



贾锦鹏,王瑞红,崔月,等.基于Web of Science和CNKI数据库的微生物天然产物文献计量分析[J].黑龙江农业科学,2023(4):108-117.

# 基于 Web of Science 和 CNKI 数据库的微生物天然产物文献计量分析

贾锦鹏,王瑞红,崔月,张新军

(西藏农牧学院 高原生态研究所/西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站/西藏高原森林生态教育部重点实验室/西藏自治区高寒植被生态安全重点实验室,西藏 林芝 860000)

**摘要:**近些年,对于微生物的研究越来越多地集中在微生物天然产物上,很少有研究人员对该领域文献作全面回顾分析。为探究国内外微生物天然产物领域的研究概况,以便为研究人员提供直观的参考,利用 Citespace、VOSviewer 软件对自 1974 年以来发表在 Web of Science(核心数据库)和 CNKI 数据库的微生物天然产物领域的论文进行统计和文献计量分析。结果表明,自 2012 年起,微生物天然产物的相关研究进入高速发展阶段,发文总量呈快速增长趋势。根据布拉福德定律,该领域成果在期刊分布上较为分散。根据普莱斯定律,中英文文献核心作者分别为发文量不少于 2 篇、3 篇的作者。从合作关系来看,欧洲国家间合作最为频繁,中国学者间形成明显聚类,且积极参与国际研究合作。从高频关键词突现和共现图可知,当前国内外在研究层次、策略、内容、热点方面各具特色。通过以上分析建议,国家、研究机构、科研人员之间应继续加强合作,在做好基础性研究的同时进一步加强应用型研究,以推动微生物天然产物领域的更快发展。

**关键词:**Web of Science;CNKI;微生物;天然产物;文献计量分析

天然产物广泛存在于动植物、微生物体内的组成成分或代谢产物。从宏观来看,绝大多数天然产物都是由氧、碳、氮、氢等化学元素组成;从微观来看,天然产物结构复杂,大多由小分子作为合成底物,在酶催化反应下合成<sup>[1]</sup>。目前对于结构复杂的天然产物分子人工全合成还无法实现,只能通过天然提取和改良修饰。其中,聚酮化合物和非核糖体多肽化合物因结构多样且抗菌高效,成为当前研究热点。从分类来看,天然产物包括萜类、酮类、甾体、多糖、脂肪酸、香豆素类、有机酸、蛋白质、蒽醌、多肽以及抗生素等。天然产物的生物功能极其丰富,在抗衰老、保护人体心血管、减缓炎症、抗癌、抗菌、促进植物生长等方面均有一定成效,如具有抗衰老作用的有花青素可从黑枸杞、蓝莓、桑葚、樱桃等植物中提取;具有人体心血管保护作用的白藜芦醇可从白藜芦、虎杖、葡

萄中提取。此外,许多微生物来源的天然产物已广泛用于临床中,如青霉素、达托霉素、头孢霉素、氯霉素等<sup>[2-3]</sup>。据统计,临床药物中约有一半来源于天然产物,而 65% 以上的天然产物来源于微生物天然产物<sup>[4]</sup>。目前,微生物来源的天然产物除了在医疗领域被广泛应用,在农业、美容等行业中也有着不可替代的作用,如农药、护肤品中的许多成分都是从微生物天然产物中提取和改造。因此,微生物天然产物研究具有重要价值。

文献计量学是基于客观文献事实,通过定量的文献统计与分析方法,能从多方面多角度揭示研究领域的整体趋势<sup>[5-6]</sup>、学科分布和发展方向,已被广泛应用于各学科领域分析<sup>[7-8]</sup>。目前,微生物天然产物领域发文量快速增长,为了解微生物天然产物领域研究进展,本研究以文献计量学的方法,分析国内外微生物天然产物研究概况,旨在为该领域研究人员提供参考,促进该领域发展。

## 1 数据来源与统计方法

### 1.1 数据来源

数据来源于中国知网(CNKI)和 Web of Science (WOS)核心合集数据库,检索截止时间为 2022 年 8 月 28 日。在 WOS 中,以“‘microorganism’and

收稿日期:2022-12-16

**基金项目:**国家自然科学基金(31960013);西藏自治区科技计划(XZ202101YD0013C);西藏自治区科技创新基地自主研究项目(XZ2022JR0007G);中国农业大学-西藏农牧学院科研联合基金(2022TC126)。

**第一作者:**贾锦鹏(1996—),男,硕士研究生,从事资源利用相关研究。E-mail:842460112@qq.com。

**通信作者:**张新军(1973—),男,硕士,副教授,从事微生物相关研究。E-mail:zxjun\_126abc@126.com。

‘natural product \* ’’为检索主题,共检索出8 278 篇英文文献,将会议记录、书籍章节等筛除后,得到有效文献 8 010 篇;选择 CNKI 中文数据库,以“‘微生物’和‘天然产物’”为关键词进行检索,共检索到相关中文文献 4 627 篇,根据文章标题筛选后,得到有效文献 1 429 篇用于本文文献计量分析。

1.2 研究方法

将 WOS 和 CNKI 数据库检索结果分别导出为 TXT、Refworks 文件格式,利用 Excel 2021,对上述文献按年发文量、学科、期刊、作者、研究经费来源进行统计,并依据普莱斯定律和布拉德富定律,对核心作者、核心期刊进行分析。基于 Citespace、VOSviewer 软件对作者、国家发文量、研究机构间合作关系及高频关键词进行可视化分

析,了解该领域学者、科研机构、国家间合作情况及研究热点<sup>[9]</sup>。共现网络图中,圆圈大小代表频次多少,线条粗细代表合作关系强弱<sup>[10]</sup>。

2 结果与分析

2.1 微生物天然产物研究的发文量累计情况

2.1.1 发文量趋势 发文量的增长趋势能直观反映研究领域的发展阶段及发展速度变化<sup>[11]</sup>;此外,在文献统计中,发文的增量也成为划分学科领域生命周期的主要方式<sup>[12]</sup>,本文通过利用最小二乘法对累计发表量进行拟合。如图 1,经计算得出,该拟合曲线表达式为: $y=3E-167e^{x^{0.1945}}$ ;其中, $y$  为发文累计量, $x$  为年份。由此可见,微生物天然产物研究领域发文总量逐年呈指数型增长趋势。

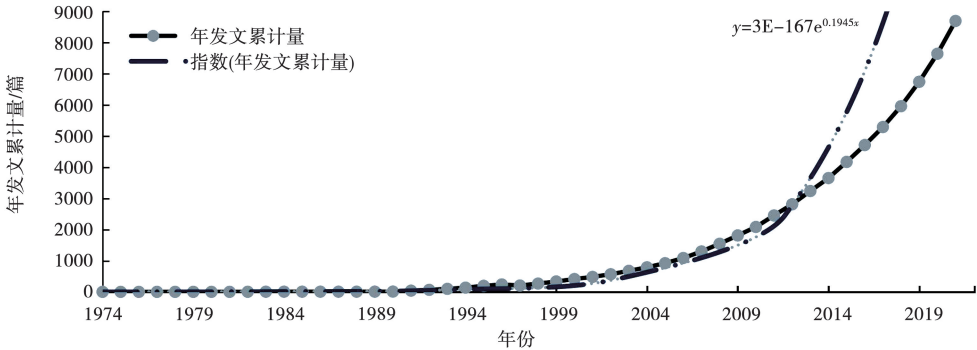


图 1 微生物天然产物研究发文累计及趋势图

2.1.2 研究的阶段划分 如表 1 所示,根据生命周期理论、发文累积计情况,将微生物天然产物研究划分为 3 个阶段,即低迷期、恢复期、发展期。第一阶段:1974—1996 年。从发文总量随时间变化曲线来看,该阶段的 23 年间,累计发文量较少仅有 124 篇,且无明显增长趋势,年均发文量仅有 10 篇。因此,将该阶段定义为微生物天然产物研究的低迷时期。第二阶段:1997—2011 年。该阶段微生物天然产物研究领域累计发文量为 2 311 篇,年均发文量为 154 篇约为低迷期的 9.6 倍,呈缓慢增长趋势。因此,将此阶段定义为微生物天然产物研究的恢复期。第三阶段:2012—2021 年。该阶段的 10 年间,累计发文量高达 6 235 篇,年均发文量约为 623 篇,微生物天然产物的相关研究逐年大幅度增加。因此,将该阶段定义为该领域研究的发展期。

表 1 微生物天然产物研究阶段

阶段	时间范围/年	累计发文量/篇	年均发文量/篇
低迷期	1974—1996	241	10
恢复期	1997—2011	2311	154
发展期	2012—2021	6235	623

2.2 学科领域分析

在 WOS 中,微生物天然产物研究领域发表论文共涉及 161 个研究学科。如图 2a 所示,发文量前 5 位的学科分别为生物技术与应用微生物学(Biotechnology Applied & Microbiology)、微生物学(Microbiology)、食品科学(Food Science Technology)、生物化学与生物分子学(Biochemistry & Molecular Biology)、环境科学(Environmental Sciences)。其中:生物技术与应用微生物学领域发文量最多,达 1 715 篇,占总发文量的 21.24%,远远高于其他领域。其次是微生物学,发文量为

1 328 篇, 占总发文量的 16.58%。排在第三位的是食品科学(1 067 篇), 占总发文量的 13.32%。药理学、化学、药物化学研究领域的发文量也均在 500 篇以上, 分别占总发文量的 9.6%、8.7%和 9.6%。

在 CNKI 数据库中, 微生物天然产物研究领域发文量排名前 12 位学科占总发文量的 95% 以上; 如图 2b 所示, 微生物天然产物研究领域发文量前 5 位的学科为生物学、中药学、药学、有机化

学、一般化学工业, 分别占总发文量的 34.22%、19.94%、16.03%、11.06% 和 6.44%。由此可见, 微生物天然产物领域的研究以生物学领域研究为主, 且分布学科十分广泛, 学科领域间相互交叉、相互渗透, 如生物学、生物技术、微生物学等近源学科间的交叉, 生物学、生态学、农业、化学、药学等远源学科间的交叉。

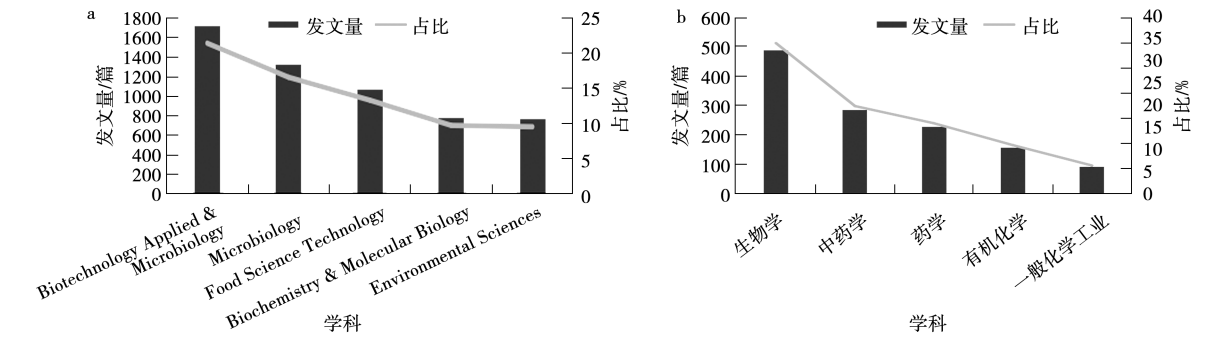


图 2 WOS(a)和 CNKI(b)中微生物天然产物研究领域发文量前五位的学科

2.3 研究经费来源分析

如表 2 所示, 微生物天然产物的研究是在大量科研项目和各种机构科研基金资助下完成的。从发文总量来看, 在 WOS 中, 排名前 5 位的机构资助发表文章占总发文量的 1/5; 其中, 中国国家自然科学基金委员会资助发表的论文数量远高于

其他研究经费来源, 从侧面反映出中国对该领域研究较为关注。在 CNKI 中, 中国国家自然科学基金资助发表论文最多, 发文量约为排名第 2 位的 5.3 倍; 排名前 5 位的研究经费来源中, 多数为国家科技相关科研计划机构, 这充分表明中国对该领域颇为重视。

表 2 中英文文献中发文量排名前 5 位的研究经费来源

排名	WOS			CNKI		
	资金来源	国家和地区	发文量/篇	资金来源	发文量/篇	
1	National Natural Science Foundation of China (中国国家自然科学基金会)	中国	647	中国国家自然科学基金会	244	
2	European Commission(欧盟委员会)	欧洲	392	国家高技术研究发展计划(863 计划)	46	
3	United States Department of Health Human(美国卫生与公众服务部)	美国	292	国家重点基础研究发展规划(973 计划)	28	
4	National Institutes of Health in USA(美国国立卫生研究院)	美国	291	国家重点研发计划	17	
5	Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico E-Teconlogico (国家科学发展委员会)	巴西	270	广东省自然科学基金	13	

2.4 微生物天然产物研究的期刊分布情况

由比利时情报学家埃格黑提出的核心期刊区数量计算公式, 即  $r_0 = 2\ln(e^E \times Y)$ ,  $r_0$  为核心区期刊数目,  $E$  为欧拉系数 0.577 2,  $Y$  为载文量最大期刊的文章数量<sup>[13]</sup>。

根据布拉德富定律: 在 WOS 中,  $r_0 = 2\ln(e^E \times 170) = 11$ , 即载文量前 11 位的期刊属于核心期刊

区; 在 CNKI 中,  $r_0 = 2\ln(e^E \times 22) = 7$ , 即载文量前 7 位的期刊属于核心期刊区。如表 3 所示, 其中, 英文核心期刊平均刊文量约为 80 篇, 中文核心期刊平均刊文量约为 12 篇; 从微生物天然产物研究成果分布上来看, 中英文核心区期刊载文量均低于文献总量的 1/3, 故该领域成果在期刊分布上相对分散。

2.5 合作关系分析

2.5.1 国家及其合作关系分析 利用 VOSviewer 对国家发文量及合作关系进行分析,可了解各国在该研究领域的综合实力及合作情况。如图 3 所示,微生物天然产物研究领域发文量超过 200 篇的国家共有 13 个,且发文量排名前 13 位的国家占总发文量的 81.5%;其中,中国发文量居世界首位,为 2 463 篇;其次为美国,发文量为 1 242 篇。从 VOSviewer 统计结果来看,美国在文章被引总频

次、单篇平均被引频次、TLS (Total link Strength,数值大小代表合作强度,数值越大合作强度越高)方面均居世界第一,分别为 77 975 次、62.78 次和 403。从地域分布来看,发文量前 13 位的国家主要来自欧洲、亚洲和美洲,分别占比 46%、31%、23%;TLS 排名前 10 位的国家中,有一半来自欧洲;TLS 排名前 20 位的国家中,有四分之一来自亚洲。

表 3 微生物天然产物研究领域中英文核心区期刊

排名	WOS			CNKI		
	期刊	刊文量/篇	近五年(2018—2022 年)影响因子	期刊	刊文量/篇	2022 年综合影响因子
1	Archiv Der Pharmazie	170	3.687	微生物学通报	22	1.557
2	Journal of Microbiology	130	3.781	中国抗生素杂志	15	1.181
3	Marine Drugs	109	6.044	中国海洋药物	12	0.701
4	Current Medicinal Chemistry	70	5.046	天然产物研究与开发	11	1.668
5	Fems Microbiology Letters	66	3.248	微生物学报	10	1.274
6	Reviews in Environmental Science and Bio-Technology	64	12.751	生物工程学报	7	1.180
7	Journal of Cellular Plastics	63	2.189	生物技术通报	7	1.088
8	Nucleic Acids Research	58	17.210			
9	Current Microbiology	50	2.408			
10	Trends in Cancer	47	19.067			
11	Journal of Biomolecular Screening	47	2.221			

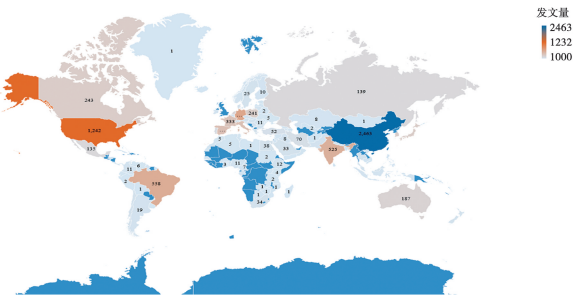


图 3 微生物天然产物研究领域国家发文量分布图

如图 4 所示,从国家间的论文产量和合作强度来看,微生物天然产物研究大致可划分为 3 大类型网络关系:(1)最高一级的网络关系为 TLS 排名前两位的国家为核心构建的合作网络,即分别以美国、中国为主体的网络合作,这一网络几乎涵盖了微生物天然产物研究领域的全部参与国家;(2)较为次一级的合作网络,如以德国、法国、意大利、巴西、西班牙为主体形成的密切合作网络,以印度为主体形成的日本、埃及、韩国合作网络;

(3)更小的合作网络,如以荷兰为中心形成的澳大利亚、瑞士、俄罗斯、丹麦合作网络,以马来西亚为中心形成的巴基斯坦、沙特阿拉伯合作网络。

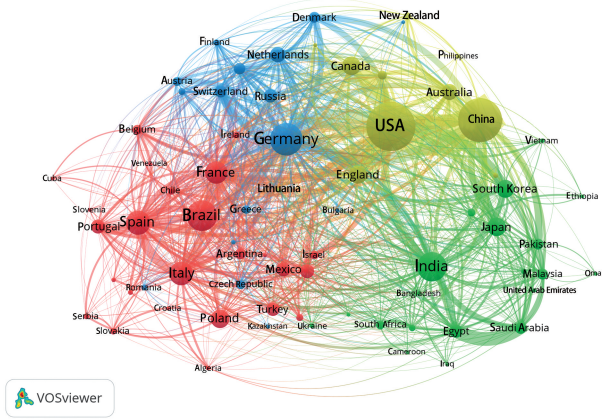


图 4 微生物天然产物研究领域国家间共现合作网络图

注:不同圆圈代表不同国家,圆圈越大则国家发文量越多,线条粗细代表国家间合作强度,线条越粗则合作越强,不同颜色则代表不同聚类。下同。



2.5.2 文献作者及其合作关系分析 在 WOS 中,发文量 10 篇及以上的作者共有 22 位,其中有 7 位作者来自中国。来自新西兰的 Copp Brent R. 是发文总量、被引频次最多的作者,分别为 16 篇、4 924 次;单篇平均被引频次最多的是来自新西兰维多利亚大学惠林顿校区的 Blunt John W.,发文量为 10 篇,单篇平均被引次数为 415.9 次。如表 4 所示,在 CNKI 中,发文量前 5 位的作者为林双君、朱伟明、王晓政、黄婷婷、张亚妮,分别发表了 6 篇、6 篇、5 篇、4 篇、4 篇文章。如表 4、图 5a 所示,英文文献中发文量前 10 位的作者中有 2 位来自中国;各国学者间形成明显聚类,其中,有一

半为中国作者间的聚落。由中文文献作者合作网络图 5b 可知,中国作者间以林双君、雷晓凌、李志勇、黄新蕾、邓子新为中心形成了 5 个不同聚类。其中,黄婷婷、王晓政和林双君<sup>[14-16]</sup>等合作研究的方向主要为已知菌株天然产物的分离、鉴定、克隆、生物合成等;李志勇<sup>[17-18]</sup>等主要研究方向为海洋真菌天然产物及其抗菌活性;朱伟明等<sup>[19-20]</sup>合作多围绕在海洋真菌活性物质方面、海洋天然产物的成药性方面;王开梅等<sup>[21]</sup>曾围绕微生物天然产物早期鉴别及去重复方法的研究进展进行了探讨;邓子新等<sup>[22]</sup>主要在生物合成、基因克隆等方面开展了相关研究。

表 4 中英文文献中微生物天然产物研究领域发文量前 10 位的作者

排名	WOS		CNKI	
	作者	发文量/篇	作者	发文量/篇
1	Copp Brent R.	16	林双君	6
2	Keyzers Robert A.	15	朱伟明	6
3	Proksch Peter	15	王晓政	5
4	Prinsep Michele R.	14	黄婷婷	4
5	Lee Sang Yup	14	张亚妮	4
6	Mueller Rolf	13	吴兆园	3
7	Dorrestein Pieter C.	12	王开梅	3
8	Sherman David H.	12	邓子新	3
9	Zhang lixin	11	李志勇	3
10	Wang changyun	11	付少彬	3

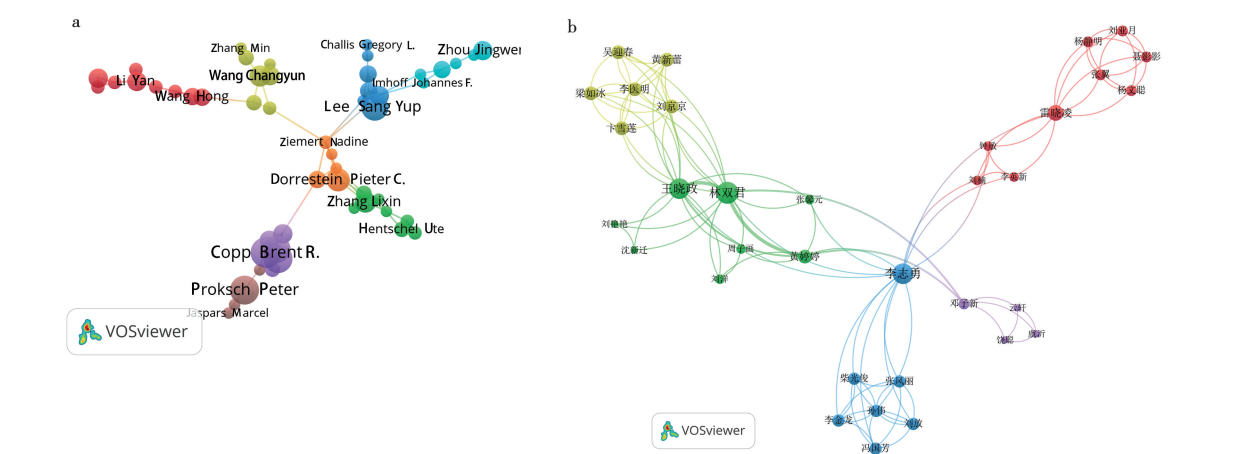


图 5 WOS(a)和 CNKI(b)文献中微生物天然产物研究领域作者共现合作网络图

根据普莱斯定律,即  $n=0.749 \times \sqrt{m}^{[23]}$ ;其中, $m$  指发文量第一的作者文章数量, $n$  代表核心

作者发文量<sup>[24]</sup>。在 WOS 中,共检索到 8 010 篇文献,仅考虑第一作者情况下,得到  $n \approx 3$ ;同理,

在 CNKI 中,  $n \approx 2$ 。故中英文文献中核心作者分别为发文量不少于 2 篇、3 篇的作者。从 VOSviewer 统计结果和普莱斯定律计算结果综合分析可知, 中英文核心区作者数量较多, 但发文量都较少。

2.5.3 研究机构及其合作网络分析 对某一领域研究机构及其间合作情况的分析, 可看出该研究领域主要研究力量分布与合作情况。如表 5 所示, 在 WOS 中, 发文量排名前 5 位的研究机构为 Chinese Academy of Sciences(中国科学院)、University of Sao Paulo(圣保罗大学)、Consejo Superior de Investigaciones Científicas(西班牙高等科研理事会)、Russian Academy of Sciences(俄罗斯科学院)、Technical University of Denmark(丹麦理工大学), 发文量分别为 169, 119, 71, 58 和 57 篇。从发文量排名前 10 位的机构来看, 来自中国的中国科学院、中国海洋大学和上海交通大学, 其中仅有中国科学院在全球 TLS 排名中位于前 10, 其 TLS 为 865。在 CNKI 中, 中国研究机构发文量前 5 位的机构为中国海洋大学、山东大学、云南大学、西北农林科技大学、厦门大学, 发文量分别为 89, 49, 46, 38 和 37 篇。

表 5 中英文文献中微生物天然产物研究领域发文量前 10 位的研究机构

排名	WOS				CNKI	
	研究机构	发文量/ 篇	被引 总数	TLS	研究机构	发文量/ 篇
1	Chinese Academy of Sciences(中国科学院)	169	5264	865	中国海洋大学	89
2	University of Sao Paulo(圣保罗大学)	119	3047	541	山东大学	49
3	Consejo Superior de Investigaciones Científicas(西班牙高等科研理事会)	71	2869	190	云南大学	46
4	Russian Academy of Sciences(俄罗斯科学院)	58	645	98	西北农林科技大学	38
5	Technical University of Denmark(丹麦理工大学)	57	2349	490	厦门大学	37
6	University of California San Diego(加州大学圣地亚哥分校)	51	3011	519	浙江大学	36
7	University of Porto(波尔图大学)	49	2912	252	南京农业大学	31
8	Ocean University of China(中国海洋大学)	48	997	408	北京协和医院	28
9	Universidad Nacional Autonoma de México(墨西哥国立自治大学)	46	1737	176	西南大学	24
10	Shanghai Jiao Tong University(上海交通大学)	44	1347	344	扬州大学	23

2.6 关键词可视化分析

2.6.1 WOS 文献 在 WOS 文献中, 设置出现频次不少于 100 次为阈值, 共出现 69 个关键词, 如图 7 和图 8a 所示, 从英文文献的研究热点变化来看, 国际间微生物天然产物的研究可分为三个

如图 6a 所示, 从合作关系来看, 中国科学院与丹麦理工大学(Technical University of Denmark)、哥本哈根大学(University of Copenhagen)、加州大学圣地亚哥分校(University of California, San Diego)、哈佛大学(Harvard University)、昆士兰大学(The University of Queensland)有较为密切的研究合作。

如表 5 所示, 在 CNKI 中, 发文量排名前 10 位的研究机构中, 有 8 个是国内双一流大学, 各研究机构研究方向各具特色, 且拥有较为雄厚的科研实力和科研人才储备。其中, 中国海洋大学发文量第一, 文章总被引用 499 次, 研究主要集中于海洋微生物方面。

如图 6b 所示, 从合作关系来看, 在国内研究机构中, 中国科学院微生物研究所、中国科学院南海海洋研究所和中山大学化学与化学工程学院间曾一起开展相关研究合作; 中国科学院大学、中国科学院微生物研究所微生物资源前期开发国家重点实验室和中国海洋大学海洋药物教育部重点实验室医药学院也曾开展过相关研究合作。

阶段。第一阶段: 1991—2010 年。该阶段研究主要围绕植物化感作用、生物降解、天然产物三方面展开。1991 年植物化感作用研究开始受到国际间学者们的关注, 并在之后的 18 年里取得了较为丰富的成果; 从国际上来看, 自 20 世纪末起, 科研

人员更加注重应用型研究,生物降解慢慢成为该领域研究热点,微生物天然产物领域在生态修复方面的作用逐渐开始体现;在 21 世纪的前 10 年里,各国学者相继在天然产物的发酵、多样性、抗菌化合物、生物保鲜等方面取得了一定研究进展,微生物天然产物的研究也开始应用于人类生活中(图 7a)。第二阶段:2011—2017 年。在这一阶段,宏基因组、生物转化成为国际间学者关注的焦点。同时,在前一阶段的研究基础上,学者们对应用型研究也展开了进一步探索,如防污染、生物保鲜、阿魏酸、天然抗菌、抗癌等方面都展开了相关研究。从研究成果来看,在这一阶段,微生物天然产物的研究对生态修复、人类日常生活和生产方面都起到了助推作用;此外,质谱、基因组挖掘、抗菌化合物等基础性研究也取得一定进展(图 7b)。第三阶段:2018—2022 年。此时,益生菌、氧化应激、根系方面的研究颇受国际间学者的青睐,微生物天然产物的研究更为关注生态环境、人类健康、美容方面,这与人们生活质量的普遍提高有密不可分的关系。同时,学者们对应用型研究也开展

了更广泛的研究,如多酚、多糖、小型生物群、抗菌化合物、生物能、抗氧化、微藻、抗癌、植物提取物等方面(图 7c)。

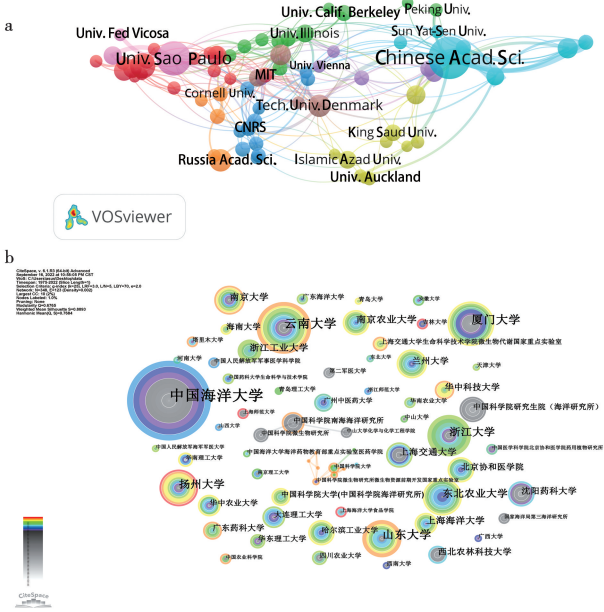


图 6 WOS(a)和 CNKI(b)中微生物天然产物研究领域研究机构共现合作网络图

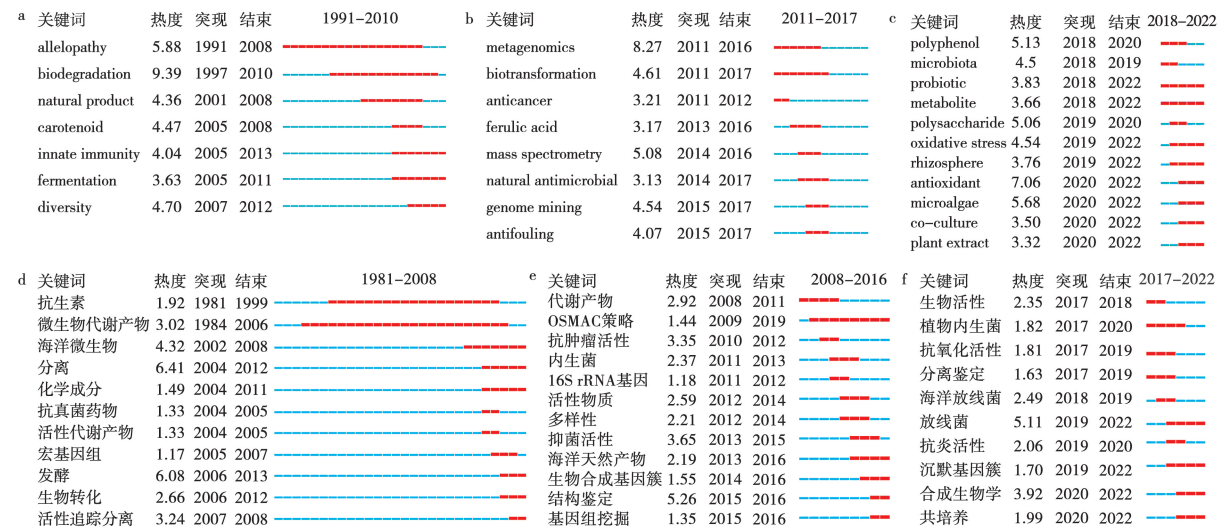


图 7 WOS(a、b、c)和 CNKI(d、e、f)中微生物天然产物研究领域高频关键词突现

注:Strength 代表研究的热度,红、绿色细格都代表研究年份,一格为一个年份。其中,红色细格代表关键词出现的具体年份,绿色细格则为未出现年份。下同。

2.6.2 CNKI 文献 在 CNKI 文献中,设置出现频次不少于 70 次为阈值,共出现 32 个关键词,如图 7 和图 8b 所示,研究内容随时间也有所改变,国内研究热点共经历了 3 次变化。第一阶段:

1981—2008 年。此时,国内在微生物天然产物领域的研究在基础性和应用型研究方面都较为关注。这一阶段,微生物代谢产物、发酵、纯化、活性追踪分离、海洋微生物、化学成分、宏基因组等



综上,在研究层次上,中文发表的论文多以基础性研究为主,而英文文献发表的论文中集中于应用型研究上;在研究策略上,英文文献中共培养出现频次较多,而中文文献中 OMSAC 策略与共培养策略平分秋色。从研究内容来看,随着人们生活质量的提高,抗氧化方面的研究越来越受到国内外的重视。从研究热点的变化来看,自本世纪初开始,英文文献中研究越来越多地集中在人类生活、健康、美容及能源利用等应用型方面,而中文文献中研究多为菌株培养、活性筛选、结构鉴定、生物合成等基础性方面的研究。



在 20 世纪末,德国科学家 Zeek 对微生物天然产物的研究提出了“单菌株多次级代谢产物”策略,即 OSMAC(One Strain Many Compounds)。这种策略主要是微生物代谢活动受外部环境变化导致其代谢活动发生改变,即代谢产物受到微生物培养环境改变的刺激产生新的代谢物或增强化合物代谢力。通常实验室以改变微生物培养基的营养成分及用量、改变培养温度和时间、改变培养方式等具体方法作为微生物生长所需外部条件的



具体调整策略。例如,通过改变微生物生长所必需的碳源、氮源种类以及培养基 pH 等策略来刺激微生物体内不同化合物的代谢能力。目前 OSMAC 策略依旧是微生物天然产物研究较为常用的手段<sup>[25]</sup>;此外,还有表观遗传修饰、基因组挖掘<sup>[26]</sup>、微生物共培养<sup>[27]</sup>。微生物天然产物被广泛应用于抗癌药、抗菌剂、植物促生、抗衰老、抗心脑血管疾病等方面<sup>[28]</sup>。

从本次研究文献来看,虽然微生物天然产物已经在国内开展了几十年,参与单位非常多,但是具有国际影响力的研究机构和学者较少。从总发文量来看,中国位居第一,然而研究层次、研究机构实力、期刊影响因子、文章质量与美、德等发达国家相比,仍有较大差距,其原因如下:(1)中国微生物天然产物研究与发达国家相比起步晚,导致了科学系统性理论积累与研究数据积累都有较大差距。(2)国内资助项目多,但一般周期较短,使深层次研究展开较少。(3)目前,国内期刊、文章的被引频次与国外相比都较低,许多学者在发表论文时更倾向于选择高影响因子的英文期刊。为解决以上问题,首先,从国家层面制定微生物天然产物研究的长期规划,并提供充足资金项目资助,凝聚高效研究团体,提高合作效率,便于我国在基础性研究上,加强对深层次研究的探索;同时,加强国内共享机制、共享力度建设,方便各领域各研究学者和团体之间通力合作,发挥已有研究基础的优势,形成阶段性与标志性成果。其次,国内对科研机构和学者的评价机制上,应规避对国内期刊的偏见,鼓励在国内英文期刊上发表最新优秀科研成果;同时,为增强国内论文及期刊的影响力与影响因子,科研学者在撰写论文时,应注重对在国内期刊发表论文的引用。最后,国内学者应该携手前进,同时积极参与国际合作,将先进研究经验进行本土化,促进我国微生物天然产物研究的发展。

## 4 结论

本文基于 Web of Science(核心数据库)和 CNKI 数据库,借助文献计量分析工具 Citespace、VOSviewer,对国内外微生物天然产物领域相关文献进行了统计分析。从本次研究文献来看,在研究层次上,国内研究多以基础性研究为主,而从国际上来看,学者们更加关注应用型研究;在研究

策略上,共培养在国际间学者的研究中出现频次较多,而国内 OMSAC 策略与共培养策略平分秋色。从研究内容来看,随着人们生活质量的普遍提升,抗氧化方面的研究越来越受到国内外学者的重视。从研究热点的变化来看,自 21 世纪初开始,国际间的研究越来越多地集中在人类生活、健康、美容及能源利用等应用型方面,而从中文发表文献来看,国内研究多为菌株培养、活性筛选、鉴定等基础性方面的研究。综上可知,微生物天然产物领域的发展是在基础性研究的基础上,随人类发展需求的变化而不断地跟进应用型研究的过程;微生物天然产物领域的基础性研究为应用型研究提供了动力源泉,同时,应用型研究在推动人类生存环境的改善、生活质量的提高等方面也有着重要作用。

## 参考文献:

- [1] 杨欣巍,秦志伟.基于微生物天然产物来源的抗菌类药物基础研究简介[J].国外医药(抗生素分册),2017,38(6):248-252.
- [2] MOHAN S, AJAY KRISHNA M S, CHANDRAMOULI M. Antibacterial natural products from microbial and fungal sources: a decade of advances[J]. Molecular Diversity, 2022,28(1):517-541.
- [3] 刘易,谭娅文,江辉.基于非核糖体肽的文献计量分析[J].微生物学通报,2021,48(7):2483-2489.
- [4] LI J W H, VEDERAS J C. Drug discovery and natural products: end of an era or an endless frontier? [J]. Science, 2009,325(5937):161-165.
- [5] 朱锁玲,唐惠燕,倪峰,等.大数据时代我国文献计量应用研究现状及对策[J].情报科学,2016,34(8):116-121.
- [6] 赵民志.文献计量跨学科应用研究[J].图书馆理论与实践,2015(3):54-56.
- [7] 邹亚文,夏小东,职桂叶,等.基于文献的国内外水稻研究发展态势分析[J].中国农业科学,2011,44(20):4129-4141.
- [8] 丁恩俊,谢佳,申丽娟,等.基于文献计量的国内外农业信息化研究态势分析[J].西南大学学报(自然科学版),2017,39(8):116-125.
- [9] 严康,汪海珍,楼骏,等.基于 Web of Science 对土传病害研究现状和趋势的计量分析[J].土壤学报,2020,57(3):680-690.
- [10] 周在峰,周秋菊,樊永明.基于文献计量的再生纤维制浆造纸技术领域研究热点及发展态势分析[J].中国造纸学报,2021,36(3):68-80.
- [11] 串丽敏,郑怀国,赵同科,等.基于 Web of Science 数据库的土壤污染修复领域发展态势分析[J].农业环境科学学报,2016,35(1):12-20.
- [12] 王曰芬,李冬琼,余厚强.生命周期阶段中的科学合作网络演化及高影响力学者成长特征研究[J].情报学报,2018,37(2):121-131.

[13] 崔卫华,胡玉坤.我国大型线状文化遗产的研究态势——基于核心期刊的统计分析[J].城市发展研究,2015,22(7):92-100.

[14] 张馨元,王晓政,黄婷婷,等.海绵来源链霉菌 S52-B 中氨酰天然产物的分离与鉴定[J].微生物学通报,2021,48(7):2298-2306.

[15] 黄婷婷,林双君,邓子新.放线菌中铁载体生物合成机制研究进展[J].微生物学通报,2011,38(5):765-773.

[16] 刘洋,王晓政,黄婷婷等.链霉菌 *Streptomyces antibioticus* NRRL 8167 中 Naphthgeranine A 生物合成基因簇的分析鉴定[J].微生物学通报,2019,46(10):2645-2656.

[17] 李志勇,黄艳琴,何丽明,等.一株细薄星芒海绵细菌的抗菌活性与分类学研究[J].生物技术通报,2006(2):93-96.

[18] 李志勇,何丽明,蒋群.海绵共附生细菌种群组成的 PCR-DGGE 基因指纹分析[J].生物技术通报,2006(1):61-64.

[19] 朱伟明,王俊锋.海洋真菌生物活性物质研究之管见[J].菌物学报,2011,30(2):218-228.

[20] 朱伟明.海洋天然产物的高效发现与成药性研究[J].中草药,2019,50(23):5645-5652.

[21] 王开梅,张亚妮,吴兆圆,等.微生物天然产物早期鉴别及去重复方法研究进展[J].湖北农业科学,2013,52(22):5409-5414.

[22] 邓子新,KIESER T,HOPWOOD D A.链霉菌高拷贝质粒 pIJ101 的研究——V.两个拷贝数突变子及其与克隆片段的关系[J].微生物学报,1993,33(2):104-107,164.

[23] 梁裕桦,陈沛军,冯常森,等.我国医养结合研究热点及趋势[J].医学与社会,2019,32(6):92-95.

[24] 李纲,徐健,毛进,等.合著作者研究兴趣相似性分布研究[J].图书情报工作,2017,61(6):92-98.

[25] 张勇慧.微生物来源的活性天然产物的研究[J].药学进展,2018,42(1):1-3.

[26] 赵文婷,邹懿,胡昌华.微生物菌种改良的新方法新策略[J].生物工程学报,2009,25(6):801-805.

[27] 庞庆霄,韩昊,祁庆生,等.微生物模块化共培养工程的应用及控制策略[J].生物工程学报,2022,38(4):1421-1431.

[28] 张琳,宫春杰.微生物来源的天然产物研究进展[J].生物化工,2020,6(6):121-125.

# Bibliometric Analysis of Microbial Natural Products Based on Web of Science and CNKI Databank

JIA Jinpeng,WANG Ruihong,CUI Yue,ZHANG Xinjun

(Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agricultural and Animal Husbandry University / National Forest Ecosystem Observation & Research Station of Nyingchi Tibet / Key Laboratory of Forest Ecology in Tibet Plateau, Ministry of Education / Key Laboratory of Alpine Vegetation Ecological Security in Tibet, Nyingchi 860000, China)

**Abstract:** In recent years, researching on microorganisms has increasingly focused on microbial natural products, but few researchers have conducted a comprehensive review this field. In order to provide an intuitive reference for researchers, this study conducted statistical and bibliometric analysis on the papers published in Web of Science (core database) and CNKI database since 1974 about microbial natural products by Citespace and VOSviewer software to analyze the field of microbial natural products. The results showed that the research on microbial natural products had entered a stage of rapid development since 2012, and the total number of published papers has shown a rapid growth trend. According to Bradford's law, it was found that the distribution of papers in this field were relatively scattered in diverse journals. According to Price's Law, the core authors of Chinese and English literatures were those who had published no less than 2 and 3 papers respectively. The researchers in European countries had the most frequent cooperation, and there was a clear characteristics of clustering for Chinese scholars, which also actively participated in international cooperation. Based on the high-frequency keyword and co-occurrence graphs, there were obviously different characteristics in China and abroad for the current research levels, strategies, content, and hotspots. According to the above analysis, it is suggested that countries, research institutions, and researchers strengthen cooperation and applied research to promote the development of microbial natural product field.

**Keywords:** Web of Science; CNKI; microorganism; natural products; bibliometric analysis