

红火蚁入侵和未入侵生境中蚂蚁的觅食强度*

吴碧球^{1,2} 陆永跃¹ 曾 玲^{1**} 宋侦东¹ 梁广文¹

(¹ 华南农业大学红火蚁研究中心, 广州 510642; ² 广西农业科学院植物保护研究所, 南宁 530007)

摘 要 采用诱饵诱集法, 对华南地区 3 种典型的红火蚁入侵和未入侵生境中蚂蚁对 4 种诱饵(蜂蜜、花生油、火腿肠和黄粉虫幼虫)的搜寻时间、召集时间及召集数量进行研究, 并分析了红火蚁入侵对蚂蚁觅食强度的影响. 结果表明: 草坪红火蚁入侵区, 蚂蚁对黄粉虫幼虫和花生油的搜寻时间极显著或显著短于对照区(红火蚁非入侵区); 荒草地红火蚁入侵区, 蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间与对照区的差异均不显著, 在花生油上的召集时间显著长于对照区; 荔枝园红火蚁入侵区, 蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间及召集时间与对照区均无显著差异. 诱饵设置 30 min 时, 草坪红火蚁入侵区, 花生油、黄粉虫幼虫、火腿肠上的红火蚁工蚁数量均显著多于本地蚂蚁工蚁数量; 荒草地红火蚁入侵区, 花生油上的红火蚁工蚁数量明显多于本地蚂蚁工蚁数量, 其余诱饵上红火蚁工蚁数量与本地蚂蚁工蚁数量的差异不显著; 荔枝园红火蚁入侵区, 4 种诱饵上红火蚁工蚁数量与本地蚂蚁工蚁数量的差异均不显著.

关键词 红火蚁 本地蚂蚁 搜寻时间 召集时间 召集数量

文章编号 1001-9332(2009)10-2513-06 中图分类号 Q143 文献标识码 A

Foraging intensity of ants in *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) invaded and un-invaded habitats. WU Bi-qi^{1,2}, LU Yong-yue¹, ZENG Ling¹, SONG Zhen-dong¹, LI-ANG Guang-wen¹ (¹Red Imported Fire Ant Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ²Institute of Plant Protection, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2009 20(10): 2513-2518.

Abstract: By the methods of bait (honey, peanut oil, sausage, and mealworm larvae) trap, this paper studied the searching time, recruitment time, and recruitment number of ants in 3 typical habitats invaded and un-invaded by red imported fire ant (*Solenopsis invicta*) in South China, and analyzed the effects of *S. invicta* invasion on the foraging intensity of native ants. In *S. invicta* invaded lawn, the searching time of ants for mealworm larvae and peanut oil was significantly shorter, compared with that in *S. invicta* un-invaded area. Less difference was observed in the searching time for the 4 baits between *S. invicta* invaded and un-invaded wasteland, but the recruitment time for peanut oil was significantly longer in invaded than in un-invaded area. The searching time and recruitment time of the ants for the 4 baits had less difference between the invaded and un-invaded litchi orchard. 30 min after setting bait traps, the recruitment number of *S. invicta* workers on peanut oil, mealworm larvae, and sausage in invaded lawn, and on peanut oil in invaded wasteland was larger than that of native ants, but no significant difference was found in the recruitment number of *S. invicta* workers and native ants on the baits in invaded litchi orchard.

Key words: *Solenopsis invicta* Buren; native ant; searching time; recruitment time; recruitment number.

红火蚁(*Solenopsis invicta* Buren)是一种原产于南美洲的危险性入侵蚂蚁. 入侵到新的区域后, 外来

蚂蚁常会通过竞争降低本地蚂蚁的丰富度和多样性^[1-5], 并且对其他生物产生直接或间接影响. 作为具有显著优势的外来物种, 红火蚁入侵到新区后, 对该地生态系统中与其有相似或重叠生态位的本地蚂蚁的影响最大, 常显著降低本地蚂蚁的丰富度和多样性^[6-7], 甚至可导致本地蚂蚁的种类丰富度下

* 国家重点基础研究发展规划项目(2009CB119206)、国家自然科学基金项目(305712427)和广东省科技计划项目(2007B020710014)资助.

** 通讯作者. E-mail: zengling@scau.edu.cn

2009-03-02 收稿, 2009-07-22 接受.

降 70%、个体总数下降 90%^[8]。红火蚁入侵对简单生境(特别是植被单一的草坪生境)中本地蚂蚁的影响最大,入侵草坪后迅速成为绝对优势种^[9]。入侵性蚂蚁主要通过干扰竞争和资源利用竞争对本地蚂蚁产生影响。资源利用竞争(exploitation competition)是种间竞争中资源竞争的一种,是由于共同资源的短缺所致。蚂蚁种间资源利用竞争主要由资源获取效率的差异、生殖效率的差异、搜寻效率的差异、资源抢先占有及对劣质资源的策略和反应等方面所引起^[10-11]。相对于本地蚂蚁而言,外来入侵蚂蚁的资源利用竞争力一般更强,主要表现为搜寻诱饵和召集工蚁更迅速^[4, 8, 12-13]、召集到工蚁的数量更大^[8, 14-18]、召集工蚁持续的时间更长^[14, 18]、找到的诱饵更多^[15-16]、觅食活动时间更长^[14, 18-20]等。

我国大陆地区于 2004 年底在广东省吴川市首次发现该虫入侵^[21],随即广东其他地区、广西、湖南和福建等地陆续发现红火蚁入侵危害。在我国华南地区特定生境中关于红火蚁入侵对本地蚂蚁群落的影响及其与本地蚂蚁之间关系的一些调查研究^[7, 9]表明,红火蚁主要通过干扰竞争和资源利用竞争的联合作用降低本地蚂蚁种类——哀弓背蚁(*Camponotus dolendus* Forel)的种群数量^[22]。目前,关于红火蚁与华南地区本地蚂蚁在资源利用竞争方面的研究尚未见报道。为此,本文采用诱饵诱集法,2007 年 7 月研究了入侵和未入侵生境中蚂蚁对多种诱饵的搜寻时间、召集时间和召集数量,分析了红火蚁入侵对本地蚂蚁觅食强度的影响规律,以期对评价红火蚁入侵的生态影响提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验生境

试验在广东省深圳市东部的龙岗区(22°43'—22°44' N, 114°22' E)进行,该区域内红火蚁为多蚁后型。选择华南地区常见的 3 种典型生境类型:荔枝园、荒草地、草坪,其中,荔枝园、荒草地 2 种生境的红火蚁入侵区与未入侵区间相距 1 km,草坪红火蚁入侵区与未入侵区间相距 2 km。各类生境概况如下:

1)荔枝园红火蚁入侵区:多年无人管理,杂草覆盖度 60%,有 2~3 cm 厚的凋落物,园内郁闭度为 92%。红火蚁活动蚁巢密度为 0.18 个·100 m⁻²。

2)荔枝园红火蚁非入侵区(对照区,CK):多年无人管理,杂草覆盖度 95%,园内郁闭度为 75%。

3)荒草地红火蚁入侵区:杂草覆盖度为 90%,红火蚁活动蚁巢密度为 0.93 个·100 m⁻²。

4)荒草地 CK 区:杂草覆盖度为 98%。

5)草坪红火蚁入侵区:杂草覆盖度为 2%,红火蚁活动蚁巢密度为 0.95 个·100 m⁻²。

6)草坪 CK 区:无其他杂草,每月进行一次人工剪草。

按照红火蚁发生级别(根据单位面积活动蚁丘数量划分)^[23],本研究中 3 种有红火蚁生境均属于二级危害区,即轻度危害区。

1.2 供试材料

供试诱饵包括蜂蜜(广州市宝生园有限公司生产的百花蜜)、花生油(南海油脂工业有限公司生产)、火腿肠(广东双汇食品有限公司生产)、黄粉虫幼虫(市面购买,并用麦麸饲养以供试验用)。

1.3 试验方法

将直径为 9 cm 的塑料培养皿沿着底部除去 3 个面积为 1.38 cm² 的扇形边壁,再把直径 9 cm 的湿润滤纸铺于培养皿底部,然后分别将约 1.5 g 的火腿肠、黄粉虫幼虫、花生油和蜂蜜放于各培养皿中央,以此形成诱饵。其中,后两种诱饵为液体,分别用胶头滴管取出滴在培养皿中央的棉花团上,每个诱饵间隔 2 m。上述 4 种诱饵摆成正方形为一个样点,每个样点间距 10 m,并按随机区组排列放置于红火蚁入侵及未入侵的荔枝园、荒草地和草坪,每种生境设 3 个样地,每个样地设 5 个样点。

放下诱饵后,立即用秒表计时并记录每种蚂蚁的第一只工蚁首次发现诱饵的时间(T_1 ,为搜寻时间)及其发现诱饵后召集 10 只(猛蚁为 5 只)同伴前来取食的时间(T_2 ,为召集时间),放置诱饵 30 min 时,记录各诱饵上每种蚂蚁的工蚁数量(召集数量)。此外,记录不同样地在 4 种诱饵上取食的蚂蚁物种数、名称及试验时各生境的温湿度变化情况。

本试验于 2007 年 7 月晴天时进行,由于 7 月深圳市天气较炎热,故选择每天气温相对较低的 8:00—10:00 和 15:00—18:00 进行,本试验共观察 15 d。试验期间,草坪地表温度在 33.8℃~41.9℃,空气相对湿度在 48%~70%;荒草地地表温度在 33.6℃~40.5℃,空气相对湿度在 46%~80%;荔枝园地表温度在 32.2℃~39.3℃,空气相对湿度在 50%~81%。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 对红火蚁入侵及未入侵生境中的觅食时间和工蚁召集数量进行 t 检验。采用

DPS^[24]软件对生境和诱饵对蚂蚁觅食时间的影响进行统计分析,并用 Duncan 法对同一样地中 4 种诱饵的觅食时间进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 红火蚁入侵和未入侵生境中蚂蚁对 4 种诱饵的觅食时间

由表 1 可以看出,在草坪红火蚁入侵区,蚂蚁对黄粉虫幼虫的搜寻时间(2.9 min)显著短于其对蜂蜜和花生油的搜寻时间($P < 0.05$),但蚂蚁在火腿肠、蜂蜜、黄粉虫幼虫及花生油上召集时间的差异不显著($P > 0.05$)。在荒草地红火蚁入侵区,蚂蚁对 4 种诱饵搜寻时间的差异均不显著($P > 0.05$),而蚂蚁在花生油上的召集时间则显著长于其在蜂蜜、火腿肠上的召集时间($P < 0.05$)。荔枝园红火蚁入侵区,蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间及召集时间的差异均不显著($P > 0.05$)。

在草坪红火蚁未入侵区和荔枝园红火蚁未入侵区,蚂蚁对 4 种诱饵觅食时间(包括搜寻时间和召集时间)的差异均不显著($P > 0.05$)。在荒草地红火蚁未入侵区,蚂蚁对黄粉虫幼虫的搜寻时间(2.8 min)显著短于其对火腿肠和花生油的搜寻时间($P < 0.05$),但蚂蚁在 4 种诱饵上召集时间的差异均不显著($P > 0.05$)。

不同生境中蚂蚁对同一种诱饵的觅食时间有所不同。草坪红火蚁入侵区蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间均最短,荔枝园红火蚁入侵区蚂蚁对火腿肠、蜂蜜

和黄粉虫幼虫的搜寻时间最长。荒草地红火蚁入侵区蚂蚁在火腿肠和蜂蜜上的召集时间最短,草坪红火蚁入侵区蚂蚁在黄粉虫幼虫和花生油上的召集时间最短,荔枝园红火蚁入侵区蚂蚁对 4 种诱饵的召集时间均最长。

对于火腿肠和蜂蜜,荒草地红火蚁未入侵区蚂蚁的搜寻时间和召集时间均最短,草坪红火蚁未入侵区蚂蚁对上述 2 种诱饵的搜寻时间和召集时间均最长。对于黄粉虫幼虫,荒草地红火蚁未入侵区蚂蚁的搜寻时间和召集时间均最短,对其搜寻时间和召集时间最长的分别是荔枝园红火蚁未入侵区和草坪红火蚁未入侵区蚂蚁。对于花生油,荒草地红火蚁未入侵区蚂蚁的搜寻时间和召集时间均最短,对其搜寻时间和召集时间最长的分别是草坪红火蚁未入侵区和荔枝园红火蚁未入侵区蚂蚁。

采用 t 检验对红火蚁入侵及未入侵生境中蚂蚁的觅食时间进行比较,结果表明,草坪红火蚁入侵区蚂蚁对黄粉虫幼虫和花生油的搜寻时间均极显著($P < 0.01$)或显著($P < 0.05$)短于对照区(红火蚁未入侵区),在蜂蜜上的召集时间极显著短于对照区($P < 0.01$),在火腿肠、黄粉虫幼虫和花生油上的召集时间显著短于对照区($P < 0.05$),荒草地红火蚁入侵区蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间与对照区的差异不显著($P > 0.05$),在花生油上的召集时间显著长于对照区($P < 0.05$),荔枝园红火蚁入侵区蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间和召集时间与对照区的差异均不显著($P > 0.05$,表 1)。

表 1 红火蚁入侵及未入侵生境中蚂蚁对 4 种诱饵的觅食时间
Tab.1 Foraging time of ants to 4 baits in infected and uninfected habitats

生 境 Habitat	诱饵 Bait	搜寻时间 Searching time (min)		召集时间 Recruitment time (min)	
		对照 CK	红火蚁入侵区 Infected area	对照 CK	红火蚁入侵区 Infected area
草坪 Lawn	火腿肠 Sausage	8.5 ± 1.8 ^a	4.6 ± 0.9 ^{ab}	11.2 ± 1.6 ^a	6.3 ± 1.0 ^{ab}
	蜂蜜 Honey	8.9 ± 1.6 ^a	6.1 ± 0.9 ^a	11.6 ± 1.8 ^A	5.4 ± 0.9 ^{aB}
	黄粉虫幼虫 Mealworm	6.3 ± 0.9 ^A	2.9 ± 0.9 ^B	10.2 ± 1.6 ^a	5.5 ± 1.2 ^{ab}
	花生油 Peanut oil	10.4 ± 1.7 ^a	6.0 ± 0.6 ^{ab}	10.5 ± 1.8 ^a	5.8 ± 0.7 ^{ab}
荒草地 Wasteland	火腿肠 Sausage	6.0 ± 1.2 ^a	4.7 ± 0.9 ^a	5.6 ± 2.1 ^a	4.5 ± 1.1 ^{ab}
	蜂蜜 Honey	5.5 ± 1.1 ^{ab}	9.0 ± 2.4 ^a	7.3 ± 2.8 ^a	4.2 ± 0.7 ^{ab}
	黄粉虫幼虫 Mealworm	2.8 ± 0.6 ^{ab}	5.1 ± 1.0 ^a	7.1 ± 3.3 ^a	6.6 ± 1.1 ^{ab}
	花生油 Peanut oil	7.4 ± 1.5 ^a	7.5 ± 1.9 ^a	4.0 ± 0.9 ^a	9.6 ± 2.0 ^{ab}
荔枝园 Litchi orchard	火腿肠 Sausage	7.8 ± 1.4 ^a	12.5 ± 2.7 ^a	9.6 ± 2.9 ^a	14.2 ± 2.8 ^a
	蜂蜜 Honey	7.8 ± 1.5 ^a	11.6 ± 1.6 ^a	10.0 ± 3.4 ^a	11.7 ± 2.2 ^a
	黄粉虫幼虫 Mealworm	7.9 ± 1.3 ^a	7.6 ± 1.5 ^a	7.9 ± 1.8 ^a	10.4 ± 1.8 ^a
	花生油 Peanut oil	6.8 ± 1.3 ^a	6.7 ± 1.1 ^a	10.7 ± 3.2 ^a	18.8 ± 4.1 ^a

相同生境同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$) Different small letters after data within the same column in the same habitat indicated significant difference at 0.05 level. 同行数据后上标的不同大、小写字母分别表示差异极显著($P < 0.01$)和显著($P < 0.05$) Different capital and small letters after data on the superscript within the same row indicated significant difference at 0.01 and 0.05 level , respectively.

2.2 红火蚁入侵和未入侵生境中蚂蚁觅食的诱饵数量

诱集到 2 种或 2 种以上蚂蚁的诱饵数出现在研究区荒草地和荔枝园红火蚁入侵和未入侵生境中的较多,在荒草地红火蚁入侵区和荔枝园红火蚁入侵区,能召集 10 头工蚁的诱饵数较少,尤以荔枝园红火蚁入侵区最少(图 1)。出现 2 种蚂蚁的诱饵数在草坪红火蚁入侵区最少(仅 5 个,多数诱饵上仅有红火蚁),极显著少于荒草地红火蚁入侵区(13 个)和荔枝园红火蚁入侵区(14 个, $P < 0.01$)。在草坪红

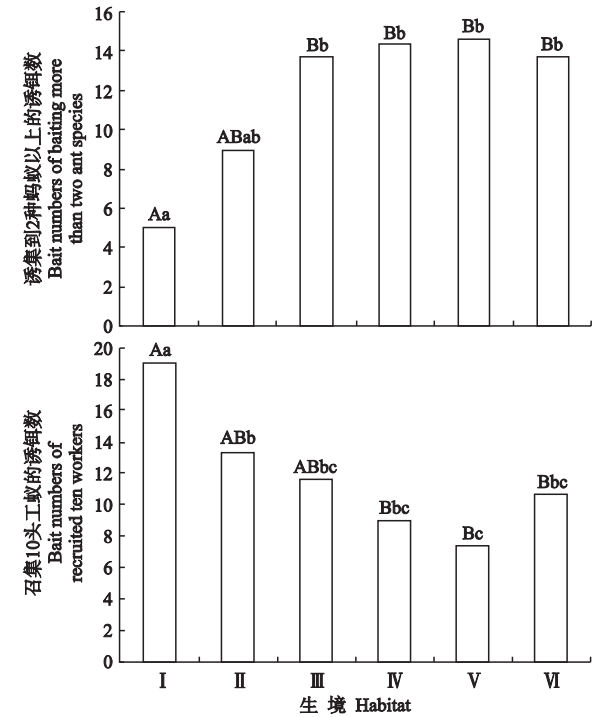


图 1 不同生境中蚂蚁觅食的诱饵数量
Fig.1 Bait traps capturing ants at different habitats ($n = 20$). 不同大、小写字母分别表示差异极显著 ($P < 0.01$) 和显著 ($P < 0.05$) Different capital and small letters indicated significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively. I : 红火蚁入侵草坪 Infected lawn ; II : 红火蚁未入侵草坪 Uninfected lawn ; III : 红火蚁入侵荒草地 Infected wasteland ; IV : 红火蚁未入侵荒草地 Uninfected wasteland ; V : 红火蚁入侵荔枝园 Infected litchi orchard ; VI : 红火蚁未入侵荔枝园 Uninfected litchi orchard.

表 3 入侵红火蚁和本地蚂蚁在放置诱饵 30 min 时的工蚁召集数量
Tab.3 Recruitment workers of red imported fire ant (RIFA) and native ants at 30 min in infected habitats

诱饵 Bait	草坪 Lawn		荒草地 Wasteland		荔枝园 Litchi orchard	
	红火蚁 RIFA	本地蚂蚁 Native ant	红火蚁 RIFA	本地蚂蚁 Native ant	红火蚁 RIFA	本地蚂蚁 Native ant
火腿肠 Sausage	779.40 ± 57.71A	36.00 ± 36.00B	473.40 ± 147.34a	29.00 ± 29.00a	21.80 ± 10.24a	26.60 ± 7.30a
蜂蜜 Honey	201.00 ± 67.01a	42.80 ± 27.77a	124.60 ± 65.17a	60.20 ± 40.83a	12.60 ± 5.06a	186.40 ± 105.74a
黄粉虫幼虫 Mealworm	480.40 ± 148.04a	0	49.20 ± 17.45a	27.80 ± 12.98a	36.60 ± 12.11a	52.60 ± 17.19a
花生油 Peanut oil	209.40 ± 64.96a	8.40 ± 8.40b	156.20 ± 40.90a	0.60 ± 0.40b	61.60 ± 26.47a	62.00 ± 14.65a

同一生境同一诱饵的数据后不同大、小写字母分别表示差异极显著 ($P < 0.01$) 和显著 ($P < 0.05$) Different capital and small letters after data within the same habitat and the same bait indicated significant difference at 0.01 and 0.05 level, respectively.

表 2 生境和诱饵对蚂蚁觅食时间影响的方差分析
Tab.2 Variance analysis of influence of habitats and baits on the foraging time of ants

变异来源 Variation source	自由度 Degree of freedom	F 值 F value	
		搜寻时间 Searching time (min)	召集时间 Recruitment time (min)
区组 Block	14	0.70	1.17
红火蚁影响 Influence of RIFA (A)	1	0.07	0.07
生境 Habitat (B)	2	7.14 * *	13.84 * *
诱饵 Bait (C)	3	4.09 * *	0.93
A × B	2	9.13 * *	9.76 * *
A × C	3	1.15	1.79
B × C	6	1.81	0.95
A × B × C	6	0.93	0.90
误差 Error	322		
总和 Total	359		

* * $P < 0.01$.

火蚁入侵区,60 min 后能召集到 10 头工蚁的诱饵数最多(19 个),极显著多于荒草地对照区(9 个)和荔枝园对照区(7 个, $P < 0.01$)。说明荒草地和荔枝园环境较复杂、蚂蚁种类较多、种间竞争激烈,特别是在红火蚁入侵区的竞争特别激烈,在同一诱饵上甚至出现 5、6 种蚂蚁。

2.3 不同生境和诱饵对蚂蚁觅食时间的影响
由表 2 可以看出,研究区生境对蚂蚁搜寻时间和召集时间的影响均极显著 ($P < 0.01$);诱饵对蚂蚁搜寻时间的影响极显著 ($P < 0.01$),而对蚂蚁召集时间的影响不显著 ($P > 0.05$);红火蚁入侵对蚂蚁搜寻时间和召集时间的影响均不显著 ($P > 0.05$),但红火蚁入侵与生境两者间的互作效应极显著地影响蚂蚁对不同诱饵的搜寻时间和召集时间 ($P < 0.01$)。

2.4 入侵红火蚁和本地蚂蚁在放置诱饵 30 min 时的工蚁召集数量
在草坪红火蚁入侵区,放置诱饵 30 min 时,花生油、黄粉虫幼虫召集到的红火蚁工蚁数量均显著

多于召集到的本地蚂蚁工蚁数量($P < 0.05$),火腿肠召集到的红火蚁工蚁数量极显著多于召集到的本地蚂蚁工蚁数量($P < 0.01$)。在荒草地红火蚁入侵区,放置诱饵 30 min 时,花生油召集到的红火蚁工蚁数量显著多于召集到的本地蚂蚁工蚁数量($P < 0.05$),其余诱饵召集到的红火蚁工蚁数量与本地蚂蚁工蚁数量的差异均不显著。在荔枝园红火蚁入侵区,放置诱饵 30 min 时 4 种诱饵召集到的红火蚁工蚁数量与本地蚂蚁工蚁数量的差异均不显著($P > 0.05$,表 3)。

3 讨 论

研究区草坪、荒草地和荔枝园的红火蚁入侵及未入侵生境中,蚂蚁对不同诱饵的觅食时间及入侵区放置诱饵 30 min 时 4 种诱饵召集到红火蚁工蚁及本地蚂蚁工蚁数量均不同。在植被单一的草坪生境中,蚂蚁种类相对较少(仅见 3 种),红火蚁占绝对优势地位,对整个草坪的蚂蚁觅食时间起决定作用,95% 的诱饵仅见红火蚁取食。由于红火蚁资源利用竞争力强于本地蚂蚁,它们能较快发现食物,发现食物后也能较快召集到大量工蚁^[2,14],所以红火蚁入侵草坪后蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间和召集时间均短于对照区,这与 Porter 等^[8]的研究结果相似。但在荒草地和荔枝园红火蚁入侵区,本地蚂蚁对某些诱饵的搜寻时间和召集时间并不短于对照区,如在荔枝园入侵区蚂蚁仅对黄粉虫幼虫和花生油的搜寻时间短于对照区,而对火腿肠和蜂蜜的搜寻时间及在这 4 种诱饵上的召集时间均长于对照区。在本研究的 3 种生境中,本地蚂蚁对 4 种诱饵的搜寻时间及其召集工蚁时间均长于 Porter 等^[8]的研究结果,其原因可能为:1)试验方法的差异,Porter 等^[8]直接将诱饵放于地面,诱饵气味向水平方向发散的范围较广,发散的速度较快,而本研究将诱饵放在 3 个开口的塑料培养皿中,诱饵气味向水平方向发散的范围较窄,发散的速度较慢,从而延长了试验区蚂蚁的搜寻时间;2)荒草地和荔枝园杂草种类丰富,蚂蚁可获取的诱饵多样,对各种蚂蚁的嗅觉起到一定程度的干扰,从而延长了搜寻时间;3)红火蚁入侵的密度较低,本研究 3 种红火蚁入侵生境均属轻度危害区;4)荒草地和荔枝园中(特别是荔枝园)本地蚂蚁种类多,种间竞争激烈,许多诱饵上可同时发现 2 种甚至多种蚂蚁,从而延长了各种蚂蚁的召集时间。

在荒草地和荔枝园红火蚁入侵区,蚂蚁种类多(调查中发现荒草地入侵区诱饵上共出现 7 种蚂

蚁,荔枝园入侵区诱饵上共出现 10 种蚂蚁),有 2 种或 2 种以上优势蚂蚁种类,种间竞争激烈,本地蚂蚁对整个入侵区蚂蚁的觅食时间起到了较大作用;此外,蚂蚁的食性复杂,不同种类蚂蚁的食性不同,一些原始类群如行军蚁亚科(Dorylinae)和猛蚁亚科(Ponerinae)的种类为肉食性,而蚁亚科(Formicinae)、切叶蚁亚科(Myrmecinae)和臭蚁亚科(Dolichoderinae)的绝大多数种类为杂食性^[25]。因此,诱饵的种类、形状、生境的物种丰富度(包括植物和动物)及温湿度等环境因子均可影响蚂蚁觅食,故即使本研究中 3 种红火蚁入侵生境均属轻度危害区,但在植被较单一的草坪入侵区的蚂蚁觅食强度仍高于荒草地和荔枝园入侵区。方差分析结果也表明,生境因素对蚂蚁搜寻时间和召集时间的影响最大,其次是诱饵,而红火蚁入侵和生境两者间存在明显的交互作用,共同影响所有蚂蚁的觅食时间。许益鏊等^[26]研究结果表明,不同生境中红火蚁对诱饵的搜寻时间存在差异,在生境较复杂的荔枝园中的搜寻时间明显长于其他较简单的生境,而红火蚁发现诱饵后,召集工蚁数量的增长速度也低于其他生境。

在草坪和荒草地入侵区,放置诱饵 30 min 时,在火腿肠、黄粉虫幼虫、蜂蜜和花生油上召集的红火蚁工蚁数量均多于召集的本地蚂蚁工蚁数量,这与 Jones 等^[13]、Porter 等^[8]和 Morrison^[16]的研究结果相似。在与本地蚂蚁竞争过程中,入侵性蚂蚁大规模的种群数量往往是其竞争取胜的重要原因。由于入侵性蚂蚁种群数量多,可以持续延长其大规模搜寻诱饵和召集同伴的时间,召集的数量也可得到保障,从而能增强入侵性蚂蚁的资源利用竞争力^[27]。此外,在荔枝园入侵区,放置诱饵 30 min 时 4 种诱饵上召集的红火蚁工蚁数量均少于本地蚂蚁工蚁数量,其原因可能是荔枝园植物种类及蚂蚁种类较丰富,种间竞争激烈所致。

虽然入侵性蚂蚁的资源利用竞争力强于本地蚂蚁,但在蚂蚁种类较多、环境较复杂的生境中,短时间内生物因子可能是其在入侵区进一步扩散的阻力之一。本研究仅统计分析并比较了出现在入侵区及未入侵区诱饵上蚂蚁的搜寻时间及召集时间,而关于红火蚁和中国大陆本地蚂蚁优势种的觅食强度比较还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] Morrison LW. Long-term impacts of an arthropod community invasion by the imported fire ant, *Solenopsis in-*

- victa*. *Ecology*, 2002, **83**: 2337–2345
- [2] Cammell ME, Way MJ, Paiva MR. Diversity and structure of ant communities associated with oak, pine, eucalyptus and arable habitats in Portugal. *Insectes Sociaux*, 1996, **43**: 37–46
- [3] Humman KG, Gordon DM. Effects of Argentine ants on invertebrate biodiversity in northern California. *Conservation Biology*, 1997, **11**: 1242–1248
- [4] Holway DA. Effect of Argentine ant invasions on ground-dwelling arthropods in northern California riparian woodlands. *Oecologia*, 1998, **116**: 252–258
- [5] Hoffmann BD, Andersen AN, Hill GJE. Impact of an introduced ant on native forest invertebrates: Pheidole megacephala in monsoonal Australia. *Oecologia*, 1999, **120**: 595–604
- [6] Pennisi E. When fire ants move in, others leave. *Science*, 2000, **289**: 231
- [7] Shen P(沈 鹏), Zhao X-L(赵秀兰), Cheng D-F(程登发), et al. Impacts of the imported fire ant, *Solenopsis invicta* invasion on the diversity of native ants. *Journal of Southwest China Normal University* (Natural Science)(西南师范大学学报·自然科学版), 2007, **32**(2): 93–97 (in Chinese)
- [8] Porter SD, Savignano DA. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology*, 1990, **71**: 2095–2106
- [9] Wu B-Q(吴碧球), Lu Y-Y(陆永跃), Zeng L(曾 玲), et al. Influences of *Solenopsis invicta* Buren invasion on the native ant communities in different habitats in Guangdong. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(1): 151–156 (in Chinese)
- [10] Reitz SR, Trumble JT. Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 2002, **47**: 435–465
- [11] Xu R-M(徐汝梅), Cheng X-Y(成新跃). Population Ecology of Entomology: Foundation and Leading Edge. Beijing: Science Press, 2005 (in Chinese)
- [12] Holway DA. Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive Argentine ant. *Ecology*, 1999, **80**: 238–251
- [13] Jones SR, Philips SA. Resource collecting abilities of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) compared with those of three sympatric Texas ants. *Southwestern Naturalist*, 1990, **35**: 416–422
- [14] Human KG, Gordon DM. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia*, 1996, **105**: 405–412
- [15] Holway DA. Factors governing rate of invasion: A natural experiment using Argentine ants. *Oecologia*, 1998, **115**: 206–212
- [16] Morrison LW. Indirect effects of phorid fly parasitoids on the mechanisms of interspecific competition among ants. *Oecologia*, 1999, **121**: 113–122
- [17] Morrison LW. Community organization in a recently assembled fauna: The case of Polynesian ants. *Oecologia*, 1996, **107**: 243–256
- [18] Clark DB, Guayasamin C, Pazmino O, et al. The tramp ant *Wasmannia auropunctata*: Autecology and effects on ant diversity and distribution on Santa Cruz Island, Galapagos. *Biotropica*, 1982, **14**: 196–207
- [19] Human KG, Weiss S, Weiss A, et al. Effects of abiotic factors on the distribution and activity of the invasive Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). *Environmental Entomology*, 1998, **27**: 822–833
- [20] Morrison LW. Mechanisms of interspecific competition among an invasive and two native fire ants. *Oikos*, 2000, **90**: 238–252
- [21] Zeng L(曾 玲), Lu Y-Y(陆永跃), He X-F(何晓芳), et al. Identification of red imported fire ant *Solenopsis invicta* to invade mainland China and infestation in Wuchuan, Guangdong. *Chinese Bulletin of Entomology* (昆虫知识), 2005, **42**(2): 144–148 (in Chinese)
- [22] Xi Y-B(席银宝), Zeng L(曾 玲), Lu Y-Y(陆永跃), et al. Interspecific relationship between *Solenopsis invicta* and *Camponotus dolendus* in Litchi Orchard. *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), 2007, **28**(4): 6–10 (in Chinese)
- [23] Zeng L(曾 玲), Lu Y-Y(陆永跃), Chen Z-N(陈忠南), et al. Monitoring and Control of Red Imported Fire Ant. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2005 (in Chinese)
- [24] Tang Q-Y(唐启义), Feng M-G(冯明光). Applied Statistic Analysis and Data Processing System. Beijing: Science Press, 2002 (in Chinese)
- [25] Zhou S-Y(周善义). Ants of Guangxi. Guilin: Guangxi Normal University Press, 2001 (in Chinese)
- [26] Xu Y-J(许益鏖), Lu Y-Y(陆永跃), Zeng L(曾 玲), et al. Foraging behavior and recruitment of red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) in typical habitats of South China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2007, **27**(3): 855–861 (in Chinese)
- [27] Johnson LK, Hubbell SP, Feener DH. Defense of food supply by eusocial colonies. *American Zoology*, 1987, **27**: 347–358

作者简介 吴碧球,女,1978年生,博士。主要从事农业害虫生态控制、害虫治理研究,发表论文8篇。E-mail: bqwu@gx-aas.net

责任编辑 杨 弘