

我国微生物学相关方向研究生论文选题变化分析 (1999–2018 年)

谢寒杰¹, 晋治波², 盖京苹^{*1}

1 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094

2 百色学院农业与食品工程学院, 广西 百色 533000

谢寒杰, 晋治波, 盖京苹. 我国微生物学相关方向研究生论文选题变化分析(1999–2018 年)[J]. 微生物学通报, 2022, 49(8): 3539-3549

Xie Hanjie, Jin Zhibo, Gai Jingping. Research topics in microbiology for graduate students in China (1999–2018)[J]. Microbiology China, 2022, 49(8): 3539-3549

摘要:【背景】当前微生物学研究正处于发展的重要时期, 研究生学位论文作为研究生阶段的主要产出, 在一定程度上体现了微生物学研究的热点和发展方向, 但当前的大多文献计量分析以 Web of Science、知网等收录的期刊论文为主, 忽略了研究生论文数据库的重要作用。【目的】通过分析我国研究生学位论文的研究选题, 为探究我国微生物学相关方向的研究生学位论文的选题热点及变化趋势提供数据支持。【方法】利用文献计量学方法, 对 1999–2018 年收录于中国博硕士学位论文全文数据库的 237 562 篇以微生物为研究主题的论文进行分析。【结果】发现 1999–2018 年我国微生物学相关的研究生论文总体呈现增长趋势, 学位论文发文量排名前三的科研机构是浙江大学、中国科学院大学和南京农业大学。通过关键词网络分析发现, 近 10 年我国微生物学相关研究生论文的研究领域呈现多样化, 关键词网络更加密集, 研究主要集中于环境、人类医学和动物医学等领域, 与国际热点领域基本一致, 但基础微生物研究相对不足。近年来备受关注的的一些新兴领域如宏基因组、蛋白质组、工程与药物等在研究生论文选题中仍需加强。【结论】文献分析结果为研究生及其导师选题、推动我国微生物学相关的研究生教育的理论研究和实践探索提供了一定参考。

关键词: 微生物学; 研究生教育; 学位论文; 文献计量学

基金项目: 中国农业大学研究生课程建设项目(HJ202107)

Supported by: Graduate Course Construction Project of China Agricultural University (HJ202107)

*Corresponding author: E-mail: gaijp@cau.edu.cn

Received: 2021-11-29; Accepted: 2022-01-11; Published online: 2022-02-08

Research topics in microbiology for graduate students in China (1999–2018)

XIE Hanjie¹, JIN Zhibo², GAI Jingping^{*1}

1 College of Natural Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China

2 College of Agriculture and Food Engineering, Baise University, Baise 533000, Guangxi, China

Abstract: **[Background]** Microbiology is embracing a crucial period for development. Master's thesis, as the main output of graduate students, reflects the research trend in this discipline. However, previous bibliometric analysis mainly focused on papers from Web of Science and China National Knowledge Infrastructure (CNKI) rather than the theses from master's thesis databases. **[Objective]** Our aim in this paper is to explore the research approach and hotspots of postgraduate dissertations in the field of microbiology in China. **[Methods]** We analyzed 237 562 master's theses on microbiology in China Doctoral Dissertations/Master's Theses Full-text Database (CDMD) from 1999 to 2018 with the bibliometrics method. **[Results]** We found that the total number of microbiology-related theses in China showed an increasing trend from 1999 to 2018, and Zhejiang University, University of Chinese Academy of Sciences, and Nanjing Agricultural University ranked the top three in the number of published theses. According to the network analysis of keywords, research fields of postgraduates in China are diversified in the 10 years. The research hotspots in microbiology, such as environment, animal medicine, and human medicine, are also international research focuses, but basic microbiology is yet to be further emphasized. Some emerging topics such as metagenomics, proteomics and engineering, and medicine should be highlighted among postgraduates. **[Conclusion]** The result is expected to serve as a reference for topic selection by graduate students and their supervisors, and education and practice of postgraduates on microbiology in China.

Keywords: Microbiology; postgraduate education; thesis and dissertation; Bibliometrics

国内外研究表明, 研究生已成为高校科研力量的重要组成部分, 具有较高的科研贡献^[1-3]。研究生论文作为研究生基础研究成果的主要表现形式之一, 其研究主题的创新性和应用性是评估论文质量和学科发展的重要依据。因为选题不仅反映了研究生的学术领域、研究方向和研究重点, 也从侧面体现了研究生的培养质量^[4]。如果所选课题无新颖性, 属于平行性、追踪性的研究内容, 即使采用了最先进的研究技术和方法, 所得结果也不会具有创新性, 因此科研选题的重要性不言而喻^[5]。

微生物学是生命科学中最重要的学科之一, 也是最活跃的研究领域。近 30 年来, 随着各种先进物理化学手段的出现, 特别是高通量测序技术的发展呈指数式增长, 促使微生物学研究进入一个新时代, 微生物组研究被列为“能重塑未来的十大新兴技术”之一^[6-7]。微生物学研究方向涵盖了从微观到宏观多个层次的研究内容^[8], 目前涉及微生物研究的领域有环境、农业、海洋、医学和动物科学等。本文利用中国研究生学位论文数据库和 Web of Science 数据库, 采用文献计量分析方法, 对近 20 年来在

中国学位论文全文数据库中微生物相关的选题进行了梳理和分析, 对未来研究趋势进行探讨, 重点分析了研究生论文不同时间段和国内外同一时间段的关键词共现网络图谱, 揭示了不同时期微生物领域的高频关键词或者关键词的变化情况, 以期为科研工作者提供数据参考, 同时为研究生培养单位和导师提供培养建议, 为中国的微生物学发展做出贡献。

1 材料与方 法

本研究选取中国博硕士学位论文全文数据库(知网数据)和中国学位论文全文数据库(万方数据)中的论文作为分析对象, 设定检索类型为“主题”, 检索条件为“(主题:(“微生物”) or 主题:(“细菌” or “蓝细菌” or “放线菌” or “螺旋体” or “支原体” or “立克次氏体” or “衣原体”) or 主题:(“真菌” or “原生生物” or “单细胞藻类”) or 主题:(“原生生物” and “藻类”) or 主题:(“病毒” or “亚病毒”) or 主题:(“古菌” or “古生菌”))”, 检索时间段为 1999–2018 年, 检索时间为 2021 年 12 月 15 日。在知网中检索出 147 078 篇学位论文, 在万方数据库中检索出 166 783 篇学位论文, 将所得数据导入 Endnote 中去除 2 个数据库中重复的论文并手动剔除不相关的论文, 共得到 237 562 篇, 然后分别按照研究机构、研究领域进行统计分析。研究主题的分析分为 1999–2008 年和 2009–2018 年 2 个时期, 分别将 62 232 篇和 175 330 篇学位论文导入 VOSviewer 软件, 得到 108 181 个和 235 666 个关键词, 设定阈值为 20 (过滤标准为节点的出现频次 ≥ 20), 分别有 2 221 个和 5 228 个关键词满足条件以进行后续的网络分析。在 Web of Science 中设定同样的检索主题, 检索条件为“(主题=‘microorganism’) OR (主题=‘bacteria’ OR ‘actinomycetes’ OR ‘Spirochaeta’ OR ‘mycoplasma’ OR ‘Rickettsia’

OR ‘Chlamydia’) OR (主题=‘fungi’ OR ‘protist’ OR ‘unicellular algae’) OR (主题=‘protist’ AND ‘algae’) OR (主题=‘virus’ OR ‘subvirus’) OR (主题=‘archaea’ OR ‘Archaeobacteria’)”, 检索时间段为 2009–2018 年, 共检索出 1 715 075 (Web of Science 核心合集) 篇文章, 按照相关性筛选出 6 000 篇文献导入 VOSviewer 软件, 共有 18 881 个关键词, 设定阈值为 5, 共有 1 621 个关键词满足条件用于后续网络图谱的分析。

为进一步对比探究微生物一些新兴领域的发展趋势, 在知网和万方学位论文数据库中, 将检索时间段设为 2009–2018 年, 在检索结果中以‘宏基因’ OR ‘宏基因组’ OR ‘宏基因组学’、‘转录组’ OR ‘转录组学’、‘蛋白质组’ OR ‘蛋白质组学’和‘工程’ AND ‘药物’为主题词进行检索, 并在 EndNote 中进行数据的整合, 分别检索出 1 332、2 950、1 610 和 1 085 篇。在 Web of Science 的检索结果中以‘metagenomics’ OR ‘metagenome’ OR ‘metagenomic’、‘transcriptome’ OR ‘transcriptomics’、‘proteome’ OR ‘proteomics’和‘engineering and pharmaceuticals’ OR ‘engineering and medicine’ OR ‘engineering and drugs’为主题词分别检索出 14 572、18 997、20 648 和 24 989 篇文章。通过对 2009–2018 年的中国博硕士学位论文全文数据库和 Web of Science 的热点关键词进行对比, 以便客观真实地揭示近十年国内外微生物学研究现状。

2 结果与分析

2.1 1999–2018 年微生物学相关方向研究生学位论文数据分析

文献数量的变化是衡量科研活动及成果的重要指标。本文共检索出 237 562 篇研究生学位论文。自 1999 年来, 各高校微生物学相关的硕士学位论文数量大致呈现逐年增加的趋势。

从图 1 可以看出, 1999 年, 相关研究成果仅为 1 294 篇, 约占检索论文总量 0.54%; 2001 年以后, 微生物学相关的硕士学位论文发文量突破 2 000 篇, 呈现出快速递增的态势; 2017 年的论文量达到了 20 366 篇, 基本反映了我国微生物学研究的发展速度。2000 年之后, 分子生物学技术在微生物学研究中的广泛应用大大加速了微生物学研究的发展, 特别是近年来高通量测序技术的快速发展为环境微生物的充分研究提供了技术手段。另外, 国家十分重视微生物在国民经济发展和人民群众健康事业中的重要作用, 对人体基因组、肠道微生物组和环境微生物组, 以及微生物技术在医药健康、工农业和生态环保等领域的应用都投入了大量的人力、物力、财力, 为微生物学相关研究的发展提供了重要保障。

2.2 1999–2018 年微生物学相关方向中国研究生发文机构分布情况

科研机构作为知识创新和技术创新的微观组织, 既是我国科技创新活动的重要主体, 也是我国科技创新政策首要调节对象。研究机构不仅可以反映科研实力和学术方向, 还可以反映当前的研究热点。本研究的统计分析表明(表 1), 在 808 个机构中有 14 个机构的论文量超过了 2 845 篇, 累积论文量达 60 588 篇, 表现出明显的集中与分散规律, 即仅占 1.73% 的 14 个研究机构发表了 25.50% 微生物相关的研究生论文, 表现出堆加效应; 而 74.50% 的论文由其余 794 个机构发表, 表现出离散现象。其中以浙江大学的发文量最多, 达 7 068 篇, 占 2.98%。从机构类型来看, 在 14 个机构中有 7 个机构是

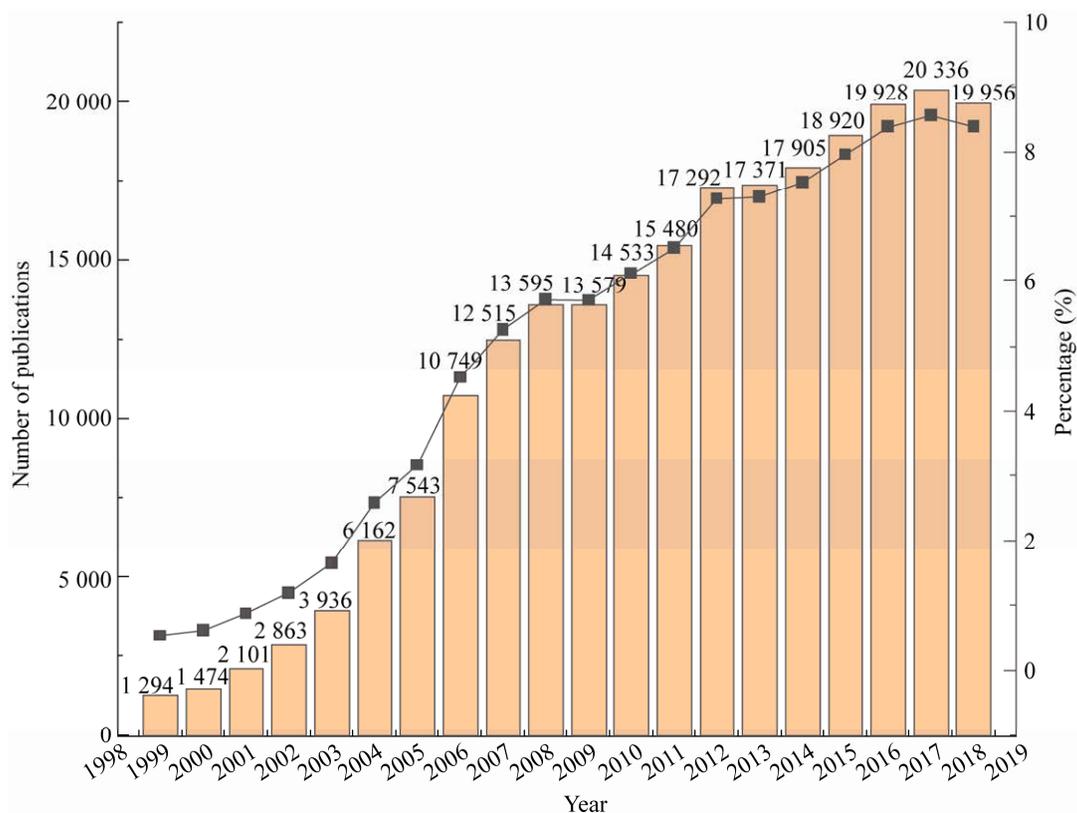


图 1 1999–2018 年我国微生物学相关研究生论文发文量变化趋势

Figure 1 The number of microbiology related graduate dissertation published from 1999 to 2018 in China.

表 1 1999–2018 年我国微生物学相关研究生论文产出机构分布(排名前 14)**Table 1 Affiliations of microbiology-related graduate dissertation (top 14) in 1999–2018 of China**

研究生毕 业论文数 量排名 Rank	名称 Institute	论文数量 (篇) Number of publications	发文 百分比 Percentage (%)
1	浙江大学 Zhejiang University	7 068	2.98
2	中国科学院大学 University of Chinese Academy of Sciences	6 668	2.81
3	南京农业大学 Nanjing Agricultural University	5 954	2.51
4	山东大学 Shandong University	5 249	2.21
5	华中农业大学 Huazhong Agricultural University	4 691	1.97
6	西北农林科技大学 Northwest A&F University	4 414	1.86
7	吉林大学 Jilin University	4 406	1.85
8	华中科技大学 Huazhong University of Science and Technology	3 532	1.49
9	重庆医科大学 Chongqing Medical University	3 458	1.46
10	山东农业大学 Shandong Agricultural University	3 315	1.40
11	南方医科大学 Southern Medical University	3 075	1.29
12	中国农业科学院 Chinese Academy of Agricultural Sciences	3 062	1.29
13	四川农业大学 Sichuan Agricultural University	2 851	1.20
14	华南农业大学 South China Agricultural University	2 845	1.20

农业类院校,而且累积发文量达到了 27 132 篇,表明国内对农业微生物研究的重视,特别是当前倡导的绿色农业理念,加大了研究者对微生物应用前景的信心^[9]。综合类院校的总发文量达 26 923 篇,其中比较突出的是浙江大学和中国科学院大学,对基础微生物学及其他方向都有较大的贡献。医学院校的总发文量达 6 533 篇,比较突出的是重庆医科大学和南方医科大学。该结果只是统计了收录论文的数量,未评价论文质量,因此只能在一定程度上反映学科水平。

2.3 1999–2018 年微生物学相关方向研究生论文在不同时期的高频关键词

为得到研究生论文在微生物领域研究热点的演变过程,将 1999–2018 年发表的论文划分为 2 个时间段:1999–2008 年和 2009–2018 年。针对不同时间段进行关键词共现分析,构建网络图谱。1999–2008 年共现频率(频率 \geq 646)排名前十的关键词是基因治疗、基因克隆、基因表达、细胞凋亡、乙型肝炎病毒、原核表达、分离纯化、克隆、单克隆抗体和大肠杆菌(图 2A)。图 2A 中微生物相关研究共聚为 5 类,第一类在图 2A 中表现为绿色,由 632 个关键词聚类形成,主要是与环境相关的微生物研究,包括土壤相关的微生物(如丛枝菌根真菌、丝状真菌、假单胞菌、光合细菌、反硝化细菌、氨氧化菌和嗜热菌等一些与环境相互作用的微生物)和一些制药废水、印染废水、有机废水、水体富营养化和城市污水处理等水处理相关工艺及微生物(如人工湿地、SBR 工艺、微生物絮凝剂和微生物降解等)。第二类在图 2A 中表现为红色,由 447 个关键词聚类形成,主要是一些人类疾病相关的微生物研究,主要包括糖尿病、肝炎、呼吸道感染和肺炎等炎症引起的一些疾病相关临床的治疗和分析。第三类在图 2A 中表现为深蓝色,由 388 个关键词聚类形成,包

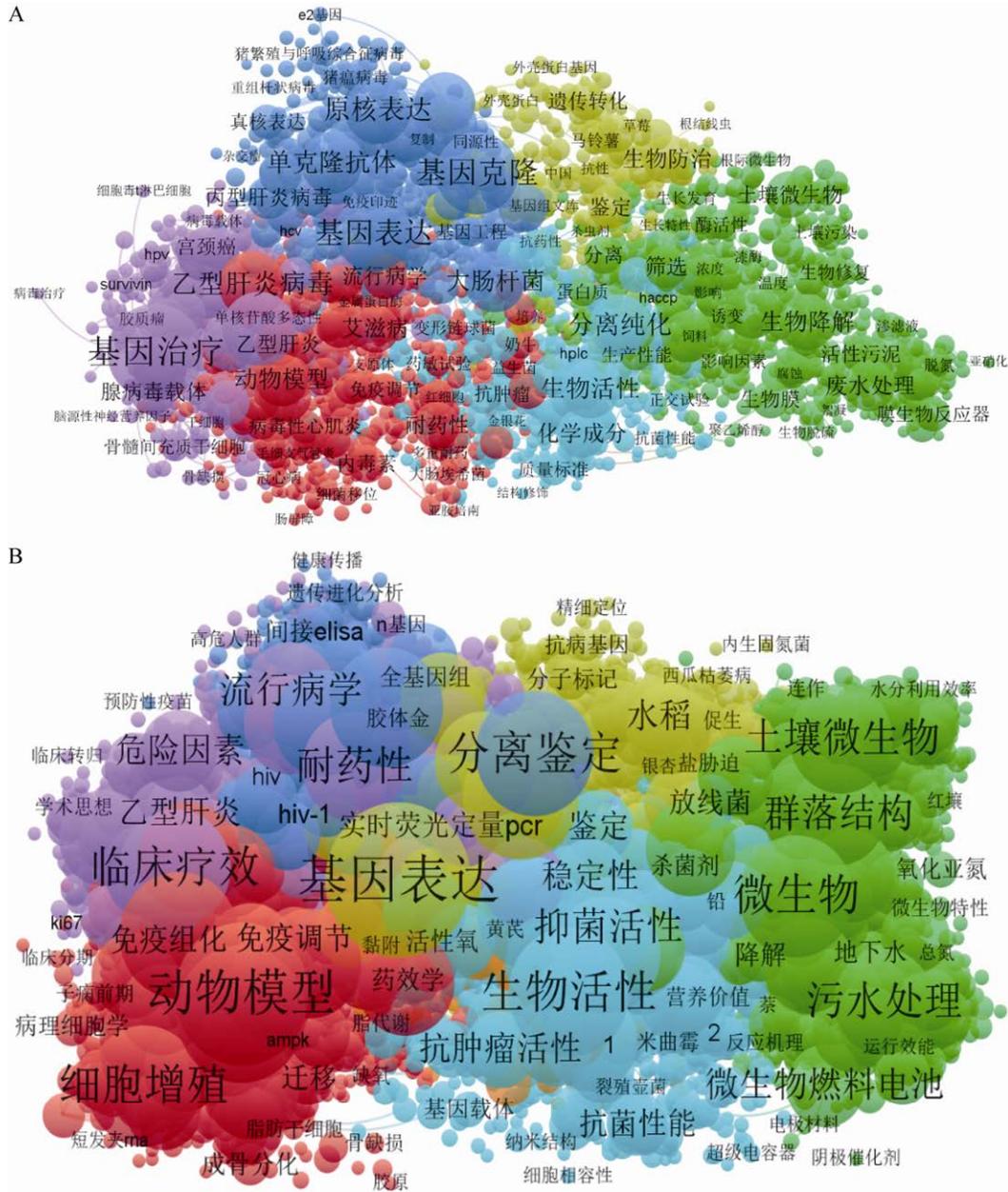


图2 不同时期微生物学研究领域研究生论文的关键词共现网络图谱 A: 1999–2008年; B: 2009–2018年。在关键词共现图谱中, 每一个圆形代表一个关键词, 相同颜色的圆形形成一个聚类。不同颜色代表不同研究领域, 其中, 绿色: 生态环境学; 红色: 炎症性疾病; 深蓝色: 传染病; 浅蓝色: 中药及其活性成分; 紫色: 肿瘤学; 黄色: 农业微生物; 橙色: 动物医学

Figure 2 Keywords co-occurrence network atlas of postgraduate papers in the field of microbiology in different periods. A: 1999–2008; B: 2009–2018. In the keyword co-occurrence atlas, each circle represents a key word, and circles with the same color form a cluster, and different research fields are represented in different colors. Green: Environmental Science and Ecology; Red: Diseases caused by inflammation; Blue: Infectious diseases; Light blue: Traditional Chinese medicine and active components; Purple: Oncology; Yellow: Agricultural microbiology; Orange: Veterinary Medicine.

括一些传染病的病毒如非典型肺炎病毒(severe acute respiratory syndrome coronavirus, 简称 SARS 病毒)、冠状病毒、人免疫缺陷病毒、猪瘟病毒、狂犬病毒和禽流感等流行病相关的研究, 伴随的研究是病毒的快速检测和鉴定, 以及基因序列分析和疫苗的研制。第四类在图 2A 中表现为浅蓝色, 由 388 个关键词聚类形成, 主要是中药的活性成分研究及其抗炎、抗菌、抗病毒、抗肿瘤活性和抗氧化作用, 包括一些植物的内生菌及其次级代谢产物。第五类在图 2A 中表现为紫色, 由 275 个关键词聚类形成, 包括一些肿瘤和癌症的致病机理和治疗手段的研究。第六类在图中表现为黄色, 由 201 个关键词聚类形成, 主要是与农业相关的微生物, 如一些促进作物生长的内生菌和抑制植物生长的病原菌, 此外还包括一些转基因作物的研究用于提高作物的抗胁迫性。图 2B 中 2009–2018 年微生物研究领域共现频率排名前十 (频率 ≥ 1450) 的关键词分别是基因表达、动物模型、细胞凋亡、生物活性、发病机制、分离鉴定、基因克隆、微生物、细胞增殖和原核表达。图 2B 中微生物相关研究共聚为 7 类, 新增的一类在图 2B 中为橙色, 由 137 个关键词聚类形成, 主要包括一些动物相关的研究, 属于动物医学研究的范畴, 如反刍动物、饲料品质和动物相关的组织病理、瘤胃发酵和生长性能等。与前 10 年相比, 2009–2018 年关键词网络更加密集, 高频词的节点明显增多, 不同研究热点间形成较多交叉。在 2009–2018 年期间有 3 218 个新兴关键词出现, 主要包括转录组学(127)、蛋白组学(117)、基因组学(114)、宏基因组学(95)和全基因组测序(89)。这种变化与近十年来分子生物学技术在微生物研究中的应用有关, 反映了人们对物种生物学特征和进化历程研究的不断深入, 研究策略也由单一组学测序逐渐延伸为基因组、转

录组、代谢组和表观遗传组的多组学分析^[10]。

2.4 2009–2018 年研究生论文和 Web of Science 中微生物方向高频关键词对比分析

进一步分析当前研究生选题与国际研究的异同点, 发现 Web of Sciences 数据库中微生物研究领域共现频率(频率 ≥ 216)排名前十的关键词是“microbiology” “infectious diseases” “immunology” “bacteria” “diversity” “evolution” “archaea” “identification” “cell biology”和“infection” (图 3)。图 3 网络图谱中微生物相关研究共聚为 10 类, 第一类为红色, 由 436 个关键词聚类形成, 主要是生物化学和分子生物学相关的研究, 包括 DNA、基因和微生物系统发育和进化。第二类为紫色, 由 419 个关键词聚类形成, 主要是传染病学相关的研究, 包括各种致病性的病原体(如衣原体和支原体)及流行性传染病的疫苗研制。第三类为绿色, 由 381 个关键词聚类形成, 主要是生态环境学相关的研究, 包括藻类、原生生物、海洋细菌、根际微生物和土壤微生物等。第四类为黄色, 由 215 个关键词聚类形成, 主要是农业相关的研究, 包括根际促生菌、作物的内生菌和生物防治相关的微生物等。第五类为蓝绿色, 由 136 个关键词聚类形成, 主要是微生物相关的研究方法, 以及与其他聚类联系比较密切的微生物类群如: 产甲烷菌、硝化细菌和反硝化细菌等 C、N 相关的微生物等。第六类为蓝色, 由 22 个关键词聚类形成, 主要是一些 DNA 病毒如巨型病毒。其余 4 个类别分别为微生物分离鉴定、血液病、噬菌体和酵母菌的研究。由此可以看出, 国际微生物研究的热点领域主要集中于生物化学和分子生物学、传染病学和生态环境学相关的微生物研究。基础微生物学和分子生物学通常更重视理论研究, 对遗传学、生物化学等的知识背景要求更高, 是微生物其他研究方向的重要

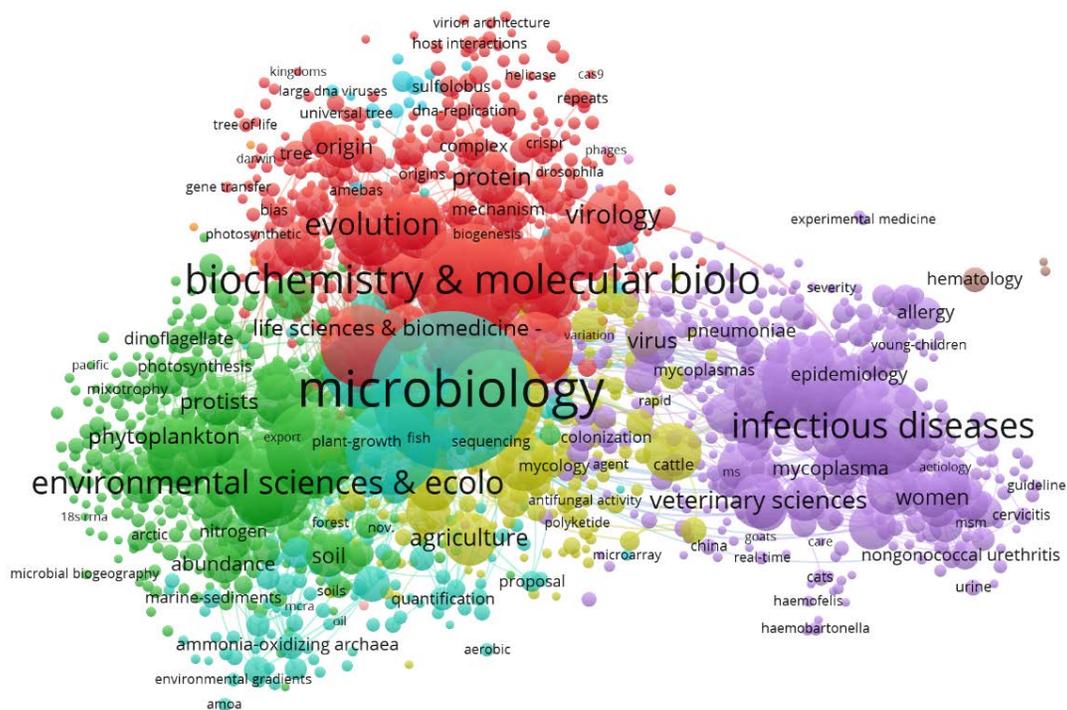


图3 2009–2018年微生物学研究领域 Web of Science 的关键词共现网络图谱 不同颜色代表不同研究领域，红色：生物化学和分子生物学；紫色：传染病学；绿色：生态环境学；黄色：农业；蓝绿色：生物地球化学；蓝色：DNA病毒和巨型病毒；棕色：血液学

Figure 3 Keywords co-occurrence network atlas of Web of Science in microbiology from 2009 to 2018. Different research fields are represented in different colors. Red: Biochemistry and Molecular Biology; Purple: Infectious Diseases; Green: Environmental Science and Ecology; Yellow: Agriculture; Blue-green: Biogeochemistry; Blue: DNA virus and giant virus; Brown: Hematology.

基础。然而病原微生物的研究通常会关系到国计民生。近年来，强致病性微生物引发的烈性传染病在全球范围内逐步扩散，引起了研究者的高度重视^[11]。微生物不仅会使人类生病，而且会使其他动植物生病，甚至是一些无生命的有机、无机物也会遭到微生物侵害^[12]。人、动物和环境之间不可否认的联系使得“同一健康”(one health)的概念被不同行业的专家接受。微生物作为 one health 的核心，日益受到关注。

同阶段研究生论文涉及的微生物研究领域主要包括人体医学、兽医、环境微生物及以土壤微生物为代表的农业微生物(图 2B)。对比图 2B 和图 3 可以看出,我国的研究生论文热点

在环境微生物、医学微生物和农业微生物方向与国际上的研究热点具有一致性，反映了国际上微生物学相关的研究对我国研究生论文具有一定的引领性。相较于国际上对基础微生物学和分子生物学相关的研究，我国研究生论文较少，表明国际上在这两个研究领域中具有一定的领先性。我们国家微生物的研究水平在逐年提升，但一些更深层次和更高水平的研究相对还比较落后。

2.5 2009–2018 年研究生论文和 Web of Science 中微生物学新兴领域的成果对比分析

工程与药物、宏基因组、转录组和蛋白质组学是当前微生物研究备受关注的领域。在

Web of Science 数据库中, 4 个新兴领域中工程与药物主题的文章占比最高(1.46%), 其次为蛋白质组(1.20%)、转录组(1.11%)和宏基因组(0.85%) (图 4)。然而博硕士学位论文数据库中占比最高的是转录组(1.68%), 其他 3 个领域都小于 1%。以上数据表明, 我国研究生论文在新兴领域的选题能够跟随国际上的研究热点, 但考虑到研究生论文在国际正式刊物的发表比例, 如陆一涵等对全日制公共卫生硕士研究生学位论文情况做了调查, 发现以第一作者身份发表在 SCI 中的文章占比为 10.2%^[13], 因此, 国内研究生整体上在微生物新兴领域的贡献还是很低, 特别是蛋白组和工程与药物方面的研究仍需要加强。

3 结论与展望

通过对 1999–2018 年微生物相关研究论文发文量进行统计, 发现微生物的研究在稳步开

展, 微生物学相关的研究生论文总体呈现增长趋势, 这一方面归因于微生物研究方法和技术的发展, 另外也与国家和政府对微生物学相关研究更加重视有关。

从研究机构来看, 开展微生物学相关研究的机构不断发展壮大, 研究生论文来源最多的机构是高等院校和中国科学院系统。全国范围内开展微生物学研究的科研机构发文量分布不均匀, 表现出明显的集中与分散规律。浙江大学和中国科学院大学为代表的科研机构是微生物学相关研究生主要培养单位, 在微生物学研究方面比较活跃并且具有较强的实力。然而由于研究生毕业论文的数量会受到培养单位招生人数及数据库选择的影响, 研究生毕业论文的数量并不能作为机构科研实力评判的唯一依据, 若要准确探讨科研机构的实力还需考虑更多的因素。

从研究领域来看, 有关医药卫生和环境微生物的研究论文较多。医学微生物学是人类在

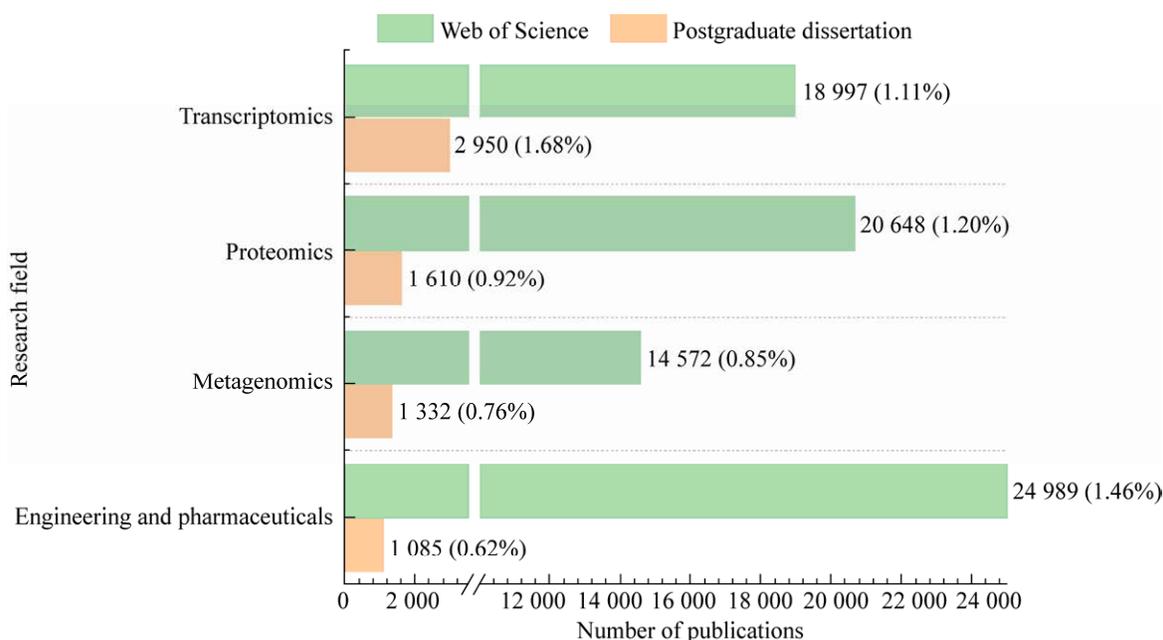


图 4 2009–2018 年微生物学相关文献在中国博硕士学位论文全文数据库和 Web of Science 的成果对比图
Figure 4 Comparison of the proportion of microbiology-related literature in China Doctoral Dissertation and Master's Theses Full-text Database and Web of Science from 2009 to 2018.

长期对传染性疾病的病原性的认识和疾病防治过程中总结出来的关系国民健康的重要学科, 当前对生物安全的认识已经上升至国家安全的高度。环境微生物作为最具发展和应用前景的生物学环保新技术, 目前人们在微生物材料、降解途径及修复技术研发等方面取得了一定的研究进展, 其快速发展与当前高通量测序技术的快速发展和国内外对微生物组学的广泛关注息息相关^[14]。

近年来快速发展的新兴领域如宏基因组、蛋白质组学和工程与药物等在研究生论文的选题中仍需加强。为了今后更快更好地发展, 应综合多个领域的学术思想、研究方法和技术手段来完善微生物相关研究技术方法, 突破传统微生物学科的壁垒, 更好地解决科学问题^[15]。研究生是高校科研力量的重要组成部分, 重视研究生论文的选题和质量提升工作, 对提高研究生的培养质量和提升培养单位的学术水平具有重要意义。

REFERENCES

- [1] 刘信洪, 杨德惠, 吴贤奇. 基于 ESI 的华南农业大学研究生科研贡献研究[J]. 情报探索, 2017(3): 54-56
Liu XH, Yang DH, Wu XQ. ESI-based study on scientific research contribution of graduate students of South China agricultural university[J]. Information Research, 2017(3): 54-56 (in Chinese)
- [2] 岳昌君, 吕媛. 硕士研究生创新精神特征及影响因素分析[J]. 复旦教育论坛, 2015, 13(6): 20-25, 112
Yue CJ, Lü Y. An empirical study on innovation spirit of graduate students[J]. Fudan Education Forum, 2015, 13(6): 20-25, 112 (in Chinese)
- [3] 俞婉琦. 研究生学位论文质量评价指标体系研究[D]. 杭州: 浙江大学硕士学位论文, 2017
Yu WQ. Study on quality evaluation indicators system on graduate degree thesis[D]. Hangzhou: Master's Thesis of Zhejiang University, 2017 (in Chinese)
- [4] 李均, 李科浪, 蒋铁汉. 2001-2008 年高等教育学硕士学位论文选题分析——以 45 个高教硕士点的 1980 篇论文为样本[J]. 江苏高教, 2010(1): 25-28
Li J, Li KL, Jiang TH. Analysis on the topic selection of Master's Degree theses in higher education from 2001 to 2008—a sample of 1980 theses from 45 Master's Degree theses in higher education[J]. Jiangsu Higher Education, 2010(1): 25-28 (in Chinese)
- [5] 刘润进, 陈玉珍, 宋希云. 关于研究生学位论文选题的几点思考[J]. 学位与研究生教育, 2007(4): 28-31
Liu RJ, Chen YZ, Song XY. Some thoughts on the topic selection of postgraduate dissertations[J]. Academic Degrees & Graduate Education, 2007(4): 28-31 (in Chinese)
- [6] 朱永官, 沈仁芳, 贺纪正, 王艳芬, 韩兴国, 贾仲君. 中国土壤微生物组: 进展与展望[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(6): 554-565, 542
Zhu YG, Shen RF, He JZ, Wang YF, Han XG, Jia ZJ. China soil microbiome initiative: progress and perspective[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(6): 554-565, 542 (in Chinese)
- [7] 刘炜伟, 吴冰, 向梅春, 刘杏忠. 从微生物组到合成功能菌群[J]. 微生物学通报, 2017, 44(4): 881-889
Liu WW, Wu B, Xiang MC, Liu XZ. From microbiome to synthetic microbial community[J]. Microbiology China, 2017, 44(4): 881-889 (in Chinese)
- [8] 杜全生, 邹龙, 刘小莉. 国家自然科学基金微生物学科会议评审前网络投票的实践与思考[J]. 中国科学基金, 2018, 32(6): 606-611
Du QS, Zou L, Liu XL. Thoughts on web voting ahead of review meeting in the microbiology discipline in NSFC[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2018, 32(6): 606-611 (in Chinese)
- [9] 张俊伶, 张江周, 申建波, 田静, 金可默, 张福锁. 土壤健康与农业绿色发展: 机遇与对策[J]. 土壤学报, 2020, 57(4): 783-796
Zhang JL, Zhang JZ, Shen JB, Tian J, Jin KM, Zhang FS. Soil health and agriculture green development: opportunities and challenges[J]. Acta Pedologica Sinica, 2020, 57(4): 783-796 (in Chinese)
- [10] 许亚昆, 马越, 胡小茜, 王军. 基于三代测序技术的微生物组学研究进展[J]. 生物多样性, 2019, 27(5): 534-542
Xu YK, Ma Y, Hu XQ, Wang J. Analysis of prospective microbiology research using third-generation sequencing technology[J]. Biodiversity Science, 2019, 27(5): 534-542 (in Chinese)
- [11] 李林雨. 微生物检验结果分析及管理系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学硕士学位论文, 2012
Li LY. The design and implementation of the microbiological test results analysis and management

- system[D]. Chengdu: Master's Thesis of University of Electronic Science and Technology of China, 2012 (in Chinese)
- [12] 陈洁君. 高等级病原微生物实验室建设科技进展[J]. 生物安全学报, 2018, 27(2): 80-87
Chen JJ. Progress in the construction of the high-grade pathogenic microbiology laboratory[J]. Journal of Biosafety, 2018, 27(2): 80-87 (in Chinese)
- [13] 陆一涵, 葛慧, 何更生, 何纳. 全日制公共卫生硕士研究生学术论文发表情况[J]. 上海预防医学, 2021, 33(11): 1100-1103
Lu YH, Ge H, He GS, He N. Academic publications of full-time master of public health program students[J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2021, 33(11): 1100-1103 (in Chinese)
- [14] 李莹, 吴兴杰, 贺治斌, 贝水宽, 马可, 彭静静. 宏转录组学在环境微生物生态学中的应用[J]. 中国环境科学, 2021, 41(9): 4341-4348
Li Y, Wu XJ, He ZB, Bei SK, Ma K, Peng JJ. Application of metatranscriptomics in environmental microbial ecology[J]. China Environmental Science, 2021, 41(9): 4341-4348 (in Chinese)
- [15] 李强, 李为民, 山红艳, 肖桂青, 温明章, 杜全生. 2016 年度国家自然科学基金微生物学学科项目申请与资助概况分析[J]. 微生物学报, 2017, 57(1): 1-7
Li Q, Li WM, Shan HY, Xiao GQ, Wen MZ, Du QS. Analysis of proposals received and funded in discipline of microbiology of the National Natural Science Foundation of China in 2016[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2017, 57(1): 1-7 (in Chinese)