

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.03.24

## 三种植物对狭胸散白蚁的毒杀效果

刘广宇, 金道超\*, 郭建军, 陈亭旭

(贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

**摘要:** 测定并比较 3 种植物对狭胸散白蚁 *Reticulitermes angustatus* 的毒杀效果, 为应用防治狭胸散白蚁提供理论基础。本文采用闹羊花 *Rhododendron molle*、博落回 *Macleaya cordata*、除虫菊 *Pyrethrum cinerariifolium* 3 种常见植物为药源, 选取其药用部位打成粉末, 以玉米芯粉为对照, 以狭胸散白蚁为靶标, 测试其毒杀作用、传毒效果和趋避效果。结果表明: 对狭胸散白蚁的毒杀效果以除虫菊和闹羊花为最好, 当药粉质量分数达到 80%, 实验第 7 天时闹羊花和除虫菊白蚁处理组校正死亡率达到 100%。传毒效果以除虫菊相对最好。随着染毒时间延长和中毒白蚁数量的增加, 传毒效率也相应提高。3 种植物均有一定的驱避效果, 且以博落回的趋避作用最小。因此, 这 3 种植物可用于防治狭胸散白蚁。

**关键词:** 狭胸散白蚁; 闹羊花; 博落回; 除虫菊; 毒杀; 传毒; 驱避效果

中图分类号: Q965.9; S433

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 03-0611-07

### Toxic effects of three plants to *Reticulitermes angustatus*

LIU Guang-Yu, JIN Dao-Chao\*, GUO Jian-Jun, CHEN Ting-Xu (Guizhou Key Laboratory for Insect Pest of Mountainous Agriculture, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** To determine the toxic effects of three plants to termite *Reticulitermes angustatus* in order to provide basic data for using the herbs to its control. Take the medicinal parts of the three plants, *Rhododendron molle*, *Macleaya cordata*, *Pyrethrum cinerariifolium*, were ground into powder and then were used to test their toxicity to *R. angustatus*, the toxic transmission in the termite population, and the termite repellency to the plants. The results indicated that *P. cinerariifolium* and *R. molle* were effectively lethal to the termite workers. At the 7<sup>th</sup> day after treatment with the powder mass fraction of 80%, the corrected mortalities of the workers reached to 100%. In toxicity of *P. cinerariifolium* was the most transmissible, and the toxic transmission efficiency increased with the time extension and the increase of poisoned termites. The termites showed certain aversion to the three plants, and repellent effects of *M. cordata* on the termites was relatively weak. The three plants can be used to control *R. angustatus*.

**Key words:** *Reticulitermes angustatus*; *Rhododendron molle*; *Macleaya cordata*; *Pyrethrum cinerariifolium*; poison effect; toxic transmission; repellent effect

白蚁属于蜚蠊目 Blattaria 等翅下目 Isoptera 昆虫, 截止 2013 年全世界已知白蚁 3106 种 (Krishna, 2013), 我国已知白蚁达 400 多种 (黄复生等, 2000)。白蚁主要以纤维素为食, 在木材

或土壤中筑巢。因此, 白蚁的危害遍布房屋建筑、物资仓库、水库堤坝、水上船只、家具衣物、图书档案、林木果园、农田作物等 (黄远达, 2000)。

基金项目: 黔西南州致灾白蚁应急防控及可持续治理技术研究与集成示范 (黔科合 SZ 字 [2013] 3002 号); 农业昆虫与害虫防治贵州省研究生卓越人才计划 (黔教研合 ZYRC 字 [2013] 010)

作者简介: 刘广宇, 男, 1989 年生, 硕士, E-mail: liuguangyu1129@sina.cn

\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: daochaojin@126.com

收稿日期 Received: 2015-10-04; 接受日期 Accepted: 2015-11-01

目前防治白蚁的药物主要以化学类药物为主, 主要药物有氟虫腈、吡虫啉 (黄求应等, 2005)、天鹰杀白蚁乳油、毒死蜱 (邓天福和莫建初, 2010)、联苯菊酯 (林雁等, 2006; 王春晓等, 2012) 等, 然而化学药物存在对人畜毒性大, 残留期长等弊端 (刘晓燕和钟国华, 2002), 因而寻找新型白蚁灭杀药物显得十分必要, 植物源灭杀剂已成为国内外白蚁防治研究的热点, 我国已对细辛 (莫建初等, 2003)、苦楝 (黄珍友和张业光, 1991)、紫背金盘 (黄珍友等, 1990)、木麻黄 (叶舟, 2007) 等, 国外也有对香根草 (Maistrello *et al.*, 2001)、圆当归 (Meepagala *et al.*, 2006)、印度藏茴香、多香果、天竺葵、山苍子 (Seo *et al.*, 2009)、广藿香 (Betty *et al.*, 2003) 等对白蚁的毒性作用进行过研究。

除虫菊 *Pyrethrum cinerariifolium* 属菊科多年生草本植物, 研究证明其对蚜虫 (王久兴等, 2008)、孔雀芋红蜘蛛 (李绍萍等, 2012)、桔小实蝇 (田梦等, 2011) 具有很好的灭杀作用。闹羊花 (羊躑躅) *Rhododendron molle* 属杜鹃花科落叶灌木, 已证明其对斜纹夜蛾、小菜蛾等具有较强的毒杀作用 (程冬美等, 2011)。博落回 *Macleaya cordata* 为罂粟科多年生草本植物, 对菜青虫等有较好的灭杀效果。狭胸散白蚁 *Reticulitermes angustatus* 1990 年在国内首次命名报道, 主要危害室内木质立柱、门框等 (徐鹏等, 2012), 本研究以狭胸散白蚁为靶标, 在室内条件下测定了此 3 种植物的毒杀效果, 以期明确它们在白蚁防治中的应用前景。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫

狭胸散白蚁, 采自贵阳市花溪区贵州省行政学院后山松树林, 室内  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和  $\text{RH } 85\% \pm 5\%$  黑暗条件下以湿润滤纸饲喂一周, 饥饿处理 24 h 后备用。

### 1.2 供试植物

市售闹羊花干燥花、博落回带根全草和除虫菊干燥花, 打成粉末过 60 目筛备用。玉米芯 (预实验表明狭胸散白蚁对其取食性较好) 取自贵阳市花溪区农户, 打成粉末过 60 目筛备用。

### 1.3 室内毒力测定

将 3 种供试植物分别与玉米芯粉配成药物质

量分数分别为 20%、50%、80% 混合物。将约 10 g 过 40 目的沙土均匀铺在培养皿边缘, 形成约宽 2 cm 的沙土带, 以蒸馏水湿润。后将混合物 0.3 g 置于培养皿中央。每个处理设置 3 个重复, 以纯玉米芯粉处理做对照。将 40 头健壮狭胸散白蚁工蚁置于沙带上, 实验于  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和  $\text{RH } 85\% \pm 5\%$  黑暗条件下 (预实验表明该环境下狭胸散白蚁行为活跃) 进行。每隔 24 h 观察一次, 记录死亡白蚁数量, 并挑出死亡白蚁。计算白蚁死亡率、校正死亡率计算半数致死时间 ( $\text{LT}_{50}$ )。

### 1.4 室内传毒效果测定

#### 1.4.1 染毒时间对传毒效果的影响

以狭胸散白蚁健壮工蚁在直径 20 cm 的培养皿内以 0.025% 中性红溶液浸泡过的滤纸饲喂 5 d, 白蚁腹部呈红色时备用。取直径 9 cm 滤纸沾水湿润后将药物粉末均匀撒在滤纸上, 使滤纸两面都均匀的粘上药粉, 保持滤纸湿润。将染色的白蚁 500 头以粘有药粉的湿润滤纸分别饲喂 1 h、4 h、8 h、12 h 后作为传毒白蚁。在直径 9 cm 培养皿内铺湿润滤纸一张, 放入 10 头工蚁, 作为受毒白蚁, 然后将传毒白蚁 10 头放入培养皿内与受毒白蚁共同饲喂。每个处理设置 3 个重复, 以玉米芯粉处理作为对照, 实验于  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和  $\text{RH } 85\% \pm 5\%$  黑暗条件下进行。每隔 24 h 观察记录受毒白蚁死亡数并挑出死亡白蚁。计算死亡率、校正死亡率计算半数致死时间 ( $\text{LT}_{50}$ )。

#### 1.4.2 传毒白蚁数量对传毒效果的影响

方法基本同 1.4.1, 区别在于传毒时间统一为 6 h, 放入的传毒白蚁数分别为 4 头、8 头及 12 头。

### 1.5 3 种植物对狭胸散白蚁的驱避效果

5 个直径 9 cm 透明塑料培养皿, 以 1 个培养皿为中心 (中心皿), 另外 4 个培养皿等距 (约 2 cm) 置于中心培养皿四周, 并分别用塑料管 (管径 0.8 cm) 与中心皿相通。在中心皿内铺上湿润沙土, 使其厚度约 3 mm。四周 4 个培养皿内处理基本同 1.3, 区别是只在培养皿中央分别放入 0.3 g 纯药粉。取 100 头健壮工蚁及 20 头兵蚁置于中心皿内。每个处理设置 3 个重复, 以玉米芯粉处理作为对照。实验于  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  和  $\text{RH } 85\% \pm 5\%$  黑暗条件下进行。每隔 24 h 用红光灯观察, 记录各区域的白蚁数量以及所有区域内白蚁总量。计算各区域白蚁数量所占白蚁总数的百分比。

### 1.6 数据统计与分析

样本死亡率采用单因素方差分析 (One-way

ANOVA: Duncan) 进行分析, 所得数据用 SPSS 17.0 和 Microsoft Office Excel 2007 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种植物的毒力测定

随着药物质量分数的增加, 白蚁的死亡率呈增加趋势, 其中除虫菊的毒杀效果相对最好。药物质量分数为 80% 时白蚁半数致死时间为: 除虫菊 (3.53 d) < 闹羊花 (3.60 d) < 博落回

(4.05d), 除虫菊和闹羊花的  $LT_{60}$  与博落回  $LT_{50}$  差异显著。药物质量分数为 50% 处理时白蚁半数致死时间为除虫菊 (4.07 d) < 博落回 (4.44 d) < 闹羊花 (4.50 d), 其中除虫菊  $LT_{50}$  最小, 与其它两种差异明显。药物质量分数为 20% 处理的白蚁半数致死时间为博落回 (4.87 d) < 闹羊花 (4.97 d) < 除虫菊 (5.20 d), 三者差异不显著。50%、80% 除虫菊和 80% 闹羊花白蚁的死亡率和校正死亡率均达到 100%。并且, 在第 3 天到第 6 天白蚁的校正死亡率增加较快 (见表 1、图 1)。

表 1 三种植物对狭胸散白蚁的毒杀效果  
Table 1 Percentage mortality of *Reticulitermes angustatus* treated with three plants

处理 Treatments	质量分数 (%) Mass fraction	校正死亡率 (%) Corrected mortality							$LT_{50}$ (d)
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	20	1.52	7.31	9.79	20.96	48.45	82.82	92.27	4.87 a
	50	8.25	12.41	20.96	25.26	45.02	93.13	97.5	4.44 b
	80	5.72	17.52	26.98	38.14	51.03	100	100	4.05 c
闹羊花 <i>Rhododendron molle</i>	20	5.72	14.12	25.26	30.41	44.16	63.92	72.51	4.97 a
	50	7.41	14.97	21.82	29.55	42.44	82.82	98.33	4.52 b
	80	13.3	26.02	30.41	46.74	77.66	92.27	97.5	3.60 d
除虫菊 <i>Pyrethrum cinerariifolium</i>	20	3.2	7.31	13.23	21.82	40.72	66.49	86.25	5.20 a
	50	8.25	16.67	21.82	28.69	60.48	100	100	4.07 c
	80	10.77	19.22	31.27	51.03	79.38	100	100	3.53 d

注: 表中数据为 3 个重复的平均值, 同列数据后标有相同小写字母表示 0.05 水平差异不明显 (Duncan's 多重比较法)。下表 (图) 同。Note: The data in the table are the average of three repetitions and followed by the same letters in same column indicate no significant difference at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

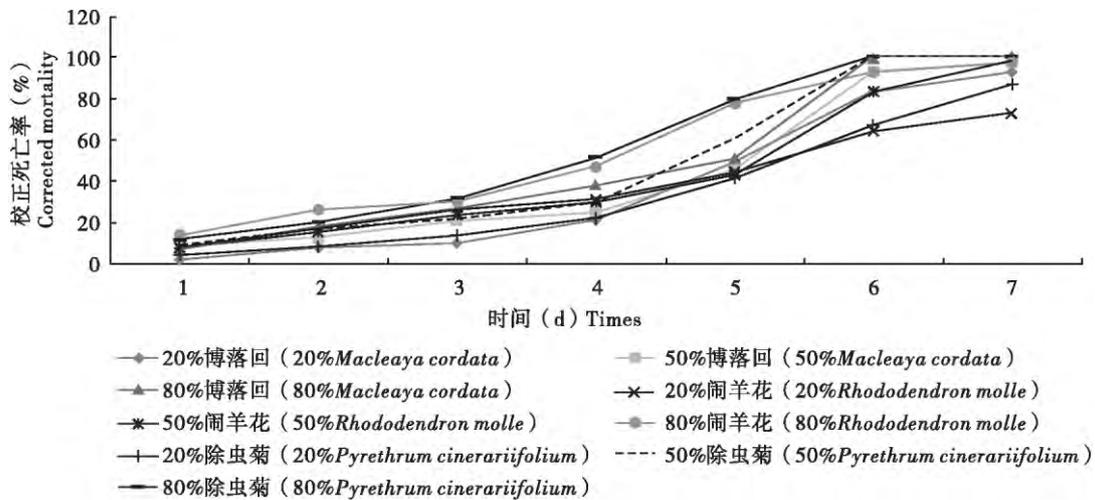


图 1 三种植物对狭胸散白蚁的毒杀效果

Fig. 1 Percentage mortality of *Reticulitermes angustatus* treated with three plants

## 2.2 室内传毒效果测定

### 2.2.1 染毒时间对传毒效果的影响

随着染毒时间的延长, 传毒白蚁和受毒白蚁的校正死亡率均呈递增趋势, 其中以除虫菊的传毒效果最好。染毒时间为 12 h 处理中, 除虫菊  $LT_{50}$  与闹羊花  $LT_{50}$  差异不大, 但大于博落回  $LT_{50}$ ,

且差异显著。其中, 除虫菊传毒白蚁染毒时间为 12 h 的处理中,  $LT_{50}$  为 2.69 d。其余处理半数致死时间均为除虫菊 < 闹羊花 < 博落回, 其中以染毒时间为 1 h 处理的博落回最长, 为 22.24 d。试验还表明, 3 种植物染毒时间 12 h 处理中, 白蚁死亡率分别为 96.55%、93.10% 和 100% (如表 2)。

表 2 不同染毒时间下三种植物狭胸散白蚁传毒效果

Table 2 Toxic effect of *Reticulitermes angustatus* treated with different time of toxicity of transmission

处理 Treatments	时间 (h) Time	校正死亡率 (%) Corrected mortality							$LT_{50}$ (d)
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	
闹羊花 <i>Rhododendron molle</i>	1	0	6.67	7.14	7.14	7.14	10.71	10.71	17.45 a
	4	0	7.14	14.28	25.00	32.14	35.71	35.71	7.51 b
	8	3.33	6.90	22.22	40.74	59.26	77.78	77.78	4.71 cd
	12	26.67	26.67	66.67	70.00	79.31	89.66	96.55	2.73 e
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	1	0	3.33	6.67	7.14	7.14	7.14	7.14	19.74 f
	4	0	7.14	10.71	14.28	21.43	21.43	25.00	9.64 g
	8	10	10.35	18.52	33.33	40.74	48.15	66.67	5.82 c
	12	6.67	33.33	53.33	70.00	82.76	93.10	93.10	3.12 de
除虫菊 <i>Pyrethrum cinerariifolium</i>	1	6.67	10.00	14.28	17.85	25.00	28.57	28.57	10.02 g
	4	0	3.57	32.14	42.86	42.86	60.71	60.71	5.42 c
	8	20.00	31.04	48.15	62.96	81.48	85.19	85.19	3.19 de
	12	16.67	40.00	53.33	62.96	100	100	100	2.69 e

### 2.2.2 传毒白蚁数量对传毒效果的影响

随着传毒白蚁数量的增加, 传毒白蚁和受毒白蚁的校正死亡率均呈递增趋势, 其中以除虫菊的传毒效果增加最为明显 (见表 3)。  $LT_{50}$  在传毒白蚁数量为 4 头的处理中: 除虫菊 < 闹羊花 < 博落回; 传毒白蚁数量为 8 头的处理中: 闹羊花 <

除虫菊 < 博落回; 传毒白蚁数量为 12 头的处理中: 除虫菊 < 闹羊花  $\approx$  博落回。其中以传毒白蚁数量 12 头的除虫菊处理组时间最短, 为 3.11 d。实验还表明, 闹羊花、博落回染毒虫数为 12 头的处理中, 第 7 天受毒的死亡率可达到 90% - 100%。

表 3 三种植物对不同传毒白蚁数量的传毒效果

Table 3 Toxic effect of the test termites caused by different number of the poisoned in the treatments with different plants

处理 Treatments	传毒白蚁数量 (头) Number of the poisoned	校正死亡率 (%) Corrected mortality							$LT_{50}$ (d)
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	
闹羊花 <i>Rhododendron molle</i>	4	0	6.67	20	30	33.33	40.00	40.00	6.19 a
	8	10.35	10.35	51.73	68.97	72.41	75.86	75.86	3.92 bc
	12	0	6.67	43.33	60	83.33	96.67	100	5.50 bcd

续上表

处理 Treatments	传毒白蚁数量 (头) Number of the poisoned	校正死亡率 (%) Corrected mortality							LT <sub>50</sub> (d)
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	
博落回 <i>Macleaya cordata</i>	4	3.33	6.67	10.00	13.33	20.00	26.67	26.67	8.23 e
	8	0	6.90	20.69	27.59	41.38	51.73	55.17	5.33 f
	12	10.00	23.33	50	66.67	73.33	83.33	90.00	4.48 bd
除虫菊 <i>Pyrethrum cinerariifolium</i>	4	3.33	16.67	26.67	40.00	40.00	50.00	53.33	5.51 f
	8	0	0	34.49	51.73	68.97	89.66	93.33	3.89 c
	12	10.00	13.33	53.33	76.67	86.67	96.67	100	2.12 d

### 2.3 三种植物对狭胸散白蚁的驱避效果

总体上看, 3种植物对狭胸散白蚁均有一定的趋避效果(见图2)。在处理后15 d内, 白蚁量均以对照玉米芯粉最多, 博落回处理次之, 除虫菊

和闹羊花处理最少, 在第15天时, 四者白蚁数占总虫数的比例依次分别为76.67%、13.59%、2.55%和0。因此, 3种植物对狭胸散白蚁的驱避效果为闹羊花 > 除虫菊 > 博落回。

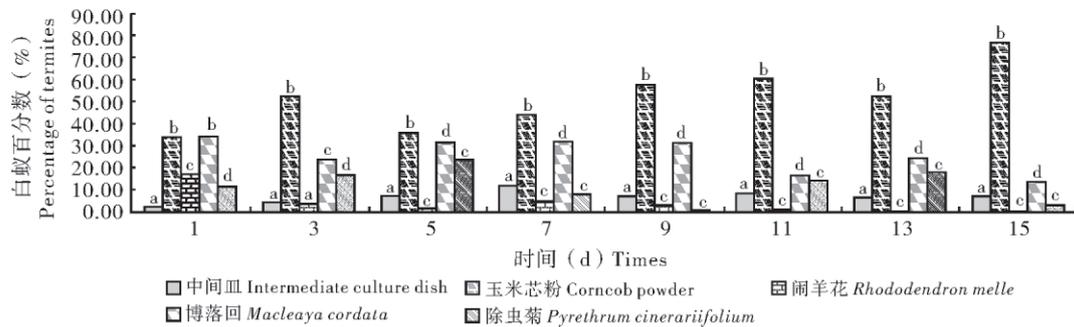


图2 三种植物对狭胸散白蚁的趋避效果

Fig. 2 Repellent effect of three plants on *Reticulitermes angustatus*

## 3 结论与讨论

除虫菊中的主要杀虫活性物质为除虫菊素(程暄生等, 2005)。拟除虫菊酯杀虫剂就是模拟天然除虫菊酯的化学结构衍生的合成酯类(邢建飞等, 2010), 研究表明其对黑翅土白蚁有较好的毒杀效果(谭速进等, 2002)。闹羊花的主要杀虫成分为闹羊花素-III, 已知其对斜纹夜蛾、小菜蛾(程东美等, 2001)、致倦库蚊和柑橘全爪螨(程东美等, 2001)等害虫均有较好的毒杀效果。博落回的主要杀毒成分为二氢血根碱(冯岗等, 2008), 其对黄守瓜、菜青虫(张胜菊等, 2003)等有较好灭杀效果。

本文关于除虫菊、闹羊花和博落回等3种植物对狭胸散白蚁的毒杀效果和传毒实验表明: 3种植物对狭胸散白蚁都有很好的直接毒杀作用和传

毒致死作用, 其效果依次为除虫菊 > 闹羊花 > 博落回。在传毒效率方面, 除虫菊的传毒效果也相对最好, 且随着染毒时间延长和传毒白蚁数量的增加, 传毒的效果也随之提高。其原因可能是由于白蚁之间的相互喂食和舐吮行为所致(黄远达, 2000), 染毒时间越长, 传毒白蚁数量越多, 传毒白蚁带入的药物总量也越多, 药物在白蚁群体中的传播越快, 对受毒白蚁的杀灭效果也越好。趋避实验发现, 随着白蚁逐渐往盛有玉米芯粉的容器内转移, 其每天的死亡率也逐渐下降, 这也间接证明了3种植物对白蚁的毒杀效果。

3种植物对狭胸散白蚁均有较强的驱避作用, 其中以闹羊花驱避作用最强。为了在实际应用中达到良好的灭杀白蚁效果, 建议将植物与白蚁喜食的饵料相结合, 制成毒饵。前人研究表明: 土豆粉、黄豆杆、小麦皮、松木、甘蔗粉(宋小钢, 1993)、小米粉(黄求应, 2005)、异色桉

(Abensperg, 1993) 等材料对白蚁的引诱力较强,且在纯饵料中添加黑木耳粉、白砂糖等添加剂更能增强对白蚁的引诱力(黄求应, 2005),笔者在实验中也发现在玉米芯粉中加入 20% 白砂糖能够显著增加狭胸散白蚁的取食率。在实际应用时,将植物混入到白蚁喜食的饵料中,使其能够被白蚁大量取食,并通过相互喂食和舐吮行为将药物在蚁巢内大量传播,方能达到较好的灭杀效果。

尽管植物源类杀虫剂在白蚁防治方面应用较早,然而发展却并不迅速。与化学药物比较,植物源类专门灭杀白蚁的药物并不多,很多均停留在实验阶段,这可能与植物源药物实际灭杀效果相对较慢并且在自然环境下容易发霉降解有关。然而其毒性小,无残留等特性却是化学药物无法比拟的,适于在人畜密集等场所用于白蚁防治。另外,我国药用植物资源极其丰富,为植物源药物的开发研究提供了丰富的材料来源。因此,应大力挖掘资源,加强植物源类杀白蚁药物的研究与应用。

### 参考文献 (References)

- Abensperg TM. A comparison of two methods for sampling assemblages of subterranean, wood-eating termites (Isoptera) [J]. *Australian Journal of Ecology*, 1993, 18 (3): 317-332.
- Betty CRZ, Henderson G, Yu Y, et al. Toxicity and repellency of patchouli oil and patchouli alcohol against formosan subterranean termites *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) [J]. *Agric. Food Chem.*, 2003, 51 (16): 4585-4588.
- Cheng DM, Cheng MY, Zhang ZX, et al. Studies on the bioactivity of Rhodojaponin - III to the larvae of *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella* [J]. *Natural Product Research and Development*, 2001, 14 (1): 25-18. [程东美, 程美英, 张志祥, 等. 闹羊花素 - III 对斜纹夜蛾和小菜蛾的杀虫活性研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2001, 14 (1): 25-28]
- Cheng DM, Hu MY, Zhang ZX, et al. Studies on the bioactivity of Rhodojaponin - III against several pests [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2001, 22 (4): 33-35. [程东美, 胡美英, 张志祥, 等. 闹羊花素 - III 对几种害虫的生物活性研究 [J]. *华南农业大学学报*, 2001, 22 (4): 33-35]
- Cheng XS, Zhao P, Yu Y. Natural insecticidal pyrethrum [J]. *Chinese Journal of Pesticides*, 2005, 44 (9): 391-294. [程暄生, 赵平, 于涌. 天然除虫菊 [J]. *农药*, 2005, 44 (9): 391-294]
- Deng TF, Mo JC. Toxicity of conventional termiticides to *Reticulitermes flaviceps* [J]. *Chin. J. Vector Biol. & Control*, 2010, 28 (4): 321-323. [邓天福, 莫建初. 常规白蚁预防药物对黄胸散白蚁的毒杀效果 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2010, 28 (4): 321-323]
- Feng G, Zhang J, Feng JT, et al. Isolation and identification of insecticidal composition of *Macleaya microcarpa* [J]. *Acta Botanica Boreali - Occidentalia Sinica*, 2008, 28 (1): 179-182. [冯岗, 张静, 冯俊涛, 等. 小果博落回中 2 种杀虫活性成分的分离及鉴定 [J]. *西北植物学报*, 2008, 28 (1): 179-182]
- Huang FS, Zhu SM, Ping ZM, et al. Fauna Sinica, Insecta, Vol. 17, Isoptera [M]. Beijing: Science Press, 2000, 1. [黄复生, 朱世模, 平正明等. 中国动物志, 昆虫纲, 第十七卷, 等翅目 [M]. 北京: 科学出版社, 2000, 1]
- Huang QY. Study on Foraging Behavior and Baiting System for *Odontotermes formosanus* (Isoptera: Termitidae) [D]. College of Plant Science & Technology of Huazhong Agricultural University, 2006, 113-116. [黄求应. 黑翅土白蚁觅食行为学基础及诱杀系统的研究 [D]. 华中农业大学植物科学技术学院, 2006, 113-116]
- Huang QY, Xue D, Tong YY, et al. Performance of fipronil and imidacloprid as the attracticide against *Odontotermes formosanus* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42 (6): 656-659. [黄求应, 薛东, 童严严, 等. 氟虫腈、吡虫啉作为黑翅土白蚁诱杀药剂的效果 [J]. *昆虫知识*, 2005, 42 (6): 656-659]
- Huang YD. An Introduction to Chinese Termites [M]. Hubei: Science and Technology Press, 2000, 89. [黄远达, 中国白蚁学概论 [M]. 湖北: 湖北科学技术出版社, 2000, 89]
- Huang ZY, Zhang YG, Zhao SH. Preliminary studies on toxicity of the extract from *Ajuga nipponensis* against termite *Coptotermes formosanus* Shiraki [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1990, 12 (4): 187-193. [黄珍友, 张光业, 赵善欢. 紫背金盘提取物对台湾家白蚁毒杀作用的初步研究 [J]. *昆虫天敌*, 1990, 12 (4): 187-193]
- Huang ZY, Zhang YG. The toxicity determination of various sages *Meliazedarach* on *Coptotermes formosanus* [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1991, 13 (3): 151-154. [黄珍友, 张业光. 不同树龄的苦楝对家白蚁的毒力试验 [J]. *昆虫天敌*, 1991, 13 (3): 151-154]
- Krishna K, Grimaldi DA, Krishna V, et al. Treatise on the Isoptera of the world. In: Bulletin of the American Museum of Natural History [C]. 2013, 159-192.
- Lin Y, Huang XG, Zhang XL. Study on residue of Chlorpyrifos and Bifenthrin in field soil simulating house termite prevention treatment [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2006, 8 (2): 143-146. [林雁, 黄晓光, 张锡良. 毒死蜱、联苯菊酯在模拟房屋白蚁预防施工的野外试验地的残留动态研究 [J]. *农药学报*, 2006, 8 (2): 143-146]
- Li SP, Zhao MF, Chen WR, et al. Efficacy of 5% Pyrethrin on *Tetranychus cinnabarinus* of *Calathea makoyana* [J]. *Plant Protection*, 2012, 4: 134-135. [李绍萍, 赵明方, 陈武荣等. 5% 除虫菊素乳油对孔雀竹芋红蜘蛛的防效 [J]. *北方园艺*, 2012, 4: 134-135]
- Liu XY, Zhong GH. Situation and prospect of termicides [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2002, 4 (2): 14-22. [刘晓燕, 钟国华. 白蚁防治药剂的现状和和未来 [J]. *农药学报*, 2002, 4 (2): 14-22]
- Maistrello L, Henderson G, Laine R. Efficacy of vetiver oil and

- nootkatone as soil barriers against formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) [J]. *J. Econ. Entomol.*, 2001, 94 (6): 1532 - 1537.
- Meepagala KM, Osbrink W, Sturtz, *et al.* Plant derived natural products exhibiting activity against formosan subterranean termites (*Coptotermes formosanus*) [J]. *Pest Manage. Sci.*, 2006, 62: 565 - 570.
- Mo JC, Zhang SM, Teng L, *et al.* Study on the toxic effects of *Asarum sieboldii* against *Reticulitermes flaviceps* [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2013, 5 (4): 80 - 84. [莫建初, 张时妙, 滕立, 等. 细辛对黄胸散白蚁的毒效 [J]. 农药学报, 2013, 5 (4): 80 - 84]
- Seo SM, Kim J, Lee SG, *et al.* Fumigant antitermitic activity of plant essential oils and components from ajowan (*Trachyspermum ammi*), allspice (*Pimenta dioica*), caraway (*Carum carvi*), dill (*Anethum graveolens*), geranium (*Pelargonium graveolens*), and litsea (*Litsea cubeba*) oils against Japanese termites (*Reticulitermes speratus* Kollbe) [J]. *Agric. Food Chem.*, 2009, 57 (15): 6596 - 6602.
- Song XG. Screening of bait for "Termie Bait" [J]. *Science and Technology of Termies*, 1993, 10 (2): 11 - 15. [宋小钢. "白蚁诱饵剂败糖" 饵料的筛选试验 [J]. 白蚁科技, 1993, 10 (2): 11 - 15]
- Tan SJ, Tan XH, Du LF, *et al.* Inhibition of main components of a new pyrethroid termiticide on CarEs and Ca - ATPase in *Reticulitermes angustatus* Snyder [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2002, 45 (4): 441 - 446. [谭速进, 谭晓宏, 杜林方, 等. 一种菊酯类复合剂对黑胸散白蚁体内 CarEs 和 Ca - ATPase 活性的影响 [J]. 昆虫学报, 2002, 45 (4): 441 - 446]
- Tian M, Chen KG, Zeng XN, *et al.* Influence of light exposure on the contact toxicity of prethyrins [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (2): 180 - 184. [田梦, 陈凯歌, 曾鑫年, 等. 光照对除虫菊素触杀毒力的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (2): 180 - 184]
- Wang CX, Tian WJ, Zhuang TY, *et al.* Evaluation of 1% bifenthrin emulsifiable concentrate as a cable coating material against attack by *Coptotermes formosanus* Shirak [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2012, 34 (2): 174 - 177. [王春晓, 田伟金, 庄天勇, 等. 防白蚁电缆涂料抗台湾乳白蚁蛀蚀试验 [J]. 环境昆虫学报, 2012, 34 (2): 174 - 177]
- Wang JX, Yan LY, Tao XJ, *et al.* The control effect study of the extract of *Pyrethrum* on aphid [J]. *Journal of Anhui Agri.*, 2008, 36 (13): 5525 - 5526. [王久兴, 闫立英, 陶秀娟, 等. 天然除虫菊提取物对蚜虫的防治效果研究 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (13): 5525 - 5526]
- Xing JF, Liu Y, Yan DY. Progress on insect resistance to Pyrethroid insecticides [J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 33 (10): 68 - 74. [刑剑飞, 刘艳, 颜冬云. 昆虫对拟除虫菊酯农药的抗性研究进展 [J]. 环境科学与技术, 2010, 33 (10): 68 - 74]
- Xu P, Tan SJ, Wang SZ, *et al.* *Reticulitermes angustatus*, a new recorded species of Termites in Sichuan Province [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2012, 31 (6): 957 - 958. [徐鹏, 谭速进, 王思忠, 等. 四川白蚁新纪录—狭胸散白蚁 [J]. 四川动物, 2012, 31 (6): 957 - 958]
- Ye Z. The antitermit and antimicrobial activity of extract from *Casuarina equisetifolia* Branchlet [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2007, 28 (3): 104 - 107. [叶舟. 木麻黄小枝提取物的抗蚁及抑菌生物活性 [J]. 热带作物学报, 2007, 28 (3): 104 - 107]
- Zhang SJ, Ke ZG, Nan YS. Effects of organic extract of *Macleaga cordata* (Willd) R. Br. on the controls of cucumber beetle and cabbage caterpillar in field [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2003, 22 (5): 450 - 451. [张胜菊, 柯治国, 南玉生. 博落回抽提物对黄守瓜、菜青虫的田间药效评价 [J]. 华中农业大学学报, 2003, 22 (5): 450 - 451]
- Zhong GH, Liu JX, Guan S, *et al.* Effects of rhodojaponins from *Rhododendron molle* on cuticle components of *Spodoptera litura* larvae and their structure activity relationship [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (6): 705 - 714. [钟国华, 刘金香, 官珊, 等. 闹羊花素类化合物对斜纹夜蛾幼虫表皮成分的影响及构效关系 [J]. 昆虫学报, 2004, 47 (6): 705 - 714]