山东曲阜地区蚂蚁群落结构及物种多样性研究

刘 红 袁兴中

(重庆大学资源及环境科学学院, 重庆 400044)

张承德

(曲阜师范大学生物系, 山东曲阜 273165)

摘要: 通过诱捕法和样方调查法获得曲阜地区蚂蚁 4 亚科 15 属 19 种。优势种为菱结大头蚁(*Pheidole rhombinoda*)、粗面收获蚁(*Messor aciculatus*)和异色草蚁(*Lasius alienus*) ,前 2 种亦是研究区域的广布种。根据调查数据分析了该地区 5 种生境中蚂蚁群落的结构及多样性特征,以及人为干扰和生境异质性的对蚂蚁群落的影响。结果表明 5 种生境中蚂蚁群落种类组成和多样性等指标均不相同。落叶阔叶林中蚂蚁群落种类数、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J)最高,人工杨树林中蚂蚁群落 Shannon-Wiener 多样性指数(H')最低,河滩草丛中蚂蚁巢数、个体数以及种类优势度指数(D)最高。人类干扰越强的生境,蚂蚁群落多样性指数越低;生境质量和异质性越高的生境,蚂蚁群落多样性指数越高。聚类分析与群落结构序列分析结果基本一致,人工杨树林与人居环境中蚂蚁群落相似性最高,其他几个生境蚂蚁群落间相似性很低。同种蚂蚁在不同生境中巢穴和蚁群大小有差异。

关键词: 蚂蚁,群落结构,物种多样性,生境,曲阜

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 1005 - 0094(2002)03 - 0298 - 07

Community structure and species diversity of ant in Qufu , Shandong Province

LIU Hong , YUAN Xing-Zhong

College of Resources and Environmental Science , Chongqing University , Chongqing 400044

ZHANG Cheng-De

Department of Biology , Qufu Normal University , Qufu 273165

Abstract : Ant specimens of 4 subfamilies , 15 genera and 19 species were collected by trap and sample plot methods in Qufu area , Shandong. The dominant species are *Pheidole rhombinoda* , *Messor aciculatus* and *Lasius alienus* , of which the first two species are widely distributed over the study area. Based on these samples , species composition , species diversity , and similarity of ant communities in five habitats were analyzed , and the extent of influence by human activity and habitat heterogeneity were examined. We find that species composition and diversity indices of ant communities are different in each of the five habitats. The number of species , Shannon-Wiener's diversity index (H') and Pielou's evenness index (J) in deciduous broad-leaved forest are the highest , while the diversity index in artificial poplar plantations is the lowest. The number of nests , number of individuals and McNaughton's dominant index (D) is the highest in grasslands of river floodplains. The more the habitats are disturbed , the lower the diversity index of ant community is. The highest diversity indices were observed in the habitats with high quality and high heterogeneity. Clustering analysis for five ant communities and ordination analysis for community structure by multidimensional scaling (MDS) were carried out and basically identical results were obtained. The results show that similarity of ant communities between artificial poplar plantation and residential districts is the highest , and similarities between other habitats are much lower. Nest size and individual number of colonies of the same ant species are different in different habitats.

Key words: ants, community structure, species diversity, habitat, Qufu

1 引言

蚂蚁是昆虫纲 Insecta,膜翅目 Hymenoptera,蚁科 Formicidae 昆虫的总称,是地球上分布最广泛、数量最多的社会性昆虫。作为陆地生态系统的重要类群,蚂蚁能改良土壤、分解有机质、为植物传播种子、传授花粉、保护植物抵御其他昆虫的危害、捕食农林害虫,等等。因此,作为自然生态系统中食物链的重要环节,蚂蚁在成土作用、营养物质循环、植物生长更新及维持生态平衡方面起着重要的作用(Holldobler & Wilson, 1990)。由于蚂蚁的丰度和生态多样性较高,以及具有高生物量、群落动态易被观测和在整个营养水平上的生态重要性,因而成为生态监测中很有吸引力的生物指标(Majer & Kock, 1992; Andersen, 1990; Andersen, 1995)。因为蚂蚁对环境变化敏感,故在生物多样性对环境变化反应的研究中,常常被作为关键类群进行研究(Perfecto & Snelling, 1995; Bestelmeyer & Wiens, 1996; Catanguí, 1996)。因为蚂蚁群落在生态系统的恢复过程中始终显示出很明显的演替格局(Majer, 1992; Andersen, 1993),在澳大利亚和巴西等国家,蚂蚁群落已被采矿业广泛用来作为采矿废弃地生态恢复的指标。最近,国外学者正在致力于蚂蚁功能群的研究,并与环境扰动和胁迫联系在一起,以了解和预测蚂蚁群落对土地利用的反应(King *et al.*, 1998; Vanderwoude *et al.*, 1997; Bestelmeyer & Wiens, 1996)。

我国蚂蚁资源丰富,已调查的种类有 7 亚科 600 种以上(唐觉等, 1995)。近年来,有关蚂蚁生态研究方面的报道多见于热带地区和东北地区(张智英等 2000;徐正会等, 1999;刘红,袁兴中, 1996;刘红等, 1997)。作为暖温带典型地带的山东省曲阜地区蚂蚁种类调查、生态研究迄今未见报道。作者于 1996 年 5~10 月,对曲阜地区蚂蚁进行了调查研究,本文总结并探讨了曲阜地区主要生境中蚂蚁群落种类组成、多样性特征、群落结构与环境的相关性,旨在为我国暖温带地区蚂蚁资源及生态系统保护提供科学依据。

2 研究区域自然概况

曲阜地处鲁中南山地丘陵的西南边缘,地理位

置在 $35^{\circ}29' \sim 35^{\circ}49'N$ 和 $116^{\circ}51' \sim 117^{\circ}13'E$ 之间。境内北、东、南三面多为山丘,最高山峰海拔 460 m,相对高差 250 m 左右。中、西部则为平原,山丘与平原面积之比约为 3:7。泗河、沂河自东向西横贯全境,在曲阜境内分别被称为北沙河和南沙河。前者在孔林以北,后者位于城区以南,距孔庙南门约 1 km 左右。近年来,由于上游多处蓄水截流,北沙河、南沙河在枯水期几乎断流,夏季丰水期河面宽不超过 20 m。本地气候属暖温带季风大陆性气候,四季分明,光热资源丰富,降水较为充足。年均气温 $13.6^{\circ}C$,年均降水量 691.4 mm,多集中于 6~8 月,大气相对湿度为 68%。地带性植被为暖温带落叶阔叶林,地带性土壤为棕壤和褐土。

3 研究方法

3.1 样地设置

在研究区域共选择 5 种生境作为研究样地(表 1)。

3.2 样方调查和诱集法

采用样方调查和诱集法,于 1996 年 5~10 月进行蚂蚁群落的定量和定性调查。在每个样地内随机选取 4 个 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的样方,在地面划定样方范围后,仔细检查地表层蚂蚁个体和蚁巢。捕捉全部零散个体保存于盛有 75% 乙醇的小瓶内。发现蚁巢时,用小铁锹挖掘土壤层,深度 20 cm,仔细检查蚁巢及个体,然后将整个蚁巢铲入白色瓷盘($20\text{ cm} \times 30\text{ cm}$)内,又将该瓷盘放于 $40\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 的大瓷盘中,大瓷盘中放有水,以防蚂蚁逃散。再将土块敲碎搅匀,收集各巢中蚂蚁,并将蚂蚁标本放入盛有乙醇的小瓶。收集蚂蚁的诱集法是在每个生境中随机埋放 50 个塑料杯(直径约 7 cm,深约 10 cm),杯埋在土中,只剩上部边缘露出土壤表面,杯内盛有 $1/2$ 容量的 3% 乙醛溶液。48 小时后取出塑料杯,将杯中蚂蚁收集到盛有乙醇的标本瓶内。居民区因人为活动频繁,不宜进行诱集。样方调查法的优点是能定量采集和统计分析,而诱集法主要是一种定性采集方法,能弥补样方调查法所遗漏的种类,两种方法的结合能保证调查期间获得该区域较全面的蚂蚁群落种类组成情况。统计分析主要以样方调查的数据进行。以传统形态分类学方法对蚂蚁标本逐一分类鉴

表 1 研究区域生境概况
Table 1 Habitat conditions of study area

	Habitat I	Habitat II	Habitat III	Habitat IV	Habitat V
所处位置 Location	曲阜城北 25 km 石门山国家森林公园内 Located in Shimen-shan National Forest Park , 25 km apart from Qufu City	曲阜城北 1.5 km 的孔林内 Located in Confucian graveyard of the northern part of Qufu	南沙河阶地 Alluvial terrace of Nansha River	北沙河开阔河滩 Beisha River beach	城内居民区 Residential area in city
植被状况 Vegetation condition	落叶乔、灌木 60 余种 , 盖度为 60% ~ 70% , 林下草本植物丰富 About 60 deciduous tree and shrub species with coverage 60% ~ 70% , rich in herbs under forest	乔灌木约 20 余种 , 盖度为 60% , 林下草本植物植物稀少 About 20 tree and shrub species with coverage 60% , few herbs under forest	林下空旷 , 几乎无灌木生长 , 草本盖度为 80% Almost no shrub , grass community coverage 80%	无乔灌木 , 只有多种草本植物生长 No trees or shrubs , only herbs	植物种类稀少 Few plant species
土壤状况 Soil condition	棕色森林土 , 枯枝落叶层疏松 , 厚约 3 ~ 5 cm Brown forest soil , loose forest litter of about 3 ~ 5 cm deep	潮褐土 Calcareous soil	棕壤 , 土壤板结坚硬 Brown soil , and harden	沙质土 , 上干下潮 , 下层粘重 Sand soil , dry on the top and damp below , sticky in below	棕壤 , 零星分布 Brown soil , scattered distribution
人为干扰 Disturbance	较少 Slight	较少 Slight	很强 Very intense	较少 Slight	强 Intense

生境 I : 落叶阔叶林 ; 生境 II : 针阔混交林 ; 生境 III : 人工杨树林 ; 生境 IV : 河滩草丛 ; 生境 V : 人居环境
Habitat I : Deciduous broad-leaf forest ; Habitat II : Mixed conifer and broad-leaved forest ; Habitat III : Artificial poplar forest ; Habitat IV : River beach grassland ; Habitat V : Residential area

定(Bingham , 1903 ; Bolton , 1994 ; 吴坚 , 王常禄 , 1995 ; 唐觉等 , 1995) , 部分标本委托浙江大学植物保护系李参教授鉴定。

3.3 计算公式

本研究根据蚂蚁群落的特点及取样数据 , 选择使用了以下计算公式(Pielou , 1975 ; 马克平 , 1994) 进行数据及结果的分析。

- 1) Margalef 种类丰度 : $S_1 = S - 1 / \log_2 N$;
- 2) Shannon-Wiener 指数 : $H' = - \sum P_i \log_2 P_i$;
- 3) Pielou 的均匀度指数 :
 $J = (- \sum P_i \log_2 P_i) / \log_2 S$
- 4) McNaughton 种类优势度指数 :
 $D = (N_1 + N_2) / N$
- 5) Sorenson 相似性系数 : $S_2 = 2C / (A + B)$

式中 , S 为总种数 , P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例 , N 为所有种的个体总数 , N_1 、 N_2 为样品中居第一、二位的优势种的个体数 , A 为 A 生境中的种类数 , B 为 B 生境中的种类数 , C 为 A、B 两生境共有的种类数。利用 STATISTICA 统计软件(StatSoft Inc. , USA , 1993) , 以 Sorenson 相似性系数为基础 , 进行群落聚类分析和多维序列分析(Multidimentional Scale , MDS)。

4 结果与分析

4.1 种类组成

鉴定诱集和样方调查所得标本 , 共有蚂蚁 19 种 , 隶属于 4 亚科 15 属(表 2)。5 种生境共发现蚁巢 617 个 , 统计蚂蚁个体总数 361 246 只。就个体数而言 , 5 种生境蚂蚁优势种(个体数/总个体数 > 10% 的种类) 为菱结大头蚁(*Pheidole rhombinoda*)、粗面收获蚁(*Messor aciculatus*) 和异色草蚁(*Lasius alienus*)。从生境分布来看 , 仅菱结大头蚁和粗面收获蚁分别出现于 4 种生境 , 异色草蚁只出现于 2 种生境中。综合个体数量及分布范围等指标 , 作者认为菱结大头蚁和粗面收获蚁是研究区域的广布种。常见种(1% < 个体数/总个体数 < 10%) 有 8 种 , 其中 6 种分别生活于 3 种生境 ; 稀有种(个体数/总个体数 < 1%) 8 种 , 其中 7 种分别只生活在 1 种生境中。

从表 1 可知 , 各生境蚂蚁群落种类组成和数量均有差异。落叶阔叶林蚂蚁种类最丰富 , 优势种为菱结大头蚁、杰氏斜结蚁(*Plagiolepis jerdoni*) 和日本弓背蚁(*Camponotus japonicus*) , 它们的个体数分别占该生境蚂蚁总数的 28. 55%、26. 65% 和 15. 41% ,

表2 研究区域蚂蚁群落种类组成及数量(单位:只)
Table 2 The species composition and quantity of ant community in the study area

种名 Species	生境 I Habitat I	生境 II Habitat II	生境 III Habitat III	生境 IV Habitat IV	生境 V Habitat V	合计 Total	占总个体数 百分比 %	多度 Dominant
耶氏狂蚁 <i>Paratrechina yerburyi</i>	1837	2790		1600		6227	1.72	++
异色草蚁 <i>Lasius alienus</i>		5800		92480		98280	27.20	+++
黑腹平结蚁 <i>Prenolepis melanogaster</i>				2421		2421	0.67	+
纳氏平结蚁 <i>Pr. naorojii</i>		1540	1460		1270	4270	1.18	++
杰氏斜结蚁 <i>Plagiolepis jerdoni</i>	16200			3710		19910	5.51	++
丝光褐林蚁 <i>Formica fusca</i>	1000		750	2400		4150	1.15	++
日本弓背蚁 <i>Camponotus japonicus</i>	9370	19800	3690			32860	9.10	++
铺道蚁 <i>Tetramorium caespitum</i>	2400		7840		10330	20570	5.69	++
铺道蚁属一种 <i>Tetramorium</i> sp.	673					673	0.19	+
花居小家蚁 <i>Monomorium floricola</i>	2300	3870				6170	1.71	++
中华小黑家蚁 <i>M. chinensis</i>	815			1248		2063	0.57	+
粗面收获蚁 <i>Messor aciculatus</i>	4350		35200	5280	9480	54310	15.03	+++
塞奇举腹蚁 <i>Crematogaster sagei</i>	1613					1613	0.45	+
比罗举腹蚁 <i>C. biroi</i>		2540				2540	0.70	+
菱结大头蚁 <i>Pheidole rhombinoda</i>	17360	13000		67500	1060	98920	27.38	+++
中国短猛蚁 <i>Brachyponera chinensis</i>	2120	1450			372	3942	1.09	++
费氏中盲猛蚁 <i>Centromyrmex feae</i>		849				849	0.24	+
格氏姬猛蚁 <i>Hypoponera gleadowi</i>	758					758	0.21	+
狡臭蚁 <i>Technomyrmex elatior</i>		720				720	0.2	+
个体总数 Total number of individuals	60796	52359	48940	176639	22512	361246	100.00	
物种数 No. of species	13	10	5	8	5	19		
巢数 No. of nests	60	64	67	398	28	617		

+++ : individual number >10% ; ++ : individual number is between 1% and 10% ; + : individual number <1%

铺道蚁属一种(*Tetramorium* sp.)、塞奇举腹蚁(*Crematogaster sagei*)和格氏姬猛蚁(*Hypoponera gleadowi*)仅生活于该生境中。菱结大头蚁和日本弓背蚁同时又是针阔混交林的优势种 ,分别占针阔混交林生境中蚂蚁总数的 24. 83% 和 37. 82% ,该生境另一优势种为异色草蚁 ,占 11. 08% ,比罗举腹蚁(*Crematogaster biroi*)、费氏中盲猛蚁(*Centromyrmex feae*)和隆背狡臭蚁(*Technomyrmex modiglianii elatior*)仅出现于该生境中。人工杨树林和人居环境中蚂蚁种类最少 ,而且优势种都是粗面收获蚁和铺道蚁(*Tetramorium caespitum*) ,但粗面收获蚁在人工杨树林中占绝对优势 ,个体数占该生境总数的 71. 92% 。而在人居环境中两种蚂蚁所占百分比近似 ,分别为 42. 11% 和 45. 89% ,人居环境中蚁巢数和个体数最少。河滩草丛中以异色草蚁和菱结大头蚁为优势种 ,耶氏狂蚁(*Paratrechina yerburyi*)和中华小家蚁(*Monomorium chinensis*)为稀有种 ,黑腹平结蚁(*Prenolepis melanogaster*)仅生活在该生境内 ,该生境蚂蚁巢数和个体数最高。

4.2 多样性特征

5 种生境蚂蚁群落多样性指标列于表 3。从表

3 可知 ,落叶阔叶林中蚂蚁种类优势度最低 ,而种类丰度、多样性指数和均匀度指数均位居第一。针阔混交林内蚂蚁群落的种类丰度、多样性指数和均匀度指数仅次于落叶阔叶林 ,优势度略高于落叶阔叶林。人工杨树林蚂蚁群落种类丰度和多样性指数最低。而均匀度最低、优势度最高的则是河滩草丛的蚂蚁群落 ,这说明该生境蚂蚁个体数在种间分布最不均匀 ,但该生境蚂蚁种类丰度却高于人工杨树林和人居环境。5 种生境蚂蚁群落多样性指数是落叶阔叶林 > 针阔混交林 > 人居环境 > 河滩草丛 > 人工杨树林。由于多样性指数包含种类数和种类分布均匀性 2 种成分 ,在河滩草丛中虽然蚂蚁种类丰度高于人居环境 ,但均匀度却低于后者 ,结果多样性指数低于后者 ,在此应是高的均匀性起了关键作用。同样情况 ,河滩草丛蚂蚁种类丰度高于人工杨树林 ,均匀度也低于后者 ,结果多样性指数却是前者高于后者 ,这里应该是高的种类丰度发挥了关键作用。因此 ,当种类丰度和均匀性变化一致时 ,多样性指数与二者成正相关 ;当二者变化不一致时 ,多样性指数取决于二者的相对大小。

表 3 5 种生境蚂蚁群落多样性指标
Table 3 The diversity indexes of ant community in five habitats

生境 Habitat	Margalef 种类丰度 Margalef richness index	Shannon-Weiner 指数 Shannon-Weiner index	Pielou 均匀度 Pielou equality index	McNaughton 优势度 McNaughton dominance
I	1.09	1.99	0.78	0.55
II	0.83	1.78	0.77	0.63
III	0.37	0.89	0.56	0.87
IV	0.58	1.09	0.52	0.91
V	0.40	1.10	0.68	0.88

图 1 不同生境蚂蚁群落聚类树状图
Fig. 1 Dendrogram of cluster analysis on ant community in different habitats

图 2 5 种生境中蚂蚁群落 MDS 分析图
Fig. 2 Multidimensional scaling(MDS) ordination plot of ant community samples taken from five habitats

4.3 群落结构分析

为了揭示不同生境中蚂蚁群落的差异水平 ,以各生境中蚂蚁群落相似性系数为基础 ,对研究区域蚂蚁群落进行聚类分析和群落结构序列分析 (MDS)(图 1、图 2)。在图 1 中 ,根据欧氏距离坐标 (d)可看出各生境聚合是在什么水平上进行的 ,聚合水平越低的生境 ,其蚂蚁群落越相似。图中显示 d 值为 1.06 时 ,研究区域蚂蚁群落被分为两大类 :第一类(包括落叶阔叶林、针阔混交林和河滩草丛的蚂蚁群落)是受人类活动影响较小、自然生境质量较好的蚂蚁群落 ;第二类是生境受人类活动强烈

干扰的蚂蚁群落 ,包括人工杨树林和人居环境 2 种生境的蚂蚁群落。这一水平的划分体现了人为干扰对蚂蚁群落结构的影响。当 d 值降低为 0.95 时 ,第一类蚂蚁群落又分为以乔灌木植物为主的森林景观蚂蚁群落和以草本植物为主的开阔景观蚂蚁群落 2 类 ,体现了植被类型及结构对蚂蚁群落的影响。森林景观包括落叶阔叶林和针阔混交林。图中最小 d 值为 0.58 ,此处人工杨树林和居民区最先聚合在一起 ,说明这 2 种生境蚂蚁群落相似程度最高。

MDS 分析表明 5 种生境的蚂蚁群落被分成了 4 个不同的聚类组(图 2)。MDS 连续展示了生境间蚂蚁群落组成的相似关系 ,因为群落组成越相似 ,代表它们的点在 MDS 图上的距离就越近 ;反之 ,群落组成相差越远 ,代表它们的点在图上的距离也越远。从图 2 可以看出 ,距离最近的两点是人工杨树林和人居环境 ,它们聚合为一个组 ,说明它们的相似性最大 ,而它们与落叶阔叶林、针阔混交林、河滩草丛之间的距离则相对较大 ,尤其是河滩草丛远离其他几个生境 ,说明它们之间的相似性极小。比较图 1 和图 2 ,可看出两种分析的结果基本一致 ,虽然在图 1 中落叶阔叶林和针阔混交林聚合在一起 ,但它们聚合处的 d 值较高 ,而且在图 2 中 ,二者的代表点相距也较远。因此 5 种生境中 ,除人工杨树林和人居环境的蚂蚁群落相似性较高外 ,其他几个生境蚂蚁群落的相似性均很小。

5 讨论

1)本研究区域共获蚂蚁 19 种 ,隶属于 4 亚科 15 属。与我国热带的西双版纳地区和东北吉林省相比(张智英等 ,2000 ;徐正会等 ,1999 ;刘红等 ,1997) ,本研究区域蚂蚁种类比前者贫乏而较后者丰富。这说明蚂蚁种类数量和多样性随纬度增加而降低 ,其变化规律与我国东部生物群落的纬度地带性规律一致。

2) 多样性分析表明, 5 种生境中蚂蚁群落种类丰度为落叶阔叶林 > 针阔混交林 > 河滩草丛 > 人居环境 > 人工杨树林, 多样性指数是落叶阔叶林 > 针阔混交林 > 人居环境 > 河滩草丛 > 人工杨树林, 这与各生境质量优劣有关。落叶阔叶林是分布在石门山国家森林公园的次生落叶阔叶林, 受人为干扰较少, 针阔混交林分布于孔林内, 由于保护较好, 林内植物生长良好。由于落叶阔叶林、针阔混交林环境条件较好, 故蚂蚁种类丰度和多样性较高, 且两种生境拥有其他生境所没有的 3 个特有种(落叶阔叶林特有种是铺道蚁属一种 (*Tetramorium* sp.)、塞奇举腹蚁 (*Crematogaster sagei*) 和格氏姬猛蚁 (*Hypoponera gleadowi*); 针阔混交林特有种是比罗举腹蚁 (*Crematogaster biroi*)、费氏中盲猛蚁 (*Centromyrmex feae*) 和隆背狡臭蚁 (*Technomyrmex modiglianii elatior*)。人工杨树林紧靠南沙河, 南沙河附近一些小工厂(如造纸厂等)常年将未经任何处理的废水排入河内, 使河水污浊不堪, 污水在阳光照射下, 一些有毒的气体挥发出来, 直接危害杨树林内生物的生长。加之该生境距居民区不远, 常有人、畜活动, 因此, 林下植物稀少, 土壤板结坚硬, 限制了蚂蚁的筑巢和活动。河滩草丛位于北沙河河滩, 距居民区较远, 平时有少数村民放羊于此, 羊的啃食和践踏给草本植物生长带来一定影响。人居环境为居民区, 土壤零星分布, 能为蚂蚁提供的生活空间和食物资源较少, 蚂蚁只能筑巢于路边、房屋附近和零星分布的土壤中。5 种生境蚂蚁群落种类丰度和多样性格局揭示了人类活动对 5 种生境干扰的强度, 因此, 蚂蚁群落结构及多样性特征可以作为指示环境变化和生境质量的指标。

3) 在自然因素和人为因素的共同作用下, 环境产生分异, 生物适应环境的同时便形成了相应的群落。人工杨树林和人居环境的蚂蚁群落相似性最高, 主要是因两种生境受人为干扰较严重, 生境质量差, 只有少数耐受力强的蚂蚁种类能生活在这种生境中, 从而使这两种生境蚂蚁群落的种类少, 且组成相似。落叶阔叶林、针阔混交林、河滩草丛蚂蚁群落之间相似性极小的原因, 主要是各生境的自然条件, 尤其是植物条件和土壤条件不同所致。落叶阔叶林和针阔混交林均为森林, 但前者植物种类比后者更丰富, 且均为落叶植物, 又因坡度引起小地形差异, 使生境内异质性高, 小生境多样, 故落叶阔叶林中蚂

蚁种类数最高。而针阔混交林中有许多人工种植的侧柏树, 针叶植物的生长和其残落物对生境内小气候、土壤的发育等影响不同于落叶植物。河滩草丛为开阔的草地, 植物群落类型和土壤条件明显不同于落叶阔叶林和针阔混交林。因此, 蚂蚁群落的相似性关系反映了生境间的相似程度。

不同生境条件还影响同种蚂蚁巢穴和蚁群大小。以广布种菱结大头蚁为例, 在落叶阔叶林中, 植物种类丰富, 土壤为棕色森林土, 土层厚, 结构好, 水、气比例适宜, 菱结大头蚁巢穴深而大, 每巢蚁群个体数平均为 2170 只; 在河滩草丛中, 植物种类少, 但盖度大, 土壤为沙质土, 上沙下粘, 地下水位高, 该蚂蚁巢穴浅而小, 每巢蚁群个体数平均为 482 只。同时, 又由于落叶阔叶林中蚂蚁种类丰富, 物种间对空间和食物资源等的竞争, 每个种所占有空间较小, 所以该生境中蚂蚁总巢数和每种蚂蚁的巢数都较少。而开阔的草地生境, 蚂蚁种类较少, 种间竞争减小, 每种蚂蚁可以占据更多的空间和食物资源, 所以, 河滩草丛中蚂蚁总巢数和每种蚂蚁巢数都远较针阔混交林多。菱结大头蚁的巢穴在落叶阔叶林中 共有 8 个, 而在河滩草丛中共有 140 个, 但因两生境巢穴和蚁群大小不同, 使该蚂蚁个体数量在两生境中都很高, 而成为两生境的优势种。

致谢：衷心感谢浙江大学植物保护系李参教授帮助鉴定部分蚂蚁标本; 感谢美国科罗拉多州立大学 Bestelmeyer B. T. 博士和澳大利亚热带生态系统研究中心的 Andersen A. N. 博士提供了大量宝贵的研究资料。

参考文献

刘红, 陈鹏, 袁兴中, 1997. 吉林省蚂蚁资源及其实用价值研究. 自然资源学报, 12(3): 276 ~ 281
刘红, 袁兴中, 1996. 吉林省左家蚂蚁及生态分布. 昆虫知识, 33(4): 226 ~ 227
马克平, 1994. 生物多样性的测度方法. 见: 钱迎倩, 马克平 (主编), 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 141 ~ 165
唐觉, 李参, 黄恩友, 张本悦, 陈益, . 1995. 中国经济昆虫志 膜翅目蚁科(一). 北京: 科学出版社, 1 ~ 2
吴坚, 王常禄, 1995. 中国蚂蚁. 北京: 中国林业出版社, 1 ~ 214
徐正会, 曾光, 柳太勇, 何云峰, 1999. 西双版纳地区不同植被亚型蚁科昆虫群落研究. 动物学研究, 20(2): 118 ~ 125

- 张智英, 曹敏, 杨效东, 邓晓保, 余宇平, 2000. 西双版纳片断季节性雨林蚂蚁物种多样性研究. *动物学研究*, **21** (1): 70 ~ 75
- Andersen A N, 1995. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography*, **22**: 15 ~ 29
- Andersen A N, 1993. Ants as indicators of restoration success at a uranium mine in tropical Australia. *Restoration Ecology*, **1**: 56 ~ 167
- Andersen A N, 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proceedings of the Ecological Society of Australia*, **16**: 347 ~ 357
- Bestelmeyer B T and J A Wiens, 1996. The effects of land use on the structure of ground-foraging ant communities in the Argentine Chaco. *Ecological Applications*, **6**(4): 1225 ~ 1240
- Bingham C T, 1903. The fauna of British India including Ceylon and Burma (Hymenoptera 2). Ants and Cuckoo-wasps. Taylor and Francis, London, 1 ~ 414
- Bolton B, 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University Press, Cambridge, 1 ~ 222
- Catangui M A, 1996. Abundance, diversity, and spatial distribution of ants (Hymenoptera: Formicidae) on mixed-grass rangelands treated with diflubenzuron. *Environmental Entomology*, **25**: 757 ~ 766
- Holldobler B and E O Wilson, 1990. The ants. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 1 ~ 732
- King J R, A N Andersen and A D Cutter, 1998. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation*, **7**: 1627 ~ 1638
- Majer J D, 1992. Ant recolonisation of rehabilitated bauxite mines of Pocos de Caldas, Brasil. *Journal of Tropical Ecology*, **8**: 97 ~ 108
- Majer J N and A E de Kock, 1992. Ant recolonization of sand mines near Richards Bay, South Africa: an evaluation of progress with rehabilitation. *South African Journal of Science*, **88**: 31 ~ 36
- Perfecto I and R Snelling, 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications*, **5**: 1084 ~ 1097
- Pielou E C, 1975. Ecological diversity. John Wiley, New York
- Vanderwoude C, A N Andersen and A A House, 1997. Ant communities as bio-indicators in relation to fire management of spotted gum (*Eucalyptus maculata* Hook) forests in South-east Queensland. *Memoirs of the Museum of Victoria*, **56**(2): 671 ~ 675

(责任审稿人 : 冢红章 ; 责任编辑 : 闫文杰)