



聂蕾, 熊煜, 许益鏊. 3种生境蚂蚁群落组成和觅食动态调查 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (4): 916–924.

3种生境蚂蚁群落组成和觅食动态调查

聂蕾^{*}, 熊煜^{*}, 许益鏊^{**}

(华南农业大学昆虫学系, 广州 510642)

摘要: 蚂蚁是地球上最常见、数量最多的一类昆虫, 是指示生物多样性和环境变化的重要物种。大多数蚂蚁由于其社会性而具有群体觅食的特点, 然而不同蚂蚁种类由于食性的差异以及种间竞争等原因会产生觅食节律的分化。为研究相同生境中不同种类蚂蚁觅食规律的差异, 本研究分别用 20% 蔗糖水和鸡肉火腿肠以诱饵法诱集湖边、树林、荔枝园 3 种生境中的蚂蚁, 以此确定不同生境中的优势蚂蚁种类及其觅食行为随时间的动态变化。研究表明, 虽然不同生境诱集到的蚂蚁种类数无显著差异, 但诱集到的蚂蚁数量则差异显著。不同生境的优势种也不一样, 湖边的最大优势种为小头蚁 (44.21%); 树林的优势种为白跗节狡臭蚁 (67.36%)、小头蚁、宽结大头蚁; 荔枝园的最大优势种为小头蚁 (63.46%)。结果发现, 大多数情况下不同调查时间点上觅食工蚁数或同一时间点上不同蚂蚁的数量之间的差异并无统计学意义。研究结果将为不同生境蚂蚁群落多样性的研究提供理论基础。

关键词: 蚂蚁; 湖边; 树林; 荔枝园; 诱饵法; 觅食规律

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 04-916-09

Study on the community structure and dynamics of foraging activity of ants in three habitats

NIE Lei^{*}, XIONG Yu^{*}, XU Yi-Juan^{**} (Department of Entomology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Ants are the most common and abundant insects on the earth. They are important species indicating biodiversity and environmental change. Most ants have the characteristics of group foraging because of their sociality. However, different species of ants have different foraging rhythms due to differences in feeding habits and interspecific competition. In order to study the differences of feeding patterns among different species of ants in the same habitat, 20% sucrose water and chicken ham sausage were used to lure ants from lakeside, forest and litchi orchard to determine the dynamic changes of dominant ant species and their foraging behavior over time in different habitats. The results showed that although there was no significant difference in the number of ants trapped in different habitats, there was significant difference in the number of ants trapped. The dominant species in different habitats were also different. The largest dominant species in the lakeside forests, forest and litchi orchard are *Pheidole parva* Mayr (44.21%), *Technomyrmex aibipes* (Smith) (67.36%) and *Pheidole parva* Mayr (63.46%) respectively. The results showed that in most cases, there was no significant difference in the number of

基金项目: 广东省自然科学基金 (2017A030313166); 珠海市动物疫病预防控制中心委托项目 (2019, 2020)

^{*} 第一作者简介: 聂蕾, 女, 1998 年生, 河南南阳人, 本科, 主要研究方向为植物保护, E-mail: 631445836@qq.com

^{*} 共同第一作者简介: 熊煜, 1997 年生, 湖北人, 本科, 主要研究方向为植物保护, E-mail: 781060235@qq.com

^{**} 通讯作者 Author for correspondence: 许益鏊, 男, 博士, 教授, 主要研究方向为入侵生物学与害虫生态控制, E-mail: xuyijuan@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-08-10; 接受日期 Accepted: 2019-08-23

foraging workers at different time points or in the number of different ants at the same time point. The results provide a theoretical basis for the study of ant community diversity in different habitats.

Key words: Ants; lakeside; forest; litchi orchard; baiting; foraging dynamics

蚂蚁是地球上生物量最大的类群之一, 发挥着重要的生态服务功能。迄今为止, 已有超过 12 000 个物种被描述, 并且有许多蚂蚁种类还没有被鉴定 (Lach *et al.*, 2009)。由于蚂蚁的多样性以及在所有能级水平的生态重要性都非常高、很容易采集以及对生态变化的敏感性, 已经成为指示生物多样性和环境变化的重要物种 (Andersen, 1990; Alonso, 2000; Kaspari and Majer, 2001)。随着人们对生态环境重视程度的提升, 以蚂蚁作为指示生物对生态恢复状况进行评价受到了许多国家的重视 (Osborn *et al.*, 1999; Watt *et al.*, 2002)。

生态位分化被认为是物种共存的主要机制, 不同蚂蚁种类占据不同的营养生态位, 但具有类似生态位的物种如何避免竞争排斥仍然存在争议 (Houadria *et al.*, 2015)。调查生境中不同蚂蚁觅食动态规律可为深入理解这一问题提供科学依据。诱饵法是一种操作简便、经济合理、应用广泛的蚂蚁群落多样性调查以及蚂蚁觅食行为的研究手段 (李巧等, 2009; Kaspari and Yanoviak, 2001)。为研究相同生境中不同种类蚂蚁觅食规律的差异, 及进一步比较不同蚂蚁营养生态位差异提供依据, 本研究分别用 20% 蔗糖溶液和鸡肉火腿肠以诱饵法诱集湖边、树林、荔枝园 3 种生境中的蚂蚁, 以此确定不同生境中的优势蚂蚁种群及其觅食行为随时间的动态变化。

1 材料与方法

1.1 调查地点

本研究在广东省广州市华南农业大学校园内进行调查, 调查取样在 2018 年 3 月底至 4 月底完

成, 此时广州平均月雨量达 200 mm, 平均湿度达 84%。在每日中午 12 点至下午 5 点间蚂蚁觅食活动较活跃时进行诱集, 平均气温为 25 ~ 30℃。所调查的 3 个生境分别为湖边、树林和果园。湖边生境选取校园内沼泽湖畔 (图 1 左), 该生境中植被种类丰富, 主要有宫粉羊蹄甲 *Bauhinia variegata* Linn.、水鬼蕉 *Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.、香蕉 *Musa nana* Lour.、蒲桃 *Syzygium jambos* (Linn.) Alston、大叶相思 *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth 以及狗牙根 *Cynodon dactylon* (Linn.) Pers.、含羞草 *Mimosa pudica* Linn.、香菇草 *Hydrocotyle vulgaris* L.、白花鬼针草 *Bidens pilosa* Linn. var. *radiata* Sch. – Bip.、蜚螞菊 *Wedelia chinensis* (Osbeck.) Merr. 等杂草。树林生境选取校园内树林 (图 1 中), 植被以人面子 *Dracontomelon duperreanum* Pierre、假槟榔 *Archontophoenix alexandrae* (F. Muell.) H. Wendl. et Drude、桉树 *Eucalyptus robusta* Smith、短穗鱼尾葵 *Caryota mitis* Lour. 为主。果园生境选取园艺学院荔枝园 (图 1 右), 该生境中除主要种植荔枝 *Litchi chinensis* Sonn. 外, 密布着白花鬼针草 *Bidens pilosa* Linn. var. *radiata* Sch. – Bip. 等常见杂草。每种生境选取 3 个面积均约为 1 300 m² 的小区, 小区间隔约为 50 m。

1.2 试验材料

蔗糖 (太古白砂糖, 太古糖业 (中国) 有限公司, 广州) 溶液用水配制为 20% 浓度后, 用移液枪加入 30 ~ 60 mL 透明塑料瓶中, 用纸折叠后的一节卷纸纸巾塞入瓶中蘸吸糖液以防止蚂蚁觅食时被淹死。火腿肠 (双汇精制鸡肉肠, 河南双汇集团有限公司, 漯河市) 切为厚度为 2 ~ 3 mm 的薄片, 每诱瓶放入一片备用。



图 1 湖边 (左)、树林 (中) 和荔枝园 (右) 生境现场照片

Fig. 1 Photos of lakeside (left), forest (middle) and litchi orchard (right) habitats

1.3 调查方法

每种诱饵在每个小区放置 50 个诱瓶进行取样, 每瓶间隔 4 ~ 6 m, 重复 3 个小区。用蔗糖溶液引诱, 设置 30 min、60 min、90 min、120 min、150 min 共 5 个调查时间点, 每个时间点回收 10 个诱瓶。用火腿肠引诱, 设置 15 min、30 min、45 min、60 min、75 min 共 5 个调查时间点, 每个时间点回收 10 个诱瓶。

1.4 标本鉴定

诱集到的蚂蚁用 90% 酒精浸泡, 整理后进行种类鉴定。

1.5 数据处理

采用卡方检验比较不同生境和不同饵料诱集的蚂蚁种类数和个体数量。用单因素方差分析比较 3 种生境蚂蚁在 5 个不同观察时间分别对蔗糖溶液和火腿肠的觅食强度以及每个观察时间 3 种不同生境蚂蚁对蔗糖溶液的觅食强度, 采用 DMRT 法进行多重比较。采用单因素方差分析比较不同

生境不同诱饵优势种在 5 个不同观察时间的觅食强度以及每个观察时间下不同优势种的觅食强度差异, 采用 DMRT 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 3 种生境蚂蚁种类多样性和结构分析

综合蔗糖溶液和火腿肠诱集的结果, 在湖边生境共诱集 10 194 头蚂蚁, 分属于 3 亚科、8 属、8 种 (表 1)。其中, 切叶蚁亚科 4 属 4 种, 臭蚁亚科 2 属 2 种, 蚁亚科 2 属 2 种。在树林生境共诱集 25 382 头蚂蚁, 分属于 4 亚科、6 属、9 种。其中, 猛蚁亚科 1 属 1 种, 切叶蚁亚科 2 属 3 种, 臭蚁亚科 1 属 1 种, 蚁亚科 2 属 4 种。在荔枝园生境共诱集 9 022 头蚂蚁, 分属于 4 亚科、7 属、7 种。在诱到的蚂蚁中, 小家蚁属、弓背蚁属、尼氏蚁属未能鉴定到种的蚂蚁均各算作 1 种。

表 1 3 种生境蚂蚁类群物种组成

Table 1 Species composition of ants in three habitats

蚂蚁种类 Ant species	诱集工蚁数 (头) Number of workers trapped								
	湖边 Lakeside			树林 Forest			荔枝园 Litchi orchard		
	X ₁	Y ₁	X ₁ + Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₂ + Y ₂	X ₃	Y ₃	X ₃ + Y ₃
猛蚁亚科 Ponerinae									
齿猛蚁属 <i>Odontoponera</i> Mayr									
横纹齿猛蚁 <i>O. transversa</i> (Smith)	0	0	0	8	51	59	6	12	18
切叶蚁亚科 Myrmicinae									
大头蚁属 <i>Pheidole</i> Westwood									
宽结大头蚁 <i>P. noda</i> Smith	0	0	0	209	1 549	1 758	0	0	0
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	1 620	2 887	4 507	536	4 789	5 325			
举腹蚁属 <i>Crematogaster</i> Lund									
黑褐举腹蚁 <i>C. rogenhoferi</i> Mayr	32	10	42	0	0	0	15	0	15
铺道蚁属 <i>Tetramorium</i> Mayr									
沃尔什铺道蚁 <i>T. walshi</i> Forel	5	10	15	8	0	8	2	322	324
小家蚁属 <i>Monomorium</i> Mayr									
未定种小家蚁 <i>Monomorium</i> sp.	87	2 591	2 678	0	0	0	0	0	0
臭蚁亚科 Dolichoderinae									
酸臭蚁属 <i>Tapinoma</i> Foerster									
黑头酸臭蚁 <i>T. Melanocephalum</i> (Fabricius)	1 183	1 337	2 520	0	0	0	1 694	968	2 932

2.2 蚂蚁的觅食动态分析

2.2.1 蚂蚁对不同类型诱饵的觅食动态

在湖边生境, 蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量在 90 min 达到最大; 在树林生境, 蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量在 120 min 达到最大; 在荔枝园生境, 蚂蚁对蔗糖溶液的觅食在 150 min 达到最大 (表 3)。尽管在 3 种生境蚂蚁觅食数量随时间变化偶有上下波动, 蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量基本随时间增长而增加。但觅食蔗糖溶液的蚂蚁数量在每种生境的 5 个观察时间差异均不显著 (湖边:

$F=0.648$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.641$; 树林: $F=1.461$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.285$; 荔枝园: $F=1.547$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.262$)。在每个观察时间, 3 种生境间蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量差异均不显著 (30 min: $F=1.215$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.361$; 60 min: $F=0.786$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.498$; 90 min: $F=2.600$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.154$; 120 min: $F=0.691$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.537$; 150 min: $F=0.305$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.748$)。

表 3 不同生境蚂蚁对 20% 蔗糖溶液的觅食数量 (Mean $\pm$ SE)

Table 3 Number of ants foraging for 20% sucrose solution in different habitats

生境 Habitat	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min
湖边 Lakeside	168.00 $\pm$ 94.88 aA	189.67 $\pm$ 74.85 aA	286.33 $\pm$ 50.34 aA	246.00 $\pm$ 12.74 aA	212.60 $\pm$ 27.17 aA
树林 Forest	27.67 $\pm$ 15.10 aA	169.67 $\pm$ 57.09 aA	193.33 $\pm$ 64.13 aA	373.00 $\pm$ 240.16 aA	335.67 $\pm$ 24.85 aA
荔枝园 Litchi orchard	84.33 $\pm$ 55.50 aA	90.67 $\pm$ 40.03 aA	123.33 $\pm$ 32.67 aA	159.33 $\pm$ 35.51 aA	361.33 $\pm$ 187.83 aA

注: 同一生境, 相同小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (DMRT 法); 同一观察时间, 相同大写字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (DMRT 法)。下表同。Note: In the same habitat, the same lower-case letters show no significant difference at the level of 0.05 (DMRT); in the same observation time, the same upper-case letters show no significant difference at the level of 0.05 (DMRT)。

在湖边生境, 蚂蚁对火腿肠的觅食数量在 75 min 达到最大; 在树林生境, 蚂蚁对火腿肠的觅食数量在 45 min 达到最大; 在荔枝园生境, 蚂蚁对火腿肠的觅食在 75 min 达到最大 (表 4)。尽管在 3 种生境蚂蚁觅食数量随时间变化偶有上下波动, 蚂蚁对火腿肠的觅食数量基本随时间增长而增加。觅食火腿肠的蚂蚁数量在湖边的 5 个观察时间差异显著 ($F=1.976$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.174$)。但觅食火腿肠的蚂蚁数量在另外两种生境的 5 个观察时间差异均不显著 (树林: $F=0.799$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.553$; 荔枝园: $F=1.504$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.273$)。蚂蚁在树林的觅食数量明显多于湖边和荔枝园。在第 45 min, 3 种生境间蚂蚁对火腿肠的觅食数量差异显著 ($F=27.211$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.001$)。但在其他 4 个观察时间, 3 种生境间蚂蚁对火腿肠的觅食数量差异均不显著 (15 min: $F=3.632$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.093$; 30 min: $F=4.152$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.074$; 60 min: $F=1.571$, $df_1=2$,

$df_2=12$, $P=0.283$; 75 min: $F=1.098$; $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.392$)。

2.2.2 优势种蚂蚁觅食工蚁数量的时间动态

湖边 3 种优势蚂蚁在 5 个不同观察时间觅食蔗糖溶液的数量差异均不显著 (表 5) (小大头蚁: $F=0.707$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.605$; 黑头酸臭蚁: $F=0.554$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.701$; 未定种小家蚁: $F=0.669$, $df_1=4$, $df_2=10$, $P=0.628$)。在第 120 min, 黑头酸臭蚁觅食蔗糖数量明显高于另外两种优势蚂蚁, 3 种优势蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量差异显著 ($F=4.584$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.062$)。在其他 4 个观察时间, 小大头蚁对蔗糖溶液的觅食数量高于另外两种优势蚂蚁, 但 3 种蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量差异均不显著 (30 min: $F=0.826$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.482$; 60 min: $F=1.898$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.230$; 90 min: $F=1.412$, $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.314$; 150 min: $F=2.876$; $df_1=2$, $df_2=12$, $P=0.133$)。

表 4 不同生境蚂蚁对火腿肠的觅食数量 (Mean ± SE)
Table 4 Number of ants foraging for chicken and ham sausage in different habitats

生境 Habitat	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min
湖边 Lakeside	277.33 ± 159.37 aA	318.33 ± 172.33 abA	411.00 ± 14.57 abA	383.33 ± 151.12 abA	979.00 ± 361.57 bA
树林 Forest	917.33 ± 327.59 aA	857.67 ± 103.06 aA	2 054.67 ± 215.81 aB	1 878.67 ± 1 095.77 aA	1 768.00 ± 793.24 aA
荔枝园 Litchi orchard	153.00 ± 79.00 aA	310.00 ± 175.63 aA	454.00 ± 223.54 aA	565.33 ± 218.74 aA	737.33 ± 184.89 aA

表 5 湖边不同蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量 (Mean ± SE)
Table 5 Number of foraging for sucrose solution by different ants in Lakeside

蚂蚁种类 Ant species	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	119.00 ± 114.53 aA	94.67 ± 30.12 aA	149.33 ± 98.44 aA	2.00 ± 2.00 aA	160.67 ± 67.36 aA
黑头酸臭蚁 <i>T. melanocephalum</i> Fabricius	28.33 ± 28.33 aA	70.00 ± 48.14 aA	60.00 ± 45.39 aA	118.33 ± 48.77 aB	58.00 ± 45.62 aA
未定种小家蚁	0.67 ± 0.33 aA	6.67 ± 5.70 aA	1.67 ± 1.20 aA	16.33 ± 15.84 aAB	3.67 ± 3.67 aA

注: 同一种蚂蚁, 相同小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (DMRT 法); 同一观察时间, 相同大写字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (DMRT 法)。下表同。Note: For the same ant species, there is no significant difference between the same lower-case letters at 0.05 level (DMRT); for the same observation time, there is no significant difference between the same upper-case letters at 0.05 level (DMRT).

湖边 3 种优势蚂蚁在 5 个不同观察时间觅食火腿肠的数量差异均不显著 (表 6) (小大头蚁: $F = 0.154$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.957$; 黑头酸臭蚁: $F = 1.769$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.212$; 未定种小家蚁: $F = 0.571$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.690$)。在 5 个不同观察时间, 3 种蚂蚁对火腿肠

溶液的觅食数量差异均不显著 (15 min: $F = 1.306$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.338$; 30 min: $F = 1.219$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.360$; 45 min: $F = 2.482$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.164$; 60 min: $F = 0.526$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.616$; 75 min: $F = 0.074$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.929$)。

表 6 湖边不同蚂蚁对火腿肠的觅食数量 (Mean ± SE)
Table 6 Number of ham sausage foraging by different ants in lakeside

蚂蚁种类 Ant species	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	174.33 ± 112.71 aA	123.00 ± 81.08 aA	221.67 ± 81.98 aA	217.67 ± 185.18 aA	260.00 ± 168.93 aA
黑头酸臭蚁 <i>T. melanocephalum</i> Fabricius	27.33 ± 14.75 aA	9.00 ± 9.00 aA	2.33 ± 2.33 aA	85.00 ± 44.98 aA	302.67 ± 205.97 aA
未定种小家蚁	54.67 ± 33.52 aA	162.67 ± 94.92 aA	177.00 ± 97.53 aA	74.33 ± 8.76 aA	403.67 ± 385.81 aA

树林优势蚂蚁白跗节狡臭蚁和宽结大头蚁在 5 个不同观察时间对蔗糖的觅食数量差异显著

(表 7) (白跗节狡臭蚁: $F = 1.783$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.209$; 宽结大头蚁: $F = 3.015$, $df_1 = 4$,

$df_2 = 10$, $P = 0.071$), 小大头蚁在 5 个不同观察时间对蔗糖的觅食数量差异不显著 ($F = 1.369$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.312$)。白跗节狡臭蚁觅食蔗糖数量明显高于另外两种优势蚂蚁。在第 150 min, 3 种优势蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量差异显著 ($F = 13.602$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P =$

0.006)。但在其他 4 个观察时间, 3 种蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量差异均不显著 (30 min: $F = 1.000$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.422$; 60 min: $F = 3.207$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.113$; 90 min: $F = 0.036$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.965$; 120 min: $F = 0.715$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.527$)。

表 7 树林不同蚂蚁对蔗糖的觅食数量 (Mean $\pm$ SE)

Table 7 Number of sucrose foraging by different ants in forest

蚂蚁种类 Ant species	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min
白跗节狡臭蚁 <i>T. aibipes</i> (Smith)	2.00 $\pm$ 2.00 aA	112.33 $\pm$ 40.46 abA	70.00 $\pm$ 69.50 abA	142.67 $\pm$ 130.37 abA	273.33 $\pm$ 70.18 bA
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	0.00 $\pm$ 0.00 aA	38.33 $\pm$ 33.38 aA	54.00 $\pm$ 35.73 aA	71.33 $\pm$ 20.63 aA	15.00 $\pm$ 14.50 aB
宽结大头蚁 <i>P. noda</i> Smith	0.00 $\pm$ 0.00 aA	6.33 $\pm$ 3.76 aA	54.33 $\pm$ 28.26 bA	14.00 $\pm$ 2.65 abA	3.33 $\pm$ 1.45 aB

树林 3 种优势蚂蚁在 5 个不同观察时间觅食火腿肠的数量差异均不显著 (表 8) (白跗节狡臭蚁: $F = 0.363$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.829$; 小大头蚁: $F = 1.185$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.375$; 宽结大头蚁: $F = 1.336$, $df_1 = 4$, $df_2 = 10$, $P = 0.322$)。白跗节狡臭蚁觅食火腿肠数量明显高于另外两种优势蚂蚁。在第 45 min, 3 种优势蚂蚁觅

食火腿肠的数量差异显著 ($F = 5.486$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.044$)。但在另外 4 个不同观察时间, 3 种蚂蚁对蔗糖溶液的觅食数量差异均不显著 (15 min: $F = 2.499$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.162$; 30 min: $F = 1.912$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.228$; 60 min: $F = 0.797$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.493$; 75 min: $F = 1.447$, $df_1 = 2$, $df_2 = 12$, $P = 0.307$)。

表 8 树林不同蚂蚁对火腿肠的觅食数量 (Mean $\pm$ SE)

Table 8 Number of ham sausage foraging by different ants in forest

蚂蚁种类 Ant species	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min
白跗节狡臭蚁 <i>T. aibipes</i> (Smith)	639.67 $\pm$ 350.36 aA	401.67 $\pm$ 147.83 aA	1 122.00 $\pm$ 233.21 aA	1 104.00 $\pm$ 965.49 aA	1 364.67 $\pm$ 999.92 aA
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	106.33 $\pm$ 47.34 aA	321.33 $\pm$ 98.63 aA	655.00 $\pm$ 201.50 aAB	350.00 $\pm$ 339.00 aA	163.67 $\pm$ 160.68 aA
宽结大头蚁 <i>P. noda</i> Smith	54.33 $\pm$ 31.76 aA	94.00 $\pm$ 91.51 aA	256.00 $\pm$ 88.04 aB	87.00 $\pm$ 39.58 aA	125.00 $\pm$ 65.26 aA

荔枝园优势蚂蚁黑头酸臭蚁在 5 个不同观察时间对蔗糖的觅食数量差异显著 (表 9) ($F = 1.759$, $df_1 = 4$, $df_2 = 5$, $P = 0.214$), 小大头蚁对蔗糖的觅食数量差异不显著 ($F = 0.495$, $df_1 = 4$, $df_2 = 5$, $P = 0.740$)。在 5 个不同观察时间, 两种荔枝园优势蚂蚁对蔗糖的觅食数量差异均不显著

(30 min: $F = 2.107$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.220$; 60 min: $F = 1.905$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.140$; 90 min: $F = 1.311$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.316$; 120 min: $F = 0.024$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.885$; 150 min: $F = 2.298$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.204$)。

表 9 荔枝园不同蚂蚁对蔗糖的觅食数量 (Mean ± SE)
Table 9 Number of sucrose foraging by different ants in litchi orchard

蚂蚁种类 Ant species	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	81.33 ± 55.34 aA	18.67 ± 3.67 aA	30.00 ± 18.15 aA	70.00 ± 64.58 aA	31.00 ± 11.53 aA
黑头酸臭蚁 <i>T. melanocephalum</i> Fabricius	1.00 ± 0.58 aA	67.00 ± 34.83 abA	88.00 ± 47.29 abA	82.67 ± 50.75 abA	326.00 ± 194.28 bA

荔枝园两种优势蚂蚁在 5 个不同观察时间对火腿肠的觅食数量差异不显著 (表 10) (小大头蚁: $F = 1.176$, $df_1 = 4$, $df_2 = 5$, $P = 0.378$; 黑头酸臭蚁 $F = 2.53$, $df_1 = 4$, $df_2 = 5$, $P = 0.136$)。在 5 个不同观察时间, 两种荔枝园优势蚂蚁对火腿肠的觅食数量差异均不显著 (15 min: $F = 2.107$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.220$; 30 min: $F = 1.905$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.140$; 45 min: $F = 1.311$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.316$; 60 min: $F = 0.024$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.885$; 75 min: $F = 2.298$, $df_1 = 1$, $df_2 = 8$, $P = 0.204$)。

表 10 荔枝园不同蚂蚁对火腿肠的觅食数量 (Mean ± SE)
Table 10 Number of different ants foraging for ham sausage in litchi orchard

蚂蚁种类 Ant species	觅食工蚁数量 (头/小区) Number of foraging				
	15 min	30 min	45 min	60 min	75 min
小大头蚁 <i>P. parva</i> Mayr	39.33 ± 24.74 aA	298.67 ± 179.99 aA	425.00 ± 227.87 aA	335.67 ± 159.09 aA	578.67 ± 236.27 aA
黑头酸臭蚁 <i>T. melanocephalum</i> Fabricius	3.00 ± 1.53 aA	0.00 ± 0.00 aA	6.33 ± 4.10 aA	201.67 ± 73.96 aA	111.67 ± 111.67 aA

3 结论与讨论

在长期的进化中, 不同蚂蚁形成了各自独特的觅食和生境偏好。本研究发现, 虽然 3 种生境蚂蚁的种类数无显著差异, 但是不同生境诱集到的具体种类则略有不同。比如, 宽结大头蚁和黄尼氏蚁仅在树林生境中诱集到, 而黑头酸臭蚁则只出现在湖边和荔枝园生境中。这可能是由于宽结大头蚁和黄尼氏蚁偏好在林边等相对荫蔽的生境中活动, 而流浪蚁黑头酸臭蚁则喜欢在人类干扰活动强度较大的生境出没 (King and Green, 1993; Katayama and Tsuji, 2010)。另外, 树林生境中所诱集的蚂蚁数量最大, 主要贡献来自白跗节狡臭蚁 (67.36%), 说明优势种的数量往往可能决定了整个生境的蚂蚁总数量 (齐国君等,

2015)。在蚂蚁类群中, 种间的竞争往往受食物资源争夺量的直接影响 (Wilder *et al.*, 2011)。在多年无人管理的荔枝园内, 黑头酸臭蚁、皮氏大头蚁 *Pheidole pili* Santschi、伊大头蚁 *Pheidole yeensis* Forel 为优势蚂蚁种群 (吴碧球等, 2008a)。在以白花鬼针草为主要植被的杂草地中, 黑头酸臭蚁、亮红大头蚁 *Pheidole fervida* F. Smith、皮氏大头蚁在该生境中占优势地位 (黄煜权, 2016)。这也说明, 黑头酸臭蚁和皮氏大头蚁等入侵物种更倾向分布于被干扰强度较大的生境。

本研究发现大多数调查时间点上觅食工蚁数或同一时间点上不同蚂蚁的数量之间无显著差异, 这可能是由于空间的异质性较大导致不同重复之间的差异较大所致。另外, 温度、光照等环境因素以及投放诱饵数量有限、取样时间的控制不够准确等人为因素也可能是导致结果不准确的原因。

在草坪、荒草地、荔枝园 3 种生境下, 火腿肠、蜂蜜、黄粉虫幼虫及花生油 4 种诱饵的蚂蚁觅食研究中, 生境对蚂蚁觅食效率的影响最大, 其次是食物, 而红火蚁入侵和生境两者间存在明显的交互作用, 共同影响蚂蚁的觅食效率 (吴碧球等, 2008 b)。

不同蚂蚁在发现食物的速度以及攻击性方面的差异可能会导致觅食时间上的分化, 如研究发现黑头酸臭蚁能比红火蚁更快发现食物, 但是随着时间的延长红火蚁的竞争优势明显, 逐渐赶走食物上的黑头酸臭蚁。在湖边用蔗糖溶液诱集蚂蚁, 尽管小大头蚁在 30 min、60 min、90 min、150 min 时多于其他蚂蚁, 但黑头酸臭蚁在 120 min 时占据显著数量优势。在树林用蔗糖溶液诱集蚂蚁, 白跗节狡臭蚁在 150 min 时占据显著数量优势。但这不足以说明黑头酸臭蚁或白跗节狡臭蚁在觅食竞争后期会比其他蚂蚁占据更大优势, 还需要设置更长的观察时间才能确定。

致谢: 特别感谢广西师范大学陈志林博士在蚂蚁种类鉴定方面提供帮助。

参考文献 (References)

- Alonso LE. Ants as indicators of diversity. In: Agosti D, Majer J, Alonso LE, *et al.* Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity [M]. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2000: 80–88.
- Andersen AN. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: A review and a recipe [J]. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, 1990, 16: 347–357.
- Cheng DF, Chen SQ, Huang YQ, *et al.* Symbiotic microbiota may reflect host adaptation by resident to invasive ant species [J]. *PLoS Pathogens*, 2019, 15 (7): e1007942.
- Hölldobler B. Territorial behavior in the green tree ant (*Oecophylla smaragdina*) [J]. *Biotropica*, 1983, 15 (4): 241–250.
- Holway DA, Lach L, Suarez AV, *et al.* The cause and consequences of ant invasions [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2002, 33: 181–233.
- Houadria M, Salas-Lopez A, Orivel J, *et al.* Dietary and temporal niche differentiation in tropical ants—Can they explain local ant coexistence? [J]. *Biotropica*, 2015, 47 (2): 208–217.
- Huang YQ. Adaptation and Mechanism of Local Ants to Red Fire Ant Invasion [D]. Guangzhou: Master's Degree Thesis, South China Agricultural University, 2016. [黄煜权. 本地蚂蚁对红火蚁入侵的行为适应及机制 [D]. 广州: 华南农业大学硕士学位论文, 2016]
- Kaspari M, Yanoviak SP. Bait use in tropical litter and canopy ants – evidence of differences in nutrient limitation [J]. *Biotropica*, 2001, 33 (1): 207–212.
- Katayama M, Tsuji K. Habitat differences and occurrence of native and exotic ants on Okinawa Island [J]. *Entomological Science*, 2010, 13 (4): 425–429.
- King TG, Green SA. Ants (Hymenoptera: Formicidae) collected in Philadelphia, Pennsylvania, USA. 1993. <http://biodiversity.georgetown.edu/searchfiles/infosearch.cfm?view=all&IDNumber=2819>
- Lach, Parr C, Abbott K. Ant Ecology [M]. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Li Q, Chen YQ, Xu ZH. Ant community research methods [J]. *Journal of Ecology*, 2009, 28 (9): 1862–1870. [李巧, 陈又清, 徐正会. 蚂蚁群落研究方法 [J]. 生态学报, 2009, 28 (9): 1862–1870]
- Osborn F, Goitia W, Cabrera M, *et al.* Ants, plants and butterflies as diversity indicators: Comparisons between strata at six forest sites in Venezuela [J]. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 1999, 34 (1): 59–64.
- Pennisi E. Ecology – when fire ants move in others leave [J]. *Science*, 2000, 289 (5477): 231.
- Porter SD, Savignano DA. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community [J]. *Ecology*, 1990, 71 (6): 2095–2106.
- Qi GJ, Huang YF, Cen YJ, *et al.* Effects of red fire ant invasion on ant community structure and diversity in man-made disturbance areas [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2015, 52 (6): 1368–1375. [齐国君, 黄永峰, 岑伊静, 等. 红火蚁入侵对人为干扰区蚂蚁群落结构及多样性的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52 (6): 1368–1375]
- Watt AD, Stork NE, Bolton B, *et al.* The diversity and abundance of ants in relation to forest disturbance and plantation establishment in Southern Cameroon [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39 (1): 18–30.
- Wilder SM, Holway DA, Suarez AV, *et al.* Intercontinental differences in resource use reveal the importance of mutualisms in fire ant invasions [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108 (51): 20639–20644.
- Wu BQ, Lu YY, Zeng L, *et al.* A comparative study on the foraging efficiency of red fire ants and local ants [C]. National Symposium on Biological Invasion, 2008a. [吴碧球, 陆永跃, 曾玲, 等. 红火蚁与本地蚂蚁觅食效率比较研究 [C]. 全国生物入侵学术研讨会, 2008a]
- Wu BQ, Lu YY, Zeng L, *et al.* Effects of red fire ant invasion on ant populations in various habitats of Guangdong [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2008b, 19 (1): 151–156. [吴碧球, 陆永跃, 曾玲, 等. 红火蚁入侵对广东多种生境中蚂蚁类群的影响 [J]. 应用生态学报, 2008b, 19 (1): 151–156]