

江西、湖南两省人工经营生态系统蚂蚁物种多样性及功能特征比较研究

王亚璐, 陈潇奕, 郭宗林, 蒋富国, 王国兵*

(南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 南京 210037)

摘要: 探究江西、湖南两省人工经营生态系统蚂蚁物种多样性分布特征及功能特征, 为两省蚂蚁物种多样性的保护和持续利用提供重要的依据, 以江西省、湖南省人工经营生态系统为研究样地, 两省共设置 11 个采样单元格, 每个采样单元格均设置 45 个 1 m² 的样方, 分别于 2019 年 7 月和 2020 年 7 月采用改进的吸虫器法对样方内地表蚂蚁进行采集, 采集后放置于无水乙醇中带回实验室进行蚂蚁物种鉴定及功能特征分析。结果表明: (1) 江西、湖南两省共采集到蚂蚁 2 662 头, 隶属 4 亚科 24 属 49 种。3 种生境种类丰富度表现为人工林>草地>农田, 湖南省的蚂蚁物种较江西省丰富; (2) 江西、湖南两省 3 种生境物种多样性指数表现一致, 为人工林>草地>农田, 优势度指数表现一致, 但趋势相反; 江西省均匀度指数表现为人工林>草地>农田, 但湖南省表现为草地小于农田, 这与湖南省草地蚂蚁种类丰富度远远大于农田有关; (3) 江西、湖南两省农田和人工林的群落相似性均最小, 江西省农田和草地群落相似性最大, 湖南省草地和人工林群落相似性最大; (4) 江西省和湖南省不同蚂蚁物种功能特征表现一致: 即日本弓背蚁 (*Camponotus japonicus*) 的上颚、触角柄节最长, 头宽最大; 宽结摇蚁 (*Erromyrmex latinodis*) 的上颚、触角柄节最短, 宽结摇蚁头宽最小。综上可知, 湖南省蚂蚁物种资源比江西省略丰富; 蚂蚁群落物种多样性和丰富度与生境的复杂程度密切相关, 生境越复杂, 蚂蚁物种多样性越高, 种类丰富度越大, 地表蚂蚁功能多样性越高; 生境差异性越大, 蚂蚁群落相似性越小。

关键词: 蚂蚁多样性; 群落结构相似性; 功能特征

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2022)03-0498-08

Comparative study on ant species diversities and functions of artificial management ecosystem in Hunan and Jiangxi Provinces

WANG Yalu, CHEN Xiaoyi, GUO Zonglin, JIANG Fuguo, WANG Guobing

(Co-innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: In order to explore the distribution characteristics and functional characteristics of ant species diversity in the artificial management ecosystem of Jiangxi and Hunan Provinces, and to provide an important basis for the protection and sustainable use of ant species diversity in the two provinces, taking Jiangxi and Hunan Provinces as samples, we set 11 sample cells in the two provinces with 45 quadrats in each of them. In July 2019 and 2020, we used the improved trematode method to gather surface ants in quadrats, respectively, which were put into absolute ethanol before taking to laboratory for ant species identification and functional. The results showed that: (1) 2 662 ants were gathered from Jiangxi and Hunan provinces, which belong to 4 subfamilies, 24 genera and 49 species. Hunan had abundant ant species than Jiangxi as its richness index of ecological environment was artificial forestland > grassland > farmland; (2) The species diversity indices of the three habitats in Jiangxi and Hunan provinces showed the same performance as artificial forestland > grassland > farmland, and the dominance indices showed the same performance but with opposite trends; the evenness indices in Jiangxi province showed planted forest > grassland > farmland, but in Hunan province showed grassland was smaller than farmland, which was related to the species richness of grassland ants in Hunan province was much larger than farmland. (3) There was the minimum similarity in the community of farmland and plantation in both provinces: the maximum similarity in farmland and grassland in Jiangxi, and the maximum similarity

收稿日期: 2021-08-09

基金项目: 国家科技基础资源调查专项项目课题 (2018FY100305) 资助。

作者简介: 王亚璐, 硕士研究生。E-mail: wangyalu1119@163.com

* 通信作者: 王国兵, 博士, 副教授。E-mail: wangguobing81@aliyun.com

in the community of grassland and plantation in Hunan; (4) Different ant species in both provinces had consistent functional characteristics. For example, *Camponotus japonicus* has the longest maxillary and antennal handle, and the largest head width, while *Erromyrmica latinodis* has the shortest maxillary and antennal handle, and the smallest head width. It was concluded that ant species resources in Hunan Province were slightly richer than those in Jiangxi Province; the diversity and richness of ant community species were closely related to habitat complexity; the more complex the habitat, the higher the ant species diversity, the greater the species richness, and the higher the functional diversity of surface ants; the greater the habitat variability, the smaller the ant community similarity.

Key words: ant diversity; community structure similarity; functional characteristics

蚂蚁是昆虫纲 (Insecta) 膜翅目 (Hymenoptera) 蚁科 (Formicidae) 的一种社会性昆虫, 全世界已知的蚂蚁有 13 513 多种, 共计 17 亚科 334 属, 中国已发现超过 600 种蚂蚁。蚂蚁不仅捕食许多农林中的害虫^[1], 充当食物链中的消费者, 也在食物链中充当分解者的身份, 蚂蚁可以分解动植物残骸, 把有机物转化为无机物, 从而加快物质循环和能量流动。蚂蚁数量较多, 易于采集, 对自然环境变化敏感, 常被用作生态环境变化的指示物种^[2]。

国外对蚂蚁物种多样性的研究较早, 近年来主要集中在蚂蚁多样性与环境之间的关系^[3-5]。我国对蚂蚁物种多样性的研究主要集中在西南地区, 如四川^[6]、云南^[7]、西藏^[8]等地, 对中国东部的蚂蚁研究则较少。江西、湖南两省属于亚热带温暖湿润季风气候, 生物资源丰富, 是我国重要的农业生态系统集中分布区, 在我国生态与经济建设中居于重要地位。但近些年两省土地利用强度呈增大趋势, 且土壤生态服务功能也明显退化^[9-10]。目前针对两省动物物种多样性的研究主要集中在两栖动物^[11]、哺乳动物^[12]等大型动物, 而对土壤动物多样性的研究则较少。截止目前, 长江中下游人工经营生态系统土壤动物多样性基础数据及馆藏标本依然严重缺乏, 而蚂蚁作为土壤动物的常见重要种类, 有关蚂蚁物种资源分布及生物多样性的相关研究还少有报道, 限制了关于生态环境破坏及人为干扰对该区域土壤动物多样性资源长期持续影响的深入了解。

本研究通过对长江中下游人工经营生态系统两个省份蚂蚁物种数目及不同生境下蚂蚁分布的情况进行分析, 同时观察蚂蚁的物种数目变化以及对蚂蚁的上颚长、触角柄节和头宽 3 个特征进行功能特征分析, 以期建立完善中国蚂蚁数据库提供数据基础, 并为蚂蚁物种多样性保护和持续利用提供理论指导和决策依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

江西省 (24°29'14" ~ 30°04'41" N, 113°34'36" ~

118°28'58" E) 位于我国东南部, 长江中下游南岸; 湖南省 (24°39'~30°08' N、108°47'~114°15 E) 位于长江中游, 湖南东邻江西。两省均主要以丘陵山地为主, 其中江西省地带性土壤为红壤和黄壤, 湖南省地带性土壤为红壤; 均为亚热带温暖湿润季风气候, 植被以常绿阔叶林为主; 江西省年平均气温约 16.3 ~ 19.5 °C, 多年平均降水量在 1 341 ~ 1 943 mm 之间, 湖南省年平均气温约 15 ~ 18 °C, 年平均降水量在 1 200 ~ 1 700 mm 之间。

1.2 样品采集及处理

江西省选取 6 个采样单元格, 湖南省选取 5 个采样单元格, 每个采样单元格大小为 50 km × 50 km。在选定的采样单元格内, 均设置 3 个采样区域 (间距 5 km 以上), 在每个采样区域内选择农田、草地、人工林 3 种不同采样生境, 每种采样生境内随机设置 5 个重复采样样方 (1 m², 不同样方间距 10 m 以上, 样方边界用专门定制的钢板现场从四周进行快速圈围, 两个省共 495 个采样样方)。采用改进吸虫器对样方内的蚂蚁进行吸捕, 吸取捕捉的时间 3 ~ 5 min, 吸捕结束后将采样纱网袋从吸虫器吸管前端去除, 及时扎口并置入提前装有 30 mL 无水乙醇的自封袋中。野外采集当天晚上, 将采样纱网袋中的蚂蚁全部挑拣出来, 放入 5 mL 的冷冻管中并加满无水乙醇保存, 所有样品带回实验室后置于 - 20 °C 冰箱保存。利用体视显微镜 (LEICA M205 A) 对采集回来的所有蚂蚁个体样品进行拍照并依据其形态特征进行分类和鉴定, 物种鉴定依据《中国蚂蚁》^[13]和《西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究》^[14]。

1.3 数据分析

1.3.1 物种多样性 采用优势度指数 (C)、物种多样性指数 (H)、均匀度指数 (E)、丰富度指数 (R) 来度量地表蚂蚁物种的多样性^[14]。

1.3.2 群落相似性系数 根据 Jaccard 相似性公式计算相似性系数^[14], 即:

$$q=c/(a+b-c) \quad (1)$$

式中: a 、 b 分别为两个群落所拥有的物种数目,

c 为两个群落共有的物种数目。当 q 为 0.00~0.25 时, 为极不相似; 当 q 为 0.25~0.50 时, 为中等不相似; 当 q 为 0.50~0.75 时, 为中等相似; 当 q 为 0.75~1.00 时为极相似。

1.3.3 蚂蚁的功能特征 以蚂蚁多度数据为基础, 分析不同生境中地表蚂蚁对群落结构相似性的贡献率, 将贡献率结果中百分比 $\geq 5\%$ 的蚂蚁定义为主要特征种类^[15]。分析计算贡献率, 以上颚长、触角柄节、头宽等 3 个功能特征组合, 使用 SPSS 软件进行聚类分析, 以相似度 $>90\%$ 解释聚类结果。

2 结果与分析

2.1 两省地表蚂蚁物种组成

在江西省 3 种生境中, 共采集到蚂蚁 1 054 头, 隶属 4 亚科 19 属 33 种, 其中人工林采集蚂蚁种类最多, 共计 4 亚科 17 属 31 种; 在湖南省 3 种生境中, 共采集到蚂蚁 1 608 头, 隶属 4 亚科 22 属 35 种, 其中人工林采集到的蚂蚁种类也是最多的, 共计 4 亚科 18 属 28 种。人工林采集到的蚂蚁种类最多, 说明人工林系统内环境稳定, 生态系统复杂, 可以为蚂蚁提供良好的生活环境。

表 1 江西省不同生境蚂蚁种类和数量

Table 1 The species and quantity of ants in different habitats in Jiangxi Province

物种	个体数量			合计	占比/%	优势度
	农田	人工林	草地			
玛氏举腹蚁 <i>Crematogaster matsumurai</i>	0	6	1	7	0.66	C
亮胸举腹蚁 <i>Crematogaster egidyi</i>	0	13	0	13	1.23	B
立毛举腹蚁 <i>Crematogaster ferrarii</i>	0	8	0	8	0.76	C
黑褐举腹蚁 <i>Crematogaster rogenhoferi</i>	0	5	0	5	0.47	C
草地铺道蚁 <i>Tetramorium caespitum</i>	93	16	58	167	15.84	A
克氏铺道蚁 <i>Tetramorium kraepelini</i>	0	0	1	1	0.09	C
厚结大头蚁 <i>Pheidole nodifera</i>	0	8	29	37	3.51	B
盗大头蚁 <i>Pheidole plagiaria</i>	0	0	2	2	0.19	C
宽结摇蚁 <i>Erromyrmex latinodis</i>	9	3	32	44	4.17	B
刻点棱胸蚁 <i>Pristomyrmex punctatus</i>	11	82	15	108	10.25	A
中华短猛蚁 <i>Brachyponera chinensis</i>	1	11	3	15	1.42	B
昏暗短猛蚁 <i>Brachyponera obscurans</i>	1	1	6	8	0.76	C
光亮大齿猛蚁 <i>Odontomachus fulgidus</i>	0	1	0	1	0.09	C
夏氏真猛蚁 <i>Euponera sharpi</i>	0	5	0	5	0.47	C
爪哇扁头猛蚁 <i>Ectomomyrmex javanus</i>	0	2	0	2	0.19	C
布尼兰蚁 <i>Nylanderia bourbonica</i>	109	52	99	260	24.67	A
泰伦尼兰蚁 <i>Nylanderia teranishii</i>	6	3	0	9	0.85	C
泰勒尼兰蚁 <i>Nylanderia taylora</i>	0	9	1	10	0.95	C
耶氏尼兰蚁 <i>Nylanderia yerburyi</i>	0	2	2	4	0.38	C
皮氏尼兰蚁 <i>Nylanderia pieli</i>	0	2	2	4	0.38	C
缅甸尼兰蚁 <i>Nylanderia birmana</i>	0	19	0	19	1.80	B
夏氏尼兰蚁 <i>Nylanderia sharpii</i>	0	6	0	6	0.57	C
日本弓背蚁 <i>Camponotus japonicus</i>	60	26	8	94	8.92	B
瑕疵弓背蚁 <i>Camponotus vitiosus</i>	0	3	0	3	0.28	C
日本黑褐蚁 <i>Formica japonica</i>	28	17	4	49	4.65	B
双齿多刺蚁 <i>Polyrhachis dives</i>	4	10	21	35	3.32	B
梅氏多刺蚁 <i>Polyrhachis illaudata</i>	0	1	0	1	0.09	C
那氏前结蚁 <i>Prenolepis naoroji</i>	9	0	2	11	1.04	B
稍美刺结蚁 <i>Lepisiota pulchella</i>	0	24	0	24	2.28	B
亮毛蚁 <i>Lasius fuliginosus</i>	0	1	0	1	0.09	C
无毛凹臭蚁 <i>Ochetellus glaber</i>	5	8	20	33	3.13	B
扁平虹臭蚁 <i>Iridomyrmex anceps</i>	1	11	53	65	6.17	B
长角狡臭蚁 <i>Technomyrmex antennus</i>	0	3	0	3	0.28	C

注: 优势度依据物种个体所占百分比确定: $>10\%$ 为优势种, 用 A 表示; $1\% \sim 10\%$ 之间为常见种, 用 B 表示; $<1\%$ 为稀有种, 用 C 表示。下同。

表 2 湖南省不同生境蚂蚁种类和数量
Table 2 The species and quantity of ants in different habitats in Hunan Province

物种	个体数量			合计	占比/%	优势度
	农田	人工林	草地			
厚结大头蚁 <i>Pheidole nodifera</i>	1	77	26	104	6.47	B
马林氏大头蚁 (兵蚁) <i>Pheidole malinsii</i>	0	6	1	7	0.44	C
史氏大头蚁 <i>Pheidole smythiesii</i>	0	14	3	17	1.06	B
可爱大头蚁 <i>Pheidole jucunda</i>	0	1	0	1	0.06	C
上海大头蚁 <i>Pheidole zoceana</i>	0	2	0	2	0.12	C
皮氏大头蚁 <i>Pheidole pieli</i>	0	1	0	1	0.06	C
草地铺道蚁 <i>Tetramorium caespitum</i>	53	25	135	213	13.25	A
双隆骨铺道蚁 <i>Tetramorium bicarinatum</i>	0	0	1	1	0.06	C
克氏铺道蚁 <i>Tetramorium kraepelini</i>	0	1	2	3	0.19	C
罗氏铺道蚁 <i>Tetramorium wroughtonii</i>	0	12	0	12	0.75	C
刻点棱胸蚁 <i>Pristomyrmex punctatus</i>	30	33	7	70	4.35	B
黑沟盲切叶蚁 <i>Carebara melasolena</i>	0	0	2	2	0.12	C
宽结摇蚁 <i>Erromyrmex latinodis</i>	202	25	186	413	25.68	A
黑褐举腹蚁 <i>Crematogaster rogenhoferi</i>	0	0	1	1	0.06	C
普通小家蚁 <i>Monomorium triviale</i>	0	0	1	1	0.06	C
犬齿瘤颚蚁 <i>Strumigenys canina</i>	0	2	0	2	0.12	C
大吉盘腹蚁 <i>Aphaenogaster geei</i>	0	8	0	8	0.50	C
昏暗短猛蚁 <i>Brachyponera obscurans</i>	1	0	7	8	0.50	C
中华短猛蚁 <i>Brachyponera chinensis</i>	0	3	3	6	0.37	C
夏氏真猛蚁 <i>Euponera sharpi</i>	0	10	2	12	0.75	C
爪哇扁头猛蚁 <i>Ectomomyrmex javanus</i>	0	50	8	58	3.61	B
条纹细颚猛蚁 <i>Leptogenys diminuta</i>	0	55	0	55	3.42	B
布尼兰蚁 <i>Nylanderia bourbonica</i>	47	10	50	107	6.65	B
皮氏尼兰蚁 <i>Nylanderia pieli</i>	2	32	0	34	2.11	B
夏氏尼兰蚁 <i>Nylanderia sharpii</i>	0	5	5	10	0.62	C
日本弓背蚁 <i>Camponotus japonicus</i>	100	54	93	247	15.36	A
平和弓背蚁 <i>Camponotus mitis</i>	5	0	4	9	0.56	C
黄斑弓背蚁 <i>Camponotus albosparsus</i>	0	5	6	11	0.68	C
日本黑褐蚁 <i>Formica japonica</i>	25	5	57	87	5.41	B
黑腹前结蚁 <i>Prenolepis melanogaster</i>	0	0	1	1	0.06	C
梅氏多刺蚁 <i>Polyrhachis illaudata</i>	3	1	0	4	0.25	C
林间毛蚁 <i>Lasius hayashi</i>	12	4	2	18	1.12	B
扁平虹臭蚁 <i>Iridomyrmex anceps</i>	3	67	0	70	4.35	B
无毛凹臭蚁 <i>Ochetellus glaber</i>	1	4	4	9	0.56	C
长角狡臭蚁 <i>Technomyrmex antennus</i>	0	4	0	4	0.25	C

表 3 不同生境下蚂蚁多样性指数

Table 3 Ant diversity index for different habitats

省份	生境	种类丰富度指数	多样性指数	均匀度指数	优势度指数
江西省	农田	2.062	3.556	1.387	0.223
	草地	3.059	4.437	1.507	0.148
	人工林	4.932	5.560	1.635	0.098
湖南省	农田	2.102	3.492	1.323	0.245
	草地	3.589	4.078	1.283	0.185
	人工林	4.323	5.431	1.630	0.086

从采集到的的蚂蚁数量以及种类上看,江西省3种生境中优势种(即达到物种数量10%以上的物种)为草地铺道蚁(*Tetramorium caespitum*) (15.84%)、刻点棱胸蚁(*Pristomyrmex punctatus*) (10.25%)和布尼兰蚁(*Nylanderia bourbonica*) (24.67%)。湖南省3种生境中优势种为宽结摇蚁(*Erromyrmica latinodis*) (25.68%)、日本弓背蚁(*Camponotus vitosus*) (15.36%)、草地铺道蚁(13.25%)。草地铺道蚁为两个省的优势种。

湖南省不论从蚂蚁种类还是采集的蚂蚁数量上都大于江西省,说明湖南省环境条件优于江西省,资源较丰富。

表4 不同生境蚂蚁种类相似性系数

省份	生境	人工林	草地
江西省	农田	0.344	0.684
	草地	0.485	
湖南省	农田	0.400	0.407
	草地	0.486	

2.2 不同生境蚂蚁多样性比较

从表3中可以看出,江西省3种生境的种类丰富度、多样性指数和均匀度指数的变化情况表现为从农田到草地再到人工林依次递增,可见人工林无论是蚂蚁种类还是数量、分布上看,都处在较好的位置,而农田最弱。湖南省的种类丰富度指数和多样性指数也是从农田到草地再到人工林依次递增,但是均匀度指数则是表现为人工林>农田>草地。从

优势度指数上看,两省整体表现为农田>草地>人工林。这充分的反映了生境质量的优劣情况,在农田中由于其生态环境过于单一,资源贫乏,受到的人为干扰比较严重,所以能够留下的都是在该生境中抗干扰能力强的蚂蚁类群,所以导致了蚂蚁种类少,而优势度高的情况。

2.3 蚂蚁物种群落相似性分析

通过表4可以看出,江西省人工林与农田、人工林与草地为中等不相似,农田与草地为中等相似;湖南省人工林与农田、人工林与草地、农田与草地均为中等不相似。通过比较同种蚂蚁在不同生境中的数量,可以得出结论:同种蚂蚁在人工林中种群数量通常高于草地和农田,这是由于在人工林中受到的人为干扰很小,且环境稳定,植被丰富,因此人工林的蚂蚁种群数量大;而草地和农田因为受到的人为干扰较大,且植被少,资源少,所以其蚂蚁种群数量都比较小。

2.4 两省3种生境蚂蚁功能特征分析

2.4.1 江西省蚂蚁功能特征 江西省3种生境的主要特征种结果(表5)显示:宽结摇蚁、双齿多刺蚁(*Polyrhachis dives*)、无毛凹臭蚁(*Ochetellus glaber*)和扁平虹臭蚁(*Iridomyrmex anceps*)仅为草地的主要特征种;刻点棱胸蚁仅为人工林的主要特征种;日本弓背蚁、日本黑褐蚁(*Formica japonica*)为农田和人工林的共有特征种;草地铺道蚁和布尼兰蚁为农田、草地、人工林3种生境的共有特征种。

表5 江西省各生境蚂蚁群落中的主要特征种

Table 5 The main characteristic species in ant communities in various habitats in Jiangxi Province

物种	平均贡献率/%		
	农田	草地	人工林
草地铺道蚁 <i>Tetramorium caespitum</i>	29.06	18.71	7.11
宽结摇蚁 <i>Erromyrmica latinodis</i>	<5	10.32	<5
刻点棱胸蚁 <i>Pristomyrmex punctatus</i>	<5	<5	36.44
日本弓背蚁 <i>Camponotus japonicus</i>	18.75	<5	11.56
双齿多刺蚁 <i>Polyrhachis dives</i>	<5	6.77	<5
布尼兰蚁 <i>Nylanderia bourbonica</i>	34.06	31.94	23.11
日本黑褐蚁 <i>Formica japonica</i>	8.75	<5	7.56
无毛凹臭蚁 <i>Ochetellus glaber</i>	<5	6.45	<5
扁平虹臭蚁 <i>Iridomyrmex anceps</i>	<5	17.10	<5

根据上述特征物种结果,进一步进行聚类分析,以上颚长度聚类,相似度>90%进行分类,上颚的长度越长越有利于捕食,聚类结果见图1:日本弓背蚁的上颚最长,更有利于捕食;其次为双齿多刺蚁

和日本黑褐蚁为一类;接下来是草地铺道蚁和扁平虹臭蚁为一类;布尼兰蚁、刻点棱胸蚁和无毛凹臭蚁为一类,上颚较短,捕食能力弱;宽结摇蚁的上颚最短,捕食能力最弱。

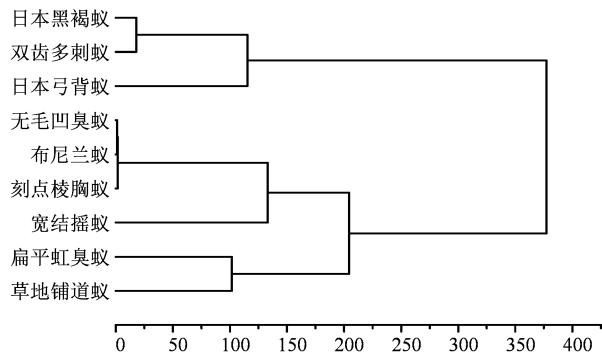


图 1 江西省地表蚂蚁上颚长功能聚类

Figure 1 Functional clustering of upper jaw length of surface ants in Jiangxi Province

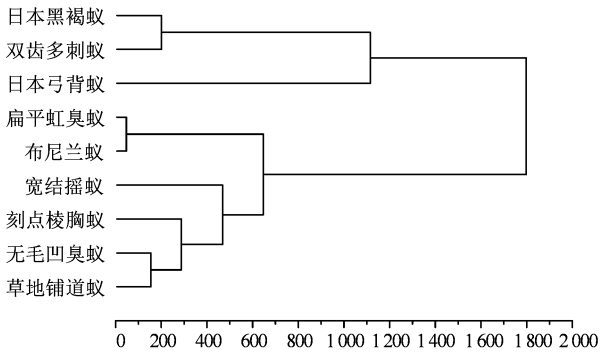


图 2 江西省地表蚂蚁触角柄节长功能聚类

Figure 2 Functional clustering of antennal peduncle length of ants on the surface in Jiangxi Province

以触角柄节聚类, 以相似度>90%进行分类, 触角柄节越长广布种的可能性越大, 聚类结果见图 2: 日本弓背蚁聚为一类, 触角柄节最长, 广布种的可能性最大; 其次为日本黑褐蚁和双齿多刺蚁为一类; 布尼兰蚁和扁平虹臭蚁一类; 草地铺道蚁、无毛凹

臭蚁和刻点棱胸蚁为一类; 宽结摇蚁一类, 触角柄节最短, 广布性最差。

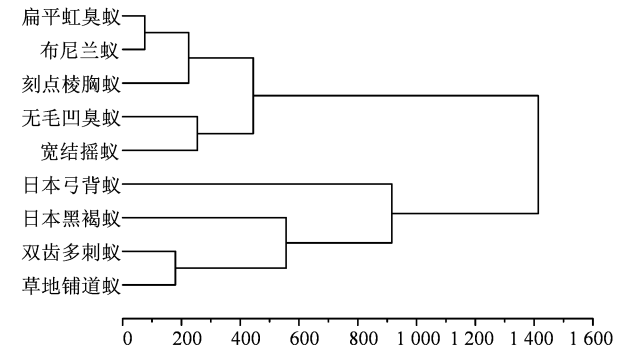


图 3 江西省地表蚂蚁头宽功能聚类

Figure 3 Functional clustering of ants' head width on surface in Jiangxi Province

以头宽聚类, 按相似度>90%进行分类, 头宽越长要求通过空间余越宽阔, 聚类结果见图 3: 日本弓背蚁头宽最大, 可通过空间要求大, 适宜开阔的栖境; 草地铺道蚁和双齿多刺蚁为一类, 头宽较大, 要求通过空间宽阔; 日本黑褐蚁为一类; 布尼兰蚁、扁平虹臭蚁和刻点棱胸蚁为一类, 头宽居中, 适合一般栖境空间生存; 无毛凹臭蚁聚为一类; 宽结摇蚁聚为一类, 头宽最小, 能够在复杂栖境生存。

2.4.2 湖南省蚂蚁功能特征 湖南省 3 种生境的主要特征种结果为 (表 6): 厚结大头蚁 (*Pheidole nodifera*) 仅为人工林的主要特征种; 刻点棱胸蚁为农田和人工林的共有特征种; 布尼兰蚁和日本黑褐蚁为农田和草地的共有特征种; 草地铺道蚁、宽结摇蚁和日本弓背蚁为农田、草地、人工林 3 种生境的共有特征种。

表 6 湖南省各生境蚂蚁群落中的主要特征种

Table 6 The main characteristic species of ant communities in various habitats in Hunan Province

物种	平均贡献率/%		
	农田	草地	人工林
草地铺道蚁 <i>Tetramorium caespitum</i>	11.57	24.37	10.92
刻点棱胸蚁 <i>Pristomyrmex punctatus</i>	6.55	<5	14.41
宽结摇蚁 <i>Erromyрма latinodis</i>	44.10	33.57	10.92
厚结大头蚁 <i>Pheidole nodifera</i>	<5	<5	33.62
布尼兰蚁 <i>Nylanderia bourbonica</i>	10.26	9.03	<5
日本弓背蚁 <i>Camponotus japonicus</i>	21.83	16.79	23.58
日本黑褐蚁 <i>Formica japonica</i>	5.46	10.29	<5

据上述特征物种结果, 进一步进行聚类分析, 以上颚长度聚类, 相似度>90%进行分类, 上颚的长度越长越有利于捕食, 聚类结果见图 4: 日本弓背蚁和日本黑褐蚁聚为一类, 其中日本弓背蚁的上颚

最长, 更有利于捕食; 草地铺道蚁为一类; 接下来是刻点棱胸蚁、布尼兰蚁和厚结大头蚁为一类, 上颚较短, 捕食能力弱; 宽结摇蚁为单独的一类, 其上颚最短, 捕食能力最弱。

以触角柄节聚类，以相似度>90%进行分类，触角柄节越长广布种的可能性越大，聚类结果见图 5：日本弓背蚁聚为一类，触角柄节最长，广布种的可能性最大；其次为日本黑褐蚁为一类；布尼兰蚁和厚结大头蚁为一类；草地铺道蚁、宽结摇蚁和刻点棱胸蚁为一类，其中宽结摇蚁的触角柄节最短，广布性最差。

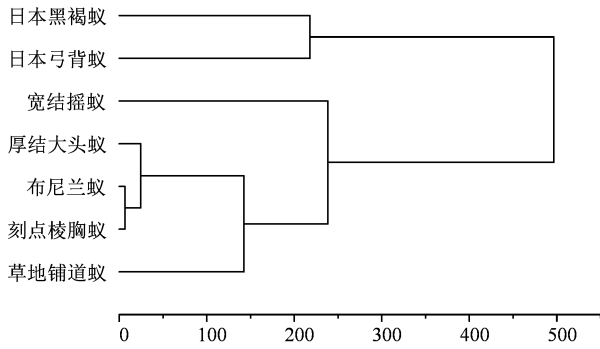


图 4 湖南省地表蚂蚁上颚长功能聚类

Figure 4 Functional clustering of upper jaw length of surface ants in Hunan Province

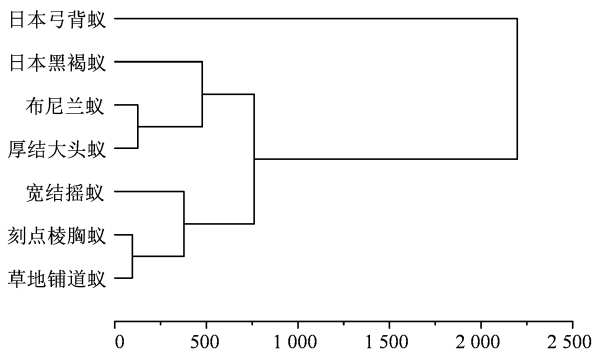


图 5 湖南省地表蚂蚁触角柄节长功能聚类

Figure 5 Functional clustering of antennal peduncle length of ants on the surface in Hunan Province

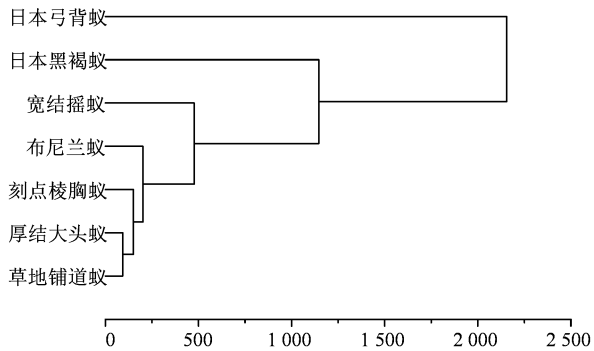


图 6 湖南省地表蚂蚁头宽功能聚类

Figure 6 Functional clustering of ants' head width on the surface in Hunan Province

以头宽聚类，按相似度>90%进行分类，头宽越长要求通过空间余越宽阔，聚类结果见图 6：日本

弓背蚁单独分为一类，头宽最大，可通过空间要求大，适宜开阔的栖境；日本黑褐蚁为一类，头宽较大，要求通过空间宽阔；草地铺道蚁、厚结大头蚁、刻点棱胸蚁和布尼兰蚁为一类，头宽居中，适合一般栖境空间生存；宽结摇蚁为一类，头宽最小，因此宽结摇蚁更能够在复杂的栖息地生存。

3 讨论

3.1 不同生境对地表蚂蚁物种多样性的影响

不同生境采集到的蚂蚁数量及物种数目是不同的。在本次调查中，农田样地采集到的蚂蚁数量及物种数目均最少，而人工林中由于环境条件好，气候因子稳定且人为干扰程度低，所以蚂蚁的种类最为丰富，并且远大于农田和草地。草地可视为人工林与农田的过渡地带，即群落交错区域，在群落的交错区域中也有着较多的蚂蚁种类出现。Santos 等在巴西亚马逊地区调查了由于畜牧业而导致的栖息地的丧失对蚂蚁丰富度和组成的影响，结果表明，不同生境的蚂蚁丰富度差异不显著，蚂蚁物种组成由于生境不同形成了 2 个分离的群落，最终得出结论，维持次生林对保护生物多样性具有重要意义，而畜牧业直接影响亚马逊生物群落中的蚂蚁物种的分类组成^[16]。

不同生境之间栖息地的异质性会对蚂蚁物种多样性产生较大影响^[17]。江西、湖南各生境的物种多样性也表现出了显著差异，人工林的环境容纳量大，并且在资源上的获取相对容易，更适合蚂蚁的生存和繁衍，物种多样性指数最大，而农田中由于经常性人为干扰，土壤分布零散，蚂蚁的生存空间小，资源获取困难，故物种多样性指数在 3 种生境中最小。江西省物种多样性指数与均匀度指数表现一致，3 种生境表现出来的蚂蚁群落的均匀度指数为人工林>草地>农田，这与刘红等^[18]对山东曲阜地区蚂蚁群落结构及物种多样性研究结论相一致，即人为干扰程度越小的生境，其无论是物种丰富度指数还是物种多样性指数都大于人为干扰严重的地区。多样性指数中包含了种类数和均匀度两种分析，湖南省的农田均匀度大于草地均匀度，但是农田多样性指数仍然不如草地，这是因为湖南省的草地生境中种类丰富度远远大于农田所导致的，这与王玉玲等^[19]对豫东平原蚂蚁群落结构及物种多样性的研究结论相一致。

3.2 地表蚂蚁群落相似性分析

生境差异性越大，地表蚂蚁群落相似性越低。从两省 3 种生境蚂蚁群落相似性来看，除江西省农

田与草地相似性为中等相似外, 其他均为中等不相似, 说明两省 3 种生境存在较大差异。这与张智英等^[20]对云南石林公园不同生境蚂蚁多样性的研究结果一致, 即蚂蚁群落相似性的差别主要是因为人类活动对生境产生了干扰, 从而对蚂蚁群落产生了较大影响。

3.3 地表蚂蚁功能特征分析

形态学特征都与生境有关, 蚂蚁形态特征直接关系到物种与环境之间的相互作用^[21]。蚂蚁不同功能特征特性指标确定: (1) 食物携带。蚂蚁通过上颚搬运食物, 上颚越长越有利于食物搬运。(2) 食物发现。蚂蚁的触角更容易发现新的食物, 触角越长表明蚂蚁越容易发现食物且分布越广泛。(3) 栖息地特征。蚂蚁头部的宽度可以有效反映其生存环境的复杂程度: 头宽越大则生存环境越简单, 生境结构较为单一^[22]。

蚂蚁群落功能多样性的高低与生境的复杂程度明显相关, 生境越复杂, 地表蚂蚁功能多样性越高^[23]。本研究中发现江西省和湖南省蚂蚁的上颚长、触角柄节长和头宽的最大最小种类均表现一致: 即日本弓背蚁的上颚最长, 捕食能力最强, 宽结摇蚁的上颚最短, 捕食能力最弱; 日本弓背蚁的触角柄节最长, 广布种的可能性最大, 宽结摇蚁的触角柄节最短, 广布种最差; 头宽对比中, 日本弓背蚁的头宽最大, 需要比较开阔的生存空间, 宽结摇蚁的头宽最小, 能够在复杂的环境生存。

4 结论

综上所述, 湖南省蚂蚁物种资源比江西省略丰富; 蚂蚁群落物种多样性和丰富度与生境的复杂程度密切相关, 生境越复杂, 蚂蚁物种多样性越高, 种类丰富度越大, 地表蚂蚁功能多样性越高; 生境差异性越大, 蚂蚁群落相似性越小。

参考文献:

- [1] 蒋三俊. 蚂蚁资源的利用和保护[J]. 特种经济动植物, 1999, 2(5): 10.
- [2] ANDERSEN A N. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe[J]. Aust Ecosyst Proc Symp Gerald W A 1988, 1990: 347-357.
- [3] HLONGWANE Z T, MWABVU T, MUNYAI T C, et al. Epigeic ant diversity and distribution in the Sandstone Sourveld in KwaZulu-Natal, South Africa[J]. Afr J Ecol, 2019, 57(3): 382-393.
- [4] ZINA V, BRANCO M, FRANCO J C. Impact of the invasive Argentine ant in Citrus agroecosystems: effects on the diversity and frequency of native ant species foraging on tree canopy[J]. Insects, 2020, 11(11): 785.
- [5] GRAY R E J, EWERS R M, BOYLE M J W, et al. Effect of tropical forest disturbance on the competitive interactions within a diverse ant community[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 5131.
- [6] 翟奖, 钱显含, 徐正会, 等. 四川鞍子河自然保护区蚂蚁物种的分布格局[J]. 森林与环境学报, 2020, 40(6): 612-618.
- [7] 黄钊, 徐正会, 刘霞, 等. 滇东北地区的蚂蚁物种多样性[J]. 生态学杂志, 2019, 38(12): 3697-3705.
- [8] 徐正会, 杨比伦, 刘霞, 等. 西藏蚂蚁区系及物种多样性研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学版), 2021, 41(1): 1-16, 197.
- [9] 凌春园, 舒晓波. 江西省国土开发强度动态演化特征[J]. 江西科学, 2021, 39(2): 323-329.
- [10] 戴云哲. 湖南省土地生态服务功能演化特征及优化路径研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2019.
- [11] 王秦, 何玉晓, 可灿, 等. 江西寻乌样区两栖动物多样性的时空格局分析[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(2): 201-207.
- [12] 田书荣, 李赫文, 蒋博文, 等. 湖南壶瓶山国家级自然保护区哺乳动物多样性的时空格局[J]. 兽类学报, 2020, 40(1): 87-95.
- [13] 吴坚, 王常禄. 中国蚂蚁[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [14] 徐正会. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.
- [15] 陈又清. 蚂蚁群落与栖境关系研究进展及新趋势[J]. 环境昆虫学报, 2017, 39(4): 735-740.
- [16] SANTOS J C, ANJOS D V, ALMEIDA W R, et al. Ground-dwelling ant diversity in Amazonian secondary forests and neighboring pastures[J]. Trop Ecol, 2021, 62(2): 279-287.
- [17] PACHECO R, VASCONCELOS H L. Habitat diversity enhances ant diversity in a naturally heterogeneous Brazilian landscape[J]. Biodivers Conserv, 2012, 21(3): 797-809.
- [18] 刘红, 袁兴中, 张承德. 山东曲阜地区蚂蚁群落结构及物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2002, 10(3): 298-304.
- [19] 王玉玲, 李淑萍. 豫东平原蚂蚁群落结构及物种多样性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(12): 2541-2545.
- [20] 张智英, 李玉辉, 柴冬梅, 等. 云南石林公园不同生境蚂蚁多样性研究[J]. 生物多样性, 2005, 13(4): 357-362.
- [21] 李圣法, 程家骅, 严利平. 东海大陆架鱼类群落的空间结构[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4377-4386.
- [22] 卢志兴. 蚂蚁群落多样性及功能群和功能多样性在土地利用变化中的生物指示研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2015.
- [23] 卢志兴, 陈又清. 土地利用变化中地表蚂蚁功能多样性的变化[J]. 昆虫学报, 2017, 60(10): 1226-1234.