

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2021.06.007

基于知识图谱的旱涝急转研究进展

毕吴瑕¹, 翁白莎¹, 王旭², 严登华¹, 王梦珂¹, 董宁澎¹

(1. 中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038;

2. 北京市环境保护科学研究院国家城市环境污染控制工程技术研究中心, 北京 100037)

摘要:以2006—2019年中国知网和Web of Science核心合集数据库收录的140篇旱涝急转研究文献为数据基础,利用CiteSpace软件,采用文献计量可视化分析方法,通过文献发表的时间分布、研究机构、代表作者、关键词等方面的分析,综述了旱涝急转研究发展状况及趋势。结果表明:近年来,旱涝急转研究热度上升较显著;中国在该领域的发文量明显领先,中国科学院、中国水利水电科学研究院、武汉大学、河海大学等是该领域的领军机构;从发展趋势看,该领域已形成了判别方法、成因分析、演变特征、灾害损害4个重要的研究热点和前沿方向。今后亟须进一步完善综合考虑土壤水和作物需水等因素的旱涝急转判别方法及其生态环境效应等方面的研究。

关键词:旱涝急转;知识图谱;文献计量分析;可视化分析;CiteSpace

中图分类号:X43 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2021)06-0040-09

Research progress of drought-flood abrupt alternation based on knowledge graph // BI Wuxia¹, WENG Baisha¹, WANG Xu², YAN Denghua¹, WANG Mengke¹, DONG Ningpeng¹ (1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. National Engineering Research Center for Urban Environmental Pollution Control, Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

Abstract: Based on the CiteSpace software and bibliometric visualization analysis, using 140 articles on drought-flood abrupt alternation from 2006 to 2019 included in the CNKI database and Web of Science Core Collection, this study reviewed the literature on drought-flood abrupt alternation from four aspects: publication date, research institutions, representative authors, and keywords. Results show that the research on drought-flood abrupt alternation has risen rapidly in recent years; China takes the leading position in this field with numerous achievements, and the leading institutions include Chinese Academy of Sciences, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Wuhan University, Hohai University, etc.; four important research hotspots and frontier directions have been formed in this field, including the determination method, cause analysis, evolution characteristics, and disaster impact. It is urgent to further improve the determination method with comprehensive consideration of soil water and crop water requirements, and the study on ecological effects of drought-flood abrupt alternation.

Key words: drought-flood abrupt alternation; knowledge graph; bibliometric analysis; visualization analysis; CiteSpace

受气候变化和人类活动的影响,全球极端天气现象如干旱、洪涝等发生的频率和强度持续增加,造成了极大的经济损失和社会影响^[1-4]。原有的旱涝问题尚未完全解决,新型旱涝问题——旱涝急转日渐凸显。2018年肯尼亚发生了严重的旱涝急转,导致近200人遇难,超过84.98 km²的农田遭到破

坏^[5-7]。我国旱涝急转多发生在南方,主要集中在长江流域、淮河流域以及西南地区等^[8-10]。

针对旱涝急转的研究开始于2006年,旱涝急转是指某一地区/流域前期持续偏旱,突遇集中强降雨,导致河水陡涨、农田涝渍,短时间内干旱和洪涝事件交替出现的一种极端水文事件^[11]。不同

基金项目:国家优秀青年科学基金(52022110);流域水循环模拟与调控国家重点实验室自由探索课题(SKI2020TS02)

作者简介:毕吴瑕(1992—),女,博士,主要从事极端水文及生态环境效应研究。E-mail: biwx@iwhr.com

通信作者:王旭(1987—),男,助理研究员,硕士,主要从事自然灾害及其防治。E-mail: wangxu8568658@163.com

表 1 2006—2019 年旱涝急转研究文献数量

Table 1 Number of articles on drought-flood abrupt alternation from 2006 to 2019

年份	文献数		年份	文献数	
	CNKI	WOS		CNKI	WOS
2006	2	1	2013	9	1
2007	5	0	2014	14	0
2008	4	0	2015	9	0
2009	1	0	2016	5	2
2010	1	0	2017	10	2
2011	20	0	2018	7	3
2012	15	0	2019	17	12

于干湿交替,旱涝急转对干旱和洪涝程度均有阈值要求,且二者之间转换迅速。旱涝急转的发生受很多因素影响,如全球气候变化、大气环流、地区排涝水平等孕灾要素以及作物种类和生育期等成灾要素^[12-14]。作为旱涝灾害中的一种特殊天气现象,旱涝急转近年来广发、频发,严重威胁到水安全和粮食安全。旱涝急转灾害不仅影响农业生产和经济发展,也将直接影响到流域污染物在环境介质中的存在(形态与水平)、化学特性、迁移、转化、积累过程,最终改变流域地表水环境质量。因此旱涝急转问题日益成为气象、水文、农业等相关领域研究的热点。

国内外有关旱涝急转的研究日渐增多,但尚未见利用知识图谱等文献计量分析方法对旱涝急转研究状况做系统深入的报道。本文采用文献计量分析^[15-16]方法,系统梳理旱涝急转研究领域已有研究成果,并通过可视化分析方法生成形象直观的知识图谱,以期揭示该领域研究的动态发展规律并展望未来研究方向,为流域/区域旱涝急转灾害的理论研究与实践提供科学依据。

1 研究方法和数据资源

CiteSpace 是在科学计量学、数据可视化背景下逐渐发展起来的引文可视化分析软件,在国内外学术界得到广泛应用,将通过此类方法分析得到的可视化图形称为科学知识图谱。本研究基于 CiteSpace 可视化软件^[17],通过数据挖掘与分析、科学计量与图谱绘制等手段,可视化地展现旱涝急转的研究现状和趋势。以旱涝急转为条件,检索 2006—2019 年中国知网(CNKI)数据库成果,经过排除、合并相同成果,获得了共计 119 篇文献;以旱涝急转英文表达方式 drought-flood abrupt alternation、sudden turn of drought and flood、occurrence of droughts and floods、sudden changing from drought to waterlogging 等为条件,检索 2006—2019 年 Web of Science(WOS)核心合集成果,筛选后共获得了 21 篇文献。对所检索的中英文文献的数量、研究机构、代表作者和关键词等进行分析,以揭示旱涝急转研究进展及潜在问题。

2 文献计量分析

2.1 文献数量

2006—2019 年的文献统计数据(表 1)显示,研究旱涝急转的中英文文献数量随着时间变化基本呈增加趋势,中文文献数量显著高于英文文献数量,但中英文文献数量变化特征存在一定的差异。

2006—2019 年 CNKI 中收录的旱涝急转研究文献数量呈波动上升趋势,可划分为 2006—2010 年、2011—2015 年以及 2016—2019 年 3 个阶段。其中,2006—2010 年为萌芽阶段,该阶段研究成果较少,平均为 2.6 篇/a;2011—2015 年为迅速增长阶段,平均文献数量为 13.4 篇/a;2016—2019 年为稳定增长阶段,平均文献数量为 9.75 篇/a。文献数量在 2011 年较 2010 年激增,可能与 2011 年长江中下游地区发生严重旱涝急转事件有关。

2006—2019 年 WOS 中收录的旱涝急转研究文献数量呈增加态势,可划分为 2006—2015 年和 2016—2019 年 2 个阶段。其中,2006—2015 年为萌芽阶段,该阶段研究成果较少,仅在 2006 年和 2013 年各有 1 篇文献;2016—2019 年为迅速增长阶段,平均文献数量为 4.75 篇/a,尤其是 2019 年,文献数量占总英文文献数量的 57.1%。说明 2016 年以来旱涝急转研究逐步走向国际。

2.2 研究机构

WOS 检索到的旱涝急转研究的文献中研究机构主要集中在国内,有少量研究与加拿大和泰国的研究机构合作,最主要的研究机构有 Chinese Academy of Science(中国科学院)、China Institute of Water Resources and Hydropower Research(中国水利水电科学研究院)、Wuhan University(武汉大学)和 Hohai University(河海大学)等。CNKI 检索到的旱涝急转文献的研究机构主要有武汉大学、安徽省气候中心、江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室、贵州水利科学研究院、华北水利水电大学和河海大学等(图 1)。

2.3 代表作者

图 2 显示,WOS 检索文献中代表作者团队主要有 HU Tiesong(胡铁松)团队、YUAN Yijie(袁义杰)团队、YAN Denghua(严登华)、HE Haohua(贺浩华)团队等。CNKI 检索文献中代表作者团队有贺浩华团队、封国林团队、丁小俊团队、慎东方团队、胡铁松团队、王浩团队、吴志伟团队等。

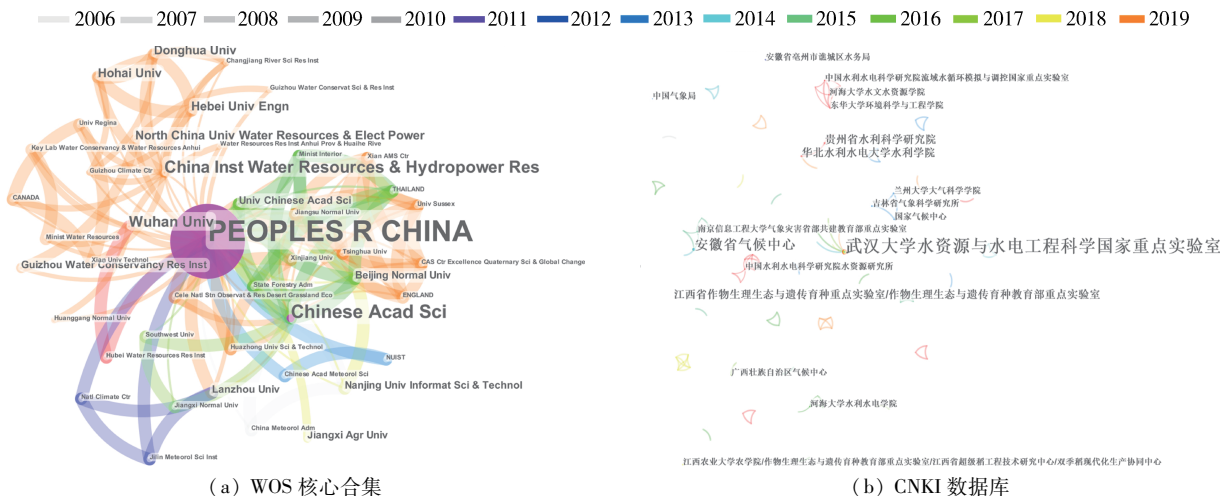


图1 2006—2019年旱涝急转研究机构图谱

Fig.1 Knowledge graph of research institutions on drought-flood abrupt alternation from 2006 to 2019



图2 2006—2019年旱涝急转研究代表作者图谱

Fig.2 Knowledge graph of representative authors on drought-flood abrupt alternation from 2006 to 2019

2.4 关键词

根据可视化分析结果(图3)可知,WOS检索文献中出现的关键词主要有 climate change(气候变化)、precipitation/rainfall(降水/降雨)、river basin(流域)、spatial pattern(空间分布)、China(中国)、ENSO(厄尔尼诺)、cross wavelet transform(交叉小波变换)等;CNKI检索文献中出现的关键词主要有长江中下游地区、淮河流域、水稻、成因、趋势分析、应对措施、大气环流、副热带高压、拉尼娜(La Niña)等。可见,当前针对旱涝急转的研究主要集中在判别方法、成因分析、演变特征、灾害损害等方面。

3 旱涝急转研究进展

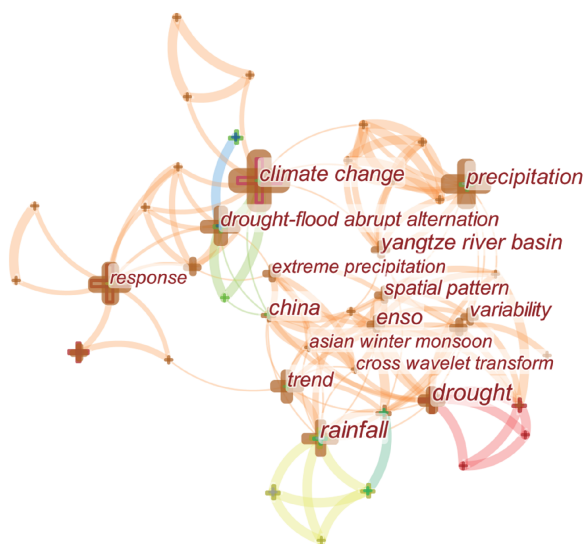
3.1 旱涝急转事件判别方法

旱涝急转事件的判别方法主要有长、短周期旱

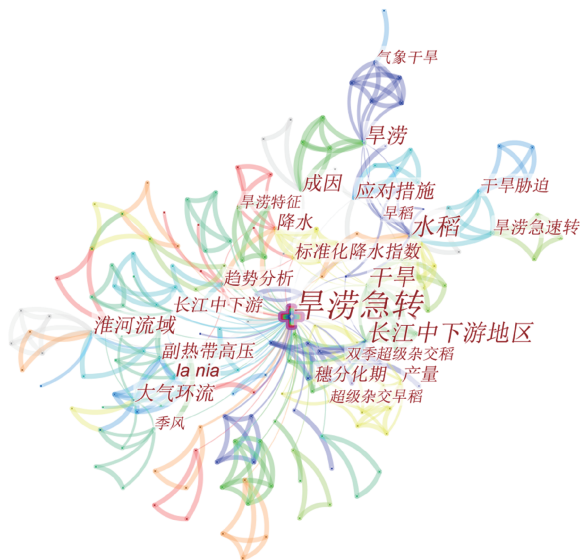
涝急转指数法、日尺度旱涝急转指数法、基于旱涝指数的旱涝急转评价。

3.1.1 长、短周期旱涝急转指数

长、短周期旱涝急转指数由吴志伟等^[11,18]提出,是国内定量评价流域/地区旱涝急转事件的常用方法。长、短周期旱涝急转指数值大于1时,表明该流域/地区旱涝急转事件是“旱转涝”类型;长、短周期旱涝急转指数小于-1时,则是“涝转旱”类型。不同研究区域基于此规则,结合区域实际情况采用相应的旱涝急转指数并调整权重系数。长、短周期旱涝急转指数为定量研究旱涝急转事件奠定了基础,但其无法识别旱涝急转事件发生的时间节点,且默认将旱涝急转发生的时间定为夏季,该评价方法并未很好体现旱涝急转事件的发生过程。



(a) WOS 核心合集



(b) CNKI 数据库

图 3 2006—2019 年旱涝急转研究关键词图谱

Fig. 3 Knowledge graph of key words on drought-flood abrupt alternation from 2006 to 2019

3.1.2 日尺度旱涝急转指数

日尺度旱涝急转指数是基于长周期旱涝急转指数,同时考虑旱、涝和急转程度 3 个因素的日尺度评价指标^[10]。该方法弥补了长、短周期旱涝急转指数以月或旬为时间尺度可能使旱涝发生中和的缺陷,并考虑了急转程度,对旱涝急转事件的筛选更加全面。

3.1.3 基于旱涝指数的旱涝急转评价

基于降水指数的旱涝评价中,旱涝指数主要包括标准化降水指数(SPI)、Palmer 旱度模式和降水距平百分率等。程智等^[19]以 SPI 指数重新定义旱涝急转,认为依据 SPI 指数,连续 20 d 以上为干旱,并在 10 d 内迅速转涝,则发生旱涝急转。该方法将时间尺度精确到日尺度,可分析区域性事件。熊威^[20]基于改进的 Palmer 旱度模式,分析了四湖流域旱涝急转特征。此方法未探讨土壤水分和地表径流过程,与田间实际情况有一定出入。张屏等^[21]给出了旱涝急转的判别标准,即日(或过程)降水量达到小涝以上标准,且涝灾出现前至少 40 d 的平均降水距平百分率小于 -60%。该方法首次定义了旱涝急转中旱和涝的标准并提供筛选标准,但定义仍较笼统。王胜等^[22]采用旬降水距平百分率指数定义并分析了淮北地区旱涝急转季节演变特征,此方法适用于流域范围,也可应用于大尺度范围,但不适合站点数少的地区,且时间尺度精确到旬尺度,仍不能很好体现急转现象。

黄茹^[23]以连续无雨日和降水入渗系数来判别旱涝急转事件,并将旱涝急转等级划分为 9 类,但未阐明如何将该方法应用于生产实践。陈灿等^[24]综

合考虑气象、土壤水动力学和作物需水等过程,提出旱涝急转评价方法,该方法将理论与生产实践很好地结合,但其主要针对水稻,不确定该方法是否适用于其他农作物。Bi 等^[25]综合气象、土壤水和农业方面指标,采用日尺度来判别流域/地区旱涝急转事件并划分等级,该方法结合理论和生产实践,适用于多种农作物,但仍需进一步强化对急转的判别。

未来亟须综合考虑土壤水和作物需水,进一步强化和完善旱涝急转判别方法。现有的旱涝急转事件判别方法大多针对年内季节性旱涝急转,未来可考虑提出长时间序列的旱涝急转事件判别方法。

3.2 旱涝急转事件成因分析

现有研究普遍认为旱涝急转事件主要与大气环流、季风和副热带高压及流域地形地貌条件等有紧密的联系,且多集中于长江流域、淮河流域等南部地区。

针对长江中下游地区旱涝急转事件, Wu 等^[26-28]研究结果表明,长江中下游地区旱涝急转事件主要受到西北太平洋副热带高压等大气环流形势及暖湿气流向北输送异常耦合作用影响。沈柏竹等^[29-35]采用统计方法对旱涝急转事件与大尺度环流、海温异常、低频环流等相关关系进行分析,得出气象条件变化是重要驱动因素的结论。

针对淮河流域旱涝急转事件,徐敏等^[36]基于 1960—2007 年逐日降水资料筛选出淮河流域夏季旱涝急转事件,并进行低频振荡特征分析后得出,造成旱涝急转的环流成因是欧亚中高纬度高度场、经向风场的低频位相在少雨、多雨期呈相反纬向分布。唐明等^[37]认为造成沿淮、淮北地区旱涝急转问题的

主要原因是未能解决区域易涝特性与其排涝能力、易旱特性与其抗旱能力之间的矛盾。

针对其他地区旱涝急转事件,何慧等^[38]基于美国国家环境预报中心/美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)资料分析了2013年广西夏季旱涝急转事件的环流特征,得出以下结论:大气环流发生调整,热带辐合带随之北移、在缅甸-华南-菲律宾北侧稳定维持,台风持续影响广西,进而发生旱涝急转。时兴合等^[39]对青海北部1961—2013年春季旱涝急转的主要特征进行研究,结果表明,旱涝急转与前期高原加热场偏强以及春夏过渡时间提前有关。孙小婷等^[40]基于对西南夏季旱涝急转的分析,发现“旱转涝”年和“涝转旱”年西太平洋副热带高压与来自孟加拉湾和南海的水汽输送均有异常,且规律恰好相反。张玉琴等^[41]分析了1960—2015年华南春末初夏和盛夏“旱转涝”事件,结果表明,西太平洋副热带高压、孟加拉湾南支槽和低层水汽输送有明显异常。Yu等^[42]研究表明,黄土高原旱涝同步与太阳活动有关。

现有旱涝急转事件成因分析多集中于国内流域/地区尺度,未来可考虑分析国外旱涝急转事件发生诱因,如明确报道过有旱涝急转事件发生的肯尼亚等地区,从全国尺度甚至全球尺度考虑旱涝急转事件成因。

3.3 旱涝急转事件演变特征

我国南部和中东部地区/流域是旱涝急转事件的易发、重发区,且呈现出不同的演变特征。程智等^[19]对1960—2011年间长江中下游水资源二级分区的典型旱涝急转事件进行统计分析得出,该地区典型旱涝急转事件约10年一遇,干流旱涝急转事件强度更大。Li等^[43]基于1959—2009年鄱阳湖逐日入湖水量分析4—7月旱涝急转规律,结果表明,“旱转涝”和“涝转旱”的交替循环过程长期存在,且交替频次渐增。吴志伟等^[44]统计了我国华南地区夏季强旱涝并存(drought and flood coexisting, DFC)、旱涝急转事件的气候特征,结果表明,强DFC易旱且易涝,而弱DFC相反。孙鹏等^[45]依据1956—2009年东江流域的月降水量资料分析了汛期长、短周期旱涝急转事件演变特征,结果表明,中上游地区大多呈现“旱转涝”趋势,下游和三角地区有“涝转旱”趋势。张效武等^[46]对安徽省旱涝急转事件发生规律进行分析,认为旱涝急转事件一般在6月中下旬至7月底之间发生,且全省都可能发生,以沿淮、淮北地区和大别山区最为突出。程智等^[47]分析得出,淮河流域1960—2009年间旱涝急转事件约为4年一遇,流域上游和南部地区为旱涝急转频

次和降水强度的极值区,年代际演变呈现出先减少后增加的趋势。张水锋等^[48]基于吴家渡水文监测站1950—2007年月径流量资料分析淮河流域汛期旱涝急转现象,结果表明,长、短周期旱涝急转频次不断减少,但2000年之后汛期长周期“旱转涝”、6—7月短周期“旱转涝”逐渐增加。Fan等^[49]基于旱涝急转指数(dry-wet abrupt alternation index, DWAAI)计算1968—2017年间贵州省旱涝急转特征,结果显示,贵州省旱涝急转主要发生在4—10月,春季和夏季发生频次逐年增加,秋季减小;空间上发生频次从东向西递减。Zhang等^[50-51]采用长周期旱涝急转指数(long-cycle drought-flood abrupt alteration index, LDFAI)和短周期旱涝急转指数(short-cycle drought-flood abrupt alteration index, SDFAI)等方法分析贵州烟草生长期旱涝急转事件,结果表明,旱涝急转事件在烟草成熟期发生率高。岳杨^[52]采用LDFAI和SDFAI指数计算得出鞍山1964—2018年长周期旱涝急转指数下降。

现有旱涝急转事件演变特征分析多集中于国内流域/区域尺度,未来可考虑分析国外长周期旱涝急转事件演变特征,如发生过旱涝急转事件的肯尼亚等地区。

3.4 旱涝急转事件灾害损害

当前,旱涝急转事件产生的灾害损害研究主要集中在对农作物生理特性、产量以及生态环境等方面的研究。袁静等^[53]基于测桶试验分析旱涝急转对水稻拔节孕穗期生理特性的影响,研究表明,水稻叶片的光合速率、蒸腾速率和气孔导度在旱涝急转淹涝处理后均得以恢复;这些指标在重度淹涝时呈下降趋势,轻度淹涝后期反而上升。郭相等^[54]采用测桶试验研究了水稻分蘖期旱涝急转前后的光合特性和生理活性,结果表明,旱后轻涝处理有利于根系活力的提高,表现出超补偿效应,而旱后重涝处理的根系活力则显著降低。邓艳等^[55]采用室内模拟试验分析了旱涝急转事件对双季杂交稻生理特性的影响,结果表明,旱涝交替胁迫初期,水稻净光合作用、蒸腾速率、气孔导度和胞间CO₂浓度均下降,而酶活性上升,胁迫结束后均缓慢恢复至正常水平。Zhu等^[56]通过田间试验得出,旱涝急转会抑制水稻的光合作用。周西等^[57]基于先旱后涝处理对不同花生品种生理、生化指标影响的分析得出,一定强度的旱或涝胁迫均能提高花生叶片的抗氧化酶活性,复水后活性恢复对照水平。GAO等^[58-59]通过2016和2017年田间试验得出,旱涝急转条件下水稻产量减产13%~30%,其中,重旱重涝组合下减产最为严重;对比单一干旱/洪涝处理,旱涝急转的转涝阶

段能补偿早期减产作用。熊强强等^[60-61]通过桶栽试验得出,超级杂交早稻分蘖期和幼穗分化期发生旱涝急转使产量分别下降30%和43%。Bi等^[62]通过田间试验得出,不同旱涝急转情景下,夏玉米产量减产14%~38%,旱涝急转等级越高,减产越严重。邢栋等^[63]基于径流小区试验得出,旱涝急转下红壤坡地地表径流和地下30 cm土壤层出流中,磷流失呈现先增大后减小最终趋于稳定的趋势。胡利民等^[64]分析了2011年旱涝急转事件对长江口表层沉积物地球化学特性的影响,结果表明,旱涝急转前后其空间分布差异性变化不大。Tian等^[65]基于环境遥感卫星分析了我国长江流域旱涝急转事件对湿地大小的影响,结果表明,研究区湿地大小变化趋势与该区域SPI的变化及其空间变异性相似。此外, Ji等^[66]评估了淮北流域旱涝急转灾害阈值。牛建利等^[67]以巢湖市槐林镇为例,开展2010年秋季到2011夏季长江流域旱涝急转事件对“三产”影响的研究,结果表明,旱涝急转事件对农业生产的影响最为严重,而对第二、第三产业基本无影响,但会产生生活用水不足,以及巢湖水位下降等生态问题。Bi等^[68]在皖北平原开展田间模拟试验,发现旱涝急转下土壤磷素流失主要通过泥沙输送和地下水淋洗途径对水环境造成污染。

旱涝急转对农作物生理特征、产量的影响等方面研究较为成熟,旱涝急转的生态环境效应方面的研究尚处于起步阶段。未来可考虑深入剖析旱涝急转对土壤-作物单元及生态环境的影响机理。

4 研究展望

旱涝急转的中英文文献近些年整体呈增加趋势,且英文文献近5年迅速增长;旱涝急转研究文献产出和代表性团队主要集中在中国;当前旱涝急转研究主要集中在判别方法、成因分析、演变特征、灾害损害等方面。基于研究现状,未来亟须开展以下研究:

a. 参考现有的针对季节性旱涝急转的判别方法,综合考虑土壤水和作物需水等提出针对长时间序列(如年尺度)巨灾的旱涝急转判别方法,并量化急转程度。

b. 关注国外旱涝急转事件,考虑从全球尺度分析不同时间尺度(季节性、多年)旱涝急转事件成因及演变特征。

c. 研究土壤微生物和作物内生菌群落代谢功能,结合理化指标变化规律,深入剖析旱涝急转对土壤-作物单元及生态环境的影响机理。

参考文献:

- [1] WILHITE D A. Drought as a natural hazard: concepts and definitions[M]. New York: Routledge Publishers, 2000.
- [2] 邓鹏,孙善磊,黄鹏年. 气候变化对鄱阳湖流域径流的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2020, 48(1): 39-45. (DENG Peng, SUN Shanlei, HUANG Pengnian. Influence of climate change on runoff in Poyang Lake Basin [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2020, 48(1): 39-45. (in Chinese))
- [3] ZHAI P, ZHANG X, WAN H, et al. Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China [J]. Journal of Climatology, 2005, 18: 1096-1108.
- [4] 荣艳淑,石丹丹,吕星玥,等. 拉尼娜事件对长江中下游旱涝的影响[J]. 水资源保护, 2019, 35(3): 14-24. (RONG Yanshu, SHI Dandan, LYU Xingyue, et al. Influence of La Niña events on drought and flood in middle and lower reaches of Yangtze River[J]. Water Resources Protection, 2019, 35(3): 14-24. (in Chinese))
- [5] YUAN Z, YAN D H, YANG Z Y, et al. Temporal and spatial variability of drought in Huang-Huai-Hai River Basin, China [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2015, 122(3/4): 755-769.
- [6] ZHANG Q, GU X, SINGH V P, et al. Spatiotemporal behavior of floods and droughts and their impacts on agriculture in China [J]. Global and Planetary Change, 2015, 131: 63-72.
- [7] CASE J L. From drought to flooding in less than a week over South Carolina [J]. Results in Physics, 2016, 6: 1183-1184.
- [8] LI Y H, XU H M, GAO Y H, et al. Characteristics of outgoing longwave radiation related to typical flood and drought years over the east of Southwest China in summer [J]. Plateau Meteorology, 2009, 28(4): 861-869.
- [9] YE Z, LI Z. Spatiotemporal variability and trends of extreme precipitation in the Huaihe River Basin, a climatic transitional zone in East China [J]. Advances in Meteorology, 2017, 1: 1-15.
- [10] SHAN L J, ZHANG L P, ZHANG Y J, et al. Characteristics of dry-wet abrupt alternation events in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin and their relationship with ENSO [J]. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(8): 1039-1058.
- [11] 吴志伟. 长江中下游夏季风降水“旱涝并存、旱涝急转”现象的研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2006.
- [12] 孙鹏,刘春玲,张强. 东江流域汛期旱涝急转的时空演变特征[J]. 人民珠江, 2012, 33(5): 29-34. (SUN Peng, LIU Chunling, ZHANG Qiang. Spatio-temporal variations of drought-flood abrupt alternation during main flood

- season in East River Basin[J]. Pearl River, 2012, 33(5): 29-34. (in Chinese))
- [13] 张天宇, 唐红玉, 雷婷, 等. 重庆夏季旱涝急转与大气环流异常的联系[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2014, 36(1): 79-87. (ZHANG Tianyu, TANG Hongyu, LEI Ting, et al. The relationship between summer drought-flood abrupt alternation in Chongqing and the anomalous of atmospheric circulation[J]. Journal of Yunnan University (Natural Sciences Edition), 2014, 36(1): 79-87. (in Chinese))
- [14] 何慧, 廖雪萍, 陆虹, 等. 华南地区 1961—2014 年夏季长周期旱涝急转特征[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 130-141. (HE Hui, LIAO Xueping, LU Hong, et al. Features of long-cycle drought-flood abrupt alternation in South China during summer in 1961-2014 [J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 130-141. (in Chinese))
- [15] 曹永强, 袁立婷, 王飞龙. 基于文献计量学的洪涝灾害研究现状及发展趋势分析[J]. 水利经济, 2018, 36(4): 33-39 (CAO Yongqiang, YUAN Liting, WANG Feilong. Current research situation and development trend of flood and waterlogging disasters based on bibliometrics [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2018, 36(4): 33-39. (in Chinese))
- [16] 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[J]. 水资源保护, 2019, 35(6): 14-24 (JIN Juliang, CHEN Pengfei, CHEN Menglu, et al. Bibliometric analysis of research progress on water resources carrying capacity based on knowledge map[J]. Water Resources Protection, 2019, 35(6): 14-24. (in Chinese))
- [17] 翟慧敏, 程启先, 李书覃, 等. 海绵城市理念演变的知识图谱可视化分析[J]. 水资源保护, 2020, 36(2): 34-40. (ZHAI Huimin, CHENG Qixian, LI Shuqin, et al. Visual analysis of knowledge map of sponge city concept evolution [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(2): 34-40. (in Chinese))
- [18] WU Z, LI J, HE J, et al. Large-scale atmospheric singularities and summer long-cycle droughts-floods abrupt alternation in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(16): 2027-2034.
- [19] 程智, 丁小俊, 徐敏, 等. 长江中下游地区典型旱涝急转气候特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(增刊 2): 115-120. (CHENG Zhi, DING Xiaojun, XU Min, et al. Climate characters of typical droughts-floods abrupt alternation events in the middle-lower reaches of the Yangtze River [J]. Resources Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(Sup2): 115-120. (in Chinese))
- [20] 熊威. 基于 Palmer 旱度模式的四湖流域旱涝急转特征分析[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- [21] 张屏, 汪付华, 吴忠连, 等. 淮北市旱涝急转型气候规律分析[J]. 水利水电快报, 2008, 29(增刊 1): 139-140. (ZHANG Ping, WANG Fuhua, WU Zhonglian, et al. Climate characters of drought-flood abrupt alternation in HuaiBei City [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2008, 29(Sup1): 139-140. (in Chinese))
- [22] 王胜, 田红, 丁小俊, 等. 淮河流域主汛期降水气候特征及“旱涝急转”现象[J]. 中国农业气象, 2009, 30(1): 31-34. (WANG Sheng, TIAN Hong, DING Xiaojun, et al. Climate characters of precipitation and phenomenon of drought-flood abrupt alternation during main flood season in Huaihe River Basin [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2009, 30(1): 31-34. (in Chinese))
- [23] 黄茹. 淮河流域旱涝急转事件演变及应对研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2015.
- [24] 陈灿, 胡铁松, 高芸, 等. 关于水稻灌区旱涝急转定义的探讨[J]. 中国农村水利水电, 2018(7): 56-61. (CHEN Can, HU Tiesong, GAO Yun, et al. Research on the definition of drought and flood alternation in rice irrigation [J]. China Rural Water and Hydropower, 2018(7): 56-61. (in Chinese))
- [25] BI W, WENG B, YUAN Z, et al. Evolution of drought-flood abrupt alternation and its impacts on surface water quality from 2020 to 2050 in the Luanhe River Basin [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(5): 691.
- [26] WU Z W, LI J P, HE J H. Large-scale atmospheric singularities and summer long-cycle droughts-floods abrupt alternation in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(16): 2027-2034.
- [27] 封国林, 杨涵涓, 张世轩, 等. 2011 年春末夏初长江中下游地区旱涝急转成因初探[J]. 大气科学, 2012, 36(5): 1009-1026. (FENG Guoling, YANG Hanwei, ZHANG Shixuan, et al. A preliminary research on the reason of a sharp turn from drought to flood in the middle and lower reaches of the Yangtze River in late spring and early summer of 2011 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2012, 36(5): 1009-1026. (in Chinese))
- [28] YANG S Y, WU B Y, ZHANG R H, et al. Relationship between an abrupt drought-flood transition over mid-low reaches of the Yangtze River in 2011 and the intraseasonal oscillation over mid-high latitudes of East Asia [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2013, 27(2): 129-143.
- [29] 沈柏竹, 张世轩, 杨涵涓, 等. 2011 年春夏季长江中下游地区旱涝急转特征分析[J]. 物理学报, 2012, 61(10): 530-540. (SHEN Baizhu, ZHANG Shixuan, YANG Hanwei, et al. Analysis of characteristics of a sharp turn from drought to flood in the middle and lower reaches of the Yangtze River in spring and summer in 2011 [J]. Acta Physica Sinica, 2012, 61(10): 530-540. (in Chinese))
- [30] 李明, 祝从文, 庞轶舒. 2011 年春夏季长江中下游旱涝

- 急转可能成因[J]. 气象与环境学报,2014,30(4):70-78. (LI Ming, ZHU Congwen, PANG Yishu. Possible causes of abrupt turning from drought to flooding in the middle and lower reaches of Yangtze River valley during spring to summer of 2011[J]. Journal of Meteorology and Environment,2014,30(4):70-78. (in Chinese))
- [31] 李迅,袁东敏,尹志聪,等. 2011 年长江中下游旱涝急转成因初步分析[J]. 气候与环境研究,2014,19(1):41-50. (LI Xun, YUAN Dongmin, YIN Zhicong, et al. Preliminary analysis of sudden turn of drought and flood in the middle and lower reaches of the Yangtze River during 2011[J]. Climatic and Environmental Research,2014,19(1):41-50. (in Chinese))
- [32] 马鹏辉,杨燕军,刘铁军. 2011 年长江中下游地区旱涝急转成因分析[J]. 气象与减灾研究,2014,37(3):1-6. (MA Penghui, YANG Yanjun, LIU Tiejun. Cause analysis for the sharp turn from drought to flood in the middle and lower reaches of the Yangtze River during 2011 [J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 2014, 37(3):1-6. (in Chinese))
- [33] 刘佩佩,巩远发,李妍,等. 2011 年春夏长江中下游旱涝急转的低频环流系统变化[J]. 成都信息工程学院学报, 2014, 29 (5): 522-527. (LIU Peipei, GONG Yuanfa, LI Yan, et al. The low-frequency circulation system during the drought-flood abrupt changes over the middle-lower reaches of the Yangtze River in the spring and summer 2011 [J]. Journal of Chengdu University of Information Technology, 2014, 29 (5): 522-527. (in Chinese))
- [34] CHEN X C, ZHANG L P, ZOU L, et al. Spatio-temporal variability of dryness/wetness in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin and correlation with large-scale climatic factors [J]. Meteorology and Atmospheric Physics, 2019, 131: 487-503.
- [35] FANG W, HUANG S Z, HUANG G H, et al. Copulas-based risk analysis for inter-seasonal combinations of wet and dry conditions under a changing climate [J]. International Journal of Climatology, 2019, 39(4):1-17.
- [36] 徐敏,丁小俊,罗连升,等. 淮河流域夏季旱涝急转的低频环流成因[J]. 气象学报,2013,71(1):86-95. (XU Min, DING Xiaojun, LUO Liansheng, et al. A possible cause of the low frequency circulation of summer-time drought-flood abrupt alternation over the Huaihe River Basin[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2013, 71 (1): 86-95. (in Chinese))
- [37] 唐明,邵东国,姚成林. 沿淮淮北地区旱涝急转的成因及应对措施[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2007(1):26-32. (TANG Ming, SHAO Dongguo, YAO Chenglin. Causes and countermeasures of sudden changing from drought to waterlogging in Huaibei Region [J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2007(1):26-32. (in Chinese))
- [38] 何慧,陆虹. 广西 2013 年夏季旱涝急转特征[J]. 热带地理, 2014, 34 (6): 767-775. (HE Hui, LU Hong. Analysis of characteristics of drought-flood abrupt alternation in Guangxi Province in 2013 [J]. Tropical Geography, 2014, 34(6):767-775. (in Chinese))
- [39] 时兴合,郭卫东,李万志,等. 2013 年青海北部春季旱涝急转的特征及其成因分析[J]. 冰川冻土, 2015, 37 (2): 376-386. (SHI Xinghe, GUO Weidong, LI Wanzhi, et al. The sudden turn of drought and flood in spring in northern Qinghai Province, 2013: characteristics and cause of formation [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(2):376-386. (in Chinese))
- [40] 孙小婷,李清泉,王黎娟. 我国西南地区夏季长周期旱涝急转及其大气环流异常[J]. 大气科学, 2017, 41 (6): 1332-1342. (SUN Xiaoting, LI Qingquan, WANG Lijuan. Characteristics of long-cycle abrupt alternation in Southwest China and anomalies of atmospheric circulation in summer[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2017, 41(6):1332-1342. (in Chinese))
- [41] 张玉琴,李栋梁. 华南汛期旱涝急转及其大气环流特征[J]. 气候与环境研究, 2019, 24 (4): 430-444. (ZHANG Yuqin, LI Dongliang. Drought-flood abrupt alternation and its atmospheric circulation characteristics during flood season in Southern China[J]. Climatic and Environmental Research, 2019, 24(4):430-444. (in Chinese))
- [42] YU X F, WANG Y, YU S Y, et al. Synchronous droughts and floods in the Southern Chinese Loess Plateau since 1646 CE in phase with decadal solar activities[J]. Global and Planetary Change, 2019, 183: 103033.
- [43] LI X H, ZHANG Q, ZHANG D, et al. Investigation of the drought-flood abrupt alternation of streamflow in Poyang Lake catchment during the last 50 years [J]. Hydrology Research, 2016, 266: 1-16.
- [44] 吴志伟,李建平,何金海,等. 正常季风年华南夏季“旱涝并存、旱涝急转”之气候统计特征[J]. 自然科学进展, 2007(12):1665-1671. (WU Zhiwei, LI Jianping, HE Jinhai, et al. Climatic characteristics of “drought and flood coexisting, drought-flood abrupt alternation” in summer in South China during normal monsoon years[J]. Progress in Natural Science, 2007(12):1665-1671. (in Chinese))
- [45] 孙鹏,刘春玲,张强. 东江流域汛期旱涝急转的时空演变特征[J]. 人民珠江, 2012, 33 (5): 29-34. (SUN Peng, LIU Chunling, ZHANG Qiang. Spatio-temporal variations of drought-flood abrupt alternation during main flood season in East River Basin [J]. Pearl River, 2012, 33(5):29-34. (in Chinese))
- [46] 张效武,徐维国,施宏江,等. 安徽省旱涝急转规律的认识与研究[J]. 中国水利, 2007 (5): 40-42. (ZHANG Xiaowu, XU Weiguo, SHI Hongjiang, et al. Understanding and studies of law of sudden turn of drought and flood in

- Anhui Province [J]. China Water Resources, 2007 (5): 40-42. (in Chinese))
- [47] 程智,徐敏,罗连升,等.淮河流域旱涝急转气候特征研究[J].水文,2012,32(1):73-79. (CHEN Zhi,XU Min, LUO Liangsheng,et al. Climate characteristics of drought-flood abrupt change events in Huaihe River Basin [J]. Journal of China Hydrology, 2012, 32 (1): 73-79. (in Chinese))
- [48] 张水锋,张金池,闵俊杰,等.基于径流分析的淮河流域汛期旱涝急转研究[J].湖泊科学,2012,24(5):679-686. (ZHANG Shuifeng, ZHANG Jinchi, MIN Junjie, et al. Drought-flood abrupt alternation based on runoff in the Huaihe River Basin during rainy season [J]. Journal of Lake Science, 2012, 24 (5): 679-686. (in Chinese))
- [49] FAN H, ZHANG Z Z, WU F, et al. Spatial and temporal evolution characteristics of drought-flood abrupt alternation in Guizhou Province in recent 50 years based on DWAAI index [J]. Applied Ecology and Environmental Research, 2019, 17 (5): 12227-12244.
- [50] ZHANG Z Z, YUAN Y J, SHEN D F, et al. Identification of drought-flood abrupt alternation in tobacco growth period in Xingren County under climate change in China [J]. Applied Ecology and Environmental Research, 2019, 17 (5): 12259-12269.
- [51] ZHANG Z Z, YUAN Y J, SHEN D F, et al. Analysis of drought-flood abrupt alternation of tobacco based on precipitation and soil ponding in Siuwen China [J]. Applied Ecology and Environmental Research, 2019, 17 (5): 12271-12286.
- [52] 岳杨.基于LDFAL及SDFAL指数的鞍山地区旱涝急转时空特征分析[J].水利规划与设计,2020(1):34-39. (YUE Yang. Spatiotemporal characteristics of drought-flood abrupt alternation in Anshan Region based on LDFAL and SDFAL index [J]. Water Resources Planning and Design, 2020 (1): 34-39. (in Chinese))
- [53] 袁静,蒋新会,黄锦珠,等.水稻拔节孕穗期旱涝急转对其生理特性的影响[J].水利科技与经济,2008(4):259-262. (YUAN Jing, JIANG Xinhui, HUANG Jinzhu, et al. Effects of fast conversion from drought to waterlogging stress on physiological characteristics of rice in jointing-booting stage [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2008 (4): 259-262. (in Chinese))
- [54] 郭相平,袁静,郭枫,等.旱涝快速转换对分蘖后期水稻生理特性的影响[J].河海大学学报(自然科学版),2008,36(4):516-519. (GUO Xiangping, YUAN Jing, GUO Feng, et al. Effects of rapid shift from drought to waterlogging stress on physiological characteristics of rice in late tillering stage [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2008, 36 (4): 516-519. (in Chinese))
- [55] 邓艳,陈小荣.“旱涝急转”对水稻生长发育的影响及其有关问题的思考[J].生物灾害科学,2013,36(2):217-222. (DENG Yan, CHEN Xiaorong. Effects of drought-floods abrupt alternation on growing development of rice and consideration for related issues [J]. Biological Disaster Science, 2013, 36 (2): 217-222. (in Chinese))
- [56] ZHU R, WU F Y, ZHOU S, et al. Cumulative effects of drought-flood abrupt alternation on the photosynthetic characteristics of rice [J]. Environmental and Experimental Botany, 2020, 169: 103901.
- [57] 周西,李林,单世华,等.旱涝急转对不同花生品种生理生化指标的影响[J].中国油料作物学报,2012,34(1):56-61. (ZHOU Xi, LI Lin, SHAN Shihua, et al. Effect of drought-floods abrupt alternation on physiology and biochemistry of different peanut varieties [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2012, 34 (1): 56-61. (in Chinese))
- [58] GAO Y, HU T S, WANG Q, et al. Effect of drought-flood abrupt alternation on rice yield and yield components [J]. Crop Science, 2019, 59: 280-292.
- [59] HUANG J, HU T S, YASIR M, et al. Root growth dynamics and yield responses of rice (*Oryza sativa* L.) under drought-flood abrupt alternating conditions [J]. Environmental and Experimental Botany, 2019, 157: 11-25.
- [60] 熊强强,沈天花,钟蕾,等.分蘖期和幼穗分化期旱涝急转对超级杂交早稻产量和品质的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(10):39-45. (XIONG Qiangqiang, SHEN Tianhua, ZHONG Lei, et al. Effect of a sudden change from drought to waterlogging at the tillering or young spiking stage on yield and grain of hybrid rice [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2017, 36 (10): 39-45. (in Chinese))
- [61] XIONG Q Q, SHEN T H, ZHONG L, et al. Comprehensive metabolomic, proteomic and physiological analyses of grain yield reduction in rice under abrupt drought-flood alternation stress [J]. Physiologia Plantarum, 2019, 167 (4): 564-584.
- [62] BI W, WANG M, WENG B, et al. Effects of drought-flood abrupt alternation on the growth of summer maize [J]. Atmosphere, 2020, 11 (1): 21.
- [63] 邢栋,张展羽,杨洁,等.旱涝急转条件下红壤坡地径流养分流失特征研究[J].灌溉排水学报,2015,34(2):11-15. (XING Dong, ZHANG Zhanyu, YANG Jie, et al. Characteristics of runoff and nutrient loss under the condition of rapid shift from drought to water logging in red-soil sloping land [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2015, 34 (2): 11-15. (in Chinese))

(下转第120页)