

乔宇, 徐伟, 孟晨娜, 等. 旱涝急转事件研究: 进展与挑战[J]. 灾害学, 2023, 38(3): 131–138. [QIAO Yu, XU Wei, MENG Chenna, et al. Review of Study on Dry Wet Abrupt Alternation: Progress and Challenge[J]. Journal of Catastrophology, 2023, 38(3): 131–138. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2023.03.021.]

旱涝急转事件研究: 进展与挑战*

乔宇^{1,2,3}, 徐伟^{1,2,3,4}, 孟晨娜^{1,2,3,4}, 赵丹丹^{1,2,3,4}

(1. 北京师范大学 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875;

2. 北京师范大学 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;

3. 北京师范大学 地理科学学部, 北京 100875; 4. 应急管理部-教育部 减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

摘要: 系统对比分析了旱涝急转的主要判定指标及其适用性, 综述讨论了现有旱涝急转机理分析和影响研究的主要进展, 并展望了未来旱涝急转研究的主要方向和挑战。结果表明, 当前旱涝急转判定指标多样, 以基于气象资料判定为主, 对水分变化的影响考虑不足且标准不统一; 成因分析以典型区域的个例分析为主, 缺乏时空关联的系统性格局、成因机制研究; 灾害损害方面因试验条件限制、环境制约导致该方向研究缺乏系统性且与格局研究的结果在时空尺度上不匹配。针对上述问题, 加强判定准确性、深入动力学机制分析、提高遥感资料应用等是未来旱涝急转研究的重点方向。

关键词: 旱涝急转; 判定; 成因分析; 生态影响; 研究进展

中图分类号: X43; X915.5; P426 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2023)03-0131-08

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2023.03.021

在气候变化背景下, 全球水旱灾害等极端天气气候事件越来越频发^[1-3]。IPCC《管理极端事件和灾害风险推进气候变化适应特别报告》指出了极端事件及其复合灾害研究的重要性^[4]。IPCC AR6中, 首次对复合事件的成因、变化和预估进行了信度评估, 并指出人类活动导致的复合事件变化增加^[5]。尤其是在 IPCC SPM 中, 复合极端事件也得到了特别的关注^[6]。旱涝急转作为一种典型的复合事件, 其影响远大于单独发生的干旱或者洪涝灾害。例如, 2011 年长江中下游发生的旱涝急转事件, 较单灾种事件持续时间更长、影响范围更广、经济和财产损失更大, 被列入当年我国十大天气事件之一^[7]。

为了全面分析旱涝急转研究的发展阶段, 在 Web of Science 中以“drought flood abrupt alternation”“dry wet abrupt alternation”“shift from drought to extreme rainfall”等为主题进行文献搜索, 共筛选出 51 篇英文文献, 在中国知网以“旱涝急转”“旱涝并存”等为主题进行文献搜索, 文献时间段为 1990 年 1 月 1 日–2022 年 9 月 23 日, 共筛选出 130 篇中文文献。统计表明, 近年来旱涝急转相关文献发文量整体呈上升趋势(图 1)。针对旱涝急转的主题研究在文献库中最早出现于 2005 年, 近年来随着气候变化影响的加大, 复合事件研究成为国内

外研究热点而受到相关学者的广泛关注, 特别是自 2012 年以来, 英文文献数量大幅增加, 当前正处于旱涝急转研究的高速发展时期, 英文文章数量占比增多, 以 2018 年前后增长最为迅速。

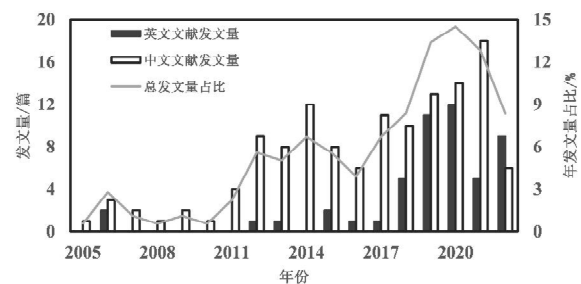


图1 旱涝急转文献数量统计

针对旱涝急转的研究始于 2005 年, 但早在 1994 年的灾害天气概述中, 就有学者指出当年初夏发生在华南的旱涝急转在当地造成了严重的经济损失^[8]。从 CNKI 数据库搜索并筛选的图谱聚类(图 2)可以看出, 旱涝急转的研究涵盖了干旱、洪涝、旱涝并存、水稻、La nina 和湖北省为主要关键词的六个组别的研究, 展现了当前旱涝急转研究的三大主要方向, 即以旱涝急转判定和演变

* 收稿日期: 2022-11-07 修回日期: 2023-01-31

基金项目: 国家自然科学基金(U22B2011); 高等学校学科创新引智计划(BP0820003); 环境演变与自然灾害教育部重点实验室(2022-KF-09)

第一作者简介: 乔宇(1994-), 女, 汉族, 内蒙古呼伦贝尔人, 博士研究生, 主要从事气象灾害风险评估研究。

E-mail: yuqiao@mail.bnu.edu.cn

通信作者: 徐伟(1979-), 男, 汉族, 浙江诸暨人, 博士, 教授, 主要从事自然灾害风险管理研究。E-mail: xuwei@bnu.edu.cn

规律的研究,对频发区域(如对湖北等长江流域地区)旱涝急转事件的成因分析,以及对旱涝急转的生态环境影响研究。因此,本文通过梳理国内外相关文献,拟从旱涝急转的判定、成因和影响三个角度,深入分析当前旱涝急转研究中取得的主要研究进展,并指出研究的难点和不足,并对今后旱涝急转研究的重点进行展望。

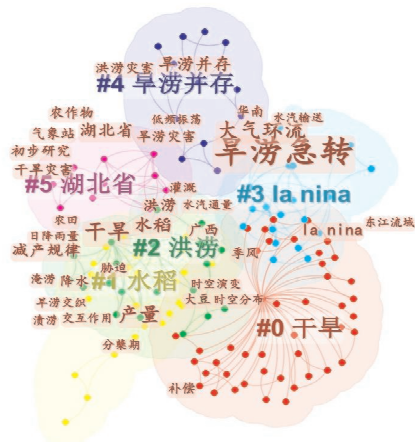


图2 旱涝急转研究关键词聚类图谱(CNKI数据库)

1 旱涝急转事件判定研究进展

1.1 旱涝急转事件

旱涝急转事件作为一种复合极端气象气候事件,因其发生概率低、涉及到相态转变,导致其损失和影响通常大于单一事件且估计困难,在近年受到学者关注。在国内对旱涝急转灾害的研究始于长江中下游,该地区常年受到东亚季风和副热带高压等系统的影响而发生旱涝异常^[9]。有学者发现在降水总量正常的年份,该地区会出现先少雨高温后连续极端降水的时段,导致局地由旱迅速转涝的现象^[10]。

旱涝急转事件通常被定义为短时间内旱涝两个状态的迅速转变,包含旱转涝事件和涝转旱事件。旱涝急转的发生可能会造成农业减产^[11]、经济损失^[12]、水资源污染^[13]和土地退化^[14-15]等多个方面的影响。由于全球气候变化的影响,极端事件增加,导致发生这些极端事件组合的可能性也大大提升^[16]。该类事件近年来在中国的长江中下游地区、东北地区,美国的得克萨斯州,非洲的肯尼亚地区都时有发生。

现阶段旱涝急转判定指标分类还不够系统,依据时间尺度不同可分为4个月尺度、月尺度和日

尺度的旱涝急转事件,以月尺度旱涝急转研究最为广泛。对旱涝急转事件的界定,一般采用四类指标,即降水资料、降水和蒸散资料、径流资料和加权平均降水指标(表1)。

1.2 基于降水指标的判定

降水量是评估旱涝变化最直观的观测资料。吴志伟等^[17]以4个月为周期,基于区域降水量,构建了长旱涝急转指数 $LDFAI$ (Long-cycle Drought-Flood Abrupt Alteration Index) 用于判定长江中下游地区的旱涝急转:

$$LDFAI = (R_{78} - R_{56}) \times (|R_{78}| + |R_{56}|) \times 1.8^{-(|R_{56}| + |R_{78}|)} \quad (1)$$

式中: R_{78} 为7—8月标准化降水量; R_{56} 为5—6月标准化降水量; $(R_{78} - R_{56})$ 为旱涝急转强度, $(|R_{78}| + |R_{56}|)$ 为旱涝强度项; $1.8^{-(|R_{56}| + |R_{78}|)}$ 为权重系数,该系数可以降低全旱或全涝事件的权重。 $LDFAI$ 为长周期旱涝急转指数, $LDFAI > 1$ 判定事件为旱转涝事件, $LDFAI < -1$ 判定事件为涝转旱事件,绝对值越大,说明旱涝急转事件越严重。

除了以4个月为周期外,旱涝急转事件也可能发生在季节内,可运用短周期旱涝急转指数 $SDFAI$ (Short-cycle Drought-Flood Abrupt Alteration Index)^[20] 计算:

$$SDFAI = (P_{i+1} - P_i) \times (|P_i| + |P_{i+1}|) \times 2.0^{-|P_i| + |P_{i+1}|}, (i=4, 5, 6, 7, 8) \quad (2)$$

式中: P_i 为第 i 月标准化降水量。 $(P_{i+1} - P_i)$ 为短周期旱涝急转强度项, $(|P_i| + |P_{i+1}|)$ 为旱涝强度项, $2.0^{-|P_i| + |P_{i+1}|}$ 为权重系数。短周期旱涝急转事件评判标准与长周期相同, $SDFAI > 1$ 时,表明该流域或地区由旱转涝, $SDFAI < -1$ 时,则反映由涝转旱。此外,也可以通过计算逐月的 SPI 并设定相应的旱涝判定标准来进行月尺度旱涝急转的判定^[25]。

旱涝急转现象的本质是研究时间尺度内,降水分配的不均匀性。因此,季节尺度内的旱涝急转也可以通过计算降水偏度系数来表征。吴志伟等^[18]通过计算站点季节降水的偏度系数,建立了旱涝并存指数 $DFCI$ (Drought Flood Coexistence Index):

$$DFCI = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (3)$$

式中: n 为该年该季节总天数, x_i 为经过滑动平均处理后的逐日降水序列, \bar{x} 为该年该季节平均降水量。指数高低能够较准确地表征季节尺度内降水的偏度变化。指数高值表示降水量在季节内的不均匀性越大,低值则表示季节内“风调雨顺”。

表1 国内外主要旱涝急转判定指标

时间尺度	指标名称	考虑因素	指标含义
4个月	长周期旱涝急转指数 ($LDFAI$) ^[17]	降水	表征旱和涝均在2个月时间尺度的旱涝急转
月	旱涝并存指数 ($DFCI$) ^[18]	降水	表征季节内的降水偏度系数
月	标准化降水指数 (SPI) ^[19]	降水	表征研究时段某地降水变化情况
月	短周期旱涝急转指数 ($SDFAI$) ^[20]	降水	表征季节内的旱涝急转
日	日尺度旱涝急转指数 ($DWAAI$) ^[21]	降水	综合表征日尺度的旱涝程度变化和急转程度
日/月	标准化径流指数 (SRI) ^[22]	径流	表征研究时段某地径流变化
月	标准化降水蒸散指数 ($SPEI$) ^[23]	降水、蒸散	表征研究时段某地水分平衡变化
日	标准化加权平均降水指数 ($SWAP$) ^[24]	加权平均降水	表征某地逐日加权平均降水变化

长短周期指数为定量研究旱涝急转奠定了基础, 但这类指数并不能将旱涝急转事件中的“转”体现出来, 且常常忽视在旬和月尺度上中发生的旱涝中和, 导致对事件的发生和强度判定准确性不足。故此, SHAN 等^[21]在长周期旱涝急转的基础上加以改进, 构建了日尺度的旱涝急转指数 DWAAI (Dry - Wet Abrupt Alternation Index):

$$DWAAI = [K + (SPA_p - SPA_q) \times (|SPA_p| + |SPA_q|)] \times a^{-\left(\frac{|SPA_p| + |SPA_q|}{2}\right)}; \quad (4)$$

$$k = \sum_{i=1}^n \left(\frac{SAPI_i - SAPI_0}{i} \right). \quad (5)$$

式中: SPA_q 为前期标准化降水异常值, SPA_p 为后期标准化降水异常值; $SAPI_0$ 为后期第 i 天的标准化前期降水指数异常值, 为前期最后一天的标准化前期降水指数异常值。日尺度旱涝急转指数综合考虑了前后期降水的差异和急转的快慢程度, 筛选旱涝急转事件更为全面。

1.3 基于径流指数的判定

由于区域地形地貌以及土地利用等诸多因素影响, 仅用降水资料难以真实表征局地的旱涝情况, 而基于实时径流值推算水文旱涝程度的旱涝急转判定则更为直接和准确。SHUKLA 等^[21]通过站点的长时间序列资料, 选取多年同一时段的径流资料值, 并假设服从 Γ 分布来拟合序列 SRI (Standard Runoff Index)。将 Γ 分布概率标准化处理:

$$F(x < x_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-Z^2/2} dx. \quad (6)$$

式中: Z 为标准化径流指数。该指数的计算与 SPI 类似, 计算简便, 空间可比, 且在识别旱涝急转事件中表现较好^[26]。通常, $Z > 0.5$ 为涝, $Z < -0.5$ 为旱。但水文站点的径流资料等通常不开源而难以获取, 这就使得计算 SRI 时常需要将降水资料输入到水文模型中, 不仅加大了计算难度, 也往往会增加误差, 难以推广。

1.4 基于降水和蒸散指标的判定

除降水外, 蒸散也是影响局地水旱情况变化的重要因素, 且其作用随着全球变暖而日趋明显。综合考虑降水量和蒸散量变化的 $SPEI$ 指数, 相比只考虑降水的指数, 可以实现更精准的判定旱涝急转。 $SPEI$ (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) 与 SRI 的计算方法基本类似, 二者都是由 SPI 的计算方法演变而来, 但由于需要计算降水和蒸散的差值, 经过对比研究发现其分布函数选取 Log-logistic 效果更好^[22], 公式如下:

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^{\beta} \right]^{-1}. \quad (7)$$

式中: α , β , γ 都可用线性矩拟合求得。水分平衡计算的 $SPEI$ 能够反映降水蒸散的综合效果而被广泛使用^[27]。CHEN 等^[28-29]通过 $SPEI$ 指数对美国得克萨斯州和中国未来可能的旱涝急转格局进行了分析, 在得州的局部地区发现在未来很可能发生此前从未发现过的两次连续急转事件, 长江中下游地区仍是中国未来旱涝急转的高发区域。QIAO 等^[30-31]通过 $SPEI$ 指数, 分析了中国旱涝急转在近年来的持续时间、强度、影响范围特征。

1.5 基于加权平均降水的判定

上述指数能够从不同的时间尺度进行旱涝急转的判定, 但均未考虑当日降水对后期旱涝状态的影响。LU 等^[23]建立了可以在日尺度上综合评估旱涝的标准化加权平均降雨指数 (即 Standard Weighted Average Precipitation, SWAP)。该指标是基于加权平均降雨 (Weighted Average Precipitation,

WAP) 通过 Gamma 函数标准化而得来。WAP 指数计算公式如下:

$$WAP = \sum_{n=0}^N W_n P_n; \quad (8)$$

$$W_n = (1 - \alpha) \alpha^n. \quad (9)$$

式中: P_n 表示前 n 天当天的降水; W_n 为权重; 为权重随时间衰减参数; N 为前期影响天数 (通常 $\alpha = 0.9$; $N = 44$)。将多年同 1 d WAP 值构建 Gamma 分布拟合, 将其正态标准化, 即得到对应的 SWAP 值。而后可基于游程门槛理论, 对旱涝急转事件进行判定。值得注意的是, 月值 SRI 和 SWAP 的计算结果基本类似, 这也证明了 SWAP 在监测旱涝急转方面的有效性。近年来, 已经有学者试图将这类指数应用于旱涝急转的研究, 并综合分析了干旱、洪涝和旱涝急转的变化规律^[32]。

基于降水的旱涝急转判定指标发展较早, 但仅能从不同时间尺度评估降水引发的旱涝变化, 近年来提出的基于蒸散、径流、降水累计加权等建立的评估指数对影响旱涝因素的考虑逐渐多元、全面。当前, 仍需发展综合性旱涝急转判定指数, 并准确识别事件的开始、急转、结束、持续时间和强度, 以期加强对旱涝急转事件发生、发展全过程的了解和分析。

2 旱涝急转的成因研究

与旱灾或涝灾的成因研究相比, 旱涝急转的成因更为复杂, 涵盖控制前期 (旱或涝) 和后期 (涝或旱) 状态的影响要素, 二者缺一不可。当前对旱涝急转成因的研究多集中在我国, 且现有的分析多集中于长江中下游及其以南地区, 该地区受到东亚季风系统、大气环流和副热带高压的共同作用, 成为旱涝急转的高发区域。同时, 随着气候变化的影响日趋明显, 逐渐显现的降水频次、强度的变化, 台风的极移、西移现象, 大气河羽流分布的南移和 ENSO (El Niño - Southern Oscillation) 强度和频率的变化都是可能导致旱涝急转事件的原因。本文将从气候自然变率和气候变化两个方面综述旱涝急转的成因研究 (图 3)。

2.1 气候自然变率对旱涝急转的影响

长周期旱涝急转主要是由于大气环流异常的结果。长江中下游地区是旱涝急转的多发区, 主要是由于控制该地区的不同天气系统的交替影响所致。针对长江中下游地区长周期旱涝急转事件, 研究发现: 旱转涝年, 早期的西北太平洋副高主体, 南亚高压和西风急流位置都较正常年份偏南, 导致该地区干旱少雨, 而后随着西太平洋副高, 南亚高压和高空西风急流北抬, 使得该地区的低层辐合上升运动加强, 水汽输送增多, 降水增加^[10]。涝转旱年的涝期北方温度较低, 冷空气活跃, 冷暖气团在长江中下游地区交汇导致长江中下游偏涝, 早期则是由于副高后期的显著北跳, 南亚高压延展至华北地区, 导致在东风急流控制下的长江中下游偏旱。针对西南地区、华南地区的长周期旱涝急转研究则发现该地区的旱涝异常主要是由西太平洋副高, 中高纬纬向环流的位置, 强弱变化所共同影响的^[33-34]。对西南地区长周期旱涝急转的研究进一步发现不同区域的涝期对应着特定的中高纬大气环流流型^[35]。上述特征都是有助于长周期旱涝急转预测的重要参考。

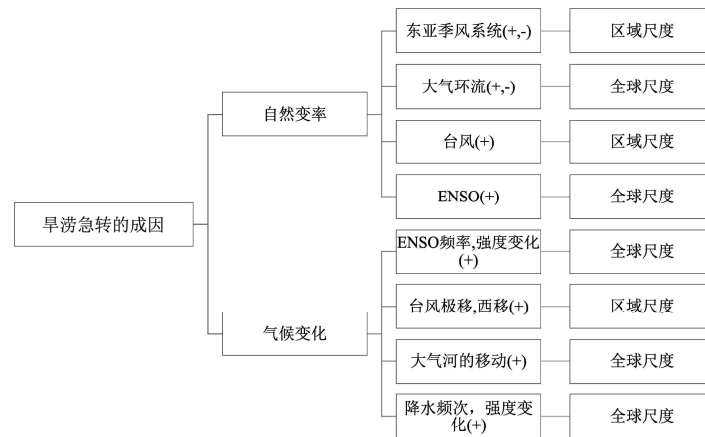


图3 影响旱涝急转的主要因素

短周期旱涝急转的影响要素相对较多,如台风、ENSO等。CHEN等^[36]指出台风强盛时期的极移现象造成了洪水-高温复合事件的频发。强度较高的台风过境时,容易在对流层中层留下一个复合中心,导致在台风降水过后的高温频发,高温无雨致使局地在此后较长一段时间处于干期,若此状态持续则会诱发旱涝急转。

海温异常也是诱发旱涝异常的重要因素^[37]。吴志伟^[9]指出,长江中下游短期旱涝急转与前期南半球环状模(Southern Annular Mode, SAM)以及北太平洋涛动(North Pacific Oscillation, NPO),北大西洋涛动(North Atlantic oscillation, NAO)显著相关。SHAN等^[21]将长江中下游的旱涝急转事件与ENSO事件分析发现该地区约40%的旱涝急转事件发生在拉尼娜的下降阶段或是拉尼娜发生后的8个月内,即拉尼娜事件很可能是该地区旱涝急转发生的预测信号。SHI等^[38]在对黄河流域的旱涝急转成因研究中也发现了ENSO的重要作用。此外,也有研究指出长江流域不同子流域的旱涝急转,受到相关气象要素(即温度、相对湿度、风速、蒸发散)和遥相关指数(即Nino3.4、太平洋10年振荡(Pacific Decadal Oscillation, PDO)、南方涛动指数(Southern Oscillation Index, SOI)、北太平洋指数(North Pacific Index, NPI)和大西洋多年代际振荡(Atlantic Multidecadal Oscillation, AMO))单因子(即气象因子或遥相关指数)和多因子(即气象因子和遥相关指数)的影响^[39]。

除统计分析外,个例分析也可以提供事件成因分析的有效信息,2011年长江中下游的旱涝急转事件因其高影响而被广泛研究。研究表明,西太副高的延伸是诱发该次旱涝急转的直接原因,而上年冬季的赤道东太平洋和印度洋的海温异常,太平洋上方的动力学机制、大气的多尺度低频振荡也都是影响此次旱涝急转发生的重要因素^[40-41]。YANG等^[42]针对该次事件的个例研究发现,大气季节内震荡(Intraseasonal Oscillation, ISO)指数与该地区的降雨量显著正相关。此外,青藏高原地区的低涡和对流云团向东移动、高原感热增强也是长江中下游地区当年异常降水的重要原因^[43]。但个例分析的结论是否具有普适性和预测属性,仍需更多的个例分析支撑。

2.2 气候变化对旱涝急转的影响

基于历史资料的分析发现,在全球变化背景下,我国极端降水的频次显著降低,强度显著增

加,降水时空分布不均^[44-45]。随着温室气体浓度的增加,极端天气和降水事件可能会发生较大变化^[46]。未来在中等排放路径下,到2100年,全球陆地降水将比目前增加 $32 \pm 8\%$ ^[47]。全球来看,未来降水的变异性上升幅度也高于其平均值的变化^[48]。降水频率、强度、局地降水变率的变化可能是气候背景下,旱涝急转事件变化的重要诱因。随着总降水频率的降低,两次降水事件之间的干旱时间增加,干旱频率加大,配合单次降水强度的增加,使得局地旱涝急转事件发生频次和强度都发生变化,甚至发生一次以上的急转事件(如旱转涝转旱事件)。

旱涝急转的影响范围逐渐从东南沿海地区逐渐扩展到更广泛的区域,这一变化的可能原因是近年来登陆我国台风的最大强度位置较往常偏北,导致其雨带范围也向北延伸^[49],影响局地水旱情况,可能造成旱涝急转。研究表明,未来受到热带辐合带、哈德来环流以及急流变化的影响,21世纪的台风很可能占据比过去三百万年更广阔的纬度,进而有更多的人口和环境暴露在台风影响下^[50]。

大气河对过去几十年内中国区域降水呈现的“南涝北旱”趋势起到了重要驱动作用^[51]。研究指出,自1950年代以来东亚地区大气河的羽流分布呈显著的南移趋势^[52],该变化导致华北京津冀等地降水量显著减少、华南与华东一带冬春季降水显著增加。

随着气候变化研究的不断推进,ENSO作为灾害事件尤其是复合事件的重要调节器,其对局地旱涝的影响也被逐渐关注。不同持续时间的ENSO可以对北太平洋西部(Western North Pacific, WNP)提供不同的大气和海洋条件,进而对热带气旋产生不同的影响。研究表明,在快速衰减型厄尔尼诺事件期间,WNP热带气旋快速增强的平均位置较正常年份向西迁移了约8个经度,并且在未来短期内ENSO事件将增加,进一步加深对内陆地区的影响^[53]。

当前针对旱涝急转的成因研究多关注流域/地区尺度或个例分析,对其触发、发展机制,区域差异等了解还不够系统。越来越多全球性变化的发生,表明旱涝急转研究亟须拓展到国家甚至全球尺度,明晰区域间的成因构成差异和动力学变化机制,以期提高预警水平,加强防灾减灾能力。

表 2 部分农作物旱涝急转试验方案

种类	受旱时间/d	受旱强度	受涝时间/d	受涝强度	试验日期
杂交中稻 ^[56]	5	60 田持 *	7	15 cm 轻涝 30 cm 重涝	拔节孕穗期 8. 16—8. 27
中稻 ^[60]	5(短期) 10(中期) 15(长期)	50 田持(轻旱) 60 田持(中旱) 70 田持(重旱)	5(短期) 7(中期) 9(中期)	50% 株高 75% 株高 100% (株高)	中稻 拔节孕穗期 7. 23—8. 15
超级杂交 早稻 ^[57]	10	干旱至发白发裂	8	灌水至浸没稻株	早稻 幼穗分化期 5. 23—6. 9
超级杂交 早稻 ^[58]	10 7	干旱至发白发裂	8 5	灌水至浸没稻株	早稻 穗分化期 6. 4—6. 22
夏玉米(登海 605) ^[62]	15	45~55 田持	2~4	10 cm 淹水深度	拔节期 7. 20—8. 1
夏玉米(登海 618) ^[61, 66]	25	15% < θ * < 18% (轻旱)	1	10 cm 轻涝	幼苗—拔节期
	31	12% < θ < 15% (中旱)	1	13 cm 中涝	6. 13—7. 27
	25	15% < θ < 18% (轻旱)	1	10 cm 轻涝	抽雄—灌浆期
	31	12% < θ < 15% (中旱)	1	13cm 中涝	6. 13—7. 27

注: * 田持: 土壤含水率占田间持水率的百分比; ** θ : 土壤含水量。

3 旱涝急转事件的影响研究进展

SREX 报告指出, 极端事件影响的严重性, 不仅取决于极端事件本身, 还取决于承灾体的暴露度和脆弱性^[4]。旱涝急转是一种典型的先后发生、空间影响范围相互叠加的多灾种灾害。多个致灾因子之间的致灾效果可能展现出叠加、补偿甚至无明显影响的不同致灾效果^[54]。当前针对旱涝急转的影响研究, 根据研究对象的不同, 分为作物影响和生态环境影响。

3.1 旱涝急转对作物的影响研究进展

旱涝急转条件下水稻产量的变化是人们最为关注的问题之一。水分变化会对水稻的生长发育产生影响, 进而影响水稻的产量和品质, 且不同生育期产生的影响差别较大^[55]。短期内旱涝相态的转变如何影响水稻, 目前仍是旱涝急转研究的重点和难点, 且旱涝急转多发区域的作物种植以水稻为主, 相应研究对确保粮食安全意义重大。

当前针对作物生理特征和产量变化的研究多依赖于田间试验(表 2)。早在 2008 年, 就有学者通过试验确定了在水稻的拔节孕穗期, 干旱后长历时(7 d)重涝对其根系的不利影响, 并且明确了旱涝急转后轻度涝对水稻的补偿甚至超补偿效应^[56]。邓艳等^[57]对幼穗分化期(该时期水稻对水分变化敏感, 干旱缺水严重影响穗粒形成及结实)的水稻分别进行旱涝胁迫处理, 产量下降程度由高到低分别是旱涝急转组、干旱不涝组和不旱淹涝组, 即旱涝急转对产量的影响大于干旱或洪涝单灾种。XIONG 等^[58]通过对照试验得出旱涝急转对水稻减产产生协同效应, 与无旱无涝的对照组相比, 光合作用代谢、能量代谢途径和活性氧响应在突发旱涝变化胁迫下发生了强烈变化, 是导致水稻产量下降的因素。

旱涝急转发生在植物的不同生育期, 由于植物根茎不同时期的抗旱耐涝能力变化而产生不同的影响。程晓峰等^[63]对水稻跨生育期旱涝急转的实验结果表明, 不同时期的旱涝急转对产量的影响表现为: 拔节孕穗期 > 分蘖期 > 抽穗扬花期,

幼穗分化期 > 分蘖期; 同时发现跨分蘖—拔节期的急转可能有助于水稻成穗, 即产生补偿效应。高芸等^[59]也在试验中发现长期轻旱的旱涝急转组对比单旱组(长期重旱)在千粒质量和结实率的补偿效应分别为 33.6% 和 37.6%, 短期轻涝的旱涝急转组相比单涝组(长期重涝)产量补偿达 113%。

长江中下游地区旱涝急转影响的承灾体以水稻为主, 北方多为旱作农业则承灾体多为小麦、玉米。干旱会影响玉米的根系生长, 复水之后在中等和轻度干旱时产生的根系变化可以逐渐恢复, 而如果前期干旱强度过大则会造成不可逆的伤害。BI 等^[61]的田间试验结果验证了旱涝急转的减产效应, 且旱涝急转等级越高, 夏玉米减产越严重。旱涝急转发生抑制了玉米根系的生长, 进而导致粒重减小可能是减产的主要原因^[60]。

基于旱涝急转指数判别和土壤墒情分析的研究结果都表明, 贵州地区旱涝急转尤其在烟草的成熟期多发, 且频率强度呈现增加趋势^[64-65]。烟草具有高水分敏感度, 因其特有的经济效益对产量和品质都有较高的要求, 故而旱涝急转灾害对烟草产量和品质的不利影响可能造成严重的经济损失, 张永婷等^[66]提出有必要从加强田间管理、建立预警机制、完善农业保险等多个方面采取措施并给出了针对贵州烟草的田间水肥管理模式, 以期降低因灾损失。

在作物的不同生育期, 综合考虑旱涝持续时间和旱涝强度变化的田间试验可以得到不同生育期内旱涝急转减产效应的定性对比结果。然而, 当前试验研究对旱涝时间、强度的判断标准多样, 试验时间不一, 不同试验的研究结果并不具备可比性。此外, 要深入分析旱涝急转可能产生的“补偿效应”或“叠加效应”并加强背后的机制探索。旱涝发生后, 由于不同品种植株的调节机制差异, 导致的影响效果也可能不同。随着旱涝急转的广发、频发, 其对各类粮食作物和经济作物的影响也日趋复杂。研究者在关注旱涝急转的减产效应的同时, 其导致的作物品质变化也不容忽视。

3.2 旱涝急转对生态环境等的影响研究进展

旱涝急转对生态环境的影响现在还处于起步阶段。BI 等^[13]等通过实验分析了夏玉米种植区旱

涝急转后土壤中磷元素含量的变化,结果表明旱涝急转后由于泥沙输送、地下水淋洗等造成水质污染,表土中有效磷和总磷(TP)增加而可溶性磷减少。气候变化背景下,以滦河流域为例,DFAA发生时污染发生概率由高至低分别为总氮(TN)污染、总磷污染、TN和TP污染同时发生^[67]。

肯尼亚北部地区在持续干旱发生后遭遇百年一遇的洪水导致近两万头羊死亡,前期发生的干旱使得当地面临食物短缺危机,而后的洪水(日降雨量90 mm)造成畜牧业的严重损失,该次灾害受影响人口高达十余万^[68]。在以自然资源作为生计手段的地区,极端事件接连发生时,由于没有足够的时间从之前的气候极端事件中恢复,极端事件的负面影响会进一步侵蚀国家或社区的适应能力。

除了农牧业损失和水体污染外,旱涝急转还对自然环境产生无法预料的影响。HANDWERGER等^[14]发现旱涝急转发生后,因为短时间内干湿状态的迅速转变,流体压力驱动局部滑动,之前抑制滑坡加速的稳定机制也被破坏,进一步导致滑坡从稳定运动过渡到不稳定运动,滑坡灾害风险增加。随之带来的道路、通信影响进一步考验国家和职能部门的救治能力。

旱涝急转因其发生迅速,干湿状态变化大,时常引发无法预料的影响。对旱涝急转在包括作物产量、品质、水体环境、地表生态等方面的影响机制尚需继续深入探究。在依靠试验手段分析的同时,应扩大研究尺度、拓展影响机制普适性和提高旱涝特征影响机制异质性对比的内在需求,亟须适时结合遥感资料开展影响机制的协同分析。

4 技术难题和瓶颈

旱涝急转的成因及影响机制与大气动力学过程、水文过程、生态系统特性等各种复杂的过程密切相关,是多学科交叉的科学难题。当前,针对旱涝急转已展开了大量的研究工作,但目前仍有很多科学问题亟待解决,现阶段的旱涝急转研究仍存在以下一些问题:

(1)判定准确性不足。旱涝急转事件的识别尚不能反映真实旱涝变化,判定时间尺度不一,对陆面水文过程中水分变化的影响考虑不足。研究的时间尺度越大,计算越简便迅速,反映的旱涝急转则可能不够准确;研究的时间尺度越小,反映的旱涝急转越精细,计算量也就越大。现阶段,基于降水的旱涝急转指数应用最广,但降水并不是影响局地旱涝变化的唯一要素。综合考虑陆面水文过程进行旱涝识别又受到数据资料获取困难、数据时序短、数据测量标准变化、计算量大等难题。特别地,不能准确预估全球气候变化背景下未来旱涝急转频次、强度和持续时间的多维度变化。

(2)成因分析不全面。各地区旱涝急转成因差异大,涉及到复杂的大气动力学过程,且各因素间的耦合作用、交互影响机制不明晰。各要素间内在相互作用的具体过程也还在探索阶段,如大气季节内震荡就与东亚夏季风、东亚冬季风和ENSO的爆发密切相关。对其直接影响因素的探讨和不同区域间各类旱涝急转影响要素的构成和权重也将是未来研究的一大难点。旱涝急转的变化也存在各类要素相互配合如大气环流和台风的协同影响。

(3)影响研究不系统。受旱涝标准不统一、试验环境制约,旱涝急转的试验研究不系统。当前影响研究高度依赖田间试验,需要通过试验结果结论的对比得出普适性结论。田间试验中因研究者对作物品种选取、旱涝指标定义的不同,即便

针对同种作物同一时期进行试验,也可能得出不同的结论。试验环境的差异则体现在不同试验中除旱涝因素外的光、温、风以及土质、地形等因素的不同而可能造成的试验结果差异,因而不能有效评估不同时期不同强度旱涝急转的叠加/补偿效应。

5 挑战与展望

越来越多的证据表明全球变化已然发生,并将持续至可预见的未来,与全球变化有关的旱涝异常是以全球变暖为标志的全球变化的重要影响之一。与之有关的全球水循环的研究,准确地评估与监测旱涝事件,尤其是旱涝急转事件,较以往强度更大的极端事件,新型旱涝急转事件的发生是全球水资源与水循环研究的重点,是综合风险评估的基础,也是建立和调整防灾减灾政策,减轻灾害影响的关键。综上,为了更准确地评估和预测气候变化背景下旱涝急转事件的变化,明晰不同程度旱涝急转对灾情的加重和减缓效果,未来应关注以下三个方面的问题:

(1)加强判定准确性,重视旱涝中和。目前针对旱涝急转的判定还缺乏统一的指标,干旱和洪涝都会因时间尺度和研究对象的不同而有不同定义,因此旱涝急转事件的多时间尺度、多要素综合的准确识别是当前研究中的一大问题。同时,长短周期的旱涝急转判定都不可避免的忽视一部分旱涝中和的影响,即在研究的时间尺度内(月/旬/周)旱涝并存,但在时间尺度内表现为“正常”状态的情况。未来需加强系统观测研究,建立可获取时间序列长、可信度高、涵盖陆地和土壤水分亏缺的观测系统并基于更完善的数据库从降水、土壤水分等多个维度从多时间尺度、考虑局地适用性来完善旱涝急转判定标准。

(2)加强动力学机制分析。旱涝急转的成因在不同地区多有差别。除了局地气候特征影响外,由于大气河、ENSO频率和强度的变化,以及更长时间尺度的PDO变化,区域降水的年代际差异较大。特别是在全球气候变化背景下,如何厘清不同地区旱涝急转的形成和变化机制,将是旱涝急转事件研究的又一个难点,也是未来的一个重点。在未来的研究中,需在发展边界层理论和大气环流模式的同时,将历史资料与数值模式结合,探讨影响旱涝异常的物理和动力学过程,开展旱涝急转事件的形成机理分析。据此,开展未来气候情境下,识别与判定区域旱涝急转事件发生的可能性及强度,及其对社会经济的影响研究。

(3)拓展影响机制研究尺度:提高遥感资料应用水平。当前旱涝急转的影响机制研究时间尺度多为月及更小尺度,这与真实旱涝急转的尺度并不匹配。考虑到扩展试验时间尺度的人力、物力等多方面的困难,未来应试图结合多源遥感和卫星数据在区域甚至全球尺度进行影响研究。对遥感数据中地表参量的使用挖掘,尤其是微波数据的应用探索,将为旱涝急转的灾害损害发展研究提供新的机遇。

参考文献:

- [1] DAI A. Increasing drought under global warming in observations and models[J]. Nature Climate Change, 2013, 3(1): 52-58.
- [2] STEVENSON S, COATS S, TOUMA D, et al. Twenty-first century hydroclimate: a continually changing baseline, with more frequent extremes[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2022, 119: 1-9.

- [3] 王刚, 肖伟华, 路献品, 等. 气候变化对旱涝事件影响研究进展[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 142–148.
- [4] FIELD C B, BARROS V, STOCKER T F, et al. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [5] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis[R]//Working Group I Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. 2021.
- [6] IPCC. Summary for policymakers[R]//MASSON – DELMOTTE V, ZHAI P, PIRANI A, et al. Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York: 2021.
- [7] 2011 年国内十大天气气候事件[J]. 中国应急管理. 2012 (1): 1–65.
- [8] 唐惠芳, 韩建钢. 1994 年夏季我国灾害性天气概述[J]. 中国减灾, 1994(4): 6–8, 32.
- [9] 陶诗言, 徐淑英. 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征[J]. 气象学报, 1962, 20(1): 1–10.
- [10] 吴志伟. 长江中下游夏季降水“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.
- [11] GAO Y, HU T, WANG Q, et al. Effect of drought – flood abrupt alternation on rice yield and yield components[J]. Crop Science, 2019, 59(1): 280–292.
- [12] DU J, FANG J, XU W, et al. Analysis of dry/wet conditions using the standardized precipitation index and its potential usefulness for drought/flood monitoring in Hunan Province, China[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2013, 27(2): 377–387.
- [13] BI W, WENG B, YAN D, et al. Effects of drought – flood abrupt alternation on phosphorus in summer maize farmland systems[J]. Geoderma, 2020, 363: 1–12.
- [14] HANDWERGER A L, HUANG M, FIELDING E J, et al. A shift from drought to extreme rainfall drives a stable landslide to catastrophic failure[J]. Scientific Reports, 2019, 9(1): 1–12.
- [15] TIAN R, CAO C, PENG L, et al. The use of HJ – 1A/B satellite data to detect changes in the size of wetlands in response in to a sudden turn from drought to flood in the middle and lower reaches of the Yangtze River system in China[J]. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016, 7(1): 287–307.
- [16] ZSCHEISCHLER J, MARTIUS O, WESTRA S, et al. A typology of compound weather and climate events[J]. Nature Reviews Earth & Environment, 2020, 1(7): 333–347.
- [17] 吴志伟, 李建平, 何金海, 等. 大尺度大气环流异常与长江中下游夏季长周期旱涝急转[J]. 科学通报, 2006, 51(14): 1717–1724.
- [18] 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, 17(12): 1665–1671.
- [19] MCKEE T B, DOESKEN N J, KLEIST J R. The relationship of drought frequency and duration to time scales[C]//8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 1993: 179–184.
- [20] 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.
- [21] SHAN L, ZHANG L, SONG J, et al. Characteristics of dry – wet abrupt alternation events in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin and the relationship with ENSO[J]. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(8): 1039–1058.
- [22] SHUKLA S, WOOD A W. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought[J]. Geophysical Research Letters, 2008, 35(2): 1–7.
- [23] VICENTE – SERRANO S M, BEGUERÍA S, LÓPEZ – MORENO J L. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index[J]. Journal of Climate, 2010, 23(7): 1696–1718.
- [24] LU E, CAI W, JIANG Z, et al. The day – to – day monitoring of the 2011 severe drought in China[J]. Climate Dynamics, 2014, 43(1): 1–9.
- [25] LI X H, ZHANG Q, YE X C. Dry/wet conditions monitoring based on TRMM rainfall data and its reliability validation over Poyang Lake basin, China[J]. Water, 2013, 5(4): 1848–1864.
- [26] 赵英, 陈华, 杨家伟, 等. 基于 SWAP 和 SRI 的汉江流域旱涝急转时空特征分析[J]. 人民长江, 2020, 51(4): 94–99.
- [27] VICENTE – SERRANO S M, BEGUERÍA S, LORENZO – LA-CRUZ J, et al. Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications[J]. Earth Interactions, 2012, 16(10): 1–27.
- [28] CHEN H, WANG S, ZHU J, et al. Projected changes in abrupt shifts between dry and wet extremes over China through an ensemble of regional climate model simulations[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2020, 125(23): 1–20.
- [29] CHEN H, WANG S, WANG Y. Exploring abrupt alternations between wet and dry conditions on the basis of historical observations and convection – permitting climate model simulations[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2020, 125(9): 1–17.
- [30] QIAO Y, XU W, MENG C, et al. Increasingly dry/wet abrupt alternation events in a warmer world: Observed evidence from China during 1980 – 2019[J]. International Journal of Climatology, 2022, 42(12): 6429–6440.
- [31] QIAO Y, XU W, WU D, et al. Changes in the spatiotemporal patterns of dry/wet abrupt alternation frequency, duration, and severity in Mainland China, 1980 – 2019[J]. Science of the Total Environment, 2022, 838(3): 1–11.
- [32] ZHAO Y, WENG Z H, CHEN H, et al. Analysis of the evolution of drought, flood, and drought – flood abrupt alternation events under climate change using the daily SWAP index[J]. Water, 2020, 12(7): 1969.
- [33] 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.
- [34] 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.
- [35] 王映思, 肖天贵, 董雪峰. 1961 – 2019 年中国西南地区夏季长周期旱涝急转与大气环流特征[J]. 高原气象, 2021, 40(4): 760–772.
- [36] CHEN Y, LIAO Z, SHI Y, et al. Detectable increases in sequential flood – heatwave events across China during 1961 – 2018[J]. Geophysical Research Letters, 2021, 48(6): 1–10.
- [37] XU Z, FAN K, WANG H. Role of sea surface temperature anomalies in the tropical Indo – Pacific region in the northeast Asia severe drought in summer 2014: month – to – month perspective[J]. Climate Dynamics, 2017, 49(5): 1631–1650.
- [38] SHI W, HUANG S, LIU D, et al. Drought – flood abrupt alternation dynamics and their potential driving forces in a changing environment[J]. Journal of Hydrology, 2021, 597: 1–12.
- [39] YANG P, ZHANG S, XIA J, et al. Analysis of drought and flood alternation and its driving factors in the Yangtze River Basin under climate change[J]. Atmospheric Research, 2022, 270: 1–13.
- [40] 封国林, 杨涵涌, 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.
- [41] 董金, 徐海明. 长江中下游旱涝急转年多尺度低频振荡特征及其对旱涝急转的影响[J]. 热带气象学报, 2014, 30(4): 707–718.
- [42] YANG S, WU B, ZHANG R, 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.
- [43] 唐明, 邵东国, 姚成林. 沿淮淮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, 5(1): 26–32.
- [44] ZHAO T, DAI A, WANG J. Trends in tropospheric humidity from 1970 to 2008 over China from a homogenized radiosonde dataset[J]. Journal of Climate, 2012, 25(13): 4549–4567.
- [45] ZHANG X, CONG Z. Trends of precipitation intensity and frequency in hydrological regions of China from 1956 to 2005[J]. Global and Planetary Change, 2014, 117: 40–51.
- [46] DONAT M G, LOWRY A L, ALEXANDER L V, et al. More extreme precipitation in the world’s dry and wet regions[J]. Nature Climate Change, 2016, 6(5): 508–513.
- [47] THACKERAY C W, HALL A, NORRIS J, et al. Constraining the increased frequency of global precipitation extremes under warming[J]. Nature Climate Change, 2022, 12(5): 441–448.
- [48] SCHWARZWALD K, POPPICK A, RUGENSTEIN M, et al. Changes in future precipitation mean and variability across scales[J]. Journal of Climate, 2021, 34(7): 2741–2758.
- [49] FENG X, KLINGAMAN N P, HODGES K I. Poleward migration of western North Pacific tropical cyclones related to changes in cyclone seasonality[J]. Nature Communications, 2021, 12(1): 1–11.
- [50] STUDHOLME J, FEDOROV A V, GULEV S K, et al. Poleward expansion of tropical cyclone latitudes in warming climates[J]. Nature Geoscience, 2022, 15(1): 14–28.
- [51] PARK C, SON S W, KIM H. Distinct features of atmospheric rivers in the early versus late east Asian summer monsoon and their impacts on monsoon rainfall[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2021, 126(7): 1–20.
- [52] LIANG J, YONG Y Y, HAWCROFT M K. Long – term trends in atmospheric rivers over East Asia[J]. Climate Dynamics, 2023, 60(3): 643–666.
- [53] GUO Y, TAN Z. Westward migration of tropical cyclone rapid – intensification over the Northwestern Pacific during short duration El Niño[J]. Nature Communications, 2018, 9(1): 1–10.
- [54] 明晓东, 徐伟, 刘宝印, 等. 多灾种风险评估研究进展[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 126–132, 145.
- [55] 邵长秀, 潘学标, 李家文, 等. 不同生育阶段洪涝淹没时长对水稻生长发育及产量构成的影响[J]. 农业工程学报, 2019,

- 35(3): 125–133.
- [56] 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, 14(4): 259–262.
- [57] 邓艳, 钟蕾, 陈小荣, 等. 穗分化期旱涝急转对超级杂交早稻产量和生理特性的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(4): 768–776.
- [58] XIONG Q, SHEN T, 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.
- [59] 高芸, 胡铁松, 袁宏伟, 等. 淮北平原旱涝急转条件下水稻减产规律分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(21): 128–136.
- [60] 高芸, 吕海英, 齐学斌, 等. 夏玉米产量及根系生长对旱涝急转的响应特征[J]. 人民黄河, 2022, 44(8): 145–150.
- [61] BI W X, WANG M K, WENG B S, et al. Effects of drought – flood abrupt alternation on the growth of summer maize[J]. Atmosphere, 2019, 11(1): 21.
- [62] 严登华, 翁白莎, 毕吴瑕. 旱涝急转及生态环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [63] 程晓峰. 旱涝急转条件下水稻响应规律与水分生产函数研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- [64] 张泽中, 袁义杰, 谷红梅, 等. 贵阳烟草生长期旱涝急转特征分析[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(10): 32–39.
- [65] 谷红梅, 袁义杰, 张泽中, 等. 贵州兴仁县烟草生长期旱涝急转特征分析[J]. 人民珠江, 2019, 40(3): 46–51.
- [66] 张永婷, 慎东方, 张泽中, 等. 旱涝急转对贵州烟草生长的影响及减灾对策[J]. 人民长江, 2021, 52(4): 34–40.
- [67] BI W X, WENG B S, 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.
- [68] NYANGENA J. Drought and Flood Vulnerability in Kenya: What Needs to be Done? [R]. The Kenya institute for public policy research and analysis, 2018.

A Review of Study on Dry Wet Abrupt Alternation: Progress and Challenge

QIAO Yu^{1,2,3}, XU Wei^{1,2,3,4}, MENG Chenna^{1,2,3,4}, ZHAO Dandan^{1,2,3,4}

(1. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster of Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. State Key Laboratory of Earth Surface Process and Resources Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 4. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Emergency Management and Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: This paper systematically compares and analyzes the leading judgment indicators of DWAA and their applicability, reviews and discusses the main progress of existing mechanism analysis and impact studies, and outlooks the main directions and challenges of future drought research. The results show various indicators for identifying DWAA, mainly based on meteorological data, and the influence of moisture changes may be overlooked, and the standards are not uniform. The analysis of causes is primarily based on individual cases in specific regions, and there is a lack of systematic patterns and causal mechanisms of spatial and temporal correlations. The research on disaster damage lacks systematization and does not match the results of pattern research in spatial and temporal scales due to the limitation of experimental conditions and environmental constraints. To address the above problems, strengthening the accuracy of determination, in-depth analysis of dynamics mechanism, and improving the application of remote sensing data are critical directions for future research on DWAA.

Keywords: dry wet abrupt alternation; determination; cause analysis; ecological impacts; research progress

《灾害学》被中国科学引文数据库核心库(2023—2024)收录

中国科学院文献情报中心于2023年6月完成2023—2024年来源期刊遴选工作, 对外公布了最新版中国科学引文数据库来源期刊。《灾害学》杂志被中国科学引文数据库(2023—2024年)收录为核心库来源期刊。

中国科学引文数据库(Chinese Science Citation Database, 简称CSCD)来源期刊每两年遴选一次, 采用定量和定性相结合的评选方法。中国科学引文数据库来源期刊分为核心库和扩展库两部分, 其中核心库995种; 扩展库344种。

陕西省地震局主管主办的《灾害学》杂志创刊于1986年, 是国内第一种综合性灾害类科技期刊。《灾害学》于2001年起被CSCD(扩展库)收录, 自2019年至今, 连续三届进入CSCD(核心库)来源期刊。期刊创刊伊始就把服务于党和国家的防灾减灾救灾事业作为己任, 目前已经成为国内灾害研究最有影响力的期刊之一。

中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊
收录证书

灾害学

依据文献计量学的理论和方法, 通过定量与定性相结合的综合评审, 贵刊被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊, 特颁发此证书。

证书编号: CSCD2023-1015
有效期: 2023年-2024年
发证日期: 2023年6月
查询网址: www.sciencechina.cn

