

陕西渭北旱塬气候暖干化及干旱灾害趋势判断

彭维英,殷淑燕,鲍小娟

(陕西师范大学旅游与环境学院,陕西 西安 710062)

摘要:基于 1961-2009 年气象数据,利用区域旱涝指数 X_i 和 Mann-Kendall 气候突变检验法对陕西渭北旱塬的气候变化特征进行了分析。研究表明:气温以 $0.246^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速率呈现明显增温,气候呈暖干化趋势,且在 1991 年和 1994 年发生了变干早和增温的突变。近 49 年来,出现了 5 年偏早、3 年大旱、2 年重旱。干旱存在季节性差异,夏季和冬季干旱趋势减轻,春季和秋季干旱趋势增加。季节性连旱时有发生,冬春季连旱次数最多。夏季大旱和四季连旱是造成渭北旱塬严重干旱年份形成的重要原因。

关键词:气候变化;干旱指标;Z 指数;陕西;渭北旱塬

中图分类号:S162.3

文献标识码:B

文章编号:1000-0275(2012)01-0121-04

A Judgment of Warming - drying Climate Changes and Drought Disaster Trend of Weibei Dryland of Shaanxi

PENG Wei-ying, YIN Shu-yan, BAO Xiao-juan

(College of Tourism and Environmental Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract:Based on 1961-2009 meteorological data, we analyzed the climate change characteristics of Weibei dryland with methods of area drought-flood X_i index and Mann-Kendall test. The results indicated that the temperature increased by the rate of $0.246^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, climate has a trend of warming and drying which has a remarkable change in the year of 1991 and 1994. In the recent 49 years, there are five years of slight drought, three years of heavy drought and two years severe drought. Seasonal differences of drought exist, damping in winter and summer but drying in spring and autumn. Seasonal continuous drought occurs frequently, especially winter-spring continuous drought. Severe drought in summer and four seasons continuous drought are the main reasons of year severe drought in Weibei dryland.

Key words: climate change; drought index; Z index; Shaanxi; Weibei dryland

全球变暖毋庸置疑,IPCC 第四次评估报告^[1]指出,1906-2005 年全球气温升高了 0.74°C 。由于全球变暖,极端气候事件和气象灾害发生频繁增加,影响全球社会经济和生态环境^[2],尤其是干旱事件,干旱是世界范围内造成经济损失最大的自然灾害之一,与其他自然灾害相比,干旱出现频率高、持续时间长、波及范围大,对国民经济特别是农业生产造成严重损失,备受广大学者的关注。祁海霞等^[3]指出近 60 年中国干旱高频带发生了自西向东转移,陈方藻等^[4]对我国农业干旱时空进行了分析,得出全国各省份对干旱的承受能力与各地区经济发展之间有一定关系,经济较发达地区旱灾对农业的影响有所下降,经济欠发达地区旱灾对农业的影响仍然严重。谭学志等^[5]研究表明陕西关中地区气象干旱程度加剧。陕西渭北旱塬地区地处陕北丘陵沟壑区的南部,关中平原的北部,农业干旱频繁发生。渭北旱塬是陕西省重要的农业基地和果业基地,干旱对渭北旱塬地区的农业、果业、水资源、生态环境和人民生活都产生了深刻而深远的影响,并成为制约渭北旱塬地区社会经济发展的主要因素之一。所以,分析渭北旱塬的气候及干旱规律有着十分重要的实际意义。

不同区域选择旱涝指标是不同的,目前常采用的确定旱涝等级的指标有降水距平百分率、Z 指数、标准化降水指数、相对湿度指数 Palmer 干旱指标等。根据鞠笑生等^[6]研究表

明,除了极为干旱的蒙、新部分地区外,可以用 Z 指数作为确定我国单站旱涝的指标。张存杰等^[7]应用 Z 指数在我国西北地区旱涝指标中得到了很好的结果。杨晓华等^[8]应用 Z 指数方法对陇东黄土高原干旱特征进行分析。文中选用 Z 指数方法对渭北旱塬旱涝变化特征进行了分析研究,以期对气候研究及农业生产、防灾减灾和开发利用水资源提供决策依据。

1 研究区域概况

渭北旱塬地区($107^{\circ}48' \sim 109^{\circ}45' \text{E}$, $34^{\circ}18' \sim 36^{\circ}04' \text{N}$)位于陕西省中部,包括关中平原灌区以北,陕北丘陵沟壑区以南,东起黄河,西至陇山的广大旱源、丘陵、山川及沟壑地区。行政管辖范围包括铜川、咸阳、延安及渭南所辖的 14 县 1 市^[9],属于暖温带大陆性季风气候,气温年较差和日较差较大,多年平均气温在 $9^{\circ}\text{C} \sim 13.3^{\circ}\text{C}$ 之间,无霜期为 161 d - 225 d,年降水量分布不均,在 533mm-631 mm 之间^[10]。是我国重要的果业和农业基地,区域地位十分重要。

2 研究资料和研究方法

基于渭北旱塬地区 6 个县市(白水、凤翔、洛川、旬邑、蒲城和铜川)1961-2009 年月降水和气温资料,利用 Z 指数、趋势线法、滑动平均法进行气候的变化和干旱

基金项目:2011 年度国家社科基金重点项目“历史时期汉江上游极端性气候水文事件及其社会影响研究”(编号:11AZS009);国家自然科学基金重点项目“汉江上游(南水北调水源区)万年尺度古洪水水文学研究”(编号:41030637);中央高校基本科研业务费专项基金项目“气候变化对陕西省经济作物物候影响研究”(编号:GK201002015)。

作者简介:彭维英(1984-),女,重庆涪陵人,硕士研究生,研究方向为土地资源开发与环境演变;通讯作者:殷淑燕(1970-),女,黑龙江木兰人,副教授,博士,研究方向为环境变迁。

收稿日期:2011-10-26, **修回日期:**2011-11-22

趋势分析,并利用 Mann-Kendall 法^[11]对气候要素和干旱各季节和年尺度的旱涝变化进行突变特征分析。文中以 3-5 月、6-8 月、9-11 月、12 月至次年 2 月分别为春、夏、秋、冬季。

2.1 Z 指数区域适应性分析

就某个区域某一时段而言,年降水量不一定服从正态分布。假设月降水量总体上服从 Person III 型分布,先对降水量 R 进行正态化处理,再转化为以 Z 为变量的标准正态分布,Z 指数计算方法如下:

$$Z = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} Y_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (1)$$

式中 C_s 为偏态系数; Y_i 为标准化变量,均可通过降水资料序列计算求得。

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^3}{n\sigma^3} \quad (2)$$

$$Y_i = \frac{R_i - \bar{R}}{\sigma} \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n}} \quad (4)$$

式中: R_i 为某时段降水量; \bar{R} 为对应的降水量多个时段平均值, n 为样本数, 为降水量均方差。根据所求的 Z 值, 划分 7 个等级并确定其相应的 Z 界限值, Z 指数各级旱涝指标如表 1^[12,13]。通过计算和分析, 发现旱涝等级的理论频数和实际频数十分接近(表 2)。说明 Z 指数等级划分能准确的反映渭北旱塬旱涝的实际情况。

表 1 Z 指数的旱涝等级划分

等级	Z 值	旱涝类型	累计频率(%)
1	$Z \geq 1.645$	重涝	>95
2	$1.037 \leq Z < 1.645$	大涝	85-95
3	$0.524 \leq Z < 1.037$	偏涝	70-85
4	$-0.524 \leq Z < 0.524$	正常	30-70
5	$-1.037 \leq Z < -0.524$	偏早	15-30
6	$-1.645 \leq Z < -1.037$	大早	5-15
7	$Z < -1.645$	重早	<5

表 2 各站 1961~2009 年春、夏、秋、冬、年各 Z 指数旱涝等级平均出现频率 (单位: %)

等级	春	夏	秋	冬	年	理论频率
重涝	6	5	6	5	6	5
大涝	9	9	10	12	7	10
偏涝	15	15	15	13	17	15
正常	39	43	39	39	42	40
偏早	16	14	16	16	15	15
大早	11	9	11	10	7	10
重早	4	5	3	5	6	5

2.2 区域旱涝指标的确定

渭北旱塬区域干旱指数计算方法:

$$X_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (5)$$

式中: X_i 为某年第 i 年(季)区域旱涝指数; X_{ij} 为 i 年(季) j 站的干旱指数; n 代表区域内站数, 指标界限值同表 1。通过对各气象站年(季节)Z 指数和其对应的 X_i 值进行相关性分析, 发现其相关性很大, 均通过 $\alpha=0.01$ 的极显著水平检验。

所以用 X_i 作为渭北旱塬区域旱涝指标是可行的(表 3)。

表 3 各气象站季节及年 Z 指数值和其对应的 X_i 值相关系数

站点	春	夏	秋	冬	年
凤翔	0.769	0.720	0.864	0.816	0.780
洛川	0.897	0.742	0.907	0.950	0.823
白水	0.883	0.782	0.927	0.943	0.896
旬邑	0.918	0.839	0.941	0.948	0.909
铜川	0.946	0.837	0.948	0.974	0.880
蒲城	0.919	0.711	0.937	0.942	0.827

3 气候变化特征

3.1 气温变化特征

年平均气温距平是一系列平均气温与总平均气温的差值, 能反映出某一时段内气温异常情况。渭北旱塬地区年平均气温距平算法如下:

$$\Delta T_i = T_i - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m T_i \quad (6)$$

$$T_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad (7)$$

式中: ΔT_i 为渭北旱塬年平均气温距平值; T_i 为第 i 年平均气温; T_{ij} 为 i 年 j 站的年平均气温; m 代表年平均气温的时间序列总长度, n 代表区域内站点数。

通过对年平均气温距平的分析发现:

(1) 1961-2009 年渭北旱塬气温以 $0.246^\circ\text{C}/10\text{a}$ 呈上升趋势, $r=0.63, r > r_{0.01}$, 通过显著性检验(图 1)。

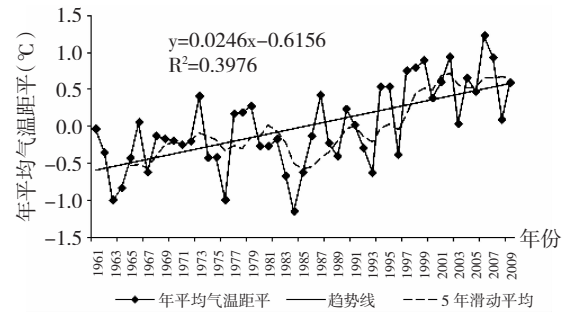


图 1 渭北旱塬地区气温距平变化

(2) 从 5 年滑动平均曲线可见, 60-70 年代呈波动上升趋势, 80 年代中期气温相对较低, 80 年代后期至今呈急剧上升趋势(图 1)。气候突变是从一个稳定气候阶段向另一个稳定的气候阶段过渡, 运用 Mann-Kendal 检验法对年平均气温进行气候突变检验(图 2), 根据 UF 和 UB 曲线交点的位置, 可以确定渭北旱塬地区气温在 1994 年发生了增暖的突变, 且在 1998 年后气温上升趋势达到显著性水平 (UF 曲线在 1998 年超过显著性水平 $\alpha=0.05, |U\alpha|=1.96$ 的临界值线)。

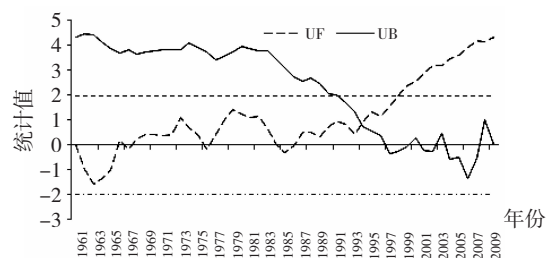


图 2 渭北旱塬年平均气温 Mann-Kendall 检验

3.2 干旱年份

运用区域干旱指数 X_t , 确定渭北旱塬地区各季节、年干旱年份(表 4), 可以看出:

(1) 近 49 年来出现 2 年重旱; 3 年大旱; 5 年偏旱, 重旱和大旱年份主要出现在 70 年代后期和 90 年代后期, 偏旱年份集中在 21 世纪初的几年。

(2) 各季节干旱年份存在差异, 除春季外, 各季节重旱年份出现在 90 年代; 大旱年份春季集中在 21 世纪初的几年, 夏季集中在 60 年代, 秋季集中于 90 年代, 冬季集中在 80、90 年代; 偏旱年份秋季最多, 主要发生在 70 和 80 年代, 春季主要发生在 70 年代末以后, 夏季集中在 90 年代以后, 冬季 80 年代最多, 其次是 60 年代。

(3) 季节性连旱常有发生, 包括冬春连旱、春夏连旱、夏秋连旱和秋冬连旱等, 其中冬春季节连旱次数最多, 对农业生产的影响也最大。

(4) 夏季大旱和四季连旱是造成渭北旱塬地区严重干旱年份形成的重要原因。1986 年四季连旱, 1997 年夏季大旱。

(5) 通过对干旱指数趋势分析, 近 49 年来夏季和冬季干旱趋势减轻, 春季和秋季干旱趋势增加, 春、秋季节增加的幅度大于夏、冬季减少的幅度, 气候变化趋势向干旱方向发展。结合图 1 知, 自 20 世纪 90 年代后气候呈现明显暖湿趋势, 渭北旱塬地区干旱发生的频率和成灾面积增加。

表 4 近 50 年渭北旱塬地区年、季节干旱年份

干旱等级	春	夏	秋	秋	全年
偏旱年份	1977、1979、 1981、1982、 1986、1993、 2007	1969、1991、 1994、1999、 2001、2002	1965、1971、 1972、1977、 1979、1982、 1986、1987、 1988、1989、 1990、1991	1961、1963、 1968、1978、 1981、1982、 1985、1986、 1987、2005	1961、1963、 1968、1978、 1972、2001、 2002、2004、 2008
大旱年份	1995、2001、 2002、2004、 2008	1963、1967、 1968、1974、 1986	1976、1993、 1995	1966、1980、 1983、1995、 1998、1999	1977、1979、 1983、1995、 1995
重旱年份	1962	1997	1998	1992	1986、1997

4 旱涝趋势突变分析

运用 Mann-Kendall 非参数检验法对各季节和年区域干旱指数 X_t , 进行突变检验(图 3), 通过分析发现:

(1) 春季干旱指数的突变年份是 1976、1983、1992 年, 1976 年突变之后呈变干旱趋势, 这种趋势在 1981-1982 年间达到显著性水平(图中两条平行虚线是显著性水平 $\alpha=0.05$, $|U_\alpha|=1.96$ 的临界值线); 除了 1986 年外, 在 1983-1991 年干旱趋势有所降低, 但波动性增强; 到 1992 年春季气候向变干趋势发展, 并在 2006 年达到了突变显著性水平。

(2) 夏季突变年份为 1974、1994 和 2003 年, 1974 年突变之后, 夏季干旱趋势减弱, 向偏涝方向发展, 在 1983-1985 年间达到显著性水平; 1994-2002 年间夏季干旱气候趋势增强; 2003 年后变涝趋势增加。

(3) 秋季突变年份为 1965、2003 年, 1965-2002 年, 干旱气候趋势增强, 并在 1991-2001 年间达到显著性水平; 2003 年后干旱气候趋势减弱, 偏涝气候趋势增强。

(4) 冬季突变年份是 1977、2000 年, 1961-1976 偏涝,

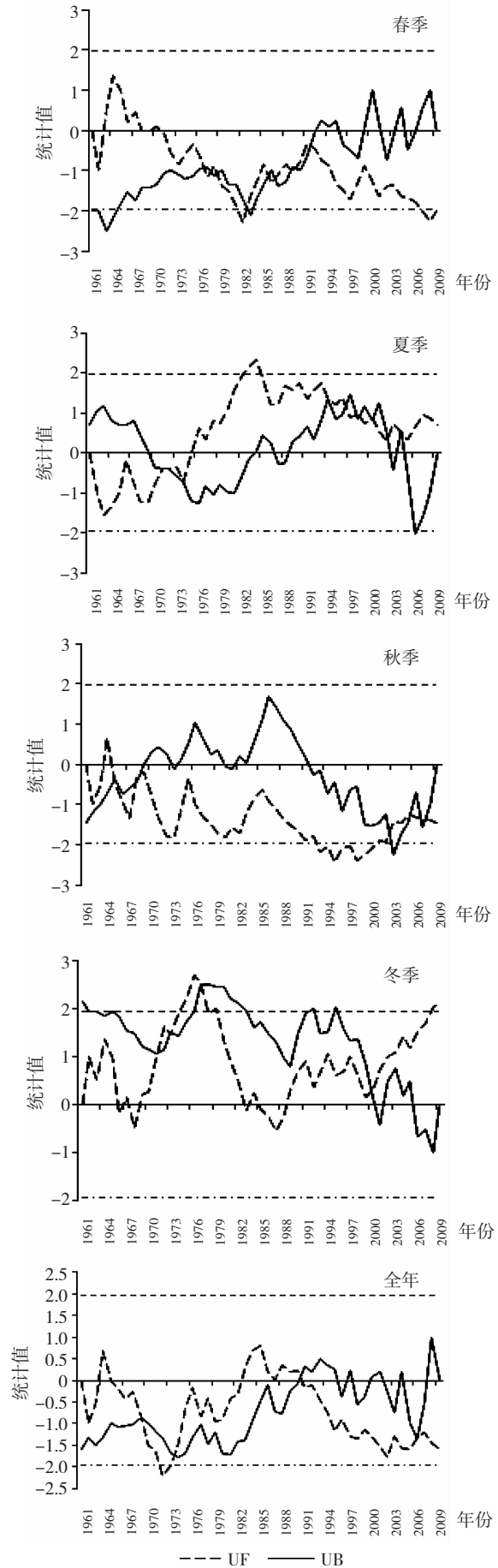


图 3 四季和年区域干旱指数 X_t 的 Mann-Kendall 检验

1977-1999 年干旱气候频率高, 气候向干旱化发展趋势在 1973-1978 年间达到显著水平; 2000 年以后干旱气候趋势减弱, 并在 2007 年这种趋势达到显著水平。

(5) 年干旱指数的突变年份是 1973、1991 年, 1972 年以前气候波动较大, 干旱气候趋势增强, 在 1971-1972 年间这种趋势达到显著水平; 1973-1990 年间气候干旱趋势减弱, 在 1983-1990 年间达到显著水平, 1991 年以后, 气候变干趋势增加。

5 结论

(1) 近 49 年来, 渭北旱塬气温呈现明显增温趋势, 速率为 $0.246^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。80 年代后期至今气温呈急剧上升趋势, 且在 1994 年发生了明显增温突变。

(2) 在气候变暖的大背景影响下, 出现了 2 年重旱、3 年大旱、5 年偏旱。偏旱年份集中在 21 世纪初的几年, 重旱和大旱年份主要出现在 70 年代后期和 90 年代后期。各季节干旱年份存在差异, 除春季外, 各季节重旱年份出现在 90 年代。季节性连旱常有发生, 冬春季连旱次数最多, 对农业生产的影响也最大。夏季大旱和四季连旱是造成渭北旱塬地区严重干旱年份形成的重要原因。

(3) 通过区域干旱指数趋势分析, 气候变化趋势向干旱方向发展, 夏季和冬季干旱趋势减轻, 春季和秋季干旱趋势增加。旱涝气候在季节和年时间尺度上发生了明显的突变, 离现在最近的突变年份分别为: 春季 1992 年、夏季 1997 年、秋季 2003 年、冬季 2000 年、年 1991 年。

(4) 自 20 世纪 90 年代初气候向暖干化趋势发展, 使干旱发生的频率增加和范围进一步扩大, 农业生产部门及水利部门应做好抗旱的工作, 减少气候变化带来的负面影响, 有利于渭北旱塬地区农产品产量和品质的提高, 从而促进社会

经济的可持续发展。

参考文献:

- [1] IPCC. Summary of 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, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 于成龙, 张海林, 刘丹. 黑龙江省极端温度时空演变特征分析[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(10): 33-36.
- [3] 祁海霞, 智协飞, 白永清. 中国干旱发生频率的年代际变化特征及趋势分析[J]. 大气科学学报, 2011, 34(4): 447-455.
- [4] 陈方藻, 刘江, 李茂松. 60 年来中国农业干旱时空演替规律研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2011, 36(4): 111-114.
- [5] 谭学志, 粟晓玲, 邵东国. 基于 SPI 的陕西关中地区气象干旱时空特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 224-229.
- [6] 鞠笑生, 杨贤为, 陈丽娟, 等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报, 1997, 8(1): 26-33.
- [7] 张存杰, 王宝灵, 刘德祥, 等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象, 1998, 17(4): 381-389.
- [8] 杨晓华, 杨小利. 基于 Z 指数的陇东黄土高原干旱特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(3): 248-253.
- [9] 孟丹丹, 殷淑燕. 陕西渭北旱塬地区县域经济发展与生态建设互动研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(1): 20-24.
- [10] 西安地图出版社. 陕西省地图册[M]. 西安: 西安地图出版社, 2009: 1-268.
- [11] 符涂斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 482-493.
- [12] 王志伟, 翟盘茂. 中国北方近 50 年干旱变化特征[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 61-68.
- [13] 张立伟, 延军平. 咸阳市气候暖干化及干旱灾害趋势判断[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(10): 131-135.