

基于文献计量分析的土壤动物研究现状和发展趋势

王巧莉^{1,2}, 崔东^{1,3*}, 江智诚^{1,2}, 闫江超^{1,2}, 张敏如^{1,2}

(1. 伊犁师范大学 资源与生态研究所, 新疆 伊宁 835000; 2. 伊犁师范大学 生物科学与技术学院, 新疆 伊宁 835000;
3. 伊犁师范大学 资源与环境学院, 新疆 伊宁 835000)

摘要:文章基于Web of Science (WoS)核心数据库中2709篇和中国知网(CNKI)数据库中2012篇土壤动物领域文献,统计2003—2023年该领域发文数量、发文国家合作情况、研究机构、高频关键词等,分析对比土壤动物领域国内外研究现状。运用VOSviewer和CiteSpace两种可视化软件,旨在探讨该领域的研究重点和发展趋势。结果显示,我国在土壤动物领域的研究能力不断提高;国际合作研究在该领域存在不平衡的特点,中国研究机构与德、美等国的合作较为密切;国内外相关研究机构主要集中在高校,中国的研究机构在发表论文方面处于国际领先地位,但文献质量有待提升;国内文献多从生物多样性、群落结构功能与土壤理化性质之间的关系等方面展开,在凋落物降解、碳循环等方面的研究较少。二十多年来,土壤动物方面的研究逐渐受到重视和广泛关注,对该领域生态学问题的研究也逐步受到重视。

关键词:土壤动物; Web of Science; 中国知网; 文献计量分析

中图分类号: S154.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-9659(2025)01-0051-12

土壤是由不同比例的矿物质、有机物质、水和空气组成的自然资源层^[1],是地球表面上最重要的生态系统之一,其为各种类型的土壤生物提供基本的生存条件,这些生物同样对土壤的质地、结构和养分循环起着至关重要的作用^[2]。土壤动物是地下生态系统中的关键生物群体^[3],它们几乎参与所有土壤生态过程,并与植物和土壤微生物一起构成复杂的土壤生态系统,三者相互作用、相互影响^[4]。土壤动物群落的变化与环境密切相关,对土壤动物群落多样性进行研究可以揭示水文、气候、污染等问题,并且群落多样性可以抑制土壤中的致病生物,提供清洁的空气、水和食物,从而维护人类健康^[5]。土壤动物体型差异较大,其食性和功能也各不相同。土壤动物按照躯体大小可分为小型土壤动物(体宽 < 0.2 mm,如线虫)、中型土壤动物(体宽 0.2 ~ 2.0 mm,如跳虫)和大型土壤动物(体宽 > 2.0 mm,如甲虫和蚯蚓)等^[6-7]。土壤动物在维持陆地生态系统的碳、氮循环等方面扮演着极其重要的角色,它们通过取食、消化和呼吸等方式直接或间接影响土壤的理化性质,并与植物和微生物交互作用,促进土壤有机质的稳定及转化^[8-9]。正因如此,在全球气候变化的背景下,土壤动物在森林、农田、草地等多种生态系统的功能发挥和稳定性等方面具有关键作用^[10]。作为生态系统中重要的分解者,土壤动物在凋落物分解、植物演替过程、土壤生物群落的维护以及土壤发育等方面都十分重要^[11]。此外,土壤动物对环境的变化非常敏感,特别是土壤微节肢动物以及线虫在生态系统中经常被用作衡量能流通道和环境质量的关键因素,从而为土壤健康状况提供指示作用^[12-14]。

文献计量分析是通过数理统计方法对研究对象进行定量分析的方法^[15-16],该方法主要用于专业学科文献,通过揭示文献的区域分布、数量关系以及变化规律等,对该领域研究的结构、特征和规律进行多维度呈现、评价和预测^[17]。CiteSpace是陈超梅博士开发的一款应用广泛、使用java程序编写的软件,通常是研究者提取网络关系、研究重点以及研究趋势的有效工具^[18];VOSviewer是Van等人开发的一种有效的可视化工具,

[收稿日期] 2024-03-18

[修回日期] 2024-04-07

[基金项目] 第三次新疆综合科学考察项目(2022xjkk0405);伊犁师范大学提升学科综合实力专项自然科学重点项目(22XKZZ01)。

[作者简介] 王巧莉(1997-),女,硕士研究生,主要从事土壤生态学方面研究,E-mail:wqiaoli2022@163.com。

* [通讯作者] 崔东(1984-),男,副教授,主要从事土壤生态、资源与环境利用方面研究,E-mail:cuidongw@126.com。

可以呈现关于文献大规模数据的详细信息,如热门研究主题^[19-20]。两个软件相互结合能更直观、清晰地展示文献样本的知识图谱^[21]。文章利用VOSviewer和CiteSpace对二十多年来国内外土壤动物研究领域的相关文献进行统计分析,探讨国内外该领域的发展现状与趋势,以期为我国该领域未来的发展提供更多的理论依据。

1 数据收集与分析

为确保检索出高质量且与土壤动物研究相关的文献,本研究选择使用Web of Science核心合集作为英文文献数据的来源,获取经过严格筛选和评审的学术期刊中的文献,从而保证其质量和可靠性。同时,在选择文献时,综合考虑文献中对土壤动物的描述,确保其与研究主题的相关性和有效性。设置检索式为((((TS = (“soil fauna”) OR TS = (“soil faunas”) OR TS = (“soil animal”) OR TS = (“soil animals”) OR TS = (“edaphic fauna”)),文献类型为Article,语言设置为English,时间设置为2002-01-01至2023-12-31,检索时间为2024年4月4日,检索后共筛选出2709篇文献。本研究选择中国知网(CNKI)数据库作为数据来源,获取在中国学术界广泛发表的研究成果,以补充和丰富调研结果。设置检索范围为“学术期刊”,文献来源限定为“中文”,来源类别设置为“全部”,检索条件为“主题:土壤动物”,词频限定为“精确”,时间设置为2002—2023年,检索时间为2024年4月4日,检索后共筛选出2012篇文献。

2 结果与分析

2.1 基于Web of Science的结果分析

2.1.1 国家发文数量分析

2002—2023年土壤动物研究领域的论文数量整体呈波动上升趋势(图1),2023年全世界发文量约为2002年的3.64倍。在研究过程中,根据WoS数据的历年发文量增长趋势可分为三个阶段:萌芽阶段(2002—2012年):土壤动物领域的论文数量较少,每年发表的论文数量都在100篇以下;波动增长阶段(2012—2017年):2014年和2017年的发文量较上一年均有所下降;第三阶段(2017年至今):发文量呈稳步增加态势。这是因为国际机构之间人才交流逐渐增多,促使各地专业性科研人员数量递增。这些科研人员通过合作研究、学术交流等方式,共同推动了科学研究的发展。

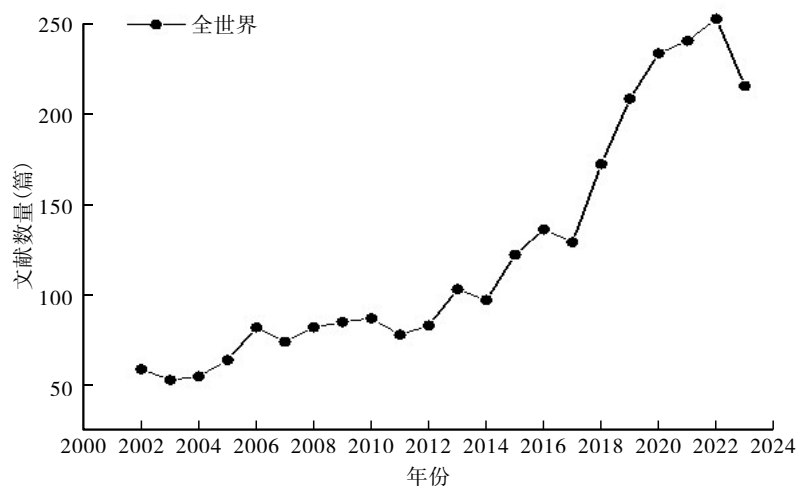


图1 2002—2023年土壤动物领域全球发表文献数量变化情况

文献数量是衡量一个国家(地区)对科研活动和成果的重视程度的指标之一,也可以在一定程度上反映某研究领域的科研活动和成果状况^[22]。根据WoS核心集分析可知,在2002—2023年间,在土壤动物领域有111个国家(地区)参与了研究,表明该领域受到全球研究者的广泛关注。从全球发文量前十的国家来看,中国的发文量最高,占比21.73%,排名第一;德国排名第二,发文量占16.28%(表1)。尽管中国的发文量最多,

但篇均被引次数相对较低,这表明中国在土壤动物领域的发文质量有待进一步提高。

表1 基于WoS数据的发文量前10名国家排序

序号	国家	发表数(篇)	占全领域比例(%)	被引总次数(次)	篇均被引次数/(次·篇 ⁻¹)
1	中国	510	21.73	30137	54.01
2	德国	428	16.28	28539	68.28
3	美国	388	14.45	24391	65.74
4	法国	245	9.77	15025	59.86
5	巴西	239	9.11	13465	57.54
6	英国	169	6.35	9232	56.64
7	西班牙	155	6.31	10467	67.53
8	荷兰	149	5.84	7275	48.50
9	俄罗斯	143	5.61	4406	30.60
10	瑞典	121	4.56	7865	67.22

由图2可知,在土壤动物研究领域,排名前五的国家发文量逐年稳步增长。在2013年之前,中国的年发文量远低于德国和美国,与法国、巴西几乎持平。然而,在2013年至2018年之间,中国的年发文量逐步增长。自2018年开始,中国的发文量超过其他国家并呈快速增长趋势。近六年来,中国每年发表文献数量增速为71.9%,远超其他国家。我国自签署《巴黎协定》后,对生态问题的重视程度和研究成果与日俱增,这或许是其中的原因。

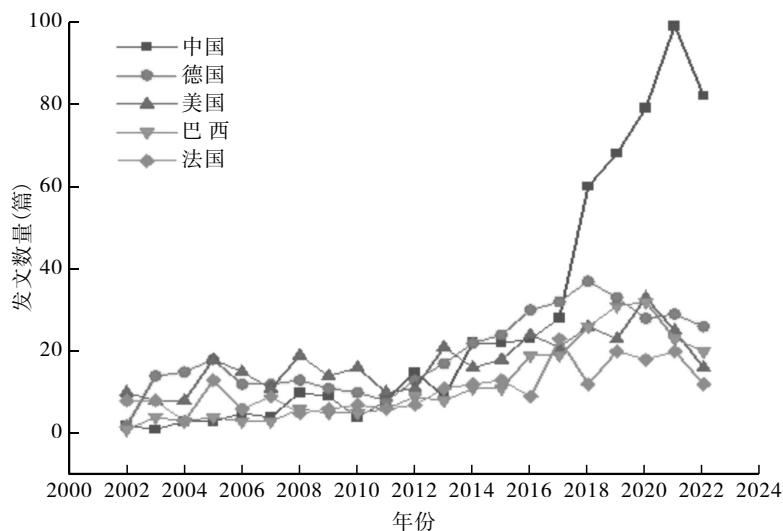


图2 2002—2023年土壤动物领域各国(前五)发表文献数量变化情况

2.1.2 发文国家合作情况分析

使用VOSviewer软件绘制出各国之间的合作关系图谱(图3),图中显示有64个节点,表示发文量有六篇及更多的国家合作发表的文献分布于64个不同的国家。其中,中国与德国和美国之间的合作比较密切。这表明我国在开放的全球合作中展现出强大的科研实力,不仅为我国科技创新提供广阔的平台,也彰显了我国与各国之间展开更深度和广度合作的决心和信心。由图3可知,中国、巴西和波兰等国家在该领域的研究紧扣时代进程,而德国、美国和英国等国家近几年在该领域的研究较少。未来,我国将继续加大科研投入,推动国际科研合作的深入发展,为全球科技创新和人类社会可持续发展做出更大贡献。

2.1.3 研究机构实力分析

在土壤动物研究领域共有199家研究机构发表文献(表2)。由表1可知,从篇均被引频次来看,中国科学院的篇均被引频次为38.65次/篇,远低于排名前十的其他机构的平均被引频次。但从发文数量来看,排名

前十机构中有两家来自中国,其余机构分布在不同的国家,且中国科学院的发文量远超其他机构。这表明中国的研究机构对土壤动物研究非常重视,文献数量遥遥领先于其他国家,但与科罗拉多州立大学、赫尔辛基大学、瑞典农业科学大学和阿姆斯特丹自由大学相比,在被引频次方面仍然存在一定差距,我国的研究机构在文献质量和推广方面仍需加倍努力。

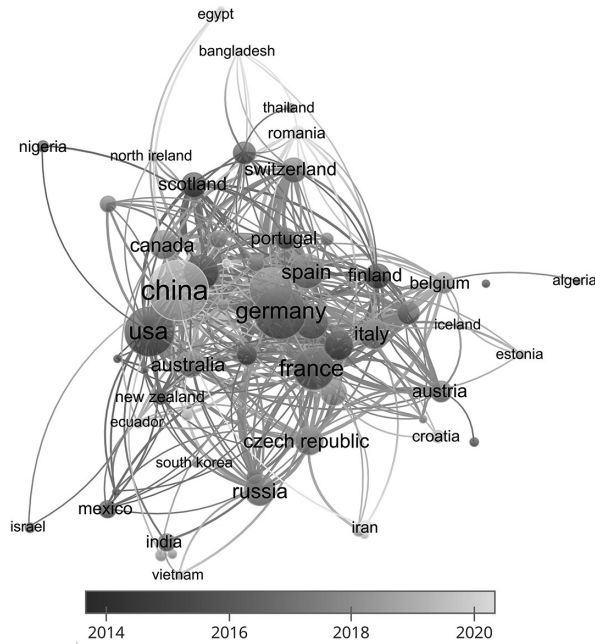


图3 基于WoS数据的文献国家合作关系图谱

表2 基于WoS数据的研究机构实力排序(前10名)

序号	研究机构	文献数(篇)	总被引次数(次)	篇均被引频次(次·篇 ⁻¹)
1	中国科学院	260	10049	38.65
2	哥廷根大学	136	4846	35.63
3	国家科学研究中心	134	7716	57.58
4	中国科学院大学	117	4449	38.45
5	俄罗斯科学院	112	2746	24.52
6	科罗拉多州立大学	103	6063	58.86
7	法国发展研究所	102	5020	49.21
8	瑞典农业科学大学	80	5193	64.91
9	赫尔辛基大学	76	4862	63.97
10	阿姆斯特丹自由大学	66	4318	65.42

通过VOSviewer软件绘制土壤动物研究机构之间的合作共现网络图谱(图4)可以看出,各高校的研究机构是该领域发文量的主力军。样本文章献被聚类为4个主要的合作团簇,分别以中国科学院、哥廷根大学、科罗拉多州立大学和赫尔辛基大学为中心。在合作密切程度方面,瑞典农业科学大学与哥廷根大学之间的联系比较密切,国内的中国科学院与中国科学院大学之间的联系频率也较高。由此可见,实力较强的研究机构倾向于与实力相当的机构保持紧密的合作关系。这一结果表明,在土壤动物研究领域,实力强大的机构在合作关系中起到主导作用,其通过紧密合作,共同推动土壤动物研究的进展。

2.1.4 高频关键词及研究热点分析

高频关键词可以精练地概括文献的主题和内容,通过关键词可以快速地定位和筛选相关文献,并提供

一个便捷的方法来获取相关领域的最新研究成果^[23]。根据关键词的频次和中心度,对该领域排名前十五的关键词进行排序(表3)。其中,蚯蚓等大型无脊椎动物以及中小型土壤动物弹尾目等为主要研究对象。土壤动物和群体只能代表该领域的底层概念,进一步分析关键词的中心度排名发现生物多样性、凋落物降解、微生物生物量、气候变化、森林等具有较高中心度。根据频次和中心度分析可知,当前土壤动物领域的主要热点方向和关注领域主要集中在生物多样性、凋落物降解、土壤动物群落与微生物以及土壤理化性质(如碳、氮、有机质等)之间的关系等方面。

表3 基于WoS数据的关键词频次排序(前15名)

序号	关键词	中心性	频次(次)
1	土壤动物	0.19	482
2	多样性	0.14	997
3	生物多样性	0.13	189
4	群体	0.09	127
5	降解	0.09	532
6	碳	0.08	208
7	氮	0.08	149
8	凋落物降解	0.08	161
9	弹尾目	0.08	369
10	动态	0.07	151
11	有机质	0.07	88
12	森林	0.06	214
13	响应	0.06	283
14	丰富度	0.06	62
15	凋落叶	0.05	375

通过使用可视化软件CiteSpace V进行关键词共现分析,可以深入了解土壤动物领域的研究方向^[24]。如土壤动物研究领域相关文献热点关键词共现图(图4)所示,共包含215个节点和350个网络,密度为0.0152,表明整体网络结构较为松散。共现程度较高的关键词包括生物多样性、凋落物降解、气候变化等。这些关键词的共现程度反映了学术界对于生物多样性、凋落物降解、气候变化等方面的关注和研究深度,为该领域的未来发展提供了重要的参考依据。

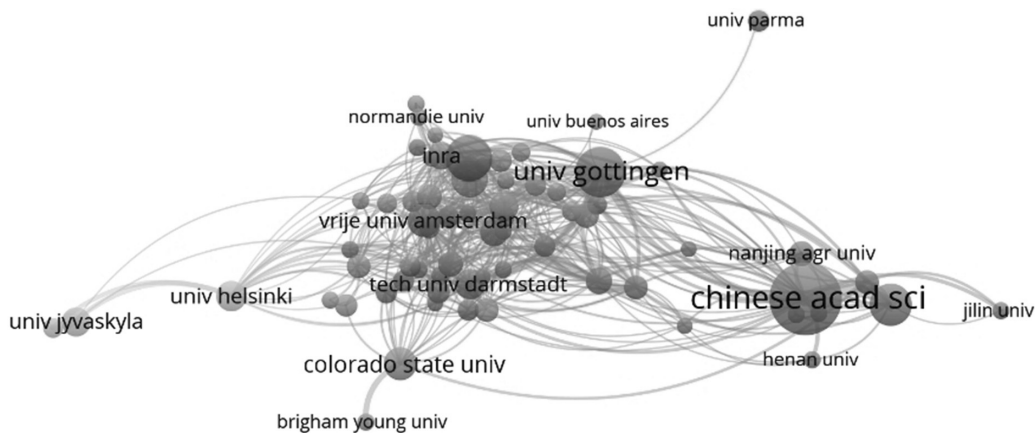


图4 基于WoS数据的文献研究机构合作共现网络图谱

利用 CiteSpace V 进行关键词时间聚类分析,采用 LLR 算法对土壤动物研究领域的相关文献进行分析。根据参数设置,最终的聚类参数为 $Q = 0.7106, S = 0.8737$,整体网络结构密度为 0.054,这表明该聚类具有很强的可信度,排名前五的关键词时间聚类结果如图 6 所示。聚类包括#0 体型大小、#1 碳循环、#2 生态风险评估、#3 土壤营养、#4 气候变化等。体型是土壤动物一个基本的生物体特征,与生物体的生理和生态密切相关^[25]。例如,在其他条件相同的情况下,降水量显著改变了土壤线虫的个体大小分布。降水减少导致小型线虫增多,从而大型线虫减少^[26]。土壤动物的体型大小对生态系统内养分循环、有机质分解和土壤结构形成具有重要作用。不同大小的生物在土壤生态系统中具有不同的功能和生态位,有助于保持土壤的整体健康和肥力^[27]。土壤动物在陆地生态系统的碳循环中发挥着重要作用,它们的活动影响碳输入(如植物凋落物)和输出(如二氧化碳排放)之间的平衡,最终影响土壤中储存和释放到大气中的碳量^[28]。

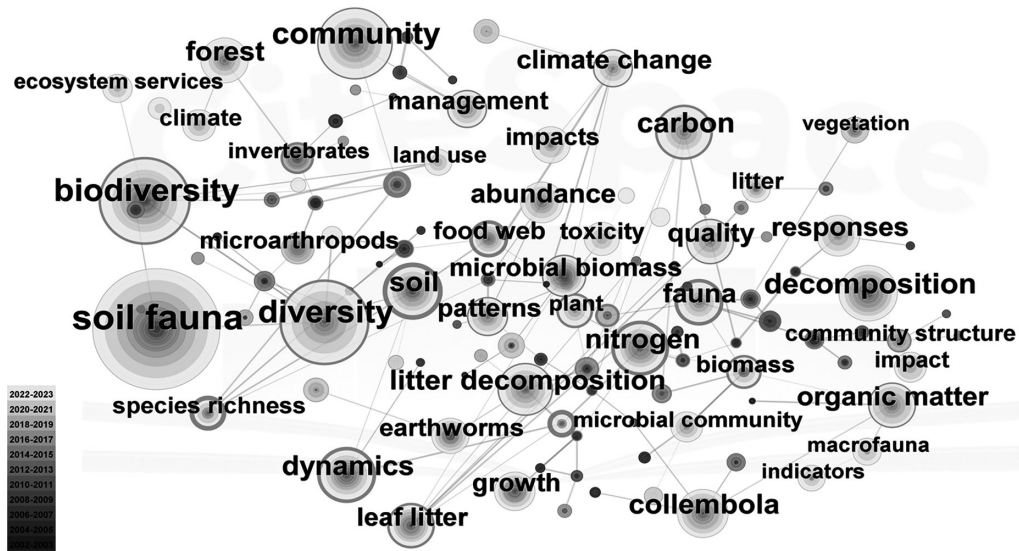


图5 基于WoS数据的文献关键词共现图谱

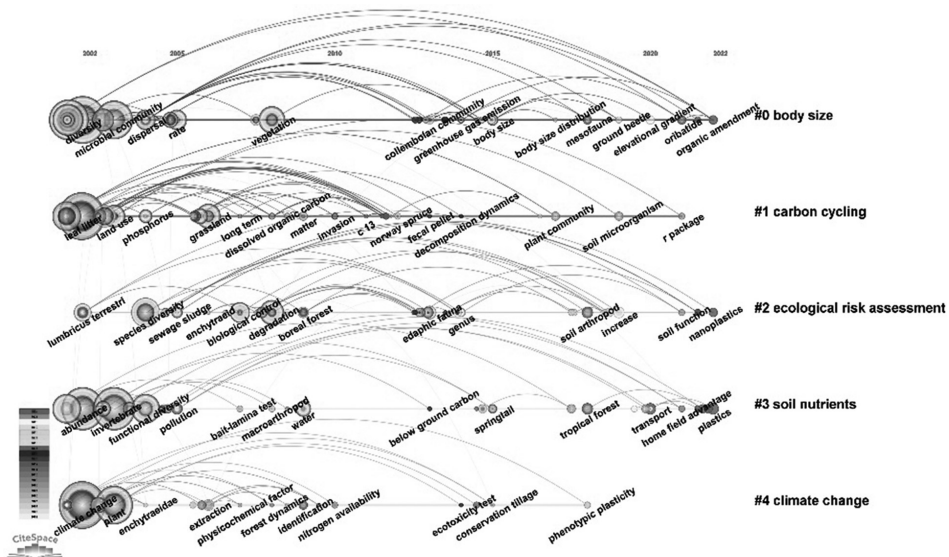


图6 基于WoS数据的文献关键词时间线图

2.2 基于中国知网(CNKI)数据库的结果分析

2.2.1 发文数量分析

根据中国知网(CNKI)数据库中的数据,2002年至2023年的土壤动物研究领域总发文量为2012篇。根

据图7显示的历年发文量趋势,土壤动物研究的发展可以分为三个阶段:初步探索阶段(2002—2004年):发文量较少,每年发表的文献都在50篇以下,共计127篇,占样本总量的6.31%;爆发增长阶段(2004—2010年):发文量呈现高速增长趋势,特别是在2010年,发文量首次超过100篇;缓和阶段(2010—2023年):总发文量为1444篇,相较于爆发增长阶段,这一阶段的年发文量呈波动下降趋势。这些发展阶段的变化趋势可以反映出土壤动物研究的发展历程和学术关注的变化。该领域的研究在过去二十多年里取得了显著的增长和进展,对在WoS核心数据库中我国研究者的发文量对比情况可以看出,自2017年之后,国内学者更加倾向于在国际领域发表相关的研究成果,这表明中国学者在国际学术交流与合作方面的积极参与和贡献。

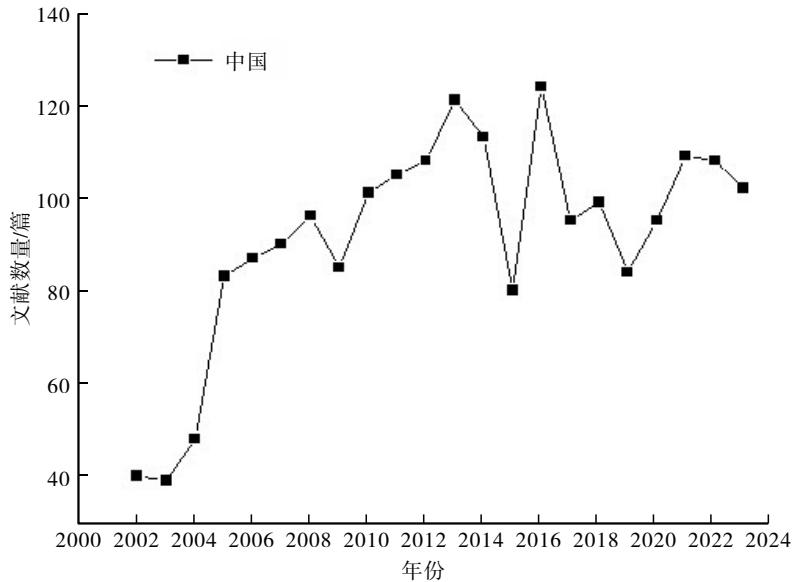


图7 2002—2023年土壤动物领域中国发表文献数量变化情况

2.2.2 研究机构实力分析

我国4330位土壤动物研究者中超过90%来自高校。自2022年以来,发表土壤动物研究文献排名前十的研究机构如表4所示。由表4可知,四川农业大学和东北师范大学等高校在该领域的发文量名列前茅,但从被引频次来看,哈尔滨师范大学、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所等科研单位的发文质量更高。这些研究机构的研究成果对于了解土壤动物的生态学功能、土壤健康和环境保护等方面具有重要意义。综合来看,高校为该研究领域的主要力量,应继续加强土壤动物研究的深入探索,并与其他研究机构、企业和政府部门合作,共同推动土壤动物研究的发展,为我国的土壤健康和可持续发展做出更大贡献。

表4 基于中国知网(CNKI)数据的研究机构实力排序(前10名)

序号	研究机构	文献数(篇)	总被引次数(次)	篇被引频次(次·篇 ⁻¹)
1	四川农业大学	108	2353	21.79
2	东北师范大学	92	1467	15.95
3	哈尔滨师范大学	92	3634	39.50
4	中国科学院东北地理与农业生态研究所	86	2863	33.29
5	宁夏大学	70	853	12.19
6	中国科学院大学	65	2003	30.82
7	南京林业大学	46	723	20.07
8	吉林大学	45	1266	28.13
9	西南民族大学	40	856	21.40
10	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	40	1570	39.25

2.2.3 高频关键词及研究热点分析

使用VOSviewer对我国土壤动物领域的关键词进行共现分析,得到共现网络图谱(图8),其中包括较为清晰的三大聚类中心和124个节点。由图8可知,土壤动物、群落结构以及多样性是三个大聚类的中心关键词。在以土壤动物为中心的聚类中,其与土壤微生物之间的相关研究最多,这主要体现了研究领域的交叉现象;其次在生态层面围绕土壤质量和土壤酶活性等展开研究;在以多样性为中心的聚类中,荒漠草原、指示生物、季节变化等相关研究较多;在以群落结构为中心的聚类中,研究主要围绕动态变化和大型土壤动物以及中小型土壤动物群落多样性等方面展开。大型土壤动物通过掘穴、采食和排泄等行为积极调节土壤结构,从而起到通气保水、调节pH值、调控温室气体排放等作用^[29];中小型土壤动物改造土壤物理结构的能力较弱,其通过对土壤微生物群落组成产生影响而改变土壤的养分循环^[30-31]。

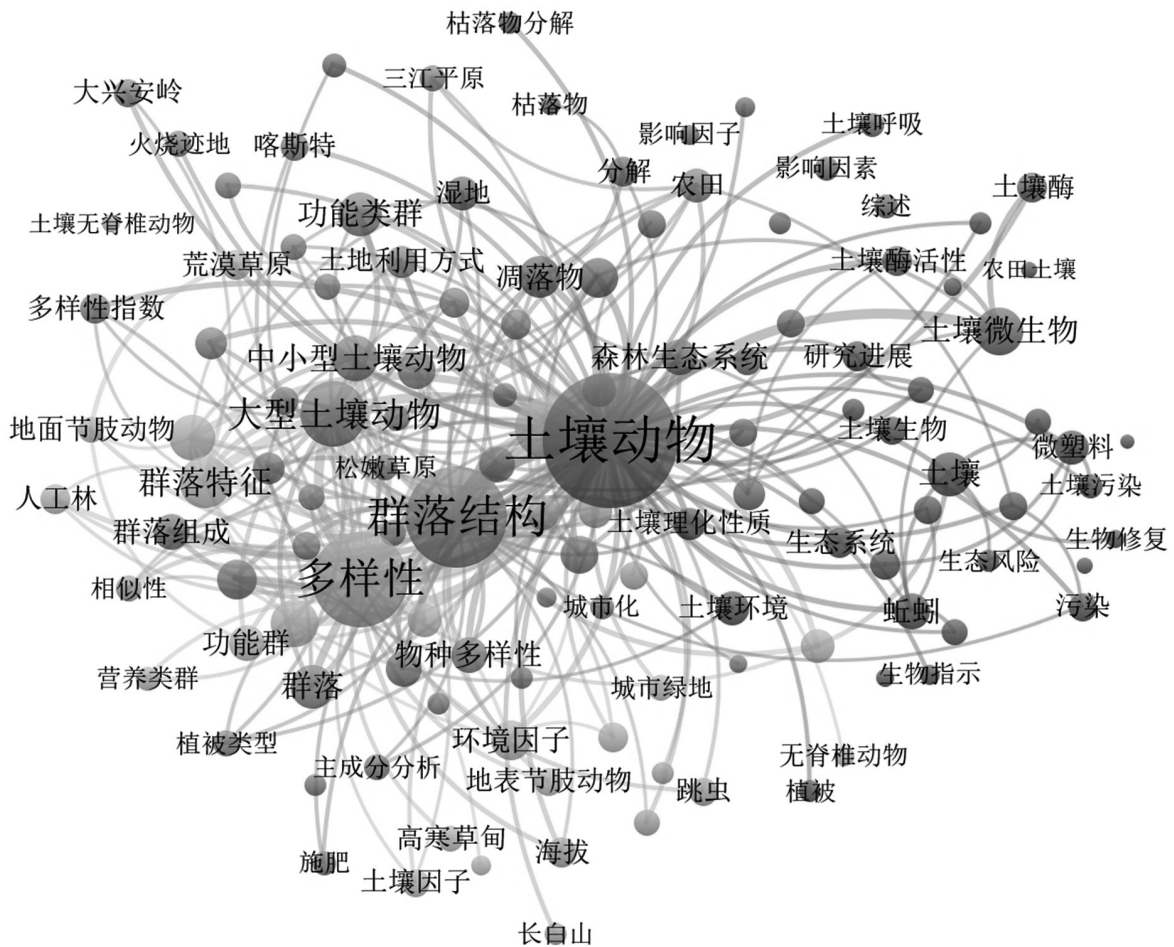


图8 基于中国知网(CNKI)数据的文献关键词共现图谱

使用CiteSpace软件的Kleimberg突现检测算法绘制2002—2023年排名前二十五的关键词突变列表(表5),归纳中国土壤动物研究热点的演化路径。由表5可知,突现强度排名前五的关键词分别是:微塑料、环境因子、季节动态、氮沉降和林窗。微塑料突现的起始年份为2020年,其作为一类新兴污染物广泛存在于全球环境中,但针对土壤微塑料污染及其对土壤动植物毒性效应方面的研究近几年才逐渐受到人们的关注^[32-33]。氮沉降是影响全球变化最重要的因素之一,目前已有研究表明氮沉降背景下,大型土壤动物对土壤温室气体的排放具有一定的调控作用^[34]。2015年首次突现“林窗”这一词汇,它将“林”(森林)和“窗”(窗户)两个元素结合在一起,指的是由小尺度的干扰引起的树木死亡形成森林中的小面积隙地^[35]。“林窗”的形成会对土壤产生多方面影响,包括土壤侵蚀增加、土壤水分蒸发增加、土壤肥力下降等,进而影响土壤动物多样性^[36]。

表5 基于中国知网(CNKI)数据的关键词突变列表(前25名)

关键词	突现强度	起始年份(年)	结束年份(年)	2002—2023年
生态学	4.29	2002	2005	
松嫩草原	3.89	2003	2008	
凋落物	3.51	2003	2009	
土地利用	4.49	2005	2006	
生态分布	4.65	2005	2008	
分解	3.63	2006	2010	
植被恢复	4.08	2007	2010	
群落	4.01	2007	2011	
大兴安岭	4.45	2008	2013	
季节动态	6.76	2011	2016	
垂直分布	3.64	2012	2016	
农田	4.30	2014	2017	
林窗	5.46	2015	2016	
氮沉降	5.91	2015	2021	
节肢动物	3.47	2016	2017	
功能群	4.66	2017	2019	
秸秆还田	5.03	2017	2020	
土壤环境	4.25	2017	2023	
荒漠草原	3.73	2018	2020	
气候变化	3.40	2018	2023	
环境因子	8.54	2018	2023	
高寒草甸	4.00	2019	2023	
微塑料	10.93	2021	2023	
生态效应	5.31	2021	2023	
土壤污染	3.70	2021	2023	

3 讨论

3.1 国内外发文量趋势

2002—2023年间,国内外有关土壤动物的相关研究发文量整体呈波动上升趋势。可以预测,后期有关土壤动物研究的文章数量将会持续增长。2017年之前,在土壤动物的国际研究领域中,美国和德国占据主导地位,参与该研究的机构和作者数量庞大,研究成果数量较多,且影响力强,科研水平与研究深入程度都领先于其他国家(地区)。自2017年起,中国在该领域的国外期刊发文量暴增,在国际土壤动物研究中取得了显著成就,但与篇均被引次数最高的德国相比,差距约为26%,这在一定程度上反映我国在发文质量方面还有待提高。在对WoS核心数据库中我国研究者的发文量进行对比可以看出,自2017年之后,国内学者更倾向于在国际领域发表相关的研究成果,表明中国学者在国际学术交流与合作方面的积极参与和贡献^[37]。提升科研水平,提升文章质量并增强合作是我国土壤动物研究方面期待努力的方向。同时,建议加强对国内期刊的关注,鼓励在中文期刊上发表高水平的研究论文。

3.2 发文国家合作情况与国内外发文机构分析

2014—2018年间,中国与德国、美国之间的合作显示出较高的紧密度。这表明我国在开放的全球合作

中展现出了强大的科研实力,这不仅为我国科技创新提供了广阔的平台,也彰显了我国与其他各国之间展开密切合作的决心。中国、巴西和波兰等国家在该领域的研究紧扣时代进程,而德国、美国和英国等国家近几年在该领域的研究比较少。未来,我国将继续加大科研投入,推动国际科研合作的深入发展,为全球科技创新和人类社会的可持续发展做出更大贡献。

在土壤动物方面,国内外均以高校作为研究的主要力量。综合发文量与被引频次方面,国外的科罗拉多州立大学、赫尔辛基大学、法国农业科学研究院和阿姆斯特丹自由大学等在该领域具有较强的实力。中国科学院虽然在发文量方面位居第一,被引频次却与以上机构存在一定的差距。国内在该领域具有较强实力的机构为东北师范大学、中国科学院寒区旱区环境与工程研究所等科研单位。各机构应继续加强土壤动物深入研究,并与企业和政府部门合作,共同推动土壤动物研究的发展,为土壤健康和可持续发展做出更大贡献。中国的研究机构在文献质量、影响力和推广方面仍需加倍努力。

3.3 国内外研究热点及趋势

国际上,土壤动物研究的热点方向和关注领域主要集中在生物多样性、凋落物降解、气候变化、土壤动物群落与土壤微生物以及土壤理化性质(如碳、氮、有机质等)之间的关系等方面。国内在土壤动物领域的研究热点包括:(1)以土壤动物作为指示性生物,检测重金属、微塑料以及农药等对土壤动物生态特征的影响;(2)“林窗”、季节动态、气候变化以及不同生境等对土壤动物多样性和群落结构组成的影响;(3)在人类活动干扰下,农田管理措施对土壤动物的影响,尤其是农田土壤动物对土壤健康的指示作用等内容;(4)土壤动物群落对氮沉降、草原荒漠化等日益严峻的生态问题变化的响应;(5)土壤生物中土壤动物和微生物之间的相互关系。

当前生态环境问题受到高度重视,土壤动物生态学也进入了一个新的发展期,未来通过运用分子生物学、遥感等手段更加全面、精确地开展相关领域研究,以期为我国土地利用和农业发展提供理论支撑^[38-39]。

4 结论

(1)从时间尺度上看,自2017年起,各国土壤动物研究文献发表量逐渐增加,中国的发文量增长最快,这与中国对生态问题的重视程度有关。

(2)土壤动物领域的国际合作较为集中,中国、德国和美国在合作网络中占据主导地位,其他国家之间的合作相对不平衡,合作强度与国家的发展水平直接相关。

(3)国内外发表土壤动物相关文献数量较多的研究机构大多属于高校。中国的科研机构在文献数量方面遥遥领先于其他国家,特别是四川农业大学和东北师范大学等高校在该领域的发文量名列前茅,证实了高校是推动土壤动物研究的主要力量。但我国在被引频次方面却与国际领先机构存在一定差距。

(4)与国际领域研究态势相比,我国土壤动物研究的重点方向与国际前沿基本一致,主要集中在生物多样性、群落结构功能和土壤动物群落与土壤微生物以及土壤理化性质(如碳、氮、有机质等)之间的关系等方面。然而,在凋落物降解、碳循环和土壤生态服务等方面的研究较少。

参考文献:

- [1] 李保国,周虎,王钢,等.探索“透明”土壤体:土壤孔隙学的时代已经启航[J].土壤学报,2023,60(05):1221-1230.
- [2] TIBBETT M, FRASER T D, DUDDIGAN S. Identifying Potential Threats to Soil Biodiversity[J]. Peer J, 2020, 8, 9271.
- [3] BARDGETT R D, VAN DER PUTTEN W H. Belowground Biodiversity and Ecosystem Functioning[J]. Nature, 2014, 515(7528): 505-511.
- [4] FENG J, PAN R, HU H W, et al. Effects of Integrated Rice-crayfish Farming on Soil Biodiversity and Functions[J]. Science Bulletin, 2023, 68(20): 2311-2315.
- [5] 金涛涛,张佛熠,郑伟斌,等.南昌城乡不同绿地中小型土壤动物群落多样性及其影响因素[J].应用生态学报,2023, 34(05): 1404-1414.
- [6] 王立志,靳毓.土壤动物多样性的研究方法[J].安徽农业科学,2009,37(11):5020,5062.

- [7] 姚海凤,张赛超,上官华媛,等.城市化对土壤动物群落结构和多样性的影响[J].生物多样性,2022,30(12):222-233.
- [8] 邵元虎,张卫信,刘胜杰,等.土壤动物多样性及其生态功能[J].生态学报,2015,35(20):6614-6625.
- [9] GU Q, CHANG S X, WANG Z P, et al. Microbial Versus Non-microbial Methane Releases from Fresh Soils at Different Temperatures[J]. *Geoderma*, 2016, 284: 178-184.
- [10] 张慧,武海涛.气候变暖对土壤动物群落结构的影响机制[J].生态学杂志,2020,9(02):655-664.
- [11] 闫修民.全球变暖对松嫩西部草原中小型土壤动物多样性的影响[D].长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2015.
- [12] 李宜蓉,龙健,李娟,等.退化喀斯特生态恢复过程对土壤微节肢动物群落多样性的影响[J].农业环境科学学报,2021,40(02):310-318.
- [13] 孙彩彩,董全民,杨晓霞,等.牦牛和藏羊放牧对青藏高原高寒草甸土壤节肢动物群落的影响[J].应用生态学报,2023,34(11):3127-3134.
- [14] 宋佳平,袁林喜,刘晓东,等.天然富硒区广西壮族自治区桂平市水稻土壤线虫群落结构特征及其指示意义[J].科学通报,2022,67(06):537-547.
- [15] DONTU N, KUMAR S, MUKHERJEE D, et al. How to Conduct a Bibliometric Analysis: An Overview and Guidelines[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 133: 285-296.
- [16] LI Y, OUYANG Y, HE C. Research Trends on Clinical Fecal Microbiota Transplantation: A Bibliometric Analysis from 2001 to 2021[J]. *Frontiers in Immunology*, 2022, 13: 991788.
- [17] 张爱霞,周飞丽,刘炼,等.基于 Web of Science 和 CiteSpace 的水稻育种研究热点与前沿分析[J].分子植物育种,2023,21(15):5066-5078.
- [18] CHEN C M. CiteSpace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2006, 57(03): 359-377.
- [19] 钱怡,王晨曦.基于 CiteSpace 与 VOSviewer 对美国大学生健康促进研究热点回顾与研究趋势的综合分析[J].中国卫生事业管理,2023,40(10):793-800.
- [20] VAN ECK N, WALTMAN L. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Map[J]. *Scientometrics*, 2010, 84(02): 523-538.
- [21] 徐方廷,黄锐,王秉.国家安全治理研究的知识图谱(2011—2021年)——基于 CiteSpace 和 VOSviewer 的文献计量分析[J].中国安全生产科学技术,2023,19(09):46-51.
- [22] 戴上,张彦妮.基于 VOSviewer 和 CiteSpace 的矾根研究进展分析[J/OL].分子植物育种,1-2.
- [23] MENG L, WEN K H, BREWIN R, et al. Knowledge Atlas on the Relationship between Urban Street Space and Residents' Health —A Bibliometric Analysis Based on VOSviewer and CiteSpace[J]. *Sustainability*, 2020, 12(06): 2384.
- [24] 李涛,宋志成,石梦舒,等.基于文献计量的国内外碳排放权交易研究现状分析[J].科技管理研究,2022,42(13):199-208.
- [25] XU G L, KUSTER T M, GUNTARDT-GOERG M S, et al. Seasonal Exposure to Drought and Air Warming Affects Soil Collembola and Mites[J]. 2012:43102.
- [26] ANDRIUZZI W S, FRANCO A L C, ANKROM K E, et al. Body Size Structure of Soil Fauna Along Geographic and Temporal Gradients of Precipitation in Grasslands[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2020, 140: 107638.
- [27] GEORGE P B L, LINDO Z. Application of Body Size Spectra to Nematode Trait-index Analyses[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2015, 84: 15-20.
- [28] JOHNSTON C A, GROFFMAN P, BRESHEARS D D, et al. Carbon Cycling in Soil[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2004, 2(10): 522-528.
- [29] 马丙增,蒋云峰,严婷,等.玉米秸秆留高茬免耕对黑土农田大型土壤动物群落的影响[J].浙江农业学报,2024,36(01): 187-195.
- [30] 孙彩彩,安海涛,杨晓霞,等.放牧对中小型土壤动物群落结构影响的 Meta 分析[J].草地学报,2024,32(04):1194-1203.
- [31] 傅声雷,刘满强,张卫信,等.土壤动物多样性的地理分布及其生态功能研究进展[J].生物多样性,2022,30(10):150-167.
- [32] 杨光蓉,陈历睿,林敦梅.土壤微塑料污染现状、来源、环境命运及生态效应[J].中国环境科学,2021,41(01):353-365.
- [33] 马妍,西振瑜,王晓南,等.微塑料对土壤动植物的毒性效应研究进展[J/OL].环境科学,1-20.
- [34] 李媛媛,刘兴婕,陈月琴,等.氮沉降背景下土壤动物马陆对温室气体排放的调节作用[J/OL].生态学杂志,1-8.

- [35] MUSSELMAN K N, POMEROY J W, LINK T E. Variability in Shortwave Irradiance Caused by Forest Gaps: Measurements, Modelling, and Implications for Snow Energetics[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2015, 207: 69–82.
- [36] 罗曼丽. 川南马尾松人工林中小型土壤动物群落对林窗改造的响应[D]. 雅安: 四川农业大学, 2020.
- [37] 张中发, 王微. 基于Web of Science的国际凋落物分解研究进展[J]. *南方林业科学*, 2021, 49(01): 48–54.
- [38] 孙新, 谢致敬, 乔志宏, 等. 基于功能性状的土壤动物群落生态学研究进展[J]. *应用生态学报*, 2024, 35(04): 1150–1158.
- [39] 张卫信, 申智锋, 赵灿灿, 等. 中国土壤动物生态地理学研究现状与展望[J]. *应用生态学报*, 2024, 35(05): 1435–1446.

The Research Status and Development Trend of Soil Fauna based on Bibliometric Analysis

WANG Qiao-li^{1,2}, CUI Dong^{1,3*}, JIANG Zhi-cheng^{1,2}, YAN Jiang-chao^{1,2}, ZHANG Min-ru^{1,2}

(1. Institute of Resources and Ecology, Yili Normal University, Yining, Xinjiang, 835000, China;

2. College of Biological Sciences and Technology, Yili Normal University, Yining, Xinjiang, 835000, China;

3. College of Resources and Environment, Yili normal University, Yining, Xinjiang, 835000, China)

Abstract: Based on 2709 literatures in the core database of Web of Science (WoS) and 2012 literatures in China National Knowledge Infrastructure (CNKI) database related to soil fauna, this paper makes a bibliometric analysis on the number of articles published in this field, cooperation between Chinese and foreign countries, research institutions and high-frequency keywords, and compares and analyzes the research hotspots and trends in this field at home and abroad from 2003 to 2023 with VOSviewer and CiteSpace, aiming to explore the research focus and development trend in this field. The results showed that China's research ability is constantly improving, there is an imbalance in international cooperative research in this field. Chinese research institutions build close cooperation with Germany and the United States. Relevant research institutions are mainly concentrated in universities, and China's research institutions lead the world in publishing papers, but the quality of the literature needs to be improved. Domestic literatures mainly focus on the relationship between biodiversity, community structure and function and soil physical and chemical properties, but there are few studies on litter degradation, carbon cycle and so on. In the past 20 years, the research of soil fauna has been paid more attention and widely concerned, and the research of ecological problems in this field has also gradually attracted attention.

Keywords: Soil fauna; Web of Science; China National Knowledge Infrastructure; Bibliometric analysis