第31卷 第2期
2013年6月

干 旱 气 象
Journal of Arid Meteorology

Vol. 31 No. 2
June, 2013

郭 林, 张 凯, 王毅荣, 等. 甘肃黄土高原水热气候异常阶段特征[J]. 干旱气象, 2013, 31(2): 313 - 317, doi: 10.11755/j.issn.1006 - 7639(2013) - 02 - 0313

甘肃黄土高原水热气候异常阶段特征

郭 林[1,2], 张 凯[1], 王毅荣[2], 雷 俊[2]

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 743000)

摘 要: 利用1960 ~ 2004年相关地面实测气象资料, 分析甘肃黄土高原地区水热气候异常变化的阶段性特征。结果表明, 该地区地表变暖最为突出, 夏半年增幅明显大于冬半年, 地温随深度加深增温幅度越大; 降水日数减少, 连阴雨天气时段缩短、过程雨量减少, 无雨时段增长, 日照出现2次突变、呈现下降趋势; 降水日数在1991年后突变减少, 最长连续降水日数及过程降水量在1978年后突变减少。

关键词: 黄土高原; 水热气候异常; 突变; 周期; 阶段性

文章编号: 1006 - 7639(2013) - 02 - 0313 - 05 doi: 10.11755/j.issn.1006 - 7639(2013) - 02 - 0313

中图分类号: P461 **文献标识码**: A

引 言

甘肃黄土高原, 占整个黄土高原面积的1/5, 是整个黄土高原中海拔较高、黄土最为深厚的地区, 由少数残留的黄土塬和破碎的梁峁丘陵组成, 甘肃黄土高原地区既是国家经济发展战略西移的重要经济地理单元, 又是全国水土流失的重点区域, 植被极度破坏, 荒漠化趋势加剧, 资源难以为继, 农业结构单一, 畜牧业结构不合理, 经济发展落后, 生态脆弱和气候敏感, 它的环境治理不仅影响到西部大开发的实施, 而且影响到黄河中下游的安全问题。由于受黄土高原恶劣的自然条件和贫困落后的经济条件制约, 治理速度缓慢, 森林覆被率与实际需求相差甚远, 水土流失问题仍然十分严重, 环境问题成为制约经济发展的重要因素, 区内农、牧、林业生产对气候条件的依赖性极强[1-3], 治理环境和发展经济等都迫切需要对该区气候系统, 尤其是对地面层气候系统变化特征应有一个全面的、科学的认识。干旱是这一地区的主要农业气候灾害[4], 黄土高原气温对土壤湿度也存在一定的影响[5], 气温稳定通过10 ℃的初日越来越早, 特别是20世纪90年代以后, 早的趋势更加明显[6], 区域性暴雨事件趋于减少[7], 气候转湿的迹象也不太明显[8]。甘肃黄土高原临近青藏高原, 青藏高原周边的大气环流地区差别较大, 青藏高原的动力、热力对周边影响差异较大, 青藏高原东侧邻近地区在气候变化中具有其特殊性, 近一百多年全球气候变化以增暖为主要特征。黄土高原增温显著、降水突变减少、干旱频繁、土壤干化。黄土高原土壤深厚、蓄水能力强, 水热配置又存在东西部差异。有必要对黄土高原水热资源进一步研究, 本文重点分析其演变的异常特征规律。

1 资料与方法

1.1 资 料

利用甘肃黄土高原区域内的34个分布比较均匀的气象站(图1)1960 ~ 2004年地面观测资料, 有气温、土壤浅层(0 cm、5 cm、10 cm、20 cm)温度、降水量、月最大日降水量、降水(≥0.1 mm)日数、最长连续降水日数(≥0.1 mm)及期间降水量、最长连续无降水日数(<0.1 mm)、相对湿度、蒸发量、总云量、低云量、日照时数等要素。

1.2 方 法

采用EOF分解提取主要时间变化信息, 分解中均使用标准化资料。为分析气候要素演变的周期和

收稿日期: 2011 - 11 - 04; **改回日期**: 2013 - 01 - 18

基金项目: 国家公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106029)、甘肃省自然科学基金项目(3ZS061 - A25 - 009)、干旱气象科学研究基金项目(IAM201206)共同资助

作者简介: 郭林(1966 -), 男, 甘肃定西人, 工程师, 主要从事应用气象研究. E - mail: guolin52996@126.com

阶段,采用了小波分析技术,小波基(母波)采用墨西哥帽小波。为了诊断其突变年份,使用滑动 t 检验方法。区域平均值采用加权计算。以序列的线形拟合方程一次项系数为线形趋势,系数大小表示线形变化率。

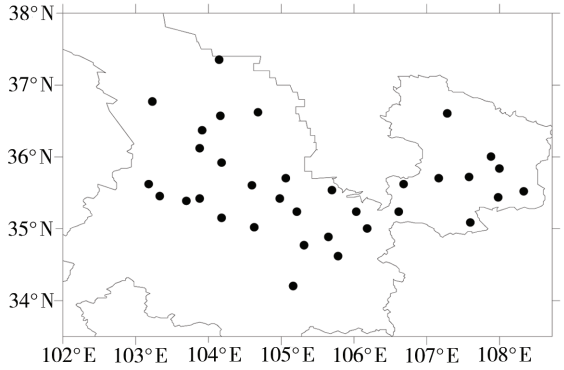

图 1 甘肃黄土高原 34 站点分布

Fig. 1 The 34 observational stations distribution in Gansu loess plateau

2 黄土高原水热基本特征

2.1 地 温

45 a 中,0 cm 地面温度以 0.316 ℃/10 a 速度上升(在 $\alpha=0.01$ 水平上相关显著),5 cm、10 cm、20 cm 地温以 0.184 ~ 0.201 ℃/10 a 速度上升;夏半年增幅明显大于冬半年;地表变暖最为突出,5 ~ 20 cm 地温随深度加深而增温幅度越大。

2.2 降 水

45 a 中甘肃黄土高原年降水量以 13.257 mm/10 a 的速率减少(在 $\alpha=0.1$ 水平上相关显著),年降水日数以 3.165 d/10 a 的速率减少(在 $\alpha=0.05$ 水平上相关显著),连阴雨天气时段缩短显著(在 $\alpha=0.05$ 水平上相关显著),过程雨量也减少,无雨时段增长。

2.3 日 照

年总日照时数以 7.08 h/10 a 下降,主要体现在冬春时节;4、7 月和秋季(9 ~ 11 月)有增加的趋势。

3 黄土高原水热演变特征

对 1960 ~ 2004 年 34 站相关要素资料标准化处理,消除季节差异,建立 528 月长的新序列,分别进行 EOF 分解,看到各要素 EOF1 对总方差解释率较高,基本概括要素场的主要信息;PC1(EOF1 空间型对应的时间系数)曲线由图 2 给出(图中虚线为 PC1 曲线,实线为其 9 点平滑曲线),图 3 给出 PC1 序列的小波分析。

3.1 地 温

月平均地面(0 cm)温度、平均 5 cm 地温、平均 10 cm 地温、平均 20 cm 地温 PC1 方差贡献分别为 70.89%、61.89%、60.89%、59.01%,可见每个要素场的第一空间型提取了其时空演变的主要特征,PC1 曲线变化表征了主要空间分布场的年际变化情况。

从 PC1 曲线(图 2a)和 PC1 的小波分析(图 3a)看到,地面(0 cm)温度在 1960 年代中期至 1990 年代初期突出的正负偏距以 96 ~ 132 月的周期相间出现,1990 年代中后期以后正距平突出,本世纪初偏距呈现减小趋势。存在 12 ~ 60 月、96 ~ 132 月周期,其中在 1978 年之后 36 ~ 48 月周期加强。地面温度在 1986 年 8 月附近发生突变(滑动 t 检验中在 0.001 信度水平上显著),在 1986 年 8 月之前以负距平为主,地温偏低,突变之后以正距平为主,地温显著偏高。5 cm 地温、平均 10 cm 地温、平均 20 cm 地温(图略)周期、突变、阶段特征类似于地面温度。

3.2 降水

3.2.1 降水量

月降水量 PC1(PC1 方差贡献 58.68%,图 2b,图 3b)曲线图显示出,甘肃黄土高原降水量存在 3 个相对少雨阶段,即 1970 年前后、1970 年代末、1980 年代初和 1990 年代后期,2000 年以后出现多雨趋势。1977 年之前存在 12 ~ 36 月和 108 ~ 120 月周期,以 12 ~ 36 月周期为主,1980 年代以 60 ~ 72 月周期为主,1990 年代中 168 月左右的长周期加强,48 月以下的周期不断缩短;少雨时段长周期明显。以 1978 年 10 月、1988 年 12 月和 1995 年 2 月为界点,在滑动 t 检验中的 0.05 信度水平上显著,表明存在明显的阶段性变化;1978 年 10 月前和 1989 年 1 月至 1995 年 2 月以正距平为主,其他时段以负距平为主。

3.2.2 降水日数(≥0.1 mm/d)

降水日数(PC1 方差贡献 63.57%,图 2c,图 3c)在 1960 年代中期、1970 年代中期和 1980 年代中后期到 1990 年代初等 3 个阶段相对偏多,1980 年代、1990 年代中期负距平明显,降水量日数偏少。存在较明显的 12 ~ 36 月和 108 ~ 156 月振荡周期,在 1980 年代中后期周期缩短,以 60 月左右的周期为主。在 1991 年 6 月附近发生突变(滑动 t 检验中在 0.001 信度水平上显著),在 1991 年 6 月之前以正距平为主,1991 年 6 月后以负距平为主。

3.2.3　最长连续降水日数(≥0.1 mm)及过程降水量

月最长连续降水日数(PC1 方差贡献 49.94%,图 2d,图 3d)在 1960 年代中期、1970 年代中期和 1980 年代中后期等 3 个阶段相对偏多,其他时段以负距平为主,尤其是进入 1990 年代后处于较长时段的偏少状态。存在明显的 12 ~ 60 月和 96 ~ 120 月振荡周期。在 1978 年 11 月附近发生突变(滑动 t 检验中在 0.005 信度水平上显著),在 1978 年 11 月之前以正距平为主,之后以负距平为主。

连续降水总量变化(PC1 方差贡献 41.86%,图 2e,图 3e)基本是 1960 年代中期、1970 年代中期和 1980 年代中后期到 1990 年代初期和本世纪初等阶段降水总量以正距平为主,1970 年左右、1980 年代初、1990 年代中期负距平明显,过程降水总量偏少。在 1978 年之前振荡周期由 12 个月向 120 月逐渐增长,1978 年之后周期由 120 个月向 12 月逐渐缩短,又出现 180 个月左右的长周期。在 1978 年 11 月附近发生转折(滑动 t 检验中在 0.05 信度水平上显著),在 1978 年 11 月之前以正距平为主,之后以负距平为主。

3.2.4　月最长连续无降水日数(<0.1 mm)

月最长连续无降水日数(PC1 方差贡献 49.6%,图 2f,图 3f)在 1960 年代初、1980 年代中期至 1990 年代初和本世初以负距平为主,连续无降水日数较短;1990 年代中后期正距平突出,连续无降水日数增长。存在明显的 12 ~ 48 月、60 ~ 84 月短周期和 120 ~ 144 月的长周期。在 1996 年 11 月附近发生突变(滑动 t 检验中在 0.001 信度水平上显著),在 1996 年 11 月之前以负距平为主,连续无降水日数较短,突变之后以正距平为主,连续无降水日数显著增多。

降水量、月最大日降水量、月最大日降水量出现日期、降水(≥0.1 mm)日数、最长连续降水日数(≥0.1 mm)、最长连续降水(≥0.1 mm)期间降水量、最长连续无降水日数(<0.1 mm)等 7 要素在 1978 年前后存在较为明显的周期变化和阶段差异。

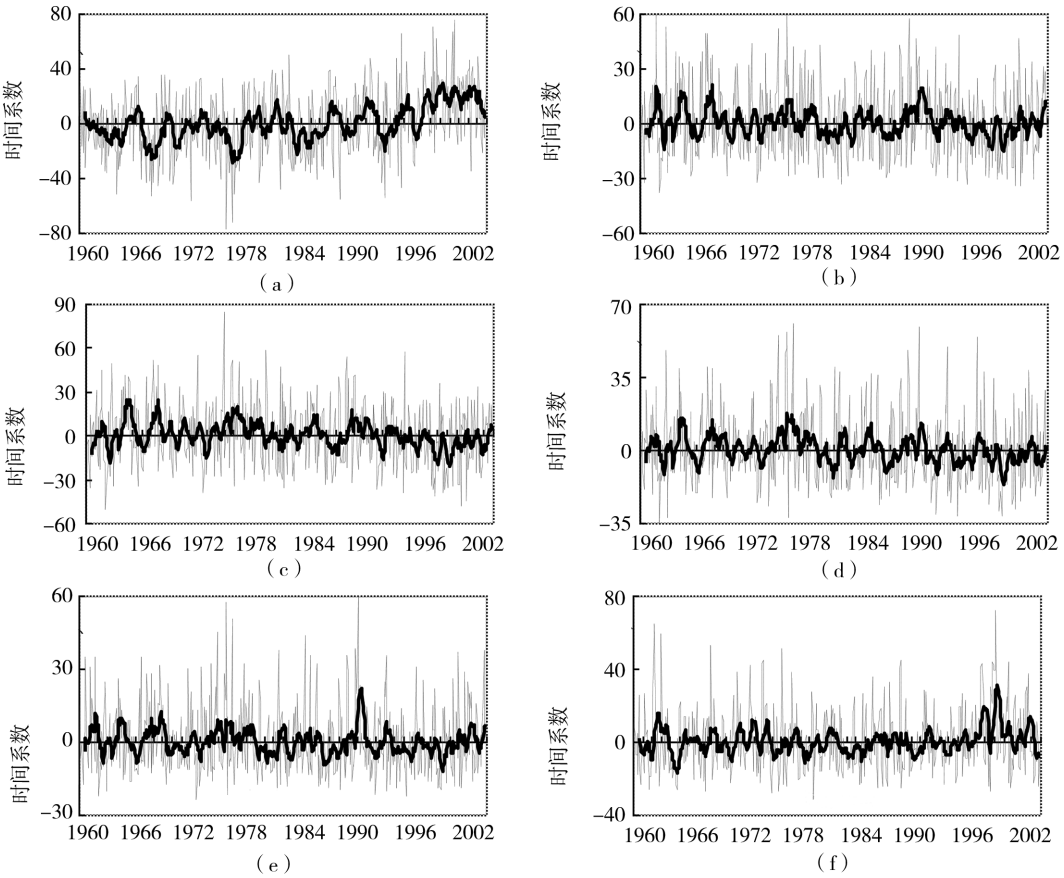

图 2　气候要素逐月序列 EOF 分解的 PC1 曲线

(a)0 cm 地温,(b)降水量,(c)降水≥0.1 mm 日数,(d)最长连续降水日数,
(e)最长连续降水日数(≥0.1 mm)降水量,(f)月最长连续无降水日数

Fig. 2　The first time coefficient of EOF for monthly climate factors

(a)0 cm ground temperature, (b)rainfall,(c)rain days (rainfall≥0.1 mm),
(d)the longest continue rainfall days, (e)rainfall during the continue
rainfall process(≥0.1 mm), (f)the longest no rainfall days in a month

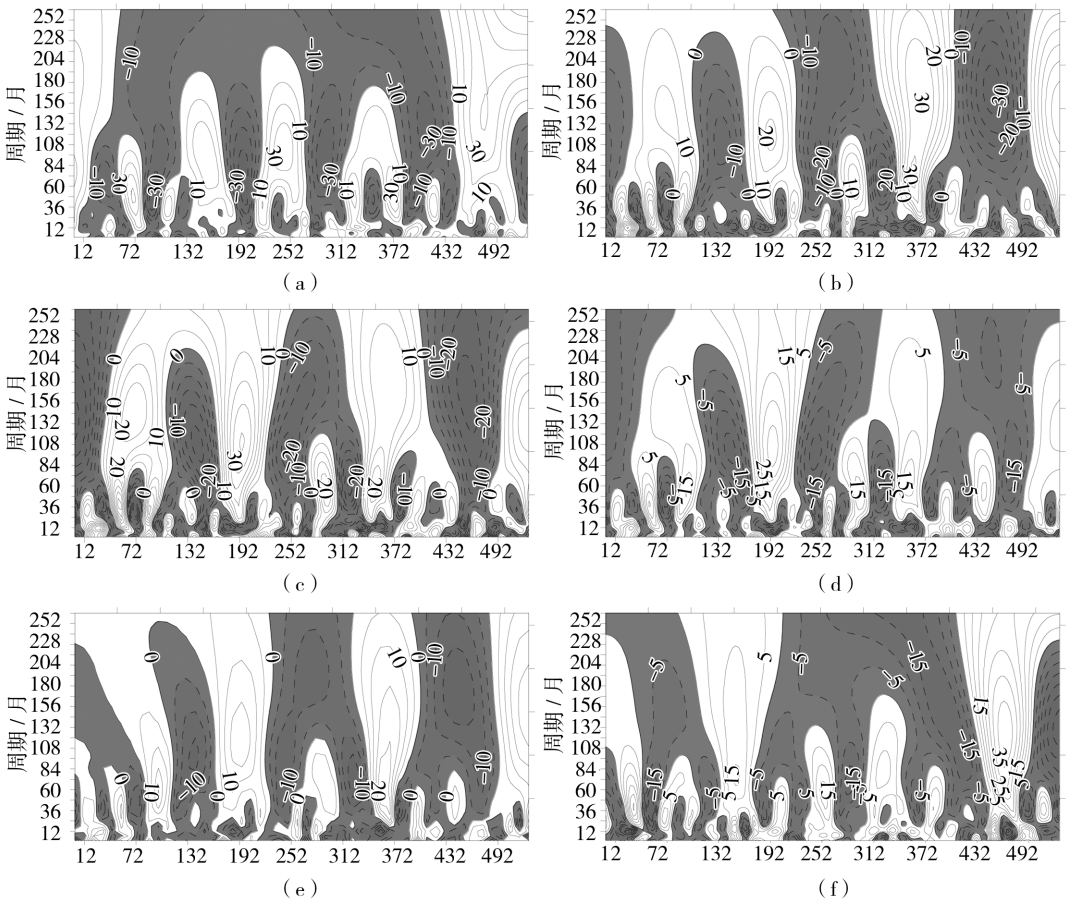

图 3 气候要素 PC1 小波分析图

(a)0 cm 地温,(b)降水量,(c)降水≥0.1 mm 日数,(d)最长连续降水日数,

(e)最长连续降水期间(≥0.1 mm)降水量,(f)月最长连续无降水日数

(横轴为时间,单位:月)

Fig. 3 The wavelet of PC1 for monthly climate factors

(a)0 cm ground temperature, (b)rainfall, (c)rain days (rainfall≥0.1mm),

(d)the longest continue rainfall days, (e)rainfall during the longest

continue rain days(≥0.1 mm), (f)the longest no rainfall days in a month

3.3 日照

日照时数(PC1 方差贡献 73.1%,图略)在 1960 年代初和 1980 年代负距平明显,日照偏少;1960 年代中后期至 1970 年代、1990 年代中后期以正距平突出,日照偏多,本世纪又出现减少趋势。12 月左右周期贯穿 44 a 之中,此外在 1978 年之前振荡周期由 36 月到 108 月逐渐增长,1978 年后又逐渐缩短。1981 年 5 月(滑动 t 检验中在 0.001 信度水平上显著)和 1993 年 8 月(滑动 t 检验中在 0.005 信度水平上显著)为突变点,1960 年 1 月至 1981 年 5 月和 1993 年 9 月至 2004 年 12 月以正距平为主;1981 年 5 月至 1993 年 8 月间以负距平为主。

4 结论和讨论

(1)1960 ~ 2004 年间,甘肃黄土高原地区降水量、降水日数减少,连阴雨天气时段缩短、无雨时段增长、过程雨量减少,浅层地温呈上升趋势,日照时数呈下降趋势。

(2)地温夏半年增幅明显大于冬半年,5 ~ 20 cm 地温随深度加深增温幅度越大。

(3)月降水量在 1978 年 10 月前和 1989 年 1 月至 1995 年 2 月偏多,其他时段偏少;月最长连续降水日数及过程降水量在 1978 年后也突变减少。日照在 1981 年 5 月和 1993 年 8 月发生 2 次突变。月平均地温(0 cm、5 cm、10 cm 和 20 cm)在 1986 年 8 月附近发生突变,随后地温显著升高。

(4)月地温(0 ~ 20 cm)存在 12 ~ 60 月、96 ~ 132 月周期,其中在 1978 年之后 36 ~ 48 月周期加强。月降水量 1977 年之前以 12 ~ 36 月周期为主,1980 年代以 60 ~ 72 月周期为主,1990 年代中 168 月左右的长周期加强。月最大日降水量 1985 年之前以 18 ~ 36 月周期为主;月最大日降水量出现日期存在 12 ~ 48 月振荡周期;降水日数以 60 月左右的周期为主。月最长连续日降水日数存在 12 ~ 60 月和 96 ~ 120 月振荡周期,连续降水总量 1978 年之前振荡周期由 12 个月向 120 月逐渐增长,1978 年之后周期由 120 月向 12 个月逐渐缩短。月最长连续无降水日数存在明显的 12 ~ 48 月、60 ~ 84 月短周期和 120 ~ 144 月的长周期。日照时数 1978 年之前振荡周期由 36 月到 108 月逐渐增长,1978 年后又逐渐缩短。

黄土高原地区气温和积温都呈现出上升趋势,黄土高原中部地区和秋季增加最为显著[9-11],地温演变趋势与此相一致;暖干化对农业影响突出[12]。

参考文献:

[1] 张强,陈丽华,王润元,等. 气候变化与西北地区粮食和食品安全[J]. 干旱气象,2012,30(4):509 - 514.

[2] 张恩和,黄高宝. 甘肃黄土高原农业可持续发展的限制因素与克服途径[J]. 水土保持学报,2002,16(5):9 - 13.

[3] 徐国昌. 干旱减灾问题的回顾与思考[J]. 干旱气象,2012,30(4):489 - 497.

[4] 王劲松,李耀辉,王润元,等. 我国气象干旱研究进展评述[J]. 干旱气象,2012,30(4):497 - 509.

[5] 史晓霞. 黄土高原半干旱区主要作物生育期土壤水分变化[J]. 干旱气象,2011,29(4):461 - 465.

[6] 郭江勇,李耀辉. 甘肃黄土高原气温 10 ℃初日的变化特征[J]. 干旱气象,2005,23(4):24 - 29.

[7] 王毅荣,林纾,张存杰. 中国黄土高原区域性暴雨时空变化及碎性特征[J]. 高原气象,2007,26(2):373 - 379.

[8] 汤懋苍,高晓清,朱德琴. 本世纪西北气候可能转型的依据和原因[J]. 冰川冻土,2004,25(2):170 - 173.

[9] 王毅荣. 1960 ~ 2005 年黄土高原地区积温演变[J]. 冰川冻土,2007,29(1):119 - 125.

[10] 张定全,王毅荣. 中国黄土高原地区春季气温时空特征分析[J]. 高原气象,2005,24(6):898 - 904.

[11] 王毅荣. 黄土高原秋季气候对全球增暖的暖干化区域响应[J]. 高原气象,2008,27(1):104 - 112.

[12] 宁惠芳,林婧婧,陈佩璇. 甘肃省气候暖干化与农业干旱灾害的联系[J]. 干旱气象,2010,28(2):198 - 203.

Analysis of Abnormality of Water and Heat Resources in Gansu Loess Plateau

GUO Lin[1,2], ZHANG Kai[1], WANG Yirong[2], LEI Jun[2]

(1. *Key Laboratory of Arid Climatic Changing and Reducing Disaster of Gansu Province*, *Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA*, *Institute of Arid Meteorology*, *China Meteorological Administration*, *Lanzhou* 730020, *China*; 2. *Dingxi Meteorological Bureau of Gansu Province*, *Dingxi* 743000, *China*)

Abstract: Based on surface meterological data from 34 weather stations in Gansu during 1960 - 2004, the abnormal variation of water and heat resources on the Gansu loess plateau was analyzed by using weighted average, wavelet analysis and EOF (empirical orthogonal function). Results show that the ground temperature increased obviously after 1983, the increasing amplitude in summer was more than that in winter, and the increasing amplitude of groud temperature was bigger with depth deepening. The rainfall days decreased obviously after 1991, the length of successive raining days shortened and no rain days extended, the longest continuous rainfall days and procession precipitation decreased after 1978. The sunshine hours also presented decreasing trend.

Key words: loess plateau; abnormal climate; abrupt change; periods; phase