可以看出,根据蚁巢体积大小相应投施了不同剂量的饵剂量,40 d 后综合防治效果都较好,其中 0.03~0.05 m<sup>3</sup> 与 0.05~0.07 m<sup>3</sup> 等级蚁巢的防治效果均为 100%。虽然另外两个等级处理的防治效果未能达到 100%,但是通过挖巢发现,该处理的蚁巢内只存在少量工蚁和幼虫,未发现蛹,说明防治效果已较为彻底,也进一步说明此蚁巢体积大小等级与相应投饵量的搭配较为合理。

表 4 最适投饵量防治效果检验  
Table 4 Validity check of the optimum dosage of Meiyiwei bait

蚁巢体积大小 (m <sup>3</sup> ) Mound volume	活动蚁巢防治效果 (%) Mortality of active fire ant mound	工蚁防治效果 (%) Reduction rate of fire ant workers	蚁群级别降低率 (%) Control effects for colony class	综合防治效果 (%) Integrative control effect
0-0.03	92.3	99.6	97.4	97.04
0.03-0.05	100.0	100.0	100.0	100.00
0.05-0.07	100.0	100.0	100.0	100.00
0.07-0.10	87.5	96.2	95.8	94.26

## 3 结论与讨论

化学防治是目前红火蚁防控过程中灭杀速度最快的一种方法,而毒饵在化学防治中发挥着重要作用(Williams *et al.*, 2001)。2004 年在我国大陆发现红火蚁入侵以来,毒饵的研制和应用迅速开展起来,而且也逐渐开始关注饵剂的科学撒施方式(李平东等, 2014)。通过大量野外监测发现,大面积范围内均匀撒施饵剂可以处理一些不明显的蚁巢,但有一定盲目性而造成浪费,同时也会因饵剂暴露时间过长而影响防治效果;而单蚁巢点施则具有针对性,能使得工蚁快速搜寻到目标并搬运,增加了饵剂的利用率。单蚁巢投饵量过大(饱和),会导致最终的防治效果不理想,投饵量太少会导致防治不彻底,再次投饵则会出现工蚁拒食现象(曾鑫年等, 2006)。因此,最适投饵量的掌握对于化学防治红火蚁起到关键性的作用。

本研究发现,对蚁巢地表有效体积大小

0.066 m<sup>3</sup>、表面基部面积 0.055 m<sup>2</sup> 的蚁巢施用 15 g 灭蚁威饵剂能起到最佳的防治效果。而且,在蚁巢体积小于 0.1 m<sup>3</sup> 的前提下,通过对不同蚁巢体积大小分级(0.03 m<sup>3</sup> 为一级别),并投施相应的饵剂量(0.03 m<sup>3</sup> 级别对应 5 g),能获得极佳的防治效果。黄俊等(2009)研究发现,诱集的红火蚁工蚁数量与蚁丘体积(地表部分)之间具有一定的数学模型关系,随着蚁丘体积大小的增加,诱集工蚁数量也显著增加,之后趋缓达到最大值。而对于大型的蚁巢是否适合该模型并不清楚,因为大型的蚁巢也可能是正处于消亡或衰退的蚁群。因此,本研究结论是否也适用于蚁巢地表体积大于 0.1 m<sup>3</sup> 的情况,有待进一步研究。

本研究还通过活动蚁巢减退率、工蚁减退率与蚁群级别降低率、以及根据防控经验赋予不同权重而得出的综合评价指标,判断灭蚁威饵剂的最适投饵量,这种方法还只是初步尝试,今后还应有大量试验和数据对其进行校验。同时,蚁巢密度、蚁巢自然减退程度、生境条件等对饵剂的

田间防治效果评价的关系也还有待进一步研究。

## 参考文献 (References)

- Huang J, Lu YY, Liang GW, Zeng XN, Zeng L, 2008. Control effect of four poisonous baits on red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren. *Journal of Environmental Entomology*, 30(2): 135–140. [黄俊, 陆永跃, 梁广文, 曾鑫年, 曾玲, 2008. 四种毒饵对红火蚁的田间防治效果评价. *环境昆虫学报*, 30(2): 135–140.]
- Huang J, Lu YY, Xu YJ, Liang GW, Zeng L, 2009. Relationship between red imported fire ant mounds size and workers captured by hot dog trap. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 20(8): 1992–1997. [黄俊, 陆永跃, 许益鏊, 梁广文, 曾玲, 2009. 红火蚁蚁丘大小与诱集工蚁数量之间关系研究. *应用生态学报*, 20(8): 1992–1997.]
- Huang J, Lu YY, Xu YJ, Zeng L, 2009. Control effect of 0.045% indoxacarb on the red imported fire ant *Solenopsis invicta*. *Plant Protection*, 35(3): 145–149. [黄俊, 陆永跃, 许益鏊, 曾玲, 2009. 0.045%茚虫威饵剂对红火蚁的田间防治效果评价. *植物保护*, 35(3): 145–149.]
- Huang TF, Xiong ZH, Zeng XN, 2007. Studies on the contact toxicity of insecticides against the worker ants of *Solenopsis invicta*. *Journal of South China Agricultural University*, 28(4): 26–29. [黄田福, 熊忠华, 曾鑫年, 2007. 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*, 28(4): 26–29.]
- Li PD, Li ZQ, Zhang SQ, Wang WR, Wen K, Zeng L, Xu YJ, Lu YY, 2014. Dosage of the indoxacarb bait used to control *Solenopsis invicta* Buren. *Guangdong Agricultural Sciences*, 41(17): 88–92, 118. [李平东, 李志强, 张森泉, 王文荣, 温凯, 曾玲, 许益鏊, 陆永跃, 2014. 红火蚁防治中茚虫威饵剂使用剂量的确定. *广东农业科学*, 41(17): 88–92, 118.]
- Lofgren CS, Banks WA, Glancey BM, 1975. Biology and control of imported fire ants. *Annual Review of Entomology*, 20: 1–30.
- Lofgren CS, Weidhass DE, 1972. On the eradication of imported fire ants: a theoretical appraisal. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 18(1): 17–20.
- Phillips SA, Thorvilson HG, 1989. Use of fenoxycarb for areawide management of red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 82(6): 1646–1649.
- Porter SD, 1992. Frequency and distribution of polygyne fire ant (Hymenoptera:Formicidae)in Florida. *Florida Entomologist*, 75(2): 248–257.
- Vinson SB, 1997. Invasion of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): spread, biology and impact. *American Entomologist*, 43(1): 23–29.
- Wang L, Lu YY, Zeng L, Xu YJ, 2012. The current status of research on *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) in Mainland China. *Asian Myrmecology*, 5(1): 125–138.
- Williams DF, Homer LC, Oi DH, 2001. An historical perspective of treatment programs and the development of chemical baits for control. *American Entomologist*, 47(3): 146–159.
- Wu ZH, Qin GL, Deng TJ, Wang KX, Huang JS, Chen JC, 2006. Study on using Sultropene–Anilide toxic bait against *Solenopsis invicta*. *China Plant Protection*, (4): 40–42. [吴志红, 覃贵亮, 邓铁军, 王凯学, 黄家善, 陈景成, 2006. 硫氟磺酰胺毒饵防治红火蚁的应用研究. *中国植保导刊*, (4): 40–42.]
- Xie YX, 2012. Effects of the Meiyiwei (0.45%tetramethrin + 0.05% cypermethrin) bait used to control *Solenopsis invicta* Buren under different different habitats. *Subtropical Plant Science*, 41(4): 63–66. [谢毅璇, 2012. 灭蚁威对不同生境下红火蚁的药效评价. *亚热带植物科学*, 41(4): 63–66.]
- Zeng L, Lu YY, He XF, Zhang WQ, Liang GW, 2005a. Identification of red imported fire ant *Solenopsis invicta* to invade mainland China and infestation in Wuchuan, Guangdong. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(2): 144–148. [曾玲, 陆永跃, 何晓芳, 张维球, 梁广文, 2005. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查. *昆虫知识*, 42(2): 44–48.]
- Zeng L, Lu YY, Chen ZN, 2005b. Survey and Control for Red Imported Fire Ant *Solenopsis invicta* Buren. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press. 1–106. [曾玲, 陆永跃, 陈忠南, 2005. 红火蚁监测与防治. 广州: 广东科技出版社. 1–106.]
- Zeng XN, Xiong ZH, Guo J, Huang TF, Wu SX, 2006. Toxicity and transferring activity of spinosad against *Solenopsis invicta* Buren. *Journal of South China Agricultural University*, 27(3): 26–29. [曾鑫年, 熊忠华, 郭景, 黄田福, 吴上新, 2006. 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*, 27(3): 26–29.]