



冯俊义,蔡子明,于天,赵萌萌,黄震,黄占斌. 基于文献计量和内容分析的保水剂应用研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(03): 105-119.
FENG Junyi, CAI Ziming, YU tian, ZHAO Mengmeng, HUANG Zhen, HUANG Zhanbin. Research progress on the application of water retaining agent based on bibliometrics and content analysis[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(03): 105-119.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.03.10

基于文献计量和内容分析的保水剂应用研究进展

冯俊义^{1,2} 蔡子明³ 于天¹ 赵萌萌¹ 黄震⁴ 黄占斌^{1*}

(1. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院 北京 100083;

2. 武汉大学资源与环境科学学院 武汉 430079;

3. 广西大学资源环境与材料学院 南宁 530004;

4. 中国质量认证中心 北京 100070)

摘要 为了解国内外保水剂领域研究进展及应用动态,基于中国知网和 Web of Science 核心数据库,分别以主题词“保水剂”和检索式“TS = super absorbent polymer OR water retaining agent”检索了 2003—2022 年保水剂领域相关文献,采用文献计量法和内容分析法从多角度进行分析。结果表明:1)保水剂领域英文文献发文量逐年增加,中文文献略有降低,中英文文献类型均以研究论文为主。2)中国在该领域的研究程度活跃,美国的研究成果则处于国际领先地位;在基金支持方面,中国的基金项目资助力度超过其他国家,尤其是国家自然科学基金在国内外资助项目中位居前列。3)国内外保水剂研究主要涉及农业科学、材料、化工和环境等学科,研究单位主要集中在农林类高校。4)国内研究内容聚焦在保水剂的应用层面,探讨了保水剂在抗旱造林、园林绿化、土壤改良、建筑材料、道路及工矿区水土保持、保水保肥效率提升以及植物育苗生长等方面单施及复合配施的效果和机制;而国际研究更侧重保水剂的材料合成与改性制备,致力于开发可生物降解的保水剂材料,并应用在生物医药、食品保鲜等新兴领域。当前,随着环保意识的提高和技术水平的不断进步,新型保水剂材料研发制备及其在生物医药、食品保鲜领域的应用已成为研究热点和未来发展趋势。

关键词 水土保持; 抗旱; 保水剂; 文献计量分析; 内容分析

中图分类号 S145.4

文章编号 1007-4333(2025)03-0105-15

文献标志码 A

Research progress on the application of water retaining agent based on bibliometrics and content analysis

FENG Junyi^{1,2}, CAI Ziming³, YU tian¹, ZHAO Mengmeng¹, HUANG Zhen⁴, HUANG Zhanbin^{1*}

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining & Technology-Beijing, Beijing 100083, China;

2. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

3. College of Resources, Environment and Materials, Guangxi University, Nanning 530004, China;

4. China Quality Certification Centre, Beijing 100070, China)

Abstract To understand the research progress and application dynamics in the field of water retaining agents at domestic and international levels, based on the core databases of China Knowledge Network and Web of Science, relevant literature in the field of water retaining agents from 2003 to 2022 were searched

收稿日期: 2024-03-20

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFC1806504)

第一作者: 冯俊义(ORCID:0009-0000-7818-2500), 博士研究生, E-mail: fjj3937@163.com

通讯作者: 黄占斌(ORCID:0000-0003-2581-2091), 教授, 主要从事旱区农业生态及植物生理生态、退化土壤和污染土壤治理技术及修复材料研发等研究, E-mail: zbhuan2003@163.com

with the subject word “water retaining agents” and the retrieval formula “TS = super absorbent polymer OR water retaining agent”, respectively. Bibliometrics and content analysis methods were adopted to analyze the literature obtained from multiple perspectives. The results showed that: 1) The number of English literature in the field of water retaining agents increased year by year, and the number of Chinese literature decreased slightly. The types of Chinese and English literature were mainly research papers. 2) China had an active level of research in this area, while the United States was in an international leading position for research achievements. Regarding fund support, Chinese foundation projects were more strongly funded than those of other countries, especially the support from the National Natural Science Foundation of China, which occupied a prominent position among domestic and foreign-funded projects. 3) Domestic and foreign research has gradually paid attention to water retention agents. Research mainly involves the disciplines of agricultural science, materials, chemical industry and environment, and the research units are mainly concentrated in agriculture and forestry colleges and universities. 4) Domestic research has mainly focused on the application of water retaining agents and the effects and mechanisms of single-application and compound-application of water retaining agents in drought-resistant afforestation, landscaping, soil improvement, construction materials, soil and water conservation on roads and in industrial and mining areas, and the enhancement of the efficiency of water- and fertiliser-retention, and the growth of plant nurseries, among other aspects. However, international research has focused on the synthesis of water retaining agents and the preparation of materials, and has been devoted to the development of biodegradable water retaining agent materials applied in biomedicine and food preservation. Currently, with the improvement of environmental awareness and the continuous progress of technology, the development and preparation of new water retention agents materials and their application in the field of biomedicine and food preservation have become a research hotspot and future development trend.

Keywords soil and water conservation; drought resistance; water retaining agents; bibliometric analysis; content analysis

全球气候变化和不可持续的人类活动导致土壤干旱问题日益突显,给农业生产和生态环境带来了巨大挑战。在应对土壤干旱问题的过程中,保水剂作为一种重要的土壤改良材料,以其自身能够吸收并储存大量水分的优异特性发挥着重要作用,其在提高土壤水分利用效率、增加农作物产量和保护生态环境方面备受关注^[1-2]。

近年来,国内外保水剂研究取得了显著进展,并在多个领域展示出了应用潜力。在国内,保水剂主要应用在农业抗旱、园林绿化和土壤改良等方面。有研究者通过改变保水剂的施用方式和用量,改善了土壤结构,并提高了土壤水肥保持效果^[3-4]。谭菁等^[5]将保水剂、腐植酸和黑矾配施改良煤矿区渣土,土壤有效磷、总孔隙度和田间持水量分别提高了51.47%、28.71%和54.56%,容重降低了15.72%。佟长福等^[6]研究发现,保水剂和蒸腾抑制剂联合施用土壤含水率提升了4.05%~11.94%,水肥耦合度和耦合协调度分别增加了77.74%和52.79%,玉米株高提升了6.04%~17.45%。杨少

楠等^[7]在草场改良中施用保水剂,土壤含水率增加了1.25%,容重降低了12.38%,种群生物量提高了85.98%~96.96%。

国际研究者专注于通过调控材料的物理和化学性质,开发水肥保持能力强且可生物降解的保水剂材料^[8-9]。如积极探索纳米颗粒保水剂研发,其特殊结构和表面活性使自身具有更强的水分保持能力,并应用在生物医药、影像材料等方面^[10]。Tian等^[11]利用丙烯酸和丙烯酰胺单体在魔芋葡甘露聚糖基底上进行自由基接枝溶液聚合,合成的超吸水性聚合物在蒸馏水和0.9%的NaCl溶液中的最大吸水率分别达到了650 g/g和70 g/g,并对土壤保水性和结构改善具有显著的促进作用。Salemi等^[12]研究发现,高吸水性聚合物夹杂物的引入显著增强了土工合成粘土衬垫的导水性和自愈能力,作为膨润土的部分替代品能明显提高土工合成粘土衬里在干湿循环条件下的耐久性,且经过10次润湿和干燥循环后,合成粘土衬里的水力传导率增加可以忽略不计。Ye等^[13]通过氯化钙诱导的交联反应,将角卡拉胶与

海藻酸钠以不同比例结合,制备了一种新型复合吸附剂,其在0.9%盐水中吸水5 min,最大溶胀比达到13.1 g/g,最大拉伸强度达到12.8 MPa。

当前,国内外对保水剂的研究应用呈现出多个热点方向,主要涉及生物医药、食品保鲜、造纸及纤维制品等领域^[14-15]。在生物医药领域,保水剂出色的吸水性和保水性能为生物医药材料提供了良好的弹性和稳定性,有助于增强产品的功效,被广泛应用于卫生巾、尿不湿、保健冰帽、冰垫和吸血药布等产品的制备,同时还用于生物材料的合成,如人工皮肤和关节、医用胶囊、药物运输载体、生物影像材料等^[16-17]。

尽管保水剂在农业、园林绿化、土壤改良、石油化工和生物医药等领域的应用已取得了一定的进展,但仍存在一系列亟待解决的问题,如应用成本较高、植物特异适用性低、生物安全性尚待评估以及对生态环境可能造成的扰动等^[18],如何在不断增加环境负荷的情况下,提高保水剂节水利用效率备受研究者关注。因此,为全面了解国内外保水剂研究进展及其应用现状,本研究拟采用文献计量法和内容分析法,分析近20年保水剂研究领域的文献,以期保水剂在农业、生态和生物医药等领域的应用提供参考。

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源

本研究选取2003—2022年保水剂领域的学术

文献,基于中国知网(CNKI)和Web of Science(WOS)2个权威的数据库,进行检索和筛选,剔除与研究主题不相关的文献,仅保留主题词同时出现在文章标题、摘要和关键词中的文献。在CNKI数据库中,以主题词“保水剂”进行检索,筛选得到5 412篇文献;在WOS数据库中,以检索式“TS = super absorbent polymer OR water retaining agent”进行检索,筛选得到5 030篇文献。

1.2 分析方法

采用文献计量法和内容分析法对文献的内容和计量学指标进行分析,采用CiteSpace和VOSviewer软件对研究热点进行可视化分析^[19]。

2 结果与分析

2.1 发文量

2.1.1 年度发文量

2003—2022年保水剂领域年度发文量见图1。可见该领域英文发文量呈波动上升趋势。其中:2018年前英文发文量低于中文,此后高于中文且呈显著增长趋势,可见国际对该领域研究关注较多;而中文发文量2009年前波动升高;此后波动下降,2022年最低。通过对英文文献的作者进行统计,发现中文发文量呈现下降趋势与中国作者在国际期刊发文量逐年提高有关,这反映出国内研究人员重视国际期刊报道成果,下一步国内应通过各类学术活动以加强该领域中文期刊影响。

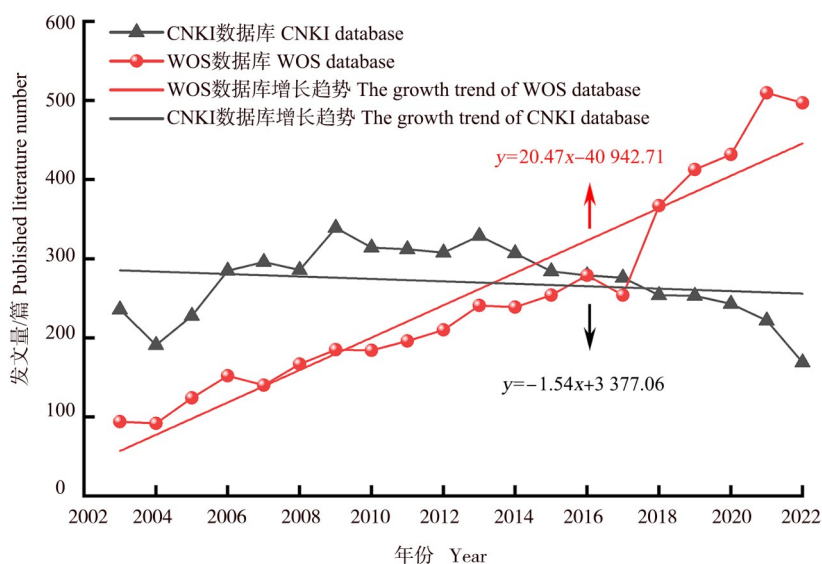


图1 2003—2022年保水剂研究领域年度发文量

Fig.1 Annual publications in water retention agents research field from 2003 to 2022

2.1.2 国家发文量

2003—2022年保水剂研究领域发文量前10的国家见表1,其展示了各国在保水剂研究领域研究产出、参与度和学术影响力,表中H指数表示该国所发文章至少H篇被引用了H次^[19]。在保水剂研究领域,发文量排名前5的国家依次是中国、美国、印度、德国和日本;总被引频次排名前5的国家依次是美国、中国、印度、日本和西班牙;篇均被引频次排名前5的国家依次是美国、日本、法国、西班牙和意大利;

发文量前10的国家H指数均>35,排名前5的国家依次是美国、中国、印度、西班牙和伊朗。中国以28.55%的发文量占比位居首位,美国的发文量约为中国的一半,但美国在总被引频次、篇均被引频次和H指数方面均在发文量前10国家中排名第一,这表明美国在保水剂领域的研究水平处于国际领先地位。综上,美国、中国、日本、印度、西班牙和法国在保水剂研究领域有较高的参与度,中国在该领域参与度最高,美国在该领域的学术影响力最高。

表1 2003—2022年保水剂研究领域发文量前10的国家

Table 1 Top 10 countries of publications in water retention agents research field from 2003 to 2022

排名 Rank	国家 Country	发文量/篇 Published literature number	所占比重/% Percentage	总被引频次/次 Total citation	篇均被引频次/次 Average citation frequency	H指数 H-index
1	中国 China	1 436	28.55	35 818	24.94	87
2	美国 America	787	15.65	39 670	50.41	95
3	印度 India	371	7.38	12 641	34.07	51
4	德国 Germany	220	4.37	58 68	26.67	40
5	日本 Japan	203	4.04	9 263	45.63	40
6	西班牙 Spain	194	3.86	8 343	43.01	43
7	法国 France	190	3.78	8 207	43.19	39
8	韩国 Korea	180	3.58	4 895	27.19	40
9	意大利 Italy	172	3.42	6 130	35.64	39
10	伊朗 Iran	170	3.38	5 304	31.20	42

2.2 文献类型

2003—2022年保水剂研究领域文献类型见表2。可见保水剂研究领域的中、英文文献类型虽略有差异,但整体类型相似。中文文献以学术期刊和学位论文为主,二者合计占比90.14%,而其他类型占比均<5%;其中成果和国内会议发文量分别为198和150篇,其他类型发文量均<100篇。英文文献以研究型论文为主,其占比为87.93%,会议文章和综述文章合计占比11.11%,其他类型发文量均<20篇。对比中、英文会议著作,英文会议论文发文量高于中文会议论文,说明该领域中文学术会议较少,社会关注度低,未来国内应加强学术交流。

2.3 研究热点与前沿趋势

2.3.1 研究热点

2003—2022年保水剂研究领域文献关键词共现图谱见图2和图3,图中节点大小表示主题词共现频次高低,距离长短表示主题词关联性的强弱^[19]。

国内研究热点聚焦于保水剂的应用层面,主要应用方向有抗旱造林、园林绿化、土壤改良、建筑材料调制、道路及工矿区水土保持、保水保肥效率提升和植物育苗生长等^[3, 20-21],涉及保水剂类型主要有聚丙烯酸钠和酰胺、淀粉和纤维素等类。保水剂在农业生产中的施用方法有种子包衣、育苗、蘸根和土壤直接施用等^[5],在农林生产中施用保水剂能提高土壤生物活性和植物生物量、改善土壤团粒结

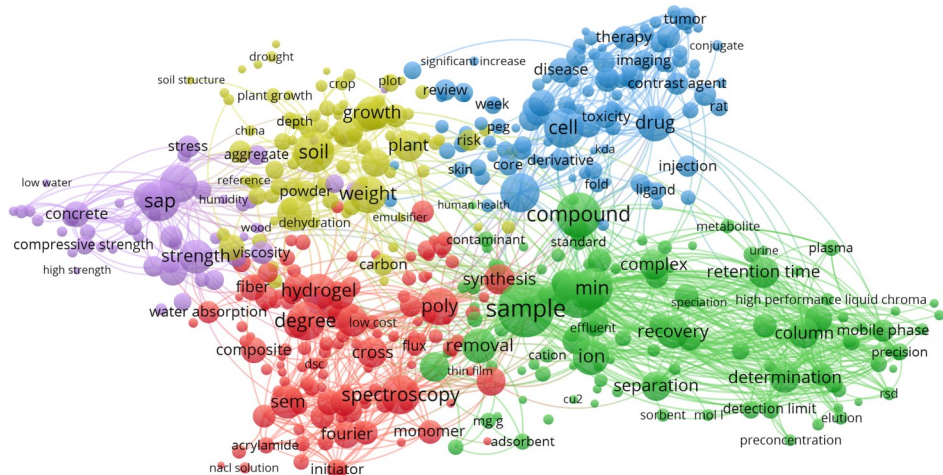


图3 2003—2022年WOS数据库保水剂研究领域文献关键词共现图

Fig. 3 Co-occurrence of keywords in water retention agents research field in WOS database from 2003 to 2022

技术中的应用,重点研发制备性能优异、环境友好和可生物降解的新型保水性材料,旨在提升保水剂的性能。目前,研发的材料已在生物医药(胶囊、影像材料)、食品保鲜、高分子聚合物和纳米材料等方面得到应用^[13]。在食品防腐领域,保水剂通过增强食品水分保持能力,防止食品干燥、蜡化和变脆,以维持食品的质地和口感,广泛用于烘焙食品,如面包和糕点,以及肉制品、海鲜、水果和蔬菜等的保鲜,以保持其新鲜度和质量^[14-15]。尽管保水剂在生物医药和食品保鲜领域有所应用,但对其适用性和

潜在问题的研究相对较少。未来的研究应依据药物和食品的特性合理选择和使用保水剂,并确保所用材料符合相关法规和标准。

2.3.2 前沿趋势

表3和表4分别揭示了CNKI和WOS数据库中保水剂研究领域的前沿趋势,表中关键词的突现持续时间越长,反映出该主题的研究热度和前沿性越强^[22]。CNKI数据库中保水剂相关研究关键词突现数据显示:2016年之前,关键词如“腐植酸”“造林”“高速公路”“节水”和“氮肥”等的突现,表明

表3 CNKI数据库中保水剂相关研究的前25个关键词突现图

Table 3 Top 25 key words emergence map of water retention agents related research in CNKI database

关键词 Keyword	强度 Strength	开始年份 Begin year	结束年份 End year	2003—2022年突现年份 Bursts from 2003 to 2022
荒山造林 Afforestation	6.53	2019	2020	-----
马铃薯 Potato	9.11	2019	2022	-----
品质 Quality	4.75	2018	2022	-----
养分 Nutrient	5.36	2018	2019	-----
生物炭 Biochar	6.63	2018	2022	-----
新技术 New technology	4.97	2017	2020	-----
植树 Forestation	8.26	2016	2019	-----
小麦 Wheat	4.76	2015	2017	-----
水土保持 Soil and water conservation	5.85	2015	2017	-----

表 3（续）				
关键词 Keyword	强度 Strength	开始年份 Begin year	结束年份 End year	2003—2022 年突现年份 Bursts from 2003 to 2022
氮肥 Nitrogen fertilizer	4.69	2014	2019	
节水 Water saving	5.42	2014	2015	
烤烟 Flue-cured tobacco	5.88	2014	2016	
技术 Technique	6.90	2012	2018	
应用效果 Application effects	5.12	2011	2015	
脱硫石膏 Desulfurization gypsum	6.10	2010	2012	
地膜 Mulch film	7.17	2010	2011	
腐植酸 Humic acid	4.89	2006	2010	
高速公路 Expressway	5.23	2006	2010	
丙烯酸 Acrylic acid	6.35	2006	2007	
性能 Property	8.19	2006	2009	
吸水率 Water absorption	5.16	2005	2009	
造林 Afforestation	4.97	2004	2006	
植被恢复 Vegetation restoration	6.04	2004	2009	
抗旱剂 Anti-early agent	6.49	2003	2007	
设备 Equipment	8.15	2003	2004	

注：蓝色条表示关键词未开始出现年份，红色条表示关键词开始突现的年份。下同。

Note：The blue bar indicates the year when the keyword did not begin to appear, and the red bar indicates the year when the keyword began to burst. The same below.

表 4 WOS数据库中保水剂相关研究的前 25 个关键词突现图				
Table 4 Top 25 key words emergence map of water retention agents related research in WOS database				
关键词 Keyword	强度 Strength	开始年份 Begin year	结束年份 End year	2003—2022 年突现年份 Bursts from 2003 to 2022
Cross linking	6.30	2020	2022	
Cellulose	7.63	2020	2022	
Shrinkage	8.11	2020	2022	
High performance concrete	6.18	2019	2020	
Optimization	6.28	2019	2022	
Compressive strength	7.24	2019	2022	
Superabsorbent polymers	8.46	2019	2022	
Silver nanoparticles	7.51	2017	2019	
Temperature	6.10	2016	2020	

表4(续)

关键词 Keyword	强度 Strength	开始年份 Begin year	结束年份 End year	2003—2022年突现年份 Bursts from 2003 to 2022
Aqueous solutions	6.71	2014	2016	
Films	7.01	2013	2017	
In vitro	6.59	2011	2014	
Surface	9.04	2010	2013	
Cancer	8.11	2009	2013	
Contrast agents	5.88	2008	2014	
Solid phase extraction	8.11	2007	2013	
In vivo	10.70	2007	2013	
Polymers	6.05	2006	2008	
Derivatives	6.43	2005	2013	
Agents	9.15	2005	2013	
Atomic absorption spectrometry	6.40	2004	2011	
Separation	13.68	2004	2011	
Performance liquid chromatography	15.28	2004	2009	
Retention	7.96	2003	2012	
Binding	8.24	2003	2010	

了保水剂在抗旱造林、植被恢复、水土保持和土壤改良等传统领域的应用;自2019年起,关键词“荒山造林”“生物炭”“新技术”和“水土保持”的突现与中国生态恢复和环境保护政策相呼应,反映了学术界对创新技术和可持续土地管理的重视。尽管国内保水剂在传统应用领域做了大量研究,但在新兴应用方向上的关注度不足,未来研究需更多关注前沿领域的发展。WOS数据库中保水剂相关研究关键词突现数据显示:“高效液相色谱”和“分离”技术的突现,可能与生物学、环境监测和食品安全领域日益增长的分析需求紧密相关;同时,“表面”“超吸水聚合物”“交联”“纤维素”“收缩”“优化”和“抗压强度”等关键词的持续突现,揭示了学术界对保水剂材料研发及其在新领域应用拓展的重视。

2.4 高被引论文

2003—2022年CNKI和WOS数据库保水剂研究领域高被引论文分别见表5和表6,其特点是具有高引用频次、高期刊影响因子和高学术影响力,反映

了论文在相关领域内具有一定创新性和影响力^[23]。在中文论文中,保水剂研究领域高被引论文研究集中在土壤水肥保持、性状改良和抗旱育林等方面。其中,《树木抗旱性及抗旱造林技术研究综述》一文居高被引论文首位,其详细论述了保水剂在抗旱育林中的作用。前10高被引论文中,黄占斌教授贡献了3篇,这些论文主要探讨了保水剂在节水农业高效生产中的应用;黄占斌教授课题组也开发了“CSH纳米碳腐植酸保水肥”^[24],在矿区渣土改良^[5]、重金属污染治理^[21]以及水肥提升^[25]方面取得显著成效。在英文论文中,高被引论文集中于保水材料的合成与性能优化,并探讨了其在生物医药、油水分离、吸附降解以及保水性能增强等方面的应用。同时,这些研究还涵盖了吸水材料在污染物降解过程中的环境行为与效应,推动了保水剂在环境科学与材料科学交叉领域的研究,特别是在环境保护和资源管理方面提供了新见解。

表5 2003—2022年CNKI数据库保水剂研究领域前10高被引论文

Table 5 Top 10 highly cited papers in water retention agents research field in CNKI database from 2003 to 2022

排序 Sort	题目 Title	论文来源 Source of papers	被引频 次/次 Citation	下载数 量/次 Download volume	发表年份 Published year
1	树木抗旱性及抗旱造林技术研究综述	《世界林业研究》	259	1 322	2003
2	土壤调理剂的研究和应用进展	《中国土壤与肥料》	230	4 824	2013
3	保水剂对氮肥挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响	《农业环境科学学报》	201	2 176	2007
4	高分子保水剂农业应用研究进展	《农业工程学报》	189	1 801	2007
5	保水剂在农业生产中的应用与发展趋势	《干旱地区农业研究》	185	882	2003
6	保水剂在农业改土节水中的效应研究	《水土保持研究》	179	746	2004
7	芦苇末基质的应用基础研究及园艺基质质量标准的探讨	南京农业大学学位论文	175	1 782	2003
8	干旱胁迫对胡杨光合和叶绿素荧光参数的影响	《西北林学院学报》	164	1 016	2009
9	保水缓/控释肥料的研究进展	《农业工程学报》	145	1 757	2006
10	保水剂用量对小麦不同生育期根系生理特性的影响	《应用生态学报》	124	1 554	2011

表6 2003—2022年WOS数据库保水剂研究领域前10高被引论文

Table 6 Top 10 highly cited papers in water retention agents research field in WOS database from 2003 to 2022

排序 Sort	题目 Title	来源期刊 Source publication	被引频 次/次 Citation	国家 Country	发表年份 Published year
1	Synthesis and characterization of nitrogen-doped graphene hydrogels by hydrothermal route with urea as reducing-doping agents	<i>Journal of Materials Chemistry A</i>	341	中国	2013
2	A novel carbon nanotubes reinforced superhydrophobic and superoleophilic polyurethane sponge for selective oil-water separation through a chemical fabrication	<i>Journal of Materials Chemistry A</i>	331	中国	2015
3	Porous lignin based poly (acrylic acid)/organo-montmorillonite nanocomposites: Swelling behaviors and rapid removal of Pb (II) ions	<i>Polymer</i>	285	中国	2017
4	A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants	<i>International Biodeterioration & Biodegradation</i>	268	印度	2017
5	Veterinary antibiotics in animal waste, its distribution in soil and uptake by plants: A review	<i>Science of the Total Environment</i>	260	韩国	2016
6	Highly compressible ultra-light anisotropic cellulose/graphene aerogel fabricated by bidirectional freeze drying for selective oil absorption	<i>Angewandte Chemie—International Edition</i>	254	中国	2018

表6（续）

排序 Sort	题目 Title	来源期刊 Source publication	被引频 次/次 Citation	国家 Country	发表年份 Published year
7	Super moisture-absorbent gels for all-weather atmospheric water harvesting	<i>Advanced Materials</i>	249	美国	2019
8	Controlled synthesis of conjugated microporous polymer films: Versatile platforms for highly sensitive and label-free chemo- and biosensing	<i>Angewandte Chemie—International Edition</i>	247	中国	2014
9	Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions	<i>Science of the Total Environment</i>	207	中国	2019
10	Preparation of cellulose-based hydrogel: A review	<i>Journal of Materials Research and Technology</i>	165	马来 西亚	2021

2.5 学科分布

分布见表7,该表汇总了保水剂领域文献的主要学
2003—2022年保水剂研究领域主要涉及学科 科覆盖范围,其中部分学科存在交叉现象。在中文

表7 2003—2022年保水剂研究领域主要涉及学科分布

Table 7 The distribution of disciplines involved in research field of water-retaining agents from 2003 to 2022

CNKI数据库 CNKI database		WOS数据库 WOS database	
学科分布 Subject distribution	发文量/篇 Published literature number	学科分布 Subject distribution	发文量/篇 Published literature number
林业 Forestry	1 039	Chemistry	1 659
农作物 Crop	986	Environment science and engineering	709
植物保护 Plant protection	814	Material science	698
园艺 Horticulture	766	Polymer science and technology	580
农业科学 Agricultural science	661	Agricultural science	471
农艺学 Agronomy	626	Biomedicine	402
材料与化工 Materials and chemical engineering	544	Food science and technology	320
建筑科学与工程 Architecture science and engineering	317	Biomaterials and technology	294
轻工业与手工业 Light and handicraft industry	286	Nanometer science and technology	229
环境科学与资源 Environmental science and resources	195	Architecture science and technology	226
农业工程与经济 Agricultural engineering and economy	191	Microbiology and toxicology	120
自然地理与测绘 Physical geography and measurement	133	Materials and textiles	78
公路与水路运输 Road and waterway transport	110	Green development	75
矿业与工业经济 Mining and industrial economy	88	Geography and earth science	58
生物学 Biology	51	Agricultural engineering economics	34

文献中,保水剂研究领域涵盖了农业与林业、材料与化工、建筑与交通、轻工业技术以及环境科学和生物学等多个学科。这些学科的交叉融合为保水剂的综合研究提供了多角度的视野和方法论支持。在农林领域,保水剂的应用集中在提高抗旱造林效率、优化水资源管理、促进植物生长以及改善土壤特性等方面;在材料化工和轻工业领域,研究重点在于开发高分子聚合物吸水材料,旨在克服传统保水剂的局限性,如种类单一、应用范围有限、易受光照分解以及成本较高等问题;在环境科学和生物学领域,研究集中于植被生长促进、生态修复和水土保持等方面。这些研究都强调了保水剂在提高水资源利用效率、增强土壤保水能力以及促进环境可持续性方面的关键作用。

在英文文献中,保水剂研究领域涵盖了化学、环境科学、材料科学(包括生物医药、纳米材料、纺织/塑料)、建筑学、生物学以及毒理学等多个学科。研究重点在于开发新型高分子材料,这些材料不仅在传统农业领域有所应用,还扩展到了生物医药、纳米材料、纺织和食品保护等国际前沿领域。

综上,国内保水剂研究相较于国际水平存在一

定的差距,未来的研究应更加注重基础理论的深入探讨,并重视保水剂材料的开发研究,特别是在前沿领域的应用。

2.6 主要发文机构

2003—2022年CNKI和WOS数据库保水剂研究领域主要发文机构分别见表8和表9,国内研究机构主要由农林类高校(8所)和其他科研院所(2所)构成,这一构成与研究领域的学科分布紧密相关。在发文量方面,西北农林科技大学、北京林业大学、内蒙古农业大学和中国矿业大学(北京)位列前4位,说明这些机构在该领域参与度和地位较高。

国际研究机构中,包括7所国外科研院所和3所国内高校,其中中国科学院发文量、H指数和高被引文献数均居前10机构的首位,这反映了其在该领域的研究水平卓越。相比之下,河海大学和华南理工大学各项指标均较靠后,可见二者在研究水平和国际影响力方面仍有提升空间。印度科学工业研究理事会和印度理工学院虽发文量较少,但H指数分别位列第6和第4位,且各有1篇高被引文章,表明二者在该领域有较高学术影响力和认可度。

表8 2003—2022年CNKI数据库保水剂研究领域发文量前10的研究机构

Table 8 Top 10 research institutions in research field of water-retaining agents in CNKI database from 2003 to 2022

排序 Sort	机构 Institution	发文量/篇 Published literature number	所占比例/% Percentage
1	西北农林科技大学 Northwest A&F University	161	2.97
2	北京林业大学 Beijing Forestry University	157	2.90
3	内蒙古农业大学 Inner Mongolia Agricultural University	109	2.01
4	中国矿业大学(北京) China University of Mining & Technology-Beijing	77	1.42
5	河北农业大学 Hebei Agricultural University	66	1.22
6	中国农业大学 China Agricultural University	65	1.20
7	山东农业大学 Shandong Agricultural University	58	1.07
8	沈阳农业大学 Shenyang Agricultural University	49	0.91
9	山西农业大学 Shanxi Agricultural University	46	0.85
10	重庆大学 Chongqing University	44	0.81

表9 2003—2022年WOS数据库保水剂研究领域发文量前10的研究机构

Table 9 Top 10 research institutions in water retention agents research field in WOS database from 2003 to 2022

排序 Sort	机构 Institution	发文量/篇 Published literature number	所占比例/% Percentage	国家 Country	H指数 H-index	高被引文章/篇 Highly cited article
1	Chinese Academy of Sciences	207	4.12	中国	45	5
2	Centre National De La Recherche Scientifique	103	2.05	法国	30	1
3	Egyptian Knowledge Bank	73	1.45	埃及	21	0
4	University of Udine	71	1.41	法国	29	1
5	Hohai University	54	1.07	中国	24	0
6	Indian Institute of Technology	54	1.07	印度	27	1
7	University of California	53	1.05	美国	24	1
8	Council of Scientific and Industrial Research	40	0.80	印度	22	1
9	Islamic Azad University	38	0.76	伊朗	15	0
10	South China University of Technology	36	0.72	中国	13	0

2.7 发文主要基金资助项目

2003—2022年保水剂研究领域前10的基金资助项目见表10,国内基金资助项目前3位分别是国家自然科学基金、国家科技支撑计划和国家高技术研究发展(863计划),三者资助发文量占比分别为6.13%、4.38%和3.05%。在前10资助基金项目,来源于农业类基金资助项目的有2项,其资助发文量占比为

0.97%。国际基金资助项目前3位分别是中国国家自然科学基金、美国卫生与公众服务部和美国国立卫生研究院基金。中国的资助项目力度超越了其他国家,尤其是国家自然科学基金在国内外资助项目中表现突出,这反映出中国在保水剂材料研发及相关应用领域的投入和重视,同时也突显了国家自然科学基金在推动该领域研究发展中的关键作用。

表10 2003—2022年保水剂研究领域前10的基金资助项目

Table 10 Top10 funded projects in water retention agents research field from 2003 to 2022

CNKI数据库 CNKI database		WOS数据库 WOS database	
基金项目 Found project	发文量/篇 Published literature number	资助机构 Funding agencies	发文量/篇 Published literature number
国家自然科学基金 National Natural Science Foundation of China	332	National Natural Science Foundation of China	795
国家科技支撑计划 National Science and Technology Support Program	237	United States Department of Health Human Services	152
国家高技术研究发展计划(863计划) National High-Tech R&D Program (863 Program)	165	National Institutes of Health	149
国家重点研发计划 National Key Research And Development Program of China	95	Fundamental Research Funds for the Central Universities	127
国家科技攻关计划 National Science And Technology Program	42	Spanish Government	99

表10（续）

CNKI数据库 CNKI database		WOS数据库 WOS database	
基金项目 Found project	发文量/篇 Published literature number	资助机构 Funding agencies	发文量/篇 Published literature number
现代农业产业技术体系建设专项资金 Special Funds for the Construction of Modern Agricultural Industrial Technology System	34	European Union	95
河南省科技攻关计划 Science and Technology Research Plan of Henan Province	29	Ministry of Education Culture Sports Science and Technology Japan	75
国家重点基础研究发展规划（973计划） Project Supported by the National Basic Research Program of China（973 Project）	22	Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnologico	69
中国科学院知识创新工程项目 Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences	22	Japan Society for the Promotion of Science	63
国家农业科技成果转化资金 Agricultural Transformation of Scientific And Technological Achievements	19	China Postdoctoral Science Foundation	58

3 结论与展望

本研究综合运用文献计量法与内容分析方法，并借助 CiteSpace 和 VOSviewer 可视化软件，对 2003—2022 年 CNKI 和 WOS 数据库中保水剂研究领域的文献进行分析，得出如下结论：

1)国内外在保水剂领域的研究热度呈上升趋势，2018 年前英文发文量低于中文发文量，此后高于中文发文量；中、英文文献发文类型均以研究型论文为主，其他类型文献较少。

2)国内外主要发文国家是美国和中国，中国在该领域参与度高，而美国发文质量和研究水平处于国际领先地位。

3)在基金资助项目方面，中国国家自然科学基金在国内外均位居前列；学术影响力方面，西北农林科技大学和中国科学院在国内外研究机构中均具有高的影响力。

4)国内研究主要集中保水剂应用方面，应用方向有农业、园艺、建筑及水土保持等，国际研究主要集中在合成开发新的保水剂材料，如聚合物和纳米材料，并应用在生物医药、食品保鲜、轻工业纺织、纤维制品方面。合成制备新型性能优异和环境友好的保水剂材料将是下一步国内外研究关注重点。

保水剂市场需求大，但传统保水剂在应用方面

存在适用性低问题，开展环境友好和可生物降解保水剂材料研究，以满足多个领域应用要求，具有可观的生态环境和经济效益。目前保水剂的研究面临着有效性与环境友好性的双重挑战，虽然现有保水剂可以显著减少水分蒸发，但其成分对环境可能存在潜在影响，如土壤质量和生态系统稳定性的影响。未来的研究应集中在开发更环保的材料上，以降低对环境的负面影响。此外，通过跨学科的合作，拓展保水剂的新应用领域并提升其效能，有望在农业、园艺和生物医药等领域发挥作用。

参考文献 References

[1] 冉艳玲,王益权,张润霞,祝飞华,刘金. 保水剂对土壤持水特性的作用机理研究[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(5): 101-107
Ran Y L, Wang Y Q, Zhang R X, Zhu F H, Liu J. Research on the mechanism of super absorbent polymer to soil water-holding characteristic [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33(5): 101-107 (in Chinese)

[2] 纪冰祎. 农用保水剂发展的现状分析与探讨[J]. 农业经济, 2022(4): 21-23
Ji B Y. Analysis and discussion on the present situation of the development of agricultural water retaining agent [J]. *Agricultural Economy*, 2022(4): 21-23 (in Chinese)

[3] 王睿彤,孙景宽,陆兆华. 土壤改良剂对黄河三角洲滨海盐碱土生化特性的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 425-431
Wang R T, Sun J K, Lu Z H. Effect of soil ameliorants on the

- biochemical properties of coastal saline-alkali soil in the Yellow River Delta[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(2): 425-431 (in Chinese)
- [4] 冉艳玲. 化学保水剂对土壤水分及物理特性的作用效应[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014
- Ran Y L. Effects of super absorbent polymers on soil water moisture and physical properties[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2014 (in Chinese)
- [5] 谭菁, 黄占斌, 赵鹏. 腐植酸复合材料对矿区渣土改良应用研究[J]. 腐植酸, 2022(6): 13-20
- Tan J, Huang Z B, Zhao P. Application research on humic acid composite materials for improving residue soil in mining areas[J]. *Humic Acid*, 2022(6): 13-20 (in Chinese)
- [6] 佟长福, 侯洪飞, 李瑞平, 郑和祥, 田小强, 高海波, 苗怀仁. 保水剂和蒸腾抑制剂对玉米生长和水肥耦合的影响[J]. 节水灌溉, 2024(6): 63-68, 76
- Tong C F, Hou H F, Li R P, Zheng H X, Tian X Q, Gao H B, Miao H R. Effects of water-holding agent and transpiration inhibitor on growth and water-fertilizer coupling in maize[J]. *Water Saving Irrigation*, 2024(6): 63-68, 76 (in Chinese)
- [7] 杨少楠, 杨少桢, 钱旺, 杨彬, 田晓雄, 王新宇, 郝杨, 孙文彦. 天然草场机械化施播保水剂改良工艺试验研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2023, 44(5): 28-33, 43
- Yang S N, Yang S Z, Qian W, Yang B, Tian X X, Wang X Y, Hao Y, Sun W Y. Experimental study on the improvement technology of mechanized sowing and water-holding agent in natural grassland [J]. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2023, 44(5): 28-33, 43 (in Chinese)
- [8] Zhao F, Zhou X Y, Liu Y, Shi Y, Dai Y F, Yu G H. Super moisture-absorbent gels for all-weather atmospheric water harvesting [J]. *Advanced Materials*, 2019, 31(10), 1806446
- [9] Mi H Y, Jing X, Politowicz A L, Chen E, Huang H X, Turng L S. Highly compressible ultra-light anisotropic cellulose/graphene aerogel fabricated by bidirectional freeze drying for selective oil absorption [J]. *Carbon*, 2018, 132: 199-209
- [10] Wang H Y, Wang E Q, Liu Z J, Gao D, Yuan R X, Sun L Y, Zhu Y J. A novel carbon nanotubes reinforced superhydrophobic and superoleophilic polyurethane sponge for selective oil-water separation through a chemical fabrication [J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2015, 3(1): 266-273
- [11] Tian D T, Li S R, Liu X P, Wang J S, Hu S, Liu C M, Xie H Q. Preparation of superabsorbent based on the graft copolymerization of acrylic acid and acrylamide onto konjac glucomannan and its application in the water retention in soils [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012, 125(4): 2748-2754
- [12] Salemi N, Abtahi S M, Rowshanzamir M A, Hejazi S M. Improving hydraulic performance and durability of sandwich clay liner using super-absorbent polymer [J]. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 2019, 21(3): 1055-1071
- [13] Ye Z L, Tang M, Hong X T, Hui K S. Sustainable composite super absorbents made from polysaccharides[J]. *Materials Letters*, 2016, 183: 394-396
- [14] 曾恩辉. 冷冻凡纳滨对虾仁无磷保水剂的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012
- Zeng E H. Study on ono-phosphate additive of frozen litopenaeus vannamei flesh [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2012 (in Chinese)
- [15] 邹明辉. 无磷保水剂在凡纳滨对虾仁冻藏加工中的应用及保水机理研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2011
- Zou M H. Study on application of non-phosphate additive in frozen penaeus vannamei and mechanism of water-holding [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2011 (in Chinese)
- [16] 王雪敏, 刘伟, 吴志刚, 郭诚, 樊伟, 杨雪超. 新型有机/无机复合型保水剂的制备及性能评价[J]. 新型建筑材料, 2021, 48(11): 60-63
- Wang X M, Liu W, Wu Z G, Guo C, Fan W, Yang X C. Preparation and performance evaluation of a new organic/inorganic composite water retaining agent for concrete[J]. *New Building Materials*, 2021, 48(11): 60-63 (in Chinese)
- [17] 石燕军, 朱丽瑛, 张金池, 李坤, 徐旭昇. 复合型保水剂的制备与性能研究 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2017, 41(5): 114-120
- Shi Y J, Zhu L J, Zhang J C, Li K, Xu X S. Synthesis and property of composite super absorbent polymer [J]. *Journal of Nanjing Forestry University : Natural Sciences Edition*, 2017, 41(5): 114-120 (in Chinese)
- [18] Zhang W X, Liu Q, Liu S F, Chen J, Guo L L, Wang P, Lei Z Q. Study on seed emergence and seedling growth of *Artemisia desertorum* with superabsorbent polymers[J]. *Polymers*, 2020, 12(12): 2873
- [19] 冯俊义, 赵萌萌, 于天, 段海煦, 李红东, 黄占斌. 基于文献计量的石油钻井油泥处理及资源化利用分析[J]. 石油与天然气化工, 2023, 52(2): 148-156
- Feng J Y, Zhao M M, Yu T, Duan H X, Li H D, Huang Z B. Analysis of treatment and resource utilization of drilling oily sludge based on bibliometrics[J]. *Chemical Engineering of Oil & Gas*, 2023, 52(2): 148-156 (in Chinese)
- [20] 柯超, 黄占斌, 马筠, 钟建, 张世伟. 纳米碳保水肥对柑橘田土壤细菌群落结构及柑橘生长的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(21): 101-107
- Ke C, Huang Z B, Ma Y, Zhong J, Zhang S W. Effects of nano-carbon water-retain fertilizer on soil bacterial community structure and *Citrus* growth in *Citrus* field [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(21): 101-107 (in Chinese)
- [21] 张博伦, 黄占斌, 崔鹏涛. 4种环境材料施用对土壤铅、镉形态的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(12): 293-297
- Zhang B L, Huang Z B, Cui P T. Effects of application of four environmental materials on forms of lead and cadmium in soils [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(12): 293-297 (in Chinese)
- [22] 柳树阳, 邱慧慧, 黄占斌, 何小松. 烟草废弃物资源化利用现状及堆肥利用研究[J]. 腐植酸, 2022(3): 48-59
- Liu X Y, Di H H, Huang Z B, He X S. Current situation of tobacco waste resource utilization and research on compost utilization [J]. *Humic Acid*, 2022(3): 48-59 (in Chinese)
- [23] 李昂, 侯红, 苏本营, 黄占斌, 冯艳, 吴志豪, 孙在金. 基于CNKI文献分析的镉污染土壤钝化技术概况及效果评估研究[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(8): 1677-1684
- Li A, Hou H, Su B Y, Huang Z B, Feng Y, Wu Z H, Sun Z J. Assessment of heavy metal passivation technology and evaluation of cadmium-contaminated soil based on CNKI literature analysis [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2019, 38(8): 1677-1684 (in Chinese)
- [24] 黄占斌. 中国矿业大学(北京)成功研制出“CSH纳米碳腐植酸保水肥”[J]. 腐植酸, 2017(1): 82
- Huang Z B. China University of Mining and Technology (Beijing) successfully developed CSH Nano-Carbon Humic Acid Water-Holding

Fertilizer[J]. *Humic Acid*, 2017(1): 82 (in Chinese)

- [25] 黄震, 黄占斌, 李文颖, 锅圆, 王晓茜, 车明超, 董莉. 不同保水剂对土壤水分和氮素保持的比较研究[J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(2): 245-249

Huang Z, Huang Z B, Li W Y, Guo Y, Wang X Q, Che M C, Dong L.

Effect of different super absorbent polymers on soil moisture and soil nitrogen holding capacity[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(2): 245-249 (in Chinese)

责任编辑：申青苗



第一作者简介：冯俊义,男,宁夏西吉人,中国矿业大学(北京)/武汉大学博士研究生。参与国家重点研发计划(2020YFC1806504)和甘肃省矿产资源总体规划(2021—2025)等课题研究。曾获武汉大学校级优秀博士研究生荣誉称号。



通讯作者简介：黄占斌,男,博士,陕西武功人,中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院二级教授,博士生导师,土壤修复生态材料研究所所长。主要从事旱区农业生态及植物生理生态、退化土壤和污染土壤治理技术及修复材料研发等研究。现兼任中关村众信土壤修复产业技术创新联盟(土盟)理事长、自然资源部土地整治生态防护修复中心学术委员、中国生态学会污染专委会、中国煤炭工业协会环境专委会、中国腐植酸工业协会理事;《中国水土保持学报》和《腐植酸》副主编、《农业资源与环境学报》和《干旱地区农业研究》等期刊编委,《农业环境科学学报》《中国生态农业学报》《农业工程学报》等期刊审稿人。主持国家科技支撑计划、国家高技术研究发展计划(863计划)、国家自然科学基金、国际合作等课题40余项,目前主持国家重大研发计划课题“新型煤基吸附/固化材料研发及其安全修复利用”、北京市首发集团项目“盾构渣土盐碱处理及其用于绿化基质改良研究”等。发表科研论文260余篇,主编专著和教材4部。获国家和省部级科研成果奖励10项,其中国家科技进步和发明奖二等奖等3项。