

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2014.02.005

红火蚁入侵对棉花粉蚧近距离扩散的促进作用

周爱明^{1,2}, 梁广文¹, 曾玲¹, 吴段¹, 许益鏊^{1*}, 陆永跃^{1*}

¹华南农业大学红火蚁研究中心, 广东 广州 510642; ²华中农业大学植物科学技术学院, 湖北 武汉 430070

摘要:【背景】红火蚁与棉花粉蚧入侵到同一地区, 因侵入生境重叠而相遇, 进而产生互惠关系。这种互惠关系对红火蚁、棉花粉蚧的生存、扩散传播、入侵的意义和作用规律、机制等是需要解释的生态学问题。【方法】采用田间试验生态学的方法, 通过迁移红火蚁蚁巢、向扶桑上接粉蚧等观察研究了红火蚁入侵对棉花粉蚧近距离扩散的影响。【结果】随着离蚁巢距离的增大, 扶桑上工蚁数量逐渐减少, 距离为 1.0、2.0 m 时数量较多; 发生该蚁区域距蚁巢 2.0、3.0 m 扶桑感染粉蚧比率 (75%、45%) 显著高于无红火蚁区 (25%、10%), 其感染比率与工蚁数量呈显著正相关, 符合方程 $Y = 0.0042X + 0.1992$ 。【结论与意义】红火蚁入侵促进了棉花粉蚧的近距离扩散, 扩散范围在 2~3 m。研究结果可为深入了解红火蚁与棉花粉蚧协同入侵规律等提供支持。

关键词: 红火蚁; 入侵生物; 棉花粉蚧; 扩散; 近距离

Fire ant (*Solenopsis invicta*) invasion assists the short-range spread of another invasive insect, the cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis*

Ai-ming ZHOU^{1,2}, Guang-wen LIANG¹, Ling ZENG¹, Duan WU¹, Yi-juan XU^{1*}, Yong-yue LU^{1*}

¹ Red Imported Fire Ant Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China;

² College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China

Abstract: 【Background】Mutually beneficial relationship between invasive organism can enhance the spread of both species. The red imported fire ants *Solenopsis invicta* Buren workers tend colonies of the cotton mealybugs *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. This relationship may be mutually beneficial: it can increase the food supply of ants, and ants may protect the mealybug colonies, or even assist their spread. 【Method】We performed manipulative experiments, by planting hibiscus plants in a cruciform arrangement, and inoculated the plants with the cotton mealybug. By appropriately placing fire ant colonies at various distances, we observed and recorded the effect of the fire ant invasion on the cotton mealybug short-range spread. 【Result】With increasing distance from the nest, the number of fire ant workers on hibiscus reduced gradually. The rates of hibiscus infected by mealybugs were 75% and 45% at 2 m and 3 m distances from the fire ant nests, respectively. These were significantly higher than rates (25% and 10%) in areas with no fire ants. The infection rates for the hibiscus plants were significantly correlated with the number of the fire ants, and could be described by the equation: $Infestation\ rate = 0.0042X$ (no. of fire ants) + 0.1992. 【Conclusion and significance】The results indicated that fire ant invasion facilitated the short range (2~3 m) dispersal of the cotton mealybugs, and provided the supporting data for in-depth understanding the co-invasion of the fire ants and the cotton mealybug.

Key words: *Solenopsis invicta*; invasive biology; *Phenacoccus solenopsis*; spread; short-range

互惠关系是 2 个物种间的相互作用, 并且这种相互作用有益于彼此种群的发展 (Begon *et al.*, 1999; Boucher *et al.*, 1982; Krohne, 1998)。互惠关系广泛存在于蚂蚁与半翅目排蜜昆虫之间, 这种关系为物种间相互作用的研究提供了一个很好的典范, 并且

已成为昆虫生态学的研究热点之一 (Stadler & Dixon, 2005)。有关蚂蚁与半翅目昆虫之间相互作用的研究主要集中在蚂蚁与介壳虫、蚜虫、角蝉等方面。

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren、棉花粉蚧 *Phenacoccus solenopsis* Tinsley 分别于 2004 年 9 月、2008

收稿日期 (Received): 2014-02-15 接受日期 (Accepted): 2014-03-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31101498); 国家重点基础研究发展计划项目 (2009CB119206)

作者简介: 周爱明, 讲师, 博士。研究方向: 昆虫生态学和入侵生物学

* 通讯作者 (Author for correspondence), 许益鏊, E-mail: xuyijuan@scau.edu.cn; 陆永跃, E-mail: luyongyue@scau.edu.cn

年 8 月被发现入侵我国大陆(陆永跃等,2008;曾玲等,2005a,2005b;Lu *et al.*,2011)。在这个新入侵区域,它们不断传播蔓延,分布区域快速增大(陆永跃,2014;王超等,2014;Wang *et al.*,2013),侵入了大量的共同生境。由此两者之间产生的互作关系可能为进一步扩散入侵提供有利的条件。红火蚁可凭借其强烈的攻击性和捕食能力驱赶棉花粉蚧的天敌,包括其寄生性天敌松粉蚧抑虱跳小蜂 *Acerophagus coccois* Smith、班氏跳小蜂 *Aenasius bambawalei* Hayat 及其捕食性天敌六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius),避免这些天敌对棉花粉蚧的干扰,以提高棉花粉蚧的适生性。同时,棉花粉蚧排泄的蜜露是红火蚁的重要食物来源,其对于红火蚁蚁群的增长具有重要作用。红火蚁与棉花粉蚧互作能够促进双方种群增长(Zhou *et al.*,2012a,2012b,2013)。然而,红火蚁与棉花粉蚧之间的这种互作关系是否能够促进棉花粉蚧在田间的扩散尚不清楚。因此,本研究在田间测定了红火蚁入侵对棉花粉蚧近距离扩散的影响,以期更全面地认识和理解这两者之间的互作关系,同时为揭示棉花粉蚧成功入侵的机制提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 研究方法

试验时间为 2012 年 2~3 月,试验地点为华南农业大学校园绿化带。每块试验地面积约为 60 m²,设置 2 个处理:红火蚁发生区和红火蚁未发生区。2 个处理区域之间距离 50 m 以上。

1.1.1 红火蚁发生区 先调查红火蚁发生情况,如无该蚁发生,则向试验地内迁入 1 巢红火蚁(蚁丘直径 30~40 cm、高 10~15 cm)。1 周后观察该蚁巢的定殖情况,若定殖失败,则继续迁移蚁巢,直至成功为止。以该蚁巢为圆心,分别以 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 和 5.0 m 为半径画 6 个圆圈,按照所设距离在直角对角线上栽种带营养体的 4 株健康、无病虫扶桑 *Hibiscus rosa-sinensis* L.。待扶桑植株正常生长后向最内圈的 4 株扶桑上接 400 头·株⁻¹棉花粉蚧 1 龄若虫,作为粉蚧扩散的虫源。接粉蚧的方法:收集其健康 1 龄若虫置于指形管内,再将指形管固定在扶桑顶部幼嫩的枝条上,打开指形管盖子后让粉蚧爬到植株上取食。待粉蚧在扶桑上定殖 1 周后调查所有 24 株扶桑上粉蚧、红火蚁工蚁的数

量,计算扶桑植株感染粉蚧的比率。重复 5 次。感染率的统计方法:同一圆圈上的 4 株全部感染计为 100%,3 株感染计为 75%,2 株感染计为 50%,1 株感染计为 25%,无感染计为 0。

1.1.2 红火蚁未发生区 在红火蚁未发生区的试验地内以一个人垒起模拟红火蚁蚁巢小土堆为中心,按 1.1.1 方法栽种扶桑、接粉蚧并调查。

1.2 数据统计

对红火蚁发生区和未发生区粉蚧的感染率差异采用独立样本 *T* 测验比较,而植株上活动的工蚁数量采用单因素方差分析,利用线性回归分析植株上活动的工蚁数量与植株感染率的关系,采用 SPSS 14.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 红火蚁入侵对棉花粉蚧近距离扩散的影响

试验结果(图 1)表明,在有红火蚁入侵的试验地内距离红火蚁蚁巢 2.0、3.0 m 扶桑植株感染棉花粉蚧的比率分别为 75%、45%,显著高于无红火蚁的试验地(25%、10%)($t=4.472, df=8, p=0.002; t=2.309, df=8, p=0.049$);距离为 1.0、4.0、5.0 m 时,2 类区域扶桑植株的感染率之间没有显著差异($t=1.633, df=8, p=0.141; t=0.894, df=8, p=0.397; t=1.633, df=8, p=0.141$)。

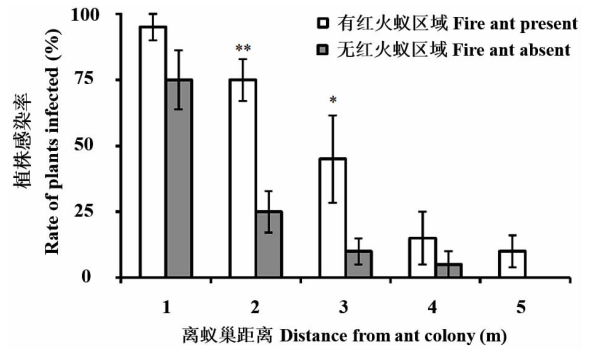


图 1 在离红火蚁蚁巢不同距离上扶桑植株感染棉花粉蚧的比率

Fig. 1 The relationship between distance from a fire ant colony and the proportion of hibiscus plants infected by the cotton mealybug **、* 分别表示差异达到极显著($p < 0.01$)、显著($p < 0.05$)水平。
** and * indicate extremely significant ($p < 0.01$) and significant ($p < 0.05$) levels.

2.2 离蚁巢的距离对扶桑上活动工蚁数量的影响

研究结果(图 2)表明,随着离蚁巢距离的增大,在扶桑植株上活动的红火蚁工蚁数量显著减少,1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 m 分别为 167、81、43、31、

14头·株⁻¹ ($F=7.908, p=0.001$)。距离为1.0和2.0 m时扶桑上工蚁数量之间无显著差异 ($p=0.081$);距离为3.0、4.0和5.0 m时植株上的工蚁数量也无明显差异 ($p=0.207$)。

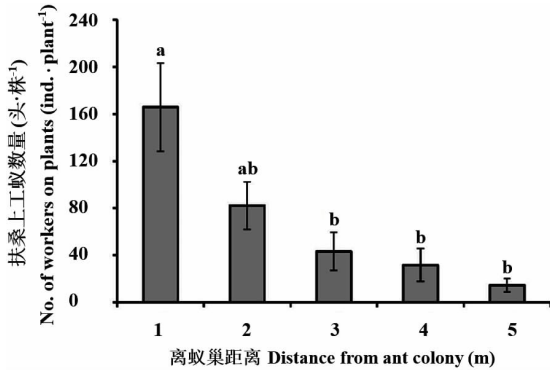


图2 在离蚁巢不同距离扶桑上红火蚁工蚁的数量

Fig. 2 The number of foraging workers on hibiscus plants at different distances from the fire ant colony

柱上具相同字母者表示差异不显著 ($P>0.05$)。

Same letter above the bars means no significant difference ($P>0.05$).

2.3 植株上工蚁活动数量与棉花粉蚧感染率的关系

在有红火蚁入侵的试验地扶桑植株被棉花粉蚧感染的比率与植株上活动的工蚁数量呈显著正相关,工蚁数量越多则扶桑植株被棉花粉蚧感染的比率越高(图3)。

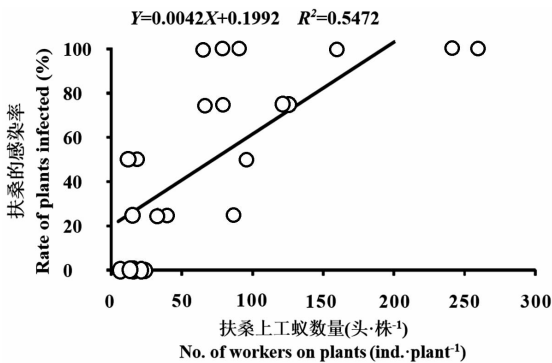


图3 红火蚁工蚁数量与扶桑感染棉花粉蚧比率的关系

Fig. 3 The relationship between the number of workers and the rate of hibiscus plants infected by the cotton mealybug

3 讨论

本研究结果表明,红火蚁入侵对棉花粉蚧近距离扩散具有促进作用。当植株距蚁巢1.0 m时,红火蚁入侵地与对照试验地内,植株感染棉花粉蚧的比率差异不显著。这可能与棉花粉蚧1龄若虫取食很活跃,具有较强的近距离扩散能力相关。而当植株距蚁巢2.0和3.0 m时,红火蚁入侵地与对照试验地内,植株感染棉花粉蚧的比率差异显著。这

表明红火蚁能够协助棉花粉蚧扩散至较远的距离。当植株距蚁巢4.0和5.0 m时,红火蚁入侵地与对照试验地内,植株上棉花粉蚧的感染率差异又不显著。这可能与红火蚁的活动距离有关,在该段距离,活动的工蚁数量较少,对棉花粉蚧的助移、保护作用也较弱。本研究结果还表明,植株上活动的工蚁数量与植株感染棉花粉蚧的比率呈正相关,这也反映了红火蚁对棉花粉蚧的扩散具有促进作用。

为了减少被捕食和寄生,红火蚁会将粉蚧低龄若虫转移至相对安全的地方。红火蚁能将棉花粉蚧搬运至掩体(卷叶螟卷起的叶片)内保护起来,但随着植株与红火蚁蚁巢距离的增大,掩体对粉蚧的保护作用逐渐降低(Zhou *et al.*, 2012b)。植株与蚁巢距离越远,到植株上觅食的工蚁数量也越少,导致红火蚁对粉蚧照看水平下降,对棉花粉蚧天敌的威慑作用也逐渐减弱。然而,红火蚁对棉花粉蚧近距离扩散的促进作用是因为红火蚁对其天敌的捕杀还是因为红火蚁主动搬运棉花粉蚧至距离更远的寄主植物上,或者其对粉蚧扩散的促进作用与蚁巢大小和状态、粉蚧虫期(虫态)和生物学特性、多类环境因子之间的关系等诸多问题,尚不明确,需要进一步探索。

参考文献

陆永跃. 2014. 中国大陆红火蚁远距离传播速度探讨和趋势预测. 广东农业科学, 41(10): 70-72.

陆永跃, 曾玲, 王琳, 许益鏊, 陈科伟. 2008. 警惕一种危险性绵粉蚧入侵中国. 环境与昆虫学报, 30(4): 386-387.

王超, 陈芳, 陆永跃. 2014. 不同光周期条件下棉花粉蚧的生长发育和种群增长能力. 昆虫学报, 57(4): 428-434.

曾玲, 陆永跃, 陈忠南. 2005a. 红火蚁监测与防治. 广州: 广东科技出版社.

曾玲, 陆永跃, 何晓芳, 张维球, 梁广文. 2005b. 入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查. 昆虫知识, 42(2): 144-148.

Begon M, Harper J and Townsend C. 1999. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Oxford: Brackwell.

Boucher D H, James S and Keeler K H. 1982. The ecology of mutualism. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics*, 13: 315-347.

Krohne D T. 1998. *General Ecology*. Belmont, CA: Wadsworth, 722.

Lu Y Y, Guan X and Zeng L. 2011. Effect of temperature on the development of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis*

- Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Scientific Research and Essays*, 6: 6459 – 6464.
- Stadler B and Dixon A F G. 2005. Ecology and evolution of aphid ant interactions. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics*, 36: 345 – 372.
- Wang L, Lu Y Y, Xu Y J and Zeng L. 2013. The current status of research on *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) in Mainland China. *Asian Myrmecology*, 5: 125 – 138.
- Zhou A, Lu Y, Zeng L, Xu Y and Liang G. 2012a. Does mutualism drive the invasion of two alien species? The case of *Solenopsis invicta* and *Phenacoccus solenopsis*. *PLoS ONE*, 7: e41856.
- Zhou A, Zeng L, Lu Y, Xu Y and Liang G. 2012b. Fire ants protect mealybugs against their natural enemies by utilizing the leaf shelters constructed by the leaf roller *Sylepta derogata*. *PLoS ONE*, 7: e49982.
- Zhou A, Lu Y, Zeng L, Xu Y and Liang G. 2013. *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae), defend *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) against its natural enemies. *Environmental Entomology*, 42: 247 – 252.

(责任编辑:杨郁霞)

征订启事

《生物安全学报》是由中国植物保护学会与福建省昆虫学会共同主办的面向生物安全科学国际前沿的中英文学术刊物。本刊为季刊,每年 2、5、8、11 月 15 日出版。国内统一连续出版物号(刊号)CN 35-1307/Q,国际标准刊号 ISSN 2095-1787。每期定价 28 元,全年 112 元(不含邮资)。

读者对象:国内外农业科研(所)、农业院校、综合性大学的农业科研与管理人員。

订阅方式:在线订阅或向编辑部订阅。

在线(<http://www.jbscn.org>) 订阅:

在本刊网站首页左侧“读者登录”专区,进行注册、登录后,点击左侧“期刊订阅”菜单中的“期刊征订”子菜单,填写相关信息。按照以下汇款方式汇款后,进入读者操作后台,点击左侧“期刊订阅”菜单中的“订费登记”子菜单,进入相关界面,单击“汇款信息登记”链接,在弹出的页面中完成登记。编辑部收款后,将按订阅要求进行寄送。

向编辑部订阅:

请您认真填写以下表单,将其与汇款凭据一并邮寄、传真或 E-mail 至本刊编辑部,以便我部查收汇款及邮寄刊物。

订单明细	年份	第 1 期	第 2 期	第 3 期	第 4 期	累计期数	合计金额
(请在所需刊期下打√)	2014 年					共 期	共 元
姓名:	单位: (请详细至院系或部门一级)						
地址: _____ 省 _____ 市(县) _____ 区(镇) _____						邮编:	
电话:			邮箱:				
备注							

汇款方式(邮局汇款):

地址:福州 金山 福建农林大学《生物安全学报》编辑部, 350002

收款人:郭莹

联系方式: 电话/传真:0591-88191360, E-mail: jbscn99@126.com

