

# 用正交试验优化白蚁诱饵包使用技术

杨世璋<sup>1</sup>, 陈立志<sup>2</sup>, 张岚<sup>1</sup>, 董勇<sup>3</sup>, 陈冰勇<sup>1</sup>, 陈静<sup>4</sup>, 康勇<sup>2</sup>

1 重庆市森林病虫害防治检疫站, 重庆 渝中 400015; 2 南岸区农林水利局; 3 合川区合阳街道办农服中心; 4 南山林场

**摘要:** **目的** 解决高温、潮湿地区埋在地下的诱饵在黑翅土白蚁工蚁未发现前就腐烂变质的问题。**方法** 在重庆市南岸区南山林场的樟树林内, 选择4个白蚁危害严重的区域作为试验点。在每个试验点, 按照L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验设计要求, 以间距5 m的方式设置9个处理, 每处理各使用4包诱饵。诱饵包使用后每隔7 d观察1次, 连续观察4次, 记录各处理诱饵包被白蚁取食情况和腐烂程度。**结果** 现场试验结果表明, 按A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>(包埋材料选择樟树枯枝、埋设深度选择2 cm、覆盖措施选择土壤+农膜)方式使用的诱饵包, 其被白蚁取食的比率均>75%, 腐烂度均为0; 按其他方式使用的诱饵包, 被白蚁取食的比率<75%, 且均有不同程度的腐烂。**结论** 利用正交试验可优化诱饵包使用技术, 优化得到的使用技术可大幅度降低诱饵包腐烂的风险, 提高诱饵包被白蚁取食的比率, 值得在生产中推广应用。

**关键词:** 黑翅土白蚁; 正交试验; 诱饵包

中图分类号: S767.3 文献标志码: A 文章编号: 1003-4692(2012)03-0206-04

## Technical optimization of termite-killing bait bag application by orthogonal experiment

YANG Shi-zhang<sup>1</sup>, CHEN Li-zhi<sup>2</sup>, ZHANG Lan<sup>1</sup>, DONG Yong<sup>3</sup>, CHEN Bing-yong<sup>1</sup>, CHEN Jing<sup>4</sup>, KANG Yong<sup>2</sup>

1 Chongqing Municipal Forest Pest Control and Quarantine Stations, Chongqing 400015, China; 2 Water Conservancy Bureau of Agriculture and Forestry of Nan'an District; 3 Heyang Street Agricultural Service Center of Hechuan District; 4 Nanshan Forest Farm

Supported by the Chongqing Municipal Key Project of Science and Technology (No. CSTC-2010AC1115)

**Abstract: Objective** To look for a solution to the problem of rotting baits buried in soil in the areas with high temperature and moist climate before they are found by subterranean termites. **Methods** Four woodlands seriously damaged by subterranean termites in the *Cinnamomun camphora* forest in Nanshan Forestry Center in Nan'an District of Chongqing City were selected as the experimental sites. Based on the requirements for the design of the orthogonal experiment in L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>), nine treatments were implemented in each experimental site. The interval distance between treatments was 5 meters with four bait bags used in each treatment area. Put in place, every bait bag was checked every 7 days. Four consecutive checks were done during the period of experiment, the amount of baits in each bag fed by termites and the rotten degree of the baits estimated. **Results** Field experiment results indicated that when the bait bags were applied in the mode of A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>, which meant that dry branches of *C. camphora* were used to enwrap the bait bag, which was buried 2 cm under soil and the plastic membrane and soil were covered on the bait bag, the bait bags fed by termites amounted to more than 75% with no bait bag decay at 4 weeks after application. The bait bags fed by termites was less than 75% with the bait bags having varying degrees of putrefaction when the bait bags were applied in other modes in this experiment. **Conclusion** The technique for application of bait bags can be optimized by orthogonal experiment. This optimization is expected to greatly decrease the risk of rotting bait bags and significantly enhance the amount of bait bags fed by termites. It is suggested that this new application technique deserve to be promoted for termite control.

**Key words:** *Odontotermes formosanus*; Orthogonal experiment; Bait bag

白蚁是房屋建筑、绿化林木、土质堤坝、通讯电缆等的重要害虫, 长期以来人们主要采用喷洒化学药剂的方式防止其危害<sup>[1]</sup>。但大量使用化学药剂会严重污染环境, 影响人类健康<sup>[2-3]</sup>。近年来, 随着广泛使用的

氯丹、砷素剂等白蚁防制药物禁止使用, 白蚁的危害有上升趋势。因此, 开发高效、环保的白蚁防治替代药物, 便成为当前首要解决的问题<sup>[4-8]</sup>。

利用毒饵诱杀各种白蚁是目前世界范围内广泛采用的方法之一, 也是防治林木白蚁的最好方法。白蚁毒饵是由杀白蚁有效成分、白蚁喜欢取食的纤维质材料、取食刺激物和引诱物等成分按一定比例混配而

基金项目: 重庆市科技攻关计划项目(CSTC-2010AC1115)

作者简介: 杨世璋(1965-), 男, 高级工程师, 从事有害生物及昆虫研究。

Email: ysze@china.com

成。它利用白蚁工蚁外出觅食和回巢喂食蚁王蚁后、抚育幼蚁的特性,将毒剂在整个巢群个体间传递,从而达到消灭全巢白蚁的目的<sup>[9-16]</sup>。白蚁毒饵诱杀法具有高效、环保及杀灭全巢的优点,但采用诱杀法防治白蚁时诱杀效果不稳定,主要原因是诱饵容易腐烂和白蚁在取食诱杀剂的过程中,易遭蜘蛛和蚂蚁等天敌的攻击<sup>[17-18]</sup>。在高温、高湿的重庆地区,诱饵在被白蚁发现前往往霉烂变质,严重影响诱杀效果。因此,有必要探索诱饵包的使用技术,以减少诱饵包的霉变和提高其对白蚁的防治效果。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 为松木(*Pinus massoniana*)屑、樟树(*Cinnamomun camphora*)枯枝和落叶、杂草和30 cm×30 cm的厚型农膜。试验前,取>1 kg的松木屑,置60℃烘箱中,烘干至衡重。将烘干后的松木屑,分别放入6 cm×6 cm的纸袋中,封装制作成每袋3 g的诱饵包。

**1.2 试验方法** 选择3个因素(A. 包埋材料各300 g、

B. 埋设深度、C. 覆盖措施)和3个水平(A<sub>1</sub>. 樟树枯枝、A<sub>2</sub>. 樟树落叶、A<sub>3</sub>. 杂草, B<sub>1</sub>. 地下20 cm、B<sub>2</sub>. 地下10 cm、B<sub>3</sub>. 地下2 cm, C<sub>1</sub>. 土壤、C<sub>2</sub>. 农膜、C<sub>3</sub>. 土壤+农膜)进行正交试验L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>),设计9个处理(表1)。在重庆市南岸区南山林场的樟树林内选择4个白蚁危害严重的区域作为试验点,在每个试验点按照表1所示,设置9个处理方式,每处理各使用4包诱饵,各处理间距为5 m。诱饵包使用后每隔7 d观察1次,连续观察4次,记录各处理诱饵包被白蚁取食情况和腐烂程度。诱饵包被食程度参照宋晓钢(1992)<sup>[19]</sup>标准:

0级:诱饵包周围未发现白蚁活动迹象;

1级:诱饵包周围有白蚁活动迹象,但未被取食;

2级:白蚁取食<25%;

3级:白蚁取食在26%~50%之间;

4级:白蚁取食在51%~75%之间;

5级:白蚁取食>75%。

腐烂程度标准:

腐烂为“1”:诱饵包变色,霉烂;

未腐烂为“0”:诱饵包未变色,新鲜。

表1 诱饵包使用技术L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验表  
Table 1 Orthogonal experiment L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) for application technique of bait bags

编号	处理组	包埋材料	埋设深度	覆盖措施	平均取食度				平均腐烂度			
					1周	2周	3周	4周	1周	2周	3周	4周
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	0.00	0.75	1.25	2.00	0.00	0.25	0.50	1.00
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	0.00	1.25	2.25	4.00	0.00	0.00	0.00	0.25
3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	0.00	2.00	3.50	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	0.00	0.75	1.25	2.00	0.00	0.00	0.25	0.50
5	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	0.00	1.25	2.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.25
6	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	0.00	1.00	1.75	2.50	0.00	0.00	0.25	0.50
7	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>3</sub>	0.00	0.00	0.25	0.50	0.00	0.00	0.50	0.75
8	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.75	1.00
9	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.25	0.50	0.00	0.00	0.25	0.50

## 2 结果

现场使用1周后,9种处理的诱饵包周围均无白蚁活动迹象,诱饵包新鲜完好,未变色,未被白蚁取食(表1)。使用2周后,包埋材料为樟树枯枝、樟树落叶的诱饵包开始有黑翅土白蚁(*Odontotermes formosanus*)工蚁活动,且部分诱饵包被白蚁少量取食。进一步分析发现,因素A(包埋材料)不同水平之间的差异有统计学意义( $P<0.05$ ),因素B(埋设深度)和因素C(覆盖措施)不同水平之间的差异无统计学意义( $P>0.05$ ),由此得到诱饵包使用的最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>,最优组合的平均取食度为2(图1)。同时,在9种处理的诱饵包中,只有处理A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>和处理A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>的诱饵包腐烂程度分别达到0.25和0.50,由此得到最优组合A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>或A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>(图1)。

使用3周后,对黑翅土白蚁工蚁取食度影响的因素主次顺序为因素A包埋材料、因素C覆盖措施、因素B埋设深度,最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>,最优组合平均取食度为3.5。同时,部分诱饵包的平均腐烂程度有所增加(图2)。根据诱饵包平均腐烂程度,得到最优组合A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>、A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>和A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>。

使用4周后,对黑翅土白蚁工蚁取食度影响的因素主次顺序为因素A包埋材料、因素C覆盖措施、因素B埋设深度。就包埋材料而言,枯枝明显优于落叶和杂草;就埋设深度而言,地下2 cm明显优于地下10和20 cm;就覆盖措施而言,土壤+农膜明显优于单独的土壤覆盖或单独的农膜覆盖。从取食量方面来看,最优的使用组合为A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>,最优组合平均取食度为5(图3)。同时,诱饵包平均腐烂程度比使用3周后时的

又有所增加。就包埋材料而言,枯枝和落叶明显地好于杂草;就埋设深度而言,地下2 cm明显好于地下20 cm;就覆盖措施而言,土壤+农膜明显好于单独的

土壤覆盖。从防腐角度来看,最优的使用组合为A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>和A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>(图3)。从取食和防腐两方面考虑,最佳的使用组合为A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>。

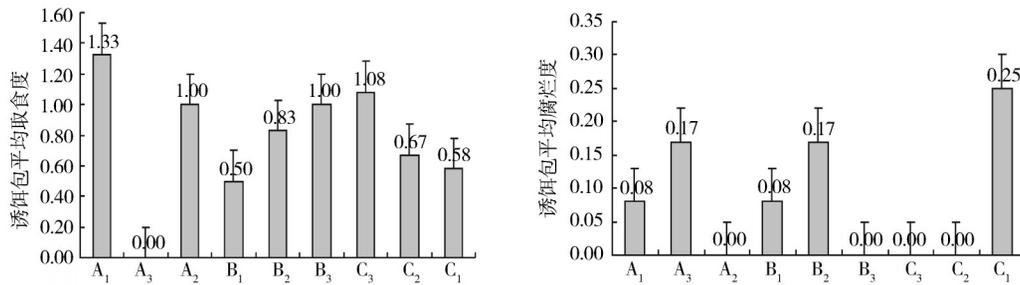


图1 使用2周后诱饵包平均取食度及平均腐烂度因素指标

Fig. 1 Factors associated with the degrees of bait feeding and rotting 2 weeks after its application

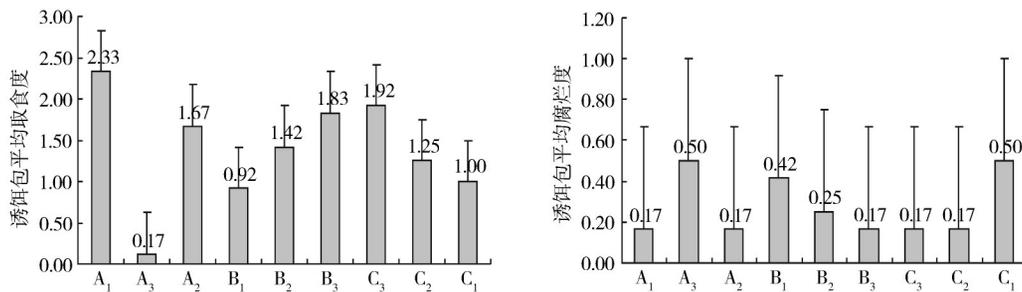


图2 使用3周后诱饵包平均取食度及平均腐烂度因素指标

Fig. 2 Factors associated with the degrees of bait feeding and rotting 3 weeks after its application

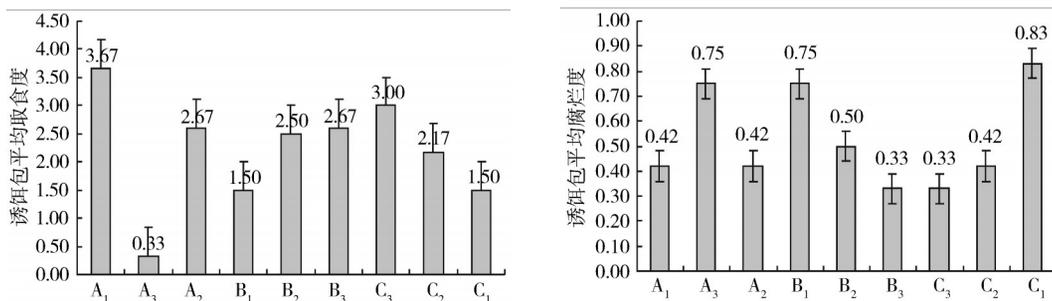


图3 使用4周后诱饵包平均取食度及平均腐烂度因素指标

Fig. 3 Factors associated with the degrees of bait feeding and rotting 4 weeks after its application

### 3 讨论

利用3因素3水平的正交试验所做的现场应用结果表明,黑翅土白蚁工蚁取食诱饵量与包埋材料、埋设深度和覆盖措施呈现出如下关系:3种包埋材料中,樟树枯枝>樟树落叶>杂草;3种埋设深度中,地下2 cm>地下10 cm>地下20 cm;3种覆盖措施中,土壤+农膜>单独农膜>单独土壤。随着时间的推移,上述趋势表现得更加明显。出现上述现象的原因:①黑翅土白蚁工蚁对不同树木的取食喜好程度不同,在林间它们喜欢取食樟树皮和樟树枯枝,用樟树枯枝作诱饵的包埋材料可提高诱饵包对黑翅土白蚁工蚁的引诱性,增加诱饵包被黑翅土白蚁工蚁取食的概率;②土

层越深,土壤越潮湿,诱饵包越容易受潮、腐烂、变质;③在诱饵包之上加盖农膜可以遮挡雨水,降低诱饵包周围的湿度,延长诱饵包的保鲜时间,增加黑翅土白蚁工蚁取食概率。试验结果还显示,土壤+农膜覆盖的诱饵包被取食量>单独农膜覆盖的诱饵包被取食量,这可能与黑翅土白蚁工蚁的负趋光性有关,黑翅土白蚁工蚁在野外觅食时会修筑蚁路遮光隐蔽,土壤+农膜覆盖除了可遮挡雨水外,还可遮光隐蔽,这更符合黑翅土白蚁的生物学习性。

在重庆市高温潮湿地区使用诱饵包诱杀黑翅土白蚁,需要解决诱饵包在被黑翅土白蚁工蚁发现前腐烂变质的问题。本试验采用L9(3<sup>4</sup>)正交设计,通过现场

(下转第211页)

蛋白质的提取;5种提取液中,RIPA裂解液提取的蛋白浓度最高,条带数目也最多,且条带清晰,杂质较少,显示出与SDS-PAGE更兼容的特点;1%SDS提取液提取的蛋白量也较高,但混杂了较多的核酸及脂类物质,影响电泳效果;Tris-HCl及裂解液提取法较温和,对德国小蠊全虫蛋白的提取效果欠理想;而TCA/丙酮沉淀法虽可有效地去除杂质,但蛋白损失量太大,不适合用于德国小蠊全虫蛋白的SDS-PAGE分析。

关于昆虫蛋白质的提取方法有很多,但不同昆虫材料适用的方法不一致。因此,对于同种昆虫,需要用不同的提取方法进行比较,才能获得最佳的提取方法<sup>[6-7]</sup>。本研究探讨5种常用蛋白提取方法对德国小蠊全虫蛋白的提取效果,将给蜚蠊类昆虫全虫蛋白的提取及蛋白质组分析提供有益的参考。

## 参考文献

- [1] Zhang X, Guo W. Isolation and Identification of insect intestinal mucin hiiim 86—the new target for *helicoverpa armigera* biocontrol [J]. *Int J Biol Sci*, 2011, 7(3): 286–296.
- [2] 林永丽,曹敏,郝蕙玲,等. 德国小蠊血淋巴蛋白和卵巢蛋白的分析[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2002, 13(4): 275–276.
- [3] 韩国庆,刘志刚,阴伟雄,等. 美洲大蠊特异性抗原的蛋白印迹分析[J]. *中国人兽共患病学报*, 2006, 22(10): 971–974.
- [4] 李奕冉,姜玉新,李朝品. 黄粉虫蛋白提取工艺的研究进展[J]. *安徽医药*, 2010, 14(7): 751–753.
- [5] Ausubel FM, Brent R, Kingston RE, 等. 颜子颖,等译. 精编分子生物学实验指南[M]. 3版. 北京: 科学出版社, 1999: 332, 361–363.
- [6] Cilia M, Fish T, Yang X, et al. A comparison of protein extraction methods suitable for gel-based proteomic studies of aphid proteins [J]. *J Biomol Tech*, 2009, 20(4): 201–215.
- [7] 仲义,史树森,梁焯赫,等. 不同方法提取昆虫蛋白质效果比较[J]. *吉林农业科学*, 2009, 34(3): 58–64.

收稿日期:2011-12-16

(上接第208页)

研究,筛选出诱饵包的最佳使用技术为A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>。应用该技术埋设的松木屑药饵包,在4周后仍保持新鲜,黑翅土白蚁工蚁对其取食率>75%。这一技术简便易行,可操作性强,对高温潮湿地区特别适用,建议推广应用。

## 参考文献

- [1] 戴自荣,陈振耀. 白蚁防治教程[M]. 2版. 广州: 中山大学出版社, 2002: 170–172.
- [2] 尉吉乾,莫建初,徐文,等. 黑胸散白蚁的研究进展[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2010, 21(6): 635–637.
- [3] 何利文,赵秦,林雁,等. 吡虫啉在白蚁防治中的研究进展[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2009, 20(1): 85–87.
- [4] 郭建强,龚跃刚,金士庆. 0.3%伊维菌素乳油预防白蚁的效果研究[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2008, 19(6): 540–543.
- [5] 郭建强,龚跃刚. 台湾乳白蚁和黄胸散白蚁对伊维菌素的敏感性差异[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2007, 18(1): 29–31.
- [6] 郭建强,龚跃刚,雷阿桂. 伊维菌素对台湾乳白蚁和黄胸散白蚁的毒效观察[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2005, 16(4): 284–286.
- [7] 邓天福,莫建初,程梦林,等. 台湾乳白蚁对4种白蚁预防药剂的敏感性差异[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2006, 17(4): 303–306.
- [8] 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, 21(4): 321–323.

- [9] 郭建强,任振洪,龚跃刚,等. 白蚁监测控制电子报警网络系统的研究[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2010, 21(4): 341–342, 356.
- [10] 李小鹰,王蔚,周秋君,等. 0.5%心居康杀白蚁饵剂防治台湾乳白蚁药效试验研究[J]. *中华卫生杀虫药械*, 2007, 13(2): 101–105.
- [11] 庞正平,周晔,周留坤,等. 0.08%氟虫胺灭白蚁饵剂防治白蚁的药效研究[J]. *中华卫生杀虫药械*, 2007, 13(5): 321–324.
- [12] 张绍红,梁小松,徐刘平,等. 大家白蚁对几种饵剂的选择性[J]. *昆虫知识*, 2008, 45(4): 589–592.
- [13] 刘文军,刘惠明,陈海洪,等. 氟虫胺毒饵对黄胸散白蚁的室内毒性和引诱性研究[J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 2007, 18(4): 287–288.
- [14] 林爱寿,冯亮和,陈静,等. 氟啶脲饵剂灭杀白蚁效果测定[J]. *中国森林病虫*, 2011, 30(4): 34–36.
- [15] 林捷,叶功富,伊可儿. 环保型药饵剂防治园林树木白蚁的效能试验[J]. *防护林科技*, 2008(5): 11–13.
- [16] 江建国,张文颖,曾文豪,等. 天然饵料引诱黑翅土白蚁野外试验[J]. *中国森林病虫*, 2011, 30(1): 33–34.
- [17] 黄求应,薛东,丁思悦,等. 几种白蚁诱饵防霉剂的防霉效果比较[J]. *昆虫知识*, 2006, 43(2): 200–203.
- [18] 张贞华,郇培尧. 黑翅土白蚁巢外天敌的调查[J]. *昆虫学报*, 1982, 25(2): 227–230.
- [19] 宋晓钢. 白蚁的室内饲养和室内试验方法[J]. *白蚁科技*, 1992, 9(1): 23–33.

收稿日期:2011-12-25