

中国堤坝白蚁防治研究简史及现状

李栋 饶绮珍 田伟金 庄天勇 黎明 陈丽玲

(广东省昆虫研究所 广州 510260)

吴子承 宋剑斌

颜庆灵

(广州市建荣白蚁防治有限公司 广州 510069)

(广东省深圳市清虫白蚁防治有限公司 深圳 518010)

一、前言

中国劳动人民与堤坝白蚁的斗争历史悠久,远在2000多年前就认识到堤坝白蚁对江河堤围的危害严重性,并且积极地展开了防治堤坝白蚁斗争。新中国成立后,更加强了消灭堤坝白蚁的科研与防治工作,我国老一辈的科学家如蔡邦华、夏凯龄教授等都做出了杰出的贡献,中国白蚁防治研究会(原中国白蚁防治科技协作中心)成立后,在秘书长林树青高级工程师领导下,有不少年富力强的科学家如黄复生教授、高道蓉教授、陈铸尧教授等都做了大量的研究工作,而水利部门的技术人员在防治堤坝白蚁中做了大量的推广应用工作,如荆江大堤的陈扬志、福建水利管理中心的姚书冠、广东省水利厅姚达长、广东北江大堤的潘柏康等诸高级工程师。至今已取得了令人满意的防治效果。

二、我国古代记载堤坝白蚁的危害情况

(一) 古代堤坝白蚁危害严重性

约2300年前,有名的白圭治水的记录,见孟子的《告子篇》:“白圭曰丹之治水也愈于禹,孟子曰,子过矣,禹之治水,水之道也,是故禹以四海为壑,今吾子以邻国为壑,水逆行为之降水,降水者洪水也,仁人之所恶也,吾子过矣”。

约2000年前《吕氏春秋》《慎小篇》:“巨防容蝼而漂邑杀人;突泄一烟,而焚宫

烧燹”。高诱注:巨、大、防、堤也,而堤有孔穴蝼蛄,则溃漏窍决,至于漂没闾邑,溺杀人民也(作者注:蝼即白蚁古称)。

约2200年前韩非子《喻老篇》:“图难于其易也,为大于其细也,千丈之堤,以蝼蚁之穴溃,百尺之室,以突隙之烟焚,故曰白圭之行堤也塞其穴;丈人之慎火也,涂其隙,是以白圭无水难,丈人无火患,此皆慎易以避难,敬细以远大者也”。

约2100年前,淮南子《人间训》:“千里之堤以蝼蚁之穴漏,百寻之屋,以突隙之烟焚,尧戒日战战栗栗日慎一日,人莫溃于山而溃于垤”。

以上四书,所提白蚁危害堤防,如出于同一来源,而白圭治水之所以有名,就是他们善于塞蚁洞,而今堤防修建实践经验而言,就是白蚁洞。所以白蚁危害堤防的历史由来已久,超过2000年,或许和兴建堤防的历史相同。

约1600年前葛洪《抱朴子》百里(外篇卷28):“夫百寻之宝,焚于分寸之飙,千丈之坡溃于一蚁之穴,何不深防乎,何不改张乎。”

约1100年前元稹《长庆集》蚊子诗:“时术功虽细,年深祸亦成,攻穿漏江海,嚼食困蛟鲸”。

以上这些早期文献都是慎小节,才无大患的格言,而以白蚁危害堤防作譬喻,亦可见古代堤防受白蚁危害的普遍性。明清以来,江防事业,日加重要,对于白蚁危害堤

防的记录亦较具体,请看下列事例:

约 407 年前明代潘季驯《河防一览》:“江河一决,澎湃难支,继而滥觞,终必至于滔天而莫可收拾。崔镇黄浦之复辙可鉴也。崔镇黄浦当初决之时,特数十人捧土之力耳”。

清代胡在恪《松滋堤防考》(荆州府志顺江堤卷一九):“按县地势平衍,三峡之水,逆流至此,始得展荡,最难防御……明洪武 28 年决后,时或间决,自嘉靖 39 年之后,决无虚岁……凡十九处中多灌窝蚁穴,水易侵堤”。

103 年前《荆州万城堤续志》舒惠自序:“如近年培高增厚,砖石并用,挖蚁捕獾,重用石灰,日甚一日,非复原书之旧也”。

上述事实,均说明白蚁危害江河堤防的严重性,普遍性和悠久性。

(二) 我国古代劳动人民对堤防白蚁认识与治理

1. 古代人民对白蚁就有了一定认识。

首先,我们来看看我国古代劳动人民对白蚁名称的认识及演变:2000—3000 年前《尔雅》中称白蚁是螳或蚁或蜾或蟹(部分):约 2000 年前刘向《说苑谈丛》中称白蚁是蠹蜾;约 1700 年前郭义恭《广志》中称白蚁是木蚁;约 900 年前宋代苏轼《物类相感志》中就称白蚁了;而 840 多年前南宋罗愿《尔雅翼》又称白蚁是蟹。

对于白蚁的生活习性,远在约 2000—3000 年前西周至汉代年间《诗经》:“鸛鸣于垤”;《毛传》:“垤螳冢也,将阴雨则穴处者先知,故蚁出垤而鸛就食之,遂鸣于其上也”。这显然是描述土栖白蚁有翅成虫成熟后分飞时,白蚁天敌捕食出飞的有翅成虫情景。

约 1100 年前,唐代段成式《酉阳杂俎》中所述,冉端掘地:“深丈余迂蚁城,方数

丈,外重雉堞,皆是子城,樵樵工若雕刻,城内分径街”,又说:“城隅小壤上以坚土为盖,故中楼不损”。

这段记载,说明我国古代劳动人民在 1100 多年前,已经对堤防白蚁的巢居结构有了较深的了解,文中的蚁城很明显地是指白蚁主巢;外重雉堞皆是子城是指主巢周围的卫星菌圃群;城隅小壤上以坚土为盖,这是主巢内的泥盒王宫;城内分径街是指巢居结构中的四通八达的蚁道系统,寥寥数语就把堤防白蚁巢居结构描写得清清楚楚。

2. 我国劳动人民对堤防白蚁的治理。

公元 1807 年徐端《安澜纪要》签堤一节:“防患于未然者,唯有签堤之一法,每年于春初百虫起蛰后,将南北两坦,逐细签试……其法用尖头细铁签长 3 尺,上安丁字木柄如柱状式,先量明两坦丈尺,每人摊管 3 尺,如坦长三丈,派兵夫 10 名,按坦之长短,排定人数,开定名单,自上而下,按次持签排立,挪步前行,每挪一步,即立位中,左右用力签试,三签再向前进,步步皆然……古云蚁穴沉灶,不可以小而忽之……”。

公元 1840 年俞昌烈《楚北水利堤防纪要》挖蚁法,“:“蚁洞万城大堤最多,竹树枯根,更易生蚁,每逢汛水泛涨,内必浸漏,默志其处,候十月间,从浸漏处挖开,有小洞,篾丝通入,视其斜正跟挖,即得其窝,如蜂窝。土人云:蚁不过 5 尺,必须搜挖净尽,投诸河流,或用火焚,以石灰拌土筑塞,方净根株,蝼蚁最畏灰也”。

公元 1894 年《荆州万城堤续志》徐家干捕獾说:“蚁之为害,隐而难测,以土为食,孳生繁衍其穿齿无间堤之内,每曲折以透堤身,因此而成浸漏,物虽微而害实大,向来于堤内有浸漏处挖筑,忽隐忽见,难以得其踪,且未至堤心即止矣,因老堤不能全动也,数年来此费不少,迄无大效。窃

思漏从外入，固外即可塞漏源，遂于漏眼下翻挖外帮，宽一二丈，长一二十丈不等，近年李登二局，即照此法办理，十有八九得其巢穴，中空如盘如盂，累累相属，大者竟如数担瓮，中悬蚁窝如蜂房，藏蚁至数担之多。挖毕用三合土坚筑。惜不能透堤身，搜除净尽，然较之内堤内漏眼挖筑，为功实多矣，修防之道，精益求精，稳益求稳，多尽一分心力，总有一分益处”。

上述记载的堤防白蚁治理措施，一则是采取锥探的方法，找出堤防身内的白蚁巢穴处理；二则是根据汛期河水水位升涨时造成堤身渗漏，标其渗漏处，待汛期过后，跟踪漏水孔向堤身内追挖，直至挖出主巢消灭掉白蚁；三则是无论何种方法消灭掉白蚁，都必须用石灰拌土筑塞翻挖或白蚁为害造成堤身内的洞穴，而且要求施工过程中要精益求精，稳益求稳是修防之道。

新中国成立之前，我国的堤防白蚁危害是相当严重的，经常发生“千里金堤，溃于蚁穴”的大灾大难，给人民的生命财产造成重大的损失。1949年新中国成立后，党和政府非常关心堤防白蚁的治理工作，经过近50多年的努力研究，我国在防治堤坝白蚁方面不断地取得进展，并已做到逐步控制住了堤坝白蚁的危害，杜绝了重大堤坝工程发生崩堤垮坝的灾难，然而非重大堤坝工程时而发生缺堤塌坝的重大事故，因此防治堤坝白蚁研究与治理工作是项长期而艰巨的任务。

三、新中国成立后堤坝白蚁危害及防治

新中国成立之前，白蚁危害水利工程导致出险或“千里金堤，溃于蚁穴”主要是河堤问题，因为当时水库大坝工程寥寥无几，大坝的白蚁危害还未提上议事日程。新中国成立后，特别是50—60年代，国家尤为重

视水利工程建设，全国上下兴建了大量山塘水库，据统计（1981）全国大型水库（亿方以上）308宗；中型水库（千万方以上）2333宗；小型水库（百万方以上）84000宗；山塘（百万方以下）6310000宗，总共近640万宗。随着时间的推移，白蚁在土坝内筑巢繁衍，形成危害，若不及时治理就会对大坝的安全造成危险。加之全国堤防长度20万余公里。这些山塘水库和江河堤围大部分是分布在我国南方白蚁活动频繁和危害烈度较大的地区。据有关方面统计，1949年后，溃坝失事就有2000余起，而江河堤围溃决次数大大高于这个数字，如1993年仅广东一省就溃决江河堤围1000多处，而大部分是由蚁患所致。

（一）白蚁危害土质堤坝的原理与酿成灾难的历程

1. 原理

堤坝白蚁在土质堤坝内营巢繁衍，主巢大小常在 $60 \times 50 \times 60 \text{cm}$ （长 \times 宽 \times 高），大者挖空堤坝内 1M^3 土方以上，而且主巢周围常也有大小不等的数十个甚至上百个卫星菌圃，主巢与菌圃之间又有四通八达的蚁道相连通，主巢在堤坝内的深度往往在2米左右，而导致堤坝出险乃至灾难的发生，关键是由主巢腔挖掘出的大型蚁道口径较大（底径 \times 高常为 $5 \times 7 \text{cm}$ ，有的更大），蚁道贯穿堤坝的内外坡，一旦水位超越正常水位时，常常引起管漏险情，抢险不及时或不当时就酿成灾难——崩堤垮坝。

2. 历程

多数堤坝白蚁的壮年巢都有可能蚁道穿通堤坝的内外坡，但水位不超越主巢底水平线时，堤坝是不会发生漏水险情的，只有水位突发长高超越主巢底水平线时才会发生险情。

白蚁害导致的堤坝漏水险情，大致有以下几个历程：

(1) 管漏

a. 先漏清水。若土质堤坝的质量尚好,是用坚实的黄粘土等筑成,白蚁修筑的蚁道就坚固结实,蚁道内壁光滑。当水流从迎水坡进入蚁道时,不管水是如何的混浊,开始漏水时,出水口流出的水都是清水,这是因为浊水从蚁道入水口进入蚁道,可能中间要经过无数个菌圃的过滤和穿过主巢底,又要经过无数菌圃过滤后才由蚁道出水口流出,故流出的水总是清水,并伴随有白蚁在清水中冲出。

b. 漏出水中并带有巢碎。漏清水一段时间后,由于蚁道被水流冲刷而遭破坏,随之水流中带有泥沙流出,水位不断升高,水压加大,菌圃也被冲碎而随浊水一起流出,这时险情加剧,尤其是主巢巢腔被洪水冲刷,越冲越大,很有可能造成塌窝、滑坡等严重事故。凡是有管漏现象几乎 100% 是蚁患酿成的。

(2) 堤坝外坡湿润、牛皮涨

堤坝质量比较好时,白蚁修筑的蚁道坚实而内壁光滑度厚实,水流入蚁道后,一时难以冲坏,故形成管漏,而堤坝质量欠佳,用风化土、半风化土、混合料填筑的堤坝,白蚁在此堤坝内修筑的蚁道质量就不那么坚实,而且也不太畅通,遇到石块则转弯抹角,尽管蚁道内壁也用好的粘土批挡,质量也不牢固,非常容易被水冲刷至坏,难以形成管漏,这是水流由内坡进入蚁道后,在外坡就会形成散浸,甚至牛皮涨现象,严重时造成滑坡事故。

我们曾于 1987 年在四川都江堰某水库证实了蚁道造成散浸的事实。该水库大坝曾经当水位上升到一定高度时,背水坡即发生散浸数十平方米的面积,水位下降后过几天背水坡散浸处恢复原状。作者受邀去该水库查找蚁患时,发现迎水坡近山边坝头处有白蚁旧分群孔迹象,跟踪分飞孔追挖至 2 米左

右深度时发现了白蚁主巢。为了验证散浸现象是否与此巢白蚁蚁害有关系,水库领导建议在此开挖的主巢腔里灌水看原散浸处是否会出现湿润现象?用抽水机将水抽上坝头的山坡,然后由山坡水源处接下胶管直插主巢腔,经过一个晚上的注水,第二天发现原散浸湿润片又出现了。

该库大坝外坡的修筑材料就是采用代替料建筑的,故呈散浸湿润险情。在此之前虽请成都某白蚁防治所从湿润处开挖找蚁道追挖主巢,但代替料中蚁道忽现忽隐,最后未找到主巢。

(3) 塌窝

当管漏严重发生时,将主巢腔内的大量泥土冲刷出堤坝外,由于泥土重力作用,瞬间就会形成主巢顶塌下来,若是堤坝矮小,断面不大时,白蚁主巢往往修筑在堤坝顶或内外坡的肩下面约 2 米左右的深度,而水位这时已超越主巢腔底的水平高度,故塌窝一旦发生,就有缺堤垮坝的灾难发生。

根据我们 1981 年对广东漠阳江堤围的崩堤原因调查结果说明:阳春江寨大队社员反映,10 月 8 日潭笏堤段决口前夕,他正在护理鱼塘,忽见堤脚有一处约 8-10cm 大小的洞漏水,流出浊水夹杂着白蚁。当他急忙回村呼救(约 15 分钟),已经崩堤缺口了。

1986 年我们又对广东梅县地区溃于蚁穴的灾情进行了实地考察,以五华县大坝区曾跃清区长目睹大湖堤围溃决历程介绍为例说明:溃堤前,洪水位距堤顶还有 1.2m 高度时,就发现堤外坡有 10 多处管漏现象,及时进行抢险,堵住一些管漏孔。可是,由于堤坝管理不善,外坡脚生长着茂密的草和小灌木,小孔管漏时不易发现,当管漏发展到直径约 20cm 时,有如抽水机喷水一样时才发现。两个大冒水孔相距仅有 1m,导致大坝溃决。从发现管漏到塌窝仅几分钟,此

后大堤溃决，缺堤口长 130m 深 14m。

凡是堤坝矮小，断面不大时，从管漏到塌窝至崩堤垮坝的历时皆时间很短即成灾；而断面大，堤坝高大的蚁患酿成的管漏险情，则历时相当长。如广西大洋河水库垮坝为例说明：1983 年 2 月 13 日大洋河水库二副坝晴天垮坝。从发现漏水孔到塌窝至垮坝历时数十小时，有的甚至更长时间。经查明，该坝缺口底部两端，原山坡内有大量白蚁隐患，筑坝时被压在坝基础内，缺口底部留下多个被洪水冲刷出来的蚁巢痕迹，说明蚁患导致管漏、塌窝、垮坝。

(4) 崩堤垮坝

从管漏到塌窝至崩堤垮坝的演化历程，少则数小时，多则数十小时，甚至更长些时间，这主要取决于洪水水位升涨速度和堤坝大小、断面厚度以及堤坝质量和蚁巢在堤坝里的位置等诸因素决定的，另外就是抢险是否及时和科学措施处理。

一旦蚁患导致崩堤垮坝灾难，其经济损失是重大的。经作者等实地考察得知，如 1981 年广东漠阳江崩堤造成 240000 亩农田被淹，倒塌和摧毁房屋 130000 间，受灾人口 1900000 人，损失粮食 227000000 斤，其它各种损失 240000000 元，死亡 84 人。1986 年广东梅县地区蚁患导致崩堤垮坝有 62 处决口，其中查明蚁患决口占 55 处，直接造成经济损失 5 亿多元。1987 年广东高州鉴江围溃堤 8 处，查明 7 处是蚁患所致，直接经济损失 1 亿多元。

(二) 堤坝白蚁治理简况

自从 1954 年长江发生特大洪水，导致荆州大堤发生浑水漏洞 366 个，并有一辆吉普车在抢险中突然跌落入堤顶下面的一个大白蚁巢中，此巢腔足坐 8 人入席就餐，讯后翻挖浑水漏洞实属蚁患酿成。因此，1955 年荆江大堤立即组队开展灭蚁护堤工作，这是我国比较大规模地开展灭治堤坝白蚁先

例。除翻挖漏水洞外，还组织强劳动力 4—6 人一组，用 3m 左右钢钎打孔探巢翻挖、回填土夯实的方法经历了数年。

直至 1958 年武汉大学生物系高缙光老师带领学生赴荆江大堤实习，开始寻找堤坝白蚁活动的地表象征泥被、泥线和分群孔，跟踪这些象征追踪蚁巢，翻挖后并填实巢穴空隙等。

此后，荆江大堤灭蚁工程队，在荆江大堤上分成小队分段灭治白蚁。春季后期、夏秋季节沿堤普查白蚁地表象征作标记登记工作，到冬季至春季来临止进行跟踪翻挖蚁患并填实蚁穴空洞，年复一年，周而复始地进行到 70 年代底 80 年代初，现基本上在 80 公里的大堤上难以发现蚁害迹象。

荆江大堤灭蚁工程队在以跟踪翻挖蚁患筑实患处为主的前提下，也开展了多项的灭治研究项目，如 666 烟雾剂，磷化铝等熏杀试验，设置引诱堆、室内人工培养黑翅土白蚁以及蚁道灌浆灭蚁固堤试验，经过实地解剖验证虽有一定的效果，但始终不够理想。故长期以来，一直坚持寻找泥被、泥线、分群孔跟踪翻挖蚁患，然后人工筑实蚁患处，并且控制蚁源发生地，捣毁堤外围 500 多米以内的隐患巢穴 1615，消灭有翅成虫 74 万只。经过多年的努力根治，目前在荆江大堤难以发现蚁患存在的迹象。荆江大堤 56 次溃口主要是白蚁隐患造成，建国后处理白蚁隐患情况表明问题特别严重，1953 年冬季翻筑隐患 134 处，其中最大漏洞口径 1.4m；1955 年进行翻抽和锥探挖出蚁巢 1077 处；1956 年处理隐患的数量最多 14546 处（包括其它隐患）；1959 年白蚁洞 1281 处；1960 年处理白蚁洞 6321 处，为历史最多一年。以后逐年整治，发现一处及时处理一处，到 1982 年止共查出和处理白蚁隐患 35930 处，挖获主巢 13997 个，捕获王、后 27334 只，从而有效地控制住了荆江大堤的

白蚁隐患,达到基本上无蚁害堤围,这是我国近百公里最大最长堤围,历来白蚁危害最烈,然而治理效果最理想的先例。另外广东北江大堤近年来的灭蚁护堤工作也做得比较好,控制住了白蚁危害。

(三) 堤坝白蚁的防治研究简况

现将在《昆虫学报》、《昆虫知识》和《白蚁科技》等刊物上发表的堤坝白蚁研究及其防治进展的论文简况介绍如下:

1960—1961年中国科学院昆虫研究所(现北京动物研究所) [蔡邦华] 教授等在湖北荆江大堤开展了大堤白蚁的研究,其研究结果发表于1965年《昆虫学报》上,“黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* (Shiraki) 白蚁巢结构及其发展”和“长江大堤上黑翅土白蚁之地面活动与其巢位的关系”,这两篇论文较详尽地阐明了黑翅土白蚁从配对入土修筑幼龄巢发展成壮年巢到衰亡巢这数年内的诸多方面的演化过程以及大堤上白蚁地表活动象征:泥被、泥线、分群孔与巢位的关系,说明在长江大堤上黑翅土白蚁的蚁巢上方的地面或附近的地面,一般是有一块直径3m的活动区域,被称为活动常现区,此区域距主巢十分临近。通过20巢例统计结果,蚁巢区与常现区的平均水平距离为 $0.37 \pm 0.02\text{m}$,主巢位置与常现区的平均水平距离为 $0.62 \pm 0.04\text{m}$ 。同时也阐明了大堤上面泥被、泥线分布得非均匀性。

1960年长江修防处白蚁研究组(昆虫知识)报道了土栖白蚁生物学及防治,说明了集群中的阶层分工及其习性、移殖飞翔、蚁巢结构、为害堤身过程、成年巢的寻找方法与消灭过程以及幼小蚁巢之消灭方法和灭蚁工具和药物。

1966—1967年中国科学院中南昆虫研究所李栋等五位同志与荆江大堤七名白蚁防治老工人组成协作组,在荆江大堤开展了“大堤白蚁生态学及其防治”研究课题,从

预防大堤白蚁产生的角度,做了不同培养基培养黑翅土白蚁幼龄群体试验,从而发现了碱性土壤能致死入土幼龄巢。同时也开展了黑翅土白蚁的分群观察、灯光引诱、解剖成年巢群体、药物灭蚁等试验,后因“文革”中断该项研究。李栋等在荆江大堤工作期间,将荆江大堤灭蚁10多年的经验,首次总结出10多万字“堤坝白蚁防治”油印本。这是我国最早较全面介绍堤坝白蚁的论著,为后来办堤坝白蚁防治培训班提供了宝贵教材资料。

1978年张宗福在《昆虫学报》上报道了“黑翅土白蚁蚁巢定位的研究”,在湖北林地做了试验解剖,利用数学公式推断蚁巢的位置。

1980年陈镛尧在《昆虫知识》上介绍了土栖白蚁巢的指示目标——鸡枞菌。说明鸡枞菌的形态与蚁巢的关系、出现的天气条件,它是找巢的目标。同年刘源智在《林业科技通讯》上载文“黑翅土白蚁蚁巢和蚁路长出的真菌指示物”,该文阐明了鸡枞菌、三踏菌的形态特征、生长习性及其与巢位的关系、蚁道上能长出鸡枞花以及地炭棍的产生与蚁巢的关系。

1981年李栋等在《昆虫学报》上报道了“利用放射性同位素 ^{131}I 标记法研究黑翅土白蚁的取食活动规律”一文,该文阐述了该种白蚁的取食活动强度与温度、湿度和降雨天气有着直接的关系。同年刘源智在《动物学研究》上介绍了“黑翅土白蚁的活动和蚁巢发育与温湿关系的观察”;周竹云在《江西林业科技》上报道了“土栖白蚁死亡巢指示物——炭棒菌的发现”;李参在《昆虫知识》上发表了“白蚁的蚁客”,重点记述了两类典型蚁客膨腹蜚蝇、短角蜚形隐翅甲和长角蜚形隐翅甲的形态学。同年李栋等在《昆虫知识》上发表了“土栖白蚁‘通气孔’问题”,澄清了所谓通气孔并非事实。

1982年杜桐元等在《昆虫学报》上报道了“黑翅土白蚁的跟踪信息素”研究；同年张贞华等在《昆虫学报》登载了“黑翅土白蚁巢外天敌的调查”有198科460种，优势种6科12种；张贞华在《林业科学》还报道了“利用放射性同位素 ^{131}I 对黑翅土白蚁分飞活动规律的初步研究”。同年李栋等在《水利水电技术》上发表了“漠阳江崩堤成灾实地调查”，说明成灾原因为蚁害所致。

1983年李栋等在《昆虫学报》上报道了“黑翅土白蚁分群孔与主巢方位的关系”研究。阐明了黑翅土白蚁的分群孔分布图象，有两种情况：一种是常现分群孔图象，为多见；另一种是非常现分群孔分布图象，则少见。常现分群孔分布图象的主巢处在分群孔密集点上方面积约 15m^2 的范围内，非常现分群孔图象基本上分三种类型，这一研究结果为挖巢、探巢、找死亡巢指示物地炭棍、灌浆固堤坝提供了科学依据。同年赵元等在《水利水电技术》刊物上登载了“堤坝白蚁的几种治理方法”。

1984年李栋等在《昆虫知识》上发表了“水库土坝白蚁的预防初步试验”一文，阐明了土坝白蚁预防措施的可性，改变坝表层土层结构可阻抗幼龄巢产生及其发展。

1985年李栋等在《昆虫知识》上发表了“应用分群孔图象判断巢位误差商榷”，说明误差出现的原因是操作中的种种失误所致。

1986年姚书冠全面报道了“福建省堤坝白蚁危害情况与防治技术介绍”。该省从1960年开始将防治堤坝白蚁列入工管的议事日程上，并对水库大坝和江河堤围逐步进行检查处理，于1971年成立了省堤坝白蚁防治小组，从事全省堤坝白蚁防治工作。用一年时间调查167座小（一）型以上水库，发现有蚁患152座，占90%，同时对河

堤调查中也发现有不同程度的蚁患存在，说明白蚁对堤坝的危害严重性和广泛性。

为了做好堤坝白蚁的防治工作，积极开展宣传工作，印宣传画、编写灭蚁工作小册子宣传防治堤坝白蚁重要性，以地区为单位召开现场会，请有关领导和管理人员到现场参观学习。同时举办了多期地、县级的堤坝白蚁防治培训班，培训了500多名防治堤坝白蚁技术骨干，使得这项工作在全省普遍地开展起来。

姚书冠在该文中全面介绍了堤坝白蚁产生的原因，堤坝隐患的检查以及堤坝白蚁的防治。特别是在灭治方面，在国内较先研制成“灭蚁诱饵条”，在灭治中取得了理想的效果，该项成果后来经广东省昆虫研究所李栋等做了改进，现已推广应用到南方诸省水利工程中的堤坝白蚁灭治，取得了巨大的社会效益。同年李栋等在《生态学报》上发表了“白蚁巢系破坏堤坝稳定性的研究”论文，文章详细阐明白蚁巢系破坏堤坝的稳定性，潜在着崩堤垮坝的危险信号，说明治理堤坝白蚁的紧迫性和重要性。

1987年饶绮珍报道了“不同湿度对黑翅土白蚁初建群体的影响”，文中说明黑翅土白蚁的初建群体保湿能力差，外界环境湿度对其生长、发育、繁殖、巢群扩大影响较大。在不同的环境湿度下，黑翅土白蚁脱翅配对的繁殖蚁其繁殖力明显不同。低温 15°C 能抑制其卵巢体内卵子的形成，温度 20°C 时对亲蚁的产卵行为有一定的抑制作用。较高温 33°C 时，亦或多或少影响卵的形成。温度在 $25\text{—}28^{\circ}\text{C}$ 时，对黑翅土白蚁亲蚁卵巢内卵的形成速度快、产卵量高、繁殖力最适温区。同年周群报道了“堤坝白蚁药杀方法探讨”和1990年又报道了“氯丹灌注堤坝后对水质的影响”。

1987年和1993年张贞华先后报道了“黑翅土白蚁和黄翅大白蚁主巢土壤的物理

和化学特性研究”、“黑翅土白蚁及其菌圃的 9 种必需金属元素组成分析”和“黑翅土白蚁及其菌圃的糖、脂肪、蛋白质、维生素、氨基酸分析”。张贞华对堤坝白蚁主要危害种黑翅土白蚁和黄翅大白蚁的基础理论研究方面做了许多工作,提供了许多理论依据。

研究说明:1. 两种土栖白蚁主巢土壤物理、化学特性基本相同,保护层的土壤稍低于 A 层(腐质淋溶层)土,土壤未显紧密化,保护层、泥骨架、王室和贮水库的土壤颗粒较细,以 <0.05 毫米的土粒为主来构筑主巢。而其含水率高于巢外土壤,但巢内土壤 PH 值大部低于 4,酸化显著,菌圃是土栖白蚁地下巢的主体,含有极丰富的有机物质、氮、磷、钾等饲料,土壤湿度也较高。另外,两种土栖白蚁巢的构筑也有差异,泥骨架形状不同表面粗细也不同。

2. 两种土白蚁及其菌圃对土壤形成有一定的意义,B 层(巢底淀积层)土壤较适宜于白蚁筑巢材料,故白蚁常将巢下 B 层土搬以 A 层来构筑主巢。白蚁及其菌圃生命运动的结果,提高了土壤肥力、有机质,氮磷钾等含量均高于巢外含量,白蚁在铜矿区的土壤内营生,具有指示该区土壤及岩矿含铜量的实用意义。

3. 黑翅土白蚁的工蚁、有翅成虫及其菌圃中都含有钠、钾、钙、镁四种必须的金属元素,含量高达几百至几千毫克,是土栖白蚁及菌圃微生物进行生命活动所必须的主要元素,还含有铜、铁、锰、锌或钴五种必须的微量元素,含量在 100 毫克以下,也是必需的金属元素。微量元素在白蚁和菌圃中含量多少与环境中的水和土的背景值有关。

4. 黑翅土白蚁是典型的土壤动物,通常生活在无污染,处于良性循环的自然环境中,它能集“最佳”多元微量元素之大成,可与其它药用动物媲美。黑翅土白蚁也是一种药用动物,并又能被开发作为一种“多元

高效钙、锌、锰强片剂”。

5. 黑翅土白蚁有翅成虫、工蚁、幼、若蚁建菌圃中所含糖、粗脂肪、粗蛋白的含量(%)有明显的差异。幼、若蚁建菌圃含糖量最高为 3.12%,有翅成虫含粗脂肪最高为 57%,工蚁含粗蛋白的最高为 63.02%。黑翅土白蚁含脂溶性维生素,工蚁中含 V_A 386 国际单位/克,含 V_B 族,如烟酸 0.1106 毫克/克,烟酰胺 0.5354 毫克/克,肌醇 40 毫克/克和泛酸 2.96 毫克/克,肌醇对人体脂质类和糖代谢有调节作用。白蚁体内含有丰富的 V_B ,对于防治脂肪肝等可能有一定效果。

6. 黑翅土白蚁及其菌圃含有 15 种氨基酸,其中七种必需氨基酸,两种半必需氨基酸和六种非必需氨基酸。菌圃含糖、粗脂肪、粗蛋白和 15 种氨基酸等多种成分。

1987 年石锦祥等报道了“海南土白蚁的羽化与分群期观察”。文中阐明,海南土白蚁是我国雷州半岛农林水工程中的主要危害种类。该种白蚁的羽化与分群活动观察研究结果是,海南土白蚁有翅成虫配对入土后产生第一代有翅成虫分群只需 4—5 年,翅芽若蚁期在巢内发育时间长,羽化成虫期短,一般在 10—20 天完成羽化后,气候条件适宜即出飞;海南土白蚁有翅成虫完成其成虫发育阶段的日平均温度在 24—26.8℃,相对湿度在 90—95%,平均气压 750—755 毫米汞柱。另外,白天降雨量的多少与群体大小、对分飞数量有着密切的关系。同年李栋等在《水利水电技术》上发表了“巢位指示物在堵洞灌浆防治堤坝白蚁中应用”,该文阐明了根据巢位指示物——地炭棍位置是灭蚁灌浆固堤坝的最理想方法。

1987 年李栋等在《昆虫学报》上报道了“海南土白蚁的生物学特性”研究,研究清楚了海南土白蚁巢居结构、分群活动、对堤坝的危害性以及防治方法均与黑翅土白蚁

有所不同,证明了该种白蚁在土白蚁属中属于原始型的白蚁种类。

1988年钟登庆报道了“硫酰氟(SO_2F_2)熏杀黑翅土白蚁”一文,说明硫酰氟比重是空气比重的2.88倍,黑翅土白蚁的蚁路一般入土深度比蚁巢浅,一般都在主巢的上方,这样由于药物比重大,极易进入巢穴,加上汽化过程中产生的压力,可以使药物迅速进入主巢,将白蚁杀死。同时熏杀过程中,白蚁无法堵洞,为以后灌浆提供了方便。

1989年饶绮珍报道了“土壤含水量对黑翅土白蚁初建群体的影响”。文章说明,黑翅土白蚁初建群体,保湿调湿能力差,周围土壤含水量高低对其有直接影响。12%以下含水量严重影响亲蚁正常生活;含水量12—14%的土壤,分飞配对繁殖蚁入土营巢受阻碍,产卵量降低,幼龄群体生长发育迟缓,短期内死亡率高,少数存活较长的群体显得衰弱,幼蚁在短期内逐渐死去;含水量16%以下和28%以上的土壤,对初建群体的生长发育不利,在这类土壤温度下,幼蚁分化为工蚁的时间延长,蚁巢存活率相对低或比较低;含水量22—26%范围内的土壤较适宜配对入土营巢和初建幼龄群体的生长发育,此类土壤环境中生活的亲蚁繁殖力强、产卵多、卵孵化出的幼蚁百分率高、群体生长发育速度快、工蚁历期较短、数量多、整巢蚁群长势旺盛。同年,李栋等在《昆虫学报》上发表了“海南土白蚁的生物学特性进一步研究”论文,阐明了该种白蚁在大坝上的活动规律及其防治对策。

1990年李栋等在《昆虫学报》上发表了“灌浆固堤并怎样寻找黑翅土白蚁的巢位”,该文详细地描述了用灭蚁诱饵条毒死白蚁后,巢位指示物地炭棍生长发育的条件:(1)温度,巢温20—26℃,室温20—29℃;(2)相对湿度,巢内90—94%,室

内98—100%;(3)土壤含水量在16—22%。地炭棍出土深度在90—179cm(主巢深度),地炭棍出土后的颜色变化为初期是白色,稍后粉红色、紫色、紫黑色,最后黑色,历期约15天至2—3个月,甚至一年以上,生长高度达30cm以上。一般地炭棍密度较大的位置便是主巢部位,并详细介绍了利用地炭棍主巢指示部位,如何打孔灌浆的注意事项和试验灌浆后的解剖验证结果。该文较系统地首次阐明利用地炭棍巢位指示物,从灭杀堤坝白蚁后至堵实巢穴加固堤坝取得较理想效果的全过程,该项研究成果是当时最理想的根治堤坝白蚁的科学方法。同年李栋等在《白蚁科技》上发表了“物理方法预防大坝白蚁试验”论文,该文章阐述了通过八年的试验证明用改变大坝表层一定深度的土层结构能够抵抗堤坝白蚁进入大坝体内形成隐患险情,并将白蚁阻隔在堤坝的表层。

1991年饶绮珍报道了“地炭棍室内培养观察试验”文章,指出巢位指示物地炭棍生长发育的条件:在巢温22—26℃,室温20—30℃范围内,巢围土壤含水量11—26%,室内相对湿度90—95%,地炭棍的营养体能正常生长发育,子实体的形成不仅要满足适宜的温湿条件,特别需要有光照条件。同时说明,白蚁巢内的地炭棍菌源是由白蚁或蚁巢内蚁客携此接种;地炭棍只能在蚁巢开始衰亡失控时才能生长,群体旺盛的活蚁巢内高浓度的 CO_2 抑制了地炭棍的生长;缺乏食料的饥饿工蚁离巢觅食,将许多地炭棍的白色菌索整条用泥被包封取食。

1991年李栋、黄复生在《白蚁科技》上报道了“蚁患致崩堤垮坝的因子研究”,该文阐明了蚁患来源与途径,蚁患形成与险象,蚁患致崩堤垮坝的历程(潜伏期、表露期、恶化期、崩堤垮坝期)和发生崩堤垮坝

(下转第16页)

Application of Fenvalerate in Controlling termite

Reticulitermes flaviceps (Oshima)

Zhou Baijin (Yuyao Inst. of Termite Control)

Zhang Zhenhua (Department of Biology, College of Life
Science, Hangzhou University, Zhejiang, 310012 CHINA)

Abstract: Controlling of termite *Reticulitermes flaviceps* (Oshima) by fenvalerate was tested. A 20% emulsible oil of fenvalerate was diluted in water to reach a concentration of 345 – 5100 ppm, and was applied with a dosage of 1.38 – 15.38g/m². The results of study show that no termite have been found during 1986 – 1995 in the test area (932m²) which is located at Yuyao city Zhejiang province, China.

Key: termite, *Reticulitermes flaviceps*, fenvalerate.

(上接第 9 页)

的因子(蚁患种类、堤坝结构类型、砌石护坡)以及防止崩堤垮坝的侧重点。

1996 年徐兴新、李栋等在《昆虫学报》上发表了“探地雷达探测堤坝白蚁巢的研究”论文,该论文较详细地介绍了探地雷达工作原理、模拟试验及其结果分析、实地探测实验与蚁巢影像的物征分析。阐明了应用探地雷达探测堤坝白蚁巢工作效率高,不受死巢、活巢的限制,可精确确定蚁巢在地下的空间位置和经过核正后准确确定蚁巢的规模大小,是目前灭白蚁护堤坝最理想的新方法和新技术。假若,在我国南方诸省、区土质水利工程应用该项科研成果新技术,基本上可以确保避免因蚁患导致的崩堤垮坝灾难

发生,其推广应用的经济效益和社会效益是十分显著的。该项初步成果对于不同类型、不同含水量、不同地区土壤的探测效果方面的研究,以及堤坝加高培厚蚁巢埋深超过 2.5m 的探测研究,目前正在进行中。

总之,我国堤坝白蚁对江河堤围和山塘水库的危害比较严重并由来以久,然而新中国成立以来,在党和各级政府的重视与关心下,在堤坝白蚁的研究与防治方面均取得了很大进展。上述文献综述,重点选择了科研单位和大专院校发表的论文,这些论文在当时具有一定的先进性和创造性,并对防治研究堤坝白蚁起到积极的作用。至于生产应用单位所报道的一些推广应用材料,作者未列入此范围内。