

# 基于 Citespace 的作物需水研究知识图谱分析

曹永强, 齐静威, 王 菲, 王怡涵

(辽宁师范大学地理科学学院, 辽宁 大连 116029)

**摘要:**利用文献计量 Citespace 可视化分析软件,采用文献计量、共被引分析、引文网络结构变换、可视化等方法探究作物需水研究领域发展现状,绘制作物需水研究领域的科学合作、学科发展演化规律、潜在影响力文献或主题结构网络等知识图谱,以找出作物需水研究领域的科学合作特征、研究主题的演化规律并预测具有潜在影响力的主题和学者。研究发现:机构合作网络十分复杂,研究的高热度区域主要有美国、欧洲、印度等国家与地区;研究主题呈多元化发展趋势,由“海水养殖废水灌溉”逐渐发展成以研究方法和研究问题为导向的七大研究主题;通过引文网络结构变换网络预测出具有潜在影响力的文献有 Jalava M (2016)、Toumi J (2016)、Wang W G (2017) 等,具有潜在影响力的主题有“reflectance based crop coefficient”和“lpjml mode”。此次研究可对作物需水研究领域提供了一定的方向预测及理论参考。

**关键词:**作物需水; Citespace; 可视化; 知识图谱

**中图分类号:** S274.4; TV93

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1003-9511(2021)02-0055-08

作物需水量是指作物生长阶段各条件适宜时,满足植株蒸腾、棵间蒸发、组成植株体的水量之和<sup>[1]</sup>。作物需水量是农业用水的重要组成部分,是确定农作物灌溉制度和区域灌溉用水量的基础,也是流域规划、区域水利规划的重要组成部分,在灌溉和排水项目规划、设计和管理中起到重要作用<sup>[2]</sup>。国际上对作物需水研究起始于 19 世纪初,美、英、法、日、俄等国采用筒测法与田测法对比观测作物的需水量<sup>[3]</sup>。不同作物在生长发育中对水的需求量不同,这主要取决于作物种类、生物学特性、品种及生长阶段等因素。当前,对农作物需水规律研究是农田生态系统水热平衡中的重要环节,在保证粮食高产的前提下如何合理配置水资源逐渐成为研究热点之一<sup>[4]</sup>,相关文献数量明显增长。

科学知识图谱是以知识领域为研究对象,显示其发展进程与结构关系的一种图像。CiteSpace 软件是由美国德雷克塞尔大学信息科学与技术学院陈超美博士应用 Java 计算机编程语言开发的信息可视化软件,专门用于学术文献分析<sup>[5-6]</sup>,在国内外学术领域被广泛应用。如,安传艳等<sup>[7]</sup>利用 Citespace 软件分析 1992—2016 年中国乡村旅游研究领域认

为,中国乡村旅游应着重关注新型城市背景下乡村旅游地的多样化发展研究;陈晓红等<sup>[8]</sup>运用知识图谱分析城市化与生态环境关系领域研究状况,认为随着国内外社会发展以及城市化进程不断加快,城市逐渐蔓延、生态环境破坏等问题十分严峻;韩增林等<sup>[9]</sup>对 1982—2013 年 CNKI 中文核心期刊及 CSSCI 中文社会科学引文数据库中有关中国海洋经济研究领域的相关文献进行可视化分析,建议重点关注海洋经济的可持续发展研究以及“一带一路”倡议背景下海洋经济相关研究。作物需水在近 30 年发展十分迅速,其学术价值正在被广泛传播到其他交叉学科。

梳理国内外作物需水的文献发现,当今学者对于作物需水的研究主要集中在需水规律<sup>[10]</sup>、节水灌溉、作物需水量<sup>[11]</sup>、作物系数<sup>[12]</sup>、灌溉制度<sup>[13]</sup>等研究方向,尚未发现有利用信息可视化技术对作物需水研究进行分析的文献。因此,本研究采用文献信息可视化技术和知识图谱等方法整理和分析相关科学文献,对作物需水研究的总体发展趋势、研究前沿的逐年演化、具有潜在影响力的主题和文献、各个机构之间的产出和合作情况等进行了可视化分析,并以知识图谱的形式展现,旨在为从事作物需水的研究

基金项目:国家自然科学基金(51779114);辽宁省重点研发计划(2020JH2/10200043)

作者简介:曹永强(1972—),男,教授,博士,主要从事水文学水资源研究。E-mail: caoyongqiang@lnnu.edu.cn

者预测作物需水研究领域的未来发展方向和自我认知提供理论参考和建议。

## 1 数据来源与分析工具

### 1.1 数据来源

使用数据主要来自中国学术期刊网络出版数据库(CNKI)及 Web of Science 检索平台的核心合集,分别以“作物需水”和“Crop water requirement”为主题词进行精确检索。检索时间为 2018 年 7 月 25 日,检索时段为 1985—2017 年,共检索出 1590 篇国内文献和 4518 条国际文献数据。

### 1.2 分析工具

使用的信息可视化工具是陈超美教授开发的 CiteSpace 软件,是一个免费的 Java 应用程序软件<sup>[14-15]</sup>,用于可视化和分析科学文献中的趋势和模式,被设计为渐进式知识领域可视化的工具<sup>[16]</sup>。知识图谱中每个节点的大小表示出现次数的多少,以及在相关领域做出的成绩和贡献<sup>[17]</sup>。

## 2 发文机构合作分析

利用 CiteSpace 软件对 1985—2017 年作物需水研究领域相关文献数据进行机构合作分析,绘制机构合作网络知识图谱(图 1),图 1 共包括了 412 个节点和 689 条连线。

由图 1 可知,作物需水研究领域的机构合作图谱中存在两个较大节点,具体为美国农业部农业研究组织及中国科学院,并且分别形成了以美国农业部农业研究组织、中国科学院为中心的两个合作群体。荷兰的瓦格宁根大学和美国的佛罗里达大学是两个群体链接的关键节点。

为展现不同机构在合作网络中的地位和作用,分别统计合作频次、突现率、中心度最高的前 10 个机构的信息(表 1)。从机构合作频次来看,合作频次较高的机构主要有美国农业部农业研究组织、中国科学院、西班牙国家研究委员会等,这些机构在作

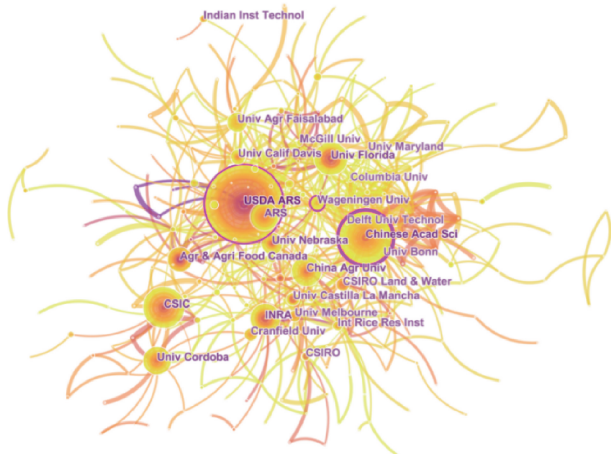


图 1 机构合作网络知识图谱

物需水研究领域保持着较高的活跃度和文献产出量。在高合作频次的研究机构中,中国占据两个席位,分别是中国科学院和中国农业大学,说明这些机构在作物需水研究中活跃度高,文献产出量较高;从机构突现率来看,突现率较高的机构有美国农业部农业研究组织、加拿大农业和农业食品部等,这些机构未来文献的产出量将呈现上升的趋势发展;从机构中心度指标看,中心度较高主要有中国科学院、美国农业部农业研究组织、瓦格宁根大学等,这些机构在网络图谱中占据重要位置,对国际上作物需水研究发展研究产生重要影响。

## 3 作物需水研究热点问题分析

由于文献数据来源时间跨度较长,不易直观展现作物需水研究的整体发展趋势,为准确绘制作物需水研究领域的发展趋势,将作物需水研究领域文献分为两个阶段来探测:1985—2001 年为第一阶段,该阶段每年发表的文献数量在 100 篇以下;第二阶段是 2002—2017 年,该阶段每年发表的文献数量均在 100 篇以上。

### 3.1 1985—2001 年作物需水研究的热点问题

使用 CiteSpace 软件结合文献共被引分析,绘制

表 1 合作频次、突现率、中心度分别最高的前 10 个机构信息

序号	合作频次前 10 个机构	合作频次	突现率前 10 个机构	突现率	中心度前 10 个机构	中心度
1	美国农业部农业研究组织	128	美国农业部农业研究组织	19.14	中国科学院	0.25
2	中国科学院	81	加拿大农业和农业食品部	7.37	美国农业部农业研究组织	0.16
3	西班牙国家研究委员会	67	佛罗里达大学	7.10	瓦格宁根大学	0.11
4	佛罗里达大学	62	澳大利亚联邦科学与工业研究组织	6.47	加州大学戴维斯分校	0.10
5	法国国家农业研究所	58	澳大利亚联邦科学与工业研究组织土地和水资源研究所	6.24	法国国家农业研究所	0.07
6	美国农业部	54	新南威尔士州初级产业部	5.80	美国农业部	0.07
7	加拿大农业和农业食品部	53	英国克兰菲尔德大学	4.86	巴基斯坦费萨拉巴德农业大学	0.07
8	西班牙科尔多瓦大学	51	美国佐治亚大学	4.75	德国波恩大学	0.07
9	中国农业大学	51	法国国家农业研究所	4.53	加拿大农业和农业食品部	0.06
10	内布拉斯加大学林肯分校	47	亚利桑那大学	4.20	佛罗里达大学	0.06

1985—2001 年作物需水研究领域的知识图谱(图 2),其包含了 182 个节点和 471 条关系线。

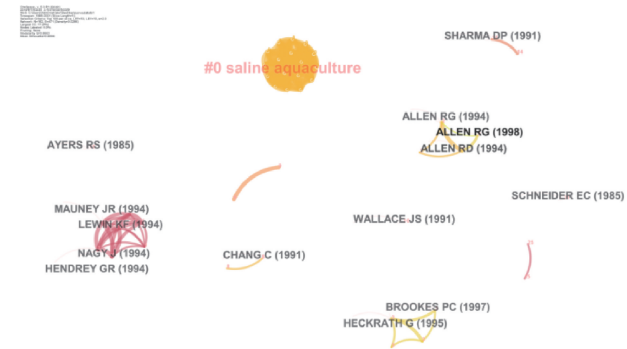


图 2 1985—2001 年作物需水研究文献共被引分析知识图谱

由图 2 可知,1985—2001 年作物需水研究尚未形成复杂的网络结构,研究主题比较分散。聚类大小大于 15 的聚类仅为“海水养殖废水灌溉”( #0 saline aquaculture),说明该时间段内作物需水研究处于起步阶段,研究热点主要以“海水养殖废水灌溉”相关主题为主。

以 1985—2001 年形成的高共被引频次文献为基础,统计该阶段共被引频次最高的前 10 篇文献(表 2)。研究发现共被引频次最高的文献是 Allen R G<sup>[18]</sup> 在 1998 年发表的 Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water 一文,该文献显示在该阶段共被引 14 次,在 google 学术中检索发现该文献从发表至今被引 8 270 次。这篇文献首先阐述了作物需水研究中的一些基本概念与含义,接着指出了影响蒸发和蒸腾的因素主要有天气参数、作物特征、管理和环境方面等,并对每个因素的具体影响情况做出了详细区分,最后利用建模的方式,结合气象数据和作物系数数据提出了计算作物蒸发蒸腾量的最新方法。

### 3.2 2002—2017 年作物需水研究的热点问题

绘制 2002—2017 年作物需水研究领域的知识图谱(图 3),其中包含 587 个节点及 794 条关系线,

形成的聚类大小大于 20 的聚类有 7 个,具体信息如表 3 所示。

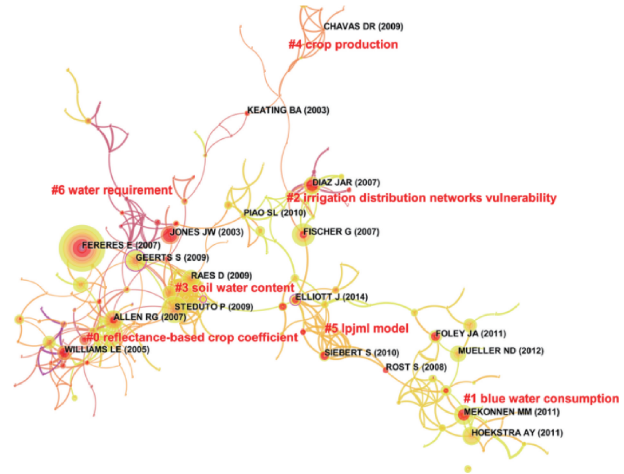


图 3 2002—2017 年作物需水研究文献共被引分析知识图谱

对作物需水 2002—2017 年文献进行文献共被引分析,绘制该阶段的知识图谱时发现 7 个聚类的聚类大小大于 20,这 7 个聚类的主题方向代表了这一阶段作物需水相关研究的热点问题。从得到的聚类主题来看:选用 LLR 算法抽取的聚类标签词代表每个聚类的研究热点问题,其分别是 #0 reflectance-based crop coefficient(基于反射率的作物系数)、#1 blue water consumption(蓝色水用量分析)、#2 irrigation distribution networks vulnerability(灌溉分配网络漏洞)、#3 soil water content(土壤含水量)、#4 crop production(作物生产)、#5 lpjml model(lpjml 模型)、#6 water requirement(需水量)。与前一阶段相比,本阶段研究主题由“海水养殖废水灌溉”一个研究热点逐渐发展成了七大研究热点,出现了一些新的研究方法,如“基于反射率的作物系数”“lpjml 模型”等在该阶段得到快速发展。研究问题也朝着多元化全面化的趋势发展,由“海水养殖废水灌溉”逐渐发展为“土壤含水量”“灌溉分配制度”“作物系数测量”等。

表 2 1985—2001 年作物需水研究最高被引文献信息(前 10)

1985—2001 年获得的共被引频次	作者	发表时间	文献题名
14	Allen R G	1998	Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water
4	Allen R G	1994	An update for the calculation of reference evapotranspiration
4	Schneider E C	1985	Corn emergence as influenced by soil temperature, Matric potential, and aggerate size distribution
4	Wallace J S	1991	Soil water balance in the Sudano-Sahelian zone: need, relevance and objectives of the workshop
4	Sharma D P	1991	Irrigation of wheat with saline drainage water on a sandy loam soil
4	Ayers R S	1985	Water Quality for Agriculture
4	Chang C	1991	Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure
3	Allen R G	1989	Rainfall Distribution Functions for Irrigation Scheduling: Calculation Procedures Following Site of Olive( Olea europaea L. ) Cultivation and Growing Periods
3	Heckrath G	1995	Phosphorus Leaching From Soils Containing Different Phosphorus Concentrations in the Broadbalk Experiment
3	Hendrey G R	1994	Growth and yield of cotton in response to a free-air carbon dioxide enrichment(FACE) environment

表3 2002—2017年作物需水研究文献聚类信息

聚类号	聚类大小	轮廓值	LSI 算法抽取的聚类信息	LLR 算法抽取的聚类信息	MI 算法抽取的聚类信息
#0	61	0.868	estimation; crop water requirements; operational water resources management	reflectance-based crop coefficient (839.15, 1.0E-4); end user(708.3, 1.0E-4); crop water management(708.3, 1.0E-4)	possible pathway (2.43); new model (2.43); water nexus(2.43)
#1	35	0.87	water footprint; thailand; fuel crops production; drought regime; lake dianchi	blue water consumption (689.07, 1.0E-4); hybrid analysis(689.07, 1.0E-4); globalized world (689.07, 1.0E-4)	possible pathway (1.36); new model (1.36); water nexus(1.36)
#2	28	0.91	climate change; variations; spring maize; northeast china;	irrigation distribution networks vulnerability (577.78, 1.0E-4); pressurised irrigation system (519.24, 1.0E-4); sustaining mediterranean irrigated agriculture(252.06, 1.0E-4)	possible pathway (0.25); new model (0.25); water nexus(0.25)
#3	26	0.962	aquacrop model; simulation; salinity profiles; simultaneous salinity	soil water content (699.31, 1.0E-4); tensift al haouz(645.27, 1.0E-4); performance assessment (645.27, 1.0E-4)	possible pathway (1.19); new model (1.19); water nexus(1.19)
#4	26	0.957	climate change; huai-hai farming region; summer maize	crop production (528.1, 1.0E-4); zayandeh-rud river basin(528.1, 1.0E-4); irrigated mediterranean(381.03, 1.0E-4)	possible pathway (0.30); water nexus (0.30); new model(0.30)
#5	22	0.926	climate change; irrigation requirements; yield; impacts	lpjml model (980.37, 1.0E-4); including agricultural tree(980.37, 1.0E-4); modelling mediterranean agro-ecosystem(980.37, 1.0E-4)	possible pathway (0.38); new model (0.38); water nexus(0.38)
#6	20	0.954	china; water requirements; middle heihe river	water requirement (1072.85, 1.0E-4); middle heihe river basin (862.16, 1.0E-4); oasis ecosystem(183.75, 1.0E-4)	possible pathway (0.19); new model (0.19); water nexus(0.19)

根据被引频次、中心度、突现率三项指标,分别找出共被引频次最高、中心度最大、突现率最大的前10篇文献(表4)。共被引频次最高的前10篇有Allen R G(1998)、Fereres E(2007)、Steduto P(2009)等;中心度最高的前10篇文献有Elliott J(2014)、Geerts S(2009a)、Geerts S(2009b)等;突现率最高的前10篇文献为Allen R G(1998)、Jones J W(2003)、Williams L E(2005)等。其中,Allen R G(1998)既是共被引频次最高的文献,也是突现率最高的文献,突现率为105.09,远远大于其他高突现率文献。此外,Allen R G(2007)和Fereres E(2007)的文献在共被引频次最高、中心度最大、突现率最大的前10篇文献中均出现,说明这些文献的影响力较强。

#### 4 研究前沿主题的演化

将作物需水研究领域第二阶段共被引分析得到的7个聚类主题进行逐年聚类分析,以研究每个聚

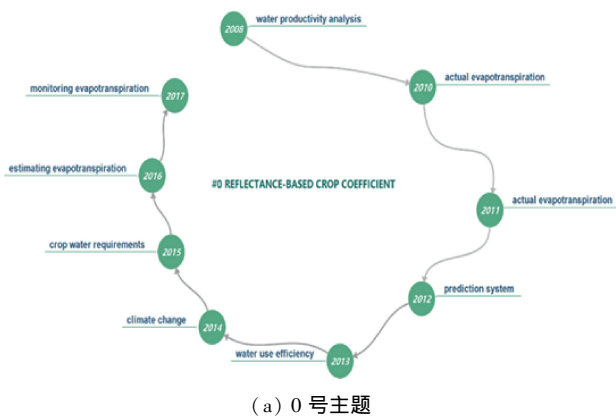
类主题在不同时间段的研究前沿问题。

研究发现,#0 reflectance-based crop coefficient主题在2008年的研究热点问题为水分生产率分析(water productivity analysis);2010—2011年研究的热点问题均是对作物的实际蒸散量(actual evapotranspiration);在2012年研究热点为作物需水相关的预测系统(prediction system)研究;2013年,该领域该聚类下的学者们将研究热点集中到作物水分利用效率;2014年,相关学者开始考虑气候变化对作物需水的影响;2015—2017年,研究者们开始研究作物需水量的多少以及通过对蒸发蒸腾量进行估算研究以检测实际蒸发蒸腾量的变化(图4(a))。

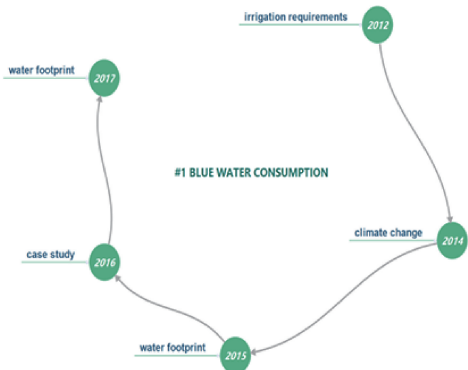
#1 blue water consumption 聚类主题在每年的演化规律为:2012年,学者研究的热点主要集中在作物需水的灌溉需求上;2014年,该主题研究热点集中在气候变化对作物需水的影响上面;2015—2017年进行了水足迹研究,且用大量的案例分析来进行实证研究(图4(b))。

表4 共被引频次最高、中心度最大、突现率最大的前10篇文献信息

序号	文献作者	共被引频次	文献作者	中心度	文献作者	突现率
1	Allen R G(1998)	164	Elliott J(2014)	0.14	Allen R G(1998)	105.09
2	Fereres E(2007)	67	Geerts S(2009a)	0.11	Jones J W(2003)	10.62
3	Steduto P(2009)	38	Geerts S(2009b)	0.11	Williams L E(2005a)	6.06
4	Fischer G(2007)	33	Fereres E(2007)	0.06	Williams L E(2005b)	5.9
5	Geerts S(2009a)	31	Steduto P(2009)	0.06	Allen R G(2005)	5.86
6	Allen R G(2007)	31	Allen R G(2007)	0.06	Fereres E(2007)	5.57
7	Jones J W(2003)	29	Raes D(2009)	0.06	Williams L E(2003)	5.18
8	Mekonnen M M(2011)	28	Hoekstra A Y(2012)	0.06	Kashyap P S(2001)	4.91
9	Hoekstra A Y(2011)	28	De S C S(2007)	0.06	Allen R G(2007)	4.81
10	Diaz J A R(2007)	27	Rost S(2008)	0.06	Saxton K E(2006)	4.42



(a) 0号主题



(b) 1号主题

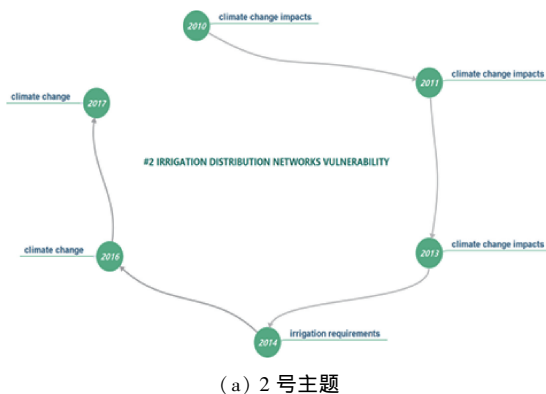
图4 0、1号主题在每一年的研究热点问题分布

#2 irrigation distribution networks vulnerability 聚类主题与#0 reflectance-based crop coefficient 和#1 聚类主题 blue water consumption 相比有很大不同,该领域学者的研究热点问题相对集中,研究的热点一直在气候变化对作物需水的影响问题上,并且在2014年还在此基础上研究了灌溉需求问题。与前两个聚类主题相比,#2 irrigation distribution networks vulnerability 聚类主题进行气候变化对作物需水影响的研究较早(图5(a))。

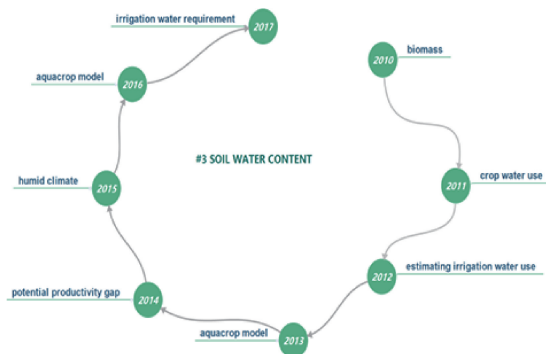
#3 soil water content 聚类主题在每年研究热点的演化规律具有很强的连续性,相关学者在2010年的研究热点为生物质能(biomass)研究。在此基础上,2011年对作物需水量进行研究,并且在其后时间里进行了灌溉用水量估算方法研究;2013年,学者搭建了水生产的模型,用于水分潜在生产力的差距研究;2015—2017年,学者研究热点问题仍然围绕水生产模型和灌溉用水需求研究(图5(b))。

#4 crop production 聚类主题在每年研究热点先后分别为地球暖化、作物产量、低碳运输系统、气候变换、模拟作物水分关系以及作物水分生产率研究(图6(a))。

#5 lpjml model 聚类主题在每年研究热点先后分别为净灌溉要求、气候变化、灌溉用水需求、蒸发蒸腾需求等研究(图6(b))。

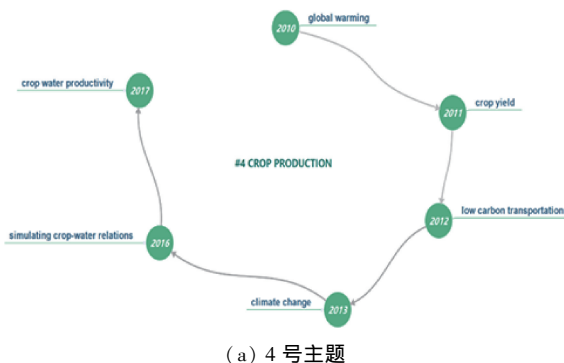


(a) 2号主题

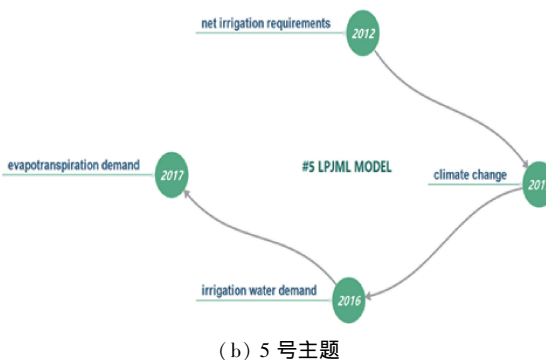


(b) 3号主题

图5 2、3号主题在每一年的研究热点问题分布



(a) 4号主题



(b) 5号主题

图6 4、5号主题在每一年的研究热点问题分布

#6 water requirement 聚类主题在每年研究热点先后分别为作物需水量、表面能量平衡算法、可持续水资源管理、蒸散量短期预测等研究(图7)。气候变化的对作物需水的影响研究和对作物蒸发蒸腾量的研究始终存在于各个聚类主题的前沿问题中,体

现出两个问题一直是该领域的研究前沿的研究热点问题。此外,在每个不同的聚类之间,研究前沿问题交叉性较强,体现作物需水研究领域和主题之间联系密切。

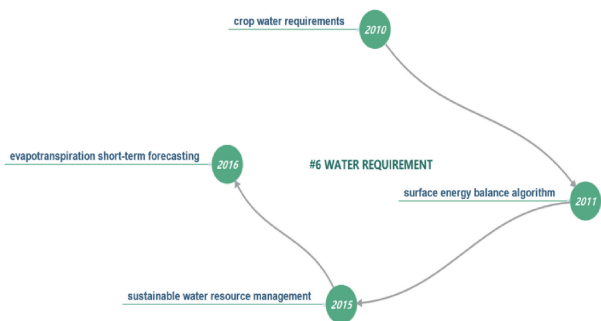


图7 6号主题在每一年的研究热点问题分布

## 5 潜在影响力主题和文献预测

### 5.1 模式性变化率

利用 Citespace 软件对作物需水研究领域 2002—2017 年的文献进行计算分析,找出作物需水研究领域中  $\Delta M$  最大,即对网络结构变换的影响最大的前 10 篇施引文献(表 5),并展示了部分施引文献的引文轨迹(图 8、9),这就表明这些文献将在未来具有重要影响力。研究发现,模式性变化率最大的文献是 Jalava M(2016),其模式性变化率值为 5.04, Jalava M(2016) 主要研究改善粮食安全并减少全球农业生产对环境的影响问题。其次是 Toumi J(2016)、Wang W G(2017)、Meng Q F(2016)、Pocas I(2014)、Zhao W Z(2010)、Liu B(2010)、Palhares J C P(2017)、Katerji N(2014)、Lopez J R(2017) 等文献,这些文献的模式性变化率值均在 2~3。

分析模式性变化率指标,从施引文献的引文所属聚类来看,#0 reflectance based crop coefficient、#1 blue water consumption、#5 lpjml model 聚类主题均出现 4 次,说明这些主题与其他研究聚类主题相比,不

仅是当前的研究热点问题,而且在未来也将产生持续影响。



图8 Toumi J(2016)的引文轨迹

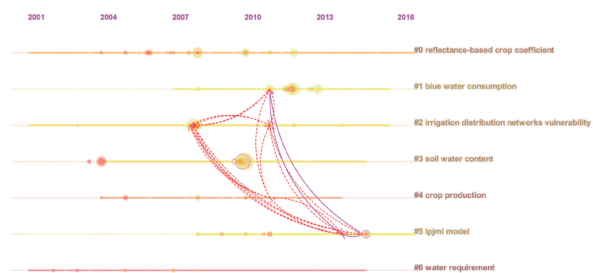


图9 Wang W G(2017)的引文轨迹

### 5.2 中心性分散度

利用 Citespace 软件对作物需水研究领域 2002—2017 年的文献进行计算分析,找出作物需水研究领域中  $\Delta C_{ki}$  最大,即对网络结构变换的影响最大的前 10 篇施引文献(表 6)并展示了部分施引文献的引文轨迹(图 10、11)。这 10 篇施引文献分别是 Grassini P(2011)、Araya A(2011)、Abazi U(2013)、Mou X L(2014)、Wang W G(2014)、Liu W F(2016)、Jalava M(2016)、Surendran U(2014)、Consoli S(2014)。其中,Grassini P(2011)和 Araya A(2011)的中心性分散度最高分别是 0.36 和 0.32,其余文献的中心度分散性均不超过 0.20,这体现了从中心性分散度的角度来看,这两篇施引文献要比其他施引文献具有更高的潜在影响力。

另外,统计这些施引文献的发表时间和作者发

表5  $\Delta M$  最大的前 10 篇施引文献及其相关研究者信息

序号	文献作者	$\Delta M$	DOI	引文所属聚类
1	Jalava M(2016)	5.04	10.1002/2015EF000327	#1、#3、#5
2	Toumi J(2016)	2.78	10.1016/j.agwat.2015.09.007	#0、#3
3	Wang W G(2017)	2.49	10.1016/j.agrformet.2016.08.008	#1、#2、#5
4	Meng Q F(2016)	2.40	10.1038/srep19605	#1、#2、#5
5	Pocas I(2014)	2.40	10.1016/j.biosystemseng.2014.06.019	#0
6	Zhao W Z(2010)	2.39	10.1016/j.agwat.2009.09.011	#6
7	Liu B(2010)	2.39	10.1007/s12665-009-0112-7	#6
8	Palhares J C P(2017)	2.38	10.1016/j.agsy.2017.04.009	#1
9	Katerji N(2014)	2.26	10.1007/s00704-013-0972-3	#0
10	Lopez J R(2017)	2.25	10.1016/j.agrformet.2017.05.001	#0、#3、#5

表 6  $\Delta C_{kl}$ 最大的前 10 篇施引文献及其相关研究者信息

序号	文献作者	$\Delta C_{kl}$	DOI	引文所属聚类
1	Grassini P(2011)	0.36	10.1016/j.fcr.2010.09.013	#0、#5
2	Araya A(2011)	0.32	10.1016/j.agwat.2010.12.001	#3、#4
3	Abazi U(2013)	0.14	10.1016/j.compag.2012.11.010	#0、#3、#6
4	Mou X L(2014)	0.13	10.2166/wcc.2013.064	#3、#6
5	Wang W G(2014)	0.13	10.1016/j.agwat.2014.08.019	#0、#1、#5
6	Liu W F(2016)	0.12	10.1016/j.agrformet.2016.02.017	#1、#4、#5
7	Jalava M(2016)	0.10	10.1002/2015EF000327	#0、#3、#5
8	Surendran U(2014)	0.10	10.2166/wcc.2014.108	#0、#1、#5
9	Consoli S(2014)	0.08	10.1016/j.agwat.2013.10.006	#3、#4
10	Abedinpour M(2014)	0.08	10.1017/S0021859614000094	#3、#4

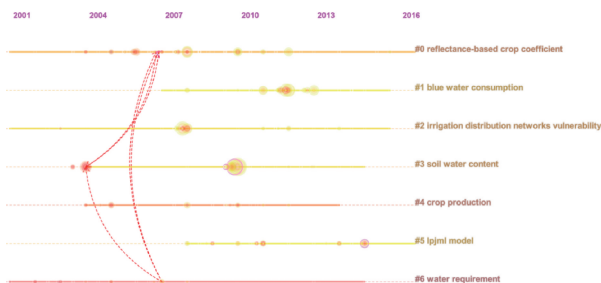


图 10 Abazi U(2013)的引文轨迹



图 11 Liu W F(2016)的引文轨迹

现,这 10 篇施引文献的发表时间在 2014 年的有 5 篇,2011 年和 2016 年各有 2 篇,2013 年有 1 篇,由此体现,与其他时间相比,2014 年发表的相关文献对今后该领域的影响更大。在前 10 篇高中心性分散度的文献中,每位学者均有 1 篇,未出现 1 位学者有多篇文献进入中心性分散度前 10 的情况。值得一提的是, Jalava M(2016)一文不仅出现在中心性分散度前 10,其也是模式性变化率最大的施引文献。综合考虑模式性变化率和中心性分散度两个指标可知,与其他施引文献相比, Jalava M(2016)在未来更易引起作物需水研究网络结构的变化,即具有更高的潜在影响力水平。

在中心性分散度中,从施引文献的引文所属聚类来看, #0 reflectance-based crop coefficient、#3 soil water content、#5 lpjml model 聚类主题均出现 5 次,要高于其他聚类主题出现的次数,说明这些主题与其他研究聚类主题相比,不仅是当前的研究热点问题,在未来也将产生持续影响,作物需水研究领域的

学者在今后可以重点关注这些研究主题,以实时把握作物需水研究领域的前沿问题。

## 6 结论与建议

### 6.1 结论

a. 通过对作物需水研究领域的机构合作研究可以看出,形成了以美国农业部农业研究组织、中国科学院为中心的两个合作群体,荷兰瓦格宁根大学和美国佛罗里达大学是机构合作知识图谱中的关键节点。美国农业部农业研究组织、中国科学院、西班牙国家研究委员会等机构对作物需水的研究产生了重要影响。

b. 通过对作物需水研究主题的演进发现,作物需水研究领域的研究主题呈多元化发展,由“saline aquaculture”研究主题逐渐发展为 2002—2017 年该阶段的“reflectance-based crop coefficient”“blue water consumption”等研究主题,识别出了 2002—2017 年中每一个聚类主题在每一年研究前沿的演化过程。找出 2002—2017 年共被引频次最高的前 10 篇有 Allen R G(1998)、Feres E(2007)、Steduto P(2009)等,中心度最高的前 10 篇文献有 Elliott J(2014)、Geerts S(2009a)、Geerts S(2009b)等,突现率最高的前 10 文献有 Allen R G(1998)、Jones J W(2003)、Williams L E(2005)等。

c. 通过引文网络结构变化算法,可以预测出一批具有潜在影响力的文献和研究主题。通过研究发现,具有潜在影响力的文献主要有 Jalava M(2016)、Toumi J(2016)、Wang W G(2017)、Meng Q F(2016)、Pocas I(2014)、Zhao W Z(2010)等。从施引文献的引文所属聚类来看,具有潜在影响力的主题主要为“reflectance based crop coefficient”和“lpjml mode”,这两个研究主题不仅是当前的研究热点问题,在未来也将产生持续影响。

### 6.2 建议

本研究使用科学计量的研究方法,对作物需水

研究领域的发展状况进行全面的定量研究。在此基础上,为使我国乃至全球作物需水研究又好又快发展,未来作物需水研究应着重关注以下几方面:

a. 加强国内机构合作,充分发挥研究优势机构的带头作用。研究发现,国内机构的相关研究文献的整体产出量与国际影响力不成正比,部分机构如中国科学院、中国农业大学等研究机构已经处于国际作物需水研究前列,其部分研究成果在国内外具有重要影响力,但是仍有很多高校和科研院所相关的研究相对较为落后。因此,我国国内研究处于世界领先地位的高校和科研院所应当充分发挥带头作用,扶植薄弱高校和科研院所的发展。其余高校和科研院所应积极吸收研究先进高校和科研院所的先进设备和先进经验,以提升自身研究发展的学术成果影响力和文献产出量,以在弱势学科研究上有所突破,进而提升我国作物需水研究的整体影响力。

b. 增强学科交叉性,及时追踪领域前沿热点。随着“互联网+”、大数据以及计算机技术的快速发展,现代的信息可视化技术及智能技术理论与方法广泛应用于各个学科领域,但作物需水研究领域的知识基础单一、学科交叉性较弱,学者对该领域研究前沿的追踪和预测也仅限于对少量文献的梳理,极大地限制了对研究前沿的把握和未来研究计划的制定。因此未来发展应逐步增强作物需水研究领域学科交叉性,积极吸引拥有不同专业背景的学者对该领域的研究。同时,积极采用大数据和信息可视化等技术理论加强对作物需水研究领域研究前沿热点的追踪和预测,旨在提升学者研究的前沿性,促进该领域不断发展。

c. 加强国际合作,提升科研成果影响力。中国在作物需水研究领域的发展过程中应加强与其他国家的科学合作,依靠其他国家的先进设备和先进经验,提高自己的科技创新力,进一步提高自己的科研成果影响力。当然,在合作过程中不能仅与发达国家合作而忽视其他一些发展中国家,有些发展中国家在某些研究主题上也展现出了很强的科研实力。

#### 参考文献:

[1] 张和喜,迟道才,刘作新,等. 作物需水耗水规律的研究进展[J]. 现代农业科技,2006(3):52-54.

[2] 朱仲元. 干旱半干旱地区天然植被蒸散发模型与植被需水量研究[D]. 内蒙古:内蒙古农业大学,2005.

[3] 马灵玲,占车生,唐伶俐,等. 作物需水量研究进展的回顾与展望[J]. 干旱区地理,2005(4):115-121.

[4] 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[J]. 生态学报,2018,38(5):1874-1883.

[5] CHEN C. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology,2006,57(3):359-377.

[6] CHEN C. Searching for intellectual turning points: progressive knowledge domain visualization[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences,2004,101(1):5303-5310.

[7] 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.

[8] 陈晓红,周宏浩. 城市化与生态环境关系研究热点与前沿的图谱分析[J]. 地理科学进展,2018,37(9):1171-1185.

[9] 韩增林,李彬,张坤领,等. 基于CiteSpace中国海洋经济研究的知识图谱分析[J]. 地理科学,2016,36(5):643-652.

[10] 何振嘉,董起广,杨凯,等. 陕北黄土高原枣树需水规律与灌溉需水量研究[J]. 节水灌溉,2017(12):33-38.

[11] 王亚许. 干旱期大田作物需水分析及灌溉方案优化研究:以济南为例[D]. 北京:中国水利水电科学研究院,2017.

[12] 胡永翔. 黄土高原地区滴灌方式下枣树最优调亏灌溉模式及作物系数研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.

[13] 王振华. 典型绿洲区长期膜下滴灌棉田土壤盐分运移规律与灌溉调控研究[D]. 北京:中国农业大学,2014.

[14] 陆志华,李敏,石亚东. 基于文献计量可视化图谱分析的河湖水系连通研究现状[J]. 水利经济,2021,39(1):65-70.

[15] 陈艳萍,朱瑾,吴凤平. 我国水权交易价格研究综述:基于CiteSpace的可视化图谱分析[J]. 水利经济,2020,38(4):60-67.

[16] CHEN C M. Searching for intellectual turning points: progressive knowledge domain visualization[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2004,101(1):5303-5310.

[17] 曹永强,刘明阳. 基于CiteSpaceV的国内生态工程研究文献的可视化分析[J]. 生态学报,2019,39(11):1-9.

[18] ALLEN R G, PEREIRA L S, RAES D, et al. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements[M]. Rome:FAO Irrigation and Drainage Papers,1998.

(收稿日期:2020-06-02 编辑:高虹)

