

研究红火蚁工蚁活动性的新方法——刻度图示法^{*}

高亿波^{1,2} 陆永跃^{1**} 曾玲¹ 黄俊¹

(1. 华南农业大学红火蚁研究中心 广州 510642; 2. 安徽农业大学植物保护学院 合肥 230036)

Using the ruler mark method to evaluate the activity of red imported fire ant *Solenopsis invicta* workers.

GAO Yi-Po^{1,2}, LU Yong-Yue¹, ZENG Ling¹, HUANG Jun¹ (1. Red Imported Fire Ant Research Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Plant Protection College, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract A new method, ruler-mark method, was used in evaluating the activity of red imported fire ant *Solenopsis invicta* Buren workers. The results indicated that 4 indices including the highest and average heights which workers reached, the duration for workers to come back silence and the quantity of workers on ruler were obviously positive correlative to the mound size. Based on above analysis, several models were constructed among those indices and the mound size.

Key words *Solenopsis invicta*, worker, activity, ruler-mark method

摘 要 应用一种新方法——刻度图示法研究红火蚁工蚁 *Solenopsis invicta* Buren 群体活动性规律, 结果表明, 标尺上红火蚁最高爬升高度、平均爬升高度、工蚁恢复平静时间、工蚁累计数量均随着蚁巢体积增大而增大, 通过分析建立红火蚁工蚁活动性程度各指标值与蚁巢大小关系多个模型。

关键词 红火蚁, 工蚁, 活动, 刻度图示法

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种新入侵中国的危险性害虫^[1,2], 具有种群数量大、繁殖力高、竞争能力强的特点^[3]。进入新的地区后由于缺乏天敌因子, 如气候环境条件适宜定居和发生, 在短期内红火蚁即可暴发成灾^[3]。该虫已被列入我国检疫性害虫名单^[1,2]。红火蚁攻击性强, 受侵扰后工蚁就会成群涌出, 快速寻找侵扰者并进行攻击^[3]。国外对红火蚁攻击行为有一些研究, 主要包括蚁群领域行为、工蚁对其他生物的攻击行为、蚁后间、蚁群间互作、蚁后工蚁间互作等方面^[4~8]。自红火蚁入侵中国大陆后, 国内在红火蚁空间分布、局域扩散、觅食行为、分布区域预测、采集饲养方法、药剂试验、触角感受器等方面开展了一些研究^[19~25]。目前, 国内外关于红火蚁群体攻击行为的研究方法主要是观察工蚁活动行为、记录工蚁活动或诱集工蚁的数量等。本文报道研究红火蚁工蚁活动程度的一种新的方法——刻度图示法。

1 材料与方法

1.1 试验地点概况

试验在深圳市龙岗区坑梓丹梓中路绿化带进行。调查时间 2005 年 11 月。调查地点红火蚁为多蚁后型, 活动蚁巢密度为 4.8 个/100 m²。试验期间气温为 28~34℃, 空气相对湿度 50%~77%, 5 cm 深土壤温度为 28~36℃, 相对含水量为 10%~99%。

1.2 主要仪器及使用方法

使用高精度数码相机拍摄记录工蚁数量, 使用土壤温湿度测定仪 SLOAN TR-100A、数位温湿度表 CENTER 310 测定土壤温湿度和空气湿度、温度。试验中所使用的标尺的制作方法

^{*} 国家自然科学基金项目(305712427)、国家“973”计划项目(2002CB111400)、广东省科技计划项目(2005A20401001)。

^{**} 通讯作者, E-mail: lyongyue@scau.edu.cn

收稿日期: 2006-10-11, 修回日期: 2007-01-26,

接受日期: 2007-04-16

如下:取一把长×宽×厚分别为 120 cm×3 cm×0.2 cm 的钢尺,用浅色纸包紧,并在纸上以 1 cm 为单位用深色笔墨标出刻度。

1.3 标尺放置方位研究

试验于晴天 9:00~12:00 和 15:00~18:00 进行。在同一区域选择不同大小的活动蚁巢作对象,将标尺分别按东—西、南—北 2 个方位垂直插入蚁巢中心 6 cm 深处(封底彩版 IV:1~4)。同时按动秒表,每 15 s 同时对标尺两边拍照 1 次,直到标尺上没有红火蚁为止。记录不同时间标尺不同方位上工蚁数量。

1.4 红火蚁工蚁活动性程度研究

试验在晴天 9:00~12:00 和 15:00~18:00 进行。在同一区域选择不同大小的活动蚁巢,测量有效蚁丘大小,计算蚁巢体积,其方法如下:蚁巢体积(V)= $2\sqrt{3}\pi abc$ 。

式中 a 为蚁丘长度的一半, b 为蚁丘宽度的一半, c 为蚁丘高度^[26]。

试验时,将标尺由上向下垂直插入蚁巢中心 6 cm 深处,同时按动秒表,每 15 s 拍照、记录标尺上红火蚁工蚁数量、高度,直到标尺上没有红火蚁为止。

1.5 红火蚁活动性程度评价指标

采用标尺上工蚁累计数量、工蚁最高爬升

高度、工蚁平均爬升高度及工蚁恢复平静时间等指标量度红火蚁工蚁活动性程度(活跃性程度)。各指标含义如下:标尺上工蚁累计数量指的是连续拍照记录到的标尺上工蚁数量之和;工蚁最高爬升高度指的是工蚁所到达的最高高度;工蚁恢复平静时间指的是标尺干扰蚁巢后从工蚁爬上标尺直到标尺上再无工蚁时止的时间长度;工蚁平均爬升高度用干扰后 60 s 时标尺上所有工蚁的平均高度代表,其计算公式如下:

工蚁平均爬升高度(cm) =
$$\frac{\sum(\text{工蚁} \times \text{爬升高度})}{\text{标尺上工蚁数量}}。$$

2 结果与分析

2.1 标尺不同方位红火蚁工蚁数量

表 1 是当标尺不同方向放置时干扰后不同时间拍摄记录的标尺上红火蚁工蚁数量。由调查结果可以看出标尺不同方位上工蚁数量随干扰后时间的延长均表现为先增大再减小的规律,采用配对处理 t 检验的方法对不同方位上工蚁数量进行差异显著性分析结果表明标尺方位间无差异。因此,在研究红火蚁工蚁活动程度时,可随机放置标尺,并选择标尺的一面进行观察记录即可。

表 1 标尺不同方位上红火蚁工蚁数量

方位	蚁巢	蚁巢体积 (cm ³)	不同时间标尺上工蚁数量(头)					
			15	30	45	60	75	90(s)
南—北	1	423	23/21	47/54	32/28	24/26	17/20	18/17
	2	1 123	101/107	113/126	100/107	79/103	74/79	63/56
	3	2 386	15/18	23/25	18/13	19/11	15/18	12/14
	4	3 927	82/73	74/68	57/45	30/27	22/15	15/15
	5	5 225	17/11	23/20	14/12	16/0	11/0	9/16
	6	6 609	11/16	18/23	14/9	12/14	8/11	6/8
	7	8 755	36/34	46/36	27/29	27/28	28/30	18/24
	8	10 179	120/164	141/160	121/154	93/121	65/87	71/76
东—西	1	423	61/58	83/81	66/58	58/52	47/55	48/42
	2	1 123	20/18	17/19	14/21	14/10	12/14	15/12
	3	2 386	112/104	128/134	107/101	92/100	87/74	81/76
	4	3 927	12/18	12/19	8/11	13/18	16/15	12/14
	5	5 225	83/77	97/95	75/83	81/72	63/57	54/59
	6	6 609	58/63	73/92	64/57	68/54	56/61	52/46
	7	8 755	16/16	14/20	17/11	2/10	5/9	9/9
	8	10 179	26/25	26/21	26/35	24/26	22/26	25/22

注:正/反分别表示南、北或东、西方位。

2.2 红火蚁工蚁活动性程度各指标与蚁巢大小关系

共观察测定了 25 个红火蚁活跃蚁巢, 所得的表示工蚁活动性程度的各指标值见表 2。由观察结果可以看出, 绿化带区域红火蚁在标尺上爬升的最高高度主要集中在 10 ~ 60 cm 之间; 各蚁巢间工蚁最高爬升高度是不同的, 表现为随蚁巢增大而逐渐升高的趋势。干扰 15 s 时工蚁平均爬升高度主要在 4 ~ 12 cm 之间, 变化幅度较小, 也表现出随蚁巢增大而逐渐升高的趋势。红火蚁从开始爬上标尺到全部爬下标尺时间长度即恢复平静时间变化较大, 在 80 ~ 200 s, 平均为 148 s 左右。每 15 s 记录 1 次, 连续记录 12 次, 所得的工蚁累计数量不同蚁巢间变化很大, 在 12 ~ 652 头, 平均 285 头左右。

对蚁巢体积与各指标值之间以及各指标相互间相关性进行分析, 结果表明 4 个指标与蚁巢体积 (大小) 间相关性均达极显著水平 (表 3)。各指标间也存在明显相关性。其中, 最高爬升高度与平均爬升高度、工蚁恢复平静时间、工蚁累计数量之间相关性均达极显著水平; 60 s 平均爬升高度与工蚁累计数量之间显著相关; 60 s 平均爬升高度与工蚁恢复平静时间之间显著相关; 工蚁恢复平静时间与工蚁累计数量之间显著相关 (表 3)。

表2 绿化带上红火蚁工蚁活动性各指标值

蚁巢 序号	蚁巢体积 (cm ³)	最高爬升 高度 (cm)	60 s 平均 爬升高度 (cm)	工蚁恢复 平静时间 (s)	工蚁累计 数量 (头)
1	128	28. 0	2. 6	125	14
2	141	26. 4	2. 2	112	43
3	352	14. 0	6. 6	108	12
4	353	22. 7	7. 8	85	16
5	410	21. 4	7. 7	80	18
6	423	44. 8	4. 1	145	52
7	440	10. 7	4. 5	112	13
8	989	45. 8	8. 1	160	240
9	1 572	30. 2	7. 5	140	21
10	2 386	53. 4	7. 3	140	58
11	2 967	70. 5	5. 4	192	324
12	3 045	78. 3	13. 2	170	619
13	3 069	57. 7	15. 5	155	106
14	3 980	71. 9	10. 2	177	475
15	4 572	57. 6	10. 5	165	652
16	5 143	36. 8	11. 0	128	268
17	5 225	40. 5	15. 8	110	77
18	5 341	65. 0	14. 3	162	607
19	7 544	74. 6	11. 8	160	300
20	8 324	60. 2	12. 6	172	526
21	9 236	61. 4	14. 6	182	562
22	11 240	69. 8	11. 3	168	498
23	12 104	62. 2	12. 8	172	524
24	13 786	68. 4	12. 1	186	536
25	14 492	52. 7	11. 0	200	558

表3 红火蚁工蚁活动性程度各指标值间相关系数值

指标	蚁巢体积 (cm ³)	最高爬升高度 (cm)	60 s 平均爬升高度 (cm)	工蚁恢复平静时间 (s)	工蚁累计数量 (头)
蚁巢体积 (cm ³)	1. 00	0. 60 **	0. 62 **	0. 68 **	0. 73 **
最高爬升高度 (cm)		1. 00	0. 59 **	0. 84 **	0. 79 **
60s 平均爬升高度 (cm)			1. 00	0. 42 *	0. 61 **
工蚁恢复平静时间 (s)				1. 00	0. 80 **
工蚁累计数量 (头)					1. 00

*表示相关性达显著水平, **表示相关性达极显著水平。

在相关性分析基础上, 通过模拟分析建立了红火蚁工蚁活动性程度各指标值与蚁巢大小关系模型 (表 4)。标尺上工蚁累计数量、工蚁最高爬升高度、工蚁平均爬升高度及工蚁恢复平静时间长度等值随蚁巢体积变化而呈有规律的变化。它们之间关系均符合对数模型形式 $Y = a \ln x + b$ 。对所建的几个模型进行检验, F 值

显示模型均成立。图 1 ~ 图 4 是模型对实测值的拟合情况。从各图可以看出随着蚁巢大小的变化, 各个指标值变化均较大。所建模型拟合曲线表明工蚁累计数量、工蚁最高爬升高度、工蚁平均爬升高度及工蚁恢复平静时间等指标均表现为随随着蚁巢大小的变化先快速增大、而后增大速度逐渐减小, 当蚁巢越大, 增长速度越

小, 最终逐渐趋于稳定。

表 4 红火蚁工蚁活动性程度各指标值与蚁巢大小关系模型及检验结果

指标	方程	决定系数 R^2	F 值 ($P=0.01$)
蚁巢—最高爬升高度	$y=10.604 \ln x-32.901$	0.596 2	33.958 6
蚁巢—平均爬升高度	$y=2.1743 \ln x-7.173 6$	0.658 2	44.297 1
蚁巢—恢复平静时间	$y=16.647 \ln x+19.666$	0.554 6	28.623 7
蚁巢—累计数量	$y=129.62 \ln x-716.36$	0.612 6	36.362 8

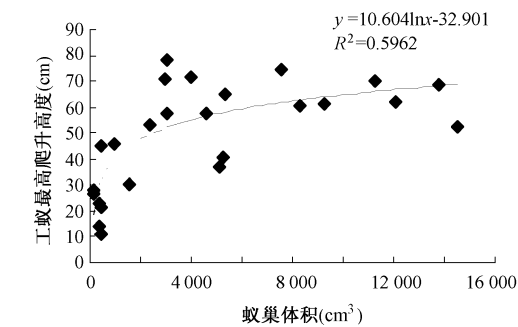


图 1 蚁巢大小与工蚁最高爬升高度的关系

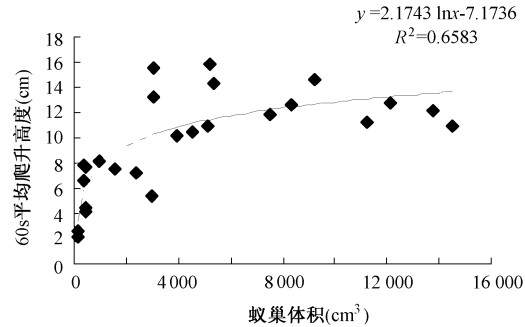


图 2 蚁巢体积与工蚁平均爬升高度的关系

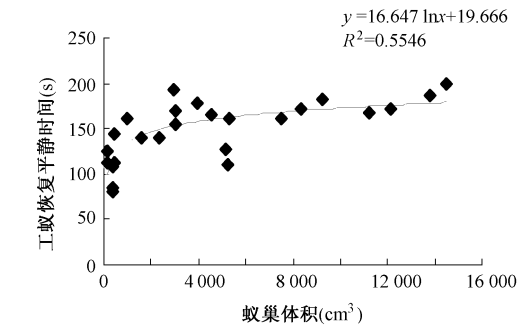


图 3 蚁巢体积与工蚁恢复平静时间的关系

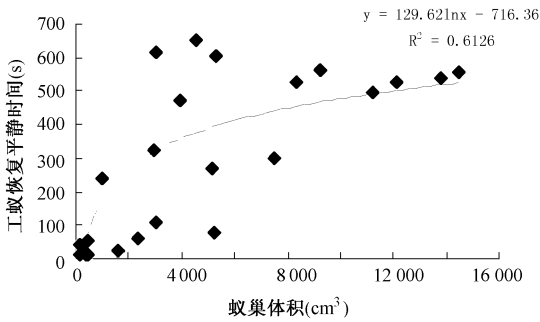


图 4 蚁巢体积与工蚁累计数量的关系

3 结论与讨论

采用标尺干扰的方法研究红火蚁工蚁活动性程度。结果表明最高爬升高度、平均爬升高度、恢复平静时间、工蚁累计数量与蚁巢体积之间呈明显正相关, 各指标间也存在明显相关性。通过分析建立红火蚁工蚁活动性程度各指标值与蚁巢大小之间关系多个模型。

根据以上研究结果, 作者提出用于研究红火蚁工蚁或蚁群活动性程度的一种新方法—刻度图示法(ruler-mark method)。该方法如下: (1) 材料与设备: 硬度较大的浅色直条状板, 可直

立, 基本规格长度×宽度×厚度为 1.2 m 以上×3~4 cm×0.2~0.3 cm; 高精度数码相机; 计时设备如秒表等。(2)操作方法: 将条状板一端留出 5~10 cm 后用深色笔墨以 1 cm 为单位在浅色直条状板上标出刻度, 制成刻度尺。将刻度尺刻度起始一端留出的空白段垂直插入待测蚁巢上部中心部位, 长度达刻度 0 点。固定刻度尺使之直立。用数码相机拍摄、记录刻度尺上红火蚁工蚁数量及高度。(3)用于表示红火蚁工蚁或蚁群活动性程度的指标: 刻度尺上工蚁(累计)数量、工蚁最高爬升高度、工蚁平均爬升高度和工蚁恢复平静时间。各指标含义如

下:刻度尺上工蚁(累计)数量指的是干扰后 15~30 s 刻度尺上工蚁数量或间隔一定时间如 15 s 连续拍照记录到的刻度尺上工蚁数量之和;工蚁最高爬升高度指的是刻度尺上工蚁所到达的最高高度;工蚁恢复平静时间指的是用刻度尺干扰蚁巢后从工蚁爬上尺子直到刻度尺上工蚁全部走下止的时间长度;工蚁平均爬升高度指的是干扰后 45~60 s 时刻度尺上所有工蚁高度的平均值。

应用该方法测定的蚁巢工蚁群体的活动性的结果表明不同大小蚁巢各活动性指标不一样,初步的结果显示同一蚁巢或同样大小的蚁巢因生境、季节、蚁群结构等不同,活动性也存在差异。

作者仅对草坪生境多蚁后型红火蚁蚁群工蚁活动性进行了研究,所用的方法也不完善,还需要进一步标准化,对标尺宽度、插入蚁巢深度(干扰程度)、标尺上工蚁数量、爬升高度变动规律以及多个指标在工蚁活动性表示中的权重等还需要深入研究。

参 考 文 献

- 1 曾玲,陆永跃,何晓芳,张维球,梁广文. 昆虫知识, 2005, **42**(2): 44~48.
- 2 曾玲,陆永跃,陈忠南. 红火蚁监测与防治. 广州: 广东科技出版社, 2005. 5.
- 3 Visions S. B. *Am. Entomol.*, 1997, **43**(1): 23~39.
- 4 Allen C. R., Epperson D. M., Gamesstani A. S. *Am. Mill. Natur.* 2004 **152**(1): 88~103.
- 5 Allen C. R., Lutz R. S., Lockley T., Phillips S. A., Demarais S. J. *Agricul. Urban Entomol.*, 2001, **18**(4): 249

- ~ 259.
- 6 Adams E. S., Balas M. T. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 1999 **45**(5): 330~338.
- 7 Adams E. S. *Ecology*, 1998, **79**(4): 1 125~1 134.
- 8 Balas M. T., Adams E. S. *Anim Behav.*, 1996 **51**(1): 49~59.
- 9 Balas M. T. *Insectes Soc.*, 2005 **52**(1): 77~83.
- 10 Vander Meer R. K., Alonso L. E. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 2002, **51**(2): 122~130.
- 11 Morrison L. W. *Oikos*, 2000 **90**(2): 238~252.
- 12 Morel L., Vander Meer R. K., Lofgren C. S. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 1990, **83**(3): 642~647.
- 13 Obin M. S., Morel L., Vander Meer R. K. *J. Insect Behav.* 1993, **6**(5): 579~589.
- 14 Porter S. D. *Fla. Entomol.*, 1992 **75**: 248~257.
- 15 Rao A., Vinson S. B. *Environ. Entomol.*, 2004 **33**(3): 587~598.
- 16 Tschinkel W. R. *Ecology*, 1992, **64**: 473~480.
- 17 Tschinkel W. R. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 1992, **85**(5): 638~646.
- 18 Vander Meer R. K., Porter S. D. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2001, **94**(2): 289~297.
- 19 李宁东, 陆永跃, 曾玲, 梁广文, 许益鏖. 华中农业大学学报, 2006, **25**(1): 31~35.
- 20 许益鏖, 陆永跃, 曾玲, 席银宝, 黄俊. 华南农业大学学报(自然科学版), 2006, **26**(1): 40~42.
- 21 许益鏖, 陆永跃, 曾玲, 李宁东. 昆虫知识, 2006, **43**(6): 856~857.
- 22 薛大勇, 李红梅, 韩红香, 张润志. 昆虫知识, 2005 **42**(1): 57~60.
- 23 吕利华, 冯夏, 陈焕瑜, 刘杰, 刘晓燕, 等. 昆虫知识, 2006, **43**(2): 265~267.
- 24 田伟金, 庄天勇, 程树兰, 王春晓, 梁梅芳, 等. 昆虫知识, 2005, **42**(6): 650~653.
- 25 高艳, 罗礼智. 昆虫学报, 2005, **48**(6): 986~992.
- 26 Porter S. D. *Fla. Entomol.*, 1992, **75**: 248~257.

欢迎订阅 2008 年《中国蚕业》杂志

《中国蚕业》是由农业部主管中国农业科学院蚕业研究所主办的全国性蚕业科技刊物, 面向蚕业生产和科研, 实行普及和提高相结合, 服务于全国蚕丝业战线。内容丰富翔实, 通俗易懂。主要刊登栽桑、养蚕、蚕病、蚕种、制丝、蚕业经济、蚕桑副产物综合利用和野桑蚕方面的科技文章以及有关茧丝绸方面的政策法规等。融科学性、实用性、技术性、指导性于一体。辟有综述与专论、研究与探讨、技术应用、知识广角、改革探索、质量标准、园区建设、科技博览和蚕丝文化等栏目, 欢迎广大蚕业科技工作者、生产经营者和院校师生踊跃订阅。

《中国蚕业》为季刊, 每册订价 6 元, 全年 24 元。全国发行, 邮发代号 28—54, 亦可直接到《中国蚕业》编辑部订购。从邮局或银行汇款(户名: 中国农业科学院蚕业研究所, 开户行: 江苏省镇江市工行大西路分理处, 帐号: 1104055109000013982 务请注明订购字样)。

地址: 江苏镇江中国农业科学院蚕业研究所《中国蚕业》编辑部

邮编: 212018 电话: 0511-85616593 联系人: 汪萍 窦永群

电子信箱: zgcybjb@163.com