

DOI:10.11937/bfyy.201710043

基于 Web of Science 的土壤微生物研究文献 国际发展态势分析

李 通^{1,2}, 马雪婷³, 李春杰^{2,4}, 阚玉贺^{1,2}, 魏玉莲¹

(1. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 山东农业大学 园艺科学与工程学院, 山东 泰安 271000; 4. 中国科学院 文献情报中心, 北京 100190)

摘 要:在文献调研、专家咨询和文献计量分析的基础上,对国际土壤微生物研究的发展历程进行了回顾,利用文献计量学方法分析了土壤微生物学研究的主要国家和机构状况,分析了近年来相关研究的学科分布以及热点主题内容,分析了国际土壤微生物研究的发展态势和挑战。结果表明:国际土壤微生物研究的学科分布主要集中在土壤科学、环境科学,而且土壤科学、环境科学、生态学、微生物学、农学生物技术应用微生物学的文献数量达到文献总量 75.04%,表明这几个学科领域是土壤微生物研究的前沿热点;热点主题主要集中在土壤微生物多样性、生物量、有机质、土壤碳等方面,总结了这些领域的发展趋势和重点研究方向,并根据分析结果,对我国土壤微生物学领域采取的措施、今后发展的方向提出了建议。

关键词:土壤微生物;文献计量学;研究进展

中图分类号:S 154.39 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0198-10

土壤是人类赖以生存与发展的基础,是地球系统大气圈、水圈、岩石圈及生物圈相互作用最复杂、最活跃的交界面。土壤中的微生物数量巨大、种类繁多,是联系不同圈层物质与能量交换的重要纽带,被称为地球关键元素生物地球化学循环过程的引擎。

土壤微生物在土壤中度过其全部或部分的生命历程,并在土壤内部各种过程中发挥着重要作用。土壤微生物参与次生矿物的形成,以及 Fe、Mn、Cu、S 等元素的生物地球化学转化过程^[1],土壤中各种来源和形态的有机质也都必须经过微生物的分解矿化过程才能重新进入土壤生物地球化学循环。大气温室气体的动态变化与土壤生物紧密相关。据估计,仅湿地和水稻田产甲烷菌引起的 CH₄ 排放约占全球总排放量的 1/3^[2],而农田施肥相关过程所排放的

N₂O 约占全球年排放总量的 75%^[3]。微生物在污染物的迁移转化过程中起着关键作用。土壤中有些微生物携带一些功能基因(如双加氧酶基因等),其表达的蛋白是降解有机污染物的关键酶。有些微生物在长期进化过程中形成了以有机污染物为唯一碳源的生理代谢特点,通过降解污染物获得能量进行生长繁殖^[4-5]。还有一些微生物通过共代谢(或共氧化)的方式降解有机污染物^[6]。微生物也可以控制重金属的氧化还原及其相应的形态转化,如 Hg 和 As 的甲基化^[7]。

在科技发展日新月异的新形势下,系统梳理土壤微生物学研究,有利于强化土壤微生物的知识积累与理论创新能力,充分理解其在土壤肥力形成和培育、污染土壤修复和全球环境变化中扮演着重要角色,从而为农业生产实践、全球环境变化和生态环境安全等国家战略需求提供新思路。

1 土壤微生物领域研究动态分析

该研究文献信息来自于美国汤森路透的科学引文索引(Science Citation Index Expanded)数据库。期刊来源为美国《期刊引证报告》(Journal Citation Reports)的期刊分类中“土壤学”“生态学”“微生物

第一作者简介:李通(1992-),男,硕士研究生,研究方向为生物多样性。E-mail:sdaulitong@163.com.

责任作者:魏玉莲(1975-),女,博士,副研究员,现主要从事森林生物多样性等研究工作。E-mail:weiyulian@iae.ac.cn.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31370514)。

收稿日期:2016-12-23

学”中包括的多种期刊;主题词="soil microbe * " OR "soil microorganism * ";文献类型=(ARTICLE OR PROCEEDINGS PAPER OR REVIEW);数据库更新时间为 2016 年 5 月 20 日。得到 1900—2016 年发表的土壤微生物相关论文 5 185 篇。

主要运用文献计量学方法对土壤微生物的发展趋势及相关技术专利进行分析。分析过程利用 Mind Manager 进行需求分析,相关文献用 Endnote 和 Histcite 进行管理和初步分析,借助 Citespace 和 VOS viewer 进行分析结果的可视化。通过对获取到

的大量具有较高学术水平的科研文献、学科相关专利进行定量分析,从宏观上了解土壤微生物学研究的国际发展态势,纵览当前土壤微生物学科学研究进展。

1.1 土壤微生物研究的年度总体发展趋势

对 1900—2016 年的土壤微生物研究相关文献进行检索(数据库更新日期为 2016 年 5 月 25 日,由于数据库收录的滞后性,2016 年的数据未完全收录,仅供参考),土壤微生物相关文献数量呈现持续上升趋势,表明土壤微生物的研究越来越得到重视(图 1)。

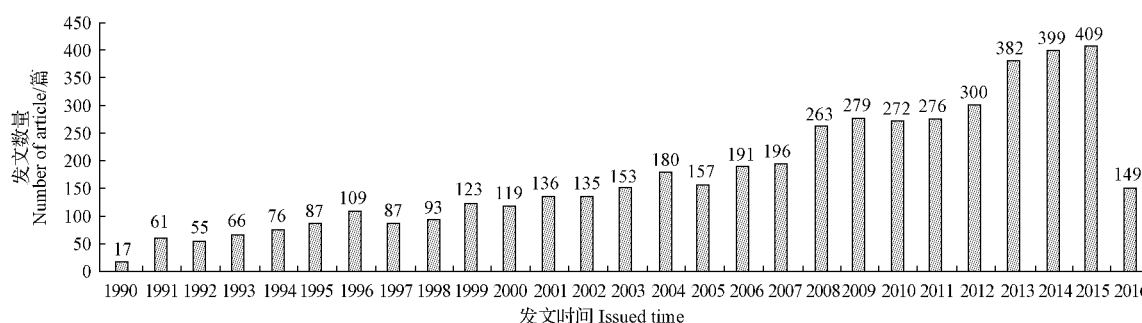


图 1 1990 年以来 Web of Science 核心合集数据库中土壤微生物研究论文的数量变化

Fig. 1 Quantitative changes in soil microbial research papers in the database of Web of Science since 1990

1.2 土壤微生物研究的国家分布分析

由表 1 可知,国际上在土壤微生物领域总发文数量前 15 位的国家是:美国、中国、德国、加拿大、英国、日本、法国、澳大利亚、印度、西班牙、俄罗斯、瑞典、波兰、巴西和荷兰。其中,美国参与发表的论文为 1 266 篇,占总发文数量的 24.360%,在发文数量

方面占绝对优势。中国和美国土壤微生物研究的全部文献数量分别为 668、1 266 篇,而 2011—2016 年数量分别为 421、411 篇,表明中国近 6 年才逐渐开始对土壤微生物进行研究,且研究成果十分显著,近 6 年的发文数量已经赶超美国。德国、英国和加拿大分别排在第 3、4 和 5 位(表 1)。

表 1 Web of Science 核心合集数据库中土壤微生物发文数量前 15 位的国家(按发文数量排序)

Table 1 Web of Science core collection of soil microbial data in the database of the top 15 countries (by volumes)

序号 Serial number	国家/地区 Country/Region	发文数量 Issued volume	所占比例 The proportion/%	总被引次数 Total number of citations	本数据库被引次数 The number of cited citations in this database	篇均被引次数 Cited times of articles
1	美国	1 266	24.360	37 769	2 318	29.83
2	中国	668	12.854	5 128	449	7.68
3	德国	531	10.217	10 788	856	20.32
4	加拿大	289	5.561	5 509	387	19.06
5	英国	244	4.695	8 715	685	35.72
6	日本	241	4.637	2 749	185	11.41
7	法国	238	4.580	5 194	236	21.82
8	澳大利亚	226	4.349	4 332	322	19.17
9	印度	188	3.617	1 702	114	9.05
10	西班牙	179	3.444	2 792	178	15.60
11	俄罗斯	154	2.963	976	78	6.34
12	瑞典	144	2.771	3 471	332	24.10
13	波兰	138	2.655	856	69	6.20
14	巴西	135	2.598	953	75	7.06
15	荷兰	128	2.463	3 501	185	27.35
	平均	317.93	6.12	6 295.67	431.27	17.38

在发文数量前 15 位的国家中,美国和德国的论文总被引频次较高,其中美国的论文总被引频次达到 37 769 次;英国、美国、荷兰、瑞典、法国和德国的篇均被引频次较高,篇均被引均大于 20 次。

中国的土壤微生物研究论文总发文数量排在第 2 位,在国际上具有一定研究地位,但与排名第 1 位的美国差距很大,在被引次数上也弱于德国、英国等,说明我国在土壤微生物领域相关研究中仍有较大的进步空间。

图 2 也充分反映发文前几位的国家在该文献集及在 WOS 中的被引用次数,虽然中国发文数量较其他国家占有优势,但其被引用的次数较美国、德国、澳大利亚、法国等发文国家有较大差距,说明虽然文章数量较多,但核心文章地位较少,业界影响力有待提高,国际地位也有待提升。

随着大科学时代的到来,科研领域的国际间合作成为大势所趋。图 3 反映的是近 10 年土壤微生物研究主要国家的发文合作情况。其中,美国、德国、英国、法国和澳大利亚中心度大于 0.1,节点中心度高,国家之间合作相对较高。中国尽管发文数量较多,合作频次高,但中心性低,几乎为零,表明与其他国家的合作强度不高,不过合作也是近些年来有明显的发展,先期来自与德国、日本合作,近年来与北美国家合作强度有所提高。

1.3 土壤微生物研究的机构分布分析

表 2 列出了 Web of Science 核心合集数据库中土壤微生物研究论文发文数量较多的 15 个机构。在这些发文数量较多的机构中,科罗拉多州立大学、美国农业部农业研究组织、法国农业科学研究所、中国科学院、明尼苏达大学和哥本哈根大学的总被引频次较高,均超过了 1 500 次;科罗拉多州立大学、明尼苏达大学、哥本哈根大学和密歇根州立大学的篇均被引频次较高,这些机构发表的论文篇均被引均超过 30 次。中国科学院在土壤微生物领域的发文数量和总被引频次均居首位,但篇均被引次数远低于平均水平。

图 4、5、6 反映的是近 10 年土壤微生物领域发文数量前 50 位的主要研究机构基于耦合分析、共合作的发文合作情况,可以明显看出中国科学院在合作机构中具有重要的中心地位。

1.4 土壤微生物研究的学科分布分析

由图 7 可以看出,土壤微生物研究重点涉及土壤科学、环境科学、生态学、植物学、微生物学、农学生物技术应用微生物学、农业综合学等主题领域。

表 2 土壤微生物研究论文发文数量
位居前 15 位的机构及其论文被引情况
(按发文数量排序)

Table 2 Soil microbial research papers issued by
the top 15 institutions and their papers cited by the situation
(sorted by the amount of issued articles)

序号 Serial number	机构 Faculty	发文数量 The amount of issued article/ 篇	总被引次数 Total number of citations/ 篇	篇均被引次数 Cited times of articles/ 次
1	中国科学院	243	1 937	7.97
2	俄罗斯科学院	78	607	7.78
3	法国农业科学研究所	76	1 941	25.54
4	美国农业部农业研究组织	74	1 978	26.73
5	哥廷根大学	72	1 078	14.97
6	瑞典农业科学大学	68	1 391	20.46
7	浙江大学	61	913	14.97
8	霍恩海姆大学	59	1 451	24.59
9	哥本哈根大学	56	1 722	30.75
10	加州大学戴维斯分校	56	1 053	18.80
11	加拿大农业与农业食品部	56	749	13.38
12	西班牙最高科研理事会	53	899	16.96
13	明尼苏达大学	52	1 740	33.46
14	密歇根州立大学	51	1 543	30.25
15	科罗拉多州立大学	50	2 365	47.30
	平均	73.67	1 424.47	22.26

从学科主题的论文数量来看,土壤微生物研究中土壤科学领域的文献数量最高。而且土壤科学、环境科学、生态学、植物学、微生物学、农学生物技术应用微生物学的文献数量达到文献总量的 75.04%,表明这几个学科领域是土壤微生物研究的前沿热点。

从图 8 可以看出,环境科学、生态学、农业、微生物学、植物科学、毒理学中心度大于 0.1,节点中心性较高,而且可以明确判断土壤微生物学研究的交叉中心性主要体现在环境科学、毒理学、农业科学领域,生态学的中心性最高,虽然频次较低,但是与其它学科合作或者同时被研究的机会很大。虽然传统土壤学研究合作频次高,但中心性低,表明学科交叉的这种合作处于边缘地位,也主要来自于与环境科学领域。与目前土壤重金属污染、有机污染、土壤板结、酸化等重大环境问题表现一致,但如果获得更多的研究深度和广度,需要广大科研工作者去关注响应学科,并通过学科间的合作,获得新的交叉学科,从而为探索新的科研领域具有重要的战略意义。

1.5 土壤微生物研究的重要期刊分析

从图 9 可知,在收录土壤微生物研究的论文上,Soil Biology & Biochemistry、Plant and Soil 和 Applied Soil Ecology 论文数较高,表明这 3 种期刊与土壤微生物研究关系较为密切,土壤微生物研究的论文主要发表在这 3 种期刊上,是土壤微生物研究较

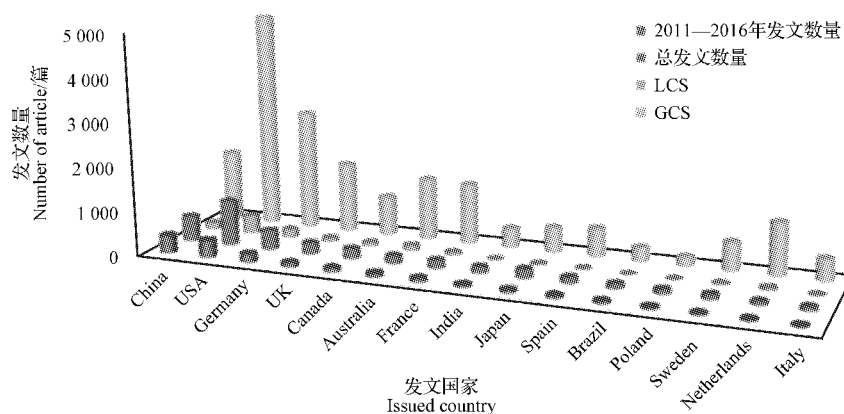


图2 土壤微生物领域各国发文数量及被引频次

Fig.2 Number of countries published in the field of soil microbes and cited frequency



图3 主要国家土壤微生物研究合作情况

Fig.3 Cooperation in soil microbiological research in major countries

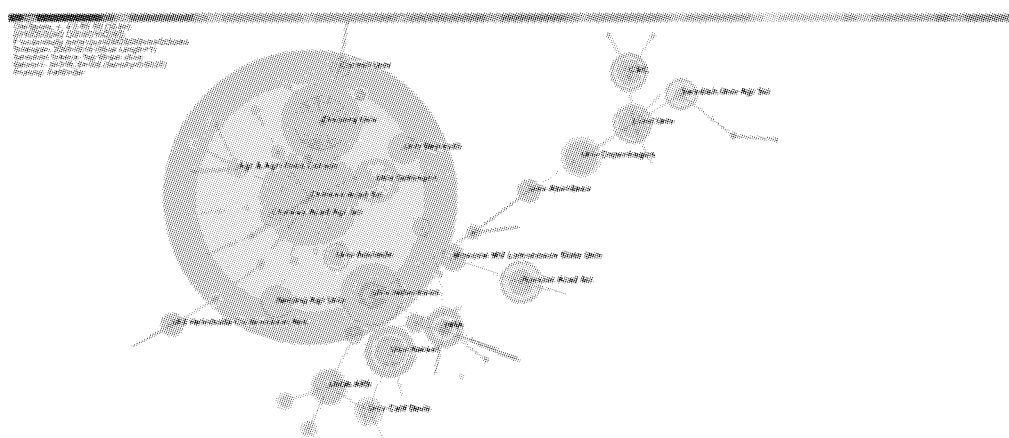


图4 主要机构土壤微生物研究合作情况

Fig.4 Cooperation of soil microbes in major institutions

为重要的期刊。相关科研领域和政府部分需要提高关注度,可能利于及时跟踪国际态势。

从影响因子的角度来看(图 10), Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America、Global Change Biology 和 Scientific Re-

ports 较高,但是这 3 种期刊在 2011—2016 年发表土壤微生物研究的论文数量分别只有 15、17、17(图 9),年均发表相关论文数量只有 1 左右,因此并不是土壤微生物研究领域较为重要的期刊。

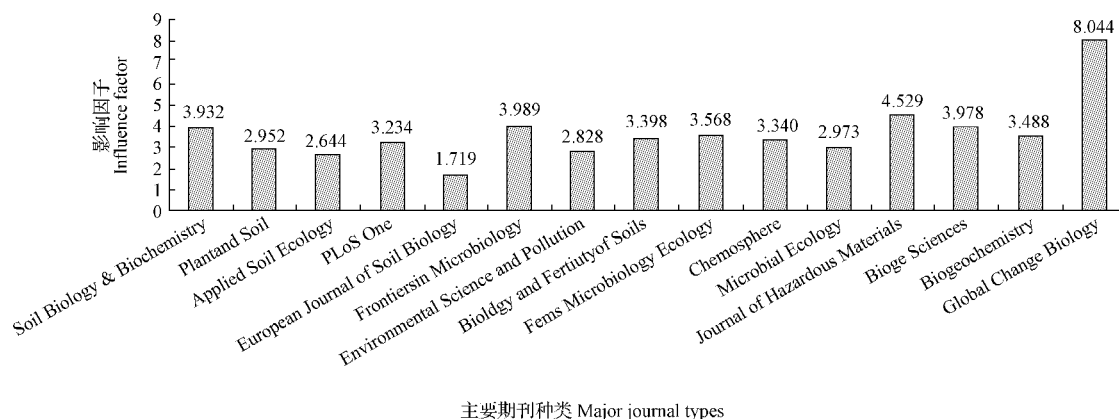


图 10 土壤微生物领域重要期刊影响因子
Fig. 10 Influential factors in the field of soil microbes

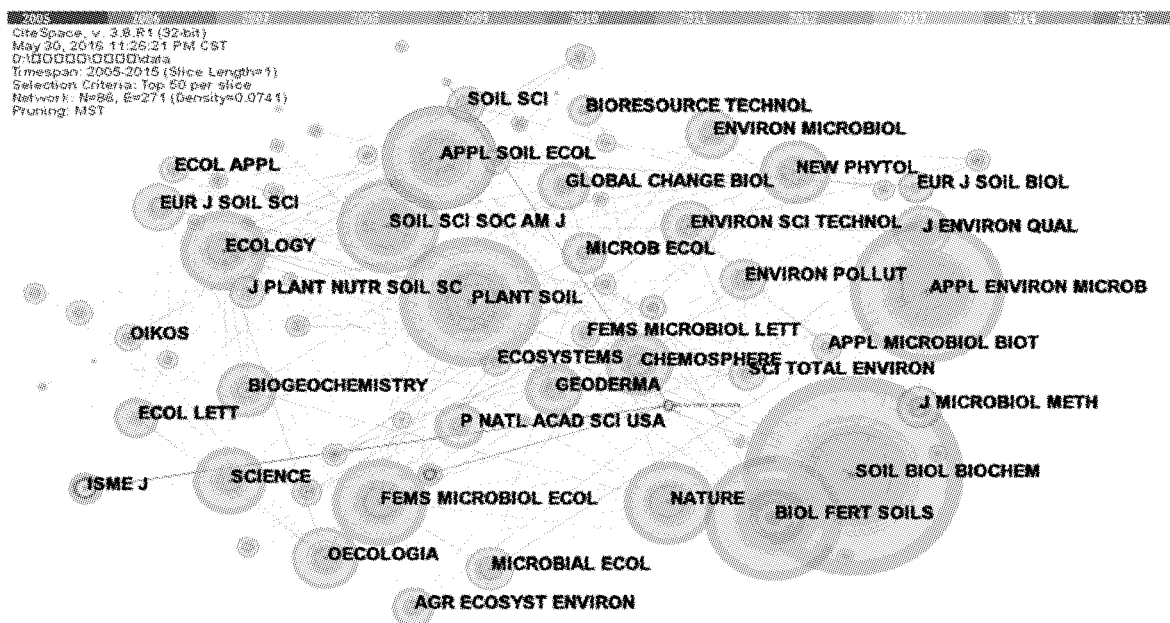


图 11 共被引期刊分析
Fig. 11 Co-cited journals analysis

图 12 也充分反映了土壤微生物学领域的相应期刊的密度分布,很显然,土壤生物学和生物化学在所有期刊中处于较为核心的地位,发文数量多,被引次数高,是重要期刊,值得科研人员和政府决策部门重点关注。此判断与图 9、10 得到的结论一致。

2 从文献计量看土壤微生物研究热点主题

从图 13 可知,近 10 年土壤微生物研究的高被引论文的关键词中,最热门的主要是 soil microorganism、diversity、biomass、organic matter、carbon、soil/microbial biomass 等。其中,有 15 个节点呈大
















Top 15 Keywords with Strongest Citation Bursts					
Keywords	Year	Strength	Begin	End	2005—2015
water	2005	2.603 8	2005	2006	
ergosterol	2005	3.217 2	2005	2007	
temperature	2005	3.892 5	2005	2006	
nitrses	2005	2.673 6	2006	2007	
soil microorganism	2005	2.919 9	2006	2008	
system	2005	3.256 7	2006	2007	
atp	2005	2.643 2	2006	2007	
insecticide	2005	2.71	2008	2009	
biological control	2005	4.018 1	2008	2011	
nitrogen concentration	2005	2.663 8	2009	2011	
compost	2005	2.523	2009	2012	
fertilizer	2005	2.785	2011	2013	
drought	2005	3.323 3	2011	2015	
phospholipid fatty acid	2005	2.878 3	2012	2015	
climate change	2005	3.612 5	2012	2015	

图 14 土壤微生物研究中的突现关键词

Fig. 14 Burst keywords in soil microbial research

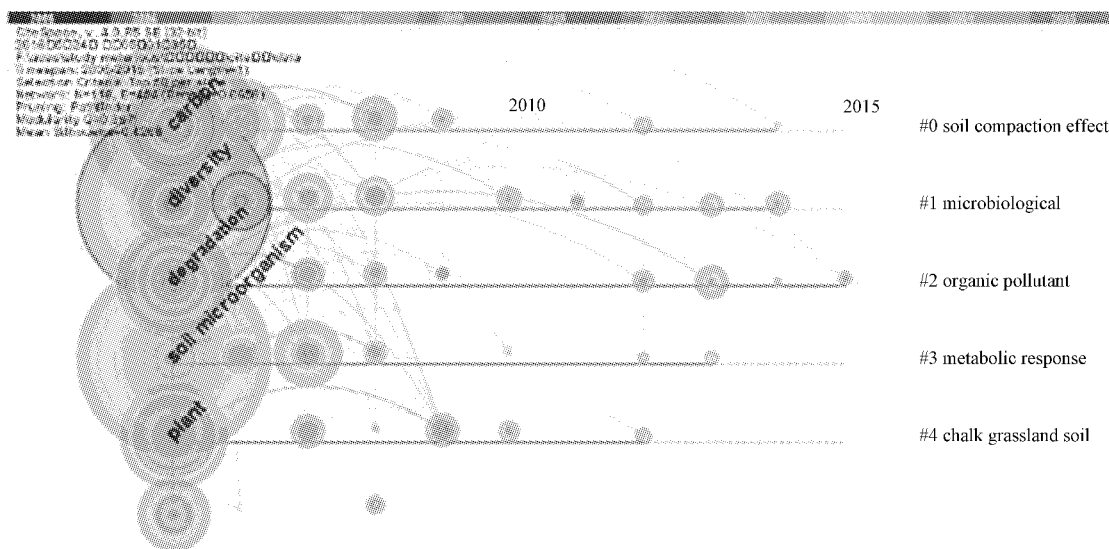


图 15 土壤微生物研究关键词聚类时间线图

Fig. 15 Soil microbiological research keywords clustering timeline

ism、diversity、bioma、organic matter、carbon、soil、microbial biomass 等。土壤微生物在降解有机污染物、重金属转化、促进生物地球化学循环等方面发挥着不可或缺的作用,因此土壤微生物研究在今后一段时间里仍将是研究的热点之一。

我国应密切关注国际土壤微生物研究的发展态势与进展,鼓励我国环境生态学家、生物学家、农学家围绕土壤微生物进行有计划有步骤的研究,积极推进土壤微生物研究的国内外合作,并积极研发相关先进技术和高端设备,开展综合的多学科联合科

学实践。

另外,我国应重视交叉学科的创新意识。由于我国的土壤生物学研究起步较晚,发展薄弱,因此在土壤微生物生物学方面意识较淡薄,而土壤微生物领域将来的发展对环境污染治理、生态建设、全球气候变化具有重要的意义,必将形成一个巨大的产业。所以,在土壤微生物领域研究中应建立学科交叉创新意识,采取必要的行动加以推进。

总之,在科技发展日新月异的新形势下,系统梳理土壤微生物学研究,有利于强化土壤微生物的知

识积累与理论创新能力,有利于正确认识土壤微生物作为生物地球化学过程的引擎作用,更好理解土壤微生物作为驱动土壤圈与其它各圈层之间发生活跃的物质交换和循环的过程以及在维系陆地生态系统地上—地下相互作用,正确理解土壤微生物作用可以充分理解其在土壤肥力形成和培育、污染土壤修复和全球环境变化中也扮演着重要的角色,从而为农业生产实践、全球环境变化和生态环境安全等国家战略需求提供新思路,为支撑陆地生态系统过程和功能的科学研究发挥不可替代的作用,为政府及其相关决策部门提供响应的理论依据和智力保障,从而促进我国的土壤微生物及土壤生态学学科的发展。

参考文献

[1] NIELSEN U, AYRES E, WALL D, et al. Soil biodiversity and carbon cycling: A review and synthesis of studies examining diversity-function relationships[J]. European Journal of Soil Science, 2011, 62(1):

105-116.

[2] CONRAD R. The global methane cycle: Recent advances in understanding the microbial processes involved[J]. Environmental Microbiology Reports, 2009, 1(5): 285-292.

[3] SOLOMON S. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 41-49.

[4] PATT T E, COLE G C, BLAND J, et al. Isolation and characterization of bacteria that grow on methane and organic compounds as sole sources of carbon and energy[J]. Journal of Bacteriology, 1974, 120(2): 955-964.

[5] JOHNSEN A R, WICK L Y, HARMS H. Principles of microbial PAH-degradation in soil[J]. Environmental Pollution, 2005, 133(1): 71-84.

[6] HORVATH R S. Microbial co-metabolism and the degradation of organic compounds in nature[J]. Bacteriological Reviews, 1972, 36(2): 146.

[7] PARKS J M, JOHS A, PODAR M, et al. The genetic basis for bacterial mercury methylation[J]. Science, 2013, 339(6125): 1332-1335.

Analysis on the International Development Trend of Soil Microbial Research Literature Based on Web of Science

LI Tong^{1,2}, MA Xueting³, LI Chunjie^{2,4}, KAN Yuhe^{1,2}, WEI Yulian¹

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271000; 4. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

Abstract: On the basis of literature research, expert advice and bibliometric analysis of the development process of international soil microbial research were reviewed, analyzed the main national and institutional conditions of soil microbiology research use bibliometric methods to analyze recent relevant subject content distribution and hot topics of research, analyzes the development trend of international challenges and microbial biomass research. The results show that the distribution of international discipline microbial studies focused on soil science, environmental science, literature and the number of soil science, environmental science, ecology, microbiology, agricultural biotechnology applied microbiology student of literature to a total of 75.04%, indicating that microbial these subject areas are hot research frontier; hot topics focused on microbial diversity, biomass, organic matter, soil carbon, etc., summarizes the trends and focus research in these areas, and based on the analysis, field of soil microbiology measures taken in the direction of future development proposals.

Keywords: soil microbial; bibliometric; research progress