

## 农业水资源监测文献计量分析\*

魏妍冰, 梁社芳, 查 燕, 余强毅, 吴文斌<sup>※</sup>

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 / 农业农村部农业遥感重点实验室, 北京 100081)

**摘要:**【目的】作为重要的自然环境与社会发展要素, 农业水资源是人类进行农业生产活动的重要基础, 对于保障粮食安全具有重要作用。文章对农业水资源监测领域研究态势进行定量分析, 为未来研究提供参考依据。【方法】基于文献计量学方法, 利用 Web of Science 核心数据库检索, 应用 VOSviewer、CiteSpace 和 Derwent Data Analyzer 等软件构建文献数据的关系和可视化, 分析 1999—2018 年农业水资源监测领域发文量趋势、主要研究力量和研究热点。【结果】(1) 全球发文量呈上升趋势, 2008 年后发展速度明显提升, 中国的发文量趋势与全球发展基本保持一致, 整体处于上升趋势。(2) 欧盟、美国、中国、澳大利亚和加拿大为全球在农业水资源监测技术领域的主要研究国家/地区, 中国的发文量持续攀升但篇均被引较低。在前 5 名科研机构中, 中国科学院发文量最高, 美国地质调查局的篇均被引位居第 1。(3) 在研究热点方面, 水质 (water quality) 是农业水资源持续监测的热点, 近 10 年, 气候变化 (climate-change) 成为关注的热点。【结论】目前, 美国和欧盟在该领域具有较高发展水平, 中国虽然在发文量上具有较快发展, 但研究的竞争力有待提高。未来的农业水资源监测需从系统性和整体性等多角度开展研究, 综合集成多源数据、多技术研发、大数据平台, 实现农业水资源的可持续发展。

**关键词:** 农业水资源; 文献计量; 研究现状; 热点趋势

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20200110

## 0 引言

农业水资源作为重要的自然资源, 是社会发展和农业生产活动的基础, 对保障粮食安全具有举足轻重的作用。现阶段, 农业生产从蓄水层、溪流和湖泊等抽水占比超 70%, 并且需求量将持续增加, 成为全球最大的水资源利用活动<sup>[1-2]</sup>。至 2050 年, 区域性的水资源短缺问题逐渐严峻, 这在限制农业生产的同时影响农村和城市地区居民的经济收入和生计<sup>[3]</sup>。此外, 在农业生产措施的开发与利用发展下, 农田灌排水中氮、磷等元素含量迅速增加, 水资源污染问题逐渐显露, 导致对地表水体生态环境负面影响日益加剧<sup>[4]</sup>。中国作为农业大国, 水资源数量短缺、利用效率低、污染严重等问题十分突出, 未来水

收稿日期: 2020-01-28

第一作者简介: 魏妍冰 (1996—), 博士研究生。研究方向: 农业资源遥感。Email: weiyanning@caas.cn

※ 通信作者简介: 吴文斌 (1976—), 研究员、博士生导师。研究方向: 农业土地系统。Email: wuwenbin@caas.cn

\* 基金项目: 中国工程院重大咨询项目“智慧农业发展战略研究”课题“农业水土资源监测与信息服务体系发展战略研究”; 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项“智慧农业 2035 研究”(Y20182K11)

资源形势面临严峻挑战<sup>[5-7]</sup>。因此，进行农业水资源监测，促进合理的优化配置、提高水资源利用效率以实现水资源系统的可持续利用至关重要。

国内外学者们从不同层面、不同对象、不同角度对农业水资源进行监测。如在降水资源监测方面，研究通过田间实验、统计分析、作物模型等方法构建降水—作物模拟监测技术，模拟不同降水对作物生长与产量等影响<sup>[8-10]</sup>；在灌溉水资源方面，侧重于对灌溉用水数量和农田灌排的水质量进行监测<sup>[11-13]</sup>；在作物与土壤层面，通过监测农田土壤水分、作物的水分胁迫现象等分析土壤含水量与作物需水量间的供需关系<sup>[14-16]</sup>；在风险评估方面，通过模拟区域性农业水资源供需量，对农业水资源管理、承载力和利用风险进行评估<sup>[17-19]</sup>。截至目前，农业水资源监测在研究方法和研究内容方面不断发生更新演替，从不同区域尺度归纳总结此领域的发展态势，总结研究热点与方向，对掌握此领域发展现状，提高科研工作效率至关重要。

文献计量学是在文献数量特征的基础上，通过数学与统计学方法对学科领域的发展趋势进行归纳描述的情报学分支学科<sup>[20]</sup>。目前，文献计量学已广泛应用于众多学科发展态势分析，期刊机构影响力评价等，包括农业面源污染、农业生态学、气候变化研究、粮食系统、土壤微观等方面<sup>[21-27]</sup>。同时，文献计量学在农业水资源领域的应用逐渐广泛。基于中国知网（CNKI）和 Web of Science 数据库，闫鹏等<sup>[28]</sup>从多个研究方向展开华北地区农业用水问题研究的文献计量分析。曹永强等<sup>[29]</sup>以 Web of Science 核心集合数据库为数据源，从国家、机构、期刊等层面对 1985—2016 年作物耗水领域的相关文献进行计量，分析总体发展趋势及研究热点。杨雨寒<sup>[30]</sup>基于 Web of Science 数据库，通过划分不同水体类型，对 2008—2018 年农业污水处理研究方向的文献进行检索分析。金菊良等<sup>[31]</sup>基于 CNKI 和 WOS 数据库，对 2003—2018 年水资源承载力研究的文献进行计量分析。虽然众多学者对农业水资源的分支研究进行文献计量，但目前缺少对农业水资源学科的整体归纳分析。因此，文章采取文献计量学方法，以 Web of Science 数据库为数据源，对 1999—2018 年国内外农业水资源监测研究的文献进行计量分析，在总体上把握发展态势与研究热点，为农业水资源领域研究提供参考依据。

## 1 数据与方法

WOS（Web of Science）是一个综合性、多学科、综合性学术信息资源数据库<sup>[32-33]</sup>。该文利用 WOS 核心数据库中 SCIE（Science Citation Index Expanded）子库对 1999—2018 年农业水资源监测研究领域的文献进行检索。通过反复修正和补充检索词，确定最终农业水资源包括：“rainfall”，“precipitation”，“surface water”，“underground water”，“agricultural water resource”；检索学科包括：“agriculture or environmental sciences or water resources or ecology or remote sensing or multidisciplinary sciences or engineering or computer science or meteorology & atmospheric sciences or geography or imaging science photographic technology”。通过检索后筛选整理，共计文献 1.761 3 万篇。

在检索的文献数据基础上，以第一作者国家、第一作者机构、发表期刊、发表年份、

2020年2月

关键词等字段进行归纳合并,统计不同年份、国家/地区、机构和期刊的发文量、被引量及关键词词频等。采用2018年期刊引用报告(JCR, Journal Citation Reports)、基本科学指标数据库(ESI, Essential Science Indicators)和学科规范化引文影响力(CNCI, Category Normalized Citation Impact)等文献计量分析指标。利用基于文献计量方法的知识图谱软件VOSviewer<sup>[34]</sup>和Excel,构建文献数据的关系和可视化分析,主要涉及发文量趋势变化、主要国家/地区、科研机构、重要期刊来源等。将文献关键词导入CiteSpace中分析不同阶段下农业水资源监测的研究热点和变化趋势,并利用DDA(Derwent Data Analyzer)软件构建自相关矩阵,以可视化方式分析水资源监测研究方面各个国家/地区之间的合作关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 发文趋势分析

1999—2018年全球和中国的农业水资源监测研究领域的发文数量情况如图1所示。在检索时间段内,该领域核心期刊的论文发表量共计1.7613万篇,在总体上呈上升趋势。过去20年,全球农业水资源环境监测研究发展趋势大致可分为2个阶段:(1)1999—2007年,全球论文发表量处于缓慢上升阶段,年均增长率为9%左右,且年间发表量差距较小。该时期的农业水资源监测研究仍处于初步阶段。(2)2008—2018年,全球论文发表量存在显著增加。对比2007年前后该领域全球的发文趋势线,2008年后的文献发表数量增长显著,年均增长率为11%左右。在现阶段,农业发展迅速,农业水资源问题逐渐凸显,此研究领域的重要性逐渐受到关注,针对性研究逐渐开展。中国作为农业大国,其在农业水资源环境监测研究的发展趋势与全球发展基本保持一致。1999—2007年,论文发表量增长较为缓慢,处于研究初期,期间共发表文献170篇。2007—2018年发文量处于快速增长阶段,至2018年发文量达到412篇,体现出中国在农业水资源监测研究领域的关注度和科研力量逐渐加强。

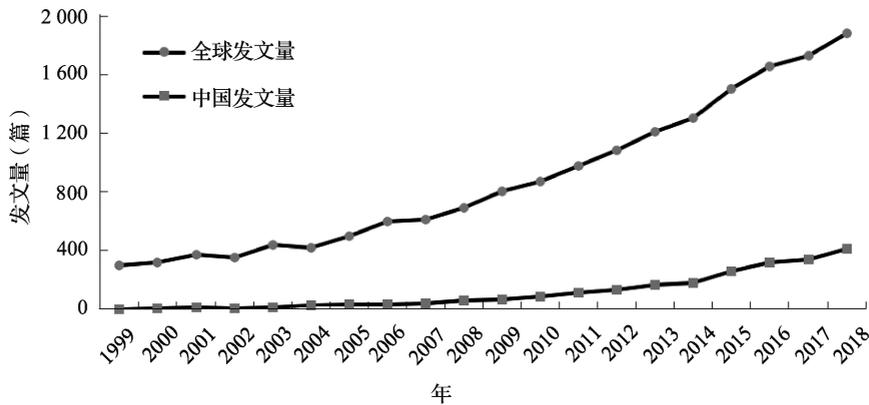


图1 1999—2018年农业水资源监测领域全球和中国年度发文量对比

Fig. 1 Comparison of global and China annual publication volume on agricultural water resources monitoring from 1999 to 2018

### 2.2 主要研究力量分析

#### 2.2.1 国家 / 地区构成分析

不同国家 / 地区论文发表情况反映其对此研究领域的关注度和影响力。归纳总结发文量位居前 5 的国家 / 地区，如表 1 所示。1999—2018 年，欧盟、美国、中国、澳大利亚和加拿大已经成为全球在农业水资源监测领域的主要研究国家 / 地区。同时，这 5 个国家 / 地区能够覆盖全球大部分水资源监测科技论文且发文量呈现逐年增长趋势。在发文量方面，欧盟地区发文量位居第 1，占比高达 31.60%，一定程度上显示了欧盟在水资源环境监测研究中的积极性和实力。其次是美国（22.63%）和中国（13.08%），澳大利亚和加拿大分别位居 4、5 名。从篇均被引频次来看，美国位居第 1，表明其拥有巨大的科研影响力。我国科研产出量实力较强，位于第 3 位，但是在文献被引频次方面与其他主要国家 / 地区差距较大。图 2 为主要国家 / 地区年度发文量对比，其中横轴为年份，纵轴为国家，气泡大小为发文量。中国在水资源监测领域起步较晚，但从 2016 年起发文量已经赶超美国，并且与欧盟之间的差距在逐渐缩小。澳大利亚和加拿大的年度发文量相对较少，均小于 100 篇。

表 1 农业水资源监测领域主要国家 / 地区发文情况

Table 1 Main countries/regions of publication volume on agricultural water resources monitoring

排序	国家 / 地区	发文量 (篇)	发文量占比 (%)	总被引次数 (万次)	篇均被引 (次 / 篇)
1	欧盟	5 565	31.60	14.791 3	26.58
2	美国	3 986	22.63	11.007 5	27.62
3	中国	2 304	13.08	3.466 2	15.04
4	澳大利亚	805	4.57	1.988 9	24.71
5	加拿大	739	4.20	1.729 9	23.41

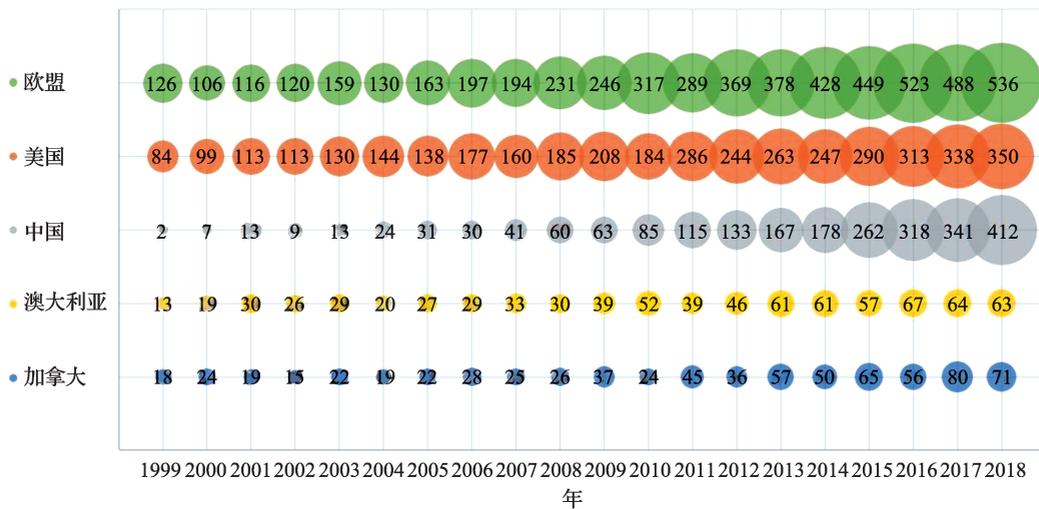


图 2 1999—2018 年农业水资源监测领域主要国家 / 地区年度发文量对比

Fig. 2 Annual publication volume of main countries/regions on agricultural water resources monitoring from 1999 to 2018

2020年2月

图3显示的是发文量前10名国家之间的合作情况，圆圈代表国家，国家之间的连线代表合作关系。欧盟具有最多的合作关系，共与7个国家在农业水资源监测研究方面有合作，包括土耳其、巴西、印度、加拿大、澳大利亚、中国和美国。排名第2的是美国，共与6个国家/地区存在合作，为欧盟、巴西、日本、印度、加拿大、澳大利亚和中国。中国共与5个国家存在合作关系，其次是澳大利亚。加拿大和印度分别与3个国家/地区存在合作，均为欧盟、美国和中国。日本、韩国和土耳其在农业水资源监测的研究领域的国际合作相对较少，分别为美国、澳大利亚和欧盟。

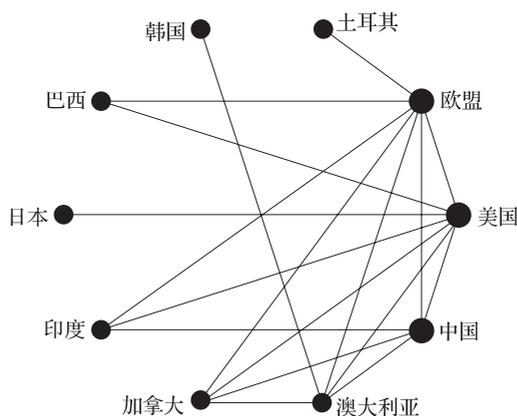


图3 农业水资源监测领域 Top10 主要国家 / 地区合作图

Fig. 3 The cooperation of Top 10 countries/regions on agricultural water resources monitoring

### 2.2.2 科研机构对比

1999—2018年农业水资源监测研究领域发文量位居前5的科研机构如表2所示。发文量最多的机构为中国科学院，占比达到3.67%，其次是美国农业部（1.33%）、美国地质调查局（1.29%）、西班牙高等科学研究理事会（0.66%）和美国佛罗里达大学（0.66%）。美国相关机构占据3个，发文量达到3.29%。总被引次数最高是中国科学院，远高于其他机构。在篇均被引方面，美国地质调查局位居第1，其次是西班牙高等科学研究理事会。虽然中国科学院具有最高的发文量和总被引次数，但篇均被引频次与其他机构相比差距较大。

表2 农业水资源监测领域主要科研机构发文情况

Table 2 Main institutions of publication volume on agricultural water resources monitoring

排序	科研机构	发文量(篇)	发文量占比(%)	总被引次数(万次)	篇均被引(次/篇)
1	中国科学院	646	3.67	1.111 5	17.21
2	美国农业部	235	1.33	0.653 5	27.81
3	美国地质调查局	228	1.29	0.803 8	35.25
4	西班牙高等科学研究理事会	117	0.66	0.399 0	34.1
5	美国佛罗里达大学	116	0.66	0.192 0	16.55

### 2.2.3 发文期刊

根据发文量筛选出农业水资源监测领域在全球和中国的 Top10 发文期刊，并分别列

举出发文量、发文量占比和 2018 年期刊影响因子，如表 3 和表 4 所示。从发文量方面，全球发文量首位期刊是“Journal of hydrology”，发文量占比达到 3.66%，并具有较高影响因子 4.405。其次是期刊“Science of the total environment”，发文量占比为 3.20%，影响因子位居第二（5.589）。通过分析 Top10 发文期刊，发现农业水资源监测的研究领域主要以水文、农业和环境类为主，并涉及到地球系统和遥感领域。中国发文量首位的期刊是“Remote sensing”，其次是“Journal of hydrology”，均具有较高的影响因子。然而，中国 Top10 期刊平均影响因子（3.173）低于全球的平均影响因子（4.694）。同时，中国发文量最高的 Top10 期刊中影响因子最高的期刊为“Science of the total environment”，其影响因子为 5.589，低于全球的最高影响因子（7.913）。

表 3 农业水资源监测领域全球发文量 Top10 期刊情况

Table 3 Top 10 journals of global publication volume on agricultural water resources monitoring

排序	期刊名称	影响因子	发文量（篇）	发文量占比（%）
1	Journal of hydrology	4.405	644	3.66
2	Science of the total environment	5.589	564	3.20
3	Environmental monitoring and assessment	1.959	439	2.49
4	Agricultural water management	3.542	387	2.20
5	Hydrological processes	3.189	359	2.04
6	Remote sensing	4.118	280	1.59
7	Environmental earth sciences	1.871	267	1.52
8	Water research	7.913	245	1.39
9	Water resources research	4.142	244	1.39
10	Hydrology and earth system sciences	4.936	241	1.37

表 4 农业水资源监测领域中国发文量 Top10 期刊情况

Table 4 Top 10 journals of China publication volume on agricultural water resources monitoring

排序	期刊名称	影响因子	发文量（篇）	发文量占比（%）
1	Remote sensing	4.118	89	0.51
2	Journal of hydrology	4.405	83	0.47
3	Environmental earth sciences	1.871	82	0.47
4	Science of the total environment	5.589	71	0.40
5	Water	2.524	61	0.35
6	Environmental monitoring and assessment	1.959	52	0.30
7	Environmental science and pollution research	2.914	41	0.23
8	Agricultural water management	3.542	40	0.23
9	International journal of remote sensing	2.493	32	0.18
10	Natural hazards	2.319	32	0.18

## 2.3 研究热点分析

### 2.3.1 主要国家 / 地区研究热点

关键词直观地表现出文章主题和研究方向，选择主要国家 / 地区，根据检索文献的关键词，对 1999—2018 年农业水资源监测领域的热点变化进行分析。按照 4 个时间

2020年2月

段（即1999—2003年，2004—2008年，2009—2013年和2014—2018年），基于关键词共现矩阵进行研究热点趋势分析。表5为1999—2018年热点词频汇总，侧重于内容、方法和区域3个部分。从内容方面分析，水质（water quality）是农业水资源持续监测的热点，前10年多集中在地表水（surface-water）、地下水（groundwater）及径流（runoff）；近10年，气候变化（climate-change）成为关注的热点，相应地对干旱（drought）、降水（precipitation）、土壤湿度（soil-moisture）及蒸散发（evapotranspiration）研究较多。在方法层面，多是利用模型（model）、遥感（remote sensing）、地理信息系统（GIS）等，近年来，遥感技术逐渐成为主流。在区域尺度上，澳大利亚（Australia）、西班牙（Spain）、中国（China）是监测的热点地区，近年来，中国逐渐成为重点区域，非洲（Africa）成为新的研究热点区域。

表5 1999—2018年农业水资源监测研究热点词频汇总

Table 5 High-frequency keywords of publications on agricultural water resources monitoring from 1999 to 2018					
时间	1999—2003	2004—2008	2009—2013	2014—2018	
内容 (词频)	水质 (water quality) (48)	水质 (water quality) (67)	气候变化 (climate-change) (143)	气候变化 (climate-change) (256)	
	地表水 (surface-water) (41)	降水 (precipitation) (52)	水质 (water quality) (136)	水质 (water quality) (175)	
	地下水 (groundwater) (38)	地表水 (surface-water) (52)	降水 (precipitation) (95)	干旱 (drought) (153)	
	径流 (runoff) (36)	地下水 (groundwater) (50)	地表水 (surface-water) (86)	降水 (precipitation) (152)	
	氮 (nitrogen) (34)	径流 (runoff) (47)	蒸散发 (evapotranspiration) (77)	土壤湿度 (soil-moisture) (127)	
	降水 (precipitation) (33)	灌溉 (irrigation) (45)	径流 (runoff) (73)	地下水 (groundwater) (124)	
	雨水 (rainfall) (30)	雨水 (rainfall) (41)	灌溉 (irrigation) (72)	蒸散发 (evapotranspiration) (122)	
	磷 (phosphorus) (25)	气候变化 (climate-change) (40)	干旱 (drought) (68)	地表水 (surface-water) (108)	
	方法 (词频)	模型 (model) (35)	遥感 (remote sensing) (39)	遥感 (remote sensing) (117)	遥感 (remote sensing) (189)
		遥感 (remote sensing) (27)	模型 (model) (35)	模型 (model) (49)	模型 (model) (67)
地理信息系统 (GIS) (10)		地理信息系统 (GIS) (18)	地理信息系统 (GIS) (22)	地理信息系统 (GIS) (26)	
雷达 (radar) (6)		涡度相关法 (eddy covariance) (9)	—	涡度相关法 (eddy covariance) (23)	
区域 (词频)	—	传感器 (sensor) (9)	—	—	
	澳大利亚 (Australia) (6)	中国 (China) (16)	中国 (China) (29)	中国 (China) (51)	
	西班牙 (Spain) (5)	西班牙 (Spain) (9)	澳大利亚 (Australia) (17)	非洲 (Africa) (14)	
	中国 (China) (4)	澳大利亚 (Australia) (8)	西班牙 (Spain) (12)	西班牙 (Spain) (13)	

2.3.2 科研机构研究热点

根据发文量，选出国内外 Top5 科研机构，对 1999—2018 年农业水资源监测领域的研究内容与研究方法进行汇总和比较，如表 6 所示。在研究内容方面，国内如中国科学院，主要集中在与气候变化 (climate change) 相关的降水 (precipitation)、蒸散发 (evapotranspiration)、干旱 (drought) 及土壤湿度 (soil-moisture) 等监测。国外科研机构除此之外更多地关注灌溉 (irrigation)、地下水 (groundwater)、径流 (runoff) 及微量元素监测。例如，美国农业部具有在水质 (water quality) 和磷 (phosphorus) 方面的研究；西班牙高等理学研究理事会进行劣地 (badlands) 和水分胁迫 (water stress) 的研究；佛罗里达大学进行水文 (hydrology) 和氮 (nitrogen) 等监测。在方法层面，国内外科研机构监测均在遥感 (remote sensing) 方面具有最高的频次，其次是涡度相关法 (eddy covariance)、传感器 (sensor) 和地理信息系统 (GIS)。

表 6 1999—2018 年主要科研机构研究热点词频汇总
Table 6 High-frequency keywords of main institutions publications on agricultural water resources monitoring from 1999 to 2018

Table with 6 columns: 科研机构, 中国科学院, 美国农业部, 美国地质调查局, 西班牙高等科学 研究理事会, 佛罗里达大学. Rows include content (content), methods, and frequency counts for various keywords like climate change, irrigation, groundwater, etc.

3 结论与展望

农业水资源是人类进行农业生产活动的重要基础。过去 20 年，国内外学者围绕农业水资源监测展开大量研究，在基础理论、技术方法和应用系统等方面取得显著进展。为归纳总结此领域的发展态势，该文基于文献计量学方法，对 1999—2018 年的 17 613 篇国内外农业水资源监测研究领域的文献数据进行分析，得到以下结论：(1) 在发文趋势方面，在全球尺度上发文量呈上升趋势。1999—2007 年，全球论文发表量处于缓慢上升阶段，2008 年后文献发表数量增长显著。中国的发文量趋势与全球发展基本保持一致，整



2020年2月

体处于上升趋势。(2)在研究力量方面,欧盟、美国、中国、澳大利亚和加拿大成为全球在农业水资源监测领域的主要研究国家/地区。其中,欧盟和美国具有较高的发文量和篇均被引频次,中国的发文量持续攀升但篇均被引较低。中国科学院具有最高的发文量但篇均被引较低,美国地质调查局的篇均被引位居第一。从发文期刊分析,中国Top10期刊平均影响因子低于全球水平,并且中国发文量Top10中最高期刊的影响因子低于全球Top10中最高值。(3)在研究热点方面,在全球尺度上水质(water quality)是农业水资源持续监测的热点,近10年,气候变化(climate-change)成为关注的热点。国内科研机构的监测热点主要集中在降水(precipitation)、蒸散发(evapotranspiration)及土壤湿度(soil-moisture)等方面。国外科研机构除此之外更多地关注灌溉(irrigation)、地下水(groundwater)及微量元素的监测。

农业水资源监测研究随着农业水资源的重要性增加而不断发展,高效的农业水资源监测对资源优化配置、提高水资源利用效率十分重要,成为国内外学者们研究的热点话题,未来可重点在以下方面开展研究:(1)农业水资源监测涉及多学科领域,不仅需要监测农业水资源的数量、质量和分布变化,同时还需要考虑社会经济及自然要素。目前,农业水资源监测与气候变化的响应分析成为研究热点,但多以单一影响因素分析为主,需加强综合各类因素的定量解析。通过量化气候变化、农作物种植特征、社会经济等对农业水资源的影响份额,为农业水资源应对气候变化的调控途径与管理模式提供技术数据支撑。(2)依靠单数据源的监测手段一定程度地限制了研究区域范围与方法创新,需应用多源数据进行农业水资源监测,从而扩大监测区域与提高监测精度。充分利用统计数据、实验点数据、遥感数据与地理数据等优势特征,加强多源数据的处理与应用算法等关键技术研究,为进行大规模农业水资源监测提供充足基础数据,保障监测效率与结果精度。(3)田间水资源动态监测是掌握农业水资源现状的基础数据,田间传感器与监测设备的不断研发将促进高效监测。在物联网和大数据的快速发展时代,通过无线网络的大数据平台汇总和处理分析,将田间传感器与物联网数据平台相结合成为当前技术的发展前沿。因此,未来从系统性和整体性多角度开展研究,综合集成多源数据、多技术研发、大数据平台是未来农业水资源监测研究的重点发展方向,为实现农业水资源的可持续发展提供技术支撑。

### 参考文献

- [1] Godfray H C, Beddington J R, Crute I R, et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 2010, 327(5967): 812-818.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk. *Earthscan*, 2011.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Water Council (WWC). Towards a water and food secure future. *Critical Perspectives for Policy-makers*, ed: FAO. White Paper Rome, 2015.
- [4] Chen G, Chen Y, Zhao G, et al. Do high nitrogen use efficiency rice cultivars reduce nitrogen losses from paddy fields? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2015(209): 26-33.
- [5] 张利平, 夏军, 胡志芳. 中国水资源状况与水资源安全问题分析. 长江流域资源与环境, 2009, 18(2): 116-120.
- [6] 姜文来. 中国21世纪水资源安全对策研究. 水科学进展, 2001(1): 66-71.
- [7] 王熹, 王湛, 杨文涛, 等. 中国水资源现状及其未来发展方向展望. 环境工程, 2014, 32(7): 1-5.



- [ 8 ] Wang J, Wang E, Luo Q, et al. Modelling the sensitivity of wheat growth and water balance to climate change in Southeast Australia. *Climatic Change*, 2009(96): 79–96.
- [ 9 ] 王鹤龄, 张强, 王润元, 等. 增温和降水变化对西北半干旱区春小麦产量和品质的影响. *应用生态学报*, 2015, 26(1): 67–75.
- [ 10 ] Xiao D, Cao J, Bai H, et al. Assessing the impacts of climate variables and sowing date on spring wheat yield in the Northern China. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2017, 19(6): 1551–1558.
- [ 11 ] Cheviron B, Vervoort RW, Albasha R, et al. A framework to use crop models for multi-objective constrained optimization of irrigation strategies. *Environmental Modelling & Software*, 2016(86): 145–157.
- [ 12 ] Drastig K, Libra J, Kraatz S, et al. Relationship between irrigation water demand and yield of selected crops in Germany between 1902 and 2010: a modeling study. *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75(22): 1427.
- [ 13 ] Chen Y, Lu D, Luo L, et al. Detecting irrigation extent, frequency, and timing in a heterogeneous arid agricultural region using MODIS time series, Landsat imagery, and ancillary data. *Remote Sensing of Environment*, 2018(204): 197–211.
- [ 14 ] 高砚亮, 孙占祥, 白伟, 等. 辽西半干旱区玉米与花生间作对土地生产力和水分利用效率的影响. *中国农业科学*, 2017, 50(19): 3702–3713.
- [ 15 ] Shi J, Li S, Zuo Q, et al. An index for plant water deficit based on root-weighted soil water content. *Journal of Hydrology*, 2015(522): 285–294.
- [ 16 ] Holzman ME, Rivas R, Piccolo MC. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014(28): 181–192.
- [ 17 ] Holding S, Allen D M. Risk to water security for small islands: an assessment framework and application. *Regional environmental change*, 2016, 16(3): 827–839.
- [ 18 ] 李云玲, 郭旭宁, 郭东阳, 等. 水资源承载能力评价方法研究及应用. *地理科学进展*, 2017, 36(3): 342–349.
- [ 19 ] Wang J Y, Zhai Q W, Guo Q, et al. Study on water environmental carrying capacity evaluation in Taihu lake Basin. *China Environmental Science*, 2017, 37(5): 1979–1987.
- [ 20 ] Li L L, Ding G H, Feng N, et al. Global stem cell research trend: Bibliometric analysis as a tool for mapping of trends from 1991 to 2006. *Scientometrics*, 2009, 80(1): 39–58.
- [ 21 ] 左琳琳, 胡海棠, 李存军, 等. 基于文献计量的巢湖农业面源污染概况分析. *中国农学通报*, 2019, 35(11): 133–141.
- [ 22 ] 杨景宁, 沈禹颖, 王彦荣. 基于文献计量的国际草地农业生态学研究发展态势分析. *草业学报*, 2017, 26(5): 224–233.
- [ 23 ] 梁社芳, 陆苗, 范玲玲, 等. 粮食生产系统适应气候变化研究态势分析. *中国农业信息*, 2018, 30(3): 41–53.
- [ 24 ] 高懋芳, 邱建军, 刘三超, 等. 基于文献计量的农业面源污染研究发展态势分析. *中国农业科学*, 2014, 47(6): 1140–1150.
- [ 25 ] 陈宝明, 彭少麟, 吴秀平, 等. 近 20 年外来生物入侵危害与风险评估文献计量分析. *生态学报*, 2016, 36(20): 6677–6685.
- [ 26 ] 陈香, 李卫民, 刘勤. 基于文献计量的近 30 年国内外土壤微生物研究分析. *土壤学报*, 2020: 1–14.
- [ 27 ] 韩宇平, 贾冬冬, 王春颖. 基于文献计量的水资源学发展研究. *华北水利水电大学学报 (自然科学版)*, 2017, 38(5): 54–62.
- [ 28 ] 闫鹏, 陈源泉, 隋鹏. 基于文献计量的华北地区农业用水问题研究态势分析. *中国农业大学学报*, 2016, 21(9): 206–214.
- [ 29 ] 曹永强, 袁立婷, 李维佳. 基于文献计量的作物耗水研究现状及热点分析. *生态学报*, 2018, 38(5): 1874–1883.
- [ 30 ] 杨雨寒. 基于文献计量的我国水处理研究发展态势分析. *环境工程学报*, 2019, 13(5): 1245–1260.
- [ 31 ] 金菊良, 陈鹏飞, 陈梦璐 等. 基于知识图谱的水资源承载力研究的文献计量分析. *水资源保护*, 2019, 35(6): 14–24.
- [ 32 ] 张静辉, 罗亚勇, 常宗强. 基于文献计量的生态系统碳交换研究发展态势分析. *生态环境学报*, 2015, 24(12): 2082–2088.
- [ 33 ] 陈悦, 陈超美, 胡志刚. 引文空间分析原理与应用. 北京: 科学出版社, 2014.
- [ 34 ] Van Eck N J, Waltman L. VOSviewer: a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 2010, 84(2): 523–538.



## Bibliometric-based analysis of research on agricultural water resources monitoring

Wei Yanbing, Liang Shefang, Zha Yan, Yu Qiangyi, Wu Wenbin<sup>\*</sup>

( Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agricultural Remote Sensing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China )

**Abstract:** [ **Purpose** ] As an important element of natural environment and social development, agricultural water resources are essential for human agricultural production activities and play an important role in ensuring food security. This paper analyzed the research trend of 1999–2018 in the field of agricultural water resources monitoring to provide reference for future research. [ **Method** ] Based on bibliometrics, the core database of Web of Science was used for retrieval, and software including VOSviewer, CiteSpace and Derwent Data Analyzer were used to construct the relationship and visualization of literature Data. The development trends, major research forces and research hotspots of publications from 1999 to 2018 were analyzed. [ **Result** ] ( 1 ) the global publishing volume presented an upward trend, and the development rate increased significantly after 2008. The publishing volume in China was basically consistent with the global development. ( 2 ) The European Union, the United States, China, Australia and Canada are the world's major research countries/regions in the field of agricultural water resources monitoring technology. Among the top five institutions, the Chinese Academy of Sciences has the highest number of papers published, and the United States geological survey has the highest citation frequency. ( 3 ) In terms of research hot spots, " Water quality " is a continuous hot spot in the monitoring of agricultural water resources. In the past decade, " climate-change " has become a new hot spot. [ **Conclusion** ] At present, the United States and the European Union have a relatively high level of development in this field. Although China has a relatively rapid development in the quantity of publications, the competitiveness of research needs to be improved. The future monitoring of agricultural water resources needs to be studied from the perspective of systematization and integrity, and the comprehensive integration of multi-source data, multi-technology research and development, and big data platform, so as to realize the sustainable development of agricultural water resources.

**Key words:** agricultural water resources; bibliometrics; research status; research tendency