

# 基于文献计量学分析的全球生物质炭研究进展

肖鹏飞, 安璐, 吴德东

(东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

**摘要:** 为了深入了解国内外生物质炭的研究现状与研究热点, 为相关研究领域的科研工作者与决策者提供参考, 该文以 Web of Science 核心数据库为数据源, 采用文献计量学方法对 2003—2020 年间全球发表的生物质炭研究文献进行分析。全球生物质炭研究的发文量呈快速增长趋势, 其中中国总发文量和总被引频次均位居世界首位。中国-美国是生物质炭研究最大的合作关系体。发文量最多的机构是中国科学院。中国有 8 名学者发文量进入世界前 20 名, 上海交通大学曹心德的总发文量和总被引频次位列大陆学者榜首。发文量最大的学科方向是环境科学。中国在生物质炭研究方面发展快、成果产出多, 但缺乏有国际影响力的核心成果, 在研究创新性和发文质量上还有待提升。关键词分析表明, 生物质炭在土壤改良和农业生产中的应用、利用生物质炭处理废水及修复污染土壤, 以及生物质炭制备方法和工艺的创新是生物质炭在不同领域的高效利用可能成为今后的研究热点。

**关键词:** 生物质炭; 聚类分析; 文献计量学; Web of Science; 发文量; 实现关键词

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.18.034

中图分类号: G353.1; X703.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2020)-18-0292-09

肖鹏飞, 安璐, 吴德东. 基于文献计量学分析的全球生物质炭研究进展[J]. 农业工程学报, 2020, 36(18): 292-300.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.18.034 <http://www.tcsae.org>

Xiao Pengfei, An Lu, Wu Dedong. Research progress of biochar in the world based on bibliometrics analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(18): 292-300. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.18.034 <http://www.tcsae.org>

## 0 引言

生物质炭是指生物质原料在低氧条件下经过高温热裂解所形成的固体产物<sup>[1]</sup>, 其来源有农业废弃物<sup>[2]</sup>、城市废弃物<sup>[3]</sup>和木材废弃物<sup>[4]</sup>等。因具有较高碳素含量、较大表面积以及多孔结构等, 生物质炭被广泛应用于农业和环境保护领域<sup>[5]</sup>。已有研究证实, 将生物质炭施入生态系统后, 不仅可以提高作物产量、土壤质量和肥力, 还可以改善土壤理化性质, 在增加土壤微生物的同时实现固碳的目的<sup>[6-7]</sup>。此外, 生物质炭在减少农田生态系统中温室气体的排放以及污染环境修复等方面同样发挥着重要的作用<sup>[8-10]</sup>。近年来, 全球发表的生物质炭相关的研究成果日益增多, 但这些成果仅从不同角度来阐述生物质炭的作用, 很少有研究收集并总结相关的全球生物质炭研究的系统数据。因此有必要针对近十几年来全球生物质炭的研究进展进行全面梳理, 进一步明晰生物质炭研究领域的发展动态。

文献计量学是指对某研究领域的文献进行定量分析研究的科学<sup>[11-12]</sup>。因具有客观性、量化、模型化等特点, 文献计量学已被广泛应用于农业、经济、政治、生态、管理等诸多领域<sup>[13-15]</sup>。采用文献计量学方法对生物

质炭研究进行系统回顾, 对于揭示该领域的核心技术和重点领域, 探索未来研究方向, 寻求国家、研究机构和作者之间的合作具有重要意义。

尽管近年来学者们对生物质炭表现出越来越浓厚的兴趣, 也发表了较多的生物质炭方面的文献, 但传统的综述类文献很难对该领域在大时间尺度上的进展进行有效的总结和定量分析, 缺乏从全球的视角对这一领域进行全面把握。因此, 本文利用文献计量学方法对 2003—2020 年间 Web of Science 核心数据库中收录的生物质炭研究领域的文献进行量化分析, 在运用系统中自带的统计功能对发文量等各项指标进行统计分析的基础上, 运用 VOSviewer 和 CiteSpace 可视化文献分析工具对生物质炭研究领域的高频关键词进行重点分析, 揭示国际生物质炭领域的研究热点与发展前沿。与传统的文献综述相比, 本研究是对生物质炭研究领域在大时间尺度上的发展进行回顾和可视化的新尝试, 有助于科学研究人员把握该领域的发展特点, 指导今后的工作。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

本文所有数据均来源于美国科技信息所推出的 Web of Science 核心数据库, 该数据库覆盖了世界上最重要和最具有影响力的文献。本文以“TI=biochar”作为检索项, 共获得 2003 年以来发表的文献 7 687 篇, 其中研究论文和综述论文分别有 6 990 和 311 篇, 分别占总发文量的 90.93%和 4.05%。以此作为生物质炭相关分析样本进行后

收稿日期: 2020-06-21 修订日期: 2020-09-12

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(LH2019D0002); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2572017CA08)

作者简介: 肖鹏飞, 博士, 副教授, 研究方向为环境功能材料的开发与应用。

Email: xpfawd@nefu.edu.cn

续的归类计量统计分析, 文中所有数据的检索日期截止至 2020 年 9 月 5 日。

## 1.2 研究方法

利用文献计量学方法对文献进行量化分析。使用 Microsoft Excel 2007 分析出版数量的趋势, 采用多项式模型预测下一年发表量的增长趋势。同时, 使用 Web of Science 系统自带统计分析功能, 对收集到的发文量、高发文国家和机构、高发文期刊和作者、高被引论文、发文方向等进行统计分析。将筛选后的文献从 Web of Science 核心数据库下载的 txt 格式文本, 按照研究内容的需要分别将其导入至 VOSviewer 1.6.15 和 CiteSpace 可视化文献分析软件, 进行关键词聚类分析和突现分析, 揭示生物质炭研究的热点以及趋势。

## 1.3 主要指标

本文从文献的数量和质量 2 个维度出发, 采用发文量、总被引频次、总他引频次、 $H$  指数等作为分析指标。发文量即论文的产出篇数, 是衡量科研生产能力的重要指标; 被引频次是指该统计项目的论文或某篇论文被其他论文作为参考文献的次数, 反映出论文在该领域的价值和被关注的程度;  $H$  指数是指将相关统计项目所发表的文章按照被引频次进行从高到低的排序, 至少有  $H$  篇文献被引用了至少  $H$  次<sup>[16]</sup>。 $H$  指数越高, 则代表被引文献的篇数和次数越多, 说明该统计项目的论文影响力越高。

## 2 结果与分析

### 2.1 总发文量及增长趋势

不同年份的发文量在一定程度上反映了研究人员对本领域研究热点的关注程度, 也反映了相关领域和学科的发展速度。图 1 显示了全球和中国每年发表的生物质炭方面的论文数量及增长趋势。Purevsuren 等<sup>[17]</sup>在 2003 年发表了第一篇生物质炭的论文, 之后的几年内, 相关研究没有明显的增加, 2007 年和 2008 年均仅有 4 篇相关文献; 而在 2010 年以后, 生物质炭研究进入爆发期, 论文数量大幅度增加, 仅 2019 年的文献数量就达到 1 741 篇, 占 2003—2020 年间生物质炭领域总发文量的 22.65%, 生物质炭研究已经成为当下全球学者关注的焦点。自从上海交通大学 Cao 等<sup>[18]</sup>于 2009 年发表国内首篇生物质炭研究论文后, 国内学者的发文量逐年增加, 2019 年达到了 897 篇文献, 占世界发文总数的一半以上, 表明国内学者对生物质炭方面研究成果的贡献不断增加。用多项式趋势线模拟了 2009 年以后发表年份与文献发表数量之间的关系, 其趋势线模型拟合结果良好 (图 1)。从该趋势线可以预测, 2020 年世界和中国发文量将分别会突破 2 000 篇和 1 100 篇。实际上, 截止至 2020 年 9 月 5 日, 世界和中国的实际发文量已分别达到 1 476 和 917 篇。

### 2.2 文献被引频次

被引频次是客观反应论文在该领域的引用价值和受重视程度的重要评价指标, 被引频次越高表明论文在相关领域的科学交流中的作用和地位越高。从图 2 可见, 2009 年之前发表的文献由于数量极少, 其总引用频次不

高。进入 2010 年之后, 世界总被引频次爆发式增长, 连续 8 a 的总引用数均在 15 000 次以上, 其中 2014 年的总被引频次最高, 为 22 345 次。中国发文的总被引频次高峰出现在 2014 年之后, 其中 2016 年和 2017 年的总被引频次均超过 10 000 次。从篇均被引频次上看, 2009 年之前尽管发文量不多, 但由于关注点集中, 篇均被引频次较高, 如 2007 和 2008 年文献只有 3 篇和 4 篇, 但篇均引用分别达到 354.5 和 229 次。2009 年中国首次发表 3 篇文献, 篇均被引高达 332.33 次。随后由于世界和中国发文量的增加, 篇均被引频次随年份缓慢下降。

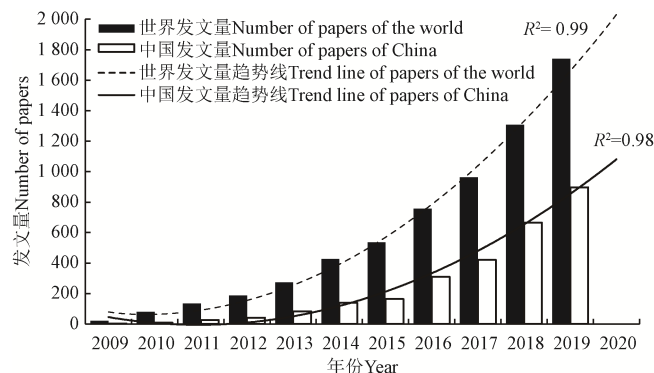


图 1 生物质炭研究的发文量及增长趋势

Fig.1 Number and growth trend of papers published on biochar research

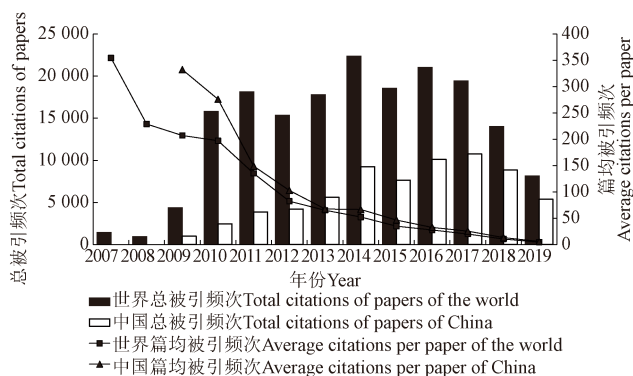


图 2 世界和中国生物质炭研究论文的被引情况

Fig.2 Citations of biochar research papers in the world and China

### 2.3 发文国家及国际合作

论文的总发文量一定程度上可反映出一个国家在该领域的科学研究水平和学术地位; 而被引频次则体现了所发表论文在该领域的国际影响力和受重视程度。全球共有 97 个国家发表了生物质炭相关的论文, 其中发文量排名前 10 的国家如表 1 所示。中国发文量为 3 608 篇, 占总发文量的 46.94%, 遥遥领先于其他国家, 也体现了中国在该研究领域学术水平和地位的提升。排名第 2 和第 3 名的分别为美国和澳大利亚, 分别发表了 1 503 和 543 篇文献。中、美、澳三国的总被引频次同样位居前三位。然而, 虽然中国在总发文量、总被引频次和  $H$  指数上处于世界领先地位, 但篇均被引频次明显偏低, 表明尽管近年来中国在生物质炭领域的研究比较活跃, 论文产出成果较多, 但在全球范围内受关注的程度及国际影响力仍然不高, 在研究成果的质量与影响力上与美、澳、

韩、德等国家相比仍有差距, 研究创新点或突破性还有待进一步提高。

表 1 发文量前 10 的国家  
Table 1 Top 10 countries in number of papers

排名 Rank	国家 Country	发文量 Number of papers	占比 Percentage/%	总被引 频次 Total citations	篇均被引频次 Average citations per paper	H 指数 H-index
1	China	3 608	46.94	79 882	22.14	118
2	USA	1 503	19.55	61 765	41.09	119
3	Australia	543	7.06	25 890	47.68	75
4	Korea	438	5.70	15 404	35.17	61
5	Pakistan	336	4.37	8 082	24.05	43
6	Canada	335	4.36	9 094	27.15	48
7	Germany	333	4.33	12 846	38.58	56
8	India	320	4.16	8 165	25.52	41
9	Spain	257	3.34	9 065	35.27	48
10	Italy	247	3.21	7 038	28.49	41

为了进一步掌握不同国家之间在生物质炭研究领域的合作关系, 使用 VOSviewer 工具对发文国家进行了共现网络分析。分析发文量排名前 30 的国家(节点)间的共现网络关系可知中国和美国是 2 个最大的网络节点, 位于共现关系图谱的中心连接点, 即和其他主要发文国家的联系最为紧密。在整个合作共现关系图谱中, 中美之间的线条最粗, 表明两国是生物质炭研究领域最大的合作关系体。生物质炭研究中合作密切程度排名前 10 的关系体依次为中国-美国、中国-澳大利亚、中国-韩国、

中国-巴基斯坦、中国-加拿大、中国-德国、中国-新西兰、美国-韩国、中国-英国和巴基斯坦-沙特阿拉伯; 而与中国合作最密切的国家依次为美国、澳大利亚、韩国、巴基斯坦、加拿大、德国、新西兰、英国、印度和埃及。可见, 中国与主要生物质炭发文国家之间均开展了较多的合作研究, 这与近年来中国支持“走出去, 请进来”的研究战略有一定关系。国内学者有更多的机会与国外高水平机构和学者进行交流与合作, 这也有助于国内生物质炭研究紧跟国际研究前沿, 瞄准研究热点。

2.4 高发文机构及作者

全世界共有 1 610 家机构开展了生物质炭相关的研究。发文量在 100 篇以上的机构有 17 家, 分别来自于中国(10 家)、美国(4 家)、韩国(2 家)和巴基斯坦(1 家)(表 2)。其中中国科学院发文量为 639 篇, 占世界总发文量的 8.31%, 排名第二和第三的分别为美国农业部(243 篇)和中国科学院大学(215 篇)。此外, 中国的浙江大学、南京农业大学、中国农科院、西北农林科技大学、湖南大学、中国农业大学、上海交通大学和香港理工大学的发文量也都在 100 篇以上, 表明中国的研究机构虽然在生物质炭相关研究上起步略晚, 但追赶速度较快, 在生物质炭研究中已经占有整体的优势。中国科学院、佛罗里达州立大学系统和佛罗里达大学发文的总被引频次和他引频次均占据世界前三名。而中国篇均被引频次排名前三的分别为上海交通大学、湖南大学和南京农业大学。

表 2 发文量在 100 以上的机构  
Table 2 Institutions with more than 100 in number of papers

排名 Rank	机构 Institution	所属国家 Country	发文量 Number of papers	总被引频次 Total citations	他引频次 Without self citations	篇均被引频次 Average citations per paper	H 指数 H-index
1	Chinese Academy of Sciences	China	639	17 923	16 403	28.05	68
2	United States Department of Agriculture	USA	243	11 424	10 800	47.01	54
3	University of Chinese Academy of Sciences	China	215	5 838	5 579	27.15	37
4	Zhejiang University	China	205	5 373	5 063	26.21	38
5	State University System of Florida	USA	194	13 434	12 556	69.25	55
6	Nanjing Agricultural University	China	182	6 272	5 602	34.46	40
7	University of Florida	USA	180	13 101	12 245	72.78	54
8	Chinese Academy of Agricultural Sciences	China	163	2 680	2 500	16.44	28
9	Northwest A&F University	China	159	4 171	3 884	26.23	33
10	Korea University	Korea	137	3 499	3 175	25.54	35
11	Hunan University	China	122	5 085	4 726	41.68	39
12	University of California System	USA	116	5 977	5 799	51.53	32
13	China Agricultural University	China	111	1 861	1 755	16.77	20
14	Shanghai Jiao Tong University	China	107	5 523	5 234	51.62	32
15	University of Agriculture Faisalabad	Pakistan	106	2 169	1 985	20.46	22
16	Hong Kong Polytechnic University	China	105	3 261	2 813	31.06	32
17	Kangwon National University	Korea	100	8 119	7 709	81.19	44

全球 15 700 多名学者为生物质炭的研究做出了贡献。在发文量排名前 20 的学者中, 中国以 8 名占据绝对优势, 美国和巴基斯坦各有 3 名, 韩国 2 名, 澳大利亚、挪威、斯里兰卡和德国各有 1 名(表 3)。来自韩国大学的 Ok Yong Sik 以 187 篇论文牢牢占据全球发文量的首位, 其发文量甚至超过韩国总发文量的 40% 以上。

佛罗里达大学的 Gao Bin 和香港理工大学的 Tsang Daniel CW 分别以 105 和 96 篇的发文量排在第 2 和第 3 位。Ok Yong Sik 和 Gao Bin 发文的总被引频次和他引频次均远高于其他作者, 两位学者在该领域的研究备受世界关注。从国内学者来看, 上海交通大学曹心德、佛山大学王海龙和湖南大学曾光明的发文量分别排在中国

大陆学者的前 3 位，而曹心德以及南京农业大学的李恋卿和潘根兴的篇均被引频次分别位居国内前 3 位，这些学者是国内从事生物质炭研究的重要力量，在国内外均具有较强的影响力。

表 3 发文量前 20 的作者  
Table 3 Top 20 authors in number of papers

排名 Rank	作者 Author	机构 Institution	发文量 Number of papers	总被引频次 Total citations	他引频次 Without self citations	篇均被引频次 Average citations per paper	H 指数 H-index
1	Ok Yong Sik	Korea University (Korea)	187	9 871	8 899	52.79	51
2	Gao Bin	University of Florida (USA)	105	9 196	8 509	87.58	44
3	Tsang Daniel CW	Hong Kong Polytechnic University (China)	96	3 241	2 802	33.76	32
4	Cao Xinde	Shanghai Jiao Tong University (China)	62	4 910	4 683	79.19	29
5	Wang Hailong	Foshan University (China)	62	2 700	2 446	43.55	24
6	Zeng Guangming	Hunan University (China)	61	3 455	3 319	56.64	32
7	Joseph Stephen	University of New South Wales Sydney (Australia)	60	3 337	3 177	55.62	26
8	Rizwan Muhammad	Government College University Faisalabad (Pakistan)	54	1 072	905	19.85	17
9	Pan Genxing	Nanjing Agricultural University (China)	53	2 907	2 659	54.85	28
10	Zhang Zengqiang	Northwest A&F University (China)	50	1 401	1 270	28.02	21
11	Li Lianqing	Nanjing Agricultural University (China)	48	3 094	2 866	64.46	28
12	Cornelissen Gerard	Norwegian University of Life Sciences (Norway)	46	1 569	1 444	34.11	21
13	Lehmann Johannes	Cornell University (USA)	46	7 244	7 137	157.48	30
14	Vithanage Meththika	Univ Sri Jayewardenepura (Sri Lanka)	42	3 202	3 077	76.24	21
15	Meng Jun	Shenyang Agricultural University (China)	38	633	614	16.66	14
16	Rinklebe Joerg	University of Wuppertal (Germany)	37	1 228	1 124	33.19	17
17	Ali Shafaqat	Government College University Faisalabad (Pakistan)	35	744	643	21.26	11
18	Kwon Eilhann E	Sejong University (Korea)	33	893	852	27.06	16
19	Zimmerman Andrew R	University of Florida (USA)	33	4 506	4 426	136.55	20
20	Hussain Qaiser	Arid Agriculture University (Pakistan)	33	1 307	1 273	39.61	12

2.5 高发文期刊

生物质炭研究发文量前 10 的期刊均发文 100 篇以上，10 个期刊发文量占总发量的 30%左右（表 4）。其中 Science of the Total Environment 以 480 篇的发文量成为发表生物质炭研究成果最多的期刊；其次为 Bioresource Technology 和 Chemosphere。从被引频次上看，Bioresource Technology 的总被引频次和篇均被引频

次分别为 20 113 和 50.28，而 Chemosphere 这两项指标分别为 14 186 和 44.19，均远远高于其他期刊，表明这 2 个期刊是发表生物质炭研究最具影响力的国际期刊。从表 4 可知，发表生物质炭研究的期刊均属于具有较高的影响因子和学术影响力的环境类 Q1 和 Q2 期刊，也反映出国内外生物质炭研究仍是以环境科学与工程相关方向的应用为主。

表 4 发文量前 10 的期刊  
Table 4 Top 10 journals in number of papers

排名 Rank	出版物 Journal	影响因子 Influencing factors	发文量 Number of papers	占比 Percentage/%	总被引频次 Total citations	篇均被引频次 Average citations per paper	H 指数 H-index
1	Science of the Total Environment (Netherlands)	6.551(Q1)	480	6.24	9 288	19.35	50
2	Bioresource Technology (Netherlands)	7.539(Q1)	400	5.20	20 113	50.28	75
3	Chemosphere (UK)	5.778(Q1)	321	4.18	14 186	44.19	56
4	Environmental Science and Pollution Research (Germany)	3.056(Q2)	292	3.80	3 741	12.81	27
5	Journal of Environmental Management (UK)	5.647(Q1)	162	2.11	4 257	26.28	36
6	Journal of Hazardous Materials (Netherlands)	9.038(Q1)	152	1.98	4 552	29.25	32
7	Chemical Engineering Journal (Switzerland)	10.652(Q1)	150	1.95	4 995	33.30	37
8	Journal of Cleaner Production (USA)	7.246(Q1)	134	1.74	2 064	15.40	25
9	Environmental Pollution (UK)	6.792(Q1)	128	1.67	4 052	31.66	32
10	Journal of Soils and Sediments (Germany)	2.763(Q2)	119	1.55	2 254	18.94	25

注：Q1 和 Q2 分别代表影响因子位于该学科 2019 年排名前 25%和>25%-50%的期刊。  
Note: Q1 and Q2 represent the influencing factors of journals rank the top 25% and >25%-50% in the given subject in 2019, respectively.

2.6 Top10 高被引论文

分析本领域高被引论文，可以了解不同机构和学者的学术水平，也可追踪本学科领域的研究热点，为进一步的相关研究提供参考。Top10 高被引论文大多发表在

2010—2011 年间（表 5）。对第一作者的所属国别进行统计，有 4 篇论文的作者来自英国，2 篇来自美国，韩、印、澳、中各 1 篇。英美等发达国家开展生物质炭研究较早，掌握的方法比发展中国家更加全面系统，加上语

言的通用性等原因使他们的研究在全球有较高的影响力。来自美国康奈尔大学的 Lehmann 等于 2011 年发表的综述“Biochar effects on soil biota-A review”被引频次最高,达到了 1 825 次。该作者从生物质炭对土壤环境的改良机制、土壤生物对生物质炭的响应以及土壤生物质炭的管理与风险等几个方面对生物质炭与土壤生物的关系进行了全面的阐述<sup>[19]</sup>。排在第二位的是韩国国立江原大学的 Ahmad 等于 2014 年发表的“Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review”,被引频次为 1 485 次,该论文综述了生物质炭作为吸附剂去除土壤和水体中有机物和金属的研究进展<sup>[20]</sup>。美国俄勒冈州立大学的 Keiluweit 等发表的“Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (Biochar)”以 1 258 的总被引频次排在第三位和研究论文的首位,作

者提出了对生物质炭中芳香碳的结构和化学复杂性在分子水平上进行评估的方法<sup>[21]</sup>。其他高被引论文的内容主要集中在利用生物质炭提高土壤肥力和作物生产力、缓解气候变化、去除水中污染物等几个方面。中国科学院南京土壤所的袁金华等 2011 年发表的“The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures”成为唯一进入 Top10 的中国论文,以 756 的总被引频次排名第 10 位。该论文以不同农作物秸秆为原料,在不同温度下热解生成生物质炭,分析了生物质炭中碱的形态、成分和官能团等<sup>[28]</sup>。此外,仅有 4 篇国内学者为第一作者的论文进入被引频次的前 30 名。可见,作为发文量最多的国家,中国在发表生物质炭领域高水平、高影响力论文方面与生物质炭研究先进国家相比仍有差距,具有国际影响力的核心研究成果不多。

表 5 前 10 篇高被引文献  
Table 5 Top 10 most cited papers

排名 Rank	题目 Title	文章类型 Paper type	第一作者 First author	出版物 Journal	总被引频次 Total citations	时间 Time
1	Biochar effects on soil biota-A review <sup>[19]</sup>	Review	Lehmann J (USA)	Soil Biology and Biochemistry	1 825	2011
2	Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review <sup>[20]</sup>	Review	Ahmad M (Korea)	Chemosphere	1 485	2014
3	Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (Biochar) <sup>[21]</sup>	Article	Keiluweit M (USA)	Environmental Science and Technology	1 258	2010
4	Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review <sup>[22]</sup>	Review	Atkinson C J (UK)	Plant and Soil	974	2010
5	A review of biochar and its use and function in soil <sup>[23]</sup>	Review	Sohi S P (UK)	Advances in Agronomy	928	2010
6	Sustainable biochar to mitigate global climate change <sup>[24]</sup>	Article	Woolf D A (UK)	Nature Communications	924	2010
7	A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis <sup>[25]</sup>	Article	Jeffery S (UK)	Agriculture Ecosystems and Environment	919	2011
8	Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent-A critical review <sup>[26]</sup>	Review	Mohan D (India)	Bioresource Technology	915	2014
9	Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility <sup>[27]</sup>	Article	Van Zwieten L (Australia)	Plant and Soil	808	2010
10	The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures <sup>[28]</sup>	Article	Yuan J (China)	Bioresource Technology	756	2011

2.7 发文的学科方向

按 Web of Science 类别对所有文献进行归类,统计各学科方向发表论文数,发文量前 10 的学科方向如表 6 所示。环境科学、土壤科学、能源燃料、工程环境、化学工程、生物技术及应用微生物学、化学交叉学科、农艺学、农业工程和水资源学是生物质炭研究发文量前 10 的学科方向,这意味着生物质炭属于多学科的研究领域。其中,环境科学方向的论文达到 3 233 篇,占总发文量的 42%。作为一种新型环境功能材料,生物质炭以其优良的环境生态效应已经成为环境科学领域尤其是污染控制方向的研究热点<sup>[29-30]</sup>。此外,生物质炭在农业工程领域的发文量虽仅有 506 篇,但篇均被引频次却达到 47.02,排在首位。

2.8 研究热点分析

2.8.1 高频关键词分析

高频关键词分析可以反映出一定时期内生物质炭

表 6 发文量前 10 的研究方向  
Table 6 Top 10 research directions in number of papers

排名 Rank	研究方向 Research direction	发文量 Number of papers	篇均被引频次 Average citations per paper	H 指数 H-index
1	Environmental Sciences	3 233	25.81	123
2	Soil Science	1 013	40.87	99
3	Energy Fuels	1 008	37.63	96
4	Engineering Environmental	963	32.17	88
5	Engineering Chemical	824	21.08	66
6	Biotechnology Applied Microbiology	616	45.93	85
7	Chemistry Multidisciplinary	584	9.3	36
8	Agronomy	554	33.25	65
9	Agricultural Engineering	506	47.02	80
10	Water Resources	389	16.13	39



相关领域的研究热点。利用 VOSviewer 软件对 7 687 篇文献进行分析，共得到 17 022 个关键词，其中仅出现 1 次的关键词为 11 217 个，出现 100 次以上的关键词有 122 个。大量关键词的出现意味着生物质炭应用的广泛性和研究焦点的差异性。出现频次排在 Top10 的关键词依次是生物质炭、吸附、碳、热解、土壤、吸着、去除、黑炭、活性炭和水（表 7）。不同主要发文中 Top10 关键词的排序略有差异，体现出各国在生物质炭重点研究领域的区别。在中国发文中，吸附、去除、吸着出现的频率仅次于生物质炭，水和水溶液同时进入前 10，可见利用生物质炭的吸附作用去除各类废水及土壤中的污染物是中国生物质炭研究的重要方向之一<sup>[31]</sup>。去除一词在中国发文中出现频率排在第 3 位，而在美国和全世界的发文中排位第 9 和第 7 位，另外该词较少出现在其他国家的 Top10 关键词中。相比于其他国家，中国更倾向于生物质炭在去除环境污染物方面的研究。

表 7 世界和主要生物质炭发文国家的 Top10 高频关键词  
Table 7 Top 10 of high frequency keywords of biochar papers in the world, and main countries

排名 Rank	世界 Word	中国 China	美国 USA	澳大利亚 Australia	韩国 Korea	巴基斯坦 Pakistan
1	Biochar	Biochar	Biochar	Biochar	Biochar	Biochar
2	Adsorption	Adsorption	Adsorption	Black carbon	Adsorption	Heavy metals
3	Carbon	Removal	Black carbon	Pyrolysis	Water	Soil
4	Pyrolysis	Sorption	Soil	Carbon	Sorption	Cadmium
5	Soil	Carbon	Sorption	Soil	Removal	Black carbon
6	Sorption	Water	Pyrolysis	Adsorption	Black carbon	Yield
7	Removal	Soil	Carbon	Charcoal	Activated carbon	Bioavailability
8	Black carbon	Activated carbon	Charcoal	Organic-matter	Biomass	Adsorption
9	Activated carbon	Pyrolysis	Removal	Pyrolysis temperature	Charcoal	Charcoal
10	Water	Aqueous-solution	Activated carbon	Sorption	Soil	Growth

2.8.2 关键词聚类分析

利用 VOSviewer 软件对出现 100 次以上的关键词进行聚类分析，其网络可视化图谱见图 3。122 个关键词被分为 4 个聚类，聚类 1（红色）拥有最多的 53 个关键词，包括土壤、碳、黑炭、木炭、氮、磷、改良剂、有机质、植物生长、生产力、可利用性、碳汇、微生物群落、肥料、土壤肥力、品质等等。这个聚类主要关注生物质炭在农业领域的应用研究，大量研究聚焦在利用生物质炭改变土壤理化性质，改善微生物生长环境，提高土壤肥力和作物产量，同时通过碳捕获和固定来增加土壤碳库储量，减缓全球气候变化。聚类 2（绿色）共 30 个关键词，主要有活性炭、吸附、去除、降低、废水、水溶液、降解、机制、动力学、生物吸附、解吸附、污染物、零价铁、六价铬、亚甲基蓝等。这部分集中了生

物质炭作为高效吸附剂处理水中污染物研究的关键词，生物质炭通过物理吸附、静电作用、离子交换、络合反应和化学沉淀等作用机制去除水中的重金属、有机染料等各类污染物方面取得了较多进展；生物质炭还可作为催化剂或金属催化剂的载体应用于水中污染物的氧化降解。聚类 3（蓝色）共 20 个关键词，包括重金属、修复、污染土壤、镉、铅、铜、锌、多环芳烃、污泥、积累、固定化、移动性、生物有效性、毒性、稻米等，这部分的关键词主要与土壤修复有关，可利用生物质炭修复各种重金属污染的土壤使其得以净化，以及利用生物质炭降低土壤中重金属的生物有效性、移动性及毒性，以减少在农作物体内的积累。聚类 4（黄色）共 19 个关键词，包括热解、热解温度、快速热解、慢速热解、气化、水热碳化、生物质、废弃物、污泥、木材、稻壳、秸秆等，这部分集中了生物质炭生产方面的关键词，生物质炭的制备方法包括热解、气化、水热炭化等，生物质炭的性质受各类生物质原料、制备工艺和技术参数等的影响。

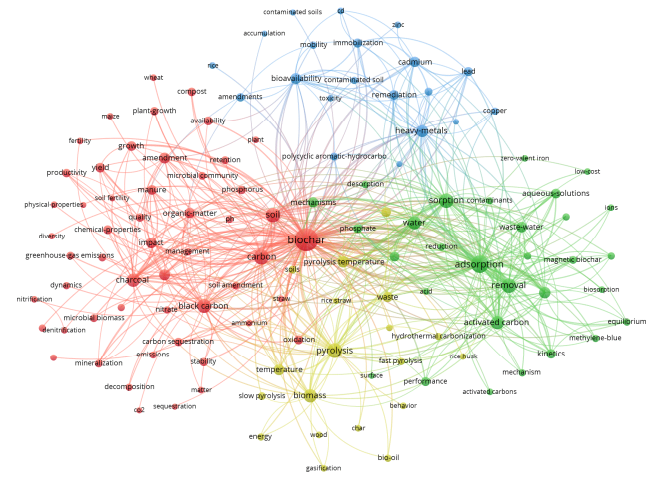


图 3 生物质炭研究关键词的共现网络可视化图谱  
Fig.3 Co-occurrence network visualization map of keywords from biochar research

2.8.3 研究热点的变化趋势分析

不同时期文献中关键词出现的频次和排序可以反映该研究热点的变化趋势。将生物质炭文献按照 2003—2010 年、2011—2015 年和 2016—2020 年 3 个时段，利用 VOSviewer 软件分析得到不同时期文献中的关键词的出现频次，以此为依据分析不同时期生物质炭研究热点的变化（表 8）。可以看到，2011 年之后，废水、去除、生物有效性、重金属、吸附、热解温度等关键词出现频次明显上升，生物质炭的制备方法及应用研究进一步扩展，尤其在土壤修复、污水处理中的研究与应用研究发展势头强劲<sup>[32]</sup>；同时很多研究集中在生物质炭改良农林业土壤方面，如减少可溶性养分流失、改善土壤通透性、提高阳离子交换量、增加有机质含量、提高土壤持水量和养分吸持量、调节土壤中微生物群落结构和酶活力等，生物质炭作为一种农业碳汇减排和提高土壤生产力技术途径已得到广大学

者的关注<sup>[33]</sup>。

表 8 2003—2020 年间生物质炭研究中出现频次增加的关键词

关键词 Keywords	2003—2010		2011—2015		2016—2020	
	排名 Rank	频次 Times	排名 Rank	频次 Times	排名 Rank	频次 Times
Adsorption	9	10	6	254	2	1 361
Sorption	21	6	7	224	5	800
Removal	67	2	15	108	3	862
Water	39	3	17	102	9	663
Heavy-metals	39	3	24	79	10	549
Aqueous-solution	-	0	40	52	12	522
Pyrolysis temperature	-	0	28	69	13	502
Impact	-	0	18	100	16	363
Bioavailability	39	3	14	119	21	335
Waste-water	133	1	65	38	15	417
Amendment	27	5	20	83	18	365

为了发现尚未达到频率阈值但可能有学术贡献的关键词,更加全面地分析生物质炭研究领域的热点和前沿,进一步采用 CiteSpace 可视化分析手段对 2009—2020 年间的文献中的突现关键词进行分析,共筛选出跨越 2 a 以上的突现关键词 36 个。如表 9 所示,2009 年出现的突现强度大、时间跨度长的关键词有黑炭、烧焦、化学性质、肥料等。2010 年之前为生物质炭的初步认识阶段,对生物质炭的概念也并不统一,有学者认为生物质炭属于黑炭<sup>[34]</sup>,该阶段对生物质炭的基础特性研究较多。随后,大量的突现关键词出现,表明生物质炭的研究范围迅速扩大,该阶段突现强度较大的关键词有矿化作用、排放、堆肥、硝酸盐、分解、N<sub>2</sub>O 排放等,而排放、动力学、快速热解、分解、N<sub>2</sub>O 排放、氧化和矿化作用等关键词的突现年份均跨越 5 a 以上,表明相关领域持续成为研究的热点。2016 年后,多环芳烃、生产力、亚甲基蓝、复合材料等开始成为新的突现关键词,而磁性生物质炭、磷、零价铁、纳米颗粒、微生物群落、有机碳、吸附剂、性能和平衡则成为 2019 年涌现出的突现关键词,并可能成为未来一段时间的研究焦点,这也意味着生物质炭研究已经扩展到了更广阔的领域。随着近几年生物质炭研究的进一步深化,一些新的研究热点不断涌现,如生物质炭制备材料、热解工艺及反应器的开发<sup>[35]</sup>,石墨烯生物质炭、磁性生物质炭、生物质炭/纳米金属复合材料的制备及在水处理和土壤修复中的应用<sup>[9, 36-37]</sup>,生物质炭及其复合材料用于过硫酸盐高级氧化过程的活化剂<sup>[37]</sup>,生物质炭用于强化厌氧消化<sup>[38]</sup>、生物质炭基催化剂促进生物燃料和化学合成过程等<sup>[39]</sup>。此外,持续扩大生物质炭作为一种功能材料在森林土壤、低肥力土壤、干旱及盐胁迫土壤、有机废物堆肥等领域中的应用也将是未来继续关注的方向<sup>[40]</sup>。

表 9 2009—2020 年间生物质炭研究中的突现关键词

关键词 Keywords	强度 Strength	突现年份 Bursts year
Sequestration	78.090	2009—2012
Black carbon	11.957	2009—2015
Chemical property	38.270	2009—2017
Manure	13.237	2009—2015
Char	31.910	2009—2016
Emission	30.124	2010—2015
Dynamics	13.913	2010—2014
Ferralsol	11.367	2010—2012
Sediment	14.226	2010—2013
Fast pyrolysis	14.449	2010—2014
decomposition	18.201	2010—2014
N <sub>2</sub> O emission	17.129	2010—2014
Oxidation	5.573	2010—2014
Increase	14.528	2010—2012
Residue	6.312	2010—2012
Gasification	5.681	2010—2012
Matter	12.728	2011—2013
N <sub>2</sub> O	7.876	2011—2013
Mineralization	39.257	2012—2016
Nitrate	18.203	2012—2014
Stability	12.964	2014—2016
Compost	25.411	2015—2018
Carbon sequestration	19.712	2015—2017
PAHs	15.432	2016—2018
Productivity	17.971	2017—2018
Methylene blue	22.512	2018—2020
Composite	23.310	2018—2020
Magnetic biochar	18.025	2019—2020
Phosphorus	9.851	2019—2020
Zero valent iron	31.772	2019—2020
Nanoparticle	35.063	2019—2020
Microbial community	7.859	2019—2020
Organic carbon	10.897	2019—2020
Adsorbent	8.600	2019—2020
Performance	16.367	2019—2020
Equilibrium	23.951	2019—2020

### 3 讨论

虽然中国开展生物质炭研究的起步较晚,但随着中国在生物质炭研发方面投入力度的不断加大以及科技创新能力的提高,中国在总发文量、总被引频次、研究机构及学者的数量等指标上已处于世界领先地位,生物质炭研究成果的国际关注度也不断提升。但同时也要看到,中国在篇均被引频次、高被引作者及高被引论文等反映成果质量和价值的重要指标与生物质炭研究先进国家相比仍有差距,缺乏有国际影响力的顶级核心成果,其原因主要体现在:1) 模拟已有生物质炭研究成果的重复性研究较多,但原创性成果和重要发现相对不多,且很多研究缺乏深层次机理的探讨;2) 国内科研项目研究周期较短,急于结项目、发论文的“急功近利”的浮躁心态导致生物质炭相关研究领域的科学理论的系统性和基础数据积累不完善,以致于难以收获真正高质量的学术成果;3) 为了增加论文数量和论文奖励,将一项完整研究成果拆分成多个部分分别发表,论文数量增加的同时却降低了论文的质量和影响力;4) 虽然国内参与生物质炭研究的机构和学者较多,但机构之间、作者之间的合作研究尚不广泛,缺乏必要的通力合作与数据共享;5) 国

内学术成果的评价导向导致部分国内学者把“唯论文”作为至上目标,而忽视了对解决科学问题本身的兴趣和关注。因此,建议国内学者应摒弃“以论文数量取胜”、“唯论文”等浮躁心态,以解决未知的科学问题为目标,鼓励原创性研究,多在研究的创新点或突破性上下功夫,注重标志性成果的创新水平、科学价值和应用潜力,而并非停留在消化别人的研究成果上,以促进研究成果从“量”到“质”的转变。同时应进一步加强与国内外研究机构的学术交流与合作,提高中国在生物质炭研究领域的国际地位和核心竞争力,为引领世界生物质炭科技的发展贡献力量。此外,中国学者的论文绝大多数均发表在荷兰、英国、德国、美国等欧美国家主办的期刊上,暴露出中国生物质炭领域高水平期刊的缺乏以及国内期刊较低的认可度。中国还应努力打造具有国际品牌效应的高水平期刊,同时建议国内学者应避免对国内期刊的偏见,将最新科研成果发表在国内主办的优秀中英文杂志上,以提升国内期刊的国际影响力。

#### 4 结 论

利用文献计量学方法对 Web of Science 核心数据库中 2003—2020 年间发表的生物质炭研究领域的文献进行量化分析,以揭示目前国际生物质炭领域的研究现状与发展趋势。全球与中国发表的生物质炭的研究论文数量呈现快速增长的趋势。全球发文量前 17 名中有 10 家中国机构,其中中国科学院位居全球首位;而中国有 8 名学者发文量进入世界前 20 名。中国和美国在生物质炭研究方面的合作最为活跃。生物质炭相关论文主要发表在欧美国家主办的环境与资源类期刊上。环境科学、土壤科学及能源燃料是生物质炭领域发文量较大的 3 个学科方向。为了分析全球生物领域的研究热点,利用 VOSviewer 软件分析了全球和主要发文国家生物质炭文献中的高频关键词,并对关键词进行了聚类可视化分析,指出了近年来生物质炭的重点研究领域。进一步采用 CiteSpace 可视化分析手段对近年来实现关键词的分析结果表明,随着生物质炭研究的不断发展,一些新的研究热点不断涌现,开发绿色、节能的生物质炭制备材料与热解工艺,功能型生物质炭纳米复合材料的制备与利用、以及继续拓宽生物质炭在环境保护、农林生产等多学科领域的高效利用,进而不断提升生物质炭的环境、生态和农业效益将是今后研究的关注焦点。

#### [参 考 文 献]

- [1] Chen W, Meng J, Han X, et al. Past, present, and future of biochar[J]. *Biochar*, 2019, 1: 75-87.
- [2] Jang H M, Kan E. Engineered biochar from agricultural waste for removal of tetracycline in water[J]. *Bioresour Technol*, 2019, 284: 437-447.
- [3] Chen B, Zhou D, Zhu L. Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures[J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42(14): 5137-5143.
- [4] Yuan Y, Bolan N, Prévost A, et al. Applications of biochar in redox-mediated reactions[J]. *Bioresour Technol*, 2017, 246: 271-281.
- [5] Wang J, Wang S. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 227: 1002-1022.
- [6] Glaser B, Lehmann J, Zech W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2002, 35(4): 219-230.
- [7] Laird D A. The charcoal vision: A win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality[J]. *Agronomy Journal*, 2008, 100(1): 178-181.
- [8] Jeffery S, Verheijen F G A, van der Velde M, et al. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2011, 144(1): 175-187.
- [9] Devi P, Saroha A K. Simultaneous adsorption and dechlorination of pentachlorophenol from effluent by Ni-ZVI magnetic biochar composites synthesized from paper mill sludge[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2015, 271: 195-203.
- [10] Zhang W, Zheng J, Zheng P, et al. Atrazine immobilization on sludge derived biochar and the interactive influence of coexisting Pb (II) or Cr (VI) ions[J]. *Chemosphere*, 2015, 134: 438-445.
- [11] Garfield E. Citation indexing for studying science[J]. *Nature*, 1970, 227(5259): 669-671.
- [12] Yun Q, Chen X, Hu Z, et al. Bibliometric analysis of algal-bacterial symbiosis in wastewater treatment[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(6): 1077.
- [13] Li Y, Wang Y, Rui X, et al. Sources of atmospheric pollution: A bibliometric analysis[J]. *Scientometrics*, 2017, 112(2): 1025-1045.
- [14] Zhi W, Ji G. Constructed wetlands, 1991–2011: A review of research development, current trends, and future directions[J]. *Science of the Total Environment*, 2012, 441: 19-27.
- [15] Wang H, He Q, Liu X, et al. Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 104(3/4): 299-309.
- [16] Bornmann L, Daniel HD. Does the h-index for ranking of scientists really work?[J]. *Scientometrics*, 2005, 65: 391-392.
- [17] Purevsuren B, Avid B, Tesche B, et al. A biochar from casein and its properties[J]. *Journal of Materials Science*, 2003, 38: 2347-2351.
- [18] Cao X, Ma L, Gao B, et al. Dairy-manure derived biochar effectively sorbs lead and atrazine[J]. *Environmental Science & Technology*, 2009, 43: 3285-3291.
- [19] Lehmann J, Rillig M C, Thies J, et al. Biochar effects on soil biota—A review[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2011, 43: 1812-1836.
- [20] Ahmad M, Rajapaksha A U, Lim J E, et al. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review[J]. *Chemosphere*, 2014, 99: 19-33.
- [21] Keiluweit M, Nico P S, Johnson M G, et al. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (Biochar)[J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44: 1247-1253.
- [22] Atkinson C J, Fitzgerald J D, Hipps N A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review[J]. *Plant and Soil*, 2010, 337: 1-18.
- [23] Sohi S P, Krull E, Lopez-Caple E, et al. A review of biochar and its use and function in soil[J]. *Advances in Agronomy*, 2010, 105: 47-82.
- [24] Woolf D, Amonette J E, Street-Perrott F A, et al. Sustainable biochar to mitigate global climate change[J]. *Nature Communications*, 2010, 1: 1-9.



- [25] Jeffery S, Verheijen F G A, van der Velde M, et al. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis[J]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2011, 144: 175-187.
- [26] Mohan D, Sarswat A, Ok Y S, et al. Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent-A critical review[J]. *Bioresource Technology*, 2014, 160: 191-202.
- [27] Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility[J]. *Plant and Soil*, 2010, 327: 235-246.
- [28] Yuan J, Xu R, Zhang H. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures[J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102: 3488-3497.
- [29] Oliveira F R, Patel A K, Jaisi D P, et al. Environmental application of biochar: Current status and perspectives[J]. *Bioresource Technology*, 2017, 246: 100-122.
- [30] Thomas E, Borchard N, Sarmiento C, et al. Key factors determining biochar sorption capacity for metal contaminants: a literature synthesis[J]. *Biochar*, 2020, 2: 151-163.
- [31] Wang X, Guo Z, Hu Z, et al. Recent advances in biochar application for water and wastewater treatment: A review[J]. *PEERJ*, 2020, 8: e9164.
- [32] Xie T, Reddy K R, Wang C, et al. Characteristics and applications of biochar for environmental remediation: A review[J]. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2015, 45: 939-969.
- [33] Zheng H, Wang Z, Deng X, et al. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil[J]. *Geoderma*, 2013, 206: 32-39.
- [34] Zimmerman A R. Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar)[J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44:1295-1301.
- [35] Brassard P, Godbout S, Raghavan V. Pyrolysis in auger reactors for biochar and bio-oil production: A review[J]. *Biosystems Engineering*, 2017, 161: 80-92.
- [36] Zheng Y, Yang Y, Zhang Y, et al. Facile one-step synthesis of graphitic carbon nitride-modified biochar for the removal of reactive red 120 through adsorption and photocatalytic degradation[J]. *Biochar*, 2019, 1: 89-96.
- [37] Ouyang D, Yan J, Qian L, et al. Degradation of 1,4-dioxane by biochar supported nano magnetite particles activating persulfate[J]. *Chemosphere*, 2017, 184: 609-617.
- [38] Pan J, Ma J, Zhai L, et al. Achievements of biochar application for enhanced anaerobic digestion: A review[J]. *Bioresource Technology*, 2019, 292: 122058.
- [39] Xiong X, Yu I K M, Cao L, et al. A review of biochar-based catalysts for chemical synthesis, biofuel production, and pollution control[J]. *Bioresource Technology*, 2017, 246: 254-270.
- [40] Wang D, Jiang P, Zhang H, et al. Biochar production and application in agro and forestry systems: A review[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 723: 137775.

## Research progress of biochar in the world based on bibliometrics analysis

Xiao Pengfei, An Lu, Wu Dedong

(College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** In order to understand in depth the status and future development trend of biochar research in the world, and to reflect scientific capabilities and influences of relevant countries, institutions and individuals objectively, a bibliometric analysis was applied to assess the literature regarding biochar research from the Web of Science database during the period of 2003 to 2020. Since 2010, the number of papers on biochar research in the world is increasing rapidly, and in 2019 alone, the number of papers has reached 1 741. The results of polynomial trend line simulation show that in 2020, the number of papers in the world will exceed 2 000. China, USA and Australia rank in the top three in the number of papers on biochar research, among which 3 608 biochar papers was published by China, accounting for 46.94% of the total. However, the average citations per paper in China is only about half of that of the USA, Australia and UK. China has 10 institutions in the global top 17 institutions, among which the Chinese Academy of Sciences are on global top of the list in number of papers, total citations and *H*-index. China and the USA were most active in publications collaboration. Among individuals, Ok Yong Sik of the Korea University is in the lead in number of papers, total citations and in *H*-index in the world. China has 8 scholars in the top 20 in the number of papers, showing a strong overall strength. Cao Xinde, from Shanghai Jiaotong University, ranked first in terms of the number of papers and average citations per paper. Among the top 10 most cited papers, only one was by Chinese authors, ranking 10<sup>th</sup>. Although published papers from China increased dramatically in recent years, the research ability, the quality and innovation of biochar research in China need to be further improved. “Science of the Total Environment” was the journal which published most of the biochar papers, while “Bioresource Technology” is the journal with the highest citations and *H*-index. The research topics were diversified, which were mainly divided into “Environmental Sciences”, “Soil Sciences” and “Energy Fuels”. Based on the results of high frequency keywords by VOSviewer visual analysis, the biochar researches was mostly classified into four clusters: the application of biochar in the soil improvement and agricultural production, wastewater treatment, remediation of polluted soil, and the preparation method and process of biochar, and the top 10 keywords in biochar researches was biochar, adsorption, carbon, pyrolysis, soil, sorption, removal, black carbon, activated carbon and water. The comparison of high-frequency keywords in different countries shows that China pays more attention to the biochar research in the treatment of environmental pollution. Additionally, CiteSpace software was further applied to analyze the focus and frontier in biochar research, and magnetic biochar, zero valent iron, nanoparticles, microbial community, organic carbon, performance and balance was the bursts keywords in the papers published from 2018 to 2020, reflecting that the preparation of new functional biochar composite materials and the application of biochar in new fields may become the research focus at present and in the future, which also means that biochar research has expanded to a broader field. These results can provide insight into the research progress regarding biochar.

**Keywords:** biochar; cluster analysis; bibliometrics; Web of Science; number of papers; bursts keywords