

荒草地红火蚁工蚁活动性程度研究

高亿波^{1,2}, 曾玲², 陆永跃², 林华峰¹

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

摘要:应用刻度图示法研究了荒草地红火蚁 *Solenopsis invicta* 工蚁群体活动性规律。结果表明,最高爬升高度、平均爬升高度、工蚁恢复平静时间与蚁巢体积大小无显著相关;不同蚁巢被干扰后标尺上工蚁数量随干扰时间的延长,先快速增加,45~60 s时达到最大,随后缓慢减少直至标尺上无工蚁。通过分析建立了红火蚁工蚁平均数量与干扰时间关系的多个模型。提出了红火蚁工蚁活动性综合评价指标:工蚁活动性评价指标 = 工蚁累计数量 × 0.4 + 工蚁最高爬升高度 × 0.1 + 工蚁平均爬升高度 × 0.3 + 工蚁恢复平静时间 × 0.2。

关键词:红火蚁; 工蚁; 活动; 荒草地

中图分类号:Q968.1

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2007)04-0011-05

Study on the Worker Activity of *Solenopsis invicta* in Wasteland

GAO Yi-bo^{1,2}, ZENG Ling², LU Yong-yue², LIN Hua-feng¹

(1 College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2 Red Imported Fire Ant Research Centre, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Ruler-mark method was used to research the worker activity of red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, in wasteland in Shenzhen, Guangdong Province. The result showed that the highest and average heights which workers reached and the duration for workers to come back to silence on ruler had no significant correlation to mound volume. After different mounds were disturbed, the amount of workers on ruler increased quickly at first, reached the peak at time of 45–60 s, decreased slowly after then till no workers on ruler. Several models were constructed between the quantity of workers on ruler and time after disturbing. A integrated index was introduced to evaluate the activity of red imported fire ant worker, and its formula was: the accumulation of workers number × 0.4 + the highest reached height × 0.1 + average height × 0.3 + time consumption for workers to come back to silence × 0.2.

Key words: *Solenopsis invicta*; worker; activity; wasteland

红火蚁 *Solenopsis invicta* Buren 是一种新入侵中国的危险性害虫^[1-2], 可对农业、畜牧业、公共设施、人体健康、生态系统等造成多方面危害^[3-8]。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^[3-8]。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等^[3-4]。自红火蚁入侵中国后, 国内在红

蚁生境类型、蚁巢空间格局、局域扩散、监测、防治等方面开展了一些研究^[9-20]。本文应用刻度图示法研究了荒地红火蚁工蚁活动性程度。为评价红火蚁的活动、攻击能力等提供科学依据。

1 材料与方

试验在深圳市龙岗区坪山镇国资办院内荒草地

收稿日期:2007-05-10

作者简介:高亿波(1979—),男,硕士,现在广东省森林病虫害防治站工作; 通讯作者:陆永跃(1972—),男,副教授,博士, E-mail:luyongyue@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(305712427);国家“973”计划项目(2002CB111400);广东省科技计划项目(2005A20401001, 2006A20301005);农业部“2007年农作物病虫害疫情监测与防治项目”

进行. 调查时间2005年5月. 调查地点红火蚁为多蚁后型, 活动蚁巢密度为 0.067 个/ m^2 . 试验期间气温为 $25 \sim 32$ ℃, 空气相对湿度 $67\% \sim 90\%$, 5 cm深土壤温度为 $25 \sim 32$ ℃, 相对含水量为 $10\% \sim 76\%$. 蚁巢中心 6 cm深土温为 $26 \sim 33$ ℃, 相对含水量为 $10\% \sim 45\%$.

应用刻度图示法(ruler-mark method)研究红火蚁群活动性程度. 试验中所用标尺的制作方法: 取长 \times 宽 \times 厚为 120 cm \times 3 cm \times 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.

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丘, 测量有效蚁丘大小, 计算蚁丘体积(V):

$$V = 2/3 \pi abc.$$

式中, a 为蚁丘长度的 $1/2$, b 为蚁丘宽度的 $1/2$, c 为蚁丘高度^[21]. 试验时, 将标尺“ 0 ”刻度以下垂直插入蚁巢中心 6 cm深处, 同时按动秒表, 间隔 15 s拍照 1 次, 共拍照 12 次, 记录标尺上红火蚁工蚁数量、爬升高度, 直到标尺上只剩下少量红火蚁且不再向上爬升, 逐渐回巢为止.

使用Canon 500万象素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温、湿度.

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. 各指标含义: 工蚁累计数量指连续拍照记录到标尺上工蚁数量之和; 工蚁最高爬升高度指工蚁爬上标尺所到达的最高高度; 工蚁恢复平静时间指用标尺干扰蚁巢后从工蚁爬上标尺直至标尺上无工蚁时的时间间隔; 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:

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

2 结果与分析

2.1 红火蚁工蚁活动性程度各指标观察值

共观察测定了 26 个红火蚁活跃蚁丘. 结果见表1. 由表1可以看出, 荒草地区域红火蚁在标尺上爬升的最高高度主要集中在 $80 \sim 95$ cm之间, 平均为 86.1 cm, 而且工蚁最高爬升高度表现为随蚁丘体积增大而逐渐升高的趋势. 干扰后 60 s工蚁平均爬升

高度主要在 $12 \sim 22$ cm之间, 平均为 16.8 cm, 与蚁巢大小无显著相关. 工蚁恢复平静时间变化较大, 在 $112 \sim 408$ s, 平均为 278.8 s. 每 15 s记录 1 次, 连续记录 12 次所得的工蚁累计数量随着蚁巢体积增大而逐渐增大, 最多可达 674 头.

对蚁巢体积与工蚁活动性各指标值的相关性分析结果表明, 工蚁累计数量与蚁丘体积、最高爬升高度与工蚁累计数量、工蚁恢复平静时间与 60 s平均爬升高度间相关性达显著或极显著水平(表2). 通过分析分别建立了蚁丘体积-工蚁最高爬升高度、蚁丘体积-工蚁累计数量、工蚁最高爬升高度-工蚁恢复平静时间之间 3 个模型(表3). 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. 所建模型拟合曲线表明, 工蚁最高爬升高度、工蚁累计数量、工蚁恢复平静时间等指标均表现为随蚁丘大小或工蚁最高爬升高度的变化先快速增大, 而后增大速度逐渐减慢, 当蚁丘越大或工蚁最高爬升高度越高, 增长速度越慢, 最终逐渐趋于稳定.

2.2 标尺上红火蚁工蚁数量动态

将观察到的工蚁累计数量按 $1 \sim 50$ 、 $51 \sim 100$ 、 $101 \sim 200$ 、 $201 \sim 300$ 、 $301 \sim 400$ 、 $401 \sim 500$ 、 $501 \sim 600$ 、 >600 级别分组, 对各组中工蚁累计数量和不同时间观察记录到的工蚁数量进行平均, 通过分析, 建立了用于描述不同工蚁累计数量与标尺上工蚁数量随观察时间变化而变化的多个模型, 其形式均符合房室模型(表4). 标尺上红火蚁工蚁数量一般表现为随观察时间延长先迅速增多, $45 \sim 60$ s时达到最大, 后逐渐缓慢减少的规律. 当红火蚁工蚁数量较少时, 如累计数量均值为 13.3 头, 其动态规律不明显.

2.3 工蚁活动性程度综合指标探讨

根据各指标所反映的红火蚁工蚁活动性程度的大小分别赋以权重, 并给出各指标最高限值, 先计算出各指标的标准值, 再经过加权, 给出一个综合性指标. 初步提出工蚁累计数量、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的权重系数分别为 0.4 、 0.1 、 0.3 和 0.2 ; 各指标最高限值分别为 800 头、 120 cm、 40 cm和 500 s. 因此, 提出以下公式:

$$\text{标准值} = \text{各指标观察值} / \text{各指标最高限值},$$

$$\text{工蚁活性指标} = \text{工蚁累计数量标准值} \times 0.4 + \text{最高爬升高度标准值} \times 0.1 + \text{平均爬升高度标准值} \times 0.3 + \text{恢复平静时间标准值} \times 0.2.$$

表 1 荒草地红火蚁工蚁活动性各指标值

Tab.1 Parameters of activity of red imported fire ant workers at wasteland

蚁丘体积 volume of the mound/cm ³	不同观察时间红火蚁的数量 time intervals/头														工蚁累计数量 accumulation of workers/头	最高爬升高度 most height reached/cm	60 s 平均爬升高度 average height reached/cm	恢复平静时间 duration from beginning to end/s
	0	15 s	30 s	45 s	60 s	75 s	90 s	105 s	120 s	135 s	150 s	165 s	180 s					
48	0	1	1	2	0	1	1	2	1	0	2	0	0	11	61.2	0	112	
94	0	2	1	1	2	0	0	0	2	1	2	4	1	16	63.5	32.00	386	
138	0	19	21	32	36	46	29	34	26	22	17	10	9	301	83.0	21.58	348	
176	0	19	37	33	45	30	23	21	24	22	14	12	9	289	84.4	16.11	268	
204	0	6	9	17	16	21	17	17	12	18	10	10	1	154	78.8	12.25	197	
204	0	30	36	47	39	42	36	19	20	15	14	8	8	314	92.2	11.77	160	
255	0	10	24	27	37	38	27	23	24	12	11	8	8	249	81.6	21.00	318	
275	0	2	3	5	17	33	46	35	24	16	11	11	7	210	79.3	14.18	170	
338	0	24	72	59	56	37	33	25	23	20	12	7	6	374	87.2	13.79	172	
381	0	14	18	35	34	28	27	25	21	18	18	15	11	264	90.2	16.82	341	
498	0	19	27	44	34	32	31	26	29	28	25	16	14	325	91.5	17.00	288	
557	0	22	35	37	41	29	31	25	23	27	17	15	7	314	84.3	15.05	174	
645	0	9	15	26	27	24	20	22	15	16	15	9	4	202	100.4	11.78	257	
679	0	21	43	56	88	80	78	59	62	51	51	38	32	659	88.0	24.39	390	
754	0	15	35	41	66	51	56	53	48	41	33	29	2	470	82.8	18.18	408	
924	0	22	49	55	82	56	43	38	29	24	26	22	9	465	90.8	12.44	160	
1 204	0	22	45	67	63	53	52	40	40	28	19	14	10	453	94.8	27.13	386	
1 225	0	21	38	49	57	40	43	28	31	30	21	18	10	386	85.5	14.35	398	
1 484	0	8	18	28	26	25	26	22	23	20	18	14	9	237	82.7	16.85	248	
1 571	0	12	29	36	40	32	30	26	22	17	13	10	8	275	87.5	16.43	170	
2 110	0	13	25	31	42	40	38	34	39	21	15	16	11	325	91.0	24.48	293	
3 101	0	17	40	53	69	49	46	48	37	32	29	24	16	460	94.1	14.25	377	
3 735	0	22	35	35	40	34	24	22	23	22	21	17	14	309	80.0	15.80	383	
4 288	0	47	54	51	44	46	38	43	38	33	24	22	21	461	90.0	15.95	309	
5 432	0	17	49	56	45	46	53	47	43	47	41	42	41	527	80.0	19.22	186	
12 135	0	32	72	106	87	81	81	74	54	35	23	20	9	674	104.3	15.17	350	

表 2 红火蚁工蚁活动性程度各指标值之间相关系数¹⁾

Tab.2 Correlative indices between the parameters of activity of red imported fire ant workers

指标 parameters	蚁丘体积 volume of the mound	工蚁累计数量 accumulation of workers	最高爬升高度 most height reached	60 s 平均爬升高度 average height reached	工蚁恢复平静时间 duration from beginning to end
蚁丘体积 volume of the mound	1.00	0.46 *	0.22	0.08	0.13
工蚁累计数量 accumulation of workers		1.00	0.57 **	0.24	0.30
最高爬升高度 most height reached			1.00	0.05	0.19
60 s 平均爬升高度 average height reached				1.00	0.62 **
工蚁恢复平静时间 duration from beginning to end					1.00

1) *表示相关性达显著水平, **表示相关性达极显著水平

表 3 红火蚁工蚁活跃性程度各指标值与蚁巢大小关系模型及检验结果

Tab.3 Models for describing the relationship between the volume of the mounds and the parameters of activity of red imported fire ant workers

项目 items	方程 equation	F	显著水平 significance level
蚁丘体积 - 最高爬升高度 volume of the mound-most height reached	$Y = 4.36 \ln X - 57.53$	16.05	0.01
蚁丘体积 - 工蚁累计数量 volume of the mound-accumulation of workers	$Y = 84.36 \ln X - 216.73$	24.24	0.01
最高爬升高度 - 恢复平静时间 most height reached-duration from beginning to end	$Y = 83.21 \ln X - 52.44$	9.86	0.01

表4 描述标尺上红火蚁工蚁数量动态的模型

Tab.4 Models for describing the dynamics of red imported fire ant workers on ruler

工蚁累计数量 accumulation of workers/头	房室模型 models	F	显著水平 significance level
135.0	$Y = 3\ 919.6e^{-0.017\ 37X} - 3\ 920.5e^{-0.017\ 56X}$	27.64	0.01
250.8	$Y = 6\ 984.6e^{-0.016\ 69X} - 6\ 988.3e^{-0.016\ 89X}$	31.31	0.01
331.0	$Y = 7\ 580.5e^{-0.019\ 44X} - 7\ 581.7e^{-0.019\ 73X}$	174.77	0.01
461.8	$Y = 11\ 560e^{-0.018\ 23X} - 11\ 561e^{-0.018\ 48X}$	66.20	0.01
527.0	$Y = 66.28e^{-0.002\ 892X} - 68.90e^{-0.042\ 56X}$	23.84	0.01
666.5	$Y = 2\ 041.12e^{-0.017\ 85X} - 20\ 410.38e^{-0.018\ 05X}$	40.84	0.01

根据以上条件,应用给出的公式计算出各指标的标准值及工蚁活动性指标(表5)。从工蚁活动性指标值可以看出,不同大小的蚁巢工蚁活动性存在差异,如 557 cm³ 蚁巢工蚁活跃性指标为 0.410,

1 204 cm³ 蚁巢工蚁活跃性指标为 0.663,明显较大。相近大小的蚁巢工蚁活动性也会不同,如 2 个蚁巢体积分别为 645 和 679 cm³,而工蚁活跃性指标值分别为 0.376 和 0.742,相差较大。

表5 荒草地红火蚁工蚁活动性各指标标准值及综合指标值

Tab.5 Combining index of activity and standard value for different parameters of activity of red imported fire ant workers at wasteland

蚁丘体积 volume of the mound/cm ³	工蚁累计数量标准值 accumulation of workers	最高爬升高度标准值 most height reached	60 s 平均爬升高度标准值 average height reached	恢复平静时间标准值 duration from beginning to end	工蚁活动性指标 combining index of activity
48	0.014	0.510	0.000	0.224	0.101
94	0.020	0.529	0.800	0.772	0.455
138	0.376	0.692	0.540	0.696	0.521
176	0.361	0.703	0.403	0.536	0.443
204	0.193	0.657	0.306	0.394	0.313
204	0.393	0.768	0.294	0.320	0.386
255	0.311	0.680	0.525	0.636	0.477
275	0.263	0.661	0.355	0.340	0.345
338	0.468	0.727	0.345	0.344	0.432
381	0.330	0.752	0.421	0.682	0.470
498	0.406	0.763	0.425	0.576	0.481
557	0.393	0.703	0.376	0.348	0.410
645	0.253	0.837	0.295	0.514	0.376
679	0.824	0.733	0.610	0.780	0.742
754	0.588	0.690	0.455	0.816	0.604
924	0.581	0.757	0.311	0.320	0.465
1 204	0.566	0.790	0.678	0.772	0.663
1 225	0.483	0.713	0.359	0.796	0.531
1 484	0.296	0.689	0.421	0.496	0.413
1 571	0.344	0.729	0.411	0.340	0.402
2 110	0.406	0.758	0.612	0.586	0.539
3 101	0.575	0.784	0.356	0.754	0.566
3 735	0.386	0.667	0.395	0.766	0.493
4 288	0.576	0.750	0.399	0.618	0.549
5 432	0.659	0.667	0.481	0.372	0.549
12 135	0.843	0.869	0.379	0.700	0.678

3 结论

荒地生境中红火蚁蚁群工蚁活动性明显较强,所调查结果中,荒草地红火蚁最高爬升高度为

86.1 cm,恢复平静时间为 278.8 s 左右。采用标尺干扰的方法研究了红火蚁工蚁活动性程度。研究表明,工蚁累计数量与蚁丘体积、最高爬升高度与工蚁累计数量、工蚁恢复平静时间与 60 s 平均爬升高度

间相关性达显著水平,通过分析建立了蚁丘体积-工蚁最高爬升高度、蚁丘体积-工蚁累计数量、工蚁最高爬升高度-工蚁恢复平静时间等3个模型.干扰后标尺上工蚁数量动态随时间延长表现为先迅速增多,45~60 s时达到最大,后逐渐缓慢减少,其规律可用房室模型来描述,但不同工蚁累计数量的模型参数明显不同.

本研究中应用4个指标评价红火蚁工蚁活动性程度,包括工蚁累计数量、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.这4个指标从3个方面反映了红火蚁工蚁活动性程度,但各有优缺点.工蚁累计数量记录了受干扰后红火蚁工蚁出现、攻击的数量多少,从而反映了蚁群的活动性强弱,但该指标不能反映空间、时间上强度,因此,不客观、不全面;工蚁最高爬升高度、工蚁平均爬升高度能较好地代表空间上红火蚁工蚁的活动性,但仅是一维空间上,无法得知工蚁数量;工蚁恢复平静时间从时间上反映了工蚁活动性程度,但缺乏空间、数量上可比性.由于红火蚁活动的复杂性,采用单一指标评价红火蚁工蚁活跃性程度很难客观、全面地反映实际情况,而同时采用4个指标进行评价,会出现不同指标表示的工蚁活动性不一致、甚至是相反的情况.因此,本文中探讨提出了一个工蚁活跃性综合指标,但此指标还是初步的,有待于进一步验证和完善.

参考文献:

- [1] 曾玲,陆永跃,何晓芳,等.入侵中国大陆的红火蚁的鉴定及发生为害调查[J].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[M].广州:广东科学技术出版社,2005:5.
- [3] 王福祥,张润志.红火蚁[M].北京:中国农业出版社,2005:3.
- [4] LOFGREN C S, BANKS W A, GLANCEY B M. Biology and control of imported fire ants[J]. Ann Rev Entomol, 1975, 20: 1-30.
- [5] ADAMS C T, BANKS W A, LOFGREN C S, et al. Impact of the red imported fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) on the growth and yield of soybeans [J]. J Econ Entomol, 1983, 76: 1129-1132.
- [6] STEQART J W, VINSON S B. Red imported fire ant damage to commercial cucumber and sunflower plants. South-west[J]. Entomol, 1991, 16: 168-170.
- [7] TSCHINKEL W R. Brood raiding and the population dynamics of founding and incipient colonies of the fire ant *Solenopsis invicta* [J]. Ecol Entomol, 1992, 17: 179-188.
- [8] PORTER S D, SAVIGNANO D A. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community[J]. Ecology, 1990, 71: 2095-2106.
- [9] 李宇东,陆永跃,曾玲,等.广东省吴川红火蚁生境类型、空间分布和抽样技术的研究[J].华中农业大学学报,2006,25(1):31-35.
- [10] 许益鏊,陆永跃,曾玲,等.红火蚁局域扩散规律研究[J].华南农业大学学报,2006,26(1):40-42.
- [11] 许益鏊,陆永跃,曾玲,等.几种饵料对红火蚁觅食的引诱作用[J].昆虫知识,2006,43(6):856-857.
- [12] 詹国平,董晓平,刘波,等.盆栽花卉红火蚁药剂处理试验初报[J].植物检疫,2005,19(4):207-211.
- [13] 罗礼智,覃贵亮,王漫波,等.应用硫氟磺酰胺毒饵防治红火蚁[J].植物保护,2006,32(1):22-27.
- [14] 吴志红,邓铁军,覃贵亮,等.几种毒饵对红火蚁的室内诱杀药效试验[J].植物检疫,2006,20(4):212-213.
- [15] 朱均权,赖沛茂,雄钟华,等.多杀菌素饵剂防治红火蚁田间药效试验初报[J].广东农业科学,2006(4):63-64.
- [16] 曾鑫年,熊忠华,郭景,等.多杀菌素对红火蚁的毒力及传导毒杀作用[J].华南农业大学学报,2006,26(3):40-42.
- [17] 黄俊,曾玲,陆永跃,等.多种杀虫剂对盆栽花卉上红火蚁的检疫处理效果[C]//成卓敏.中国植物保护学会2006年学术年会“科技创新与绿色植保”.北京:中国农业科学技术出版社,2006:44-47.
- [18] 陈焕瑜,冯夏,吕利华,等.防治红火蚁触杀型药剂的筛选[J].广东农业科学,2006(5):28-30.
- [19] 刘杰,吕利华,陈焕瑜,等.灌巢对红火蚁的防效评价及对蚂蚁群落的影响[J].广东农业科学,2006(5):24-27.
- [20] 吴华,黄鸿,韩诗畴,等.3种药剂对红火蚁防治效果的评价[J].广东农业科学,2006(10):50-52.
- [21] PORTER S D. Frequency and distribution of polygyne fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in Florida[J]. Fla Entomol, 1992, 75: 248-257.

【责任编辑 周志红】