

截头堆砂白蚁研究概况

黄珍友, 钱 兴, 钟俊鸿, 胡 剑, 夏传国, 李志强

(广东省昆虫研究所, 广州 510260)

摘要: 截头堆砂白蚁 *Cryptotermes domesticus* 是世界性蛀木害虫, 也是我国主要危害木材的白蚁之一。本文重点综述了我国截头堆砂白蚁补充型繁殖蚁的形成、生存、繁殖和扩散, 以及成熟群体的分飞, 原始繁殖蚁的形成周期和行为特点, 初建群体的形成、发展发育和取食行为的生物学和生态学研究进展。并且对该种白蚁的控制进行了探讨, 为控制该种白蚁的扩散、传播和为害提供理论依据。

关键词: 截头堆砂白蚁; 补充型繁殖蚁; 原始繁殖蚁; 分飞; 传播控制

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2009)03-0319-08

A review on drywood termite *Cryptotermes domesticus* (Isoptera: Kalotermitidae)

HUANG Zhen-You, QIAN Xing, ZHONG Jun-Hong, HU Jian, XIA Chuan-Guo, LI Zhi-Qiang
(Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China)

Abstract: Drywood termite *Cryptotermes domesticus* (Haviland) is a serious pest causing wood damage. It is one of the most important termite species in China. This paper summarizes the progress in biological and ecological studies on the formation, survival, reproduction and dispersal of neotenics, the swarming of mature colonies, life cycle and behavioral feature of primary reproductives, and the formation, development and feeding behavior of the new colony of *C. domesticus*. The control strategy against *C. domesticus* is also discussed. The study may provide theoretical basis for controlling the spread, diffusion and damage of *C. domesticus*.

Key words: *Cryptotermes domesticus*; neotenics; primary reproductives; swarm; spread control

截头堆砂白蚁 *Cryptotermes domesticus* (Haviland) 属于木白蚁科 (Kalotermitidae), 堆砂白蚁属 *Cryptotermes* Barks。该种白蚁广泛分布于世界热带和亚热带地区, 对木制品和建筑物木结构的蛀蚀普遍而且严重, 是由人传播最广的主要危险蚁种之一 (Gay, 1969; Edwards and Mill, 1986; 平正明和徐月莉, 1997; 黄复生等, 2000)。中国南部的广东、广西、海南、云南、台湾等省区均有分布 (黄复生等, 1989; 朱本忠等, 1994; 李桂祥, 2002)。广东湛江地区遭受该种白蚁的危害尤其严重。

截头堆砂白蚁传播易、防治难, 为了有效防止其传播和扩散, 我们对该种白蚁的生物学和生态学进行了多年研究。尤其对孤儿群体补充型繁殖蚁的形成、生存、繁殖、扩散及成熟群体的分飞, 原始繁

殖蚁形成的周期、行为特点, 初建群体的形成及发展、发育、取食行为等做了比较系统的研究和报道 (黄珍友和戴自荣, 1989, 1990, 1991; 黄珍友等, 1994a, 1994b, 1994c, 1995, 1996, 1997, 2003, 2004a, 2004b, 2005; 钱兴等, 2005a, 2005b; Huang *et al.*, 2007)。但迄今为止, 国外研究主要集中于其肠道共生菌的研究 (Ohkuma and Kudo, 1998; Thongaram *et al.*, 2005), 取食行为的研究 (Matsuoka *et al.*, 1996; Evans *et al.*, 2005), 以及其他种白蚁的生理生态学研究 (Woodrow *et al.*, 2000; Indrayani *et al.*, 2003; Nakayama *et al.*, 2004; Nakayama *et al.*, 2005; Indrayani *et al.*, 2007; Cribb *et al.*, 2008), 有关截头堆砂白蚁生物学和生态学的报道较少, 因此本文综述了我国截头堆砂白蚁群

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (010085)

作者简介: 黄珍友, 女, 1952年生, 高级工程师, 主要从事白蚁生物学、生态学及防治研究, E-mail: huangzyoo2@163.com

收稿日期 Received: 2008-10-06; 接受日期 Accepted: 2008-12-17

体形成以及生态学特点,为了解其群体内部活动规律及群体与生态因子的关系,找出有利于控制该种白蚁的薄弱环节,进而探索白蚁防治的相关措施奠定理论基础,对控制该种白蚁和减少危害有一定的参考价值。

1 截头堆砂白蚁的扩散传播以及繁殖途径

白蚁通过扩散传播开拓新的生境,扩展巢群。目前较为认同的有三种扩散传播途径:第一是分飞传播,即原始繁殖蚁分飞自然扩散传播;第二种是蔓延传播,由小范围扩散到大范围;第三种是随寄主物传播,主要随寄主木材及木制品从甲地转运到乙地而进行传播(Gay, 1969; 黄复生等, 1989; 李桂祥, 2002)。

截头堆砂白蚁繁殖途径主要有两种;一是原始繁殖蚁分飞配对后建立新群体(钱兴等, 2005a; 黄珍友等, 2005);二是若蚁离群后,产生补充型繁殖蚁进行繁殖(黄珍友和戴自荣, 1989, 1990; 黄珍友等, 1994a)。

2 截头堆砂白蚁的食性

截头堆砂白蚁主要蛀蚀干木材、木制品及建筑物的木结构(广东省昆虫研究所白蚁研究室, 1979)。该种白蚁取食多种在分类上差异很大的不同树种木材。由于我国近年来从东南亚国家进口大量木材,为了减少木材携带该种白蚁,需要有目的地选择抗该种白蚁的木材。钱兴等用该种白蚁对来自东南亚的 62 种不同树种的木材(表 1)进行食性试验,试验结果表明,除坤甸外,其余树种均被其取食,而且不同树种木材的配对群体均有产卵。实验用的全部木材对该种白蚁原始繁殖蚁配对没有影响,均有原始繁殖蚁配对钻入洞内。在配对 3 个月后解剖发现,除坤甸、樟木、硬榄仁、柚木、子京、虫眼木、暗罗、硬椴、轻胭脂、胭脂、番龙眼外,其余树种的初建群体,雌雄繁殖蚁存活,子代发育正常(钱兴等, 2005b)。

3 截头堆砂白蚁生物学

3.1 截头堆砂白蚁若蚁虫态分化,孤儿群体补充型繁殖蚁的形成和生物学特性

截头堆砂白蚁的若蚁,不但可以分化为原始繁

殖蚁和兵蚁,而且还可以形成补充型繁殖蚁,补充型繁殖蚁形成后,均有繁殖能力,子代发育正常(黄珍友和戴自荣, 1989, 1990)。

截头堆砂白蚁离群后,只要温、湿度适宜,就容易产生补充型繁殖蚁建立新群体(黄珍友和戴自荣, 1989, 1990)。在恒温 $27 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 80% ~ 90% 条件下,第 1 个补充型繁殖蚁形成历期为 8 ~ 20 d, 第 2 个补充型繁殖蚁形成历期为 15 ~ 30 d。补充型繁殖蚁形成后,都具有繁殖能力。雌雄补充型出现后至开始产卵是 11 ~ 31 d, 卵至孵出幼蚁历期是 51 ~ 58 d(黄珍友和戴自荣, 1990)。

截头堆砂白蚁补充型繁殖蚁的生物学特性可归纳如下:1)补充型繁殖蚁从若蚁中产生,雌雄补充型繁殖蚁形成后,一般都具有繁殖能力;2)补充型繁殖蚁只能一雌一雄并存,每个群体只能存在一对补充型繁殖蚁;3)补充型繁殖蚁可以再续,人为去除第一个补充型繁殖蚁以后,可以重新形成补充型繁殖蚁;4)自然淘汰后形成的补充型繁殖蚁与自行形成的补充型繁殖蚁的繁殖能力无差异(黄珍友等, 1997)。

3.2 补充型繁殖蚁形成及繁殖适宜的温度和湿度

截头堆砂白蚁的若蚁离群后,容易产生补充型繁殖蚁,在恒温 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度 80% 条件下,在仅有 5 头若蚁的群体中就可以产生一对补充型繁殖蚁,并能繁殖子代,子代发育正常,证明了该种白蚁有顽强的生命力和繁殖力(黄珍友等, 1994a)。

截头堆砂白蚁在相对湿度 80% 条件下,形成补充型繁殖蚁及繁殖的适宜温度是 $23 \sim 30^\circ\text{C}$, 最适宜温度是 $23 \sim 27^\circ\text{C}$ 。 20°C 以下及 33°C 以上不利于补充型繁殖蚁的形成及繁殖(黄珍友等, 1994b)。

在恒温 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 条件下,形成补充型及繁殖的适宜湿度是 75% ~ 90%, 最适宜的相对湿度是 80% ~ 90%。持续相对湿度 60% 以下,对这种白蚁补充型繁殖蚁的形成及繁殖不利(黄珍友等, 1995)。

3.3 补充型繁殖蚁在群体发展中的作用

补充型繁殖蚁的存活与否,对群体的存在与发展有着密切关系。实验研究发现,在群体中,如果其中一头补充型繁殖蚁死亡后,没有再出现补充型繁殖蚁,另一头补充型繁殖蚁就会死亡,群体内的个体数量就逐步减少,以致整个群体灭亡。只有两个补充型繁殖蚁并存的群体,子代发育才正常,群体才会稳定延续。因此,补充型繁殖蚁除具有繁殖

表 1 试验用东南亚进口木材名录(钱兴等, 2005b)
Table 1 The list of imported timber from South-East Asia for the test (Qian *et al.*, 2005b)

中文名 Chinese name	英文名 English name	拉丁名 Latin name	中文名 Chinese name	英文名 English name	拉丁名 Latin name
陆均松	Sempilor	<i>Dacrdyum</i> sp.	山竹	Kandis	<i>Garcinia</i> sp.
鸡毛松	Podo	<i>Podocarpus imbricatus</i>	硬椴	Melunak	<i>Pentace</i> sp.
暗罗	Mempisang	<i>Polyalthia</i> sp.	轻银叶	Mengkulang	<i>Heritiera</i> sp.
琼楠	Medang	<i>Beilschmiedia</i> sp.	榴莲	Durian	<i>Durio</i> sp.
樟木	Medang	<i>Cinnamomum</i> sp.	核果木	Arau	<i>Drypetes</i> sp.
坤甸	Belian	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	黄桐	Sesendok	<i>Endospermum</i> sp.
木姜	Medang	<i>Litsea</i> sp.	球花豆	Petai	<i>Parkia</i> sp.
肉豆蔻	Penarahan	<i>Myristica</i> sp.	猴耳环	Kungkur	<i>Pithecellobium</i> sp.
黄叶木	Nyalin	<i>Xanthophyllum</i> sp.	喙果豆	Kekatong	<i>Cynometra</i> sp.
八宝树	Magasawih	<i>Duabanga</i> sp.	达里豆	KerANJI	<i>Dialium</i> sp.
白木香	Karas	<i>Aquilaria</i> sp.	波罗格	Merbau	<i>Intsia palembanica</i>
大风子	Senumpul	<i>Hydnocarpus</i> sp.	大甘拔	Tualang	<i>Koompassia excelsa</i>
八数木	Binuang	<i>Octomeles sumatrana</i>	甘拔	Kempas	<i>Koompassia malaccensis</i>
荷木	Samak	<i>Schima</i> sp.	油楠	Sepetir	<i>Sindora</i> sp.
克隆	Keruing	<i>Dipterocarpus</i> sp.	稠木	Mempening	<i>Lithocarpus</i> sp.
山樟	Kapur	<i>Dryobalanops</i> sp.	胭脂	Keledang	<i>Artocarpus</i> sp.
轻坡垒	Merawan	<i>Hopea</i> sp.	轻胭脂	Terap	<i>Artocarpus</i> sp.
坡垒	Giam	<i>Hopea</i> sp.	拟桂木	Terap	<i>Paratocarpus</i> sp.
红柳安	Meranti, Red	<i>Shorea</i> sp.	虫眼木	Mata Ulat	<i>Kokoona</i> sp.
黄柳安	Meranti, Yellow	<i>Shorea</i> sp.	山地榄	Kedondong	<i>Santiria</i> sp.
白柳安	Meranti, White	<i>Shorea</i> sp.	红罗	Bekak	<i>Amoora</i> sp.
梢木	Balau	<i>Shorea</i> sp.	番龙眼	Kasai	<i>Pometia</i> sp.
红梢	Balau, Red	<i>Shorea</i> sp.	红心漆	Rengas	<i>Gluta</i> or <i>Melanochyla</i> spp.
蒲桃	Kelat	<i>Syzygium</i> sp.	芒果	Machang	<i>Mangifera</i> sp.
绒根	Jongkong	<i>Dactylocladus stenostachys</i>	巴里漆	Lelayang	<i>Parishia</i> sp.
硬榄仁	Detapang	<i>Terminalia</i> sp.	斯温漆	Merpauh	<i>Swintonia</i> sp.
风车果	Keruntum	<i>Combretocarpus rotundatus</i>	柿木	Kayu Malam	<i>Diospyros</i> sp.
山红树	Membuloh	<i>Pellacalyx</i> sp.	子京	Bitis	<i>Madhuca</i> sp.
轻黄牛	Geronggang	<i>Cratoxylum</i> sp.	胶木	Nyatoh	<i>Palaquium</i> sp.
海棠	Bintangor	<i>Calophyllum</i> sp.	白山榄	Nyatoh Kuning	<i>Pouteria</i> sp.
团花	Laran	<i>Anthocephalus chinensis</i>	柚木	Teak	<i>Tectona grandis</i>

功能外，还在群体中起重要的协调作用（黄珍友等，1997）。

3.4 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁的分飞,雌雄比例及形成周期

研究不同群体不同年份的截头堆砂白蚁成熟群体的分飞活动发现，该种白蚁分飞期长。在广州，分飞一般在每年4月中旬至8月下旬。分飞始期

（第一次分飞日）最早为4月15日；分飞末期（最后一次分飞日）为9月16日。一年中，分飞日数为55~80日，其中，分飞日数较多的月份为5-7月，占70.9%~80.59%。飞出时间一般在傍晚18:30-19:30,以19:00-19:30分飞次数最多，占分飞总数的66.66%（黄珍友等，2004a）。

截头堆砂白蚁原始繁殖蚁雌雄比例:随机对

756 头原始繁殖蚁进行检查,发现雌雄比例为1:1.4 (黄珍友等, 1994c)。

截头堆砂白蚁原始繁殖蚁形成周期(生活周期):黄珍友等(2005)采用马尾松 *Pinus massoniana* Lamb 等 5 种树木作为截头堆砂白蚁的食料,研究原始繁殖蚁配对后新建群体的形成和发展,试验证实,截头堆砂白蚁在广州市室温下,产生下一代原始繁殖蚁(即完成一个世代的生活周期)为 7 年;在湛江市室温下为 6~7 年;而在恒温 27℃,相对湿度 80% 条件下只需 2 年 3 个月至 3 年 4 个月。

3.5 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁新建群体的形成、繁殖特性及发展

截头堆砂白蚁雌雄原始繁殖蚁自行脱翅钻洞后,约 9 h 左右用分泌物把洞口封闭,抵抗外界干扰,在洞内活动、取食、排泄、繁殖子代(黄珍友等, 2003)。

在广州室温下,6~7 月配对的截头堆砂白蚁群体,其产卵前期 7~16 d,卵至孵出幼蚁 46~71 d。巢龄为 1 年、2 年的新建群体,子代个体分别为 3~8 头,10~16 头;3 年巢龄群体,部分群体出现兵蚁,子代个体 12~35 头;4 年巢龄群体,均有兵蚁出现,子代个体 23~54 头,其中兵蚁 1~3 头(钱兴等, 2005a)。

在恒温 27℃、相对湿度 80% 条件,截头堆砂白蚁原始繁殖蚁配对后产卵前期 8~18 d,卵至孵出幼蚁 50~73 d。1 年巢龄群体,子代个体 6~10 头;2 年巢龄群体,兵蚁出现,子代个体 16~34 头,其中兵蚁 1~2 头(钱兴等, 2005a)。

黄珍友等(2005)和钱兴等(2005a)经过 13 年实验观察发现,在广州室内常温下饲养的 1990, 1993, 1996 年自行配对的截头堆砂白蚁配对群体分别于 1997, 2000, 2003 年分飞出原始繁殖蚁,即截头堆砂白蚁新建群体形成后,经历 7 年才发育成熟。此时群体子代个体数量为 36~115 头,其中兵蚁 1~4 头。

在恒温 27℃、相对湿度 80% 条件下饲养的配对群体,2 年 3 个月至 3 年 4 个月发育成熟,此时,群体子代个体数量为 18~44 头,其中兵蚁 1~2 头(黄珍友等, 2005; 钱兴等, 2005a)。

3.6 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁行为特点

1) 刚分飞时有趋光性; 2) 雌雄繁殖蚁没有明显的追逐行为; 3) 脱翅后的原始繁殖蚁喜欢寻找隐蔽的场所营钻; 4) 钻洞后的原始繁殖蚁封闭洞口,抵抗外界干扰; 5) 在洞内活动、取食、排泄、繁殖子代;

6) 原始繁殖蚁形成群体后,把部分排泄物推出洞外; 7) 原始繁殖蚁形成群体后容易蔓延(黄珍友等, 1991, 2003)。

4 截头堆砂白蚁的生态学

4.1 种群动态

黄珍友等(2004a)在广州经 3 年实验室观察,结果表明,截头堆砂白蚁的分飞期一般在每年的 4 月中旬至 8 月中旬,原始繁殖蚁出现高峰在 5~7 月。该种白蚁的种群动态有两个明显特点:一是容易形成新群体。截头堆砂白蚁有 5 个若蚁在一起就能产生补充型繁殖蚁形成新群体(黄珍友等, 1994a)。二是种群增殖速度慢。7 年巢龄群体发育成熟时,子代个体最多的才 115 头(钱兴等, 2005a)。由于该种白蚁巢居简单,无特殊结构,蛀食通道就是巢居所在,而且比较分散,容易形成新群体。该种白蚁扩散、传播容易,发现和防治都比较困难,外露特征明显时木材已被蛀蚀严重(黄珍友等, 1994a, 2003)。

4.2 环境因子与截头堆砂白蚁分飞及新群体组建的关系

4.2.1 温度、湿度与分飞的关系:截头堆砂白蚁原始繁殖蚁的分飞除生物学因素外,还需要适宜的生态因子,要选择一定的温、湿度才进行分飞(黄珍友等, 1995, 2004b)。该种白蚁分飞适宜的温度、湿度范围较广,温度为 23.5~33℃、相对湿度为 64%~90% 都可以分飞。温度 23.5~30℃ 之间比较适宜,分飞次数较多,其中 28~29℃ 分飞次数最多,占分飞次数的 48.89%(黄珍友等, 2004b)。相对湿度在 70%~85% 范围内分飞次数较多,其中相对湿度在 75%~80% 范围内分飞次数最多,占总分飞次数的 35.35%。在相对湿度适宜的条件下,温度低于 23.5℃ 或高于 33℃,该种白蚁不会发生分飞。在适宜的温度下,相对湿度低于 64% 或高于 90% 也不利于该种白蚁的分飞(图 1, 图 2)(黄珍友等, 2004b)。

4.2.2 温度和湿度与截头堆砂白蚁新建群体组建的关系:温度是影响截头堆砂白蚁生长和繁殖的一个重要生态因子。研究结果表明,在相对湿度 80% 的条件下,适宜温度是 23~30℃,最适宜温度是 23~27℃。低于 18℃,高于 33℃ 对该种白蚁的卵、幼蚁、若蚁、原始繁殖蚁的生长、发育不利。18℃ 以下,该种白蚁不能产卵;在 20℃ 能产卵,但不能孵出幼蚁;23~30℃ 适宜其产卵及孵出幼蚁,而且对幼蚁

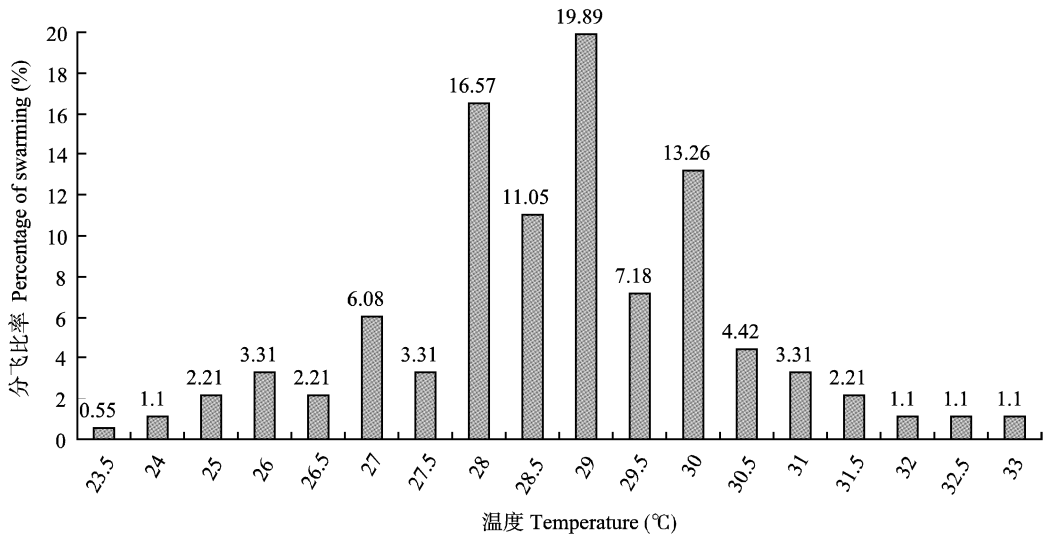


图1 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁在不同温度下的分飞比率(黄珍友等, 2004b)

Fig. 1 Influence of temperature on the swarming of primary reproductives (Huang *et al.*, 2004b)

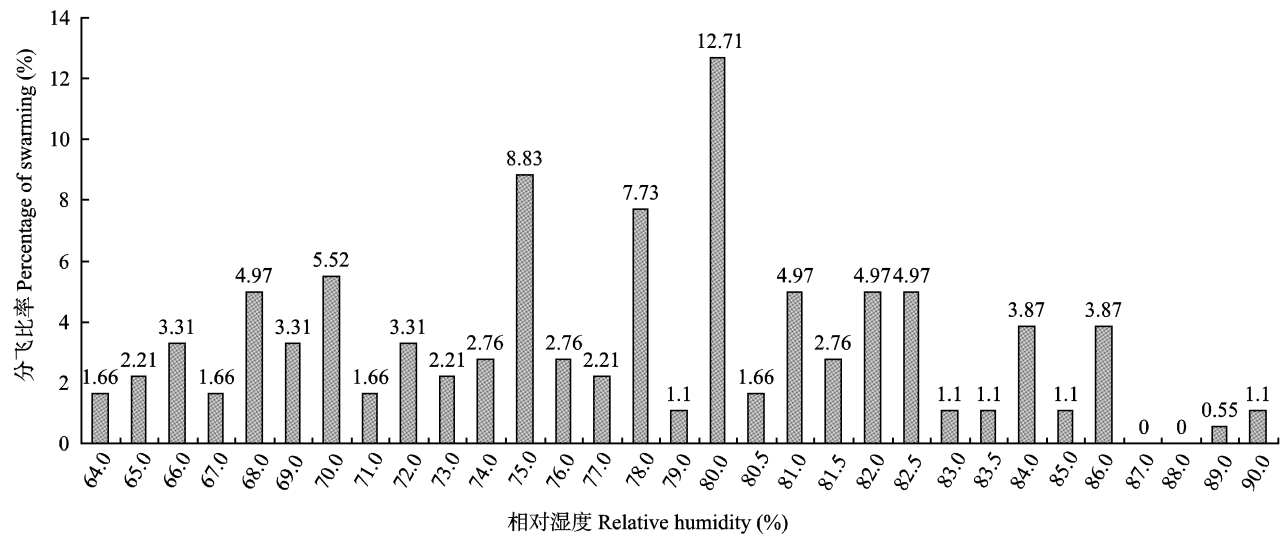


图2 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁在不同湿度下的分飞比率(黄珍友等, 2004b)

Fig. 2 Influence of relative humidity on the swarming of primary reproductives (Huang *et al.*, 2004b)

生长、发育有利; 33℃可以产卵, 但卵粒慢慢收缩变干而不能孵出幼蚁。对原始繁殖蚁的形成, 23 ~ 30℃较适应。20℃以下若蚁不可能形成原始繁殖蚁; 持续 33℃使部分蚁死亡, 因此, 形成原始繁殖蚁的数量相应地减少(黄珍友等, 1994b, 1995, 1996)。

除了适温条件外, 湿度因子亦是关系到繁殖蚁能否生存的重要因素之一。在恒温 27 ± 1℃条件下, 截头堆砂白蚁新建群体的形成、发展适宜湿度是 75% ~ 90%, 最适宜的湿度是 80% ~ 90%。湿度可以影响繁殖蚁的生存和繁殖, 相对湿度持续低于 60%, 该种白蚁无法生存(黄珍友等, 1995,

1996)。

5 判断存在截头堆砂白蚁的方法

由于截头堆砂白蚁在木材、木结构及木制品内取食, 活动、排泄、繁殖子代, 难以发现, 一旦外露特征明显, 木材、木结构、木制品已严重受蛀(黄珍友等, 2003)。但是, 可以利用该种白蚁特有的将部分排泄物推出洞外的行为特点, 观察洞口和辨别排泄物的方法来进行判断木材、木结构及木制品是否有该种白蚁存在。首先, 检查木材及木制品周围是否有类似木材颜色的细砂粒状的以及手摸不易碎

的排泄物;其次,仔细检查木材、木结构及木制品表面有无封闭或半封闭以及未封闭的 0.3 ~ 1.5 mm 的小圆形洞口(黄珍友等, 2003)。利用这两种方法,可以准确判断木材及木制品内是否存在该种白蚁。

6 控制传播措施

6.1 加强检疫,切断虫源

截头堆砂白蚁传播易,生存、活动隐蔽、巢居简单、分散、无特殊结构、蛀蚀木材呈不规则,蛀蚀通道便是巢居所在地,一时难以发现,给防治带来一定困难(黄珍友等, 2003)。因此,对感染区的木材及木制品运送到异地时需要进行严格的检疫,发现蚁源必须灭治,以免扩散、蔓延。

鉴于截头堆砂白蚁容易随木材及木制品携带传播,而且食性广泛,可以取食多种在分类上差异很大的不同树种木材(钱兴等, 2005b)。因此,对于进口的木材及木制品必须进行熏蒸处理或通过其他措施,防止该种白蚁在我国进一步扩大传播。

6.2 防范于未然,平时注意观察

截头堆砂白蚁只要温湿度适宜,都可以生存。由于现代家居及办公场所木制品增多,加上家居条件和办公条件的改善,人为控制温、湿度,而人们适宜的温、湿度,正好是该种白蚁适宜生存、繁殖、发育、分群扩散的条件,在这种环境中,要注意检查木制品及木结构是否有该种白蚁存在,及早发现,及早灭治。

6.3 灭治时机以及灭治措施

截头堆砂白蚁新建群体从建立至发育成熟,群体内的子代数量不多,最多的群体只拥有 115 头个体。因此,防治截头堆砂白蚁最好消灭在幼年期,尤其是 1 ~ 2 年的群体(钱兴等, 2005a)

灭治方法主要有两种。一是熏蒸处理。由于该种白蚁巢居简单,分散,蛀蚀木材呈不规则隧道,所以使用防治家白蚁和土白蚁的喷粉,诱杀等传统灭蚁方法难于达到彻底的杀灭效果,而采用熏蒸处理就能达到 100% 的杀虫效果。二是高、低温处理。利用该种白蚁生存、繁殖的适宜温度为 23 ~ 30℃,在相对湿度 80% 条件下,温度低于 18℃ 或高于 33℃ 都不利于该种白蚁生存的特点(黄珍友等 1994b, 1995, 1996)。可采用对环境无污染的物理防治方法,如红外线、高频电流、热蒸汽等高温处理,以及低温制冷处理。

6.4 清除被蛀蚀严重的木制品及木结构、销毁

对于被截头堆砂白蚁蛀蚀严重的木材、木结构或木制品,要清除、销毁,以减少蚁源,并对其周围所有木材、木结构及木制品进行定期检查,对有蚁源的要灌注有熏蒸作用的杀虫剂,有条件的最好进行熏蒸处理。

7 结语

随着对截头堆砂白蚁品级分化研究深入,尤其是幼蚁的龄期、不同类型补充型分化等研究,对了解各种类型补充型繁殖蚁分别由哪个品级的若蚁或第几龄的幼蚁形成有很大帮助。

通过对该种白蚁生物学生态学研究,促进木白蚁科生物学生态学研究发展的同时,也发现该种白蚁扩散易、防治难的内在原因。根据该种白蚁群体内部活动规律与生态因子的关系,寻找防控措施,对该种白蚁扩散易、防治难的难题,将会有一定的帮助。

参 考 文 献 (References)

- Cribb BW, Stewart A, Huang H, Truss R, Noller B, Rasch R, Zalucki MP, 2008. Unique zinc mass in mandibles separates drywood termites from other groups of termites. *Naturwissenschaften*, 95(5): 433 – 441.
- Edwardo R, Mill AE, 1986. Termites in Buildings: Their Biology and Control. Rentokil Limited East Grinstead, United Kingdom. 261.
- Evans TA, Lai JCS, Toledano E, McDowall L, Rakotonarivo S, Lenz M, 2005. Termites assess wood size by using vibration signals. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 102(10): 3 732 – 3 737.
- Gay FJ, 1969. Species introduced by man. In: Krishna K, Weesner FM eds. *Biology of Termites*. Vol. 1. Academic Press, New York and London. 459 – 494.
- Huang FS, Li GX, Zhu SM, 1989. The Taxonomy and Biology of Chinese Termites (Isoptera). Tianze Press, Xi'an. 84 – 86. [黄复生, 李桂祥, 朱世模, 1989. 中国白蚁分类及生物学(等翅目). 西安:天则出版社. 84 – 86]
- Huang FS, Zhu SM, Ping ZM, He XS, Li GX, Gao DR, 2000. Fauna Sinica, Insecta Vol. 17 Isoptera. Science Press, Beijing. 193. [黄复生, 朱世模, 平正明, 何秀松, 李桂祥, 高道蓉, 2000. 中国动物志昆虫纲第十七卷等翅目. 北京:科学出版社. 193]
- Huang ZY, Dai ZR, 1989. A preliminary observation of instars of termite *Cryptotermes domesticus* (Haviland). *Natural Enemies of Insects*, 11(4): 196 – 198. [黄珍友, 戴自荣, 1989. 截头堆砂白蚁虫态变化的初步观察. 昆虫天敌, 11(4): 196 – 198]
- Huang ZY, Dai ZR, 1990. The formation and biology of neotenic of *Cryptotermes domesticus* (Haviland). *Science and Technology of Termites*, 7(1): 25 – 27. [黄珍友, 戴自荣, 1990. 截头堆砂白

- 蚁补充型的形成及生物学初探. 白蚁科技, 7(1): 25–27]
- Huang ZY, Dai ZR, 1991. The biological observation of new colonies of *Cryptotermes domesticus* (Haviland) by primary productives. *Science and Technology of Termites*, 8(1): 14–16. [黄珍友, 戴自荣, 1991. 截头堆砂白蚁有翅成虫配对后初建群体的生物学观察. 白蚁科技, 8(1): 14–16]
- Huang ZY, Dai ZR, Xie XY, Xia CG, Yang RH, Zhang RL, 1994a. Influence of different numbers of termite *Cryptotermes domesticus* on the formation of the neoteinics. *Natural Enemies of Insects*, 16(2): 94–96. [黄珍友, 戴自荣, 谢杏扬, 夏传国, 杨瑞海, 张瑞麟, 1994a. 不同数量截头堆砂白蚁对补充型的形成的影响. 昆虫天敌, 16(2): 94–96]
- Huang ZY, Dai ZR, Xie XY, Xia CG, Yang RH, Zhang RL, 1994b. Influences of temperatures on the formation and production of termite *Cryptotermes domesticus*. *Natural Enemies of Insects*, 16(3): 148–150. [黄珍友, 戴自荣, 谢杏扬, 夏传国, 杨瑞海, 张瑞麟, 1994b. 温度对截头堆砂白蚁补充型形成及繁殖的影响. 昆虫天敌, 16(3): 148–150]
- Huang ZY, Dai ZR, Xie XY, Xia CG, 1994c. Biological characteristics of primary productives of termite *Cryptotermes domesticus* (Haviland). *Science and Technology of Termites*, 11(3): 13–15. [黄珍友, 戴自荣, 谢杏扬, 夏传国, 1994c. 截头堆砂白蚁 *Cryptotermes domesticus* (Haviland) 原始繁殖蚁有关的生物学特性. 白蚁科技, 11(3): 13–15]
- Huang ZY, Dai ZR, Xie XY, Xia CG, Yang RH, Zhang RL, 1995. Influence of the relative humidity factor to *Cryptotermes domesticus* (Haviland) on the formation and reproduction of the neoteinics. *Science and Technology of Termites*, 12(2): 1–4. [黄珍友, 戴自荣, 谢杏扬, 夏传国, 杨瑞海, 张瑞麟, 1995. 湿度对截头堆砂白蚁 *Cryptotermes domesticus* (Haviland) 补充型形成及繁殖的影响. 白蚁科技, 12(2): 1–4]
- Huang ZY, Dai ZR, Xie XY, Xia CG, Yang RH, Zhang RL, 1996. Influence of temperature and relative humidity to the survival and reproduction of larvae in *Cryptotermes domesticus* (Haviland). *Science and Technology of Termites*, 13(2): 4–8. [黄珍友, 戴自荣, 谢杏扬, 夏传国, 杨瑞海, 张瑞麟, 1996. 温湿度对截头堆砂白蚁 *Cryptotermes domesticus* (Haviland) 生存与发展的关系. 白蚁科技, 13(2): 4–8]
- Huang ZY, Dai ZR, He FM, Xie XY, Xia CG, Qian X, Yang RH, Zhang RL, 1997. Studies on biology and function of neoteinics of *Cryptotermes domesticus* (Haviland) (Isoptera: Kalotermitidae). *Natural Enemies of Insects*, 19(4): 165–168. [黄珍友, 戴自荣, 何复梅, 谢杏扬, 夏传国, 钱兴, 杨瑞海, 张瑞麟, 1997. 截头堆砂白蚁补充型繁殖蚁形成的生物学特性及其在群体中的作用. 昆虫天敌, 19(4): 165–168]
- Huang ZY, Dai ZR, Zhong JH, Qian X, Liu BR, Xia CG, Huang HT, Xia F, 2003. Studies on behaviour feature of primary reproductives in *Cryptotermes domesticus* (Haviland) (Isoptera: Kalotermitidae). *Natural Enemies of Insects*, 25(4): 169–174. [黄珍友, 戴自荣, 钟俊鸿, 钱兴, 刘炳荣, 夏传国, 黄海涛, 夏风, 2003. 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁行为特点研究. 昆虫天敌, 25(4): 169–174]
- Huang ZY, Dai ZR, Zhong JH, Qian X, Liu BR, Xia CG, Huang HT, Xia F, Yang RH, Zhang RL, 2004a. Swarm periods of primary reproductives in *Cryptotermes domesticus*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 41(3): 236–240. [黄珍友, 戴自荣, 钟俊鸿, 钱兴, 刘炳荣, 夏传国, 夏风, 杨瑞海, 张瑞麟, 2004a. 截头堆砂白蚁的分飞期研究. 昆虫知识, 41(3): 236–240]
- Huang ZY, Dai ZR, Zhong JH, Qian X, Liu BR, Xia CG, Huang HT, Xia F, Yang RH, Zhang RL, 2004b. Studies on influence of temperature, relative humidity and atmosphere pressure to swarming of primary reproductives in *Cryptotermes domesticus* (Haviland) (Isoptera: Kalotermitidae). *Natural Enemies of Insects*, 26(3): 126–131. [黄珍友, 戴自荣, 钟俊鸿, 钱兴, 刘炳荣, 夏传国, 黄海涛, 夏风, 杨瑞海, 张瑞麟, 2004b. 温度、湿度、气压对截头堆砂白蚁原始繁殖蚁分飞的影响. 昆虫天敌, 26(3): 126–131]
- Huang ZY, Qian X, Zhong JH, Dai ZR, Liu BR, Xia CG, Huang HT, Xia F, Yang RH, Zhang RL, 2005. The cycle of forming primary reproductives in *Cryptotermes domesticus*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(5): 528–531. [黄珍友, 钱兴, 钟俊鸿, 戴自荣, 刘炳荣, 夏传国, 黄海涛, 夏风, 杨瑞海, 张瑞麟, 2005. 截头堆砂白蚁原始繁殖蚁形成的周期. 昆虫知识, 42(5): 528–531]
- Huang ZY, Qian X, Zhong JH, Xia CG, Hu J, 2007. Progress of biological studies on primary reproductives in *Cryptotermes domesticus* (Isoptera: Kalotermitidae). *Sociobiology*, 50(2): 599–605.
- Indrayani Y, Nakayama T, Yanase Y, Fujii Y, Yoshimura T, Imamura Y, 2003. Feeding activities of the dry-wood termite *Cryptotermes domesticus* (Haviland) under various relative humidity and temperature conditions using acoustic emission monitoring. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.*, 14: 205–212.
- Indrayani Y, Yoshimura T, Yanase Y, Fujii Y, Imamura Y, 2007. Evaluation of the temperature and relative humidity preferences of the western dry-wood termite *Incisitermes minor* (Hagen) using acoustic emission (AE) monitoring. *Journal of Wood Science*, 53(1): 76–79.
- Li GX, 2002. Termites and Their Control in China. Science Press, Beijing. 19–29 [李桂祥, 2002. 中国白蚁及其防治. 北京: 科学出版社. 19–29]
- Matsuoka H, Fujii Y, Okumura S, Imamura Y, Yoshimura T, 1996. Relationship between the type of feeding behavior of termites and the acoustic emission (AE) generation. *Wood Res.*, 83: 1–7.
- Nakayama T, Yoshimura T, Imamura Y, 2005. Feeding activities of *Coptotermes formosanus* Shiraki and *Reticulitermes speratus* (Kolbe) as affected by moisture content of wood. *Journal of Wood Science*, 51(1): 60–65.
- Nakayama T, Yoshimura T, Imamura Y, 2004. The optimal temperature-humidity combination for the feeding activities of Japanese subterranean termites. *Journal of Wood Science*, 50(6): 530–534.
- Ohkuma M, Kudo T, 1998. Phylogenetic analysis of the symbiotic intestinal microflora of the termite *Cryptotermes domesticus*. *FEMS*

- Microbiology Letters*, 164(2): 389–395.
- Ping ZM, Xiu YL, 1997. The list of principal dangerous species of termites in world. In: Guangdong Termite Control Association ed. *Termitological Research*. Guangdong People's Publishing House, Guangzhou. 185–192. [平正明, 徐月莉, 1997. 世界主要危险性白蚁名录. 见: 广东省白蚁学会 主编. 白蚁研究. 广州: 广东人民出版社. 185–192]
- Qian X, Huang ZY, Zhong JH, Dai ZR, Liu BR, Xia CG, Huang HT, Xia F, Yang RH, Zhang RL, 2005a. Studies on formation and development of new colonies of *Cryptotermes domesticus* (Haviland) (Isoptera: Kalotermitidae). *Natural Enemies of Insects*, 27(3): 118–126. [钱兴, 黄珍友, 钟俊鸿, 戴自荣, 刘炳荣, 夏传国, 黄海涛, 夏凤, 杨瑞海, 张瑞麟, 2005a. 截头堆砂白蚁新群体的形成及发展. 昆虫天敌, 27(3): 118–126]
- Qian X, Huang ZY, Zhong JH, Liu BR, Xia CG, Huang HT, Xia F, Yang RH, 2005b. Influences of different species of wood on new colonies of *Cryptotermes domesticus* (Haviland) (Isoptera: Kalotermitidae). *Natural Enemies of Insects*, 28(4): 170–177. [钱兴, 黄珍友, 钟俊鸿, 刘炳荣, 夏传国, 黄海涛, 夏凤, 杨瑞海, 2005b. 不同树种木材对截头堆砂白蚁初建群体的影响. 昆虫天敌, 28(4): 170–177]
- Termite Research Laboratory of Guangdong Entomological Institute, 1979. Termites damaging wood: *Cryptotermes* spp. *Chinese Bulletin of Entomology*, 16(6): 260–263. [广东省昆虫研究所白蚁研究室, 1979. 蛀蚀干硬木材的白蚁——堆砂白蚁. 昆虫知识, 16(6): 260–263]
- Thongaram T, Hongoh Y, Kosono S, Ohkuma M, Trakulnaleamsai S, Noparatnarapom N, Kudo T, 2005. Comparison of bacterial communities in the alkaline gut segment among various species of higher termites. *Extremophiles*, 9(3): 229–238.
- Woodrow RJ, Grace JK, Nelson LJ, Haverty MI, 2000. Modification of cuticular hydrocarbons of *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae) in response to temperature and relative humidity. *Environmental Entomology*, 29(6): 1 100–1 107.
- Zhu BZ, Fu SX, Shu SJ, 1994. The list of the order Isoptera from China. *Science and Technology of Termites*, 11(1): 2. [朱本忠, 范寿祥, 束漱玖, 1994. 中国等翅目昆虫名录. 白蚁科技, 11(1): 2]

(责任编辑:袁德成)