

南京地区黑翅土白蚁饵料筛选与取食记忆研究

刘佳佳¹, 嵇保中^{1*}, 刘曙雯², 曹丹丹¹, 冀士琳¹, 张新慰¹, 杨锦锦¹,
丁芳¹, Ehsan Soleimani-Nezhadian¹, 汪洪江¹

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037;

2. 南京中山陵园管理局, 江苏 南京 210014)

摘要:通过不同林分黑翅土白蚁采食工蚁的饵料筛选结果,分析白蚁取食经历对食物选择的影响。结果表明:来自不同林分的黑翅土白蚁喜食树种最佳为鹅掌楸树皮粉,其工蚁数量、泥被覆盖率和饵料被食率均较高,泥被出现时间在所有饵料中也相对较早。筛选出的辅食饵料最佳比例为15%小米粉和5%蔗糖,高糖分对黑翅土白蚁仅有短暂的诱食作用,一段时间后,高糖分诱食作用减退。白蚁采食工蚁存在取食记忆现象,取食记忆的持续时间与原取食材料在食物资源中的嗜食序列有关。若原取食材料属于食物选择试验中最嗜食物物质,取食记忆可持续存在;否则,一定时间后发生食物选择的改变。试验筛选出最佳饵料配方为80%鹅掌楸树皮粉+15%小米粉+5%蔗糖,采食工蚁对不同树种树皮粉的取食选择可能与化学成分有关。

关键词:黑翅土白蚁;采食工蚁;饵料筛选;取食记忆

中图分类号:S763.33

文献标识码:A

Diets Selection and Feeding Memory of *Odontotermes formosanus* in Nanjing

LIU Jia-jia¹, JI Bao-zhong¹, LIU Shu-wen², CAO Dan-dan¹, JI Shi-lin¹, ZHANG Xin-wei¹,
YANG Jin-jin¹, DING Fang¹, Ehsan Soleimani-Nezhadian¹, WANG Hong-jiang¹

(1. Nanjing Forestry University Southern Modern Forestry Collaborative Innovation Center, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. The Administration Bureau of Dr. Sun Yat-sen's Mausoleum, Nanjing 210014, Jiangsu, China)

Abstract: Based on the diets selection of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) foragers collected from different plantations, the influence of feeding experience to food choice was analyzed. The results showed that *Liriodendron chinense* bark powder was screened for the preference tree species of *O. formosanus* from different plantations, the amount of foraging workers, the mud sheet covering rate, and the consumption rate of diet were high, the appearing time of mud sheet was also relatively early in all diets. 15% of millet powder and 5% of cane sugar were screened for the best proportion of auxiliary material, high sugar content had ephemerally phagostimulating effect on *O. formosanus*, and then, the phagostimulating effect disappeared. There existed feeding memory in *O. formosanus* foragers, the duration of feeding memory was related to the preference order degree of which the original feeding material ranked among the testing food materials. If original feeding material was the same as the most preferable material in food choice tests, the feeding memory could be retained; otherwise, it would changed after some times. The diet made up of 80% *L. chinense* bark power, 15% of millet powder and 5% of cane sugar was the best one, the difference preference among

收稿日期: 2014-06-22

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20123204110001); 江苏省自然科学基金项目(BK2012816); 南京市建委、中山陵园管理局资助课题(200409); 江苏省高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 刘佳佳(1989-),女,江苏无锡人,硕士研究生,主要从事昆昆虫生理生化研究. E-mail:liujiajia5058@163.com.

* 通讯作者:教授. E-mail:jhz9885@njfu.edu.cn

bark powder of different tree species might be related to their chemical components.

Key words: *Odontotermes formosanus*; foragers; diets selection; feeding memory

黑翅土白蚁(*Odontotermes formosanus* Shiraki)属土栖性白蚁,食性杂,危害多种树木,是危害树木最严重的白蚁种类之一^[1],也是水库、江河堤坝的主要害虫^[2]。近年来,毒饵诱杀法已成为防治土栖白蚁的重要手段,在毒饵中使用白蚁偏好的饵料或添加剂,可增强白蚁对毒饵的取食量,提高诱杀效果^[3-4]。“取食记忆”指昆虫取食经历所形成的食物偏好。昆虫对不同食料的取食经历可能导致神经感觉系统的适应,形成“取食记忆”,进而影响食物选择。鳞翅目幼虫前期取食经历会诱使其偏好取食所经历的植物,类似现象在同翅目和鞘翅目中也有发现^[5-6],广聚萤叶甲(*Ophraella communa* LeSage)成虫羽化后如果先取食豚草(*Ambrosia artemisiifolia* Linn.)或三裂叶豚草(*A. trifida* Linn.),则选择苍耳(*Xanthium sibiricum* Patr.)产卵的倾向显著低于豚草;如果先取食苍耳、菊芋(*Helianthus tuberosus* Linn.)和农家向日葵(*Helianthus annuus* Linn.),则选择苍耳产卵的倾向与豚草无显著差异^[7-9]。棉铃虫(*Helicoverpa armigera* (Hübner))幼虫前期取食经历还能显著影响后代对不同糖及肌醇的电生理反应^[10]。作为高等培菌白蚁,黑翅土白蚁长翅生殖蚁配对营巢后长期定点生活,采食范围局限于蚁巢附近,使用较为固定的食物资源,即使处于相同分布区域,不同蚁巢的个体也存在食物资源的差异。这种差异对不同群体取食偏好的影响,可能影响毒饵制剂的适用范围和效果。已报道的黑翅土白蚁食物选择性试验结果因地而异^[11-13],不仅表明供试食物资源对食物选择的影响,也提示不同蚁巢个体存在食物偏好差异的可能性。黑翅土白蚁是南京地区广泛分布、危害严重的林木害虫,本研究在参考相关研究的基础上拟定供试的饵料配方^[11],以采食白蚁数量、泥被出现时间、泥被面积、泥被覆盖率、饵料被食率为评价指标,测定来源于不同林分黑翅土白蚁采食工蚁对不同树种的选择性,分析取食记忆的存在特点及其对取食的影响。在此基础上,进一步筛选辅食饵料,获得适合南京地区林分特点的黑翅土白蚁饵料配方。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

2013年5月于南京林业大学北大山树木园,采

集正在树表泥被下采食的黑翅土白蚁工蚁,试验虫源分别来自香樟(*Cinnamomum camphora* Linn.)、鹅掌楸(*Liriodendron chinense* (Hemsl.) Sarg.)、广玉兰(*Magnolia grandiflora* Linn.)纯林及香樟、麻栎(*Quercus acutissima* Carr.)和榉树(*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino)构成的混交林4种不同林分,不同林分采食个体分开采集并做好标记。将采集好的工蚁带回室内,在(25±1)℃的条件下静置后选择健壮个体供试。

1.2 供试树种

采集香樟、鹅掌楸、广玉兰枯枝,削下树皮,烘干后用粉碎机磨成树皮粉,制成7种饵料,分别为:香樟;鹅掌楸;广玉兰;香樟和鹅掌楸混合;香樟和广玉兰混合;鹅掌楸和广玉兰混合;香樟、鹅掌楸和广玉兰混合。上述树皮粉制成后,根据试验需要分别加入不同比例的小米粉、蔗糖及2‰的山梨酸钾。

1.3 供试饵料

供试昆虫为采自不同林分的黑翅土白蚁采食工蚁,供试饵料配方见表1。

表1 供试饵料配方

饵料代码	饵料配方
A	80% 香樟树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾
B	80% 鹅掌楸树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾
C	80% 广玉兰树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾
AB	80% 香樟和鹅掌楸混合树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾
AC	80% 香樟和广玉兰混合树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾
BC	80% 鹅掌楸和广玉兰混合树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾
ABC	80% 香樟、鹅掌楸和广玉兰混合树皮粉 + 10% 小米粉 + 10% 蔗糖 + 2‰的山梨酸钾

1.4 供试辅料

供试昆虫为采自同一林分的黑翅土白蚁采食工蚁。小米粉用量的筛选:根据取食树种的筛选结果,确定主食饵料树皮粉种类后,分别配置含0%、5%、10%、15%和20% 5种不同比例小米粉的饵料,主食饵料和蔗糖的含量不变(主食饵料含量:蔗糖含量=8:1),重复3次。蔗糖用量的筛选:在确定主食饵料、小米粉用量的基础上(主食饵料含量:小米粉含量=8:1),分别配置含0%、5%、10%、15%和20%

5种不同比例蔗糖的饵料,重复3次,筛选出最佳比例蔗糖含量的饵料。

1.5 试验方法

在南京林业大学北大山树木园取一定量的深层土壤(深度:60 cm,1 000 g),在80℃鼓风干燥箱中烘干24 h,碾碎过40目筛,将处理后的土平铺在圆形塑料盆中(盆底部内径为25 cm,深度14 cm),土厚度约1.5 cm。塑料盆内土喷洒适量蒸馏水以保持一定湿度,再放入一小块吸水棉球,作为白蚁生活水源。在每个塑料盆底部的土层之上,以盆中心为圆点,在距离盆壁2 cm的圆周上对称放置7个底部衬有湿滤纸的小塑料培养皿(直径5.7 cm,高1.5 cm),每个小培养皿边上钻一个直径6 mm的小孔供白蚁出入,小孔一律朝向盆中央。称1 g供试饵料,依次在每个培养皿内的滤纸上铺满,盖好培养皿。

从采集的工蚁中选取健壮工蚁400头,置于盆中央,用滤纸制作的纸筒围住,1 h后去掉纸筒,(25±1)℃、空气湿度80%±5%的室内黑暗条件下饲养。每隔2 h微光下观察各培养皿中白蚁数量和表面泥被修筑情况。7 d后,取出培养皿,统计其中的工蚁数量,测量饵料泥被面积,取出剩余的饵料,80℃烘箱中烘干,去泥被后电子天平称质量,计算各饵料的被食率。试验重复3次。

1.6 数据处理

数据结果采用Microsoft Excel和SPSS统计分析

软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 黑翅土白蚁采食工蚁的觅食行为

试验开始时,塑料盆中大部分黑翅土白蚁都钻入土中,仅小部分工蚁徘徊于培养皿周围,或直接进入培养皿内,用触角触碰饵料,用口器对饵料进行尝试性的啃食,观察到的现象与文献^[14-15]报道的一致;然而,一旦这些先锋工蚁找到偏好的食物后,便按原路径返回土中,从而吸引更多的工蚁按此路径构筑泥线直达培养皿内的饵料,进入培养皿内的工蚁便开始构筑泥被,将饵料逐步覆盖,并隐蔽在泥被下取食饵料。

2.2 来源于香樟林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择

试验刚开始发现,来自香樟林的黑翅土白蚁工蚁最早对饵料AC做出取食反应,修筑泥被。试验7 d后对饵料选择结果(表2)表明:饵料B中工蚁的数量明显比其余6种饵料的,AC仅次于B;BC和ABC中的工蚁数量最少,二者数量间无显著差异。B的饵料被食率显著高于其余6种饵料,AC次之;BC和ABC的最低,二者差异较小,均不为白蚁喜食。饵料被食率由高到低依次为:B>AC>C>AB>A>ABC>BC。

表2 来自香樟林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择性

饵料	工蚁数量/头	泥被出现时间/h	泥被面积/cm ²	泥被覆盖率/%	饵料被食率/%
A	7±1.41 deCD	19.67±7.49 abcA	5.62±0.99 deCD	22.04±3.88 deCD	7.53±2.71 cdCD
B	24±2.11 aA	15.00±2.94 bcA	15.14±1.39 aA	59.37±5.43 aA	21.27±1.44 aA
C	12±1.41 eBC	18.50±2.48 abcA	10.03±1.11 bcABC	39.33±8.51 bcABC	11.26±3.03 bcBC
AB	9±0.82 cdCD	23.00±2.27 abA	7.96±1.66 cdBCD	31.21±6.50 cdBCD	9.03±1.53 cCD
AC	17±2.16 bB	13.00±2.83 cA	12.74±2.66 abAB	49.96±10.45 abAB	15.19±2.87 bB
BC	4±1.63 eD	26.00±4.02 aA	3.52±1.10 eD	13.80±4.30 eD	4.31±1.09 dD
ABC	4±1.62 eD	25.97±1.51 aA	3.47±0.87 eD	13.61±3.41 eD	4.65±0.51 dD

注:表中数据为平均值±标准差;同列数据后不同小写字母表示0.05水平差异显著,大写字母表示0.01水平差异显著;下同。

AC的泥被出现时间最早,工蚁对其取食反应最迅速;B次之,二者间差异不显著,且均早于其余5种饵料。C和A的泥被出现时间也较早,二者间差异不显著,均早于其余饵料。BC和ABC的泥被出现时间最晚,二者差异不显著,工蚁对其取食反应最慢。B饵料的泥被面积和泥被覆盖率最高,AC与C的次之,显著高于其余4种饵料;BC和ABC的最低,二者无显著差异。

结果(表2)显示:来自香樟林分的黑翅土白蚁

工蚁虽然试验初期对AC取食反应最为迅速,但经过7 d的选择试验,发现工蚁最喜食B,B的各评价指标比其余6种饵料有显著优势,对AC的喜食程度仅次于B;工蚁对BC和ABC喜食程度最差,诱食效果较差。上述结果说明,来自香樟林分的黑翅土白蚁工蚁对食物的选择表现出一定的取食经历影响,这种影响在开始时较为明显,对饵料AC(80%香樟和广玉兰混合树皮粉+10%小米粉+10%蔗糖+2%的山梨酸钾)的取食反应最迅速,1周后统计,这

种影响不再存在。

2.3 来源于鹅掌楸林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择

表 3 表明:来自鹅掌楸林的黑翅土白蚁工蚁饵料选择中,饵料 B 中工蚁数量最多,显著多于其余 6 种饵料中的工蚁数量;C 次之,A 和 ABC 饵料中的工蚁数量最少,二者差异不显著。B 饵料的被食率最高,诱食效果显著;C 次之,A 饵料的被食率最低。B 的泥被出现时间最早,工蚁对 B 反应最迅速;C 次之,与 B 无显著差异;A 和 ABC 的最晚。B 饵料的泥被面积和泥被覆盖率显著高于其余 6 种饵料;C

的次之;A 的最低,不为工蚁喜食。

上述结果表明:来自鹅掌楸林分的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料 B 的取食反应最迅速,工蚁数量、泥被覆盖率及饵料被食率均比其余 6 种饵料的高,诱食效果最好。鹅掌楸林分的黑翅土白蚁采食工蚁对鹅掌楸树皮粉表现出显著的取食经历效应,采食工蚁对原取食材料 B 有明显的取食记忆,诱食效果最佳。C 和 AB 的诱食效果仅次于 B,二者在泥被覆盖率和饵料被食率上有一定的差异,但不显著。A 的诱食效果最差,不为工蚁喜食。

表 3 来自鹅掌楸林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择性

饵料	工蚁数量/头	泥被出现时间/h	泥被面积/cm ²	泥被覆盖率/%	饵料被食率/%
A	3 ± 0.82 eD	21.0 ± 1.47 abAB	1.52 ± 0.42 eD	5.96 ± 1.64 eD	3.28 ± 0.69 eD
B	27 ± 2.16 aA	5.0 ± 0.71 eD	12.70 ± 2.13 aA	49.80 ± 8.36 aA	22.10 ± 2.62 aA
C	13 ± 2.17 bB	8.5 ± 2.27 deCD	7.68 ± 0.83 bB	30.12 ± 3.26 bB	13.50 ± 3.62 bB
AB	9 ± 1.63 cBC	13.0 ± 3.27 cdBC	6.56 ± 0.49 bcBC	25.73 ± 2.00 bBC	10.42 ± 0.75 bcBC
AC	5 ± 0.00 deCD	16.5 ± 4.55 bcABC	4.42 ± 1.24 cdCD	17.33 ± 4.86 cdCD	5.40 ± 0.50 deCD
BC	8 ± 1.41 cdC	14.0 ± 2.27 cdBC	6.23 ± 0.85 bcBC	25.96 ± 3.31 bcBC	8.09 ± 0.37 cdCD
ABC	3 ± 1.63 eD	21.0 ± 1.03 aA	2.78 ± 0.33 deD	10.90 ± 1.31 deD	4.93 ± 0.48 deD

2.4 来源于广玉兰林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择

来自广玉兰林的黑翅土白蚁饵料取食结果(表 4)表明:B 的工蚁数量最多,C 次之,二者差异显著,均显著多于其余 5 中饵料;AB 和 AC 的最少。饵料 B 的诱食率最高,诱食效果明显,C 次之,AC 的最低。C 的泥被出现时间最早,工蚁对 C 反应最迅速;B 次之,与 C 无显著差异;AB 和 AC 的最晚,工蚁对这 2 种饵料的取食反应最缓慢。B 的泥被面积和泥被覆盖率最大,显著大于其余 6 种饵料;C 次之,AC 的最低,不

为工蚁喜食。由此说明,来自广玉兰林分的黑翅土白蚁工蚁对 B 最喜食,饵料 B 中工蚁数量、泥被覆盖率和饵料覆盖率比其余 6 种饵料都有绝对的数值优势,诱食效果最佳。工蚁对 C 的喜食程度仅次于 B,且 C 的泥被出现时间最短,诱食效果也较理想。AC 的诱食效果最差,不为白蚁喜食。上述结果表明,来自广玉兰林分的黑翅土白蚁工蚁在食物选择过程中取食经历有一定的影响,这种影响在开始阶段特别明显,随着时间的延长,影响逐渐消失。这与 2.2 节香樟林黑翅土白蚁采食工蚁的情况类似。

表 4 来自广玉兰林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择性

饵料	工蚁数量/头	泥被出现时间/h	泥被面积/cm ²	泥被覆盖率/%	饵料被食率/%
A	11 ± 2.83 cdCD	34.0 ± 1.08 bAB	3.17 ± 0.37 dCD	12.43 ± 1.45 dCD	10.07 ± 0.88 cC
B	31 ± 2.16 aA	29.0 ± 3.34 cdBC	12.33 ± 2.35 aA	48.35 ± 9.22 aA	23.15 ± 0.33 aA
C	20 ± 1.41 bB	26.0 ± 4.02 dC	9.17 ± 0.63 bB	35.96 ± 2.47 bB	17.80 ± 1.53 bB
AB	4 ± 1.63 efE	40.0 ± 2.48 aA	1.56 ± 0.38 deD	6.12 ± 1.50 deD	4.55 ± 0.42 eE
AC	3 ± 1.41 fE	40.0 ± 2.45 aA	0.81 ± 0.21 eD	3.13 ± 0.81 eD	2.84 ± 0.18 eE
BC	15 ± 2.16 cBC	31.0 ± 2.48 bcBC	5.31 ± 0.54 cC	20.86 ± 2.11 cC	11.62 ± 0.80 cC
ABC	8 ± 0.82 deDE	35.5 ± 1.08 abAB	1.56 ± 0.10 deD	6.12 ± 0.39 deD	7.32 ± 1.04 dD

2.5 来源于香樟、麻栎、榉树混交林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择

表 5 表明:B 中工蚁数量最多,AC 次之,A 和 BC 的最少,二者无显著差异。B 的饵料被食率最高,显著高于其余 6 种饵料;AC 次之;A 和 BC 的最

低。B 和 AB 的泥被出现时间最早,工蚁对其取食反应最迅速,且二者无显著差异;AC 次之;A 的最晚。B 的泥被面积和泥被覆盖率最大,显著大于其余 6 种饵料;AC 次之;A 和 BC 的最低,显著低于其余 5 种饵料,不为白蚁喜食。

表5 来自香樟、麻栎和榉树混交林的黑翅土白蚁采食工蚁对饵料的选择性

饵料	工蚁数量/头	泥被出现时间/h	泥被面积/cm ²	泥被覆盖率/%	饵料被食率/%
A	1 ± 0.82 eD	36.0 ± 1.87 aA	0.34 ± 0.04 fF	1.33 ± 0.17 fF	3.27 ± 0.45 dE
B	22 ± 2.16 aA	20.0 ± 1.22 dC	14.50 ± 0.71 aA	56.86 ± 2.77 aA	27.22 ± 1.13 aA
C	4 ± 0.00 deD	25.0 ± 1.78 eB	2.03 ± 0.25 eE	7.96 ± 1.00 eE	6.59 ± 0.84 cDE
AB	6 ± 2.82 cdCD	20.5 ± 1.08 dBC	4.19 ± 0.21 dD	16.43 ± 0.81 dD	7.81 ± 1.44 cCD
AC	14 ± 1.41 bB	23.0 ± 1.63 cdBC	10.74 ± 0.66 bB	42.12 ± 2.61 bB	13.7 ± 3.04 bB
BC	2 ± 0.82 deD	32.0 ± 1.78 bA	0.51 ± 0.05 fF	2.00 ± 0.18 fF	2.82 ± 0.22 dE
ABC	10 ± 2.16 bcBC	24.5 ± 0.71 eBC	6.74 ± 0.28 cC	25.37 ± 1.09 cC	11.33 ± 1.18 bBC

由此可见:来自香樟、麻栎和榉树混交林分的黑翅土白蚁采食工蚁最喜食饵料 B, 比其余 6 种饵料有显著的诱食效果, AC 诱食效果仅次于 B。A 和 BC 的诱食效果最差, 不为白蚁喜食。来自香樟、麻栎和榉树混交林分的黑翅土白蚁采食工蚁对原取食材料中的香樟有一定的取食记忆, 但记忆效果并不显著。

2.6 黑翅土白蚁采食工蚁对辅食饵料的选择

从黑翅土白蚁的主食饵料筛选试验发现: 鹅掌楸树皮粉尤受黑翅土白蚁工蚁喜食, 无论是泥被出现时间、工蚁的数量, 还是泥被覆盖率及饵料被食率, 都比其余树种树皮粉及其混合物有显著优势, 诱食效果较好。因此, 黑翅土白蚁辅食饵料的选择试验以鹅掌楸树皮粉为主料, 进一步筛选出最佳比例

的小米粉和蔗糖, 从而得到最佳诱食饵料配方。为排除取食记忆的影响, 供试白蚁均采自鹅掌楸林。

2.6.1 小米粉比例的筛选 试验开始时, 20% 小米粉中工蚁数量有显著优势, 泥被出现时间最早。试验 7 d 后, 发现 15% 小米粉中工蚁数量最多, 显著多于其余 4 种不同比例小米粉; 20% 小米粉次之, 0% 小米粉的最少。15% 小米粉的饵料被食率最高, 白蚁最喜食; 20% 小米粉次之, 显著大于其余 3 种饵料; 0% 小米粉的最低, 仅为 4.27%, 白蚁不喜食。20% 小米粉的泥被出现时间最早, 对白蚁有明显的诱食作用; 15% 小米粉饵料次之, 与 20% 小米粉无显著差异; 0% 小米粉的最晚。泥被面积和泥被覆盖率: 15% 小米粉的最高, 20% 小米粉次之, 0% 小米粉的最低(表 6)。

表6 黑翅土白蚁采食工蚁对不同比例小米粉饵料的选择

饵料中小米粉的比例/%	工蚁数量/头	泥被出现时间/h	泥被面积/cm ²	泥被覆盖率/%	饵料被食率/%
0	2 ± 1.63 eD	32.0 ± 1.42 aA	2.42 ± 0.09 dD	9.49 ± 0.34 dD	4.27 ± 0.29 dD
5	6 ± 0.82 dD	26.0 ± 1.78 bB	6.50 ± 0.22 cC	25.49 ± 0.85 cC	8.54 ± 0.47 cC
10	12 ± 1.41 cC	22.5 ± 0.71 eB	6.08 ± 0.17 cC	23.84 ± 0.65 cC	9.69 ± 0.44 cC
15	33 ± 2.16 aA	12.5 ± 0.41 dC	16.20 ± 0.22 aA	63.53 ± 0.85 aA	31.40 ± 1.18 aA
20	25 ± 1.63 bB	11.0 ± 0.82 dC	11.84 ± 0.96 bB	46.43 ± 3.77 bB	14.35 ± 0.62 bB

结果表明: 黑翅土白蚁工蚁最喜食 15% 小米粉饵料, 诱食效果比其余 4 种比例小米粉饵理想。20% 小米粉饵料泥被出现时间最早, 工蚁数量、泥被覆盖率、饵料被食率仅次于 15% 小米粉, 诱食效果显著优于其余 3 种饵料。0% 小米粉诱食效果最差, 饵料被食率最低。

2.6.2 蔗糖比例的筛选 筛选试验初期, 20% 蔗糖和 15% 蔗糖泥被出现时间最短, 黑翅土白蚁采食工蚁对这 2 种饵料的取食反应最迅速, 说明糖分高有

一定的诱食作用。试验 7 d 后统计发现: 5% 蔗糖中工蚁数量最多, 显著多于其余 4 种饵料, 10% 蔗糖的次之, 0% 蔗糖的最少。5% 蔗糖的泥被覆盖率和饵料被食率最高; 10% 次之, 显著高于其余 3 种饵料; 0% 蔗糖的最低, 诱食效果不佳。由此得出, 高糖分对白蚁有短暂的显著诱食作用, 但随着时间的延长, 发现并非糖分越高越为白蚁喜食, 5% 蔗糖比例最佳(表 7)。

表7 黑翅土白蚁采食工蚁对不同比例蔗糖饵料的选择性

饵料中蔗糖的比例/%	工蚁数量/头	泥被出现时间/h	泥被面积/cm ²	泥被覆盖率/%	饵料被食率/%
0	3 ± 0.82 dD	32.5 ± 1.47 aA	5.32 ± 0.35 dD	20.86 ± 1.36 dD	6.88 ± 0.27 dC
5	35 ± 2.45 aA	21.0 ± 0.71 bB	13.27 ± 0.62 aA	52.04 ± 2.42 aA	29.94 ± 1.28 aA
10	17 ± 1.41 bB	19.5 ± 1.08 bB	10.08 ± 0.20 bB	39.53 ± 0.78 bB	14.20 ± 0.65 bB
15	9 ± 1.63 cC	11.5 ± 0.41 cC	7.41 ± 0.30 cC	29.06 ± 1.17 cC	9.36 ± 0.61 cC
20	9 ± 0.82 cC	13.0 ± 0.41 cC	7.07 ± 0.25 cC	27.73 ± 0.97 cC	7.55 ± 0.12 dC

综合上述试验结果:以鹅掌楸树皮粉为主食饵料,配 15% 小米粉和 5% 蔗糖,对黑翅土白蚁采食工蚁诱食效果最佳。不同蚁巢的采食工蚁对原来取食的材料具有一定的适应性,即存在取食记忆现象,主要表现初期的取食选择。取食记忆的影响程度与原取食材料在食物资源中的喜嗜程度有关,如果取食选择试验中遇到更喜食的食物,这种记忆消失较快;反之,则保持较长时间或一直持续。

3 结论与讨论

植食性昆虫对寄主植物的选择与取食经历有关^[16],取食经历能够改变其取食行为,进而导致对寄主植物选择的改变^[17-18]。如烟草夜蛾(*Heliothis assulta* Guenee)和海灰翅夜蛾(*Spodoptera littoralis* Boisduval)幼虫对早期取食经历的寄主植物挥发物有更强的定向反应,进而影响对寄主植物的选择^[19-20]。本研究表明:白蚁采食工蚁也存在取食记忆现象,记忆强度与原取食材料有关,来自香樟林的黑翅土白蚁采食工蚁取食记忆较弱,来自广玉兰林和混交林(香樟、麻栎、榉树人工林)的稍强,来自鹅掌楸林的取食记忆最显著。黑翅土白蚁采食工蚁的取食记忆主要表现为取食开始阶段,一段时间后逐渐减退消失,表现为对嗜食材料的取食。取食记忆的持续时间与原取食材料在食物资源中的嗜食序列有关,如果原取食材料属于食物选择试验中最嗜食物质,取食记忆可持续存在。否则,一定时间后发生食物选择的改变。由此分析,取食记忆现象对诱饵防治的影响与白蚁对主食饵料以及林间食物资料的喜嗜程度有关,饵料的诱食效果优于林间食物,就可以克服取食记忆的影响,进而研制出适用于较大范围的诱饵;而对饵料诱食效果的评价,需要综合初期和一段时间后的表现,以克服取食记忆的影响,较为全面准确地反映采食工蚁的喜嗜程度。

糖类对散白蚁属(*Reticulitermes* Holmgren)一些种类以及台湾乳白蚁(*Coptotermes formosanus* Shiraki)等的诱食效果明显^[21-22],但不同种类白蚁的糖类用量差异较大,如张健华等^[23]发现,50%的蔗糖对台湾乳白蚁具有较强的引诱效果,15%的蔗糖对黄胸散白蚁(*Reticulitermes speratus* Rolbe)具有一定的引诱效果。本研究发现,5%蔗糖具有最佳诱食效果,用量高于5%仍然具有一定的诱食效果,且这种效果在开始取食阶段较为明显,一段时间后,饵料中的取食工蚁数量明显减少。表明采食工蚁对糖类的

感知和取食的阈值存在较大差异,较高浓度的糖类不利于取食。

白蚁对自然材料的取食选择,受营养含量、密度、次生化合物、含水量等因子的影响,对一些广布种,取食选择性受不同分布区内植物区系差异的影响,使同种白蚁在不同地区表现出不同的食物选择结果。就黑翅土白蚁而言,不同作者进行的取食选择试验结果也存在明显差异^[11-13]。本文根据一周后饵料中的工蚁数量、泥被出现时间、泥被面积、泥被覆盖率、饵料被食率进行评价,获得的最佳饵料配方为鹅掌楸树皮粉 80%、小米粉 15%、蔗糖 5%。这一结果基本适应南京地区阔叶林的情况,其他林分的适用情况,还需要进一步评价。由于主食饵料的选择使用了不同树种的树皮粉,因此,基本可以排除质地、密度、含水量等因子的影响,即取食选择可能与其中的化学成分,如营养和次生物质含量有关,有待进一步研究探索。

参考文献:

- [1] 徐志德,李德运,周贵清,等.黑翅土白蚁的生物学特性及综合防治技术[J].昆虫知识,2007,44(5):763-769.
- [2] 李 栋,庄天勇,田伟金,等.白蚁管漏的成因及其治理[J].昆虫知识,2001,38(3):182-185.
- [3] Morales-Ramos J A, Rojas M G. Nutritional ecology of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae): growth and survival of incipient colonies feeding on preferred wood species[J]. Journal of Economic Entomology, 2003, 96(1): 106-116.
- [4] 张韶红,梁小松,徐刘平,等.大家白蚁对几种饵剂的选择性[J].昆虫知识,2008,45(4):589-592.
- [5] Bernays E A, Chapman R F. Host-plant selection by phytophagous insects[M]. New York: Springer Press, 1994.
- [6] Fernandez P, Hilker M. Host plant location by Chrysomelidae[J]. Basic and Applied Ecology, 2007, 8(2): 97-116.
- [7] Cao Z, Wang H, Meng L, et al. Risk to nontarget plants from *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biological control agent of alien invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) in China [J]. Applied Entomology and Zoology, 2011, 46(3): 375-381.
- [8] 曹振军,孟 玲,李保平.野外条件下广聚萤叶甲对豚草的产卵选择[J].昆虫学报,2011,54(11):1297-1304.
- [9] Dernovici S A, Teshler M P, Watson A K. Is sunflower (*Helianthus annuus*) at risk to damage from *Ophraella communa*, a natural enemy of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) [J]. Biocontrol Science and Technology, 2006, 16(7): 669-686.
- [10] 曹 欢,汤清波,马 英,等.不同取食经历的棉铃虫幼虫对糖和肌醇的味觉电生理反应[J].河南农业大学学报,2013,47(3):306-312.
- [11] 黄求应,雷朝亮,薛 东.黑翅土白蚁的食物选择性研究[J].

- 林业科学, 2005, 41(5): 91-95.
- [12] 李 静, 袁晓栋, 许如银, 等. 黑翅土白蚁对不同木材及其处理方法偏好性的研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2013, 19(1): 7.
- [13] 江建国, 张文颖, 曾文豪, 等. 天然饵料引诱黑翅土白蚁野外试验[J]. 中国森林病虫, 2011, 30(1): 33-34, 14.
- [14] Reinhard J, Hertel H, Kaib M. Systematic search for food in the subterranean termite *Reticulitermes santonensis* De Feytaud (Isoptera, Rhinotermitidae)[J]. *Insectes Sociaux*, 1997, 44(2): 147-158.
- [15] 宋晓钢. “白蚁诱饵剂”饵料的筛选试验[J]. 白蚁科技, 1993, 10(2): 11-15.
- [16] Szentesi A, Jermy T. The role of experience in host plant choice by phytophagous insects[J]. *Insect-Plant Interactions*, 1990, 2: 39-74.
- [17] Radžiūtė S, Būda V. Host feeding experience affects host plant odour preference of the polyphagous leafminer *Liriomyza bryoniae* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2013, 146(2): 286-292.
- [18] Papaj D R, Prokopy R J. Ecological and evolutionary aspects of learning in phytophagous insects[J]. *Annual Review of Entomology*, 1989, 34(1): 315-350.
- [19] Saxena K N, Schoonhoven L M. Induction of orientational and feeding preferences in *Manduca sexta* larvae for different food sources[J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1982, 32(2): 173-180.
- [20] Carlsson M A, Anderson P, Hartlieb E, *et al.* Experience-dependent modification of orientational response to olfactory cues in larvae of *Spodoptera littoralis*[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 1999, 25(11): 2445-2454.
- [21] Waller D A, Curtis A D. Termite (Rhinotermitidae; Reticulitermes) preference for sugar-coated foods[C]. Presentation at the Annual Meeting of the Entomological Society of America, Louisville, Kentucky, 1996.
- [22] Reinhard J, Karb M. Thin layer chromatography assessing feeding stimulation by labial gland secretion compared to synthetic chemicals in the subterranean termite *Reticulitermes santonensis*[J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2001, 27: 175-187.
- [23] 张健华, 张 曼, 黄 文, 等. 蔗糖, 甜蜜素与白酒对白蚁引诱效应的分析[J]. 湖南文理学院学报:自然科学版, 2005, 16(4): 56-58.