应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(4): 1075–1085. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.128

江苏镇江地区主要白蚁种类分布、危害状况及防治策略*

黄海娣[1**] 田 洁[1] 谢蓉蓉[2] 孙建中[2***]

（1. 镇江市白蚁防治所，镇江 212000；2. 江苏大学生物质能源研究所，镇江 212013）

摘 要 **【目的】** 本文旨在明确镇江市白蚁种类分布、危害状况和防治策略。**【方法】** 本文按照镇江市人口密度和园林绿化分布特点，将全市划分为商住区、工业区、园林区三个主要不同的生态区域。通过2012—2013 年两年时间的调查与数据收集，在各生态区域共采集 185 份白蚁标本。运用传统白蚁形态学分类和现代分子生物学技术相结合的方法，对镇江市白蚁主要危害种类进行了鉴别确认。根据白蚁危害严重程度的不同，将镇江市不同生态区域分为蚁害严重区、较重区、一般区，以此确定镇江市白蚁分布危害的特点。**【结果】** 本研究鉴别确认了镇江市主要白蚁种类为 2 科 4 属共 7 种白蚁，分别为黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* Shiraki、黄翅大白蚁 *Macrotermes barneyi* Light、台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* Shiraki、黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder、尖唇散白蚁 *Reticulitermes aculabialis* Tasi et Hwang、圆唇散白蚁 *Reticulitermes Labralis* Hsia et Fan 和黄胸散白蚁 *Reticulitermes flaviceps* Oshima。根据镇江市主要白蚁种类危害发生空间生态分布情况，镇江市的白蚁危害面广，各区域都有不同程度发生，其中城中区域白蚁分布最为密集。黑胸散白蚁在各个生态区域均有危害分布，且分布范围最广。三个不同生态区域中，蚁害严重区都集中在商住区，且散白蚁危害较大。园林区多为蚁害较重区，且土白蚁危害比较突出。工业区多为白蚁危害一般区，其散白蚁和土白蚁危害程度基本相同。根据镇江市近 5 年主要白蚁种群及蚁害发生时间，镇江地区的白蚁危害在全年各个月份都有发生，其危害的高峰期主要集中在 4—6 月，在 5 月达到高峰值。**【结论】** 通过系统研究与调查，我们掌握了镇江市的白蚁种类以及主要白蚁种群的生态分布区域，明确了镇江地区白蚁发生的时间规律、区域分布特征及其危害严重程度。以此为基础，本文提出了有针对性的镇江地区食木白蚁综合防治策略，为今后更有效地开展白蚁防治工作，保护珍贵园林树种及古典建筑，进一步提高我国白蚁防治和管理水平提供了有效的科学依据及其防治策略。

关键词 食木白蚁，分子鉴定，生态分布，防治与管理

Study on the distribution, damage status and management strategies of the main species of wood-feeding termites in Zhenjiang area, Jiangsu

HUANG Hai-Di[1**] TIAN Jie[1] XIE Rong-Rong[2] SUN Jian-Zhong[2***]

(1. Zhenjiang Institute of Termite Control, Zhenjiang 212000, China; 2. Biofuels Institute of Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract **[Objectives]** This paper attempts to investigate the distribution, damage status and the associated management strategies for the main species of wood-feeding termites occurred in Zhenjiang area. **[Methods]** This research project divided Zhenjiang area into three main distinctive ecological areas, which include commercial residential area, industrial area and landscape area, in accordance with the population density as well as the characteristics of local landscape/industrial distributions. Through a systematic investigation and data collection in two years from 2012 to 2013, 185 termite samples were eventually collected from three clarified ecological areas, which were identified by modern molecular biology techniques,

* 资助项目：镇江市科技计划项目（SSH20120162）

**E-mail: 1394619155@qq.com

***通讯作者，E-mail: jzsun1002@hotmail.com；jzsun1002@ujs.edu.cn

收稿日期：2014-04-24，接受日期：2014-06-24

combining with traditional morphological classification. Depending on the severity of termite damage in the fields, the termite damage in an ecological area were further divided into three categories: the most serious area, serious area and less serious area, so as to determine the termite damage degree and its distribution in an ecological area. **[Results]** This study identified the 185 termite samples into 2 termite families covered 4 genera of 7 different species in total, which were *Odontotermes formosanus* Shiraki, *Macrotermes barneyi* Light, *Coptotermes formosanus* Shiraki, *Reticulitermes chinensis* Snyder, *Reticulitermes aculabialis* Tasi et Hwang, *Reticulitermes Labralis* Hsia et Fan, *Reticulitermes flaviceps* Oshima. According to the damage incidences and their spatial distribution of these identified termite species, the damage caused by these local wood-feeding termites distributed widely in Zhenjiang, but with a different degree of occurrences in each region. In the downtown of Zhenjiang city, the termite occurrences and their damages were the most densely distributed. In general, *Reticulitermes chinensis* Snyder and its damage were commonly found in all ecological regions, indicated the widest distribution. Among the three different ecological regions, the most serious damage were found to concentrate in the commercial residential area, where the *Reticulitermes* sp. dominated most damages for wood structures and trees; The serious damage areas, as the second rank of the termite damage, were concentrated in the landscape area, and *O. formosanus* was the dominant occurrence species; The less serious areas were generally occurred in the industrial area with two common occurrence species, *Reticulitermes* sp. and *O. formosanus*. According to the occurrence frequency of these wood-feeding termite species surveyed from 2009 to 2013 in Zhenjiang area, the termite damage incidences occurred in every single month in a year, but with a main damage period lasted 4-6 months and generally peaked in May. **[Conclusion]** Through the systematic investigation, we identified the local 7 termite species, and characterized their distributions, and the associated damage status, occurrence time patterns in different ecological areas in Zhenjiang area. On this basis, the paper analyzed and discussed the prevention and control strategies towards these wood-feeding termites, which would certainly enhance our capability for an efficient termite management in a specific ecological area in Zhenjiang area.

Key words wood-feeding termite, molecular identification, distribution, damage management

食木白蚁主要分布于热带和亚热带地区。全世界已知白蚁种类有接近 3 000 种（Brune，2014），仅我国就有各类白蚁 400 多种（张绍红，2008），其中几种常见的食木白蚁在长江以南地区危害尤为严重。它们与人类活动密切相关，可对房屋建筑、水利堤坝、园林树木等造成严重危害（戴华国，2004；徐刘平, 2009）。江苏镇江市地处长江下游，四季分明，植被丰富，白蚁危害频发，特别是古典建筑及园林区域更易遭受白蚁侵蚀。据不完全统计，镇江地区平均每年接到蚁害报告超过 250 次，给当地建筑安全、园林保护和财产造成了极大的威胁和损失。

目前，镇江市的白蚁防治工作面临着巨大的挑战，镇江市白蚁种群分布及危害情况缺乏系统认识，对该地区的白蚁种类和危害现状虽有大致了解，但并不明确（黄海娣和杨奇林，2005）。白蚁危害的种类和危害对象、危害程度，以及分布范围等均不明确，特别是对主要白蚁种类缺少可靠的技术方法进行鉴别确认。在白蚁种类鉴定中，早期传统的形态分类法主要依靠兵蚁或有翅成虫进行分类（王建国等，2004）。但是在区分一些相似种、近缘种上难度较大，容易引起误判（魏晓棠等，2003；梁帆等，2007）；同时，在实际工作中，有些白蚁种群的兵蚁和婚飞成虫很少或者较难收集，这都给白蚁分类带来了较大的困难。以上问题导致目前的白蚁防治手段不科学，防治效果不理想，严重影响了镇江市白蚁防治工作的成效。

为进一步掌握镇江市白蚁种类和危害现状，提出具有针对性的白蚁防治措施，笔者开展了系统的区域调查研究。根据镇江市生态区划的特点，对白蚁主要种群的种类和分布进行系统的采样设计，运用形态学分类和分子生物学技术相结合的手段，首次对镇江地区主要白蚁种类进行系统鉴别与确认，在空间和时间跨度上动态地对食木白蚁的危害种类、危害程度、区域分布进行研究和分析。在此基础上，提出了具有针对性的白蚁防治策略。该研究为保护园林绿化及古典建筑，减少财产损失，选择更为有效的白蚁防治手段，进一步提高我国白蚁防治和管理水平提供了重要理论支持和科学依据。

1　材料与方法

1.1　白蚁分布及其危害调查方法

1.1.1　镇江市生态区域的划分和白蚁标本的采集　目前，镇江市从行政区划及地理位置上主要分为市区（城中、城东、城南、城西区）与 5 个辖市区（丹徒、丹阳、句容、大港、扬中中心区）。根据研究的需要，同时针对镇江地区自然环境、人口密度及园林绿化的分布特点，我们将全市划分为三种主要生态区域：（1）商住区（人口密度较高、植被绿化较少）；（2）园林区（人口密度较低、植被绿化丰富）；（3）工业区（人口密度和植被绿化处于中间水平）。在 2012 年到 2013 年两年时间内，共现场采集有效白蚁标本 185 份，其中通过白蚁婚飞现场采集有翅成虫标本 119 份，实际白蚁危害现场采集食木白蚁的兵蚁与工蚁标本 66 份，具体采集情况见表 1。采集白蚁时，取活体或死亡时间少于 24 h 的完整虫体，密封保存于盛有 99.9%酒精的标本瓶中，做好标签和记录，待实验室进一步鉴定。

1.1.2　白蚁危害严重程度的划分　将不同区域白蚁标本数占总标本数的比例定义为白蚁发生的危害频次比例，即白蚁发生及危害频次比例=某一区域白蚁标本数/总标本数×100%，以评价该区域白蚁危害的严重程度。将白蚁发生及危害频次比例在 10%以上的区域定为蚁害严重区（A），比例在 5%~10%的区域定为蚁害较重区（B），比例在 5%以下的区域定为蚁害一般区（C）。

表 1　镇江市不同生态区域白蚁标本采集样本数量与分布
Table 1　Distribution of termite samples from various ecological regions in Zhenjiang

生态区域 Ecological regions			区域编号 Code	采集白蚁标本数 Termite samples
商住区 Commercial residential area	市区城中	城中中心区	11	25
		城中次中心区	12	8
		城中东片	13	38
		城中东南片	14	10
		城中西南片	15	13
		城中西片	16	9
	辖市区	丹徒、丹阳、句容中心区	51	13
		大港、扬中中心区	61	14
园林区 Landscape area	市区城南	城南东片	31	12
		城南西片	32	14
	市区城东	城东北片	21	6
		城东南片	22	2
工业区 Industrial area	市区城西	城西北片	41	11
		城西中片	42	5
		城西南片	43	5
合计 Total				185

1.2　镇江市白蚁种类鉴定

1.2.1　白蚁组织基因组 DNA 提取　以白蚁整体为试验材料，用纸巾将样品表面的酒精和水分吸干后，称重，控制样品质量≤25 mg。样品用研磨棒研磨，采用 EasyPure Genomic DNA 提取试剂盒（购自南京百斯凯科技公司）提取样品基因组 DNA。最后用 EB 溶液进行

两次洗脱，合并两次的洗脱液用于 PCR 反应的模板。

1.2.2　PCR 扩增 COⅡ基因部分序列　通常用于种群分类分析的基因是 16S rRNA、COⅠ、COⅡ、ND1、ND5（徐刘平等，2009）。本文采用以下引物用于片段扩增：上游引物 COⅡ1：5′-CAGATA- AGTGCATTGGATTT-3′；下游引物 COⅡ2：5′-GTTTAAGAGACCAGTACTTG-3′（购自生工生物工程（上海）股份有限公司）。反应体系 50 μL（购自上海皓嘉科技发展有限公司），包括：5 μL10×buffer(Mg^{2+}-)，4 μL dNTP，3 μL Mg^{2+}，正反引物各 1 μL（20 mmol/L），1 μL DNA 模板，17 μL 灭菌超纯水。

PCR 反应条件如下：起始 94℃预变性 3 min，然后 94℃变性 30 s，50℃退火 1 min，72℃延伸 1 min，30 个循环。最后 72℃反应 10 min。PCR 产物用 0.8%琼脂糖凝胶电泳检测，并用 EB 染色。用 DNA marker（DL2000）标记扩增片段大小，以确定是否为目的片段。电泳后置于凝胶成像系统观察。

对于有杂质，需要纯化的 PCR 产物，采用 Axygen 胶回收试剂盒（购自南京百斯凯科技公司）纯化后测序；对于扩增效果良好的 PCR 产物则可直接测序。本文委托上海生工生物技术服务有限公司进行测序和拼接，每个样品采用正反链双向测序，以提高测序的准确度。

1.2.3　数据分析　根据委托公司发回的测序结果，将正反链拼接得出的碱基序列在 NCBI 网站（http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi）上进行 BLAST 相似性搜索，选择相似度最高的确定为该物种（Legendre *et al*.，2008）。

2　结果与分析

2.1　白蚁种类鉴定结果

根据我们设定的白蚁分布及其危害调查方法，经 2012—2013 年两年时间的调查收集，共采集 185 份白蚁标本，运用形态学分类和分子生物学技术相结合的方法，对镇江地区白蚁主要危害种类进行了鉴别确认，鉴定结果见表 2。

表 2 数据表明，镇江市散白蚁出现比例最高，黑胸散白蚁、圆唇散白蚁、尖唇散白蚁、黄胸散白蚁所占比例之和达到了 75.14%。7 种白蚁中，黑胸散白蚁在总样本中出现比例最高，为 36.76%，黄胸散白蚁和黄翅大白蚁比例最低，均为 1.08%。

2.2　镇江市主要白蚁种类危害发生空间生态分布情况

根据 2012—2013 年采集到的 185 个白蚁标本，其危害发生空间生态分布的结果如图 1 所示。

从图 1（A）可以看出，镇江市全市范围内均有食木白蚁出现，各区域的分布密度有所不同，其中编号 11、12、13、14、15、16 等城中片区白蚁分布最为密集，样本量占总样本量的 55.7%。黑胸散白蚁样本量占总样本量的比例最高，为 36.8%，且分布范围最广，在各个生态区域均有分布。台湾乳白蚁、黄胸散白蚁和黄翅大白蚁仅零星出现，其中台湾乳白蚁样本量占总样本量的 1.62%，只分布于城中中心区（11）、城西北片（41）两个区域；黄胸散白蚁样本量占总样本量的 1.08%，只分布于丹徒、丹阳、句容中心区（51）和大港、扬中中心区（61）两个区域；黄翅大白蚁样本量占总样本量的 1.08%，只分布于城南东片（31）和丹徒、丹阳、句容中心区（51）两个区域。

在同一白蚁危害采集点（如一幢建筑物内）有同时采集到 2 种以上白蚁的现象。如在城中西片区（16），一个采集区域有黑胸散白蚁和黑翅土白蚁同时取食危害；在城中东片区（13），同时采集到尖唇散白蚁和黑胸散白蚁；在城中西南区（15），同时采集到了尖唇散白蚁和圆唇散白蚁。

表 2　镇江地区采集的食木白蚁样本的种类鉴定结果

Table 2　Identification of the wood-feeding termite species collected in Zhenjiang area

科 Family	属 Genus	种 Species	样本数量 Sample size	占全部样本比例 Proportion (%)
白蚁科 Termitidae	土白蚁属	黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* Shiraki	41	22.16

白蚁科 Termitidae	大白蚁属	黄翅大白蚁 *Macrotermes barneyi* Light	2	1.08
鼻白蚁科 Rhinotermitinae	家白蚁属	台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* Shiraki	3	1.62
鼻白蚁科 Rhinotermitinae	散白蚁属	黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder	68	36.76
鼻白蚁科 Rhinotermitinae	散白蚁属	尖唇散白蚁 *Reticulitermes aculabialis* Tasi et Hwang	34	18.38
鼻白蚁科 Rhinotermitinae	散白蚁属	圆唇散白蚁 *Reticulitermes Labralis* Hsia et Fan	35	18.92
鼻白蚁科 Rhinotermitinae	散白蚁属	黄胸散白蚁 *Reticulitermes flaviceps* Oshima	2	1.08
合计 Total			185	100

由图 1（B）可以看出，白蚁不同种类在不同生态区域中的构成特征，在全市 15 个不同生态区域中都有黑胸散白蚁分布，其中城中中心区（11）、次中心区（12）、东片（13）、东南片（14），大港、扬中中心区（61），城东南片（22）这 6 个区域内黑胸散白蚁的危害发生比例达到甚至超过了 50%。

以上区域分布和构成特征表明，散白蚁和土白蚁是镇江地区两个危害优势种。通过比较镇江市主要生态区域散白蚁和土白蚁发生频次相对百分比（图 2），结果表明，商住区中散白蚁危害发生频次明显高于土白蚁，而园林区中危害林木的白蚁多为土白蚁；工业区中散白蚁和土白蚁发生频次相对百分比基本相同，均为 50%。

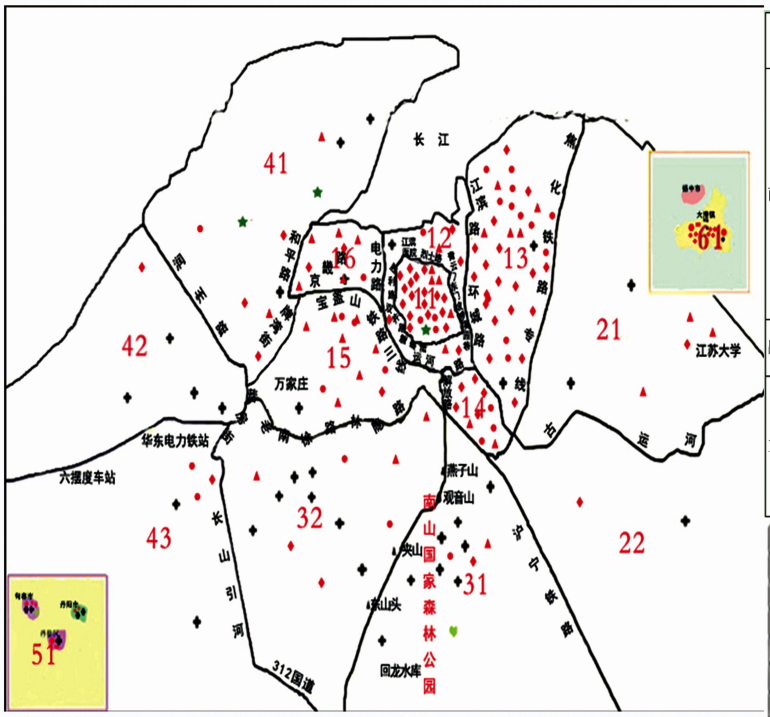
由图 3 可以看出，城中中心区（11）及城中东片区（13）其危害发生频次比例最高，分别为 13.54%和 20.54%，为白蚁危害严重区；较重区有 7 个，分别为城中东南片区（14）、城中西南片区（15）、丹徒、丹阳、句容中心区（51）、大港、扬中中心区（61）、城南东片区（31）、城南西片区（32）、城西北片区（41）；其余为一般区。总体看来，商住区多为蚁害严重区和较重区，两个严重区都在商住区内；园林区多为蚁害较重区，而工业区多为蚁害一般区。

2.3　镇江市近 5 年主要白蚁种群蚁害发生情况

根据多个白蚁监测点监测数据白蚁婚飞，结合危害现场的调查，对镇江市近 5 年来的蚁害情况进行了统计分析，各月份蚁害发生频次的统计结果见图 4。

结果表明，镇江地区的白蚁危害在全年各个月份都有发生。从 3 月到 5 月，随着时间的推进，蚁害的发生频次呈上升趋势，直到 7 月才出现减缓。整体呈现中间高、两边低的分布趋势，白蚁危害的高峰期主要集中在 5 月。其中每年的 1、2 月发生频次最少，其次为 3、11、12 月；4—6 3 个月发生频次最高，这 3 个月白蚁大量婚飞繁殖，蚁害最为严重。比较这 3 个月蚁害发生频次

A

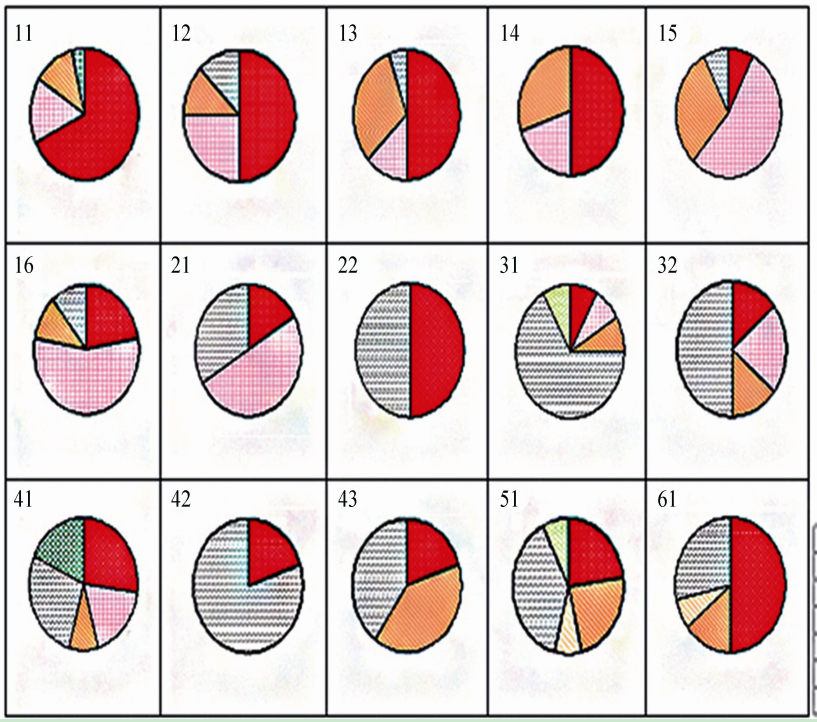


A图例

生态区域	片区		编号
商住区	市区城中	城中中心区	11
		城中次中心区	12
		城中东片	13
		城中东南片	14
		城中西南片	15
		城中西片	16
	辖市区	丹徒、丹阳、句容中心区	51
		大港、扬中中心区	61
园林区	市区城南	城南东片	31
		城南西片	32
工业区	市区城东	城东北片	21
		城东南片	22
	市区城西	城西北片	41
		城西中片	42
		城西南片	43

✚	黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* Shiraki
♥	黄翅大白蚁 *Macrotermes barneyi* Light
★	台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* Shiraki
♦	黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder
▲	尖唇散白蚁 *Reticulitermes aculabialis* Tasi et Hwang
●	圆唇散白蚁 *Reticulitermers Labralis* Hsia et Fan
■	黄胸散白蚁 *Reticulitermers flaviceps* Oshima

B



B图例

■	黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder
▨	尖唇散白蚁 *Reticulitermes aculabialis* Tasi et Hwang
▧	圆唇散白蚁 *Reticulitermers Labralis* Hsia et Fan
▨	黄胸散白蚁 *Reticulitermers flaviceps* Oshima
▨	黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* Shiraki
▨	台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus* Shiraki
▨	黄翅大白蚁 *Macrotermes barneyi* Light

* 资助项目：镇江市科技计划项目（SSH20120162）
**E-mail: 1394619155@qq.com
***通讯作者，E-mail: jzsun1002@hotmail.com；jzsun1002@ujs.edu.cn
收稿日期：2014-04-24，接受日期：2014-06-24

图 1　镇江市主要白蚁种类危害发生空间生态分布图（A：主要白蚁种类危害发生区域生态分布；B：不同生态区域对应的各种白蚁种类发生比例）

Fig. 1　The spatial ecology distribution of wood-feeding termites found in Zhenjiang (A: The spatial ecology distribution of the termite species; B: The percentages of different termites species identified in each ecological region corresponding to A)

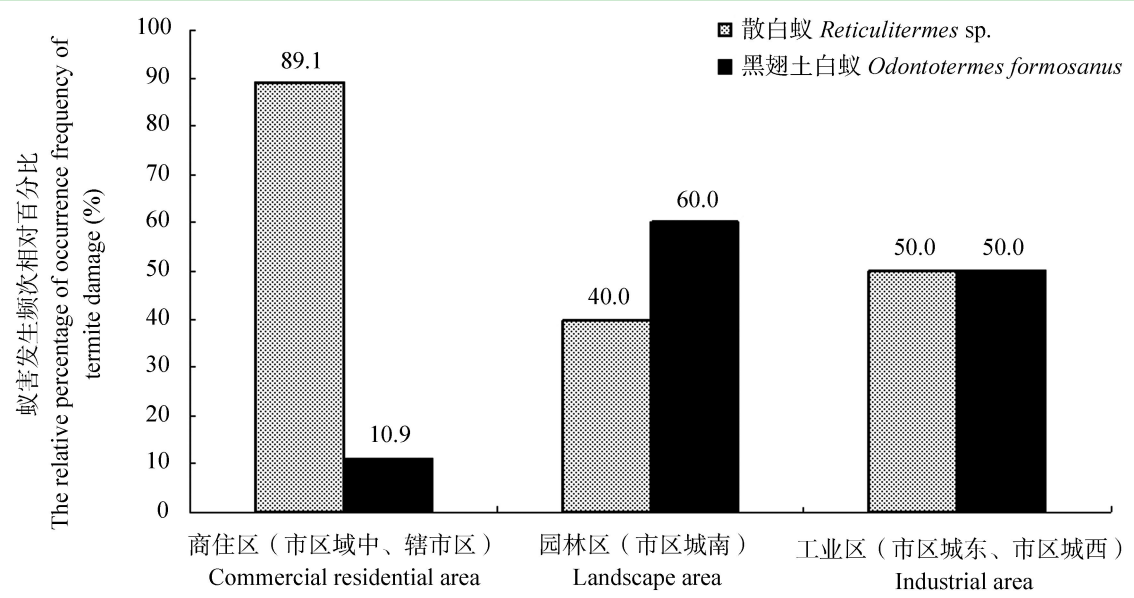


图 2　镇江市主要生态区域散白蚁和黑翅土白蚁发生频次相对百分比

Fig. 2　The relative percentages of occurrence frequency of *Reticulitermes* sp. and *Odontotermes formosanus* in main ecological areas in Zhenjiang

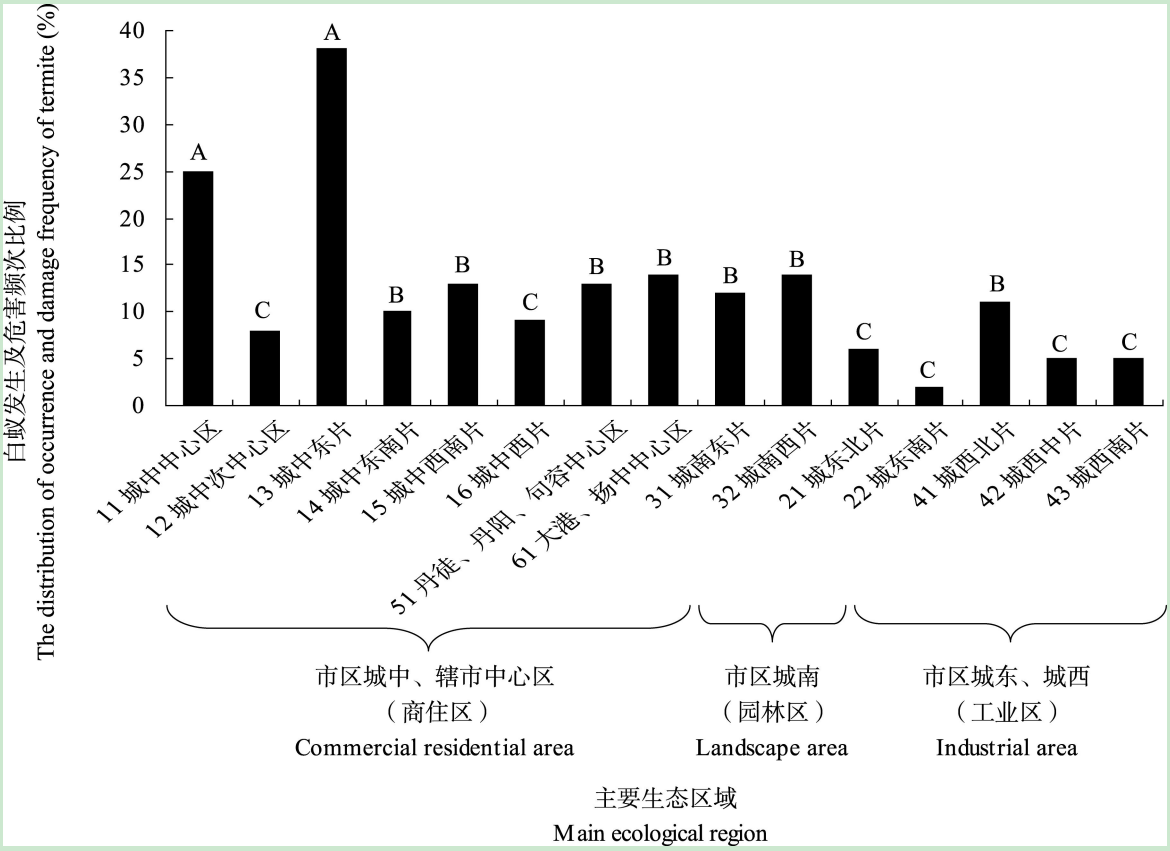


图 3　镇江市主要生态区域不同白蚁种群发生及危害频次比较(白蚁发生频次比例 10%以上为严重区（A）>10%；（B）5%~10%为较重区；（C）5%以下为一般区）

Fig. 3　Comparison of the occurrence and damage frequency of different termite populations in main ecological areas in Zhenjiang (Based on the proportions of occurrence frequency of termite in a region: the most serious area (A) when > 10%; Serious area (B) when 5%-10%; Less serious area (C) when < 5%)

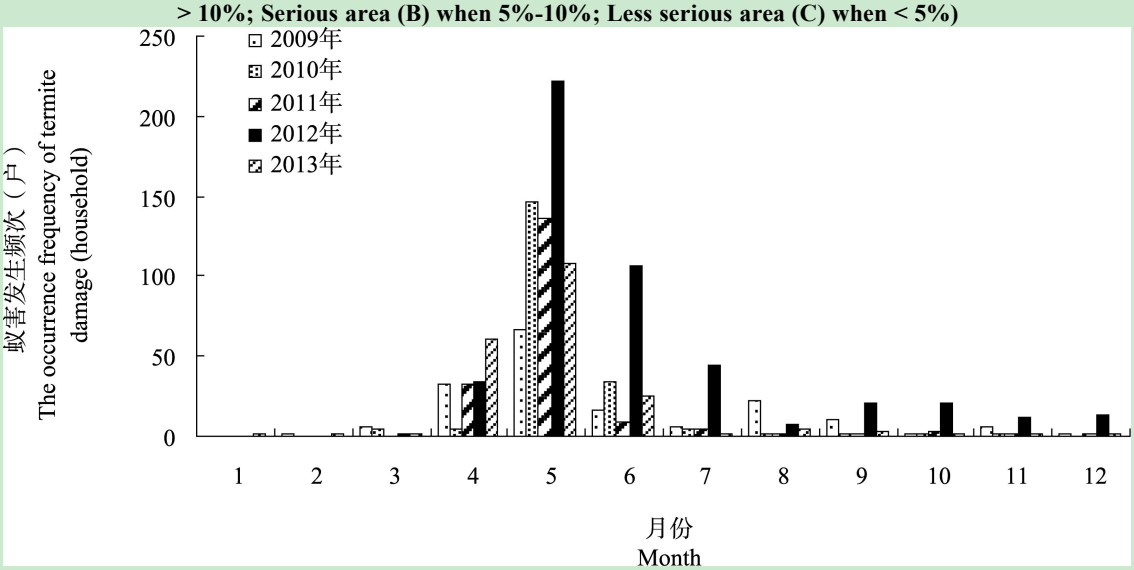


图 4　镇江市 2009—2013 年主要白蚁种群（散白蚁属、土白蚁属、家白蚁属等）蚁害发生情况

Fig. 4　The occurrence frequency of the main termite populations damage (*Reticulitermes*, *Odontotermes*, *Coptotermes* etc.) from 2009 to 2013 in Zhenjiang

的相对百分比（图 4 中的饼图），蚁害在 5 月份发生的比例最高，达 66%，4、6 月份分别为 16% 和 18%，说明 5 月蚁害发生最为密集，是全年白蚁危害最严重的时期。

比较不同年份的蚁害发生频次，每年的白蚁危害发生情况有所不同。总体看来，相较于其他年份同期（1、2、3、8 月除外），2012 年的蚁害发生频次最高，其余 4 年的发生情况较为接近。

由 2013 年危害镇江市的白蚁种类的鉴定结果显示，该年度黄胸散白蚁、黑胸散白蚁、尖唇散白蚁及圆唇散白蚁首次婚飞时间分别出现在 3 月 12 日、4 月 1 日、4 月 16 日和 4 月 17 日。

3　讨论

3.1　白蚁种类鉴定

本研究采集白蚁标本 185 份，经分子生物学方法鉴定出 2 科 4 属共 7 种不同白蚁。基于聚合酶链式反应（Polymerase chainreaction，PCR）技术为白蚁样本鉴定提供了新的手段，弥补了传统形态鉴定的诸多不足（游中华等，2007）。该技术通过引物和模板脱氧核糖核酸（Deoxyribonucleic acid，DNA）特异性结合，可在短时间内扩增出数百万特异 DNA 序列拷贝，再经过测序得到鉴定结果。方法准确可靠、简便快捷。本研究收集的 185 份白蚁标本中，散白蚁出现比例最高，黑胸散白蚁、圆唇散白蚁、尖唇散白蚁、黄胸散白蚁所占比例之和达到了 75.14%，说明镇江市白蚁出现频次最高、分布最广的为散白蚁类食木白蚁。

3.2　镇江市主要白蚁种群生态分布和危害情况

白蚁的分布密度与白蚁的危害程度是呈正比关系的。镇江市的白蚁危害面广，各区域都有不同程度发生。白蚁种群分布及危害主要集中在镇江市城中区，而城东区白蚁危害最少。由于镇江市台湾乳白蚁及黄翅大白蚁的危害仅零星出现，发生频次低，其危害性也较小。因此，本文将主要讨论 4 种散白蚁和黑翅土白蚁的危害与分布情况。

（1）散白蚁发生、分布和危害情况

散白蚁的发生危害频次远远高于其它白蚁种类，在商住区尤其明显。其中，黑胸散白蚁又是镇江地区出现频次最高的白蚁种类。

（2）黑翅土白蚁发生、分布和危害情况

在本次研究中，黑翅土白蚁主要的危害对象为树木，特别是生态环境良好、绿化植被丰富的园林区，如镇江市南山国家森林公园，黑翅土白蚁危害现象相当普遍，其危害树种繁多，特别是一些珍贵树种，如香樟、银杏、水杉等。在 9 月份白天最高温度高于 25℃的晴朗天气中，黑翅土白蚁 24 h 内在树干上形成的泥被能长高近 1 m，并能一直覆盖到 6、7 m 高的树梢枝干，大量黑翅土白蚁的工蚁藏匿在泥被下面，对大量珍贵树种造成了危害。

（3）散白蚁与土白蚁在各生态区域发生危害情况的比较

镇江市散白蚁危害性最大，其中黑胸散白蚁已成为优势蚁种，在全市均有分布，尤其在商住区密度最高；而园林区中危害林木的白蚁以黑翅土白蚁为主。

3.3　蚁害严重区发生原因分析

城中中心区及城中东片区为白蚁发生危害严重区，其主要原因有：

（1）该区域属于人口密集的老城区，建筑年代普遍较长，其中有许多以木构件居多的、百年以上历史的古典建筑。这些建筑在常年温暖潮湿的气候条件下，木构件经过长期的风化腐蚀，极易遭受白蚁侵蚀。

（2）结合散白蚁的危害特点分析，由于散白蚁群体相对较小、隐蔽性强，从群体建立、繁殖到危害，几乎很难察觉。成虫婚飞仅一年一次，且每次婚飞时间从数分钟到数小时不等。婚飞后成虫翅膀自行脱落，分别爬到角落且绝大部分自然死亡，仅有数对可能找到合适位置建巢繁殖，继续危害。非专业人士很容易把白蚁婚飞后的虫体混为一般性害虫入侵，难以引起足够重视，导致该区域白蚁繁殖、危害越发严重。

3.4　镇江市近 5 年主要白蚁种群蚁害发生危害情况的分析

从时间分布上来看，镇江市的白蚁危害在全年各个月份都有发生。每年的 4—6 3 个月白蚁大量婚飞繁殖，蚁害最为严重，其高峰期主要集中在 5 月。气温和湿度是影响白蚁分布和种群密度的主要因素，白蚁危害的发生主要与天气因素有关（Sun *et al*.，2007）。镇江地区白蚁婚飞的活跃密集期主要集中在 4—6 3 个月，此时该地区气候温暖潮湿，十分适宜白蚁的生长繁殖，因此蚁害较为严重。特别是 5 月份，正处春夏之交，大量降水导致环境湿度增加，同时气温上升至合适的范围，易导致白蚁婚飞大规模暴发，蚁害发生频次达到全年的峰值。而每年的冬季由于天气寒冷、气候干燥，在不适宜的环境条件下，白蚁活动频率大大降低，蚁害发生频次极少。特别是 1，2 月份，正值镇江地区全年最为寒冷干燥的时期，蚁害的发生比较罕见。而 2013 年的 1 月，由于天气出现短暂回暖，气温升至 13~17℃，出现了 2 起蚁害发生案例，进一步说明了白蚁活动与气候条件的密切联系。总体来看，镇江地区白蚁种群已成功适应当地环境，生长趋势平稳，总体较为稳定。

3.5　防治策略

白蚁是破坏性很强的社会性昆虫，对古典建筑和园林绿化中的珍稀树种的危害尤其明显。白蚁防治必须系统和综合地运用多种防治方法，同时结合不同白蚁种类、危害分布特点综合考虑制定防治方法与对策，才能达到有效治理的目的。

3.5.1　针对不同生态区域的白蚁防治策略　（一）商住区。该区域人口密集，建筑物以 20 世纪 90 年代前的砖混、砖木结构居多，室内装饰装修木构件部分较为复杂。白蚁种群调查结果显示，该区域的主要白蚁危害种群为散白蚁，其危害占到整个白蚁危害的 90%以上。其防治策略如下：（1）灭治处理。主要是针对已发生白蚁危害的建筑物，对准白蚁活体喷洒适量化学粉剂或用化学药液对白蚁的生存区域设置化学屏障，以达到消杀白蚁的效果。（2）预防处理。首先，对于新建房屋建筑或新装饰装修的部位，尽可能不用或少用白蚁喜食的木材。其次，在新建绿地和新建房屋、房屋装饰装修施工之前，详细勘查，根据实际情况，设置物理屏障或化学屏障，以阻断白蚁入侵的途径。（3）监测-控制装置（程冬保，2004）。将地下诱饵装置安放在建筑物周围，一旦发现诱饵装置内有白蚁，将原木条取出，将含有杀虫药物的白蚁诱饵管放进该装置，从而毒杀白蚁。（二）园林区。园林区人口密度相对较小，主要危害白蚁品种为黑翅土白蚁，遭受蚁害的多为林木，特别是一些珍稀树种，如香樟、银杏、松树及枇杷树等均易遭到白蚁危害。其防治策略为：（1）预防为主。对于新建的园林绿化，应避免选用白蚁喜食的植物种类。例如，针叶树材

中水杉为弱抗蚁蛀树种，马尾松为不抗蚁蛀树种；阔叶树材中香樟为中抗蚁蛀树种（中国林业科学研究院木材防腐室和广州铁路局建筑段白蚁组，1981）。江建国等（2011）研究发现黑翅土白蚁对不同种类的木材有明显的选择性，在常见的木材中，悬铃木和马尾松被食率较高。同时在新建园林绿化的四周、基坑设置化学屏障，以阻断白蚁入侵的途径。（2）防治结合。对建筑物及园林周边区域以及新移栽的树根树干、草皮进行详细的检查与勘查，一旦发现白蚁，及时选用合适的化学药剂进行治理，以防蔓延。在园林绿化区域，园林施工及维护留下的大量的枯枝落叶，为白蚁的生长发育提供了丰富的食物来源和遮身掩体的场所，因此必须及时清除（钟武洪等，2004；疏义恒和杨光荣，2009）。（3）埋设白蚁监测-控制装置。对于不合适进行化学药剂处理的特殊区域，例如：水源地、蚕桑鱼类养殖区域，可以在建筑物或绿化带中埋设白蚁监控装置，一旦发现白蚁活体，即投喂专用饵剂，利用白蚁取食后相互舔吸传染到全巢，以达到控制白蚁危害、实现无破坏防治的目的。（三）工业区。该区域均为近 20 年来，陆续开发新建的、主要以工业厂房和少量植被为特征的生产区域。白蚁危害等级为一般。其防治策略主要有：（1）防治结合。一旦发现白蚁危害，及时进行专业灭治，同时选用合适的趋避性化学药剂（例如联苯菊酯等）设置化学屏障，起到阻止新群体入侵建巢的预防作用。（2）监测监控处理。将经特殊处理、对白蚁有特殊引诱效果的材料放入专用的装置内，将白蚁引诱到该装置内，当诱捕的白蚁活体达到一定数量时，用药剂处理，通过接触传递给巢内的其他白蚁个体，导致整巢白蚁中毒死亡（项建平，2012）。

3.5.2　针对不同时间段的白蚁防治策略　镇江地区每年的 4—6 3 个月为白蚁大量婚飞繁殖的时间段，蚁害最为严重。婚飞白蚁的数量仅占全巢白蚁总量的 5%左右，且每年只婚飞一次。镇江地区在一年中除了天气寒冷、气候干燥的冬季，白蚁活动较为迟缓，其他大部分时间中，白蚁都在危害着木构件等富含纤维素的物质。因此，全年的防治重点应放在气候温暖潮湿的 4—6 月份。

3.5.3　针对不同白蚁种类的防治策略　（一）散白蚁。由于散白蚁群体间分布散、群体小，处理难度较大。具体防治策略为：（1）对白蚁工蚁用喷粉器准喷适量化学粉剂，如氟虫腈等。利用白蚁之间互相舔舐的生物学特性，可以达到全巢歼灭的效果。（2）对于白蚁危害现场较复杂且找不到活体白蚁的区域，选用合适的化学药剂，如联苯菊酯等，设置化学屏障，以达到有效防治的目的。（二）土白蚁。（1）粉剂处理。对白蚁活体用喷粉器准喷适量化学粉剂，由于其群体数量远远大于散白蚁，可以施用 2 倍甚至更高于对散白蚁的粉剂用量。（2）饵剂处理。用慢性胃毒灭蚁药与饵料按一定的比例和方法混合包装后，多点投放在白蚁危害区域，如树根、杂草丛等，使白蚁取食后慢性中毒而死亡。（3）烟熏或挖巢法。此类方法专业性较强，对白蚁巢穴所处的位置也有要求，治理深山林木白蚁的效果较好。

通过对镇江地区白蚁种类及其危害现状的调查研究，我们初步掌握了本地区的食木白蚁的主要种类以及不同白蚁种群的生态分布和危害情况，总结出本地区白蚁的基本发生规律，并提出了有针对性的白蚁综合防治策略，这将为今后更有效地开展白蚁防治，建立全市蚁情蚁害监测体系，进一步提升白蚁防治水平提供重要的科学依据和技术支持。

参考文献 (References)

Brune A, 2014. Symbiotic digestion of lignocellulose in termite guts. *Nat. Rev. Microbiol.*, (12): 168–180.

Legendre F, Whiting MF, Bordereau C, Cancello EM, Evans TA, Grandcolas P, 2008. The phylogeny of termites (Dictyoptera: Isoptera) based on mitochondrial and nuclear markers: Implications for the evolution of the worker and pseudergate castes, and foraging behaviors. *Mol. Phylogenet Evol.*, 48(2): 615–627.

Sun JZ, Lockwood ME, Etheridge JL, 2007. Distribution of Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Mississippi. *J. Econ. Entomol.*, 100(4): 1400–1408.

程冬保, 2004. 国外白蚁防治技术综述. 中国媒介生物学及控制杂志, 15(2): 156 – 158.[CHENG DB, 2004. Foreign termite prevention and control technology reviews. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 15(2): 156–158.]

戴华国, 李小鹰, 张红兵, 2004.白蚁分类方法评述. 昆虫知识, 40(1): 20–23. [DAI HG, LI XY, ZHANG HB, 2004. A review of the classification on termites. Entomological Knowledge, 40(1): 20–23.]

黄海娣, 杨奇林, 2005. 镇江市园林绿化白蚁危害及其防治策略.

白蚁防治, (2): 34–35. [HUANG HD, YANG QL, 2005. Termite damage and its prevention control strategy of Zhenjiang landscaping. Termite Control , (2): 34–35.]

江建国, 张文颖, 曾文豪, 江靖, 李文乔, 陈京元, 2011.天然饵料引诱黑翅土白蚁野外试验. 中国森林病虫, 30(1): 33–34. [JIANG JG , ZHANG WY , ZHENG WH , JIANG J , LI WQ , CHEN JY , 2011. Field experiments of trapping *Odontotermes formosanus* with natural bait. Forest Pest and Disease, 30(1): 33–34.]

梁帆, 赵菊鹏, 梁广勤, 胡学难, 2007. 浅谈形态学和分子生物学在昆虫鉴定中的作用.植物检疫, 21(4): 243–244.[LIANG F, ZHAO JP, LIANG GQ, HU XN,2007. Discuss the role of morphology and molecular biology in insect identification. Plant Quarantine, 21(4): 243–244.]

疏义恒, 杨光荣, 2009. 园林树木白蚁的生物学特性及防治技术. 安徽农学通报, 15(15): 109–110, 168. [SHU YH,YANG GR,2009.The biological characteristics of landscape plants and termites and prevention technology. Anhui Agricultural Science Bulletin, 15(15): 109–110, 168.]

王建国, 2004. 分子系统学方法在白蚁分类中的应用. 博士学位论文. 广州: 华南农业大学. [WANG JG, 2004.Molecular systematics method in the application of the classification of termites. Doctoral Dissertation. GUANG ZHOU: South China Agricultural University]

魏晓棠, 权洁霞, 张艺兵, 陈长法, 邵秀玲, 封立平, 赖凡, 2003. 分子生物学技术在昆虫早期鉴定中的应用前景. 检验检疫科学, 13(2): 19–20. [WEI XT, QUAN JX, ZHANG YB, CHEN CF, SHAO XL, FENG LP, LAI F, 2003.The application prospect of molecular biology techniques in insect early identification. Inspection and Quarantine Science, 13(2): 19–20.]

项建平, 2012. 文物古树白蚁危害调查与防治对策. 中华卫生杀虫药械, 18(6): 533–536. [XIANG JP, 2012.Investigation and control methods for termite damage of heritage tree. Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments, 18(6): 533–536.]

徐刘平, 梁小松, 周秋君, 薛江水, 2009. 分子生物学技术在白蚁种群分类中的应用. 检验检疫学刊, 19(4): 70–74. [XU LP, LIANG XS, ZHOU QJ, XU JS, 2009. Molecular biology technology in the application of the termite species classification. Inspection and Quarantine Science,19(4): 70–74.]

游中华, 路虹, 张宪省, 冯纪年, 石宝才, 宫亚军, 黄大卫, 2007. 入侵害虫西花蓟马及其他 8 种常见蓟马的分子鉴定. 昆虫学报, 50(7): 720–726. [YOU ZH, LU H, ZHANG XX, FENG JN, SHI BC, GONG YJ, HUANG DW,2007. Molecular identification of the introduced western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*(Pergande) and other eight common thrips species(Thysanoptera: Thripidae). Acta Entomologica Sinica, 50(7): 720–726.]

中国林业科学研究院木材防腐室, 广州铁路局建筑段白蚁组, 1981. 我国主要木材天然抗蚁蛀试验. 林业科学, (4): 379–387. [The Chinese academy of forestry science wood preservation room, Guangzhou railway group construction period of termites, 1981. The main wood natural ant decay resistance test. Scientia Silvae Sinicae,(4): 379–387.]

张绍红, 周培, 陆军, 庄永林, 2008. 白蚁危害及防治方法研究进展. 中华卫生杀虫药械, 14(3): 218–220. [ZHANG SH, ZHOU P, LU J, ZHUANG YL, 2008. The advanced research of termite hazard and prevention method. Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments, 14(3): 218–220.]

钟武洪, 张玉荣, 周刚, 2004. 园林树木白蚁的危害及其防治对策. 湖南林业科技, 31(5): 52–53. [ZHONG WJ, ZHANG YR, ZHOU G , 2004. Garden trees termite damage and its prevention countermeasures. Hunan forestry science and technology, 31(5): 52–53.]