



周向军. 基于 CiteSpace 的溶解性有机质研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2023(2):102-110.

基于 CiteSpace 的溶解性有机质研究进展

周向军

(天水师范学院 生物工程与技术学院/甘肃省农业固体废弃物资源化利用重点实验室, 甘肃天水 741001)

摘要:为全面了解溶解性有机质研究热点和研究前沿,以 Web of Science 和 CNKI 数据库中发表的溶解性有机质文献为对象,利用 CiteSpace 对年发文量、研究学科、发文作者、发文机构、发文国家、关键词共现和突现、文献共被引、作者共被引和期刊共被引进行可视化分析。结果表明,(1)Web of Science 和 CNKI 数据库发文量呈增加趋势,研究学科分别分布在环境科学、工程与环境,以及环境科学与资源利用、农业基础科学等领域。(2)Web of Science 和 CNKI 数据库发文量最高的作者分别为 Dittmar Thorsten 和薛爽。中国和美国发文量远超其他国家,法国、德国和美国发文影响力位列前三。(3)采用平行因子分析和荧光光谱法对胡敏酸、溶解性有机碳/氮和海洋细菌源 DOM 等进行研究,是外文文献的研究热点。针对三峡库区、太湖流域进行 DOM 的三维荧光光谱分析、光降解和吸附行为等研究,是中文文献的研究热点。(4)二维相关光谱、FT-ICR-MS 解析 DOM 分子组成及其介导的活性氧物种,以及细菌/微生物群落对 DOM 的响应等是外文文献的研究前沿。生物炭/剩余污泥源 DOM 的三维荧光分析以及厌氧发酵形成 DOM 等,是中文文献的研究前沿。(5)*Environmental Science & Technology* 和“*Stedmon C A*”分别是首位高被引学术期刊和高被引作者。

关键词:溶解性有机质;文献计量;CiteSpace;可视化分析

溶解性有机质(Dissolved Organic Matter, DOM)是具有复杂化学组成、结构和环境行为的水溶性有机组分^[1]。DOM 不仅具有较高的化学反应活性,且常作为有机碳和无机碳交换的主要节点,因此系统梳理国内外 DOM 的研究历程、核心作者、核心文献并进一步揭示其研究热点、研究前沿等具有重要意义。目前,DOM 研究主要在生物炭^[2]、地下水^[3]、海洋湖泊^[4]、湿地^[5]、畜禽粪便^[6]、垃圾渗滤液^[7]和光降解^[8]等领域。虽然已有相关文献综述报道,但 DOM 研究具有多学科交叉、海量文献等特性,同时传统的文献综述模式需要阅读大量文献还难以进行可视化分析^[9]。借助文献计量学软件进行可视化分析,有助于进一步实现 DOM 研究的全面性和精准性。文献计量学是基于数学、统计学方法,分析某一研究领域特定知识载体的发文量、词频或被引次数等信息变化,从而获得文献题录之间的数量关系、分布特征等信息^[10]。CiteSpace 是美国德雷塞尔大学陈超美教授研发的一款基于 Java 语言编写的科学知识图谱软件^[11]。通过作者、机构和国家合作网

络分析,可获得核心作者群体组成及其发文量,并揭示研究机构和主要国家的分布状况;通过关键词共现和突现分析,可掌握该领域的研究热点和研究前沿;通过共被引分析,能获得该领域的高被引文献、高被引作者和高被引期刊。本研究利用 CiteSpace 软件对 WOS 核心数据库和 CNKI 数据库中 DOM 年发文量、研究学科、发文作者、发文机构、发文国家、研究热点、研究前沿,以及高被引作者、高被引期刊和高被引文献等进行分析梳理,旨在为未来国内 DOM 研究提供基础性参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 数据来源

英文文献来自 Web of Science 中的 SCIE 数据库,以“Dissolved organic matter”为主题词进行检索,文献类型选择“论文(article)和综述(review)”,语种选择“English”,去重后共获得 16 914 条记录。中文文献来自 CNKI 数据库中的 SCI、EI、CSCD 和北大核心期刊,以“溶解性有机质”或“溶解性有机物”为主题词进行检索,删除会议、新闻报道等非研究文献,去重后共获得 1 009 条有效文献。检索时段均选择 2000 年 1 月 1 日至 2022 年 8 月 24 日。

收稿日期:2022-10-31

基金项目:甘肃省自然科学基金(20JR5RA499)。

作者简介:周向军(1980—),男,硕士,副教授,从事环境化学和生物化学研究。E-mail:zhouxiangjun125@126.com。

1.2 方法

利用 CiteSpace 6. 1. R3 软件中的“Author”“Institution”和“Country”对发文作者、发文机构和发文国家进行分析;“Category”和“Keyword”对学科领域、研究热点、研究前沿进行分析;“Reference”“Cited Author”和“Cited Journal”对文献共被引、作者共被引和期刊共被引进行分析。“Selection Criteria”选择“g-index”,时间切片设置为 1 年,其他参数选择默认值。根据普赖斯公式确定核心作者^[12]。根据齐普夫定律推导词频临界值^[13]。

2 结果与分析

2.1 发文量分析

年发文量反映某领域的活跃程度、变化规律等^[14]。DOM 年发文量见图 1。Web of Science 数据库 DOM 年发文量呈增加趋势。2012 年以前年发文量增长较为平缓,2012 年以后呈快速增加趋势,表明 DOM 研究开始受到世界各国学者的广泛关注。CNKI 数据库 DOM 年发文量呈轻微波动趋势。其中,2007 年以前年发文量相对较少,2007—2015 年发文量逐渐增加,2015 年后发文量虽有波动但总体呈增加趋势。与 Web of Science 数据库相比较,CNKI 数据库中 DOM 发文量表现出一定的“时滞效应”。

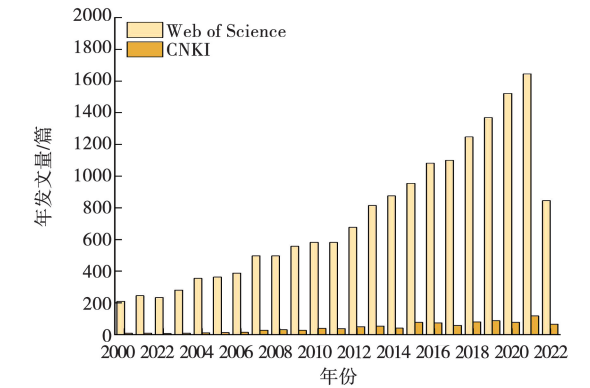


图 1 1990—2022 年 DOM 研究年发文量

2.2 研究学科分布

学科分布能反映该领域的学科组成和内在联系等^[15]。Web of Science 数据库中 DOM 研究学科分布结果见表 1,主要分布在环境科学(Environmental Sciences)、工程与环境(Engineering, Environmental)、水资源(Water Resources)等领域。CNKI 数据库中 DOM 研究学科分布在环境科学与资源利用

(63. 25%)、农业基础科学(7. 32%)、建筑科学与工程(5. 58%)、农艺学(4. 60%)和化学(4. 30%)等领域。综合分析认为,DOM 研究是一个综合生态学、环境科学、土壤学和工程学等多学科交叉的研究领域。

表 1 Web of Science 数据库中 DOM 研究学科统计			
序号	学科分布	频次	中心性
1	Environmental Sciences	8403	0. 32
2	Engineering, Environmental	2897	0. 02
3	Water Resources	1889	0. 03
4	Oceanography	1863	0. 09
5	Marine &. Freshwater biology	1733	0. 06
6	Geosciences, Multidisciplinary	1525	0. 14
7	Ecology	1260	0. 13
8	Limnology	885	0. 00
9	Soil science	789	0. 02
10	Engineering, Chemical	755	0. 06
11	Microbiology	742	0. 03
12	Chemistry, Multidisciplinary	679	0. 17
13	Chemistry, Analytical	620	0. 17
14	Geochemistry, Geophysics	583	0. 02
15	Remote sensing	407	0. 02

2.3 发文作者分析

发文作者反映该领域核心团队及与其他学者之间的合作关系^[16]。发文量前 20 位作者统计结果见表 2。本研究发表的 16 914 篇英文文献共包含 1 262 位作者。2000—2022 年发文量最多的英文文献为 123 篇,即 $N_{\max}=123$ 篇,根据普赖斯公式 $N=0. 749(N_{\max})^{1/2}$,计算得 $N=8. 31$ 篇,即定义发文量不少于 9 篇的作者为该领域的核心作者,共 216 位。1 009 篇中文文献共包含 743 位作者,发文量不少于 4 篇的作者为该领域的核心作者,共 94 位。另外,张运林、席北斗在 Web of Science 数据库和 CNKI 数据库中发文量均位居前 15 位,表明其在 DOM 研究领域具有重要贡献和影响力。CNKI 数据库中发文作者以薛爽(辽宁大学)、江韬(西南大学)和席北斗(中国环境科学研究院)等为主。薛爽团队研究低温环境 DOM 介导的有机污染物光降解行为等^[17-18];江韬团队研究 DOM 与环境污染物的相互作用等^[19-20]。席北斗团队研究垃圾渗滤液污染水中 DOM^[21]。各发文作者网络由多个较为独立的节

点组成,且不同团队开展合作研究的差异性较大,原因与各学者研究方向、研究地域不同等有关。

以 Dittmar Thorsten(德国奥尔登堡大学)、Hur Jin(韩国世宗大学)、Spencer Robert G M(佛罗里达州立大学)为核心的前 3 位团队发文较多。Dittmar Thorsten 团队侧重于揭示海洋 DOM 的元素来源、循环机制等。Hur Jin 团队主要从事天然有机质来源和归趋、水污染物等研究。Spencer Robert G M 团队研究永久冻土溶解性有机碳、有色溶解性有机质和遥感反演等。我国学者以张运林(中国科学院南京地理与湖泊研究所)、史权(中国石油大学)、何晨(中国石油大学)

团队为中心点的发文量最为突出。张运林团队开展湖泊光学及水色遥感应用研究。史权、何晨团队利用 FT-ICR-MS 和固相萃取技术,分析 DOM 分子组成、来源、迁移和转化规律等。陈伟(中南大学)团队聚焦于废水处理光谱学分析。周永强(中国科学院南京地理与湖泊研究所)团队研究湖泊有色可溶性有机物循环等。美国马萨诸塞大学 Xing Baoshan(邢宝山)教授主要从事有机污染物的生态毒性和环境行为研究。王燕(山东大学)团队侧重于水污染控制技术与资源化、环境新兴污染物等研究。

表 2 发文量前 20 位作者

序号	Web of Science 数据库				CNKI 数据库			
	作者	发文量/篇	中心性	首发年份	作者	发文量/篇	中心性	首发年份
1	Dittmar Thorsten	123	0.06	2008	薛爽	20	0	2007
2	Hur Jin	107	0.01	2010	江韬	17	0	2014
3	Spencer Robert G M	107	0.07	2007	席北斗	16	0	2008
4	Vione Davide	72	0	2007	魏世强	15	0	2014
5	Zhang Yunlin(张运林)	68	0.02	2007	王定勇	14	0	2014
6	Shi Quan(史权)	66	0.06	2019	赵庆良	14	0	2007
7	He Chen(何晨)	64	0.03	2019	周石磊	14	0	2016
8	Schmitt Kopplin Philippe	59	0.02	2010	卢松	12	0	2014
9	Hatcher Patrick G	54	0.03	2007	何小松	12	0	2008
10	Minero Claudio	52	0	2007	魏源送	11	0	2020
11	Aiken George R	51	0.02	2007	黄廷林	11	0	2016
12	Gonsior Michael	50	0.01	2014	赵丽	10	0	2017
13	Chen Wei(陈伟)	45	0	2014	于会彬	10	0	2010
14	Jaffe Rudolf	43	0.02	2006	阎金龙	9	0	2014
15	Zhou Yongqiang(周永强)	42	0	2015	吴志超	9	0	2007
16	Xi Beidou(席北斗)	42	0.02	2012	乔显亮	8	0	2013
17	Xing Baoshan(邢宝山)	41	0.04	2007	张运林	8	0	2004
18	Maurino Valter	40	0	2007	周江敏	8	0	2004
19	Stubbins Aron	39	0.04	2014	魏亮亮	8	0	2008
20	Wang Yan(王燕)	39	0.02	2015	梁俭	8	0	2015

2.4 发文机构分析

对 Web of Science 数据库的发文机构进行甄别合并^[22],结果见表 3。发文量前 5 位研究机构为:中国科学院(1 155 篇)、中国科学院大学(400 篇)、中国环境科学研究院(293 篇)、美国地质调查局(250 篇)和同济大学(250 篇)。另外,美国科罗拉

多州立大学(Colorado State University)与西南大学、三峡库区生态环境教育部重点实验室等开展合作研究。CNKI 数据库前 5 位研究机构为:中国科学院(138 篇)、中国环境科学研究院(103 篇)、同济大学(54 篇)、西安建筑科技大学(40 篇)和中国科学院大学(36 篇)。

表 3 DOM 研究发文量前 15 位研究机构

序号	Web of Science 数据库		CNKI 数据库	
	研究机构	发文量/篇	研究机构	发文量/篇
1	中国科学院	1155	中国科学院	138
2	中国科学院大学	400	中国环境科学研究院	103
3	中国环境科学研究院	293	同济大学	54
4	美国地质调查局	250	西安建筑科技大学	40
5	同济大学	250	中国科学院大学	36
6	南京大学	210	哈尔滨工业大学	31
7	西班牙高等科研理事会	207	清华大学	30
8	敖登堡大学	198	中国矿业大学	19
9	清华大学	195	西南大学	18
10	俄罗斯科学院	191	中国地质大学	16
11	马里兰大学	188	辽宁大学	16
12	北京师范大学	181	重庆大学	15
13	佛罗里达州立大学	178	北京师范大学	14
14	厦门大学	172	华南理工大学	11
15	浙江大学	167	南京农业大学	11

2.5 发文国家分析

前 15 位发文国家见表 4。中国发文量(5 146 篇)和美国发文量(5 112 篇)占主导地位。中心性>0.1 的 5 个国家分别是:法国(0.31)、德国(0.21)、英国(0.21)、美国(0.20)、意大利(0.10)。另外比利时虽然发文量相对不高(228 篇),但其中心性较高,为 0.10。中国在 DOM 发文量方面占据首位,但中心性较低,国际影响力不高^[23]。综合发文量和中心性两个指标:法国、德国、英国、美国在 DOM 研究领域成果影响力最为突出。

表 4 Web of Science 数据库中国国家合作网络统计

序号	国家	发文量/篇	中心性
1	中国	5146	0.03
2	美国	5112	0.20
3	德国	1538	0.21
4	加拿大	1214	0.06
5	法国	1102	0.31
6	英国	946	0.21
7	西班牙	757	0.06
8	澳大利亚	723	0.04
9	日本	692	0.06
10	瑞典	595	0.07
11	意大利	504	0.10
12	韩国	500	0.02
13	荷兰	441	0.08
14	瑞士	408	0.05
15	丹麦	386	0.04

2.6 研究热点、前沿和趋势分析

2.6.1 研究热点 关键词是对科学文献核心内容的强调和高度凝练^[24]。前 20 位关键词共现见表 5。关键词频次最低为 1 且其关键词个数为 155,根据齐普夫定律,词频临界值约为 17.11,关键词数大于临界值 18 的高频词共有 112 个。聚类后模块化值 $Q=0.401\ 8>0.3$,说明该聚类结构合理;平均轮廓值 $S=0.711>0.7$,表明聚类结果有效。共得到 8 个聚类关键词,分别为 DOM(dissolved organic matter)、细菌生产力(bacterial production)、膜污染(membrane fouling)、胡敏酸(humic acid)、遥感反演(remote sensing)、平行因子分析(parallel factor analysis)和溶解性有机碳(dissolved organic carbon)、荧光光谱(fluorescence spectroscopy)。结合关键词共现和聚类结果认为:采用平行因子分析和荧光光谱法进行胡敏酸、溶解性有机碳/氮和海洋细菌源 DOM 等研究,是国际 DOM 的研究热点内容,其他密切相关的词汇则形成较为精细的研究领域,如 DOM 引发的膜污染、基于遥感反演的 DOM 光谱学分析等,也是学者广泛关注的热点领域之一。

CNKI 数据库中词频最高为“三维荧光”。中心性>0.1 的关键词为“三维荧光”“膜污染”。关键词聚类后 $Q=0.756\ 5>0.3$, $S=0.752\ 8>0.7$,共得到 11 个聚类关键词,分别为:三维荧光、光降

解、吸附、三峡库区、剩余污泥、膜污染、二级出水、太湖、光谱分析、混凝和沉积物,可认为三峡库区和太湖 DOM 的三维荧光分析、光降解和吸附行为等

是国内 DOM 研究的热点内容,而膜污染、二级出水、混凝和沉积物的 DOM 光谱分析也是国内 DOM 研究的重要分支,可形成不同研究方向。

表 5 前 20 位 DOM 关键词共现结果统计

序号	Web of Science 数据库				CNKI 数据库			
	频次	中心性	关键词	首发年份	频次	中心性	关键词	首发年份
1	3189	0.93	dissolved organic matter	2000	54	0.24	三维荧光	2005
2	658	0.15	humic acid	2000	39	0.07	吸附	2008
3	622	0.18	dissolved organic carbon	2000	27	0.09	土壤	2003
4	366	0.08	chromophoric dissolved organic matter	2000	27	0.13	膜污染	2000
5	266	0.04	remote sensing	2002	26	0.08	荧光光谱	2010
6	265	0.03	water treatment	2000	25	0.06	重金属	2003
7	228	0.03	parallel factor analysis	2008	23	0.09	混凝	2001
8	223	0.04	heavy metal	2003	19	0.05	太湖	2005
9	218	0.05	water quality	2000	18	0.07	沉积物	2012
10	210	0.03	fluorescence	2002	17	0.06	剩余污泥	2008
11	174	0.03	excitation-emission matrix	2004	17	0.07	分子量	2007
12	160	0.03	fulvic acid	2000	16	0.03	三峡库区	2013
13	159	0.02	membrane fouling	2005	16	0.03	分级	2007
14	149	0.03	natural organic matter	2001	16	0.09	二级出水	2011
15	132	0.01	fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry	2012	15	0.03	光谱特征	2009
16	126	0.03	climate change	2003	13	0.06	光谱分析	2011
17	125	0.01	soil organic matter	2000	13	0.03	地下水	2012
18	115	0.01	dissolved organic nitrogen	2000	12	0.04	紫外光谱	2013
19	115	0.01	microbial community	2004	12	0.03	亲疏水性	2014
20	104	0.02	optical property	2004	12	0.03	光降解	2003

2.6.2 研究前沿 关键词突现可获得该领域的研究前沿和热点变化趋势^[25]。Web of Science 数据库的关键词突现结果见图 2。突现强度最高的关键词为:“fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry”(FT-ICR-MS),首发时间为 2012 年,从 2019 年开始突现至今。持续时间最长的突现词为“bacterial production”,持续时间为 9 年。早期的关键词突现为“ultraviolet radiation”“dissolved organic nitrogen”和“humic acid”等。2017 年以来,“two-dimensional correlation spectroscopy”“bacterial community”“fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry”“molecular composition”“microbial community”和“reactive specy”逐渐成为该领域的研究热点并持续至今,表明联合采用二维相关光谱、FT-ICR-MS 等化学手段解析 DOM 分子组成、DOM 介导产生的活性氧物种,以及细菌/微生物群

落对不同来源 DOM 的响应等为研究前沿。值得注意的是,“microbial community”首次出现较早(2004 年),但直至 2020 年才成为突现词。

CNKI 数据库的关键词突现结果见图 3。“三维荧光”的突现强度最高,突现时间为 2018 年并持续至今,表明近年来学者通过三维荧光光谱对 DOM 进行荧光组分解析和定量分析成为热点。2000—2010 年关键词突现依次为“太湖”“分级”和“吸附”。2010—2017 年关键词突现依次为“混凝”“重金属”“紫外光谱”“三峡库区”“荧光光谱”“荧光强度”和“土壤”。自 2017 年以来,“亲疏水性”“沉积物”“三维荧光”“生物炭”和“剩余污泥”和“厌氧发酵”逐渐成为国内 DOM 研究前沿并持续至今,表明生物炭/剩余污泥来源的 DOM 的三维荧光定性定量研究,以及厌氧发酵形成 DOM 等可能是今后的研究热点。“水质”则短暂成为突现词后趋于消失。

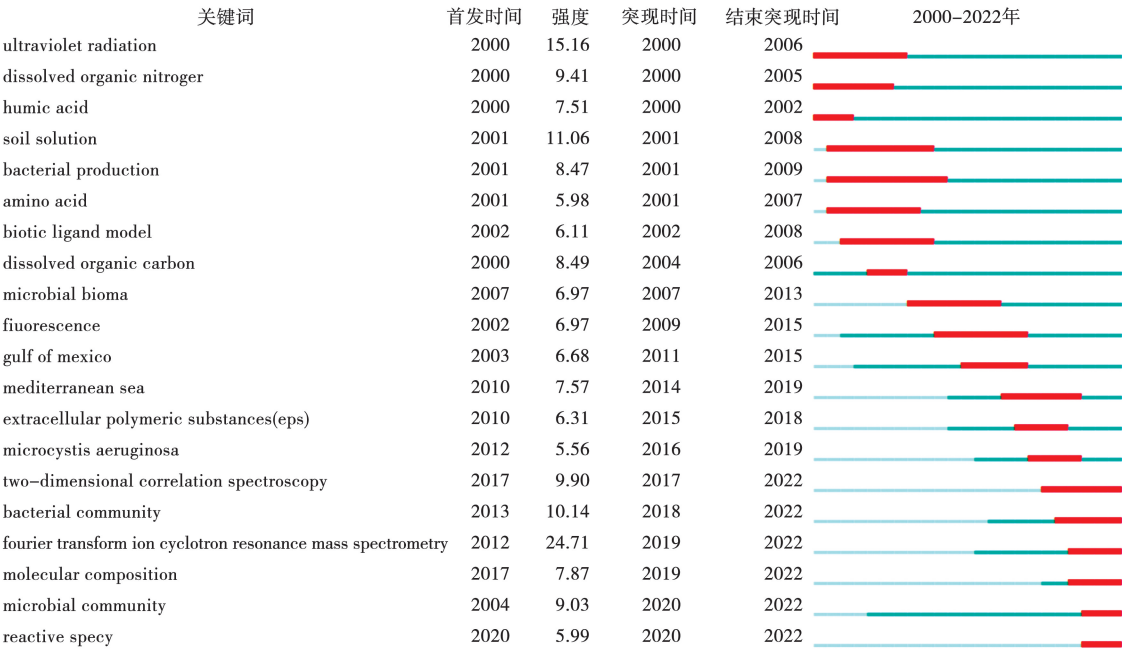


图 2 Web of Science 数据库中前 20 位 DOM 关键词突现

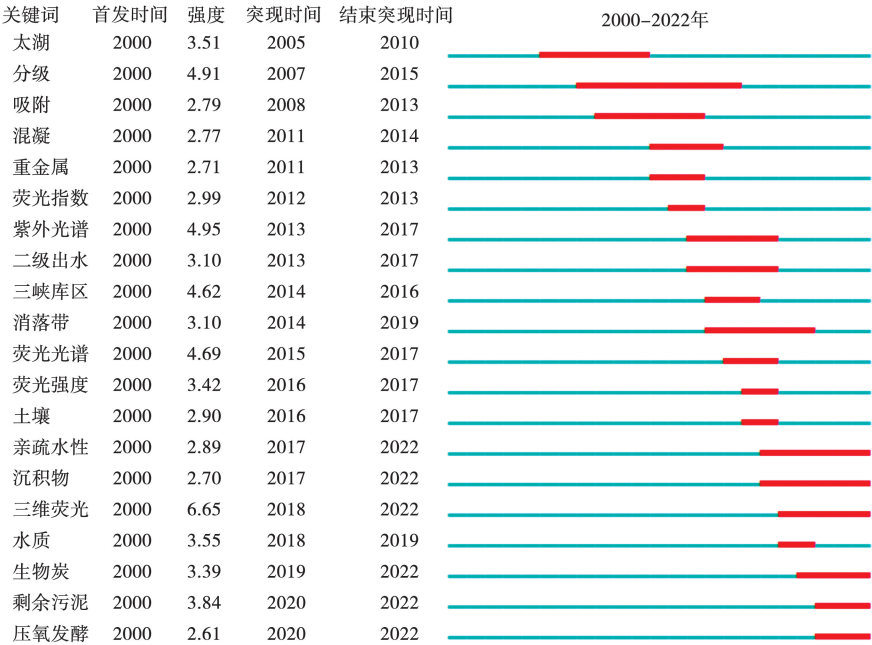


图 3 CNKI 数据库中前 20 位 DOM 关键词突现

2.7 文献共被引分析

文献被引频次反映该研究成果被学者的认可程度。被引前 15 位论文结果见表 6。2016 年 Hansen A M 等发表的“Optical properties of dissolved organic matter (DOM): effects of biological and photolytic degradation”被引频次最高,达 245 次。2013 年 Murphy K R 发表的“Fluorescence spectroscopy and multi-way techniques.

PARAFAC”,被引频次 195 次。值得注意的是, Murphy K R 在 2014 年发表的“OpenFluor-an online spectral library of autofluorescence by organic compounds in the environment”,被引频次也达到了 167 次。2008 年 Helms J R 发表的“Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic

matter”,被引频次 182 次。需要特别指出的是, 2008 年 Stedmon C A 发表的“Characterizing dissolved organic matter fluorescence with parallel factor analysis: a tutorial”,提出的“平行因子分析法(PARAFAC)”一直被广泛用作表征 DOM 荧光组分的经典方法。

表 6 被引前 15 位 DOM 研究论文统计

序号	论文题目	作者	被引频次出版年份	
1	Optical properties of dissolved organic matter (DOM): effects of biological and photolytic degradation	Hansen A M	245	2016
2	Fluorescence spectroscopy and multi-way techniques. PARAFAC	Murphy K R	195	2013
3	Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic matter	Helms J R	182	2008
4	Behavior of reoccurring PARAFAC components in fluorescent dissolved organic matter in natural and engineered systems: a critical review	Ishii S K L	170	2012
5	OpenFluor-an online spectral library of autofluorescence by organic compounds in the environment	Murrhy K R	167	2014
6	Characterizing dissolved organic matter fluorescence with parallel factor analysis: a tutorial	Stedmon C A	160	2008
7	Triplet state dissolved organic matter in aquatic photochemistry: reaction mechanisms, substrate scope, and photophysical properties	Mcneill K	154	2016
8	Persistence of dissolved organic matter in lakes related to its molecular characteristics	Kellerman A M	137	2015
9	Fluorescence spectroscopy for wastewater monitoring: a review	Carstea E M	122	2016
10	R: a language and environment for statistical computing	RR Core Team	121	2019
11	From mass to structure: an aromaticity index for high-resolution mass data of natural organic matter	Koch B P	116	2016
12	What's in an EEM? Molecular signatures associated with dissolved organic fluorescence in boreal Canada	Stubbins A	113	2014
13	The global distribution and dynamics of chromophoric dissolved organic matter	Nelson N B	111	2013
14	Fluorescence spectroscopy opens new windows into dissolved organic matter dynamics in freshwater ecosystems: a review	Fellman J B	109	2010
15	Chemodiversity of dissolved organic matter in lakes driven by climate and hydrology	Kellerman A M	106	2014

2.8 作者共被引分析

由表 7 可知,丹麦技术大学 Stedmon C A 教授和南佛罗里达大学 Coble P G 教授的共被引次数处于绝对领先地位。值得注意的是,2.7 中 Stedmon C A 教授也发表了 1 篇高被引论文,这表明 Stedmon C A 教授在 DOM 研究领域具有重要的创新性和学术影响力。其次为美国科罗拉多大学博尔德分校 Mcknight D M 教授、美国地质调查局 Weishaar J L 教授和中南大学陈伟教授。

2.9 期刊共被引分析

期刊共被引频次是衡量学术期刊吸引力的主要指标。被引前 20 位的期刊见表 8。根据布拉德福定律^[26],计算得核心期刊为 20 种。共被引频次最多的核心期刊是 *Environmental Science & Technology*,其次为 *Limnology and Oceanography*、*Water Research*、*Science of The Total Environment*、*Chemosphere* 等。同时,共被引期刊中也存在大量综合性期刊,因此

DOM 研究领域具有综合性、多学科交叉性。

表 7 被引前 15 位 DOM 研究作者统计

序号	作者	被引频次	中心性	首发年份
1	Stedmon C A	2435	0.05	2003
2	Coble P G	2145	0.03	2000
3	Mcknight D M	1625	0.02	2000
4	Weishaar J L	1542	0.03	2005
5	Chen Wei(陈伟)	1523	0.04	2006
6	Helms J R	1336	0.02	2009
7	Yamasihita Y	1329	0.04	2005
8	Murphy K R	1295	0.02	2009
9	Benner R	1280	0.03	2000
10	Cory R. M	1203	0.02	2006
11	Kalbitz K	1188	0.01	2001
12	Fellman J B	1076	0.01	2009
13	Dittmar T	1071	0.04	2003
14	Kaiser K	1023	0.03	2000
15	Ohno T	991	0.03	2006

表 8 被引前 20 位 DOM 研究期刊统计		
序号	外文期刊	频次
1	<i>Environmental Science & Technology</i>	11488
2	<i>Limnology and Oceanography</i>	8797
3	<i>Water Research</i>	8661
4	<i>Science of The Total Environment</i>	7477
5	<i>Chemosphere</i>	7474
6	<i>Marine Chemistry</i>	6698
7	<i>Nature</i>	6234
8	<i>Science</i>	5056
9	<i>Geochimica Et Cosmochimica Acta</i>	4976
10	<i>Organic Geochemistry</i>	4226
11	<i>Biogeochemistry</i>	4098
12	<i>Journal of Hazardous Materials</i>	3972
13	<i>Environmental Pollution</i>	3852
14	<i>Applied and Environmental Microbiology</i>	3478
15	<i>Analytical Chemistry</i>	3239
16	<i>Marine Ecology Progress Series</i>	3233
17	<i>Biogeosciences</i>	2995
18	<i>Limnology and Oceanography Methods</i>	2995
19	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i>	2945
20	<i>Geophysical Research Letters</i>	2940

3 结论

本研究利用 Citespace 软件对 Web of Science 数据库和 CNKI 数据库中 DOM 研究文献进行可视化分析,分别从年发文量、研究学科分布、发文作者、发文机构、发文国家、研究热点、研究前沿等进一步分析和进一步梳理,为国内深入开展 DOM 研究提供参考。研究表明,Web of Science 数据库和 CNKI 数据库发文量总体上呈增加趋势,前者研究学科主要分布在环境科学、工程与环境、水资源等领域,后者研究学科分布在环境科学与资源利用、农业基础科学等领域。Dittmar Thorsten 和薛爽分别是发文量最高的英文作者和中文作者,中国科学院是发文量最高的研究机构,中国和美国的发文量最大,但法国、德国和美国的学术影响力占据前列。Web of Science 数据库的研究热点:利用平行因子分析结合荧光光谱法,开展胡敏酸、溶解性有机碳/氮和海洋细菌源 DOM 等研究。CNKI 数据库的研究热点:三峡库区和太湖流域 DOM 的三维荧光光谱分析、光降解和吸附行为等研究。采用二维相关光谱、FT-

ICR-MS 等技术手段解析 DOM 分子组成、DOM 介导形成活性氧物种的机制,以及细菌/微生物群落对不同来源 DOM 的响应等是 Web of Science 数据库的研究前沿,CNKI 数据库的研究前沿则表现为:生物炭/剩余污泥源 DOM 的三维荧光分析以及厌氧发酵形成 DOM 等。*Environmental Science & Technology* 是 DOM 研究领域的首位高被引学术期刊,“Stedmon C A”是 DOM 研究领域的首位高被引作者,“Optical properties of dissolved organic matter (DOM): effects of biological and photolytic degradation”是 DOM 研究领域的首位高被引论文。

参考文献:

[1] TANG J,LI X,CAO C,et al. Compositional variety of dissolved organic matter and its correlation with water quality in peri-urban and urban river watersheds[J]. *Ecological Indicators*,2019,104: 459-469.

[2] 凌宇,闫国凯,王海燕,等. 6 种农业废弃物初期碳源及溶解性有机物释放机制[J]. *环境科学*,2021,42(5):2422-2431.

[3] RUTLIDGE H,MCDONOUGH L K,LOUDONE P,et al. Characterisation of groundwater dissolved organic matter using LC-OCD:implications for water treatment[J]. *Water Research*,2022,188(1):116422.

[4] 李海斌,谢发之,李国莲,等. 南太湖上覆水溶解性有机质的光谱特征[J]. *中国环境科学*,2022,42(7):3306-3315.

[5] ZHANG X H,CAO F,HUANG Y,et al. Variability of dissolved organic matter in two coastal wetlands along the Changjiang river estuary:responses to tidal cycles,seasons, and degradation processes [J]. *Science of The Total Environment*,2022,807(3):150993.

[6] 李艳,魏丹,王伟,等. 秸秆-牛粪发酵过程中溶解性有机质的荧光光谱特征[J]. *光谱学与光谱分析*,2021,41(9): 2846-2852.

[7] 寇兵,袁英,惠坤龙,等. 垃圾渗滤液中溶解性有机质与重金属络合机制研究现状及展望[J]. *环境工程技术学报*,2022, 12(3):851-860.

[8] FANG G D,LIU C,WANG Y J,et al. Photogeneration of reactive oxygen species from biochar suspension for diethyl phthalate degradation[J]. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2017,214:34-45.

[9] 聂雄峰,黄雁飞,刘斌,等. 基于 CiteSpace 的农田安全利用研究态势分析[J/OL]. *西南农业学报*,2022:1-10(2022-09-30) [2022-10-11]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1213.S.20220929.1729.018.html>.

[10] 罗斌圣,龙春林. 民族生态学研究的文献计量学可视化分析[J]. *生态学报*,2018,38(4):1510-1519.

[11] 李杰,陈超美. *CiteSpace 科技文本挖掘及可视化*[M]. 2 版. 北京:首都经济贸易大学出版社,2017.

[12] 邹吉宇,庞立健,吕晓东. 2000 年至 2020 年国内肺络研究领域的 CiteSpace 文献计量与可视化分析[J]. *世界科技*

- 术-中医药现代化,2022,24(4):1466-1474.
- [13] 谢瑶,唐研,刘霞,等.基于文献计量的玉米逆境胁迫机制研究进展分析[J].农业大数据学报,2020,2(2):112-124.
- [14] 王娟,苏德纯.基于文献计量的小麦玉米重金属污染农田修复治理技术及效果分析[J].农业环境科学学报,2021,40(3):493-500.
- [15] 邢素芝,李孝良,肖新,等.基于 CiteSpace 可视化分析有机肥料研究进展[J].土壤,2020,52(4):659-667.
- [16] 王明恩,吴获,徐卫平,等.基于 CiteSpace 的激光荧光材料发展综述[J].激光与红外,2022,52(10):1427-1435.
- [17] ZHAO S Y, XUE S, ZHANG J, et al. Dissolved organic matter-mediated photodegradation of anthracene and pyrene in water[J]. Scientific Reports, 2020, 10: 3413-3421.
- [18] XUE S, SUN J, LIU Y, et al. Effect of dissolved organic matter fractions on photodegradation of phenanthrene in ice[J]. Journal of Hazardous Materials, 2019, 361: 30-36.
- [19] WANG Y, LIU J, NGUYEN V L, et al. Binding strength of mercury (II) to different dissolved organic matter; the role of DOM properties and sources[J]. Science of the Total Environment, 2022, 807(3): 150979.
- [20] WANG M, LIU J, PENG L, et al. Estimation of the biogeochemical reactivities of dissolved organic matter from modified biochars using color[J]. Science of the Total Environment, 2021, 790: 147974.
- [21] CHEN X, YU M, HE X, et al. Fate of dissolved organic matter substructure in a full-scale wastewater treatment plant by using size exclusion chromatography multi-excitation-emission matrix analysis[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 328: 129677.
- [22] 赵洪猛,王慎强,赵旭,等.基于 Citespace 的土壤碳氮磷交互研究可视化分析[J].土壤,2022,54(4):682-690.
- [23] 陈红燕,黄晓仪,魏凤香,等.重型新型冠状病毒肺炎研究热点及前沿分析:基于 CiteSpace 的可视化分析[J].中华危重病急救医学,2020,32(6):671-676.
- [24] 张紫玄,王雪颖,王昊.题名与关键词在文献内容揭示中的对比研究——基于农产品品牌评价领域[J].情报科学,2017,35(10):88-93.
- [25] 王娟,陈世超,王林丽,等.基于 CiteSpace 的教育大数据研究热点与趋势分析[J].现代教育技术,2016,26(2):5-13.
- [26] 王知津,李博雅.近五年我国情报学研究热点动态变化分析——基于布拉德福定律分区理论[J].情报资料工作,2016(3):34-40.

Research Progress of Dissolved Organic Matter Based on CiteSpace

ZHOU Xiangjun

(College of Bioengineering and Biotechnology, Tianshui Normal University / Key Laboratory of Utilization of Agricultural Solid Waste Resources, Tianshui 741001, China)

Abstract: In order to fully understand the research hotspots and research frontiers of dissolved organic matter (DOM), DOM literatures in Web of Science and CNKI database were taken as research object, CiteSpace was used to visually analyze the annual publication numbers, research disciplines, published authors, published institutions, published countries, keyword co-occurrence, keyword emergence, co-cited literature, authors and journals. The results showed that, (1) the publication numbers in Web of Science database and CNKI database were generally increasing. The research disciplines were distributed in the fields of environmental science, engineering and environment, and environmental science and resource utilization, agricultural basic science, respectively. (2) The authors with the highest publication number in Web of Science database and CNKI database are Dittmar Thorsten and Xue Shuang respectively. China and the United States had far more publication numbers than other countries, with France, Germany and the United States ranking the top three in terms of influence. (3) Using parallel factor analysis and fluorescence spectroscopy to study humic acid, dissolved organic carbon/nitrogen and DOM derived from marine bacteria were a research hotspot of foreign literatures. Three-dimensional fluorescence spectrum analysis, photodegradation and adsorption behavior of DOM in the Three Gorges Reservoir and Taihu Lake Basin were the research hotspots of Chinese literatures. (4) The analysis of DOM molecular composition, DOM-mediated reactive oxygen species, and bacterial/microbial community responses to DOM by two-dimensional correlation spectroscopy and FT-ICR-MS were the research frontiers of foreign literatures. The three-dimensional fluorescence analysis of DOM from biochar/excess sludge and the formation of DOM by anaerobic fermentation were the research frontiers of Chinese literatures. (5) *Environmental Science & Technology*, "Stedmon C A" were the first highly cited journals and authors, respectively.

Keywords: dissolved organic matter; bibliometrics; CiteSpace; visual analysis