

# 白蚁的生物防治策略

肯尼泽·格瑞斯

(夏威夷大学昆虫学系)

**摘要** 本文综述了在白蚁控制方面的生物防治对策的最新研究与进展。生物防治涉及到寄生物、捕食者和病原性微生物的应用。目前,在白蚁的寄生物方面有很少的文献报道。蚂蚁是白蚁最重要的捕食者。最近,对各种各样的蚂蚁与白蚁间的相互制约进行了较多的研究。某些蚂蚁物种能很有效地将白蚁取食者从局部森林资源中驱逐出去,但对于土壤中的地下白蚁蚁道来说,蚂蚁的穿透能力很弱。白蚁生物防治的最大潜力似乎与昆虫病原菌或微生物防治相联系。虽然缺乏有效的野外数据,但昆虫病原菌的实验室研究仍是特别具有前景。进一步的研究能很好地证明微生物防治的潜在优点。然而,必须克服的技术困难很大,所以我们必须谨慎小心,切忌盲目投入巨大的热情。

**关键词** 等翅目 散白蚁 异白蚁 木白蚁 家白蚁 微生物防治 昆虫病原菌

较化学防治而言,一般认为生物防治能够提供更长久的害虫防治,对环境和非目标生物体的潜在危害更小,但在后一点上,仍存在有一定的争议(Howarth, 1991)。对隐蔽性生活的昆虫如白蚁(等翅目)而言,有两件事极具挑战性,一是预先监测到比较大的白蚁危害;二是为消灭整个种群而使杀虫剂进行有效的传递,或对地下白蚁而言,阻塞其进入受威胁的建筑物的通道。通常,大量地使用残效期长久的杀虫剂溶液来阻止地下白蚁的侵害,但这一作法已引起人们关注施工者的安全、环境污染和对非目标动物的可能的有害效应。在白蚁隐蔽的通道内,使用感染或捕食白蚁的生物防治剂是很诱人的。在地下白蚁群体内,其维持的黑暗、潮湿的生境和许多社会相互作用也似乎有利于外来的或微生物防治策略中最被看好的病原性微生物的生存与分布。

该文有选择性地综述了白蚁防治中生物

防治策略发展的最新研究与进展。虽然在东非和中非的肯尼亚与丹麦之间的近期合作努力对白蚁在农业上的重要性进行了分析,但该文主要将白蚁作为城市建筑物害虫来讨论(丹麦技术研究所, 1992)。这样,该文在白蚁的生物防治方面应被认为是有所创新。读者可参阅到文献的引用,特别是 Logan 等(1990)科学家对该领域早期工作的讨论综述。

## 白蚁寄生物

通过寄生物、捕食者或病原菌的作用可以形成生物防治。虽然寄生性螨类已在白蚁巢采集到(K. L. Strong & J. K. Grace, 未发表数据),白蚁研究工作者也经常提到携播螨类(Phillipsen & Coppel, 1977, Costa Leonardo & Soares, 1993),但并没有白蚁昆虫寄生物的可靠记载。然而,在欧美散白蚁的实验室研究中,用极大数量的携播螨类接种白蚁群

体,结果证明对白蚁的取食或生存均没有明显的负效应(M. H. Zoberi & J. K. Grace, 未发表数据)。

### 白蚁捕食者

白蚁的专性捕食者在数量上很少,可能是因为白蚁生活的隐蔽性和受保护的生境所致。这些捕食者中比较有趣的一个和值得研究者进一步关注的是毛蜻蛉幼虫(*Lomamyia latipennis*),它生活于白蚁巢内,据报道,它通过喷射蒸汽状的毒液来捕食工蚁(Johnson & Hagen, 1981)。

对巢居白蚁和白蚁取食者而言,其大量的可见专性捕食者包括一些猛蚁、切叶蚁和脊椎动物如土豚(非洲食蚁兽)、土狼和食蚁动物(Logen et al, 1990)。虽然在城镇住宅地下的亚结构空间栓养土豚的想法是令人感兴趣的,但这些热带蚂蚁物种或大的脊椎动物应用于白蚁防治中的可行性是值得怀疑的。

对白蚁的偶见性捕食是相当普遍的。在分飞季节,白蚁有翅成虫很容易地被食虫节肢动物(如蚂蚁和蜘蛛)、鸟类、鱼类、蜥蜴、壁虎、蟾蜍和哺乳类(包括人类)捕食。蚂蚁是白蚁取食者最明显的捕食者,在建筑物内可有趣地观察到白蚁活动的明显下降是与阿根廷蚁 *Linepithema humile* 相联系的,侵扰是很普遍的现象(Olkowski & Drlik, 1994)。在实验室的研究中,Wells & Henderson(1993)观察到当家白蚁群体具有不正常低比例兵蚁时,其探索新领域的倾向减弱。与北美洲典型的本地散白蚁群体中小数量兵蚁相比较而言,当在正常状况下发现这一外来的物种具有较高比例的兵蚁时,这为其群体提供了更强的保护,免受外来的红蚂蚁 *Solenopsis invicta* 的捕食。对大头蚂蚁 *Pheidole mega-cephala* 的类似研究中,Cornelius & Grace (1997)发现白蚁兵蚁主要的防卫角色是暂时

阻止蚂蚁侵入蚁道,而工蚁封闭蚁道的缺口,建造土壤屏障阻塞蚂蚁的进一步侵入。

通常,在夏威夷的城市环境中可以发现蚂蚁,或在受白蚁侵害的木头内,或野外地点的诱捕坑内采集获得。最近,夏威夷大学评价了其作为家白蚁生物防治剂的可行性。对从不同蚂蚁物种中提出的溶液萃取物进行了行为测定,认为白蚁对蚂蚁存在的反应在很大程度上是化学调节的(Cornelius & Grace, 1994a)。由于单萜肛腺分泌物顺反式和反顺式长二醛的排斥性,白蚁一接触长颈蚂蚁 *Ochetellus glaber* 即撤退(Cornelius & Grace, 1994a, b),这一化学物对白蚁有毒且具有排斥性,表明其作为昆虫杀虫剂模式是有一定价值的(Cornelius et al, 1995)。然而,当接触该种蚂蚁时,家白蚁表现出很强的规避行为,它们快速的撤退行为和建立土壤屏障阻止蚂蚁侵入的行为限制了长颈蚂蚁作为生物防治剂的潜在性。

长颈蚂蚁的半化学调节能使白蚁产生规避行为,与此相反,大头蚂蚁的化学感受器能刺激白蚁快速地攻击该物种(Cornelius & Grace, 1994a, 1995, 1996)。与长颈蚂蚁相比较,大头蚂蚁对土壤中的蚁道具有更强的侵略性;当与大头蚂蚁战斗时,家白蚁被迫撤向土壤中的更深层来建造防卫屏障,而且遭受更大的战斗损失(Cornelius & Grace, 1995; 1996; 1997)。实际上,大头蚂蚁能驱逐白蚁在特定位置上的取食,比长颈蚂蚁对蚁道具有更强的侵略性,由于白蚁对其侵略的反应,它也遭受更大的战斗伤亡。*Tetramorium simillimum* 蚂蚁提供了一种更佳生物防治剂模式,在实验室的分析中,不能观察到家白蚁可以激起反应。但较长颈蚂蚁或大头蚂蚁而言,在毫不提防的白蚁群体中,它能引起更大的死亡率(Cornelius & Grace, 1994a; 1995)。然而,在夏威夷的野外,仍未观察到该种蚂蚁与白蚁的相互作用。

## 白蚁的病原性微生物和微生物防治

白蚁种群的生物防治应用的最大潜力似乎是与病原性微生物相联系的。无疑地,对该领域已进行了最多的且有意义的研究和调控分析(Grace, 1994)。在实验室内,已证明线虫在控制状态下是极具致命性的(Trudeau, 1989),但在野外,对白蚁取食活动似乎仅有短暂的作用(Mix, 1986; Epsky & Capinera, 1988)。虽然线虫产品已可以应用在北美的土壤中防治地下白蚁,但到现在为止,仅有少量的研究表明它的效果局限于应用的局部地区,且效果是短暂的。Logan 等(1990)认为,在高价值的作物如茶丛的支干上,直接应用到有小规模地上白蚁侵害的地方,线虫可能是最有效的。

仅有少量的研究报道了病毒或细菌可以作为潜在的白蚁防治剂。Al Fazairy & Hassan(1988)利用从埃及棉叶蛹 *Spodoptera littoralis* 中分离出的一种多面体核病毒,成功地感染了干木白蚁 *Kaloterms flavicollis*, 最近报道了感染白蚁的病理组织学的某些研究细节(Al Fazairy & Hassan, 1993)。在自然状况下,虽然白蚁对其它一些细菌感染很敏感,如 *Serratia marcescens* (Khan et al, 1977),但大多数的细菌研究仍集中在 *Bacillus thuringiensis* (Bt)。Bt 一般被认为是一种微生物杀虫剂,而不是自我维持的生物防治剂,Grace & Ewart(1996)最近的研究采用了这一方法。这些作者调查了 Bt 的  $\delta$  内毒素的应用,它可以通过重组的居叶菌 *Pseudomonas fluorescens* 来表达,这样将它生物封装在居叶菌内杀死和固定细菌来防治家白蚁。已证明 *Lepidoptera* 或 *Coleoptera* 两者的活性内毒素对家白蚁没有活性抑制作用,而且家白蚁能很容易地大量取食这些遗传工程细菌,这表明其它的更好些的白蚁活性毒

素可以使用这种形式封装来作为白蚁毒饵(Grace & Ewart, 1996)。

昆虫病原真菌已是微生物防治白蚁研究的主要焦点。这些真菌较线虫具有更少的侵略性,对白蚁引起更少的即时生理和行为变化,灭杀效果很缓慢。因此,通过群体中成员间的社会接触,这些病原性微生物似乎有着更大的分布与扩散潜力。在地下白蚁通道内,具有气温十分恒定、潮湿、黑暗的环境,这也利于真菌的生长。现在,在肯尼亚和丹麦,研究人员进行了良好的合作,研究了真菌防治非洲农业白蚁的潜在性(丹麦技术研究所, 1992)。在哥本哈根皇家兽医和农业大学的最新论文中,报道了从 *Macrotermes subhyalinus* 中分离了 *Cordycepioides bisporus* 菌株,在实验室内评价了 *C. bisporus* 和 *Paezilomyces fumosoroseus* 菌株防治 *M. subhyalinus* 的效果(Ochiel, 1995),以及众所周知的病原性真菌 *Metarhizium anisopliae* 和 *Beauveria bassiana* 防治 *Macrotermes michaelsoni* 的效果(Gitonga, 1996)。Gitonga (1966)也测试了已接种过真菌的锯木屑和谷粒作为白蚁诱饵放在 *M. michaelsoni* 土壤附近的应用效果,也进行了用干的分生孢子接种土壤的测试。然而, Fernandes(1991)和他的同事在巴西曾报道,而且 Milner(1996)在澳大利亚也曾报道,与他们的白蚁土壤处理相比较,这些方法的效果不佳。可能需要在巢的中心部位施放大量的分生孢子来感染和灭杀整个白蚁巢群(Gitonga, 1996)。

除了可用 *M. anisopliae* 分生孢子直接成功地灭杀土壤白蚁的报道外, Milner 等(1996)也建议在木材上通过喷洒分生孢子来驱逐白蚁取食者。对于最近在北美洲销售上市的 *M. anisopliae* 分生孢子组合剂,其处理被白蚁危害的木材的效果,虽然没有发表有效的数据,但可以预测得到相似或暂时的防治结果,这种产品称为 Bioblast<sup>TM</sup> 生物白蚁灭

杀剂(生态科学,新不伦瑞克,新泽西州)(Quarles,1997)。由非病原性真菌引起的排斥效应在白蚁防治方面也有些作用(Grace et al,1992)。

在北美洲和夏威夷,从白蚁中已分离出 *M. anisopliae* 和 *B. bassiana* (Zoberi & Grace,1990b,Zoberi,1995),对这些品系和其它品系的相对毒性已进行了实验室测试(Grace & Zoberi,1992; Jones et al,1996; Wells et al,1995)。澳大利亚(Milner et al,1996)和日本(Suzuki,1991,1996)的研究者也成功地测试了大量的真菌分离品系。通过更广泛地检测与各种白蚁相联系的微生物群,完全有可能发现其它的病原性微生物对白蚁的近亲和远亲繁殖模式有着巨大的影响,但仍然缺乏白蚁群体中自然发生流行病的清楚记录。在微生物的使用方面也缺少野外的有效数据,但用大量的分生孢子处理土壤的情况是一个例外。Suzuki(1996)进行了三种病原性真菌(*M. anisopliae*, *B. bassiana* 和 *P. fumosoroseus*)防治家白蚁的野外测度,但没有得到满意的结果。

Delate 等(1995)、Jones 等(1996)和 Grace(1995)从毒饵的应用方面探讨了用病原性真菌防治家白蚁的可行性。已鉴定了 *M. anisopliae* 和 *B. bassiana* 的分离体能诱发缓慢死亡,而且在低孢子浓度下,具有高活性,在白蚁反应方面具有很少的变异性(Jones et al,1996)。因为用分生孢子‘尘’感染巨大的地下白蚁群体(可能包含几百万个体)存在着较大的困难,这些研究者从 *M. anisopliae* 中分离出了一组 12 个循环肽,名为腐败菌素(Pais et al,1981),包括了三个新的化合物(Wahlman & Danison,1993),评价了它们作为家白蚁诱饵毒杀剂的可行性。虽然以 1,500ppm 到 3,300ppm 浓度的腐败菌 A1 或腐败菌 E 喂食能产生渐进和恒定的白蚁死亡率,但随后的选择性实验认为这两种

化合物具有太强的排斥性,以致于不能作为有效的诱饵毒杀剂(Grace,1995),当然,在未来,可以表明新的生物封装法(Grace & Ewart,1996)有利于克服这些排斥性。

作为一恒定的白蚁取食者接种源,在毒饵系统中的活体真菌培养具有一明显的优点。较分生孢子尘或空中喷洒更可能地感染更大的白蚁群体。Delate & Grace(1995)在实验室内评价分析了家白蚁取食者将会观察琼脂涂层纸上的真菌生长情况,尽管隔离的分生孢子具有排斥性,并对已感染的白蚁个体具有隔离行为,白蚁仍能引起分生孢子的迁移和高死亡率(Zoberi & Grace,1990b)。然而,在野外的白蚁诱饵站内,维持 *M. anisopliae* 或 *B. bassiana* 的活体培养是一项极具有挑战性的研究课题。

### 白蚁生物防治的潜在性

在某种程度上,蚂蚁的确能很自然地起到限制白蚁取食活动的作用。然而,对白蚁进行生物防治行动的未来主要是与病原性微生物和微生物防治相关联的。从技术角度来看,如果一种产品能够移动或极易分布并具有自我长久控制的特性,这意味着白蚁防治需要更少的劳动强度,防治效果更彻底。然而,必须注意到,病原性微生物本身通常具有很小的或没有流动性,对感染的白蚁个体的隔离行为也限制了它们在白蚁群体内的分布与扩散。而且,除了在土壤中的研究外,没有任何发表的野外研究数据表明微生物剂的有效性或可作为暂时性的排斥剂。关于涉及到的毒饵开发问题,就目前所知,排斥性或太快的白蚁死亡率将引起对接种源的规避行为,极大地限制了病原菌的菌落宽阔效应。相对于杀虫剂而言,生物剂需要解决的一些更难的、明显的技术问题是该产品的质量、保存期限和野外寿命。

另一方面,大量的生态、社会、政治和经

济因素提供了强大的动力来开发白蚁的微生物防治方法。一个主要的因素是昆虫病原菌对非目标生物体和人的低毒性,这样减少了施工者、客户和环境的危险。从开发商和制造的观点来看,生物防治剂将可能是流线型 EPA 注册程序的候选者。对施工者而言,危险的降低意味着在施工前需要更少的公告和更少的保险与法律耗费。

存在的技术困难是很大的,对该领域的研究被认为是具极高风险性的。因此,在将我们的热情和资源投入到该领域的研究中去时,我们应谨慎小心。虽然存在现实的期望和需要,但成功地开发一微生物防治体系的潜在得益是非常的吸引人,以致于我们必须继续探索它的可能性。

(上接第 19 页)要坚决查处,典型事例必要时可通过新闻媒介予以曝光,从而达到教育的目的。

(五)提高队伍素质,确保白蚁防治质量。提高行业整体素质,是实现白蚁防治行业持续发展的基础,是提高质量的重要保证。白蚁防治要求专业人员不仅要掌握昆虫学,白蚁生物学,白蚁分类学、药剂学及房屋建筑工程学科的基础理论知识,而且还要有一定的实践经验。因此,我们要把提高劳动者技能作为一件大事来抓,要通过岗位培训等途径,培养成就一支高素质专业技术队伍。

(六)依靠科技进步,发展白蚁防治事业。只有强化科技立业,科技兴业意识,才能推动白蚁防治事业的持续发展,当前应做好:1、是增加科技投入,加大科技含量;2、是要发挥科技人员的聪明才智,及时总结和应用科技成果,表彰先进单位和个人,建立激励机制,使更多的科技人才脱颖而出;3、是要积极研究并采用新药物、新设备、新技术;4、是档案管理上,要加快电脑化管理步伐,提高管理效率;5、是白蚁防治许多科学成果,不要停留到

## 致谢

我对在白蚁生物防治研究中的合作者和同事们所做的贡献和帮助表示衷心的感谢,我特别感谢 Minoru tamashiro(夏威夷大学)的见解,他多年前就已认识到微生物防治的潜在性,直到今天仍没有减少他那份执着的热情。Gregg Henderson(路易斯安那州立大学)和一位匿名人士帮忙审阅并对手稿进行了改进。该项目是由 USDA - ARS 特殊合作协议 58 - 6615 - 4 - 037 支持的。这是夏威夷热带农业和人类资源研究所的编号为 4276 的杂志。

张健华译 李栋审校

论文为止,更主要的是应用到白蚁防治实践中去;6、是发挥白蚁防治协会的作用,解决技术难题。

(七)加强内部管理,促进后期管理工作。白蚁防治事业发展至今,虽已形成了一定的规模和管理经验,但与市场经济的要求尚有一定距离,在加强后期管理服务方面,首先须进一步建立健全新建房屋白蚁预防工程的档案资料管理,定期回访复查,后期防治服务的规章制度,并与责、权、利明确挂钩;其次通过竞争和激励机制,让会管理,有技术、素质高的人到此岗位上来;再次是教育职工爱岗敬业、无私奉献、为社会服务、为群众谋利。

总之,白蚁防治事业的发展一直受到党和政府及各级领导的关心、重视,也得到了社会各界的大力支持。新建房屋开展白蚁预防工作是正确的,改变了过去较长时期采取单一灭治的老办法,工作有被动转为主动。在市场经济的大潮中,白蚁防治部门要抓住机遇,开拓进取,坚持以预防和灭治两条腿走路,以科技发展白蚁防治,并加强内部管理,为明日白蚁防治事业做出更大的贡献。

# 白蚁科技

## BAIYI KEJI

第 17 卷 第 4 期

No. 17 No. 4

# 2000

ISSN 1001-1285



中国白蚁防治研究会主办  
《白蚁科技》编辑部出版

9 771001 128000

# 白 蚁 科 技

## 2000 年 第 17 卷 第 4 期

---

### 目 录

- 白蚁种间及种内群体的相容性初步研究 ..... 李雄生等(1)
- 特密得(Termidor)——一种新的白蚁药剂..... 高道蓉等(5)
- 白蚁防治剂毒死蜱乳油中有效成分毒死蜱的气相色谱分析 ..... 王爱芬等(10)
- 介绍一种取代灭蚁灵的新药——氟铃脲 ..... 王问学等(12)
- 武进市白蚁种类调查以及区系分布特点研究 ..... 姚生福等(14)
- 关于新建房屋白蚁防治存在问题与对策的探讨 ..... 张兴隆等(18)
- 居宁丹——一种新的白蚁药剂 ..... 周留坤等(20)
- 白蚁防治药物管理之我见 ..... 石 勇等(21)
- 城市化木材蛀虫防治对策 ..... 毛占国等(23)
- 蚌埠市白蚁种类调查及其危害情况记述 ..... 马延明等(24)
- 散白蚁为害特点、分群规律及其防治 ..... 杜心懿等(25)
- 诸暨市堤坝白蚁危害情况的调查报告 ..... 毛伟光等(28)
- 房屋建筑物的白蚁防治与环境管理 ..... 许如银等(31)
- 白蚁的生物防治策略 ..... 张健华译(34)

# SCIENCE AND TECHNOLOGY OF TERMITES

Vol.17 No.4 2000

## CONTENTS

1. Tolerance between termite populations ..... Li Xiongsheng et al. (1)
2. Termidor—a new termiticide ..... Gao Daorong et al. (5)
3. Analysis of chlorpyrifos by gas chromatography ..... Wang Aifen et al. (10)
4. Introduction of hexaflumuron—a new chemical to replace the Mirex ..... Wang Wenxue (12)
5. Research on the investigation and distribution of termite species in Wujin City ..... Yao Shengfu et al. (14)
6. Inquisition into existing questions and countermeasure of prevention to termite for new houses ..... Zhang XingLong (18)
7. Ju DanNin—a new termiticide ..... Zhou LiuKuen et al. (20)
8. Our opinions of administration about termiticides ..... Shi Yong et al. (21)
9. The wooder borer prevention and core counter—measure for towning ..... Mao ZanGuo et al. (23)
10. Investigation the species of termite and its harm in Bengbu City ..... Ma Yanming et al. (24)
11. The study on the harmfulness colonizing flight and control of *Reticulitermes* ..... Du Xingyi teal. (25)
12. Findings report about termite damaging the dam in Zhuji City ..... Mao Weiguang et al. (28)
13. The control of the termite and the management of the environment about the buildings ..... Ruyin Xu et al. (31)
14. Biological Control strategies for suppression of termites ..... (34)

## 白 蚁 科 技

(季刊)

2000年 第17卷 第4期 (总第76期)

主 办:中国白蚁防治研究会  
出 版:《白蚁科技》编辑部  
电 话:(0571)8081248 8065774  
地 址:杭州市莫干山路693号  
主 编:林树青  
责 编:徐卫英

印 刷:杭州云轩印刷有限公司  
订 阅:本刊编辑部发行组  
国外订购:中国出版对外贸易总公司  
定 价:2.50元  
国内统一刊号:CN33-1107/TU  
(国内外发行)

E-mail:BYKJ@ chinajournal.net.cn