

近 50 年来华北平原极端干旱事件的时空变化特征

刘文莉, 张明军, 王圣杰, 汪宝龙, 马雪宁, 车彦军

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 根据华北平原 35 个气象站点 1962—2011 年的气象资料, 利用线性倾向估计法、反距离加权插值法、Mann—Kendall 突变检验等方法对华北平原年际、年代际极端干旱变化特征及影响其变化的气候因子进行了分析。研究结果表明, 华北平原近 50 a 来极端干旱发生频率以 0.013 5 次/a 的速率下降, 春、夏季与年极端干旱发生频率的变化趋势相一致, 而秋、冬季则与其相反; 研究区内, 年极端干旱发生频率呈增加趋势的区域零星分布。1962—1969 年和 20 世纪 80 年代, 华北平原极端干旱发生频率为正距平, 其他年代均为负距平; 空间分布上, 1962—1989 年极端干旱的高发区逐年代扩大, 20 世纪 90 年代以来, 极端干旱的高发区明显缩小, 低发区显著扩大, 2000 年以后, 低发区几乎覆盖了整个华北平原。近 50 a 来, 华北平原的年极端干旱频率在 2003 年发生突变, 春、夏、秋、冬各季分别在 1993, 1998, 1987 和 2002 年发生突变; 极端干旱发生频率与日照时数、平均风速、潜在蒸散量、平均气温呈正相关性, 与降水量、相对湿度之间存在明显的负相关关系。

关键词: 华北平原; 极端干旱; 时空特征; 影响因子

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0090-06

中图分类号: P467

Temporal-spatial Variation Characteristics of Extreme Drought Events in North China Plain During Recent 50 Years

LIU Wen-li, ZHANG Ming-jun, WANG Sheng-jie, WANG Bao-long, MA Xue-ning, CHE Yan-jun
(*Geography and Environmental Science College, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China*)

Abstract: According to the meteorological data of 35 stations in North China Plain from 1962 to 2011, this study analyzed the variation characteristics of the extreme drought frequency in inter-annual, inter-decadal and its impact factors by using linear tendency estimate, inverse distance weighted interpolation, M—K mutations test and so on. The results are indicated as follows: The extreme drought frequency in North China Plain decreased in the past 50 years with a rate of 0.013 5 times per year. The changes of extreme drought frequency in spring and summer were consistent with that of all year around, but contrary changes were showed in autumn and winter. The areas where the year-round extreme drought frequency presented increasing trend were distributed scatteredly in the researched area. The extreme drought frequency in North China Plain showed a positive departure in 1962—1969 and 1980s, but it was negative departure in other decades. At spatial scale, the areas where extreme drought occurred frequently expanded decade by decade from 1962 to 1989, but they shrunk obviously since 1990s. The areas where extreme drought frequency was comparatively low expanded significantly since 1990s and which covered nearly all the North China Plain since 2000. In recent 50 years, the year-round extreme drought frequency in North China Plain changed abruptly in 2003 and the abrupt change in spring, summer, autumn, winter occurred in 1993, 1998, 1987, 2002, respectively. The extreme drought frequency showed a positive correlation with sunshine duration, average wind speed, potential evaporation, average temperature, while it showed a negative correlation with precipitation and relative humidity.

Keywords: North China Plain; extreme drought; temporal-spatial characteristics; influential factors

收稿日期: 2012-08-04

修回日期: 2012-11-16

资助项目: 国家自然科学基金项目“天山东部地区水循环过程中稳定氢、氧同位素研究”(41161012); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-10-0019); 甘肃省高等学校基本科研业务费项目

作者简介: 刘文莉(1988—), 女(汉族), 陕西省定边县人, 硕士研究生, 主要从事全球变化与可持续发展方面的研究。E-mail: lwl61988@163.com。

通信作者: 张明军(1974—), 男(汉族), 甘肃省宁县人, 教授, 博士生导师, 主要从事气候变化与冰川研究。E-mail: mjzhang2004@163.com。

华北平原地处北半球中纬度,位于大陆季风气候区,不仅是我国气候敏感区之一,也是我国重要的粮食主产区之一^[1]。干旱化是当前该区所面临最严重的环境问题,干旱导致了该区可利用水资源的严重匮乏,从而限制该地区农业和经济发展。因此,对该区极端干旱发生频率的时空变化特征的研究具有重要的现实意义。

根据 IPCC 第 4 次评估报告^[2]指出,近百年来(1906—2005 年),全球气温上升了 0.74 °C,并预测 21 世纪末,全球地表平均增温 1.1~6.4 °C。随着全球变暖,华北平原气候也必然随之发生变化。目前,学者们^[3-10]对华北平原的气候变化规律已有不少研究,其中,林学椿等^[3]指出,1951—1989 年我国年平均气温以 0.04 °C/10 a 的速率上升,东北和华北地区增温最快;丁一汇等^[4]对中国近百年来温度变化的研究结果进行了综述,得出我国增暖主要在东北、华北和西北西部地区;韦志刚^[5]、张庆云^[6]的研究表明,20 世纪 70 年代以来,华北地区温度呈上升趋势;屠其璞等^[7]在研究中国近百年来气候变化区域特征时也指出,华北地区的升温幅度高于中国和北半球,仅次于东北地区;方生等^[8]研究表明华北平原大气降水在年际和年内季节性分配不均,年际变化大,年内集中在夏季;黄荣辉等^[9]指出华北地区从 1965 年后夏季降水明显减少,干旱化的趋势明显,20 世纪 80 年代降水明显比 70 年代偏少,然而,从 90 年代中期开始,该区北部的降水有增多的趋势;孙燕等^[10]研究表明华北地区雨季为 6—9 月份,降水集中在 7—8 月份,夏季降雨量占全年降雨量的比重很大,超过 50%。以往对华北平原气候变化的研究主要集中在对气温和降水等主要气候要素的研究上,但对华北平原极端干旱事件的研究目前还不多见。因此,以 1962—2011 年逐日气象资料为基础,对华北平原过去 50 a 间年际、年代际的极端干旱事件的时空变化特征及影响其变化的气候因子进行分析,试图对该区干旱化问题形成更加深刻的认识,并为改善该地区生态环境、调整农业结构、合理利用水资源乃至国民经济建设等提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

研究区为华北平原,该平原位于北纬 32°—40°,东经 114°—121°,西起太行山和伏牛山,东到黄海、渤海和山东丘陵,北依燕山,南至大别山区一线与长江流域分界,黄河下游天然地横贯中部,故该平原可分为 3 部分:北部海河平原、中部黄河下游、南部淮河平原。选取该区域内共 35 个气象站 1962—2011 年的

日平均气温、日最高气温、日最低气温、日照时数、日平均相对湿度、日平均风速及日降水量等气象观测资料(资料由国家气象信息中心提供),分别计算出各气象站的日潜在蒸散量,然后进行月潜在蒸散量统计。由此利用月潜在蒸散量、月降水量资料,计算出月地表湿润指数 H ,将 H 的标准化变量 ≤ -0.5 的定义为极端干旱^[11],并进行了季、年、年代极端干旱发生频率的统计。季节的划分采用气象季节,即 3—5 月份为春季,6—8 月份为夏季,9—11 月份为秋季,12 月至翌年 2 月为冬季。月地表湿润指数 H 的计算方法为:

$$H = \frac{P}{ET_0} \quad (1)$$

式中: H ——月地表湿润指数; P ——月降水量(mm); ET_0 ——月潜在蒸散量(mm)。

潜在蒸散量则采用联合国粮农组织(FAO)1998 年修订的 Penman—Monteith 模型来计算,已有研究成果表明^[12-14]该模型的模拟效果是比较精确的,并在世界范围内得到了广泛的应用,其计算公式为^[15-16]:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (2)$$

式中: Δ ——饱和水汽压曲线斜率(kPa/°C); R_n ——净辐射 ($\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$); G ——土壤热通量 ($\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$); γ ——干湿常数(kPa/°C); T ——平均气温(°C); U_2 ——2 m 高处的风速(m/s); e_s ——平均饱和水汽压(kPa); e_a ——实际水汽压(kPa)。

在 ArcGIS 环境下通过反距离加权(inverse distance weighted, IDW)插值法绘制出华北平原极端干旱变化的空间分布图,进行极端干旱变化的空间差异分析。采用 Mann—Kendall 检验法对极端干旱发生频率进行突变检验。

2 结果分析

2.1 年际极端干旱事件的时空变化特征

2.1.1 年际极端干旱事件的时间变化 对 1962—2011 年华北平原极端干旱发生频率的年际变化的分析结果表明,全年,整个华北平原极端干旱发生频率以 0.013 5 次/a 的速率下降,该平原北部海河平原,中部黄河下游及南部淮河平原的变化趋势和整个华北平原的保持一致,均呈微弱减少趋势,减少速率分别为 0.010 8, 0.019 1 和 0.013 6 次/a;春季,华北平原、海河平原、黄河下游、淮河平原极端干旱发生频率倾向率分别为 -0.010 6, -0.007 9, -0.016 3, -0.010 8 次/a,均呈下降趋势,和全年的变化趋势保持一致,但均比全年下降趋势明显;夏季,极端干旱

发生频率在华北平原、海河平原、黄河下游、淮河平原均呈减少趋势,减少速率分别为 0.008 9,0.003 0,0.008 3,0.013 0 次/a,和全年及春季的变化趋势一致,除黄河下游的减少趋势稍不如春季明显外,其他均比春季的减少趋势明显;秋季,极端干旱发生频率变化趋势的一致性不如全年、春季和夏季,在海河平原以 0.001 4 次/a 的速率呈微弱减少趋势,而在整个华北平原、黄河下游、淮河平原则分别以 0.004 7,0.004 6,0.008 8 次/a 的速率呈不明显的增加趋势,与全年、春季、夏季的变化趋势相反;冬季,华北平原、海河平原、黄河下游、淮河平原极端干旱发生频率一致呈微弱增加趋势,增加速率分别为 0.001 7,0.001 1,0.000 3,0.002 6 次/a,相对于秋季不明显的增加趋势,该季的增加趋势更微弱。

2.1.2 年际极端干旱事件的空间变化 从 1962—2011 年华北平原年际极端干旱发生频率倾向率空间分布图分析可知,近 50 a 来,华北平原极端干旱事件年际变化呈现出明显的区域差异。就全年而言,极端干旱发生频率倾向率变化范围在 $-0.48 \sim 0.34$ 次/10 a,其中,极端干旱发生频率减少速率最快的地区在黄河下游的孟津地区,增加最明显的地区在淮河平原的信阳地区;研究区内大部分区域的极端干旱发生频率呈减少趋势,呈减少趋势的气象站点占华北平原总站点的 5/7,且减少幅度多集中在 $0.12 \sim 0.48$ 次/10 a,减幅较大,而呈增加趋势的地区在研究区分布范围极小,主要分布在海河平原的西北部、东南部及淮河平原的西南部,除淮河平原的信阳增幅相对较大,为 0.34 次/10 a 外,其他地区的增加幅度多在 $0.01 \sim 0.07$ 次/10 a,增幅较小。从各个季节来看,春季极端干旱发生频率倾向率变化范围较全年有所减小,在 $-0.23 \sim 0.10$ 次/10 a,但呈减少趋势的区域范围较全年有所扩大,减幅较小,在 $0.02 \sim 0.23$ 次/10 a;极端干旱发生频率减少最快和最慢的地区均分布于淮河平原,该平原内的盱眙为减少最快的地区,变化倾向率达 -0.23 次/10 a,而平原内的固始和驻马店为减少最慢的地区,变化倾向率均为 -0.02 次/10 a;该季极端干旱发生频率呈增加趋势的区域与全年有着相似的分布特征,但又略有不同,主要分布于海河平原的西北部和淮河平原的西南部。夏季整个华北平原的极端干旱发生频率都呈减少趋势,减幅在 $0.01 \sim 0.20$ 次/10 a,较全年和春季减幅普遍更小;减少趋势较快的地区主要分布在淮河平原,减幅多在 $0.09 \sim 0.20$ 次/10 a,而减少趋势相对较慢的地区主要分布于海河平原和黄河下游,减幅多在 $0.00 \sim 0.08$ 次/10 a,只有海河平原的安阳和黄河下游的

孟津地区减幅较大,分别为 0.13 和 0.19 次/10 a。秋季极端干旱发生频率的年际变化以增加趋势为主,增幅在 $0.01 \sim 0.23$ 次/10 a,呈增加趋势的地区广泛地分布于华北平原,只有少数地区的极端干旱发生频率呈减少趋势,这些地区集中分布于海河平原的西北部。冬季极端干旱发生频率的年际变化与秋季的相似性较大,仍以增加趋势为主,但增幅相对较小,在 $0.00 \sim 0.13$ 次/10 a,而且呈增加趋势的区域范围相对于秋季也有所缩小,而少数呈减少趋势的地区零星地分布于华北平原,其中,在淮河平原的分布范围相对较大。

2.2 年代际极端干旱事件的时空变化特征

2.2.1 年代际极端干旱事件的时间变化 近 50 a 来,整个华北平原、北部海河平原、中部黄河下游、南部淮河平原极端干旱发生频率在不同年代呈现出不同的变化特征(表 1)。

表 1 1962—2011 年华北平原地区年、季极端干旱发生频率的年代际变化 次

地区	时间序列	全年	春季	夏季	秋季	冬季
华北平原	1962—2011	3.86	0.72	0.34	1.29	1.51
	1962—1969	4.40	0.94	0.56	1.31	1.57
	1970—1979	3.78	0.86	0.43	1.20	1.31
	1980—1989	3.99	0.74	0.33	1.20	1.60
	1990—1999	3.69	0.47	0.30	1.36	1.59
	2000—2011	3.61	0.63	0.14	1.39	1.50
海河平原	1962—2011	2.74	0.60	0.09	0.83	1.23
	1962—1969	2.99	0.73	0.14	0.88	1.26
	1970—1979	2.69	0.76	0.13	0.78	1.04
	1980—1989	2.93	0.56	0.11	0.91	1.30
	1990—1999	2.73	0.51	0.06	0.83	1.37
	2000—2011	2.44	0.48	0.02	0.77	1.19
黄河下游	1962—2011	4.69	0.98	0.39	1.32	1.99
	1962—1969	5.75	1.48	0.75	1.48	2.13
	1970—1979	4.38	1.18	0.40	1.08	1.74
	1980—1989	4.86	0.94	0.34	1.26	2.10
	1990—1999	4.18	0.46	0.32	1.40	2.06
	2000—2011	4.52	0.95	0.25	1.40	1.96
淮河平原	1962—2011	4.39	0.72	0.49	1.60	1.57
	1962—1969	4.96	0.94	0.80	1.56	1.62
	1970—1979	4.34	0.84	0.64	1.51	1.37
	1980—1989	4.44	0.80	0.48	1.38	1.67
	1990—1999	4.20	0.45	0.46	1.69	1.61
	2000—2011	4.15	0.65	0.19	1.80	1.58

就整个华北平原而言,各个年代的极端干旱发生频率总体上呈递降趋势,其中 1962—1969 年的极端干旱发生频率最高,20 世纪 80 年代次之,均高于多

年平均值,而其他年代的均低于多年平均值;春季,1962—1999年期间的各个年代极端干旱发生频率持续降低,20世纪90年代达到最低,为0.47次,表明该年代最为湿润,2000—2011年相对于20世纪90年代有所上升;夏季,各个年代的极端干旱发生频率逐年代下降,20世纪80年代之前为正距平,从80年代开始的各年代均为负距平;秋季,20世纪70—80年代的极端干旱发生频率相同,均为1.20次,低于多年平均值,而其他年代均高于多年平均值,其中2000—2011年极端干旱发生频率最高,表明在这期间华北平原最为干旱;冬季,各个年代的极端干旱发生频率与全年有着相似的变化趋势,即1962—1969年至20世纪70年代表现为降低趋势,经历了20世纪80年代的增加之后的各个年代又持续降低,和全年稍有不同的是该季极端干旱发生频率最高出现在20世纪80年代,而不是1962—1969年。就海河平原、黄河下游及淮河平原而言,全年,这3个区域的极端干旱发生频率在各个年代的变化情况一致性较好,均表现出在1962—1969年和20世纪80年代高于多年平均值,在其他年代低于多年平均值;海河平原和淮河平原极端干旱发生频率在各个年代与整个华北平原有着相同的变化趋势,而黄河下游除在2000—2011年相对于20世纪90年代有所增加外,在其他年代和整个华北平原也保持着相同的变化趋势。春季海河平原极端干旱发生频率在20世纪70年代最高,之后逐年代递降,到2000—2011年达到最低,表明20世纪70年代最为干旱,2000—2011年最为湿润;黄河下游、淮河平原极端干旱发生频率在各个年代与整个华北平原变化趋势一致,均呈现出20世纪90年代之前逐年代下降,2000—2011年突然升高,其中黄河下游升高幅度最大,为0.49次,与海河平原保持一致,黄河下游极端干旱发生频率在1962—1969年和20世纪70年代为正距平,其他年代均为负距平,而淮河平原在1962—1969年、20世纪70—80年代为正距平,在其他年代为负距平,这和整个华北平原保持一致。夏季海河平原、黄河下游和淮河平原的极端干旱发生频率均表现为逐年代降低,1962—1969年为极端干旱的高发期,2000—2011年为极端干旱的低发期;淮河平原在1962—1969年极端干旱发生频率为0.80次,是同时段内极端干旱最频发的区域,而海河平原是2000—2011年期间极端干旱最贫发的区域,为0.02次,表明海河平原在这期间最为湿润。秋季极端干旱发生频率在20世纪80年代之前均呈现出逐年代降低趋势,从20世纪80年代开始呈现出明显的区域差异:海河平原持续降低;黄河下游在经

历了20世纪90年代的升高之后,在2000—2011年和20世纪90年代保持一致,均为1.40次;淮河平原逐年代持续升高。冬季海河平原、黄河下游及淮河平原极端干旱发生频率最低期均出现在20世纪70年代,和整个华北平原保持一致;海河平原和黄河下游极端干旱发生频率在20世纪70年代和2000—2011年均偏少,为负距平,在其他年代均偏多,为正距平,而淮河平原除在20世纪70年代为负距平外,在其他年代均为正距平。

2.2.2 年代际极端干旱事件的空间变化 华北平原极端干旱发生频率在不同年代表现出不同的变化特征,并呈现出一定的空间差异。1962—1969年极端干旱发生频率较高的区域主要分布在黄河下游和淮河平原的东南部,而低发区主要分布于海河平原,且呈东西向分布,从东到西极端干旱发生频率递增。20世纪70年代,极端干旱的高频区相对于1962—1969年明显扩大,且主要分布于淮河平原,而低频区主要分布在海河平原,和高频区一样,低频区也呈明显扩大趋势。20世纪80年代,极端干旱发生频率整体上呈东西分布,从东到西极端干旱发生频率逐渐升高,且高频区进一步扩大,和20世纪70年代相同,主要分布在淮河平原,发生频率在4~7次/10a范围内的气象站点占华北平原总站点的3/5,而低频区相对缩小,同样主要分布于海河平原。20世纪90年代,极端干旱发生频率显著降低,除海河平原的唐山、淮河平原的砀山和驻马店以外,整个华北平原的极端干旱发生频率都在4次/10a以下,是1962—1999年期间最湿润的一个10a。2000—2011年极端干旱发生频率在全区范围内进一步降低,区域之间的差异也明显减小,除海河平原的北京市外,其他地区在这期间极端干旱年均均在4次以下,多数地区极端干旱年的个数集中在0~3的范围内,而极端干旱的低发区主要呈南北纵向分布,纵贯海河平原、黄河流域下游和淮河平原。综上可知,华北平原年极端干旱发生频率在不同年代有着较大的区域差异,1962—1989年极端干旱的高发区逐年代扩大,表明在这期间华北平原的气候逐渐干旱化,20世纪90年代以来,极端干旱的高发区明显缩小,低发区显著扩大,2000年以后,低发区几乎覆盖了整个华北平原,表明华北平原的气候逐渐向湿润方向转变。

3 突变检验

由1962—2011年华北平原全年及各季极端干旱发生频率的Mann-Kendall突变检验结果可知(图略),全年华北平原的极端干旱发生频率在2003年发

生了减少突变,突变前 4.26 次,突变后 3.83 次,突变后与突变前相差 0.43 次;春季在 1993 年左右发生了增多突变,较全年的突变时间大致晚 10 a,此次突变通过了 0.05 的显著性检验;夏季,在 1998 年左右发生了由多到少的突然转变,这次转变也通过了 0.05 的显著性检验;秋季突变时间出现在 1987 年前后,突变前偏多,突变后偏少,表明华北平原气候突然变得相对湿润;冬季突变点出现在 2002 年左右,和全年的突变时间基本保持一致,但突变并不显著。分析可知,华北平原极端干旱发生频率在各个季节的突变时间均早于全年的突变时间。

4 影响极端干旱事件的气候因子分析

就极端干旱的概念来看,极端干旱的变化取决于地表湿润指数的变化,地表湿润指数的变化又取决于降水量和潜在蒸散量的变化,而潜在蒸散量又受到各种气候因子综合作用的影响,如气温、风速、日照时数、相对湿度、云量等因素。为了探讨华北平原极端

干旱发生频率变化的原因,除了选取降水量和潜在蒸散量这两个气候因子外,还选取了影响蒸发的 4 个气候因子(平均气温、日照时数、相对湿度以及平均风速)共 6 个气候因子,求出 1962—2011 年期间极端干旱发生频率与各气候因子的相关系数(表 2)。从表 2 可以看出,近 50 a 来,华北平原极端干旱发生频率与日照时数、平均风速、潜在蒸散量、平均气温、降水量、相对湿度的相关系数分别为 0.462,0.257,0.253,0.049,-0.614,-0.580。极端干旱发生频率与日照时数、平均风速、潜在蒸散量、平均气温呈正相关性,表明这些气候因子的增加都会导致极端干旱发生频率的增加。其中,日照时数与极端干旱发生频率的正相关性最显著,相关系数通过了 0.01 的置信度检验,说明日照时数的增加对极端干旱发生频率的增加起着很重要的作用。极端干旱发生频率与降水量、相对湿度之间存在明显的负相关性,相关系数均通过了 0.01 的置信度检验,表明降水量和相对湿度的增加会使极端干旱发生频率明显减少。

表 2 华北平原极端干旱发生频率与各气候因子的相关系数

时间序列	降水量	潜在蒸散量	平均气温	日照时数	相对湿度	平均风速
1962—2011 年	-0.614**	0.253	0.049	0.462**	-0.580**	0.257

注:**表示通过 0.01 的置信度检验。

5 结果讨论

通过对华北平原 1962—2011 年期间极端干旱事件变化特征分析表明,该区极端干旱发生频率呈减少趋势,即气候趋向于湿润,这与张庆云^[6]分析华北地区在 21 世纪初持续干旱现象将结束,气候可能趋向于湿润的预估相一致。国内外学术界研究^[17]表明,华北地区是中国近 50~100 a 除东北地区外增温最为明显的区域之一。20 世纪 60 年代中期以后,华北地区降水呈现减少趋势^[18]。马柱国等^[19]研究表明 1951—2004 年华北地区气候变化以暖干化趋势为主要特征。在整个华北地区气候趋向于暖干化的背景下,本研究得出了 1962—2011 年期间华北平原气候趋向于湿润的结论,这是因为气候变化存在时间尺度和空间尺度,不同的时空尺度上,变化趋势也会不同^[20],如杨彦武等^[21]研究表明,在 1961—2000 年华北地区中北部的气候为暖干型,而南部为暖湿型。另外,由于研究区内国家基准气候站与基本气象站分布密度有限,已获取的资料在部分年份存在不同程度的缺测,为了保证数据质量,本研究所选取的站点资料相对较少,这可能会导致本研究的结论与之前研究有一定差异,因此关于这个地区的研究结果还需进一步验证。

极端干旱造成的灾害影响范围广、持续时间长、灾害损失大,人民生命财产安全会受到严重挑战^[22],作为我国重要的粮食主产区之一^[1]的华北平原,极端干旱是该区最重要的农业气象灾害之一,是农作物产量稳定上升的重要限制因素^[23]。近 50 a 华北平原极端干旱发生频率的降低会使该区冬小麦、夏玉米、棉花等农作物受灾面积减小,产量提高,促进当地农业生产的可持续发展,进而保证地区和国家的粮食安全。根据极端干旱分布的空间差异,在极端干旱发生频率较高的区域减少农作物种植面积或积极采取节水灌溉等各种干旱防御措施,最大限度地减轻灾害造成的影响,在极端干旱发生频率较低的地区增加农作物种植面积,充分利用当地的气候资源。

极端干旱发生频率变化的原因极其复杂,受各种气候因子综合作用的影响。已有研究^[24]表明,东西伯利亚(鄂霍茨克海)阻塞高压的稳定维持,对华北平原严重干旱的形成起着重要的作用。而有关造成近 50 a 华北平原极端干旱发生频率趋于减少的根本原因有待于进一步研究。

6 结论

(1) 近 50 a 来,华北平原极端干旱发生频率以

0.013 5次/a的速率下降,春、夏季与全年的变化趋势相一致,而秋、冬季则与其呈相反变化趋势。在空间分布上,近50 a华北平原大部分区域的极端干旱发生频率呈减少趋势,而呈增加趋势的区域在研究区分布范围极小。各个季节的极端干旱发生频率年际变化也呈现出不同的空间分布特征。

(2) 华北平原极端干旱发生频率总体上呈逐年代递降趋势,其中,1962—1969年的极端干旱发生频率最高,20世纪80年代次之,且均为正距平,而其他年代均为负距平,各个季节的年代际变化特征也各不相同。就不同年代年极端干旱发生频率的空间分布而言,1962—1989年,极端干旱的高发区逐年代扩大,表明在这期间华北平原的气候逐渐干旱化,20世纪90年代以来,极端干旱的高发区明显缩小,低发区显著扩大,2000年以后,低发区几乎覆盖了整个华北平原,表明华北平原的气候逐渐向湿润方向转变。

(3) 华北平原全年极端干旱发生频率在2003年发生了由多向少的显著突变,春、夏、秋、冬各季分别在1993,1998,1987,2002年发生突变。影响极端干旱发生频率的气候因子很多,其中,极端干旱发生频率与日照时数、平均风速、潜在蒸散量、平均气温呈正相关性,与降水量、相对湿度之间存在明显的负相关性。

[参 考 文 献]

- [1] Liu Xiaoying, Li Yuzhong, Hao Weiping. Trend and causes of water requirement of main crops in North China in recent 50 years[J]. Transaction of the CSAE, 2005, 21(10):155-159.
- [2] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [3] 林学椿,于淑秋. 近40年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10):16-22.
- [4] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12):19-26.
- [5] 韦志刚. 80年代以来华北地区气候和水量变化的分析研究[J]. 高原气象, 1999, 18(4):525-534.
- [6] 张庆云. 1880年以来华北降水及水资源的变化[J]. 高原气象, 1999, 18(4):486-495.
- [7] 屠其璞,邓自旺,周晓兰. 中国近117年年平均气温变化的区域特征研究[J]. 应用气象学报, 1999, 10(S):34-42.
- [8] 方生,陈秀玲. 华北平原大气降水对土壤淋洗脱盐的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(5):730-736.
- [9] 黄荣辉,徐予红,周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4):465-476.
- [10] 孙燕,王谦谦,钱永甫,等. 华北四季降水特征及与我国其他地区降水的联系[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(4):503-509.
- [11] 马柱国,华丽娟,任小波. 中国近代北方极端干湿事件的演变规律[J]. 地理学报, 2003, 58(S):69-74.
- [12] 毛飞,张光智,徐祥德. 参考作物蒸散量的多种计算方法及其结果的比较[J]. 应用气象学报, 2000, 11(S):128-136.
- [13] 张东,张万昌,徐全芝. 汉江上游流域蒸散量计算方法的比较及改进[J]. 资源科学, 2005, 27(1):97-103.
- [14] 刘绍民,孙中平,李小文,等. 蒸散量测定与估算方法的对比研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2):161-167.
- [15] 吴绍洪,尹云鹤,郑度,等. 近30年中国陆地表层干湿状况研究[J]. 中国科学(D辑):地球科学, 2005, 35(3):276-283.
- [16] 尹云鹤,吴绍洪,郑度,等. 近30年我国干湿状况变化的区域差异[J]. 科学通报, 2005, 50(15):1636-1642.
- [17] 韩超,郑景云,葛全胜. 中国华北地区近40年物候春季变化[J]. 中国农业气象, 2007, 28(2):113-117.
- [18] 叶笃正,黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 山东 济南:山东科学技术出版社, 1996:387.
- [19] 马柱国,符凉斌. 1951—2004年中国北方干旱化的基本事实[J]. 科学通报, 2006, 51(20):2429-2439.
- [20] 施晓晖. 华北夏季降水的年代际趋势突变及其可能成因[J]. 高原山地气象研究, 2008, 28(2):22-28.
- [21] 杨彦武,于强,王靖. 近40年华北及华东局部主要气候资源要素的时空变异性[J]. 资源科学, 2004, 26(4):45-50.
- [22] 吴永祥,姚惠明,王高旭,等. 淮河流域极端旱涝特征分析[J]. 水利水运工程学报, 2011(4):149-153.
- [23] 刘荣花,朱自玺,方文松,等. 华北平原冬小麦干旱灾损风险区划[J]. 生态学杂志, 2006, 25(9):1068-1072.
- [24] 孙安健,高波. 华北平原地区夏季严重旱涝特征诊断分析[J]. 大气科学, 2000, 24(3):393-402.