

黄土高原汛期降水年代际演变

王毅荣^{1,2}, 张旭东², 冯建英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. 兰州区域气候中心, 甘肃兰州 730020)

摘要: 利用黄土高原区域 40 a 的降水资料, 研究汛期降水年代际演变。结果表明, 黄土高原汛期早涝交错的变化幅度不断减小; 降水带南移雨量带南移。20 世纪 80 年代较 60 年代南移 0.6 个纬度, 90 年代南移约 1.8 个纬度(高原东部地区南移 4 个纬度)。前 3 个模态演变的转折(突变)时间和显著程度不同, 但其振荡强度和周期的阶段性与降水对应较好。多雨期降水变幅大, 周期短, 振荡强。少雨期对应多周期, 弱振荡。降水异常的敏感区年代际变动明显, 演化路径基本由东北向西南移动, 高原西部旱涝灾害趋向频繁。

关键词: 黄土高原; 汛期; 降水; 区域响应

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)06—0067—04

中图分类号: P461

Decennial Evolvement of Abnormal Rainfall During Flood Season over the Loess Plateau

WANG Yi-rong^{1,2}, ZHANG Xu-dong², FENG Jian-ying²

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province and China Meteorological Administration, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: The decennial evolvement of abnormal rainfall in flood season over the Loess Plateau of China were studied using the rainfall data of the recent 40 years. Results showed that the range of abnormal rainfall decreased in flood season. The rainfall belt significantly shifted to the south with 1.8 lat. degrees from 1960s to 1990s and 0.6 lat. degrees from 1960s to 1980s. Each of the first 3 models of rainfall had different change points and periods, but multiple periods and weak surges corresponded with rainy time, being contrary to the time of rain shortage. The region sensitive to abnormal rainfall flowed from northeast to southwest. The west part of the Loess Plateau tended to be arid.

Keywords: Loess Plateau; flood season; rainfall; regional response

联合国政府间气候变化委员会(IPCC)在 2001 年发布的第三次科学评估报告指出区域变化不是孤立的, 区域变化既可以认为是全球变化的区域表现, 又可以认为是全球变化的区域响应^[1]。近百年来全球气候发生了以增暖为主特征的变化^[2-3]。叶笃正等研究^[4]认为中国过去 50 a 中气候带北移, 产生相应的季节响应。在研究西北和华北的降水变化中积累了大量有意义的经验和结论^[5-6], 但对具有独特地理地貌的黄土高原未引起足够重视。黄土高原位于黄河中上游和海河上游地区^[7], 东起太行山, 西至日月山, 南界秦岭, 北抵鄂尔多斯高原, 总面积 $5.17 \times 10^5 \text{ km}^2$, 包括河北西部, 山西全部, 陕西中北部, 甘肃

中东部, 宁夏南部及青海东部等地, 土质疏松, 水蚀强烈, 大部分地区都已被洪水切割成为破碎的梁峁丘陵。黄土高原西部和北部临近大陆干旱气候区, 受到沙漠化的严重威胁, 而高原的其它地区则农田较多, 植被缺乏, 这里既是气候变化敏感区, 又是生态环境脆弱带, 是干旱多发地区, 也是水土流失十分严重的地区, 是黄河中上游水土保持重点区域^[8-10]; 4—9 月是黄土高原区域的汛期, 降水占年总降水量的 75%~91%, 在研究黄土高原汛期降水年际变化的基础上^[11-13], 进一步研究降水的年代际变化, 对认识黄土高原区域气候响应和水土保持各项治理措施的具体实施都很有必要。

收稿日期: 2006-08-20

修回日期: 2007-10-21

资助项目: 国家自然科学基金项目(40675066); 科技部社会公益研究专项“中国干旱气象灾害监测预警方法研究”(2004DIB5J192)

作者简介: 王毅荣(1967—), 男(汉族), 甘肃省定西市人, 高级工程师, 主要从事气候变化预测研究。E-mail: werice@163.com.

1 资料与方法

1.1 资料

本文利用中国黄土高原区域内的分布比较均匀的 51 个气象站,1961—2000 年 4—9 月实测降水资料;日降水≥50.00 mm 统计为暴雨。

1.2 方法

(1) 采用 EOF(自然正交分解函数)分解方法提取场的主要信息。

(2) 采用了小波分析方法,小波基(母波)取 Morlet 小波^[14]。

(3) 为了分析变化的阶段性,确定突变年份,采用累积距平曲线法,滑动 t 检验方法和 Petitt 方法计算变点^[15]。Petitt 方法,即:对时间序列 $X_t(t=1, 2, \dots, m)$,定义统计量

$$U_{t,m} = \sum \sum D_{i,j} \quad (1 \leq i \leq t, 1+t \leq j \leq m, 1 \leq t \leq m-1)$$

$$\text{其中 } D_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{当 } X_i > X_j \\ 0 & \text{当 } X_i = X_j \\ -1 & \text{当 } X_i < X_j \end{cases}$$

令 $K_{t_0} = \max |U_{t,m}|, 1 \leq t \leq m-1$,计算 $P_0 = 2\exp[-6k_0^2(m^3+m^2)]$,若 $P_0 \leq 0.5$,则认为点 t_0 为统计上显著的变点,然后以此变点为界将原序列分成 2 个子序列,继续检测新的变点,依次类推。

计算峰度系数,统计学上用样本序列的一阶原点距作为其均值,二阶中心距作为其方差,三阶中心距反映偏峰度,四阶中心距反映它的峰度^[16]。

2 黄土高原汛期降水基本时空特征

黄土高原地区汛期 40 a 的平均降水空间分布自西北向东南逐渐增多,在五台山、华山有局地地形抬升造成的大降水中心。黄土高原约 16% 的地方降水量小于 250 mm,60% 的地方在 450 mm 以下,10% 的地方降水量大于 500 mm。黄土高原 40 a 平均降水量 388.9 mm;汛期降水占年总降水量的比例也呈现出自西北向东南逐渐递减,4/5 的地区占年总降水量比例在 80% 以上,整体在 75% 以上,平均比例为 84.6%。暴雨是黄土高原地区汛期降水的重要形式,40 a 黄土高原地区暴雨频次空间分布自西北向东南明显递增,高原西北部最少,青海、甘肃两省交界地带及宁夏南部在 10 次以下,平均 1 次/4 a;关中平原地带和山西高原一带暴雨较多,平均 2~3 次/4 a;华山和五台山因地形作用,暴雨频次最多。整个黄土高原暴雨总频数的时间分布呈下降趋势,减少速度平均 3.1 次/10 a;暴雨雨量呈增加趋势。

3 黄土高原降水年代际演变和响应

3.1 黄土高原汛期极端降水演变

用四阶中心距所反映的峰度系数值来表征极端降水。从汛期峰度系数场可以看到 20 世纪 60 年代峰度系数最大,70—80 年代较小,90 年代最小,反映出极端降水年代际变化情况。90 年代极端降水远远小于 60 年代,表明高原旱涝交错的变化幅度减小;高原中部地区峰度值较大,尤其在六盘山区、太行山区、吕梁山区等地有峰度大值中心,说明这些地区是降水极端偏少(多)的区域,易出现大旱大涝。

3.2 雨量带年代际演变

400 mm 雨量等值线是重要的气候标志线,在黄土高原地区基本跟农牧交错带一致,是半湿润与半干旱的界限。经分析汛期黄土高原平均降水量空间分布变化,发现等雨量线总体上南移,但也存在年代际振荡。图 1 给出 400 mm 等雨量线空间移动情况。

从图 1 中看到 400 mm 雨量线在 60 年代处在最北部,除黄土高原的西北部外,2/3 以上区域包括在 400 mm 雨量线内;70 年代较 60 年代南移约 0.6 个经纬度,接近高原中部,南移幅度东部明显大于西部;80 年代在 70 年代水平上略有北抬;90 年代南移突出,移幅较大,较 60 年代南移约 1.8 个经纬度,尤其是高原东部地区(较 60 年代南移约 4.1 个经纬度),除关中平原外基本在 400 mm 雨量线以外,蜕变为半干旱气候区。雨量等值线的空间变动,反映出该区域对全球气候变暖的年代际响应特点是雨量带南移。

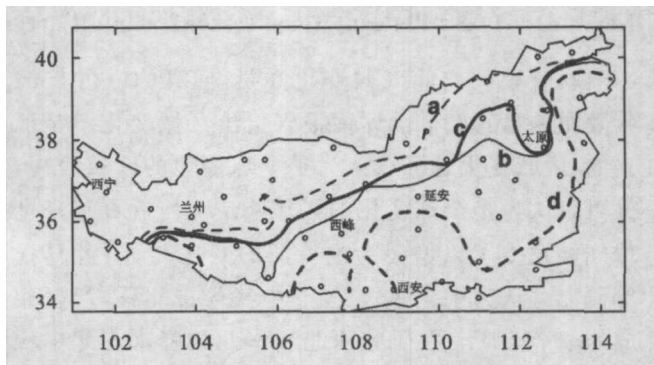


图 1 20 世纪 60—90 年代 400 mm 雨量线空间分布
a. 60 年代等雨量线 b. 70 年代等雨量线
c. 80 年代等雨量线 d. 90 年代等雨量线

3.3 黄土高原汛期敏感区演变

EOF 用于提取气象场时空变化的优势信号特征具有明显的优势。降水资料进行标准化处理后,分别对各年代汛期降水量进行 EOF 分解,EOF 第一模态的贡献由表 1 给出,第一模态反映场的主要特征。

表 1 20 世纪 60—90 年代方差贡献 %

年代	60	70	80	90
方差贡献	61.95	42.89	45.86	37.04

从汛期 EOF 第一模态(图 2a—d)变化看,20 世纪 60 年代降水变化的敏感区在吴起—横山—榆林一

带,20 世纪 70 年代敏感区向东向西延伸;20 世纪 80 年代是东边收缩向南有所扩展,主要集中在六盘山地区;20 世纪 90 年代发展为两个集中区域六盘山地区、三门峡一带。

敏感区演化路径基本是由东北部向西南移动,这意味着高原西部旱涝灾害趋向频繁。

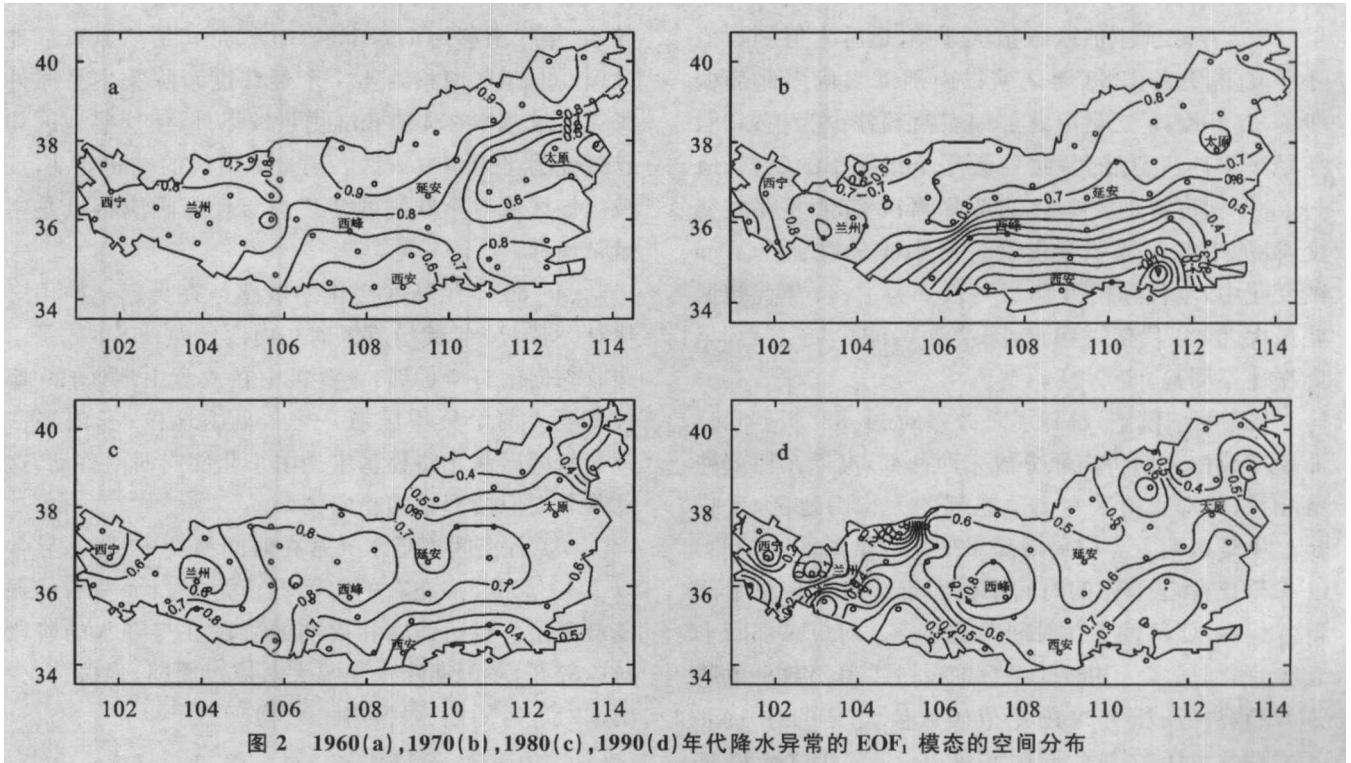


图 2 1960(a),1970(b),1980(c),1990(d)年代降水异常的 EOF₁ 模态的空间分布

3.4 黄土高原汛期模态演变

对高原 1961—2000 年汛期降水进行 EOF 分解,表 2 给出前 3 个模态方差贡献(累积达 68.46%),基本概括了黄土高原 40 a 汛期降水场的时空特征。

表 2 1961—2000 年 3 个模态方差贡献 %

模态	1	2	3	合计
方差贡献	43.67	13.41	11.33	68.46

(1) 第一模态,解释了总方差的 43.67%,最显著的特征是全区一致的正值,表现出多雨或少雨的全区一致性,大值区(>0.6)在高原中北部,这里是大幅地带,是降水变化的敏感区域,高原上汛期旱涝此地反映最明显。

EOF 第一模态的时间系数及其累计距平和 3 阶主值函数曲线,时间系数大于 0 对应降水偏多(反之偏少),其中时间系数与其 3 阶主值函数值之间相关系数通过 0.01 信度检验,3 阶主值函数对其原序列变化趋势具有代表性。3 阶主值函数是单调递减,反映降水呈现出减少的趋势;1973 年之前主值函数值

大于 0,在 1986 年之后主值函数值小于 0,说明在 1973 年之前为多雨时段,1986 年之后为少雨时段。1985 年距平累计达到最大,此处又是一级 Petitt 变点,通过 0.05 信度滑动 *t* 检验,表明降水在 1985 年发生突变,明显转到少雨。

由小波分析看到,在突变(1985 年)之前,年际振荡以 2 a,4 a,8 a 左右为周期。70 年代中期之前,振荡是近 40 a 来最强的;在 70 年代中后期到 80 年代突变之前的时段,年际振荡从 2 a 左右的周期转向 4 a 为主,且振荡是近 40 a 来最弱的。在突变之后,年际振荡以 4 a 左右的周期为主,振荡较强。多雨期(突变之前),振荡强说明降水变幅大,少雨期(突变之后),振荡较强说明降水减少幅度较大。

突变前后降水特征明显不同,也佐证了确定变点有一定的道理和意义。施雅风在研究中国西北气候转型中指出^[10],在西北地区东部自 80 年代中期以来降水量持续偏少,在西北地区东北侧,秋季降水量的均值突变年份主要集中在 70 年代,而在南侧,秋季降水量的均值突变年份主要集中在 80 年代中后期,时间上有从北向南推移的现象。

(2) 第二模态,解释了总方差的 13.41%,空间分布为零线东西向横穿高原,高原南北变化反向。相对大值区在高原南部的渭河平原地区,反映出这里是南北差异中局地降水变化的敏感区域。

EOF 第二模态的时间系数大于 0 对应高原南部降水偏多、北部偏少,时间系数小于 0 对应南部降水偏少、北部偏多。其系数的 3 阶主值函数呈现下降趋势,1988 年之前主值函数值大于 0,之后主值函数值小于 0;说明在 1988 年之前以南部降水偏多北部偏少为主,1988 年之后以北部偏多南部偏少为主;1984 年距平累计达到最大,此处又是 1 级 Petitt 变点,通过 0.05 信度滑动 t 检验,表明降水在 1984 年存在突变,高原南北趋势明显转变。由小波分看到在 40 a 的变化中,年代际振荡以 11~14 a 为主;80 年代初振幅最大,90 年代初振幅最小;突变(1984 年)之后,年际振荡不明显。

(3) 第三模态,解释了总方差的 11.33%,空间分布是零线南北向将高原分成东西两部,高原东西部趋势相反,相对大值区在高原东部的太行山地区,反映出这里是东西差异中局地降水变化的敏感区。

EOF 第三模态的时间系数大于 0 对应高原东部降水偏多,西部偏少。时间系数小于 0 对应东部降水偏少,西部偏多。其时间系数的 3 阶主值函数呈单调递减趋势。1973 年之前主值函数值大于 0,在 1986 年之后主值函数值小于 0,说明在 1973 年之前以东部偏多西部偏少为主,1986 年之后相反。1979 年距平累计达到最大,1985 年为次大值,1985 年处是 Petitt 变点,但都检测不到突变点。可以看到变点(1985 年)之后东部偏少的趋势越来越明显,相反西部向偏多发展,但高原西部偏多的程度不足以抵消高原整体偏少。文献[10]认为西北地区东部(即黄土高原的西部区)降水有偏多的迹象。

由小波分析到在年代际振荡中以 12~18 a 周期为主。变点(1985 年)之前振荡周期复杂、振幅较大,之后振幅减小、周期简单化。

4 结论

(1) 黄土高原地区汛期降水空间分布自西北向东南逐渐增多,汛期降水占年总降水量的比例也呈现出自高原西北向东南逐渐递减。暴雨是黄土高原地区汛期降水的重要形式,整个高原暴雨频次减少,而暴雨雨量增加。

(2) 90 年代极端降水远远低于 60 年代,旱涝交错的变化幅度明显减小。黄土高原中部地区峰度值较大,尤其在六盘山区、太行山区、吕梁山区等地有峰

度大值中心,这些地方都是易出现强降水或严重干旱的地区。

(3) 400 mm 雨量线在 60 年代最北部,除黄土高原的西北部外,2/3 以上区域包括在 400 mm 雨量线内;70 年代较 60 年代南移约 0.6 个经纬度,接近高原中部,南移幅度东部明显大于西部;80 年代在 70 年代水平上略有北抬;90 年代南移突出,移幅较大,较 60 年代南移约 1.8 个经纬度,尤其是高原东部地区(较 60 年代南移约 4.1 个经纬度),除关中平原外其它区域基本在 400 mm 雨量线以外,使这些地区均已蜕变为半干旱气候区。雨量等值线的空间变动,反映出该区域对全球气候变暖的年代际响应特点是雨量带南移。

(4) 60 年代降水变化的敏感区在吴起—横山—榆林一带,70 年代敏感区向东向西延伸;80 年代是东边收缩向南有所扩展,主要集中在六盘山地区;90 年代发展为两个集中区域——六盘山地区、三门峡一带。敏感区演化路径基本是由东北部向西南移动,这意味着高原西部旱涝趋向频繁。

(5) 各空间型降水异常在时间演变中,降水异常以 2~4 a 和 8 a 左右的年际振荡为主,4 a 左右的振荡最突出。振荡强度和周期的阶段性性与降水的阶段对应较好,多雨期降水变幅大对应短周期,强振荡,少雨期对应短周期、弱振荡。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC. Climate Change 2001. In: Houghton J. H, Ding Y, Griggs D. J, et al. eds. The scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Inter government Panel on Climate Change [R]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2001. 769.
- [2] IPCC. Climate Change 2001// McCarth J J, Canziani O F, Leary N A, et al. eds. Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Inter government Panel on Climate Change [R]. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2001. 1032.
- [3] 符凉斌,董文杰,温刚,等. 全球变化的区域响应和适应 [J]. 气象学报, 2003, 61(2): 245—249.
- [4] YE Duzheng, JIANG Yundi, DONG Wenjie. The northward shift of climatic belts in China during the last 50 years and the corresponding seasonal responses [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2003, 20(6): 959—967.
- [5] 李栋梁,谢金南,王文. 中国西北地区夏季降水特征及其异常研究 [J]. 大气科学, 1997, 21(3): 331—340.

(下转第 119 页)

对不同连作年限大棚土壤盐分及可溶性盐中不同离子含量变化的研究表明,随着连作年限的延长,大棚总盐量逐年上升,土壤盐分表聚严重;阳离子中以 Na^+ 为主,阴离子中以 Cl^- 为主。盐渍化成为大棚蔬菜的主要障碍因子。

结果分析表明,随着年限的延长,土壤主要肥力指标增加,N,P,K 比例失调, Cl^- , Na^+ 残存过多,盐分表聚,土壤盐渍化程度高,严重影响蔬菜大棚的可持续利用。

3 防治措施

3.1 合理轮作是克服土壤连作障碍的最佳措施

研究表明,蔬菜保护地连续使用几年后,一定时间的休闲,或黄瓜与豆类作物轮作是克服连作障碍的有效方式。既能吸收土壤中的不同营养成分,又可通过换茬调节土壤物理性状和微生物比例减轻病虫害发生,从而提高产量和产值。

3.2 平衡施肥,改变施肥方式

保护地蔬菜栽培上的盲目施肥现象十分严重,化肥的使用量一般都超过蔬菜需要量一倍以上,大量的剩余养分和副成分积累在土壤中,使土壤溶液的盐分浓度逐年升高,使土壤发生次生盐渍化,并造成蔬菜生理病害加重。因此,应该根据土壤的供肥能力和蔬菜的需要规律量化施肥,控制氮磷肥,增施钾肥,重施腐熟的有机肥,补施微肥。而且应该改变过去以土壤施肥为主的施肥方式,土壤施肥和叶面喷肥相结合,

以“肥勤施”为原则,提高肥料利用率,减少盐分积累,延缓或避免因不合理施肥而引起的连作障碍。

3.3 合理灌溉降低土壤水分蒸发量

常规的漫灌和沟灌都将加速土壤水分的蒸发,易使土壤盐分向土壤表层积聚。采用膜下暗灌和滴灌,用水量少,蒸发量小,不易使棚内形成高湿状态,减少病虫害发生,而且可有效防止土壤下层盐分向土壤表层积聚,是理想的灌溉措施。

3.4 夏季休闲期揭棚,进行高温暴晒

该地区夏季日照时间长,气温高,且高原地区紫外线辐射强。因此,应先充分利用环境特点,在前茬蔬菜作物拉秧后,夏季将棚膜揭开,利用高温杀死部分病原菌,以减少土壤中病原菌数量,同时可通过自然降雨,淋溶土壤中残存的有害离子。

[参 考 文 献]

- [1] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社,1980.
 - [2] 李家康,陈培生,沈桂琴,等. 几种蔬菜的养分需求与钾素增产效果. 土壤肥料,1997(3):3—6.
 - [3] 梁银丽,陈志杰,许福利,等. 黄土高原设施农业中的土壤连作障碍[1]. 水土保持学报,2004(4):36.
 - [4] 梁成华,吴建繁. 保护地蔬菜生理病害诊断及防治[M]. 北京:中国农业出版社,1999. 21—175,23.
 - [5] 吴风芝,刘德,王东凯,等. 大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J]. 中国蔬菜,1998,9(4):5—8.
 - [6] 杜连凤,刘文科,刘建玲,等. 河北蔬菜大棚土壤盐分状况及其影响因素[J]. 土壤肥料,2005(3):18.
-
- (上接第70页)
- [6] 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化趋势[J]. 高原气象,1999,20(6):465—476.
 - [7] 周立三. 中国农业地理[M]. 北京:科学出版社,2000. 347—364.
 - [8] 王毅荣,姚玉璧. 甘肃黄土高原土壤水分演变特征[J]. 土壤通报,2005,36(6):850—855.
 - [9] 殷水清,谢云. 黄土高原降雨侵蚀力时空分布[J]. 水土保持通报,2005,25(4):29—33.
 - [10] 王占礼,黄新会,张振国,等. 黄土裸坡降雨产流过程试验研究[J]. 水土保持通报,2005,25(4):1—4.
 - [11] 王毅荣. 中国黄土高原地区典型旱涝年降水特征[J]. 水土保持通报,2006,26(2):17—20.
 - [12] 王毅荣,王锡稳. 中国黄土高原地区4—9月雨量时空变化特征分析[J]. 高原气象,2006,25(4):737—743.
 - [13] 王毅荣. 黄土高原植被生长期旱涝对全球气候变化响应[J]. 干旱区地理,2005,28(2):161—166.
 - [14] 朱乾根,施能,吴朝晖,等. 近百年来北半球冬季大气活动中心的长期变化及其与中国气候变化的关系[J]. 气象学报,1997,55(6):750—757.
 - [15] 游性恬,朱禾,谷湘潜. 夏秋季长江、黄河流量长期变化的主要特征[J]. 气象学报,2003,61(4):480—486.
 - [16] 邹波,刘适达. 中国降水异常的特征分析[J]. 气象学报,2003,61(4):474—479.