

高寒灌丛中赤胸林蚁蚁巢空间格局的初步研究*

李连斌 翟志刚

(中国科学院西北高原生物研究所)

昆虫种群空间格局的研究,是昆虫种群生态学所关注的一个基本课题。国内外学者曾做过大量的工作。然而,有关蚂蚁种群空间格局研究的报道,国内很少见到。有关青藏高原蚂蚁种群空间格局的研究,尚无人做过。我们通过对赤胸林蚁(*Formica* sp.) 蚁巢在高寒灌丛中空间格局的研究对定量描述该种群在空间的配置,定量确定高寒草甸生态系统中通过该种群的能流和物流,进一步了解赤胸林蚁的生态学特性,均具有一定的意义。

昆虫种群的分布格局有两大类型。

1. 随机分布型。在自然界中较少见到,常用的理论模型有泊松分布。

2. 非随机分布型,又分两种。

(1) 规则分布型。自然界中极少见到。当种群密度极高、种内竞争非常激烈的地区,也出现此种分布(Clark等,1954),其理论模型为均匀分布。

(2) 群集分布型。自然界中普遍存在,是大多数昆虫种群的空间分布型。常用的理论模型有负二项分布、奈曼A型分布和泊松-二项分布。

此项工作于1986年10月,1987年4—5月期间,在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站进行。本文初探了赤胸林蚁蚁巢在高寒灌丛中的空间格局,并结合高寒灌丛不同组成成分的差异与赤胸林蚁的生活习性,对该物种种群分布格局进行了分析。

一、自然概况

中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地处青藏高原(北纬 $37^{\circ}29'$ — $37^{\circ}45'$,东经 $101^{\circ}12'$ — $101^{\circ}33'$),平均海拔高度3200—3500米。年平均气温 0.6°C ,年降水量为531.6毫米,年平均风速为1.7米/秒。其中气温稳定通过 5°C 是从5月上旬到9月底。牧草生长期为130—140天,全年无霜期31天或无绝对无霜期,具有明显的高原大陆性气候特点(杨福囤,1982)。植被类型具有高原地带性,以高寒灌丛和高寒草甸为主(简称灌丛、草甸)。灌丛以金露梅(*Dasiphora fruticosa*)、山生柳(*Salix oritrepha*)为主,多分布在滩地、山

本文1987年9月26日收到。

* 本文承蒙王祖望研究员、周立副研究员、张晓爱先生审阅。工作中曾得到赵新全、苏建平、窦丰满、胡德夫等同志帮助,谨此致谢。

地阴坡。其土壤为高山灌丛土,土层较厚,有机质丰富(周兴民, 1982)。赤胸林蚁在海拔高寒草甸生态系统定位站所处的门源县风匣口地区的灌丛和草甸上广泛分布。它具有营巢习性,是一种土栖的社会性昆虫,在高寒草甸生态系统中属消费者范畴(翟志刚, 1986)。

二、研究方法

1. 用随机取样法取样调查。样方面积分别为 6.25×6.25 米、 12.5×12.5 米和 25×25 米 3 种,各取 161 个、115 个和 192 个,人工统计其中的蚁巢数量。统计蚁巢数量时,以有赤胸林蚁活动或有明显活动迹象的巢数为准,废弃的蚁巢不计数。

2. 每一类样方取 10 个、20 个、30 个……100 个,分别计算其蚁巢数平均值,并在直角坐标系内做样方数与蚁巢平均数的曲线。当随着取样数的增加,该曲线逐渐趋于稳定,即变化在 10% 以内时,可认为此时的取样数得到的样本特征值可以估计总体,即为最小样本数 (Kershaw, 1973)。

3. 全部数据在 SHARP PC-1501 袖珍计算机上处理。

三、结果

1. 取样数的确定 由图 1 可见,当 3 种取样的取样数均超过 70 个时,其移动均数曲线变化均趋于稳定,变化仅在 10% 以内。所以,当取样数超过 70 (即 $N > 70$) 时,样本就可以代表总体了。

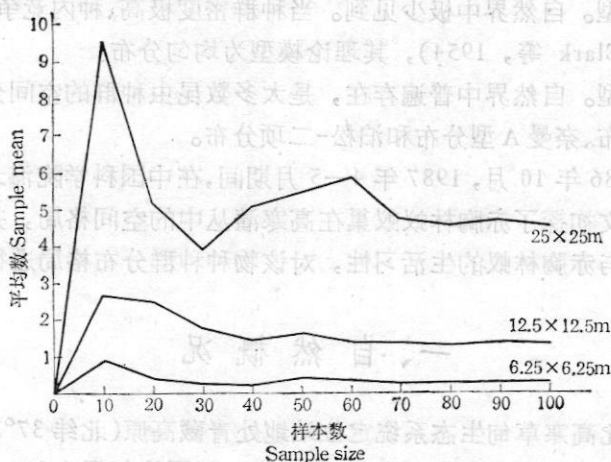


图1 样本数增加时移动均数曲线

Fig. 1 The curve of travelling mean when sample size changes.

2. 理论分布模型拟合实际蚁巢频数: 用负二项、奈曼 A 型、泊松-二项和泊松分布的概率分布拟合结果见表 1、图 2。

经 X^2 检验,赤胸林蚁蚁巢在灌丛中的格局,当样方面积为 6.25×6.25 米时,符合泊松-二项分布; 12.5×12.5 米时,符合负二项分布、泊松-二项分布、泊松分布,其中与负二项分布拟合最佳; 25×25 米时,符合负二项分布、泊松-二项分布,其中与负二项分布拟

表 1 赤胸林蚁蚁巢空间格局拟合数据的结果

Table 1 Results of the fit of spatial patterns of data in the red-thorax forest ant nest.

样 本 Sample	蚁巢数 Ant nest number	实际频数 Observed frequency	泊松-二项分布 理论值 Expected frequency of Poisson- binomial distribution	泊松分布 理论值 Expected frequency of Poisson distribution	负二项分布 理论值 Expected frequency of Negative binomial distribution	奈曼A型分布 理论值 Expected frequency of Neyman A distribution
6.25×6.25m	0	130	128.857	120.526	129.900	97.151
	1	17	19.780	34.840	21.172	38.357
	2	12	10.435	5.094	6.390	16.665
	3	2	1.446	0.501	2.241	6.024
	累计卡方	SumX ²	0.849	23.732	7.569	26.992
12.5×12.5m	0	36	31.504	28.856	31.288	22.111
	1	30	38.028	39.897	38.780	34.194
	2	26	25.717	27.580	25.689	28.609
	3	16	12.572	12.711	12.453	17.076
	4	6	4.922	4.394	4.863	8.114
	5	1	2.211	1.215	1.630	3.255
	累计卡方	SumX ²	3.059	5.791	2.366	11.684
25×25m	0	7	4.931	2.200	4.230	0.184
	1	17	14.079	9.830	13.889	1.063
	2	18	24.077	21.963	24.642	3.259
	3	24	30.487	32.716	31.326	7.030
	4	37	31.474	36.443	31.946	11.939
	5	30	27.811	32.678	27.757	16.960
	6	21	21.699	24.346	21.325	20.920
	7	17	15.261	15.549	14.851	22.979
	8	9	8.243	8.691	9.543	22.889
	9	9	4.363	4.381	5.732	20.958
	10	0	2.576	1.931	3.251	17.826
	11	1	1.309	0.785	1.754	14.205
	12	1	0.658	0.293	0.907	10.676
	13	0	0.658	0.101	0.451	7.511
	14	1	0.138	0.032	0.217	0
	累计卡方	SumX ²	19.286	57.530	16.111	732.882

合最佳。

3. 聚集强度: 以扩散指标 I_σ 、扩散系数 C 、平均拥挤度 M 、Lloyd 聚集性指标 M^*/M 和参数 C_A 几种聚集度指标, 分别进行比较 (索思伍德, 1984; 皮洛, 1978; 邬祥光, 1985), (表 2)。

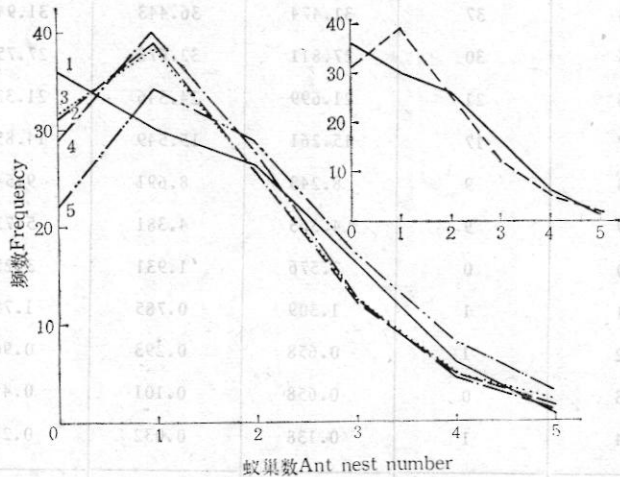
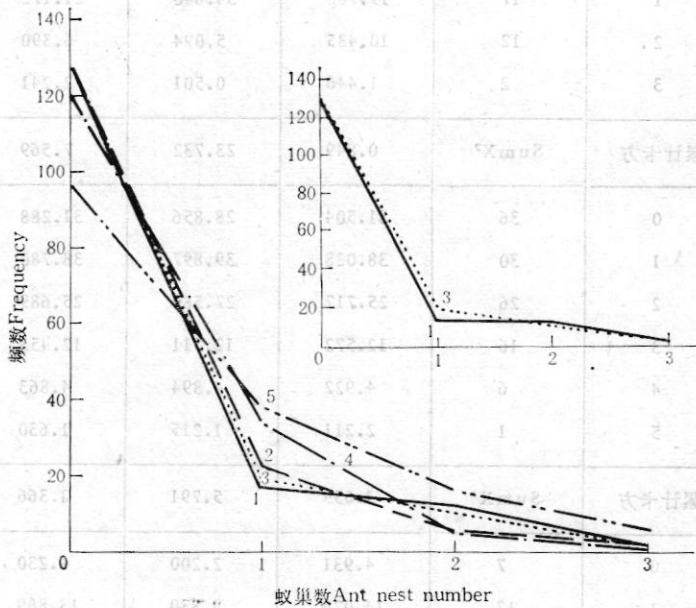
$$C_A = \frac{V - M}{M^2}$$

$$C = \frac{V}{M}$$

$$I_\sigma = \frac{V - M + M^2}{M^2} \cdot \frac{N}{N - 1}$$

$$M^* = \frac{V - M + M^2}{M}$$

$$M^*/M = \frac{V - M + M^2}{M^2}$$



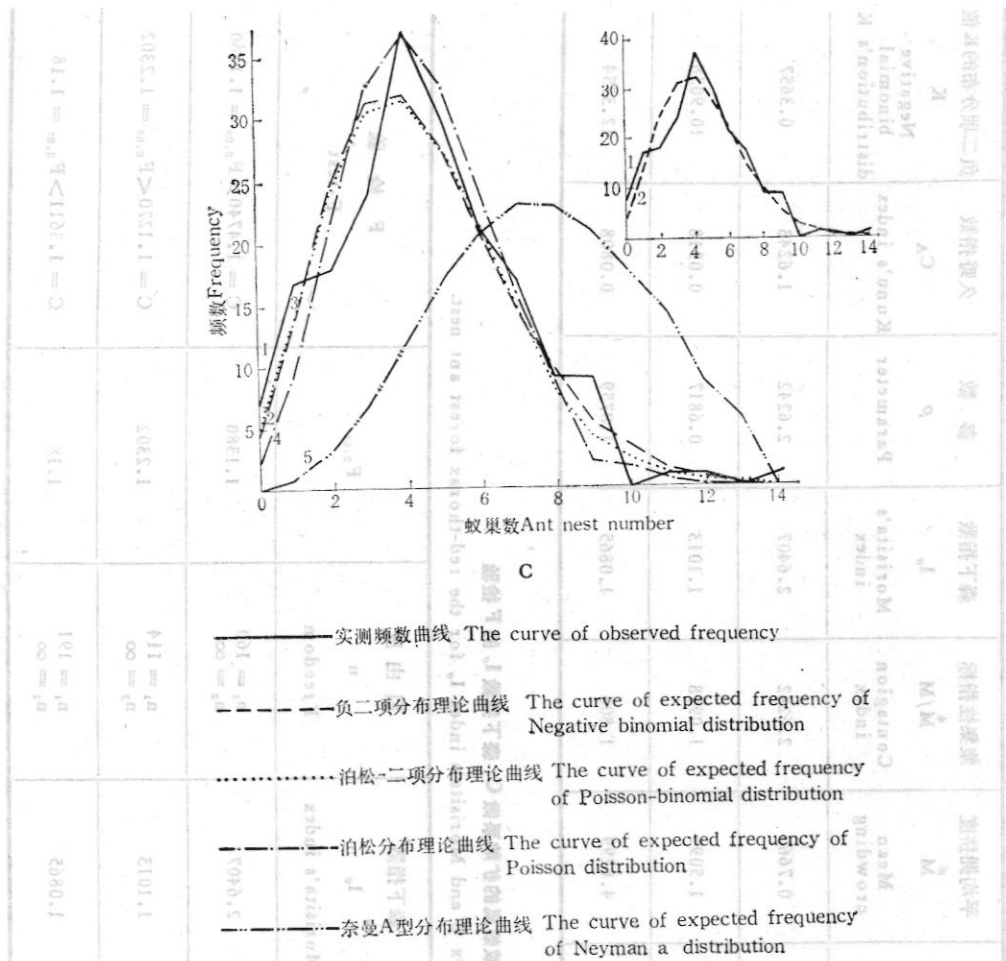


图2 赤胸林蚁巢实测频数曲线和理论频数曲线的比较, 右上角图为最佳理论拟合。
A. 6.25×6.25米; B. 12.5×12.5米; C. 25×25米。

Fig. 2 The comparison of the difference between observed frequency curve and expected frequency curve of the red-thorax forest ant nest. The best fit is shown in the right above in each figure. A 6.25×6.25m; B 12.5×12.5m; C 25×25m.

负二项分布的K值, 其中M为样本平均数、V为方差, N为样本总数。从表2可见, 赤胸林蚁巢的空间格局属于聚集型格局。6.25×6.25米, 12.5×12.5米和25×25米3种取样中, 其 C_A 均大于0, C均大于1, L_e 均大于1。但聚集强度不高。在12.5×12.5米和25×25米两种取样时, 尽管与负二项分布拟合最佳, 但K值均偏大, 分别为10.9038和12.3754, 均大于8, 据此可认为其聚集强度不高。但是, C、 L_e 超过1达到什么程度才算是聚集分布? 可借F检验得出结论, 见表3。

可见以6.25×6.25米和25×25米为取样单位时, 赤胸林蚁巢的概率分布与随机分布差异显著, 而呈聚集分布, 与本文所述的理论结果相符。以12.5×12.5米为取样单位时, 赤胸林蚁巢的概率分布与随机分布的差异不明显, 也与前面的理论拟合结果相符。值得注意的是, 此时不能仅以赤胸林蚁巢的概率分布与随机分布的差异不明显而断定是随机分布。表1的结果表明, 此时赤胸林蚁巢的概率分布同时符合负二项、泊松-二项和泊松分布3种分布, 并且与负二项分布拟合最佳。

表2 各种样本的分布参数

Table 2 Distribution parameters of the sample.

样本 Sample	样本数 N Sample size	扩散系数 C Dispersal index	平均数 M Sample mean	方差 V Sample variance	平均拥挤度 *M Mean crowding	聚集性指标 *M/M Contagion index	森下指数 I _σ Morisita's index	参数 ρ Parameter	久野指数 C _A Kunu's index	负二项分布的K值 K Negative binomial distribution's K
6.25×6.25 m	161	1.4740	0.2919	0.4303	0.7660	2.6242	2.6407	2.6242	1.6243	0.3657
12.5×12.5 m	115	1.1270	1.3826	1.5580	1.5095	1.0918	1.1013	0.6817	0.0918	10.9038
25×25 m	192	1.3611	4.4688	6.0824	4.8299	1.808	1.0865	1.0759	0.0808	12.3754

表3 赤胸林蚁蚁巢的扩散系数C、森下指数I_σ的F检验

Table 3 The F-test of dispersal index C and Morisita's index I_σ for the red-thorax forest ant nest.

样本 Sample	样本数 N Sample size	扩散系数 C Dispersal index	森下指数 I _σ Morisita's index	自由度 n Freedom	F _{0.05}	F检验 F-test
6.25×6.25m	161	1.4740	2.6407	n ₁ = 160 n ₂ = ∞	1.1380	C = 1.4740 > F _{0.05} = 1.1380
12.5×12.5m	115	1.1270	1.1013	n ₁ = 114 n ₂ = ∞	1.2302	C = 1.1270 < F _{0.05} = 1.2302
25×25m	192	1.3611	1.0865	n ₁ = 191 n ₂ = ∞	1.18	C = 1.3611 > F _{0.05} = 1.18

四、讨 论

1. 格局的成因与意义: 赤胸林蚁蚁巢空间格局的分布模型, 并非数学上的巧合, 而是该种群的生物学特性与环境因子综合作用的结果。

(1) 聚集的原因: 赤胸林蚁的扩散, 主要是以老种群(老蚁巢)为基础, 向四周扩散, 建立新的种群(新蚁巢)。在建立新的种群时, 该种群对周围环境有主动选择的能力。它们对周围环境差异性的反应较为敏感。风匣口地区灌丛可按地形不同分为滩地灌丛和阴坡灌丛。在这两种生境中, 赤胸林蚁种群密度、蚁巢数量、蚁巢密度、蚁丘高度、蚁丘体积及枯草层厚度都明显不同。滩地灌丛中, 水热条件较好, 植物种类丰富, 层次结构多, 盖度大, 微环境相对稳定。因而为更多的昆虫提供了食物和栖息空间。这里的昆虫种类较多, 有 86 科 240 种(吴亚等, 1982), 数量也较大, 相应地供赤胸林蚁取食的昆虫也较多。而在阴坡灌丛中, 水热条件, 光照, 植物种类, 植株高度, 盖度, 昆虫的种类和数量(仅 43 科 68 种, 吴亚等, 1982) 均不及滩地灌丛。生态因素的综合作用, 使不同生境下的赤胸林蚁的若干指标亦不相同(表 4)。据此可言, 赤胸林蚁蚁巢在灌丛中的空间分布型呈一定的聚集是该物种延续, 选择生境以及诸多环境因素共同作用的结果。

(2) 分散的原因: 赤胸林蚁是一种社会性昆虫, 不同蚁巢的蚂蚁之间有严格的隔离, 不能互相串巢, 否则将发生搏斗。因此其蚁巢的聚集密度不可能太高。在蚁巢密度低的情况下, 其分布逼近随机分布具有积极意义, 可以尽量减少种群间的竞争。实际上, 赤胸林蚁在灌丛中的蚁巢密度还不算高, 平均每公顷为 70—80 个, 与我们调查中发现的个别高达每公顷 140 个左右的地区相差甚远。蚁巢密度不高(平均值仅及实际观测最大值的一半)时, 概率分布呈一定的聚集性。可以设想, 如果蚁巢密度增至很高时, 则可能因种内竞争加剧而概率分布呈均匀分布 (Clark 等, 1954)。由于蚁巢密度不高, 就有比较丰富的

表 4 不同生境下的赤胸林蚁

Table 4 The red-thorax forest ant in different habitats.

生 境	主要植物	植物高度	植物盖度	平均密度 (巢/公顷)	平均数量 (头/巢)	蚁丘高度	蚁丘体积	枯草层厚度
Habitats	Main plants	Plant height (cm)	Plant coverage (%)	Average density (nest/ha)	Average number (individ/ nest)	Ant hill height (cm)	Ant hill physical volume (m ³)	Withered grass layer thickness (cm)
滩地灌丛 Plain shrubbery	<i>Desiphora fruticosa</i> <i>Kobresia humilis</i>	5—50	70—100	70.4	13468	22.5	0.05	9.4
阴坡灌丛 Shrubbery on the north slope	<i>D. fruticosa salix</i> sp. <i>Kobresia capillifolia</i>	20—30	60—70	50.5	7721	13.6	0.03	5.7

生存和繁殖的空间,再加上赤胸林蚁种群的巢域性较明显,导致了其蚁巢在灌丛中的分布逼近随机分布。

赤胸林蚁在生态系统中属消费者范畴。主要取食双翅目(Diptera)、鳞翅目(Lepidoptera)、鞘翅目(Coleoptera)的部分幼虫和成虫,也取食直翅目(Orthoptera)蝗虫的卵,食物资源在空间的分布对它的分布格局有很大的影响。同时,赤胸林蚁又被青藏高原上的大部分鸟类取食,如角百灵(*Eremophila alpestris elwesi*)、褐背地鸦(*Pseudopodoces humilis*)、小云雀(*Alauda gulgula inopinata*)等等。在赤胸林蚁的整个活动期,经常可以看到上述鸟类在蚁丘顶部刨食蚂蚁。解剖角百灵的嗉囊,曾发现其中有百头左右的赤胸林蚁。另外,赤胸林蚁的体外还寄生着螨类。Price (1975) 认为捕食作用或寄生现象似乎最有可能成为密度制约因素(density dependent factor)。鸟类和寄生螨的抑制作用,作为赤胸林蚁种群的不利效应,随种群密度的增加而加大。鸟类的觅食能力很强,寄生螨容易传播,赤胸林蚁蚁巢的低密度并呈一定的随机分布,具有积极的意义。

2. 需进一步探讨的问题: 由于格局的成因与环境因子有密切的关系,当生境进一步细分时,赤胸林蚁蚁巢的分布格局将发生怎样变化? 在植被明显呈镶嵌的地区,鼠类活动将严重干扰该地区的赤胸林蚁的分布,其格局将如何变化? 赤胸林蚁的个体行为和群体行为与分布关系甚大,也需要进一步探索。

参 考 文 献

北京林学院编, 1980, 数理统计, 中国林业出版社。
 郭祥光, 1985, 昆虫生态学的常用数学分析方法, 436—500, 农业出版社。
 吴亚、金翠霞, 1982, 草场植被与昆虫, 高寒草甸生态系统, 110—116, 甘肃人民出版社。
 周兴民、李健华, 1982, 海北高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布规律。高寒草甸生态系统, 9—18, 甘肃人民出版社。
 张晓爱, 1982, 高寒草甸繁殖鸟类的群落结构。高寒草甸生态系统, 117—128, 甘肃人民出版社。
 杨福园, 1982, 青海高寒草甸生态系统定位站的自然地理概况, 高寒草甸生态系统, 1—7, 甘肃人民出版社。
 翟志刚, 1986, 高寒草甸赤胸林蚁(*Formica* sp.) 生态生物学的初步研究, 高原生物学集刊(5): 99—113。
 皮洛, E. C. (卢泽愚译) 1978, 数学生态学引论, 82—148, 科学出版社。
 索恩伍德, T. R. E. (罗河清等译) 1984, 生态学研究方法——适合于昆虫种群的研究, 29—49, 科学出版社。
 雷坦, S. D 等著(吴千红等译) 1986, 生态学野外及实验室实验手册, 3—35, 科学出版社。
 Clark, P. J. and F. C. Evans., 1954, Distance to nearest neighbour at a measure of spatial relationships in population. *Ecology*, 35: 445—453.

Kershaw, K. A. 1973, Quantitative and dynamic plant ecology, 2nd edition. Arnold, London.
 Price, P. W., 1975, Insect ecology, New York, London.
 Waloff, N. and R. E. Blackith., 1962, The growth and distribution of the mounds of *Lasius flavus* (Fabricus) (Hym: Formicidae) in Silwood Park, Berkshire. *J. Anim. Ecol.*, 31: 421—437.

Site	Area (m ²)	Number of mounds	Mean mound height (cm)	Mean mound diameter (cm)	Mean mound volume (cm ³)	Mean mound density (mounds/m ²)
Plain	20	100	70	130	700	35
Slope	20	100	70	130	700	35

THE PRELIMINARY STUDY ON THE PATTERNS OF DISTRIBUTION OF THE RED-THORAX FOREST ANT(*FORMICA* SP.) NESTS IN ALPINE SHRUBBERY

Li Lianbin Zhai Zhigang

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

In October 1986 and April-May 1987, the frequency distribution of the red-thorax forest ant nests in alpine shrubbery was studied at the Research Station of alpine Meadow Ecosystem, Haibei. The analysis of data resulting from field observations led to the following conclusions:

1. According to the travelling mean, the least sample size of random sampling was 70 for three sampling methods (6.25×6.25 m, 12.5×12.5 m, 25×25 m).
2. The distribution of the red-thorax forest ant nests was an aggregative distribution.
3. The frequency distribution of the red-thorax forest ant nests fitted to Poisson-binomial distribution when the sample was 6.25×6.25 m. It fitted to Negative binomial distribution, Poisson distribution and Poisson-binomial distribution, the Negative binomial distribution was the best when the sample was 12.5×12.5 m. It fitted to Poisson-binomial distribution and Negative binomial distribution the latter was the best when the sample was 25×25 m.