

基于 CiteSpace 的国内外园林废弃物堆肥研究进展的可视化分析

徐东, 何建清*, 黄秋月, 葛彦宏, 张格杰, 刘海鑫, 韩振 (西藏农牧学院植物科学学院, 西藏林芝 860000)

摘要 随着城市绿化面积的增多, 园林废弃物也同步增多, 园林废弃物堆肥化处理是近年来研究的热点。为了掌握并深入分析该领域的研究现状和趋势, 探析未来的研究发展方向, 以中国知网 (CNKI) 数据库以及 Web of Science™ (WOS) 核心文献数据库的文献资料为数据源, 借助文献信息可视化分析软件 CiteSpace, 对历年有关园林废弃物堆肥研究领域的相关文献从年度分布、研究主体 (国家、机构、期刊、作者) 和关键词及高被引论文方面进行分析。结果显示: ①国内外年度发文量呈明显上升趋势, 表现为探索阶段—稳步增长阶段—快速发展阶段。②美国的发文量、中心性、被引频次和 h 指数综合排名第一。③北京林业大学在国内外发文量位居第一。④期刊排名看, 国内《中国园林》以发文量、被引频次和篇均被引频次排名第一, 国外 *Biorescience Technology* 以发文量、被引频次和篇均被引频次排名第一。⑤国内外发文量前 10 的学者都来自北京林业大学, 其中孙向阳的国内外发文量排名第一。⑥国内研究热点为园林废弃物结合厨余垃圾、淤泥污水堆肥和栽培基质, 国外研究热点为园林废弃物堆肥结合污水淤泥和猪粪作为土壤改良剂, 降低土壤重金属等方面的研究。⑦国内学者主要对园林废弃物堆肥发展前景进行综述, 部分学者对园林废弃物堆肥过程理化性质变化研究和施用园林废弃物堆肥对土壤的影响进行研究, 而国外学者大多数是针对园林废弃物堆肥对土壤养分、酶活性、微生物量和减少土壤重金属含量进行研究。总体而言, 北京林业大学的文章总数最多, 对园林废弃物堆肥领域贡献最大; 我国学者在外文文献中发文数量、论文被引频次方面都占据重要地位, 表明我国在该研究领域有着较强的国际学术影响力; 但是根据高频关键词可以看出, 国外学者对于园林废弃物堆肥方向研究较多。

关键词 园林废弃物堆肥; 知识图谱; CiteSpace; CNKI; WoS

中图分类号 S-058; G 353.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)24-0230-10

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.24.049

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Visual Analysis of the Research Progress of Garden Waste Composting Based on CiteSpace at Home and Abroad

XU Dong, HE Jian-qing, HUANG Qiu-yue et al (College of Plant Sciences, Tibet Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi, Tibet 860000)

Abstract With the continuous expansion of urban greening, along with the production of a large number of garden waste, garden waste compost treatment is also a research hotspot in recent years. In order to grasp and in-depth analysis of the research status and trend in this field, explore the future research and development direction. With the literature data of CNKI database and Web of Science™ (WOS) core literature database as the data source, and with the help of the literature information visualization analysis software CiteSpace, the literature related to the research field of garden waste composting over the years was analyzed from the aspects of annual distribution, research subjects (countries, institutions, journals, authors), keywords and highly cited papers. The results showed that: ①The number of annual publications at home and abroad showed an obvious upward trend, which showed an exploration stage—a steady growth stage—a rapid development stage. ②The United States ranked first in the number of publications, centrality, citation frequency and h-factor. ③Beijing Forestry University ranks first in the number of publications published at home and abroad. ④The domestic “Chinese Landscape Architecture” ranked first in terms of number of articles published, citation frequency and citation frequency per article, while the foreign *Biorescience Technology* ranked first in terms of number of articles published, citation frequency and citation frequency per article. ⑤The top 10 scholars with the most published articles at home and abroad are all from Beijing Forestry University, among which Sun Xiangyang ranks first in the number of published articles at home and abroad. ⑥Domestic research hotspots are garden waste combined with kitchen waste and silt sewage compost and cultivation matrix, while foreign research hotspots are garden waste compost combined with sewage sludge and pig manure as soil amendment to reduce soil heavy metals. ⑦For domestic scholars mainly of garden waste composting development prospect were reviewed, some scholars studying the physical and chemical properties change of garden waste composting process and application of garden waste compost on soil were studied, the influence of the foreign scholars mostly in view of the garden waste compost on soil nutrients, enzyme activities, microbial quantity and reduce soil heavy metal content were studied. In general, Beijing Forestry University has the largest number of articles, which contributes the most to the field of garden waste composting. Chinese scholars have an important position in the number of publications and citation frequency of papers in foreign literatures, indicating that China has a strong international academic influence in this research field. However, according to the keywords of thermal frequency, foreign scholars have more research directions for garden waste composting.

Key words Garden waste compost; Knowledge graph; CiteSpace; CNKI; WOS

园林废弃物 (garden waste, 也称为 yard waste, yard trimming)^[1-2] 主要是指园林植物自然凋落、人工修剪和因刮风降雨等所产生的枯枝败叶、草屑花败、灌木剪枝及其他植物残体等, 也有人称之为绿化废弃物、园林垃圾或绿色垃圾等^[3]。园林绿化废弃物是富含木质纤维生物质的植物材料, 其化学成分以有机质为主^[4]。

据国家统计局所发布的《中国统计年鉴》^[5] 和全国绿化委员会办公室发布的《2020 年中国国土绿化状况公报》^[6], 我国绿地面积为 3 312 245 hm², 全国城市建成区绿化覆盖率为 42.1%, 城市人均公园绿地面积达 14.8 m², 较 2019 年我国绿地面积增加了 159 356 hm², 城市建成区绿化覆盖率上升了 0.19%, 城市人均公园绿地面积上升了 0.69 m²。由此可见, 随着我国城市化进程的快速发展, 城市园林绿化面积大规模增加, 随之而来的是大量园林废弃物的产生, 但是经查阅相关文献得知, 目前我国大部分城市或地区并未专门针对园林绿化垃圾产生量进行统计, 并且部分学者对园林废弃物的定义或者统计方式不一, 例如: 刘晓文等^[7] 对植株数量、种

基金项目 西藏自治区重点科技项目 (XZ202001ZY0019N); 西藏农牧学院研究生创新计划项目 (YJS2022-49; YJS2022-45)。

作者简介 徐东 (1995—), 男, 四川德阳人, 硕士研究生, 研究方向: 园林废弃物资源化利用。* 通信作者, 教授, 从事微生物资源与微生物肥料研究。

收稿日期 2022-12-14

类进行估算,预计重庆市主城各辖区绿化管理单位管辖区域绿化垃圾年总产量为 25 859 t;胡光等^[8]对株洲市全年绿化带废弃物产生量统计约为 10 512 t,大多数学者对于园林绿化垃圾产生量的预估是通过绿化覆盖率进行估算的;刘瑜等^[9]估算 2020 年全国产生的园林废弃物约 4 000 万 t。园林废弃物进行堆肥处理,将其中的有机可腐物转化为土壤可接受且迫切需要的有机营养物质或腐殖质^[10],可重新应用于园林和城市绿化,减少了对环境的污染,也节约了资源,因此堆肥是目前园林绿化废弃物处理的主要技术之一^[11]。

为明确园林废弃物领域研究进展和发展趋势,采用文献计量学的方法,通过中国知网数据库(CNKI)以及 Web of Science™(下称 WOS)核心文献数据库查阅历年来有关园林废弃物领域相关文献,以数据库自带分析工具为基础,利用 CiteSpace 可视化分析软件对全球范围内的园林废弃物相关研究文献进行可视化分析,以期揭示该领域的研究现状和前沿动态,同时重点分析我国在该领域的研究情况及未来发展趋势,为未来该领域的研究人员提供更有价值的借鉴和参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源 该研究所用文献数据主要来自 CNKI 和 WOS 核心合集数据库作为中英文文献来源。在 CNKI 高级检索模式下主题为“园林废弃物 + 园林垃圾 + 绿化废弃物 + 绿色垃圾 + 园林绿化”和“堆肥 + 肥料”,选取同义词扩展,时间范围为所有年份,选择文献类型为“学术期刊”,检索时间截至 2022 年 8 月 24 日,共检索到 573 篇文献,将其以 Refworks 格式导出;外文数据选自 WOS 核心合集数据库,检索主题为 TS = “Garden Waste” OR “Yard Waste” OR “Yard Trimming” OR “Green Waste” AND “compost or fertilizer”,引文索引选择: SCI-EXPANDED、SSCI、AHCI、CPCI-S、CPCI-SSH、ESCI、CCR-EXPANDED 和 IC;时间跨度为所有年份,选择文献类型为“Article”,检索时间截至 2022 年 8 月 24 日,共检索到 1 305 篇文献,将其以 txt 格式导出。

1.2 分析方法 该研究采用 CiteSpace 6.1.R3 软件,时间跨度为所有年份,时间切片长度选取为每一年 (slice length = 1);参数选取准则(selection criteria) 为 top 50 per slice,即提取每个时间切片排名前 50 的数据来生成最终网络^[12-13],对有关园林废弃物堆肥相关文献进行关键词时间轴聚类分析、关键词共现分析以及研究领域等汇总分析,绘制可视化知识图谱,以期从时间发展角度展示技术研究的发展情况及热点。

2 结果与分析

2.1 历年发文量分析 文献数量可以反映出某研究领域的理论发展及受关注程度,是该研究领域发展演化的重要指标^[14-15]。目前有关园林废弃物堆肥领域的中文文献只占外文文献的 43.9%,历年发文情况如图 1 所示,通过对文献的梳理,尽管个别年份文献发表数量有所回落,但整体国内外年度发文量呈逐年增长趋势,根据文献数量出现的增长点,并结合国家出台的园林废弃物相关政策,将时间段划分为 3 个

阶段进行对比分析:

2.1.1 探索阶段。1986—2002 年,国外对于园林废弃物堆肥相关研究还处于起步阶段,国外发文量 156 篇,年平均发文量 9 篇,最早有关园林废弃物堆肥的文章于 1986 年来自麻省理工学院的 Schauer, David B. 学者发表在 *Biocycle* 期刊的《Leaf and Yard Waste Composting》(树叶和庭院废弃物堆肥)。美国在 1976 年就颁布《资源保护和回收法》并且实施了相关法律规定,明令禁止焚烧处理,提倡科学循环处理^[16],可见美国很早就进行园林废弃物堆肥试验。国内对于园林废弃物的研究始于 1991 年,直至 2006 年总共发文 17 篇,平均每年发文只有 1 篇,相对而言我国前期并不重视园林废弃物堆肥,起步也慢。

2.1.2 平稳发展阶段。2003—2017 年,国外发文总体呈上升趋势,发文量 681 篇,年平均发文量 45 篇,是探索阶段的 5 倍;国内发文从 2007 年开始,呈阶梯式快速上升,直至 2017 年总共发文 321 篇,平均每年发文量 22 篇,比探索阶段年平均发文多了 21 篇。2007 年 8 月 30 日原建设部发布《关于建设节约型城市园林绿化的意见》,鼓励通过堆肥、发展生物质燃料、有机营养基质和深加工等方式处理修剪的树枝,减少占用垃圾填埋库容,实现循环利用^[17]。

2.1.3 快速发展阶段。2018—2021 年,国外呈快速增长趋势,短短 4 年发文总共 414 篇,年均发文约 103 篇。2017 年 10 月 29 日国家发改委、财政部、住房城乡建设部联合印发《关于推进资源循环利用基地建设的指导意见》,强调废弃物资源化利用率要提高 30% 以上,要探索与城市绿色发展相适应的废弃物处理模式^[18],这加速了学者们对该领域的研究。

2017—2021 年,国内园林废弃物堆肥领域在 CNKI 收录论文数量快速增至 255 篇,占 CNKI 该领域总发文量的 44.7%。预测该领域论文发表量还会延续平稳增长的状态。

2.2 主要研究力量分析

2.2.1 国家/地区分析。一个国家的发文量在一定程度上代表了在某领域研究的活跃程度^[19],中介中心性是指 CiteSpace 机构合作网络可以计算出机构之间的合作连接度,其中与其他机构连接越多,其中介中心性越高,说明在该领域有一定的影响力和先发性^[20]。h 指数代表“高引用次数”(High Citations),即至多有 h 篇论文分别被引用了至少 h 次, h 指数越高,则表明论文影响力越大^[21]。如表 1 所示, WOS 中总发文量前十的国家,美国以 302 篇位居第一,占总发文量的 23.14%,超出中国 124 篇,比排在第三位的英国多出了 205 篇,而且美国是最早开始探索该领域的国家,其中介中心性(0.35)、被引频次(7 958 次)和 h 指数(45)均为最高,由此可见,美国在该方面研究遥遥领先于其他国家,在园林废弃物堆肥研究领域占有重要地位;西班牙篇均被引频次最高(43.32 次);虽然我国对该领域研究相对较晚,但近些年研究较为活跃,呈现较快的增长趋势,我国发文量 178 篇,占总发文量的 13.64%。我国与美国在 WOS 发文量占排名前 10 国家发文总量的 36.78%,可见园林废弃物堆肥研究已成为世界各国科研工作者共同关注的研究领域。美国在此领域有

着较长的研究经验,而我国也随着时间的推移在园林废弃物堆肥研究领域的国际学术影响力越来越强,由此推测随着相

关工作的持续开展,该领域研究将继续趋于深入与完善。

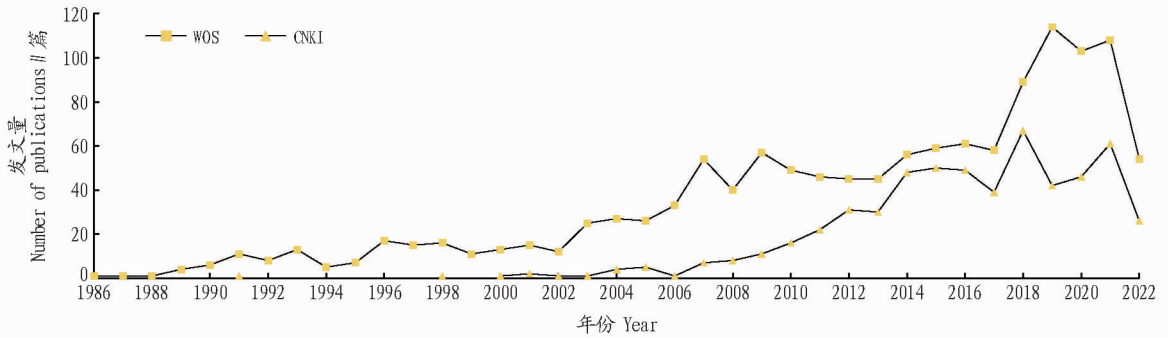


图1 国内外园林废弃物堆肥领域研究文献产量变化趋势

Fig.1 The trend of yield change of literature in garden waste composting field at home and abroad

表1 园林废弃物堆肥领域 WOS 发文量前 10 的国家

Table 1 Top 10 WOS published countries in the field of garden waste composting

| 国家/地区 Country or region | 首次发文时间 Earliest publi- cation time | 发文量 Number of publications//篇 | 被引频次 Total cited times//次 | 篇均被引频次 Average citation per article//次/篇 | h 指数 h-index | 中介中心性 Centrality |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|--|-----------------|---------------------|
| 美国 USA | 1988 | 302 | 7 958 | 26.09 | 45 | 0.35 |
| 中国 China | 2004 | 178 | 4 877 | 26.65 | 41 | 0.17 |
| 英国 England | 1995 | 97 | 3 192 | 31.92 | 31 | 0.23 |
| 法国 France | 2001 | 89 | 2 947 | 32.74 | 28 | 0.23 |
| 澳大利亚 Australia | 2005 | 77 | 3 323 | 41.54 | 29 | 0.14 |
| 西班牙 Spain | 2001 | 75 | 3 336 | 43.32 | 27 | 0.14 |
| 意大利 Italy | 1993 | 68 | 2 784 | 40.35 | 28 | 0.08 |
| 加拿大 Canada | 1996 | 49 | 857 | 16.80 | 18 | 0 |
| 波兰 Poland | 2008 | 47 | 464 | 9.87 | 11 | 0.05 |
| 德国 Germany | 1994 | 44 | 1 153 | 23.53 | 18 | 0.25 |

2.2.2 文献期刊分析。文献期刊是科研成果展示的重要平台和载体,一定程度上能反映该领域研究的实力和水平^[22]。期刊影响因子是指期刊在一定的来源期刊范围内及在指定年份中,该期刊前两年论文在这一范围内被引用的数量与该期刊前两年刊载论文数量之比^[23],反映的是期刊的影响力和整体水平,而不是单篇论文的学术水平^[24]。

通过发文量前 10 的中外文期刊来看(表 2~3),《中国园林》为该领域研究论文发文量(6 篇)、被引频次(654 次)和篇均被引频次(109 次)最多的刊物,《植物营养与肥料学报》

2021 年的复合影响因子最高,为 3.610,中文文献主要分布在园林环境方面,中文论文期刊分布较为分散,说明我国目前尚缺乏针对园林废弃物堆肥领域的专门性期刊,也是我国相关领域机构当前以及今后努力的重要任务。外文期刊中 *Bioresource Technology*(生物资源技术)为该领域研究论文排名第一的期刊,发文量(82 篇)、被引频次(2 887 次)、篇均被引频次(47.40 次)和 2021 年期刊影响因子(11.889),*Waste Management*(废弃物管理)和 *Compost Science Utilization*(堆肥科学利用)以发文量 68 篇和 55 篇排名第二和第三,除此以

表 2 园林废弃物堆肥领域发文量前 10 位 CNKI 来源期刊

Table 2 Top 10 CNKI source journals in the field of garden waste composting

| 来源期刊 Journal | 发文量 Number of publications//篇 | 被引频次 Total cited times//次 | 篇均被引频次 Average citation per article//次 | 2021 年影 响因子 IF |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------|
| 《中国园林》 <i>China Landscape Architecture</i> | 6 | 654 | 109 | 2.527 |
| 《农业环境科学学报》 <i>Journal of Agro-environment Science</i> | 5 | 18 | 4 | 3.026 |
| 《农业工程学报》 <i>Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i> | 4 | 146 | 37 | 3.446 |
| 《北京林业大学学报》 <i>Journal of Beijing Forestry University</i> | 4 | 81 | 20 | 1.984 |
| 《生态学杂志》 <i>Chinese Journal of Ecology</i> | 4 | 94 | 24 | 2.997 |
| 《环境科学学报》 <i>Journal of Environmental Science</i> | 3 | 63 | 21 | 2.619 |
| 《西北林学院学报》 <i>Journal of Northwest Forestry University</i> | 3 | 57 | 19 | 1.933 |
| 《生态环境学报》 <i>Ecology and Environmental Sciences</i> | 3 | 252 | 84 | 2.667 |
| 《环境科学研究》 <i>Research of Environmental Sciences</i> | 3 | 88 | 29 | 2.694 |
| 《植物营养与肥料学报》 <i>Journal of Plant Nutrition and Fertilizers</i> | 2 | 61 | 31 | 3.610 |

外 *Science of the Total Environment* (环境科学) 和 *Chemosphere* (光化层) 期刊的被引频次和影响因子也较高, 说明国外在园林废弃物堆肥研究领域中, *Bioresource technology* 所发文献具

有较高的质量水平、学术价值和影响力, 是基于 WoS 文献的该研究领域的重要核心期刊。

表 3 园林废弃物堆肥领域发文量前 10 位 WOS 来源期刊
Table 3 Top 10 WOS source journals in the field of garden waste composting

| 来源期刊 Journal | 发文量 Number of publications//篇 | 被引频次 Total cited times//次 | 篇均被引频次 Average citation per article//次 | 2021 年影 响因子 IF |
|---|-------------------------------------|---------------------------------|--|-------------------|
| <i>Bioresource Technology</i> | 82 | 2 887 | 47.40 | 11.889 |
| <i>Waste Management</i> | 68 | 2 514 | 36.97 | 8.816 |
| <i>Compost Science Utilization</i> | 55 | 721 | 13.11 | 1.188 |
| <i>Environmental Science and Pollution Research</i> | 38 | 360 | 9.47 | 5.190 |
| <i>Science of the Total Environment</i> | 36 | 1 402 | 38.94 | 10.753 |
| <i>Biocycle</i> | 31 | 60 | 1.94 | 0.039 |
| <i>Journal of Environmental Management</i> | 31 | 898 | 28.97 | 8.910 |
| <i>Waste Management Research</i> | 26 | 579 | 22.27 | 4.432 |
| <i>Chemosphere</i> | 25 | 961 | 38.44 | 8.943 |
| <i>Sustainability</i> | 25 | 90 | 3.60 | 3.889 |

2.2.3 研究机构分析。发文机构是指作者发表论文时所在的单位, 对发文机构的统计分析可知该领域研究群体的构成和覆盖范围^[25]。基于 CiteSpace 软件中 Institution 分析功能, 对研究机构进行分析, 并统计出国内外发文数量前 10 名的研究机构, 见表 4。我国北京林业大学在 CNKI 和 WOS 以发文量 75 篇和 62 篇位居第一, CNKI 中, 重庆市园林绿化科学

研究所和上海市园林科学研究所分别以 11 篇和 10 篇排名第二和第三, WOS 中, 美国的佛罗里达州立大学和加利福尼亚大学分别以 60 篇和 55 篇排名第二和第三。据此可知, 北京林业大学在我国园林废弃物堆肥研究中作出了主要贡献, 且近些年发展迅速。

表 4 园林废弃物堆肥领域 CNKI 和 WOS 发文量前 10 的机构
Table 4 Top 10 institutions published by CNKI and WOS in the field of garden waste composting

| 中国知网 CNKI | | Web of Science | |
|-------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 机构 Institution | 发文量 Number of publications//篇 | 机构 Institution | 发文量 Number of publications//篇 |
| 北京林业大学 | 75 | Beijing Forestry University | 62 |
| 重庆市园林绿化科学研究所 | 11 | State University System of Florida | 60 |
| 上海市园林科学研究所 | 10 | University of California System | 55 |
| 重庆市风景园林科学研究院 | 10 | Inrae | 53 |
| 广州市园林科学研究所 | 7 | University of Florida | 50 |
| 深圳市铁汉生态环境股份有限公司 | 7 | Udice French Research Universities | 48 |
| 中国·城市建设研究院 | 7 | University of California Davis | 41 |
| 南京农业大学 | 6 | Centre National De La Recherche Scientifique Cnrs | 34 |
| 华南农业大学 | 6 | Ghent University | 30 |
| 杭州师范大学 | 5 | Universite Paris Saclay | 30 |

2.2.4 研究学者分析。分析园林废弃物堆肥研究领域的作者分布情况, 有助于明确该领域的主要学者, 有利于了解相关学者的研究概况^[26], 高频次共被引作者通常对研究领域的理论和方法有创新, 并对研究领域的发展有突出贡献, 从而促进该领域的学术交流合作, 推动研究的深入发展^[27]。由表 5 可知, 在该领域的代表性学者中, 北京林业大学孙向阳在 CNKI 和 WOS 中分别以 42 篇和 45 篇位居第一。在 CNKI 中, 北京林业大学李素艳和龚小强分别以 25 篇和 17 篇位居二、三名, 在 WOS 中, 北京林业大学张璐和李素艳分别以 29 篇和 26 篇位居二、三名。统计 WOS 发文量前 10 作者中我国学者就有 4 名, 说明我国学者在该研究领域的国际活跃度高。

文献被引频次可以反映文章的价值以及文章在所研究领域的地位, 是评价文章影响力大小的重要指标, 文章的被引频次越高, 在学术界的认可度和被关注度也就越高^[28], 其阐述的观点和结论可以为读者提供可靠、高价值、深层次的引文内容^[29]。在 CNKI 发文量排名前 10 的作者中, 文献被引频次排前 3 位的作者分别是孙向阳、吕子文、方海兰; 在 WOS 发文量排名前 10 的作者中, 文献被引频次排前 3 位的分别是孙向阳、张璐和法国巴黎萨克雷大学的 Houot S。CNKI 中, 篇均被引频次排前 3 的作者分别是吕子文、方海兰、孙向阳; WOS 中, 篇均被引频次排前 3 的作者分别是来自澳大利亚莫道克大学的 Jones DL、我国北京林业大学的张璐

和英国布里斯托尔眼科医院的 Haynes R J, 以上数据说明我国在园林废弃物堆肥研究领域已经具有重要影响力。

表 5 园林废弃物堆肥领域 CNKI 和 WOS 发文量前 10 的作者

Table 5 Top ten authors published by CNKI and WOS in the field of garden waste composting

| 文献来源 Source article | 作者 Author | 机构 Institution | 发文量 Number of publicat- ions//篇 | 被引频次 Total cited times//次 | 篇均被引频次 Average citation per article//次 |
|------------------------------|------------------|-----------------------------|--|---------------------------------|--|
| 中国知网 CNKI | 孙向阳 | 北京林业大学 | 42 | 1 015 | 24.00 |
| | 李素艳 | 北京林业大学 | 25 | 269 | 11.00 |
| | 龚小强 | 北京林业大学 | 17 | 294 | 17.00 |
| | 张璐 | 北京林业大学 | 12 | 374 | 31.00 |
| | 方海兰 | 上海市辰山植物园 | 9 | 601 | 67.00 |
| | 陈祥 | 重庆市风景园林研究院 | 9 | 51 | 6.00 |
| | 吕子文 | 上海申迪园林投资建设有限公司 | 8 | 604 | 76.00 |
| | 包兵 | 重庆大学 | 8 | 62 | 8.00 |
| | 周金星 | 北京林业大学 | 7 | 151 | 22.00 |
| | 张俊涛 | 广州市林业和园林科学研究院 | 7 | 45 | 6.00 |
| Web of Science TM | Sun XY | Beijing Forestry University | 45 | 1 532 | 34.04 |
| | Zhang L | Beijing Forestry University | 29 | 1 139 | 39.28 |
| | Li SY | Beijing Forestry University | 26 | 529 | 20.35 |
| | Houot S | Universite Paris Saclay | 23 | 782 | 34.00 |
| | Antonious GF | Kentucky State University | 20 | 284 | 14.20 |
| | Hafidi M | Univ Cadi Ayyad UCA | 16 | 577 | 36.06 |
| | Gong XQ | Beijing Forestry University | 12 | 385 | 32.08 |
| | Haynes RJ | Bristol Eye Hospital | 12 | 470 | 39.17 |
| | Jones DL | Murdoch University | 12 | 481 | 40.08 |
| | Vandergheynst JS | University of Florida | 12 | 232 | 19.33 |

2.3 研究热点分析

2.3.1 高频关键词热点分析。关键词是文献的核心与精髓,在题名以及文章内容中高度总结和凝练出的能够表达文章中心思想的有实质意义的词汇,对学科领域的研究热点具有指示性作用^[30]。而高频关键词指在文献中多次出现的词

汇,出现的频率越高则表示该词汇受到的关注越多,每个关键词都代表一个领域的热点内容^[31]。利用 CiteSpace 对有关园林废弃物堆肥研究领域中外文文献关键词频次前 10 的进行分析(表 6),CNKI 中频次最高的是“堆肥”,其次是“园林绿化”和“基质”,其中介中心性都超过 0.10,表明将园林废弃

表 6 园林废弃物堆肥领域中高频关键词前 10 位排名

Table 6 Top 10 high-frequency keywords in the field of garden waste composting

| 高频关键词 Keywords | 中国知网 CNKI | | | Web of Science | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------------------------|
| | 频次 Frequency | 中介中心性 Centrality | 首次出现年份 Year of first occurrence | 高频关键词 Keywords | 频次 Frequency | 中介中心性 Centrality | 首次出现年份 Year of first occurrence |
| 堆肥 Composting | 108 | 0.40 | 2005 | Green waste (绿色废弃物) | 219 | 0.04 | 1998 |
| 园林绿化 Landscaping | 82 | 0.46 | 1998 | Sewage sludge (污水淤泥) | 203 | 0.09 | 2002 |
| 基质 Matrix | 22 | 0.11 | 2010 | Soil (土壤) | 185 | 0.10 | 1996 |
| 养护管理 Maintenance management | 19 | 0.09 | 2008 | Organic matter (有机物质) | 129 | 0.06 | 2004 |
| 好氧堆肥 Aerobic composting | 16 | 0.06 | 2008 | Heavy metal (重金属) | 126 | 0.06 | 2000 |
| 城市污泥 Municipal sludge | 16 | 0.05 | 2003 | Municipal solid waste (城市固体垃圾) | 124 | 0.07 | 1998 |
| 土壤改良 Soil improvement | 16 | 0.06 | 2009 | Compost (堆肥) | 101 | 0.08 | 2000 |
| 有机肥 Organic fertilizer | 14 | 0.07 | 2002 | Amendment (改良剂) | 97 | 0.10 | 2006 |
| 资源化 Recycling | 13 | 0.06 | 2013 | Growth (增长) | 97 | 0.09 | 1996 |
| 养护 Maintenance | 12 | 0.03 | 2010 | Manure (肥料) | 89 | 0.06 | 2007 |

物堆肥作为栽培基质已成为该研究热点的主要内容,根据关键词的首次出现年份,园林废弃物堆肥作为栽培基质是近年研究热点,而资源化利用是研究的重要方向;WOS 中,“Green waste”和“Sewage sludge”成为出现频次最高的两个关键词,而中介中心性较高的是 Amendment(0.10)和 Soil(0.10),可见污水淤泥结合园林废弃物堆肥作为土壤改良剂是该领域研究热点。

2.3.2 高频关键词时间分析。高频关键词聚类时间轴图谱可以展示各聚类单元的历史研究成果、历年发展走势以及聚类之间的关系^[32]。轮廓值是衡量一个聚类内成员相似度的指标,数值越大代表聚类成员具有较高的同质性^[33],国内外关键词聚类时间轴图谱的聚类网络模块度 Q 值和加权平均轮廓值 S 分别为:0.576 4 和 0.331 3,0.901 4 和 0.698 8,其中 Q 值的值域为[0,1],当 Q 值>0.3 则表示可视化结构显著,可清晰地表示各聚类研究方向,平均轮廓值 S>0.5 表明聚类分布均匀,且聚类结果具有高度可信性。聚类分析中的时间线图可以体现聚类标签所包含的关键词情况和时间跨度,关键词时间线图将各关键词聚类从上到下按大小进行排列,

并将各聚类内所含的关键词按出现时间从左到右排列,“圆圈”节点越大代表该关键词共被引频次越高^[34],从图 2 来看,共有 6 个聚类,其中 #1 堆肥、#2 资源化、#3 基质、#4 土壤改良发展进度有较好的延续性。

群组#1:“堆肥”所提到的主题词主要包括再利用、绿化垃圾、园林垃圾、堆肥产品、餐厨垃圾等。该组文献主要研究核心为利用餐厨垃圾和园林废弃物进行堆肥的技术研究^[35-37]。

群组#2:“资源化”所提到的主题词主要包括资源化、淤泥堆肥、现状、回收利用、处理方式等。该组文献主要研究核心为利用淤泥和园林废弃物混合堆肥作为栽培基质进行研究^[38-39],还有部分综述了其堆肥产量的利用可行性,对其现状和前景进行展望^[40-41]。

群组#3:“基质”所提到的主题词主要包括好氧堆肥、理化性质、屋顶绿化、养分等。该组文献主要研究核心为园林废弃物堆肥作为栽培基质理化性质的变化^[42],特别是在屋顶绿化中研究其对植株的生长影响^[43]。

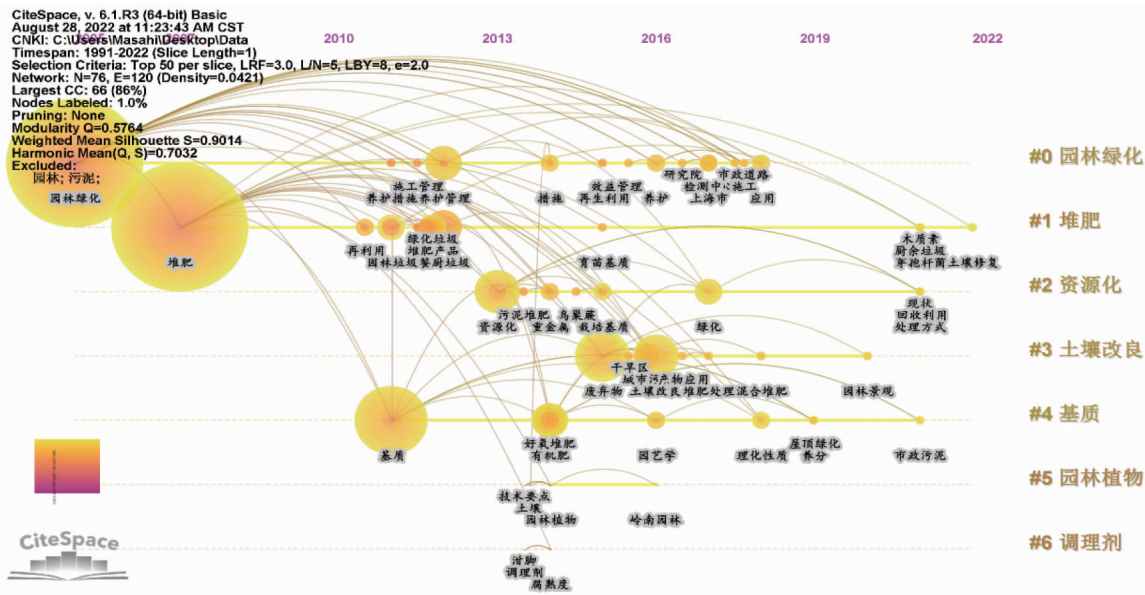


图 2 国内园林废弃物堆肥领域关键词共现时间线

Fig.2 Time-line view of keywords co-occurrence in the field of domestic garden waste composting

群组#4:“土壤改良”所提到的主题词主要包括重金属和绿化。该组文献主要研究核心为园林废弃物堆肥对绿地土壤肥力的影响和降低土壤重金属^[44-45]。

由图 3 可知,国外文献共有 6 个聚类,分别为#0 Green waste(堆肥)、#1 Nitrous oxide(一氧化二氮)、#2 Heavy metals(重金属)、#3 Growing media(栽培基质)、#4 Enzyme activity(酶活性)、#5 Garden waste(园林废弃物)、#6 Bioremediation(生物治理)。从时间轴来看这些聚类都有较好的延续性。

群组#0:“Green waste”所提到的主题词主要包括 composting、food waste、maturity 等,该组文献主要研究核心为利用园林废弃物混合餐厨垃圾堆肥过程变化^[46-47]。

群组#1:“Nitrous oxide”所提到的主题词主要包括 crop

residues、mineralization、soil quality、organic matter 等,该组文献主要研究核心为园林废弃物与作物残茬混合堆肥能够提高土壤养分含量^[48]。

群组#2:“Heavy metals”所提到的主题词主要包括 arsenic、remediation、trace elements、soil contamination 等,该组文献主要研究核心为园林废弃物堆肥能够降低土壤中重金属含量,修复土壤^[49-50]。

群组#3:“Growing media”所提到的主题词主要包括 nematode、soilless culture、meloidogyne incognita、cultural practice 等,该组文献主要研究核心为园林废弃物堆肥作为栽培基质能够提供养分^[51],保留物理性质^[52],降低根际线虫^[53-54]。

群组#4:“Enzyme activity”所提到的主题词主要包括 composting、microbial activity、pepper、phytophthora capsici 等,该组文献主要研究核心为园林废弃物堆肥能够促进土壤酶活性,防治辣椒的疫霉根和冠腐病^[55]。

群组#5:“Garden waste”所提到的主题词主要包括 waste management、compost、organic waste、biochar 等,该组文献主要研究核心为园林废弃物和有机废弃物堆肥管理措施^[56]。

群组#6:“Bioremediation”所提到的主题词主要包括 pahs、biofilter、pah、biofiltration 等,该组文献主要研究核心为利用园林废弃物堆肥改良剂对受污染土壤中多环芳烃(PAHs)降解和生物利用度的影响^[57-58]。

2.3.3 高频关键词突现分析。突变词是指短时间内使用频

率骤增的关键词,可以表征研究前沿的发展趋势,通过对关键词突变性的分析,了解研究热点的动态变化^[59]。选取前 10 个突现关键词(表 7)。从突现强度来看,各关键词差别相对较小,整体强度较低且较平均化,近年的突现热点相对较少,突现时长均大于 1 年,反映出国内园林废弃物堆肥领域探讨热度较短。突现强度最大的热点词包括“堆肥”(6.14)、“绿化垃圾”(4.20)、“上海市”(4.10)和“检测中心”(4.10),其中,“上海市”和“检测中心”是 2017 年才首次出现,表明这个时期上海市园林绿化质量检测中心在该领域比较热门;结合突现词中出现的“餐厨垃圾”和“城市淤泥”关键词,表明园林废弃物结合其他物质进行堆肥是研究关注较高的热门领域。

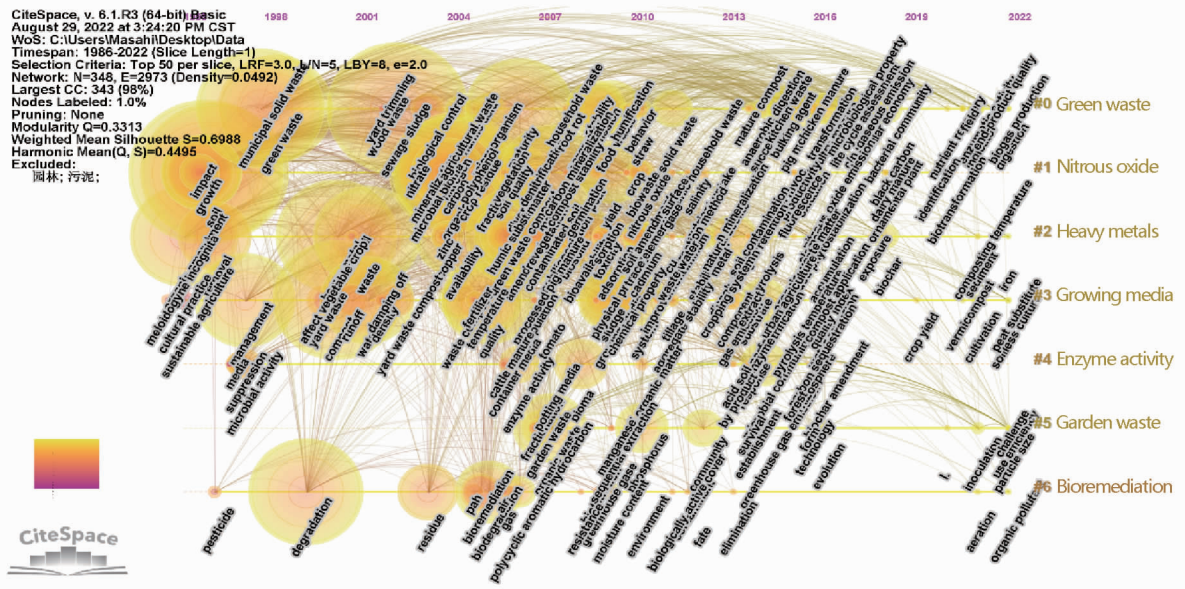


图 3 国外园林废弃物堆肥领域关键词共现时间线

Fig.3 Time line view of keywords co-occurrence in the field of garden waste composting abroad

表 7 国内园林废弃物堆肥领域前 10 个突现关键词

Table 7 Top 10 emergent keywords in the field of domestic garden waste composting

| 关键词 Keywords | 突现强度 Strength | 开始年份 Begin | 结束年份 End | 1991-2022 |
|-----------------------------|------------------|---------------|-------------|-----------|
| 堆肥 Composting | 6.14 | 2009 | 2010 | ■ |
| 园林绿化 Landscaping | 3.36 | 2010 | 2011 | ■ |
| 绿化垃圾 Green plant waste | 4.20 | 2012 | 2013 | ■ |
| 餐厨垃圾 Kitchen waste | 3.46 | 2012 | 2014 | ■ |
| 循环利用 Cyclic utilization | 2.99 | 2012 | 2013 | ■ |
| 废弃物 Waste | 3.66 | 2015 | 2017 | ■ |
| 城市污泥 Municipal sludge | 3.59 | 2016 | 2018 | ■ |
| 上海市 Shanghai | 4.10 | 2017 | 2018 | ■ |
| 检测中心 Test center | 4.10 | 2017 | 2018 | ■ |
| 养护管理 Maintenance management | 2.95 | 2018 | 2020 | ■ |

注:■表示关键词频次未显著变化的年份;■表示关键词频次突然增加的年份;按突现时间排序。

Note:■ represents a year in which there is no significant change in keyword frequency; ■ represents a year in which the keyword frequency suddenly increases; sort by emergence time.

构建国外文献热点词突现的可视化图谱,表 8 涵盖了前 10 个突现关键词。从突现强度和从时间来看,强度最高的为“Foodwaste(厨余垃圾)”(8.57),其次是“Bacterialcommunity(细菌菌落)”(8.06);强度最低的为“Residue(残留物)”

(6.27)。突现词首次出现的时间在 1996—2014 年,时间分布较长。突现时间持续到 2022 年的有 5 个,分别为 2017 年首次出现的“Foodwaste(厨余垃圾)”、2018 年首次出现的“Microbialcommunity(微生物群落)”和 2019 年首次出现的“Bac-

terialcommunity(细菌菌落)”“Biochar(生物炭)”和“Pigmanure(猪粪)”,这表明园林废弃物堆肥结合厨余垃圾和猪粪

以及堆肥中微生物的变化是当下国外研究的重点和热点。

表 8 国外园林废弃物堆肥领域前 10 个突现关键词

Table 8 Top 10 emerging keywords in the field of foreign garden waste composting

| 关键词 Keywords | 突现强度 Strength | 开始年份 Begin | 结束年份 End | 1991-2022 |
|--------------------|------------------|---------------|-------------|-----------|
| Decomposition | 7.57 | 1996 | 2014 | |
| Soil | 7.22 | 2003 | 2007 | |
| Mineralization | 6.85 | 2003 | 2014 | |
| Residue | 6.27 | 2003 | 2012 | |
| Contaminated soil | 6.97 | 2007 | 2013 | |
| Foodwaste | 8.57 | 2017 | 2022 | |
| Microbialcommunity | 6.34 | 2018 | 2022 | |
| Bacterialcommunity | 8.06 | 2019 | 2022 | |
| Biochar | 7.12 | 2019 | 2022 | |
| Pigmanure | 7.07 | 2019 | 2022 | |

注:—表示关键词频次未显著变化的年份;—表示关键词频次突然增加的年份;按突现时间排序。

Note:— represents a year in which there is no significant change in keyword frequency; — represents a year in which the keyword frequency suddenly increases; sort by emergence time.

2.4 高被引论文分析

2.4.1 中文文献高被引论文分析。表 9 为农业废弃物研究领域被引频次最高的 10 篇论文,包含 7 篇综述类论文、3 篇研究型论文,综述类论文主要阐述国外对园林废弃物政策、堆肥工艺以及国内园林废弃物堆肥展望,研究型论文分别

是:广州市园林科学研究所的江定钦等发表的《园林垃圾堆肥过程中理化性质的变化及堆肥对几种园林植物生长的影响》,研究了堆肥过程中理化性质变化,再投入到园林植物栽培中,证明其可用于栽培基质^[60];北京林业大学水土保持学院教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室的田赞等发

表 9 园林废弃物堆肥研中文文献高被引论文排名前 10

Table 9 Top 10 highly cited papers in Chinese literature on garden waste composting

| 论文题目 Title of paper | 作者 Author | 机构 Institution | 出版年份 Year | 被引频次 Totalcitedtimes//次 | 来源期刊 Journal | 2021 年影响因子 IF |
|--|--------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| 美国园林废弃物的处置及对我国的启示 The disposal of garden waste in the United States and its enlightenment to China | 吕子文 | 上海市园林科学研究所 | 2007 | 233 | 中国园林 | 2.527 |
| 我国城市污泥的处置与利用 Disposal and utilization of municipal sludge in China | 马娜 | 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室 | 2003 | 209 | 生态环境 | 2.667 |
| 园林绿色废弃物堆肥处理的国外现状与我国的出路 The status quo of garden green waste composting abroad and the way out in China | 梁晶 | 上海市园林科学研究所 | 2009 | 140 | 中国园林 | 2.527 |
| 农林废弃物环保型基质再利用研究进展与展望 Research progress and prospect of environmental protection matrix reuse of agricultural and forestry wastes | 田赞 | 北京林业大学水土保持学院教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室 | 2011 | 106 | 土壤通报 | 1.920 |
| 绿化废弃物堆肥化处理模式和技术环节的探讨 Discussion on the composting treatment mode and technical link of green waste | 周肖红 | 北京市香山公园管理处 | 2009 | 105 | 中国园林 | 2.527 |
| 北京市园林绿化废弃物现状调查及再利用对策探讨 Investigation on the current situation of landscaping waste in Beijing and discussion on countermeasures for its reuse | 于鑫 | 北京林业大学水土保持学院 | 2009 | 103 | 山东林业科技 | 0.430 |
| 园林有机废弃物堆肥处理技术及堆肥产品的应用 Composting technology of garden organic waste and application of composting products | 孙克君 | 广州市园林科学研究所 | 2009 | 92 | 中国园林 | 2.527 |
| 添加竹酢液和菌剂对园林废弃物堆肥理化性质的影响 Effects of adding bamboo sorrel and bactericide on physical and chemical properties of garden waste compost | 田赞 | 北京林业大学水土保持学院,教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室 | 2010 | 81 | 农业工程学报 | 3.446 |
| 园林垃圾堆肥过程中理化性质的变化及堆肥对几种园林植物生长的影响 Changes of physical and chemical properties of garden waste during composting and effects of composting on the growth of several garden plants | 江定钦 | 广州市园林科学研究所 | 2004 | 80 | 中国园林 | 2.527 |
| 绿化植物废弃物堆肥对城市绿地土壤的改良效果 Improvement effect of green plant waste compost on urban green space soil | 顾兵 | 南京农业大学资源与环境科学学院 | 2009 | 78 | 土壤 | 2.444 |

表的《添加竹酢液和菌剂对园林废弃物堆肥理化性质的影响》观察研究中添加不同浓度的菌剂对堆肥过程的影响^[61];南京农业大学资源与环境科学学院的顾兵等发表的《绿化植物废弃物堆肥对城市绿地土壤的改良效果》,研究中指出在绿地添加园林废弃物堆肥,能够有效提高土壤质量^[62]。

2.4.2 外文文献高被引论文分析。园林废弃物堆肥研究外文文献高被引论文排名前 10 的论文如表 10 所列,10 篇论文中有 8 篇是研究型论文,2 篇综述。其中 3 篇讲述园林废弃物堆肥能够降低土壤重金属含量,4 篇讲述园林废弃物堆肥

能够增加土壤养分和酶活性,1 篇研究了堆肥过程中微生物的变化;而综述也是对园林废弃物堆肥修复重金属污染土壤和堆肥前景展望,可见园林废弃物堆肥改良土壤在国外其已经成为当前该领域的热点问题。10 篇论文的发文机构中,我国中南大学叶淑静等发表的《The effects of activated biochar addition on remediation efficiency of co-composting with contaminated wetland soil》位列第 6 名,其内容主要利用园林废弃物堆肥改善污染土壤,表明我国在园林废弃物堆肥研究领域上也有着较强的国际学术影响力^[63]。

表 10 园林废弃物堆肥研外文文献高被引论文排名前 10

Table 10 Top 10 highly cited foreign literatures of garden waste composting research

| 论文题目 Title of paper | 作者 Author | 机构 Institution | 出版年份 Year | 被引频次 Total cited times//次 | 来源期刊 Journal | 2021 年影响因子 IF |
|--|-----------------------|--|--------------|------------------------------|---|---------------|
| Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals | Park, Jin Hee | University of Queensland | 2011 | 721 | <i>Plant and Soil</i> | 4.993 |
| Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively-managed agricultural landscape | Bowles, Timothy | University of California Berkeley | 2014 | 396 | <i>Soil Biology & Biochemistry</i> | 8.546 |
| Efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass | Karami, Nadia | Pancasila University | 2011 | 380 | <i>Journal of Hazardous Materials</i> | 14.224 |
| Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms | Bulluck, LR | North Carolina State University | 2002 | 374 | <i>Applied Soil Ecology</i> | 5.509 |
| Assessing the influence of compost and biochar amendments on the mobility and toxicity of metals and arsenic in a naturally contaminated mine soil | Beesley, Luke | James Hutton Institute | 2018 | 278 | <i>Environmental Pollution</i> | 9.988 |
| The effects of activated biochar addition on remediation efficiency of co-composting with contaminated wetland soil | Ye, Shujing | Central South University | 2018 | 271 | <i>Resources Conservation and Recycling</i> | 13.716 |
| Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin | Ryckeboer, Jaak | KU Leuven | 2003 | 265 | <i>Journal of Applied Microbiology</i> | 4.059 |
| Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: Variability in pathogen response | Termorshuizen, Aad J. | Aad Termorshuizen Consultancy | 2006 | 257 | <i>Soil Biology & Biochemistry</i> | 8.546 |
| Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review | Paz-Ferreiro, Jorge | Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) | 2014 | 253 | <i>Solid Earth</i> | 3.923 |
| Properties and applications of Mater-Bi starch-based materials | Bastioli, C. | NOVAMONT Spa | 1998 | 253 | <i>Polymer Degradation and Stability</i> | 5.204 |

3 结论

该研究基于 CNKI(中国知网)数据库以及 Web of ScienceTM(WOS)核心合集数据库,应用文献计量学方法对园林废弃物堆肥这一领域在国内外发表的论文进行统计分析。从分析结果可以得出:

(1)从历年发文量分析。国内外关于园林废弃物堆肥领域的发文数量总体呈上升趋势,园林废弃物堆肥研究大体经历 3 个阶段:探索阶段、平稳发展阶段和快速发展阶段,国内研究起步较迟,但直至今,国内总发文量占国外总发文量 43.9%,这与国家下发有关园林废弃物资源化利用相关的政策有关,可见国内对该领域越来越重视。

(2)从国家层面分析。美国是最早开始重视园林废弃物堆肥的国家,在 WOS 数据库中美国以发文量 302 篇、中介中心性(0.35)、被引频次(7 958 次)和 h 指数(45)综合第一,在该领域研究遥遥领先于其他国家,占有重要地位。

(3)从期刊层面分析。国内期刊发文量差距不大,《中国园林》以发文量(6 篇)、被引频次(654 次)和篇均被引频次(109 次)综合第一,国外 *Bioresource Technology*(生物资源技术)以发文量(82 篇)、被引频次(2 887 次)和篇均被引频次(47.40 次)综合第一。国外期刊发文量普遍高于国内期刊,并且中文文献主要分布在园林环境方面,分布较为分散,缺乏针对园林废弃物堆肥领域的专门性期刊。

(4)从机构层面分析。除了北京林业大学,国内机构发文量普遍较少,北京林业大学在 CNKI 和 WOS 以发文量 75 篇和 62 篇位居第一,国外机构中美国的佛罗里达州立大学和加利福尼亚大学分别以 60 篇和 55 篇排名第二和第三。

(5)从学者层面分析。北京林业大学孙向阳在 CNKI 和 WOS 中分别以 42 篇和 45 篇位居第一,北京林业大学李素艳和龚小强在 CNKI 中分别以 25 篇和 17 篇位居二、三名,北京林业大学张璐和李素艳在 WOS 中分别以 29 篇和 26 篇位居

二、三名。这些学者都来自北京林业大学,不难看出他们是我国在园林废弃物堆肥方向的领头人。

(6)对关键词热点的分析。我国主要对园林废弃物结合厨余垃圾和淤泥污水堆肥进行研究,而国外除了研究结合淤泥污水堆肥,更加注重对土壤改良,降低重金属,随着时间的推移,目前国外研究重点在于堆肥中微生物的变化、炭化技术和结合猪粪堆肥。

(7)对高被引论文的分析。国内学者主要对园林废弃物堆肥发展前景进行综述,部分学者对园林废弃物堆肥过程理化性质变化研究和施用园林废弃物堆肥对土壤的影响进行研究,国外学者大多数是针对园林废弃物堆肥对土壤养分、酶活性、微生物量和减少土壤重金属含量进行研究,在这方面我国学者可以借鉴国外学者相关论文。

我国虽然近几年有关园林废弃物堆肥的论文有所增长,但还是主要依靠北京林业大学那几位学者,并且根据热频关键词来看,我国明显落后于国外对该领域的研究,由此可知,对园林废弃物堆肥领域的研究还有很长的路要走。

参考文献

[1] BENITO M, MASAGUER A, DE ANTONIO R, et al. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media[J]. *Bioresource technology*, 2005, 96(5): 597-603.

[2] BREWER L J, SULLIVAN D M. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings[J]. *Compost science & utilization*, 2003, 11(2): 96-112.

[3] 应君, 张青萍, 吴晓华. 基于循环经济理念的园林绿化废弃物资源化再利用[J]. *山东林业科技*, 2012, 42(6): 71-73, 67.

[4] 孙向阳, 徐佳, 杜建军. 北京市园林绿化废弃物资源化再利用现状及思考[C]//北京园林学会, 北京市园林绿化局, 北京市公园管理中心. 2010 北京园林绿化新起点. 北京: 中国林业出版社, 2010: 423-430.

[5] 国家统计局. 2020 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.

[6] 全国绿化委员会办公室. 2021 年中国国土绿化状况公报[N]. *人民日报*, 2022-03-15(014).

[7] 刘晓文, 张莹莹, 钟艳辉. 重庆市主城区园林绿化废弃物产生量及处置情况调研[J]. *低碳世界*, 2020, 10(3): 1-2.

[8] 胡光. 蔡用海. 株洲市绿化废弃物处理现状调研分析[J]. *皮革制作与环保科技*, 2022, 3(4): 165-167.

[9] 刘瑜, 赵佳颖, 周晚来, 等. 城市园林废弃物资源化利用研究进展[J]. *环境科学与技术*, 2020, 43(4): 32-38.

[10] 于鑫, 孙向阳, 徐佳, 等. 北京市园林绿化废弃物现状调查及再利用对策探讨[J]. *山东林业科技*, 2009, 39(4): 5-7, 11.

[11] 周晓丽, 蒋明, 臧廷亮, 等. 园林绿化废弃物资源化再利用探讨[J]. *江苏林业科技*, 2015, 42(1): 53-56.

[12] 安传艳, 李同昇, 翟洲燕, 等. 1992—2016 年中国乡村旅游研究特征与趋势: 基于 CiteSpace 知识图谱分析[J]. *地理科学进展*, 2018, 37(9): 1186-1200.

[13] 郭栋梁, 饶咬成, 李海伦, 等. 国内水生态文明研究进展与趋势: 基于 CiteSpace 知识图谱分析[J]. *江汉师范学院学报*, 2019, 39(6): 10-15.

[14] 李娜. 国内阅读推广研究知识图谱分析[J]. *图书馆工作与研究*, 2018(2): 77-86.

[15] 李小青, 李秉廉. 数字化创新研究热点演化分析[J]. *统计与信息论坛*, 2022, 37(5): 115-128.

[16] 张雪. 论我国循环经济立法体系的构建[C]//水污染防治立法和循环经济立法研究: 2005 年全国环境资源法学研讨会论文集(第三册). [出版者不详]: [出版者不详], 2005: 88-93.

[17] 王宏智. 园林绿化废弃物再利用的思考[J]. *农业科技与信息(现代园林)*, 2011, 8(7): 9-10.

[18] 汪浩, 贾川. 我国固废综合园区案例研究与发展建议[J]. *环境与可持续发展*, 2019, 44(4): 63-65.

[19] 杜志鹏, 苏德纯. 稻田重金属污染修复治理技术及效果文献计量分析[J]. *农业环境科学学报*, 2018, 37(11): 2409-2417.

[20] 王楚涵, 李继军. 国土空间规划研究热点与方向: 基于 CiteSpace 的图谱量化分析[C]//中国城市规划学会, 成都市人民政府. 面向高质量发展的空间治理: 2020 中国城市规划年会论文集(04 城市规划历史与理论). 北京: 中国建筑工业出版社, 2021: 110-123.

[21] 苗鑫, 李敏. 弹导方向的应急管理研究前沿掣肘: 代表性 SSCI 论文追踪及其研究方法简评[J]. *公共管理学报*, 2013, 10(4): 125-136, 143.

[22] 蔡普默, 仪传冬, 张琪文, 等. 应该引起重视的害虫: 基于文献计量铃木果蝇的国内外研究现状分析[J]. *果树学报*, 2018, 35(12): 1530-1540.

[23] 苏新宁. 构建人文社会科学学术期刊评价体系[J]. *东岳论丛*, 2008, 29(1): 35-42.

[24] 张亚莉. SCI, 不能没, 不能唯: 以广州医科大学为例[J]. *医学与哲学(A)*, 2014, 35(10): 8-11.

[25] 刘揖建. 学前教育三年行动计划期间我国学前教育研究状况: 基于《学前教育研究》文献分析[J]. *河北师范大学学报(教育科学版)*, 2022, 24(3): 107-114.

[26] 王贵海. 我国数字人文研究演进路径及图书馆支持策略探析[J]. *图书馆工作与研究*, 2019(10): 106-113.

[27] 罗杨, 吴永贵, 段志斌, 等. 基于 CiteSpace 重金属生物可给性的文献计量分析[J]. *农业环境科学学报*, 2020, 39(1): 17-27.

[28] 严陶韬, 高婷, 周之栋, 等. 基于文献计量的生物炭土壤效应分析[J]. *江苏农业科学*, 2021, 49(4): 191-199.

[29] 杜红平, 王元地. 学术论文参考文献引用的科学化范式研究[J]. *中国科技期刊研究*, 2017, 28(1): 18-23.

[30] 王磊. 深入浅出, 简约有序的课堂: 例说关键词教学法在初中语文教学中的运用[J]. *甘肃教育研究*, 2021(6): 92-95.

[31] 魏予昕, 王志丹, 刘文净. 我国当前自闭症儿童教育研究的热点领域分析[J]. *现代特殊教育*, 2019(2): 30-35.

[32] 周波, 徐浙, 冯田. 基于 CiteSpace 的中国低碳城市研究知识图谱分析[J]. *城市发展研究*, 2022, 29(5): 86-94.

[33] 韩高琳, 朱正如, 姜俊超. 基于 CiteSpace 信息可视化分析光催化技术治理水污染领域的研究进展[J]. *首都师范大学学报(自然科学版)*, 2021, 42(3): 75-83.

[34] 岳婷, 李梦婷, 陈红, 等. 碳中和研究热点与演进趋势: 基于科学知识图谱[J]. *资源科学*, 2022, 44(4): 701-715.

[35] 陈海滨, 杨禹, 刘晶昊, 等. 园林/餐厨垃圾联合堆肥工艺研究[J]. *环境工程*, 2012, 30(3): 81-84.

[36] 李化山, 于光辉, 李诗刚, 等. 餐厨垃圾与园林植物废弃物混合堆肥工艺研究[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(28): 9745-9748.

[37] 李小建, 周振鹏, 谢锡龙, 等. 餐厨垃圾连续堆肥处理系统中试研究[J]. *环境工程学报*, 2013, 7(1): 340-344.

[38] 徐福银, 刘威, 包兵, 等. 基于生活污水堆肥在菊花栽培上的应用[J]. *中国园艺文摘*, 2014, 30(11): 36, 44.

[39] 徐福银, 包兵, 胡艳燕, 等. 生活污水堆肥在柑桔容器育苗上的应用[J]. *中国南方果树*, 2014, 43(2): 44-45, 48.

[40] 李丽, 马达, 赵志宾, 等. 秦皇岛市城市污泥堆肥土地利用的可行性研究[J]. *环境科学与技术*, 2016, 39(S2): 223-226.

[41] 康军, 张增强. 污泥堆肥用于城市绿化的现状及前景[J]. *节能与环保*, 2009(7): 33-34.

[42] 龚小强, 孙向阳, 李燕, 等. 组配改良剂对园林废弃物堆肥基理理化性质及鸟巢蕨生长影响[J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(5): 126-132.

[43] 殷庆霏, 郭建斌, 倪肖卫, 等. 不同堆肥对南方屋顶绿化植物生长特性的影响[J]. *环境工程学报*, 2017, 11(11): 6205-6213.

[44] 翟军, 李艳红, 杨玉海. 城市园林废弃物堆肥产品对土壤肥力的影响[J]. *黑龙江农业科学*, 2016(10): 51-54.

[45] 崔萌, 李素艳, 杨田, 等. 园林绿化废弃物堆肥对公园绿地土壤的改良研究[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(17): 106-110.

[46] RYCKEBOER J, MERGAERT J, COOSEMANS J, et al. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin[J]. *Journal of applied microbiology*, 2003, 94(1): 127-137.

[47] ZHANG L, SUN X Y. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste due to the addition of β -cyclodextrin[J]. *Compost science & utilization*, 2019, 27(1): 46-60.

[48] DE NEVE S, SÁEZ S G, DAGUILAR B C, et al. Manipulating N mineralization from high N crop residues using on-and off-farm organic materials[J]. *Soil biology and biochemistry*, 2004, 36(1): 127-134.

[49] BEESLEY L, DICKINSON N. Carbon and trace element mobility in an urban soil amended with green waste compost[J]. *Journal of soils and sediments*, 2010, 10(2): 215-222.

[50] BEESLEY L, INNEH O S, NORTON G J, et al. Assessing the influence of compost and biochar amendments on the mobility and toxicity of metals and arsenic in a naturally contaminated mine soil[J]. *Environmental pollution*, 2014, 186: 195-202.

[51] CARLILE W R, CATTIVELLO C, ZACCHEO P. Organic growing media: Constituents and properties[J]. *Vadose zone journal*, 2015, 14(6): 1-13.

参考文献

- [1] 杨锐. 论风景园林学发展脉络和特征: 兼论 21 世纪初中国需要怎样的风景园林学[J]. 中国园林, 2013, 29(6): 6-9.
- [2] 杨锐. 中国风景园林学学科简史[J]. 中国园林, 2021, 37(1): 6-11.
- [3] 张启翔. 关于风景园林一级学科建设的思考[J]. 中国园林, 2011, 27(5): 16-17.
- [4] 陈悦, 刘则渊, 陈劲, 等. 科学知识图谱的发展历程[J]. 科学学研究, 2008, 26(3): 449-460.
- [5] AHSAN M M, CHENG W, HUSSAIN A B, et al. Knowledge mapping of research progress in vertical greenery systems (VGS) from 2000 to 2021 using CiteSpace based scientometric analysis[J]. Energy Build, 2022, 256: 1-18.
- [6] HUANG Y J, CHENG S, YANG F Q, et al. Analysis and visualization of research on resilient cities and communities based on VOSviewer[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(12): 1-14.
- [7] 廖胜姣. 科学知识图谱绘制工具: SPSS 和 TDA 的比较研究[J]. 图书馆学研究, 2011(5): 46-49.
- [8] 吕大伟, 蔡海生, 张学玲, 等. 基于 InVEST 模型的万年县生境质量时空演变与景观格局分析[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(3): 783-793.
- [9] CHEN C M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. J Am Soc Inf Sci Technol, 2006, 57(3): 359-377.
- [10] 陈风华, 赖小春. 孔子学院研究的进展、热点与前沿: 基于国内外核心期刊的可视化计量考察[J]. 高教探索, 2019(6): 112-120.
- [11] 徐浩, 钱爱兵, 朱学芳, 等. 科学知识图谱绘制工具 CiteSpace 的学科领域扩散特征研究[J]. 情报杂志, 2017, 36(5): 69-74, 68.
- [12] 梁丽娜, 赵亚慧, 吴佳俊, 等. 基于 Citespace 的国内外农业面源污染研究进展与前沿分析[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(4): 99-112.
- [13] 石琳. 语言治理研究的演化路径与发展趋势: 基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43(12): 233-240.
- [14] ZHANG W, YU H R. Evolution and hotspots of new urbanization research in China: A visualized analysis via CiteSpace[J]. China city planning review, 2022, 31(4): 67-74.
- [15] 崔庭凯, 车亦凡, 张欣. 炎症和免疫与儿童孤独症谱系障碍研究的 CiteSpace 分析[J]. 中国学校卫生, 2022, 43(12): 1843-1846, 1850.
- [16] 顾至欣, 张青萍. 近 20 年国内苏州古典园林研究现状及趋势: 基于 CNKI 的文献计量分析[J]. 中国园林, 2018, 34(12): 73-77.
- [17] 林萌, 郭太君, 代新竹. 9 种园林树木固碳释氧生态功能评价[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(6): 29-32.
- [18] 王明荣, 宋国防. 生态园林设计中植物的配置[J]. 中国园林, 2011, 27(5): 86-90.
- [19] 徐容容, 江璐明, 陈水森, 等. 基于 CITYgreen 模型的绿道生态效益评价: 以增城市为例[J]. 广东农业科学, 2013, 40(17): 173-176.
- [20] 周贝宁, 芦建国, 花壮壮. 基于 i-Tree 模型的城市绿道生态服务效益研究[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(12): 2201-2210.
- [21] 关伟锋, 高宁. 绿道及其在城市建设中的作用[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 238-242.
- [22] 刘滨谊. 自然与生态的回归: 城市滨水区风景园林低成本营造之路[J]. 中国园林, 2013, 29(8): 13-18.
- [23] 贺坤, 赵扬, 张志国, 等. 风景园林专业创新创业实践教学平台构架[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(9): 184-187, 219.
- [24] 叶郁. 基于可拓学菱形思维模式的 3S 风景园林设计教学方法研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(11): 193-197.
- [25] 彭俊生, 彭培好, 陈文德, 等. 园林专业风景园林工程类课程改革探索[J]. 高等农业教育, 2014(9): 85-88.
- [26] 张涵, 陈东田, 谭晓磊, 等. 基于 LPS 的海绵城市建设评价指标体系构建[J]. 建筑经济, 2020, 41(S2): 311-315.
- [27] 陈晓菲. 基于生物多样性的海绵城市景观途径探讨[J]. 生态经济, 2015, 31(10): 194-199.
- [28] 苏成, 王浩, 秦蕾, 等. 源自农业实践的海绵城市绿地造景手法探析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2018, 49(2): 262-266.
- [29] 官一路, 黄磊昌, 毕善华. 面向数字景观教育的风景园林混合式教学改革探索[J]. 山西建筑, 2020, 46(15): 183-185.
- [30] 王景洲. 风景园林工程中软质景观和硬质景观施工分析[J]. 中国住宅设施, 2020(12): 73-74.
- [31] 刘颂, 章舒雯. 数字景观教育及数字景观未来发展: 国际数字景观大会的启示[J]. 中国园林, 2015, 31(4): 71-73.
- [32] 吴一洲, 陈前虎. 大数据时代城乡规划决策理念及应用途径[J]. 规划师, 2014, 30(8): 12-18.
- [33] 赵蓓, 霍燃. 数字媒体技术在建筑景观设计中的应用[J]. 工业建筑, 2022, 52(2): 233.
- [34] 吴晓淇, 王胜男, 蹇凯. 谈中国风景园林学发展的时代命题[J]. 新美术, 2019, 40(9): 124-128.
- [35] 刘晓明. 展望未来我国风景园林的发展[J]. 中国园林, 2007, 23(4): 34-35.
- [36] 周如雯, 陈伟良, 茅晓伟. 风景园林经济与管理学发展的回顾与展望[J]. 中国园林, 2015, 31(10): 32-36.
- [37] cyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an aged coal tar contaminated soil under in-vessel composting conditions[J]. Environmental pollution, 2006, 141(3): 459-468.
- [38] WU G Z, KECHAVARZI C, LI X G, et al. Influence of mature compost amendment on total and bioavailable polycyclic aromatic hydrocarbons in contaminated soils[J]. Chemosphere, 2013, 90(8): 2240-2246.
- [39] 高云峰, 徐友宁, 祝雅轩, 等. 矿山生态环境修复研究热点与前沿分析: 基于 VOSviewer 和 CiteSpace 的大数据可视化研究[J]. 地质通报, 2018, 37(12): 2144-2153.
- [40] 江定钦, 徐志平, 阮琳. 园林垃圾堆肥过程中理化性质的变化及堆肥对几种园林植物生长的影响[J]. 中国园林, 2004, 20(8): 63-65.
- [41] 田赞, 王海燕, 孙向阳, 等. 添加竹酢液和菌剂对园林废弃物堆肥理化性质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 272-278.
- [42] 顾兵, 吕子文, 方海兰, 等. 绿化植物废弃物堆肥对城市绿地土壤的改良效果[J]. 土壤, 2009, 41(6): 940-946.
- [43] YE S J, ZENG G M, WU H P, et al. The effects of activated biochar addition on remediation efficiency of co-composting with contaminated wetland soil[J]. Resources, conservation & recycling, 2019, 140: 278-285.

(上接第 239 页)