

- 28 Park H. W., Bideshi D. K., Federici B. A. *J. Mal. Entomol.*, 2005 **42**(3): 337~341.
- 29 Park H. W., Bideshi D. K., Federici B. A. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2003 **69**(2): 1 331~1 334. 43.
- 30 Bar E., Leiman-Hurwitz J., Rahamin E., Keynan A., Sandler N. *J. Invertebr. Pathol.*, 1991, **57**(2): 149~158.
- 31 Trisrisook M., Pantuwatana S., Bhumiratana A., Panbangred W. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1990, **56**(6): 1 710~1 716.
- 32 Poncet S., Bernard C., Dervyn E., Cayley J., Klier A., *et al. Appl. Environ. Microbiol.*, 1997, **63**(11): 4 413~4 420.
- 33 Thierry L., Hamon S., DeCluse A., Ordiz S. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1998, **64**(10): 3 910~3 916.
- 34 孙钊, 袁志明 李田勇, 蔡全信, 张用梅. 微生物学通报, 2001, **28** (5): 61~64.
- 35 Park H. W., Delecluse A., Federici B. A. *J. Invertebr. Pathol.*, 2001, **78**(1): 37~44.
- 36 张蓓华, 刘海洲 刘 铭, 闫建平, 袁志明. 微生物学通报, 2003, **30**(1): 49~52
- 37 Porter A. G., Davidson E. W., Liu J. W. *Microbiol. Rev.*, 1993, **57**(4): 838~861.
- 38 Promdonkoy B., Promdonkoy P., Panyim S. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2005, **252** (1): 121~126

白蚁防治技术^{*}

曹 莉¹ 赵瑞华^{2,3} 陈镜华¹ 韩日畴^{1**}

(1. 广东省昆虫研究所 广州 510260 2. 中国科学院华南植物园 广州 510650;
3. 中国科学院研究生院 北京 100047)

Advances in the control techniques of termites. CAO Li¹, ZHAO Rui-Hua^{2,3}, CHEN Jing-Hua¹, HAN Ri-Chou^{1**}
(1. *Guangdong Entomological Institute*, Guangzhou 510260, China; 2. *South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences*, Guangzhou 510650, China; 3. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100047, China)

Abstract Termites are dangerous social insects. The present paper reviews the advances of the control techniques of the termites based on the detection and observation, physical control, chemical control, biological control and the application of termite pheromones. The future prospect on the termite research and application is also outlined.

Key words termite, control techniques, social insect

摘 要 白蚁是破坏性很强的社会性昆虫。文章从白蚁的探测和监测、物理防治、化学防治、生物源物质防治和白蚁信息素的利用技术 5 个方面综述白蚁防治技术的最新研究进展。同时展望白蚁未来的研究领域。

关键词 白蚁, 防治技术, 社会性昆虫

据 Wilsom 统计, 全世界有白蚁 2 200 种, 现可能已达 3 000 种^[1]。白蚁独特的取食特性使地球上几乎所有物品都可遭受白蚁的侵害。在我国白蚁危害每年造成的损失高达 15 亿元^[2], 美国每年仅花费于预防和防治白蚁的费用便有 10 亿美元^[3]。

白蚁营巢居社会性群体生活, 群体防卫功能使其对天敌和其它环境因子的抗逆能力大为增强, 而隐蔽活动的习性又加大了研究和防治的难度^[4]。过去化学药物防治是白蚁预防和防治的主要措施。随着人类环保意识的增强和《关于持久性有机污染物(POPs)的斯德哥尔摩公约》的签署, 长期以来使用的无机杀虫剂和有机氯杀虫剂正逐渐被淘汰^[3,5], 世界各国的白蚁

研究和防治人员正在寻找对环境友好而有效的白蚁绿色防治技术^[6,7]。目前, 白蚁的防治技术主要包括五大类, 根据不同的目的、场合和白蚁种类选择使用, 而且这些技术可以相互组配, 以便有效地控制白蚁的危害。本文综述了世界上目前使用的或具有应用前景的白蚁防治技术, 为这类技术的研究和应用提供参考。

1 白蚁的探测和监测技术

白蚁的探测和监测是白蚁预防和治理过程

^{*} 广东省成果启动项目资助(2004B60202002)。

^{**} 通讯作者, E-mail: richou-han@163.net

收稿日期: 2006-04-07, 修回日期: 2006-06-21, 接受日期: 2007-

02-09

中极为重要的措施,最常用的方法是在待检测区域适当地使用白蚁诱食剂引诱白蚁取食,从而发现白蚁种群的存在。同时,一些新的技术和设备也在尝试使用,如放射性同位素测定仪、微波遥感技术、电阻勘探技术、探地雷达、声频探测仪、气味测定仪、红外线测定仪等。

色素标记方法对白蚁活动的监测、行为、生态和防治研究很有用。Su 等测定了 12 种生物染色剂对台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* 和欧美散白蚁 *Reticulitermes flavipes* 标记功能适用性^[8]。

2 物理防治技术

物理屏障技术,主要是利用砂子、玄武岩石子颗粒、金属网、金属板和 PVC 板等物质作为物理或机械屏障,防止白蚁进入建筑物内造成危害的方法。是利用白蚁只能通过 1 mm 以上的空隙,但不能用口器搬运直径大于 1 mm 的石头颗粒的特点,设计障碍物阻止白蚁通过。这种方法的优点主要是能预防白蚁进入建筑物内进行为害,而不是驱赶或灭杀接近建筑物的白蚁;可结合建筑物施工时完成,花费不高,对环境友好。不足的是未能阻止分飞的蚁群进入建筑物。在澳大利亚、加拿大和美国的夏威夷,这种技术投入商业运用已超过 10 年,申请了多个专利(参阅美国专利网站 www.uspto.gov)。物理屏障法可根据需要采用以下几种屏障材料:筛网,石头颗粒,防护板,防水膜和钢结构等^[6]。

利用高温、低温、高电压和微波等物理手段也可用于白蚁防治。这种方法的优点是操作简单,无污染,一般将这种方法用于处理白蚁危害程度较轻的木材、仓库、家具、档案、图书和文物等物品。缺点是费用高,难以常规使用,主要用于局部处理,不能保证长久有效。

3 化学防治技术

3.1 化学药物屏障

化学药物屏障是将持效性较长的杀白蚁药剂处理建筑物的规定部位,保证规定时间内的

白蚁预防效果,这种方法多用于建筑物的白蚁预防。优点是如果药物运用恰当,预防效果明显。缺点是将残留期长的有害化学物质带入环境中,对人畜有潜在的风险;对分飞进入建筑物的白蚁也无能为力;由于高毒高残留的有机氯的禁用,目前适用的药物其残留期短,一般 3~5 年需重新处理 1 次。目前城市房屋白蚁预防使用的药剂主要含有联苯菊酯、氯菊酯、氰戊菊酯、氟氯氰菊酯、氯菊酯+辛硫磷和毒死蜱。

3.2 木材处理

经过预防处理的木材可以有效地防止白蚁及其他害虫的蛀蚀。通常处理木材的药物有 DOT(八硼酸二钠)、ACZA(氨溶砷酸铜锌)和 CCA(铜铬砷)(见 3.5)。通常处理方法有涂刷、浸泡和表面喷雾处理等。

3.3 化学熏蒸

这种方法用于可封闭空间内白蚁的灭治。用塑料膜罩住整个建筑,再将适量的熏蒸剂泵入罩内,使熏蒸气体在罩内停留 1~2 d,最后排放有毒气体。该法不仅能杀死白蚁,还能将建筑物中蚂蚁、蜚蠊、老鼠等杀死,杀虫效率接近 100%。缺点是处理时间较长,住户和对熏蒸剂敏感的物品需搬出建筑物,还存在污染甚至中毒的风险。一般要求只有取得相关资质的杀虫公司方可从事这项业务。

3.4 诱饵毒杀

这是目前最常用的方法。第一个白蚁诱杀系统 Sentricon[®] 是 1990 年由 Dow AgroSciences 生产,1994 年完成注册的。诱饵法除了用于白蚁的灭治,还可作为一种监测、管理白蚁的手段,用于及时发现和消灭建筑物周围的白蚁,防止白蚁进入室内为害。诱饵法的操作步骤是:于白蚁喜食的饵料中加入低剂量缓效的药物制成诱饵杀蚁剂,白蚁个体取食这类制剂后返回蚁巢,将有毒物质通过食物传给巢内的其它个体,导致巢内蚁群中毒。优点是利用白蚁的生物学特性,有效且对环境的副作用小。缺点是对药剂种类和剂量的要求高;在白蚁食物充足的地方使用未必有效^[9]。

目前用于诱饵的药剂有两类:一般慢性作

用药剂和昆虫生长调节剂。用作慢性作用药剂的主要有: 氟虫胺 (sulfluramid)、伏蚁腓 (hydamethylnon)、伏蚁灵 (nifluridide)、福美双 (thiram)、吡咯类和苯基吡唑类^[4]。昆虫调节剂: 苯氧威 (fenoxycarb)、吡丙醚 (pyriproxyfen)、灭幼脲 (dimilin)、氟铃脲 (hexaflumuron)、氟啶脲 (chlorfluazuron) 和除虫脲 (diflubenzuron) 等。

常用的诱食物质包括木材、纤维素类物质、麦角固醇和腐生真菌等。纤维素是木材的主要成分, 也是白蚁的主要食物, 对白蚁具有诱食作用^[10]。麦角固醇也是白蚁的诱食物质, 利用生产麦角固醇的菌株也可作为白蚁的诱食物质。腐生真菌可以引起木材腐败, 从而引诱白蚁。将台湾乳白蚁和欧美散白蚁引入 3 种真菌 (密褐褶孔菌 *Gloeophyllum trabeum* Murrill, *Phanerochaete chrysosporium* Burdsall, *Marasmiellus trojanus* (Murrill) Singer) 侵染的木屑, 白蚁对真菌侵染的木屑具有强的选择性, 后 2 种真菌的引诱作用大于第 1 种真菌, 从被真菌侵染的腐木中提取的物质对白蚁显示跟踪活性^[11,12]。研究表明, 多种菌类提取物对散白蚁、台湾乳白蚁和黑翅土白蚁等均显示跟踪活性, 并在白蚁毒饵配制和诱杀防治中得到应用^[13,14,68~70]。

3.5 常用化学灭蚁药剂

常用的药剂有: 砷制剂、金属盐类、无机酸类、有机氯 (氟) 类、有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、硅烷类、有机杂环类和昆虫生长调节剂等。

砷制剂主要品种有亚砷酸、砷酸铅和亚砷酸钠等。亚砷酸, 俗称白砒、砒霜, 是一种强胃毒剂, 在潮湿环境下灭蚁效果不佳, 而且使用不环保, 目前属于淘汰种类。

CCA 是一种良好的木材防护剂, 由重铬酸钾 (或重铬酸钠)、硫酸铜和五氧化二砷组成。因铬盐在木材中的固定作用, 遇水不易流失, 对白蚁的毒性较大, 一般用于木材防腐、防白蚁及其它蛀木害虫。

用硼酸处理过的木料能抵抗所有白蚁为害。亚溴酸盐 (bromite) 是目前许多美国公司都在应用的白蚁防治药, 它可以形成一种保护

网, 对白蚁起阻隔作用。

有机氯药剂从合成直到 80 年代都是各国最主要的白蚁防治剂, 其主要品种有狄氏剂 (dieldrin)、艾氏剂 (aldrin)、灭蚁灵 (mirex) 和氯丹 (chlordane) 等。氯丹的触杀、胃毒和熏蒸作用强烈, 残效期特别长, 广泛用于新建房屋的白蚁预防, 是我国过去使用量最大的白蚁预防药剂。但是, 由于这些药物的强残留作用和高汽化性, 1988 年已被美国 EPA (美国环境保护署) 禁止使用, 我国现在已经停止生产并禁止使用。硫酰氟 (sulfuryl fluoride) 和溴甲烷是目前我国被允许使用的 2 种熏蒸剂, 但溴甲烷在发达国家已于 2005 年被禁止使用, 发展中国家则需在 2015 年完全淘汰。

氟虫胺 (sulfluramid) 是有机氟杀虫剂, 可防治蚂蚁、蜚蠊和白蚁。伏蚁腓 (hydamethylnon) 是一种慢性杀白蚁剂, 具有胃毒作用, 在环境中无生物积累作用, 主要用于牧场、草地、草坪和非作物区防治白蚁, 也可防治蜚蠊^[15]。这 2 种药物是目前比较低毒的白蚁防治剂。

毒死蜱 (chlorpyrifos) 是一种有机磷类高效白蚁防治剂, 触杀、胃毒和熏蒸作用强烈, 长效、广谱、低残留。美国陶氏益农公司生产的 42.8% (毒死蜱) 防治白蚁浓缩剂, 使用 1% 质量浓度处理土壤和木材, 可以达到 8~10 年的保护期。以毒死蜱为有效成分的杀虫剂曾占美国白蚁防治剂的 75%^[16]。由于该药对儿童神经系统的影响, 2000 年也被美国 EPA 禁用在住宅地、花园、现有住宅和公共领域内使用, 于 2004 年末已停止毒死蜱在新建住宅和建筑物中作为杀白蚁剂使用。另一种替代氯丹的产品异柳磷 (isofenphos) 在美国上市后很短时间也被厂商撤回^[17]。

拟除虫菊酯类药剂是目前世界上品种最多的白蚁预防药剂, 以氯菊酯 (permethrin)、氯氰菊酯 (cypermethrin)、氟戊菊酯 (fenvalerate) 和联苯菊酯 (bifenthrin) 等菊酯类为有效成分的白蚁防治剂已在美国甚至全世界都占有较大的市场比例^[18]。

硅白灵 (silonen), 通用名为氟硅菊酯

(silaflofen), 具有触杀和驱避作用^[19]。

有机杂环类农药是目前化学药物研制的热点, 氟虫腈和吡虫啉是这类药物的代表, 已用于白蚁的防治^[20~25]。

昆虫生长调节剂被誉为“第3代杀虫剂”, 主要包括保幼激素类似物和几丁质合成抑制剂两大类。氟铃脲对环境污染小, 胃毒作用和触杀作用明显, 对北美散白蚁、台湾乳白蚁的控制作用显著^[26~30]。

链霉菌的半合成产物双氢除虫菌素对黄胸散白蚁的工蚁具有较高的毒性, 可望用于白蚁的防治^[31]。

4 生物防治技术

利用生物源物质作为白蚁防治剂对白蚁进行控制和减灭的技术称为生物源物质防治技术。这一技术由于可选种类多样、作用方式独特和环境谐性良好等优点而受到产业界和大众的重视。目前研究和应用的生物源种类如下。

4.1 细菌

细菌感染白蚁的研究较少。据 Culliney 等报道, 在实验室中, 将地栖的欧美散白蚁和美国散白蚁 *Reticulitermes hesperus* 实验种群暴露在苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*) 内毒素、芽孢、孢子囊的混合物中, 6 d 后白蚁的死亡率达 95% 以上^[6]。用 2 个当地的苏云金芽孢杆菌品系对红褐锯白蚁 *Microcerotermes championi* 和印巴结构木异白蚁 *Heterotermes indicola* 的工蚁进行室内试验, 13 d 后的死亡率达 100%。在随后的试验中, 用苏云金芽孢杆菌商品制剂处理上述 2 种白蚁和比森白蚁 *Bifiditermes beesom*, 再次证明这些白蚁对苏云金芽孢杆菌很敏感, 6 d 后死亡率达 100%。然而, 田间条件下细菌对白蚁种群的控制效果还未得到证实。一般地说, 苏云金芽孢杆菌在土壤中的存活能力差, 其作用的典型昆虫类群不是土栖昆虫, 而是地面上活动的或水生的昆虫。但是, 如果利用 DNA 重组技术获得具有白蚁特异性毒素的苏云金芽孢杆菌品系, 并与微胶囊技术结合, 可望在白蚁防治方面发挥有效作用。

用粘质沙雷氏菌 (*Serratia marcescens*) 处理上述 3 种白蚁, 7~13 d 后完全死亡^[32]。

4.2 真菌类

黄曲霉 (*Aspergillus flavus*)、白僵菌 (*Beauveria bassiana*)、金龟子绿僵菌 (*Metarhizium anisopliae*) 等对白蚁的毒力较高^[33~36]。目前, 利用这类真菌防治白蚁申请了多个专利 (参阅美国专利网站)。混合使用昆虫病原线虫的 *Xenorhabdus* 属和 *Photorhabdus* 属共生细菌和病原真菌球孢白僵菌或金龟子绿僵菌可防治白蚁, 并申请了专利^[37, 38]。

尽管真菌在实验室对白蚁具有很好的效果, 但野外的效果不稳定, 这主要与白蚁的清巢特性、真菌不能承受白蚁巢内小环境 (如高二氧化碳浓度、高温度等) 有关^[6]。此外, 许多研究人员也在探索化学白蚁防治剂与真菌混用, 以降低化学农药用量, 提高药效, 减少污染。绿僵菌单用对黄胸散白蚁 *Reticulitermes speratus* 的防治效果不显著, 但与吡虫啉共同处理土壤, 则可显著提高防效, 达到防治要求^[39]。吡虫啉和白僵菌混用诱杀白蚁效果特别显著, 但单独用白僵菌处理诱饵对白蚁的种群密度降低缓慢^[40]。

4.3 白蚁病毒

研究人员已筛选出了一种呈 20 面体对称结构的白蚁病毒高毒株 DNV。将其与绿僵菌复合后, 室内试验结果表明, 这种病毒复合制剂比单纯病毒 DNV 感染速度快, 即使在林间蚁巢内也同样能加快巢内白蚁的感染死亡^[41]。

4.4 昆虫病原线虫

昆虫病原斯氏 (*Steinernema*) 和异小杆 (*Heterorhabditis*) 线虫作为生物杀虫剂对土栖性害虫特别有效^[42, 43]。多种线虫已应用于防治白蚁, 包括一种自白蚁体内分离的线虫 (*Neosteinerma*)^[44, 45]。线虫对不同白蚁种类的侵染效果差异很大, 斯氏线虫属 (*Steinernema carpocapsae*) 线虫防治黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* 死亡率达 80%~100%^[46], 但防治台湾乳白蚁的防效仅为 8%~34%^[47]。用一种异小杆线虫处理胀树白蚁的蚁道, 获得毁灭整巢

白蚁的效果^[48]。线虫杀白蚁剂世界上已有多家公司生产,美国将线虫和蠕虫用于白蚁的实际防治,方法是线虫和蠕虫引入蚁道导致感染。国内用新线虫防治黑翅土白蚁也获得很好效果^[49,50]。但野外利用这类线虫的效果还很不稳定^[45,51]。

4.5 植物提取物

植物是未来杀白蚁剂的宝库,它的提取物对白蚁具有毒杀、驱避和拒食作用。已有越来越多的杀虫植物活性物质用于白蚁防治,如印楝素能显著影响台湾乳白蚁的趋向和取食行为^[52,53]。黄珍友报道了苦楝(*Melia azedarach*)对台湾乳白蚁的毒力试验^[54]。莫建初等的室内试验结果显示细辛属的细辛粉对黄胸散白蚁有较好的毒杀和较强的驱避活性^[55]。伊可儿等从83种树木提取液中,筛选出29种树木提取液对白蚁均有较强的忌避活性效果^[56]。台湾学者发现从肉桂(*Cinnamomum osmophloeum clones*)叶子中提取的香精油具有强的杀台湾乳白蚁作用^[57],从*Taiwania cryptomerioides* Hayata中分离的雪松醇(cedrol)、杜松醇(alpha-cadinol)和弥罗松醇(ferruginol)对台湾乳白蚁有驱避作用^[58]。藿香油和藿香醇对台湾乳白蚁也有毒杀和驱避作用^[59]。植物的类黄酮物质对台湾乳白蚁的生殖、存活和取食均有不同程度的影响^[60]。香精油中的香柏酮(nootkatone)可望成为新的杀白蚁剂^[39,61~64]。

4.6 捕食性天敌

在白蚁离巢分飞季节,有翅蚁很容易被昆虫的节肢动物、鸟类、蜻蜓、蜥蜴、壁虎、蟾蜍、家禽和哺乳类捕食。但是较难利用这些食性较广的动物有效防治白蚁,因它们都是白蚁的偶食性捕食者。蚂蚁虽然是白蚁种群的重要自然控制因子,但是,白蚁可以通过提高兵蚁的比例和堵塞蚁路的方式防御蚂蚁的侵袭^[6]。

4.7 白蚁的信息素

作为社会性昆虫,白蚁具有完备的信息素系统,这一系统对白蚁识别、筑巢、觅食、聚集和御敌等是必不可少的,同时也有利于我们建立

白蚁种群的检测、监测技术,以及为害预警系统。主要包括性信息素(sex pheromone)和踪迹信息素(trail pheromone)^[65]。利用信息素防治害虫具有高效、无毒、无污染和不伤益虫等优点,目前已有国外学者将白蚁下唇腺分泌物中起信息素作用的化学成分称为诱食信息素,并将白蚁诱食信息素应用到白蚁防治中^[66]。

5 白蚁防治研究的展望

白蚁是破坏性很强的社会性昆虫,同时又是地球物质循环的积极参与者。随着人们对健康生活环境的重视和环保意识的加强,以及对昆虫资源利用的深入研究,白蚁的研究将呈现以下特点:

(1)高毒高残留的化学药剂将逐渐被淘汰。提倡协调发展,我国对高毒高残留化学药剂的淘汰是刻不容缓的。昆虫生长调节剂和部分除虫菊酯类药物相对低毒,对环境友好,符合世界各国可持续性发展的策略。白蚁防治药物的研制将向低毒性、适残留的方向发展。

(2)生物源白蚁防治剂具有良好的应用潜力。微生物制剂(包括通过基因工程组建的工程微生物),杀虫植物中提取活性成分,以及信息素类物质的利用将是新型环保白蚁防治剂的研究热点。

(3)白蚁的防治技术将顺应国际潮流,从化学防治技术到更加侧重于物理防治技术(抗蚁木材、抗蚁电缆、抗蚁家具和抗蚁建筑物等)和综合的治理技术。

(4)随着白蚁控制技术的发展和成熟,未来的白蚁将作为资源昆虫的主要种类被人们利用。如共生体的能量转化模式、新的抗生素的研制和生物饵料的开发等。白蚁在人们心目中的形象将是全面的。

由于白蚁种类多,危害广,单一的技术未必有效,因此,在实际应用中,根据白蚁的种类、危害对象、侵染地点和成本估算,综合利用上述白蚁防治技术来防治白蚁仍是最佳的方案,其中包括改进建筑设计、木材预防处理或耐白蚁木结构的研制、物理屏障、化学处理以及生物防治

等。这种白蚁综合治理技术需要专业的知识和实践的技能,也是最有潜力的白蚁控制技术。

参 考 文 献

- 中国科学院动物研究所,等. 昆虫纲,等翅目. 北京: 科学出版社, 2000.
- 林树青. 白蚁科技, 1987, 4(3): 1~5.
- Lax A. R., Osbrink W. L. A. *Pest Manag Sci.*, 2003, **59**(6-7): 788~800.
- 嵇保中, 刘曙雯, 居峰, 董丽娜, 宋杰. 林业科技开发, 2002, 16(4): 3~6.
- 刘晓燕, 钟国华. 农药学学报, 2002, 4(2): 14~22.
- Culliney T. W., Grace J. K. *Bull. Entomol. Res.*, 2000, **90**(1): 9~21.
- 程冬保. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15(2): 156~158.
- Su N. Y., Ban P. M., Scheffrahn R. H. *Sci. Technol. Termit.*, 1998, **15**(2): 25~32.
- Pemott R. C. Thesis for Master Degree, Virginia Polytechnic and State Univ., Virginia, 2003. 115.
- Wang C., Powell J. E. *Biol. Control.*, 2004, **30**: 523~529.
- Comelius M. L., Daigle D. J., Connick W. J. Jr, Parker A., Wunch K. J. *Econ. Entomol.*, 2002, **95**(1): 121~128.
- Comelius M. L., Bland J. M., Daigle D. J., Williams K. S., Lovisa M. P., et al. *J. Econ. Entomol.*, 2004, **97**(3): 1 025~1 035.
- 杜洞源, 罗钧泽, 汤敏玲, 罗育新. 昆虫学报, 1982, **25**(2): 172~177.
- 李少南, 虞云龙, 张大羽, 樊德芳, 郝键, 袁根荣. 农药学报, 2001, 3(2): 35~40.
- Su N. Y., Scheffrahn R. H. *J. Econ. Entomol.*, 1993, **86**(5): 1 453~1 457.
- 张大羽, 王国华, 刘文军, 陈海洪. 白蚁科技, 1998, **15**(1): 28~31.
- Grace K. 见: 王家泗译. 白蚁科技, 2000, **17**(1): 29~33.
- Mix J. *Pest Control*, 1988, **56**(3): 40~41.
- 宋晓钢, 阮冠华, 林树青, 余华星. 浙江林学院学报, 2000, **17**(3): 244~247.
- 刘智源. 中国白蚁生物学及防治. 成都: 成都科技大学出版社, 1998.
- Kard A. *Pest Control*, 1998, **68**(4): 64~65, 105.
- Gatti S. S., Henderson G. *Sociobiology*, 1996, **28**(1): 23~32.
- 韦昌华, 卢川川, 易叶华. 华南农业大学学报, 2000, **21**(4): 33~35.
- 卢川川, 韦昌华, 陈国强, 黄立端, 尹怀勇. 白蚁科技, 1999, **16**(3): 1~4.
- 卢川川, 韦昌华, 李勇, 罗伟文, 周士智, 等. 白蚁科技, 2000, **17**(3): 1~4.
- Su N. Y., Scheffrahn R. H. *J. Econ. Entomol.*, 1993, **86**(5): 1 453~1 457.
- Su N. Y. *J. Econ. Entomol.*, 1994, **87**(2): 389~394.
- Su N. Y., Ban P. M. *J. Econ. Entomol.*, 1997, **90**(3): 809~817.
- Rojas M. G., Morales-Ramos J. A. *J. Econ. Entomol.*, 2001, **94**(2): 506~510.
- Rojas M. G., Morales-Ramos J. A. *J. Econ. Entomol.*, 2004, **97**(6): 2 015~2 020.
- Mo J., He H., Song X., Chen C., Cheng J. *Sociobiology*, 2005, **46**(3): 603~613.
- Connick Jr., William J., Osbrink W. L. A., Wright M. S., Williams K. S., et al. *Environ. Entomol.*, 2001, **30**(2): 449~455.
- Jones W. E., Grace K., Tamashiro M. *Environ. Entomol.*, 1996, **25**: 481~487.
- Grace J. K., Wood D. L., Kim M. J. *Appl. Entomol.*, 1995, **119**(7): 501~505.
- 柴一秋. 中国生物防治, 1995, **11**(2): 68~69.
- 陈红梅. 华东昆虫学报, 1999, **8**(1): 107~109.
- 韩日畴, 曹莉, 刘秀玲, 陈镜华, 何向阳. 国家发明专利: 利用微生物防治白蚁的方法, 受理号: 2003101124361.
- 韩日畴, 曹莉, 刘秀玲, 陈镜华, 何向阳. 国家发明专利: 白蚁的生物防治方法, 受理号: 2003101124376.
- Ramakrishnan R., Suiter D. R., Nakatsu C. H., Humber R. A., Bennett G. W. *J. Econ. Entomol.*, 1999, **92**(5): 1 125~1 132.
- Boucias D. G., Stokes C., Storey G., Pendland J. C. In: Bayer E. M., Boyer A. G. (ed.), *Pflanzenschutz-Nachr. Crop Protection Business Group*, Leverkusen, 1996. 103~145.
- 谢鸣荣, 谢保国, 胡远扬, 张加敏. 江苏林业科技, 1998, **25**(1): 38~39.
- Han R. C. *Entomol. Sin.*, 1994, **1**(4): 346~364.
- Gaugler R. (ed.), *Entomopathogenic Nematology*, Wallingford, Oxfordshire, UK, CABI Publishing, 2001.
- Nguyen K. B., Smart G. C. Jr. *J. Nematol.*, 1994, **26**: 162~174.
- Wang C., Powell J. E., O' Connor B. M. *Flor. Entomol.*, 2002, **85**(3): 499~506.
- 朱建华. 福建林学院学报, 2002, **22**(4): 366~370.
- 黄博严, 陶维强. 城市白蚁及其防治. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.
- Su N. Y., Tamashiro M. In: Su N. Y. (ed.), *Biology and Control of the Fomosan Subterranean Termite*. University of Hawaii, Honolulu, 1993. 3~15.
- 广东昆虫研究所线虫组. 昆虫天敌, 1982, 4(3): 46~50.
- 张贞华, 李桃生, 田保利. 白蚁科技, 1989, 6(1): 1~5.
- Su N. Y., Scheffrahn R. H. *J. Econ. Entomol.*, 1990, **83**: 1 918~1 924.
- Grace J. K., Yates J. R. *Trop. PestManag.*, 1992, **38**(2): 176~180.
- 卢川川, 谢荣坚, 钟浩泉, 陈锵. 白蚁科技, 1998, **15**(1): 18~21.
- 黄珍友. 昆虫天敌, 1991, **13**(30): 151~154.
- 莫建初, 张时妙, 滕立, 程家安. 农药学学报, 2003, **5**(4): 79~84.
- 伊可儿, 林捷, 叶功富, 张振核, 叶舟. 中国生态农业学报, 2005, **13**(2): 56~58.
- Chang S. T., Cheng S. S. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, **50**(6): 1389~1392.
- Chang S. T., Cheng S. S., Wang S. Y. *J. Chem. Ecol.*, 2001, **27**(4): 717~724.
- Zhu B. C. R., Henderson G., Sauer A. M., Yu Y., Crowe W., Laine R. A. *J. Chem. Ecol.*, 2003, **29**(12): 2 695~2 701.
- Bou S. M., Raina A. K., *J. Chem. Ecol.*, 2003, **29**(11): 2 575~2 584.
- Maistrello L., Henderson G., Laine R. A. *J. Econ. Entomol.*, 2001, **94**(6): 1 532~1 537.
- Maistrello L., Henderson G., Laine R. A. *Pest Manag. Sci.*, 2003, **59**(1): 58~68.
- Zhu B. C. R., Henderson G., Chen F., Maistrello L., Laine R. A. *J. Chem. Ecol.*, 2001, **27**: 523~531.
- Ibrahim S. A., Henderson G., Zhu B. C. R., Fei H., Laine R. A. *J. Econ. Entomol.*, 2004, **97**(1): 102~111.
- 邓晓军, 张加敏, 胡建芳, 杨娟, 胡远扬. 昆虫学报, 2002, **45**(5): 666~672.
- 黄求应, 薛东, 雷朝亮. 昆虫学报, 2005, **48**(4): 616~621.
- 胡剑, 钟俊鸿, 郭明喈. 昆虫知识, 2006, **43**(1): 27~32.
- 黄求应, 薛东, 童严严, 王维平, 雷朝亮. 昆虫知识, 2005, **42**(6): 656~659.
- 张红兵, 李小鹰, 戴华国, 周秋君. 昆虫知识, 2005, **42**(3): 298~301.
- 黄求应, 薛东, 丁思悦, 雷朝亮. 昆虫知识, 2006, **43**(1): 120~122.