基于文献计量分析的蚁科昆虫研究*

高冬梅[1**] 高立洪[1] 李 萍[1] 董毛村[1] 潘润东[1] 徐正会[2] 郭 萧[1***]

（1. 重庆市农业科学院，重庆 401329；2. 西南林业大学生物多样性保护学院，
云南省森林灾害预警与控制重点实验室，昆明 650224）

摘 要 【目的】 明确我国蚂蚁研究与世界先进水平的差距所在，以期为挖掘蚂蚁研究热点提供思路，为我国蚂蚁研究追赶世界先进水平提供努力方向。**【方法】** 通过检索中国学术期刊出版总库和 Web of Science 数据库，获取近年来国内外有关蚂蚁研究的相关文献题录，借助 Citespace 软件，利用文献计量学方法，对国内外蚂蚁研究的发文数量、发文国家、发文机构、发文作者、关键词等数据进行分析。归纳总结出当前研究蚂蚁热点、领先国家、高水平作者及高发文期刊。**【结果】** 在发文数量方面，美国领先全球，但中国自 2006 年以来，快速进步，目前基本与日本和法国持平；从关键词分析来看，国际上关于蚂蚁研究较为全面，国内在蚂蚁行为与进化等方面还需努力；从发文作者来看，我国能与国际蚂蚁研究大家相比的学者数量较少，不同学者间实力悬殊较大，不利于该学科可持续发展；从发文机构来看，我国从事蚂蚁研究的机构多集中在南方，并且缺乏具有国际影响力的蚂蚁研究机构；此外，蚂蚁外文文献载文期刊数量与期刊平均载文量均高于中文期刊。**【结论】** 1996 年以后，我国蚂蚁研究开始快速发展，目前，在年发文数量方面，基本与日本和法国持平，居于世界前 10。但在高影响力作者（机构）、研究团队结构、研究领域、载文期刊质量与数量等方面与发达国家相比还有欠缺，还需在相关方面进一步努力。

关键词 蚁科；文献计量分析；Citespace；知识图谱；研究进展

A bibliometric review of research on the Formicidae

GAO Dong-Mei[1**] GAO Li-Hong[1] LI Ping[1] DONG Mao-Cun[1]
PAN Run-Dong[1] XU Zheng-Hui[2] GUO Xiao[1***]

(1. Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China;
2. Key Laboratory of Forest Disaster Warning and Control in Yunnan Province,
College of Biodiversity Conservation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract [Objectives] To clarify the gap between China and the rest of the world in ant research and provide direction for future research. **[Methods]** A literature search was conducted of the Publishing Database of Chinese academic journals and Web of Science database to obtain recent ant research literature from China and overseas. Citespace software and bibliometric methods were used to determine the number of papers, their country of origin, authors' names and institution, and key words. Current topics in ant research, ant research in developed countries, influential authors and major journals, were summarized. **[Results]** The United States leads the world in the number of articles published but China has made rapid progress since 2006 and has now published about the same number of articles as Japan and France. Keyword analysis indicates that ant research is more comprehensive overseas than in China where more research is required on ant behavior and evolution. China also has fewer influential authors than other countries and there is greater disparity in academic achievement among different scholars, which is not conducive to the continued development of this field of research. Most Chinese publishing agencies and institutions engaged in ant research are concentrated in the south of the country and China lacks internationally influential ant

*资助项目 Supported projects：重庆市社会事业与民生保障科技创新专项（cstc2017shms-zdyfX0032）；重庆技术创新与应用示范项目（cstc2018jscx-msybX0243）；重庆市农业科学院青年创新团队项目（NKY-2019QC07）

**第一作者 First author，E-mail：283532286@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：qiyeshu2000@163.com

收稿日期 Received：2019-09-11；接受日期 Accepted：2019-12-25

research institutes. Most ant research is published in foreign journals and the average number of ant publications in foreign journals is higher than in Chinese journals. **[Conclusion]** Ant research in China has develop rapidly since 1996. At present, the number of ant research articles published annually in China is almost the same as in Japan and France, which means that China ranks among the top 10 countries in the world. However, compared with developed countries, there are still shortcomings in the number of high-impact authors, globally recognized institutions, research team structure, research fields, and in the quality and quantity of published journals. Further effort is needed to rectify these shortcomings.

Key words Formicidae; bibliometric analysis; Citespace; knowledge mapping; research progress

蚁科昆虫俗称蚂蚁，隶属于昆虫纲膜翅目 Hymenoptera。蚂蚁种类繁多，全世界已知有 12 500 余种（Bolton *et al.*，2006），据估计，全球蚂蚁约有 20 000 种（Wilson，1959）。蚂蚁分布非常广泛，在陆地各种生境下均有蚂蚁分布。蚂蚁也是一类重要的生物类群，在有机质分解（徐正会，2002）、植被更新与演替（张智英等，2003）、改善土壤理化性质（Mueller *et al.*，2011；Wu *el al.*，2013）、农林害虫防控（Way and Khoo，1992）等方面均有重要作用。目前，有关蚂蚁的研究涉及很多方面，研究学科横跨生物学、生态学、环境科学、医学、物理学、化学等学科，研究方向包括蚂蚁分类学（Wilson，1959；周善义，2012）、蚂蚁物种多样性（徐正会，2002；Guenard *et al.*，2017）、蚂蚁行为学（李军等，2008；Simola *et al.*，2016）、蚂蚁生态学（Huang *et al.*，2017）、蚂蚁资源开发利用（段广勋等，2006）、蚂蚁危害控制（Zhang *et al.*，2013；刘杰等，2015）等方面，其中在蚂蚁分类学、物种多样性和蚂蚁生态学研究方面研究最为集中和深入，也不乏相关的研究综述。但由于蚂蚁为生活隐蔽的社会性昆虫，群体结构复杂，种间差异也比较大，因此与其他昆虫相比，蚂蚁的研究还相对薄弱，大部分蚂蚁资源仅限于种类的识别鉴定，对其生物学习性、资源禀赋特点知之甚少。

文献计量学利用数学和统计学的方法，定量的对文献量、作者数（个人或单位）、词汇数进行整理分析，并将结果以可视化的形式展现出来（邱均平，2019）。通过对某一领域论文进行文献计量学的分析之后，可归纳出这一领域研究热点、未来发展趋势、相关研究人员（团队）研究领域及其研究地位等信息，有助于科研人员把握研究方向，明确相关研究领域的前沿与热点问题。Citespace 软件是当前文献计量分析领域最为流行的分析工具之一（陈悦等，2015），在自然科学和社会科学领域均有大量应用。本研究通过文献计量学的研究方法，对蚂蚁相关文献进行量化分析，利用 CiteSpace 软件的统计分析功能，绘制知识图谱，以定量直观的方式反应蚂蚁领域研究态势，旨在为该领域研究热点的挖掘提供思路。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

利用 CiteSpace5.3.R6 对蚂蚁研究相关中英文文献发文量、关键词、作者、发文单位、载文期刊进行分析，并生成相关知识图谱。

1.2 数据来源

中文文献来源主要通过中国学术期刊出版总库（CNKI 总库），检索条目为“蚂蚁”、“蚁科”，检索范围为主题和关键词，选择时间为不限，精确匹配检索，共的检索结果 4 560 条，对检索结果去重、剔除无关条目，最终整理得到 291 篇相关文献，这 291 篇文献均分布在 1977-2018 年。

英文文献来源主要为 Web of Science 数据库中 Web of Science™ 核心合集，以 ant 为主题词和关键词，选择时间为 2000-2018 年，共得检索结果 5 231 篇，经过去重和剔除无关条目，最终整理得到 4 804 篇相关文献。

2 结果与分析

2.1 发文数量时间分析

在中国知网上能查阅到的有关蚂蚁的中文

文献首次发表于 1977 年，直到 1985 年再次有相关文献发表。1996 年以后，中文蚂蚁文献发表数量开始明显增加，年发表的文献数量首次超过 10 篇。此后，中文蚂蚁文献年发表数量基本维持在 10-19 篇之间（图 1：A）。

国际上有关蚂蚁的研究文献发表数量最多的国家是美国，2000-2018 年间，年发文数量在 36-119 篇之间。其次是巴西、德国、法国、日本、澳大利亚、英国、比利时和西班牙（图 1：B）。2006，中国人在 Web of Science 刊源上发表有关蚂蚁的研究论文 3 篇，此后快速增加。截至 2018 年，年发表文献已达 25 篇，基本与法国和日本持平。

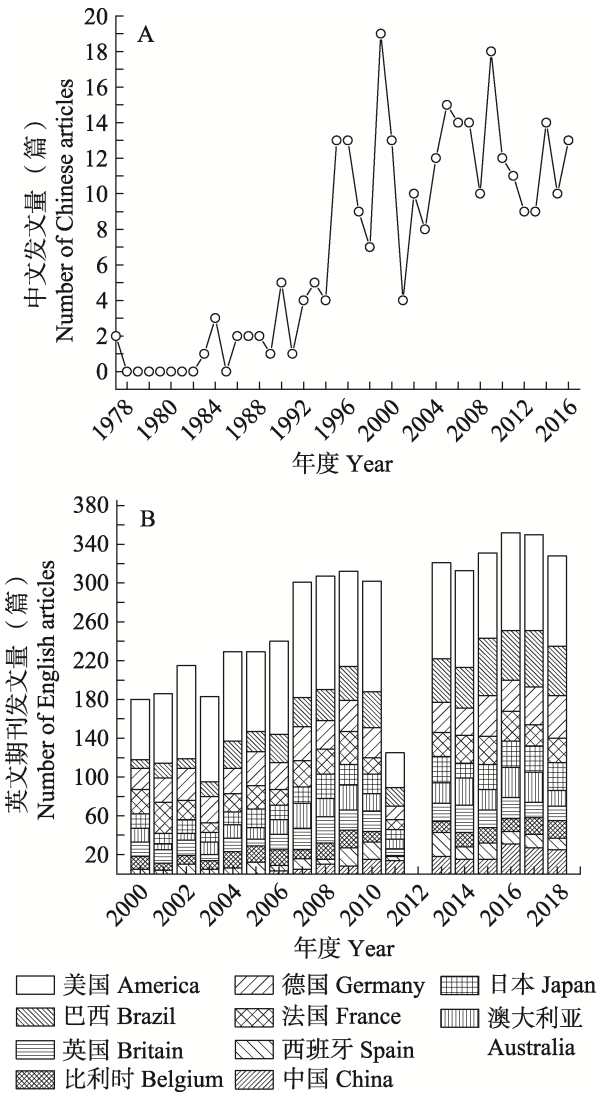

图 1　蚂蚁研究领域中外文文献发文数量

Fig. 1　The number of documents in Chinese and foreign language in the research field of ant research

A. 1978-2018 年中国知网发表的蚂蚁文献数量；B. 2000-2018 年 Web of Science 数据库中蚂蚁文献数量。

A. The number of ant literature published by CNKI from 1978 to 2018; B. The number of ant literature published by Web of Science from 2000 to 2018.

2.2　关键词分析

从中文关键词使用频次上来看，当前国内蚂蚁研究热点主要为蚂蚁物种多样性（蚁科、蚂蚁群落、多样性、物种多样性、生物多样性等）、蚂蚁系统发育及物种分类（蚁科、分类、蚂蚁、膜翅目等）、蚂蚁药用及开发（拟黑多刺蚁、黑蚂蚁等）、蚂蚁生物入侵（红火蚁等）（图 2）。

从英文关键词使用频次上来看，蚂蚁系统发育及分类学（Formicidae、Hymenoptera、Taxonomy、New species、Identification、Formicidae）、蚂蚁物种多样性（Species richness、Diversity、Community、Biodiversity、Abundance）、蚂蚁-植物协同进化（Ant-plant interaction、Plant、Extrafloral nectary）、蚂蚁行为（Competition、Predation、Division of labor、Work、Nestmate recognition、Dispersal、Reproduction、Selection、Foraging、Recruitment、Cuticular hydrocarbon）、外来蚂蚁入侵 Iimported fire ant、Biological invasion、Invasion）等领域为当前国际蚂蚁相关学科研究热点。从引用频次上看，蚂蚁进化与蚂蚁行为学方面研究较多，被引频次均超过 1 000 次。

图 2　1978-2018 年蚂蚁中文文献高频关键词图谱

Fig. 2　The high frequency keywords knowledge map of Chinese language literature in the research field of ant in 1978-2018

图中节点越大表示该关键词出现频次越高。下图同。

The larger the nodes in the graph, the higher the frequency of the keywords. The same below.

表 2 1978-2018 年蚂蚁英文文献高频关键词（被引频次≥100）

Table 2 The high frequency keywords of English language literature in the research field of ant in 2000-2018 (word frequency≥100)

序号 Sequence number	被引频次 Word frequency	关键词 Key words	序号 Sequence number	被引频次 Word frequency	关键词 Key words
1	3 439	Formicidae 蚁科	34	294	Worker 工蚁
2	2 864	Hymenoptera 膜翅目	35	283	Nestmate recognition 同巢识别
3	2 772	Ant 蚂蚁	36	268	Taxonomy 分类学
4	1 411	Evolution 进化	37	258	Dispersal 扩散
5	1 068	Behavior 行为	38	239	Consequence 结果
6	994	*Solenopsis invicta* 红火蚁	39	227	Size 尺寸
7	961	Community 群落	40	217	Queen 蚁后
8	918	Diversity 多样性	41	207	Biological invasion 生物入侵
9	891	Mutualism 互利共生	42	198	Organization 组织
10	804	Social insect 社会性昆虫	43	193	Recruitment 召唤
11	803	Fire ant 火蚁	44	188	Foraging 觅食
12	720	Colony 群体	45	176	Assemblage 聚集
13	717	Pattern 模式	46	174	Homoptera 同翅目
14	716	Biodiversity 生物多样性	47	159	Nest 蚁巢
15	648	Argentine ant 阿根廷蚁	48	154	Phylogeny 系统发育学
16	630	Competition 竞争	49	144	Relatedness 相互关系
17	626	Hymenoptera formicidae 膜翅目蚁科	50	142	Invasion 入侵
18	595	Insect 昆虫	51	139	Selection 选择
19	526	Population 种群	52	138	Model 模型
20	493	Forest 森林	53	135	Abundance 丰富度
21	489	Ecology 生态学	54	131	Disturbance 干扰
22	477	Rain forest 雨林	55	131	New specy 新品种
23	468	Plant 植物	56	127	Herbivory 植食性
24	457	Predation 捕食	57	121	Temperature 温度
25	436	Division of labor 劳动分工	58	120	Extrafloral nectary 花外蜜腺
26	420	Conservation 保护	59	119	Dynamics 动态
27	410	Biological control 生物防治	60	115	Identification 鉴定
28	375	Harvester ant 收获蚁	61	114	Reproduction 繁殖
29	373	Species richness 物种丰富度	62	112	Brazil 巴西
30	367	Imported fire ant 入侵火蚁	63	111	Polygyny 一雄多雌制
31	346	Cuticular hydrocarbon 表皮碳氢化合物	64	110	Ponerine ant 猛蚁
32	343	*Linepithema humile* 阿根廷蚁	65	108	Ant-plant interaction 蚂蚁-植物相互关系
33	341	Leaf cutting ant 切叶蚁	66	104	Protection 保护

从中英文关键词综合分析来看，国内外在蚂蚁物种多样性、蚂蚁分类学、蚂蚁生物入侵等方面均为研究热点，在蚂蚁资源药用开发方面国内相关研究要多一些，但国外在蚂蚁-植物协同进化、蚂蚁行为等方面开展的研究较多，研究也较为深入。

2.3　发文作者分析

从蚂蚁中文文献发文的作者分析，徐正会、周善义发文数量较多，其中，徐正会团队主要集中在蚂蚁物种多样性研究，周善义团队主要集中在蚂蚁分类学与系统进化研究（图 3）。

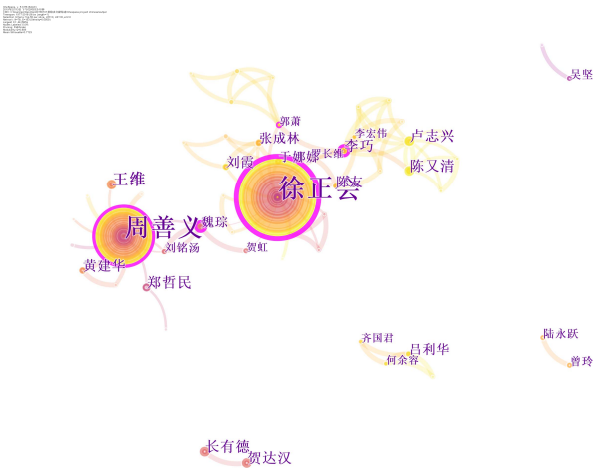

图 3　1978-2018 年蚂蚁中文文献发文作者图谱

Fig. 3　The authors knowledge map of Chinese language literature in the research field of ant in 1978-2018

从表 3 中可以看出，1978-2018 年间，国内共有 78 人发表有关蚂蚁的研究论文，平均 3.7 篇/人，徐正会和周善义发文数量最多，分别为 69 篇和 55 篇，占总发文量的 42.6%。其余研究人员与前者相比发文数量差距较大，这表明国内蚂蚁研究较为集中，研究人员之间实力差距较大，不利于蚂蚁研究的普及与整体实力的提升。此外，从研究人数上来看，国内从事蚂蚁研究的学者数量也比较少，发文数量超过 5 篇的仅有 21 人。实际中，目前仍在坚持从事蚂蚁研究的学者数量可能更少。

2000-2018 年间，Heinze 发表有关蚂蚁的英文文献最多，在所有作者中，发文数量前 50 名

表 3　1978-2018 蚂蚁中文文献发文作者（发文量≥5）

Table 3　The authors of Chinese language literature in the research field of ant in 1978-2018 (Number of article≥5)

序号 Sequence number	发文量 Number of article	作者 Author	序号 Sequence number	发文量 Number of article	作者 Author
1	69	徐正会	12	6	魏琮
2	55	周善义	13	6	陈友
3	11	王维	14	6	于娜娜
4	9	卢志兴	15	6	张成林
5	9	陈又清	16	6	吕利华
6	8	郑哲民	17	5	陆永跃
7	8	贺达汉	18	5	吴坚
8	8	长有德	19	5	刘铭汤
9	8	李巧	20	5	曾玲
10	7	黄建华	21	5	郭萧
11	7	刘霞			

最少的也有 25 篇。此外，前 50 名作者中，不同作者发文数量呈梯级下降趋势，可见在世界范围内，从事蚂蚁研究的人才队伍结构比较合理，延续性较好（表 4）。从表 4 还可以看出，有关蚂蚁的英文文献发文数量前 50 名的作者中没有中国人，说明近年来虽然我国蚂蚁学科发展较快，但同世界先进水平相比还有较大差距。

2.4　发文机构分析

从有关蚂蚁的中文文献发文机构分析来看，全国从事或曾经从事蚂蚁研究的单位共有 25 个，平均发文 11.6 篇，其中西南林业大学、广西师范大学、陕西师范大学、中国林业科学研究院资源昆虫研究所等单位在蚂蚁研究领域发文数量较多，占总发文量的 66.7%，研究实力较强。此外，还能看出，蚂蚁研究机构多分布在我国南方，估计这与南方蚂蚁物种较多，客观上有利于蚂蚁研究的开展有关（表 5）。

从蚂蚁研究的英文文献发文机构分析来看，全球范围内发表过蚂蚁研究文献的机构有 2 379 家，平均发文 2 篇，澳大利亚 Univ. Fed. Vicosa 发文数量最多（155 篇）。从发文数量前 10 名来看，澳大利亚 1 家，德国 2 家，丹麦 1

表 4　2000-2018 蚂蚁外文文献发文作者（前 50 名）

Table 4　The authors of English language literature in the research field of ant in 1978-2018 (Top 50)

序号 Sequence number	发文量 Number of article	作者 Author	序号 Sequence number	发文量 Number of article	作者 Author
1	122	Heinze J	26	32	Boulay R
2	78	Delabie JHC	27	31	Maschwitz U
3	77	Dejean A	28	30	Peeters C
4	61	Kellar L	29	29	Porter SD
5	57	Orivel J	30	29	Forti LC
6	51	Billen J	31	28	Suarez AV
7	49	Boomsma JJ	32	28	Fisher BL
8	43	Aron S	33	27	Kaspari M
9	42	Andersen AN	34	27	Chapuisat M
10	40	Vasconcelos HL	35	27	Schoereder Jh
11	38	Cerda X	36	27	Vinson SB
12	37	Sanders NJ	37	27	Tsuji K
13	37	Ito F	38	27	Yamane S
14	37	Bueno OC	39	26	Gordon DM
15	35	Del-Claro K	40	26	Hoffmann BD
16	34	Holldobler B	41	26	Dunn RR
17	34	Wetterer JK	42	26	Mueller UG
18	34	Espadaler X	43	26	Doums C
19	33	Lenoir A	44	26	Detrain C
20	33	Foitzik S	45	26	Dattilo W
21	32	Sundstrom L	46	26	Mori A
22	32	Frans NR	47	26	Offenberg J
23	32	Tschinkel WR	48	25	Linsenmair KE
24	32	Gomez C	49	25	Lester PJ
25	32	Hefetz A	50	25	Grasso DA

家，美国 2 家，法国 2 家，瑞士 1 家，巴西 1 家（表 6）。我国蚂蚁英文文献发文最多机构是中国科学院，数量为 40 篇，同世界先进水平相比还有较大差距。

2.5　载文期刊分析

通过检索与分析，一共发现发表蚂蚁研究论文的中文期刊 95 个，平均载文 3 篇，其中载文数量大于 4 篇的有 18 个，占总发文数量的 59.5%。广西师范大学学报（自然科学版）和昆虫分类学报载文数量最多，均为 22 篇。从期刊性质来看，蚁科分类学和蚂蚁生态学为发文热点（表 7）。

从蚂蚁外文文献载文期刊分析来看，一共检索到相关期刊 536 个，平均载文 9 篇，载文数量超过 50 篇的期刊有 20 个，占总发文量的 40.6%，发文数量最多的为 Sociobiology，达 359 篇。从期刊性质来看，相关论文涉及蚂蚁分类学、蚂蚁行为学、蚂蚁宏观生态学、蚂蚁分子生态学、蚂蚁生理生化等方面（表 8）。

表 5　1978-2018 年蚂蚁中文文献发文机构

Table 5　The institutions of Chinese language literature in the research field of ant in 1978-2018

序号 Sequence number	出现次数 Frequency	机构名 Scientific research institutions	序号 Sequence number	出现次数 Frequency	机构名 Scientific research institutions
1	89	西南林业大学（西南林学院）	14	3	重庆市农业科学院
2	57	广西师范大学	15	2	深圳市农业科技促进中心
3	27	陕西师范大学	16	2	云南省双柏县太和江林场
4	21	中国林业科学研究院资源昆虫研究所	17	2	西南农业大学植物保护学院
5	10	中国科学院动物研究所	18	2	广西珍稀濒危动物生态学重点实验室
6	9	商丘师范学院	19	2	广东药学院健康学院
7	8	华南农业大学	20	2	华南理工大学轻工与食品学院
8	7	云南林业职业技术学院	21	2	广西农业科学院植物保护研究所
9	6	宁夏大学	22	2	华中农业大学植物科学技术学院
10	5	西北农林科技大学林学院	23	2	新疆大学生命科学与技术学院
11	4	中国林业科学研究院林业研究所	24	2	北京林业大学林学院
12	4	广东省农业科学院植物保护研究所	25	2	商丘师范学院生物系
13	3	广西科学院生物研究所			

表 6　2000-2018 年蚂蚁外文文献发文机构（前 10 名）

Table 6　The institutions of English language literature in the research field of ant in 2000-2018 (Top 10)

序号 Sequence number	出现次数 Frequency	机构名 Scientific research institutions	中文译名 Chinese name of institution	所在国家 Country
1	155	Univ. Fed. Vicosa	联邦维科萨大学	澳大利亚
2	140	Univ. Regensburg	雷根斯堡大学	德国
3	134	Univ. Wurzburg	维尔茨堡大学	德国
4	122	Univ. Copenhagen	哥本哈根大学	丹麦
5	106	USDA ARS	美国农业部农业研究局	美国
6	101	Univ. Toulouse	图卢兹大学	法国
7	98	Univ. Lausanne	洛桑大学	瑞士
8	91	CNRS	法国国家科学研究中心	法国
9	86	Univ. Fed. Uberlandia	联邦尤伯兰迪亚大学	巴西
10	86	Arizona State Univ.	亚利桑那州立大学	美国

表 7　1978-2018 年蚂蚁中文文献载文期刊（发文量≥4）

Table 7　The published journals of Chinese language literature in the research field of ant in 1978-2018 (Number of papers≥4)

序号 Sequence number	发文量 Number of article	期刊 Journal	序号 Sequence number	发文量 Number of article	期刊 Journal
1	广西师范大学学报（自然科学版）	22	10	昆虫学报	8
2	昆虫分类学报	22	11	Entomologia Sinica	7
3	林业科学研究	16	12	生态学报	6
4	动物学研究	14	13	安徽农业科学	5
5	西南林学院学报	14	14	西南林业大学学报（自然科学）	5
6	动物分类学报	11	15	湖北民族学院学报（自然科学版）	4
7	环境昆虫学报	9	16	生物多样性	4
8	林业科学	9	17	应用生态学报	4
9	应用昆虫学报	9	18	云南大学学报（自然科学版）	4

表 8 2000-2018 年蚂蚁外文文献载文期刊（前 20 名）

Table 8 The published journals of English language literature in the research field of ant in 2000-2018 (Top 20)

序号 Sequence number	发文量 Number of article	期刊 Journal	序号 Sequence number	发文量 Number of article	期刊 Journal
1	359	Sociobiology	11	69	Journal of Insect Behavior
2	329	Insectes sociaux	12	65	Molecular Ecology
3	114	Behavioral ecology and sociobiology	13	62	Biological Invasions
4	108	Ecological entomology	14	60	Biotropica
5	95	Animal behaviour	15	59	Journal of Insect Physiology
6	94	Oecologia	16	58	Journal of Insect Science
7	94	Zootaxa	17	56	Ecology
8	85	Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences	18	54	Asian Myrmecology
9	84	Myrmecological news	19	53	Journal of Chemical Ecology
10	76	Environmental Entomology	20	52	Florida Entomologist

从中外文文献载文期刊对比来看，蚂蚁外文文献载文期刊数量与平均载文量均多于中文期刊。在研究内容方面，蚂蚁外文文献更全面。

3 结论与讨论

本文通过中国知网和 Web of Science 数据库对国内外蚂蚁研究领域相关文献进行检索，利用文献计量学方法对蚂蚁研究领域发文数量、发文作者、发文机构、发文期刊、关键词等指标进行定量分析，从中可以看出：2000 年以后，蚂蚁研究的论文数量整体呈现逐年上升趋势，其中中国学者平均每年贡献中文蚂蚁文献 11.6 篇，英文蚂蚁文献 9.8 篇，仅英文文献每年总发文量基本与法国和日本持平，总体来说，2000 年以后，国内蚂蚁研究进步很快，缩小了与世界先进水平的差距。但从发文期刊、发文机构、发文作者以及关键词等方面的分析来看，与国际先进水平相比，国内蚂蚁研究还有很大差距，主要体现在以下几个方面：（1）研究领域有限，主要集中在分类学与蚂蚁生态学，蚂蚁行为学、蚂蚁生理生化、蚂蚁分子生态学与行为进化等领域涉猎较少，有些甚至为空白；（2）缺少蚂蚁研究高产作者，除徐正会和周善义 2 位学者外，与国际蚂蚁研究论文高产学者相比，其他国内蚂蚁研究学者发文数量偏少，差距较大。此外，从研究人员结构来看，国内蚂蚁研究领域研究人员实力悬殊较大，领军人物数量较少，不利于该领域实力的提升；（3）缺少有国际影响力的蚂蚁研究机构，与国际蚂蚁研究机构相比，我国发文数量（中文）最多西南林业大学排名约在 10 名左右，仅相当于发文最多的 Univ. Fed. Vicosa 发文数量的 60%，差距明显。总之，与世界先进水平相比，我国蚂蚁研究还存诸多薄弱环节，相关科研人员还需进一步努力。

参考文献 (References)

Bolton BG, Apert PSW, Naskrecki P, 2006. Bolton’s Catalogue of Ants of the World. Cambridge: Harvard University Press. 1–4.

Chen Y, Chen CM, Liu ZY, Hu ZG, Wang XW, 2015. The methodology function of citespace mapping knowledge domains. *Studies in Science of Science*, 33(2): 242–253. [陈悦, 陈超美, 刘则渊, 胡志刚, 王贤文, 2015. CiteSpace 知识图谱的方法论功能. 科学学研究, 33(2): 242–253.]

Duan GX, Wang JH, Wang P, 2006. Progress in research on officinal ant. *Food and Drug*, 2006(1): 26–28. [段广勋, 王军花, 王平, 2006. 药用蚂蚁的研究进展. 食品与药品, 2006(1): 26–28.]

Guenard B, Weiser MD, Gomez K, Narula N, Economo EP, 2017. The global ant biodiversity informatics (GABI) database: Synthesizing data on the geographic distribution of ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 24(6): 83–89.

Huang J, Zhang PJ, Zhang J, Tang YY, 2017. An ant-coccid mutualism affects the behavior of the parasitoid *Aenasius bambawalei*, but

not that of the ghost ant *Tetramorium bicarinatum*. *Scientific Reports*, 7(1): 5175.

Li J, Han SC, Li ZG, Zhang BS, 2008. The behavior observe of *Tapinoma melanocephalum* native competitive species of *Solenopsis invicta*. *Plant Quarantine*, 22(1): 19–21. [李军, 韩诗畴, 李志刚, 张碧胜, 2008. 红火蚁本地竞争种——黑头酸臭蚁行为观察. 植物检疫, 22(1): 19–21.]

Liu J, Qi GJ, Lv LH, He YR, 2015. Effects of using fipronil to control *Solenopsis invicta* Buren on ant colony diversity in a greenbelt. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(6): 1385–1391. [刘杰, 齐国君, 吕利华, 何余容, 2015. 氟虫腈防治红火蚁对绿地蚂蚁群落多样性的影响, 应用昆虫学报, 52(6): 1385–1391.]

Mueller UG, Mikheyev AS, Hong E, Sen R, Warren DL, Solomon SE, Ishak HD, Cooper M, Miller JL, Shaffer KA, Juenger TE, 2011. Evolution of cold-tolerant fungal symbionts permits winter fungiculture by leafcutter ants at the morthern frontier of a tropical ant-fungus symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(10): 4053–4056.

Qiu JP, 2019. Bibliometrics (Second Edition). Beijing: Science Press. 5–6. [邱均平, 2019. 文献计量学(第二版). 北京: 科学出版社. 5–6.]

Simola DF, Graham RJ, Brady CM, Enzmann BL, Desplan C, Ray A, Zwiebel LJ, Bonasio R, Reinberg D, Liebig J, Berger SL, 2016. Epigenetic (re)programming of caste-specific behavior in the ant *Camponotus floridanus*. *Scinece*, 351(6268): 42.

Wilson EO, 1959. Adaptive shift and dispersal in a tropical ant fauna. *Evolution*, 13(1): 122–144.

Way MJ, Khoo KC, 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*, 37: 479–503.

Wu HT, Lu XG, Wu DH, Song LH, Yan XM, Liu JL, 2013. Ant mounds alter spatial and temporal patterns of CO_2, CH_4 and N_2O emissions from a marsh soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 57(3): 884–891.

Xu ZH, 2002. A Study on the Biodiversity of Formicidae Ants of Xishuangbanna Nature Reserve. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. 2–5. [徐正会, 2002. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫生物多样性研究. 昆明: 云南科技出版社. 2–5.]

Zhang ZY, Li YH, Zhao ZM, 2003. The study of effect of ants on *Codariocalyx motorius* in the tropic and sub-tropic mountain lands, Yunnan province of China. *Scientia Silvae Sinicae*, 39(5): 74–77. [张智英, 李玉辉, 赵志模, 2003. 云南热带亚热带退耕山地中蚂蚁对舞草种子的影响研究. 林业科学, 39(5): 74–77.]

Zhang ZX, Zhou Y, Cheng DM, 2013. Effects of hematoporphyrin monomethyl ether on worker behavior of red imported fire ant *Solenopsis invicta*. *Sociobiology*, 60(2): 169–173.

Zhou SY, 2012. Progress of taxonomic study on Formicidae (Hymenoptera) in China. *Journal of Guangxi Normal University* (*Natural Science Edition*), 30(3): 244–251. [周善义, 2012. 中国蚂蚁分类学研究进展. 广西师范大学学报(自然科学版), 30(3): 244–251.]