

陇南伏期旱涝指数及预测模型

肖志强 尚学军 樊明 张燕 冯军 白建国

(甘肃省陇南地区气象局,武都 746000)

提 要

从陇南气候规律及农业生产实际出发,制定出客观定量衡量陇南伏期旱涝特征的旱涝指数,并利用1967~1996年旱涝指数,用EOF对陇南伏期旱涝进行分片,分析其时空分布特征,建立各片伏期旱涝均生函数预测模型,通过应用,预报准确率有较大提高。

关键词: 伏期旱涝 气候特征 预测模型

引 言

陇南各县年平均降水量在442.7~807.5mm之间,其中伏期(7月中旬~8月中旬)降水量占全年总降水量的30%以上^[1]。陇南秋粮播种面积近 $1.3 \times 10^5 \text{hm}^2$,约占全区粮食作物面积的50%,伏期是该地蓄墒关键期,正值陇南大秋作物处于最旺盛的生长阶段,该时段气温最高,作物需水量最大,是大秋作物需水关键时期。若少雨干旱,不但会直接影响到大秋作物的产量,而且由于过度失墒,深层土壤得不到补充,对入秋后冬小麦的播种生长十分不利。因此,我们从陇南气候规律及农业生产实际出发,通过探讨,制定出适合陇南山区农业生产服务特点的伏期旱涝指数,分析了其时空分布规律,建立了较为准确的均生函数预测模型。

1 伏期旱涝指数的确定

从陇南大秋作物生长关键时段出发,结合气候分布规律和当地土壤贮水情况,将伏期定为7月中旬~8月中旬。由于干旱的有无和轻重不但与该时段降水量的多少和旱段以及蒸发量有关,而且与前期降水量有关,所以通过不断探索、改进,我们定义伏期旱涝指

数为:

$$FH_{ij} = AR_{ij} + BR_{ij} - CL_{ij} - DN_{ij} \quad (1)$$

式中 FH_{ij} 为伏期旱涝指数, AR_{ij} 、 BR_{ij} 分别为伏期和前期6月降水量与历年同期平均值的相对变率, CL_{ij} 为伏期蒸发量与历年同期平均值的相对变率, DN_{ij} 为伏期最长旱段(两场日降水量 $\geq 10.0\text{mm}$ 之间相隔天数)与历年平均旱段的相对变率,其中旱段可上延到7月10日前,但不可下延到8月20日后。 AR_{ij} 、 BR_{ij} 、 CL_{ij} 、 DN_{ij} 具体计算为:(当年同期值-历年同期平均值)/历年同期平均值, $i=1,2,3\cdots M$ 为站点数, $j=1,2,3\cdots N$ 为资料年代数。 AR_{ij} 、 BR_{ij} 越小, CL_{ij} 、 DN_{ij} 越大,则 FH_{ij} 越小,干旱程度越重,反之 AR_{ij} 、 BR_{ij} 越大, CL_{ij} 、 DN_{ij} 越小,则 FH_{ij} 越大,偏涝程度越重。通过分析农业生产年景实际,调整权重系数,定义各级旱涝指数标准见表1。表1中资料年代为1970~1997年,各时段旱涝指数等级频数确定原则为:某一旱涝指数等级占全区两片或以上区域时,则确定该等级为全区旱涝等级;三片为不同等级(出现比例 $< 5\%$)时,以实际情况客观确定全区旱涝等级。

表 1 各级旱涝指数标准及各片和全区各时段各级旱涝指数频数/%

FH_{ij} 等级	标准	旱涝程度	白龙江流域等级	频数	徽成盆地等级	频数	西汉水流域等级	频数	1970~1977 等级	频数	1978~1990 等级	频数	1991~1997 等级	频数
1	$FH_{ij} \leq -1.50$	重旱	3	10.7	4	14.3	3	10.7	1	12.5	0	0.0	2	28.6
2	$-1.50 < FH_{ij} \leq -0.50$	中旱	8	28.6	6	21.4	6	21.4	4	50.0	1	7.7	2	28.6
3	$-0.5 < FH_{ij} < 0$	轻旱	4	14.3	4	14.3	5	17.9	3	37.5	2	15.4	0	0.0
4	$0 \leq FH_{ij} \leq 0.50$	正常	4	14.3	4	14.3	4	14.3	0	0.0	3	23.1	0	0.0
5	$0.50 < FH_{ij} \leq 1.50$	偏涝	5	17.9	6	21.4	6	21.4	0	0.0	5	38.5	1	14.3
6	$FH_{ij} > 1.50$	大涝	4	14.3	4	14.3	4	14.3	0	0.0	2	15.4	2	28.6

2 伏期旱涝的分片

用 EOF 方法对 1967~1996 年陇南 9 县伏期旱涝指数进行分解,由各方差贡献(见表 2)看,其收敛很快,第一项方差贡献达 82.49%,前两项已达 93.02%,前四项高达 98.63%。

表 2 陇南伏期旱涝等级资料方差贡献表

序号	1	2	3	4
方差比/%	82.49	10.53	4.76	0.85
累计/%	82.49	93.02	97.78	98.63

由各特征向量:

第一特征向量(图 1a)为一致的正值,说明全区旱涝趋势变化有很好的一致性,最大值在武都,为 0.34,可作为全区的代表站;第二特征向量(图 1b)成县以东为正值,最大值在康县,为 0.40,最小值在文县,为 -0.32,这反映了徽成盆地与白龙江流域、西汉水流域的差异,变化趋势相反;第三特征向量(图 1c)宕昌、武都、文县为负值,最小值在文县,为 -0.41,最大值在礼县,为 0.57,这又反映了白龙江流域的气候特征。综上所述,若分区研究陇南的伏期旱涝等级可分三个片(见图 2),即南部白龙江流域片(I),包括文昌、武都、宕昌,代表站为武都;东部徽成盆地片(II),包括成县、徽县、两当、康县,代表站成县或徽县;北部西汉水流域片(III),包括西和、礼县,代表站为礼县。

3 伏期旱涝气候特征分析

据统计(表略),各片伏旱出现次数基本相同,为 14~15 次,占 50.0%~53.6%,伏期降水正常年份共出现 4 次,占 14.3%,伏涝年份共出现 9~10 次,占 32.1%~35.7%,由此可见,陇南逐年伏期降水变率大,一般情况下,非旱既涝,正常年份很少。而

伏旱年份出现频率最大,占 50%以上,这和陇南实际情况相一致。其中,伏期最早年份出现在 1997 年,伏期旱涝指数最小为 -2.63,出现在武都,其伏期降水量 33.0mm,偏少 69%,最长旱段 53 天,比同期平均旱段偏长 27 天,伏期蒸发量 694.6mm,偏大 39%,前期 6 月降水量 21.3mm,偏少 72%。其次为 1991 年,也出现在武都,旱涝指数为 -2.57。伏期最涝年份出现在 1984 年,旱涝指数最大为 3.29,出现在礼县,其伏期降水量 259.1mm,偏多 16.3%,最长旱段仅 16 天,比历年平均旱段偏短 9 天,蒸发量 297.3mm,偏小 17%,前期 6 月降水量为 137.7mm,偏多 11.4%。其次为 1992 年和 1993 年,最重出现在武都和成县,旱涝指数为 2.49 和 2.34,这说明陇南伏期重旱年后,易发生大涝,如 1991 年伏期重旱后的 1992、1993 年出现大涝。另外,从全区伏期各时段旱涝指数分布情况分析,1970~1977 年,为干旱多发时段,伏期旱涝指数均 < 0,为 -0.03~-2.36,其伏旱频率 100%,其中重伏旱占 12.5%,伏涝和正常频率均为 0。而 1978~1990 年,转入到伏涝多发时段,伏期旱涝指数为 -1.36~3.29,其伏涝频率为 53.9%,伏旱频率仅为 23.1%,并且重伏旱为 0,正常频率为 23.0%。进入到 1991~1997 年后,伏旱频率又迅速上升为 57.2%,其中 50%为重伏旱,而伏涝频率下降到 42.8%,其中大涝年占 66.7%,正常和轻旱频率为 0,伏期旱涝指数为 -2.63~2.49,这说明 1970~1977 年伏期有旱无涝。1978~1990 年少旱多涝,1991~1997 年大旱大涝,因此,目前伏期应立足于以防大汛抗大旱为主导思想。另外,陇南大旱或大涝一旦出现,

则范围广,程度重,全区各片均可同时发生,如大旱年 1974、1991、1997 年和大涝年 1984、1988、1992、1993 年。

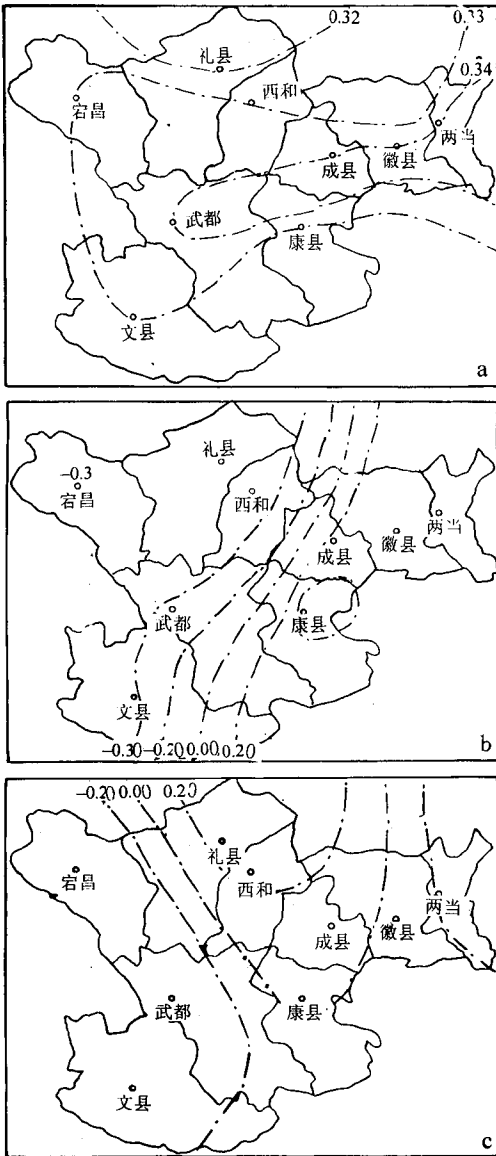


图 1 陇南伏期旱涝等级 EOF 分解特征向量分布
a. 第一特征向量 b. 第二特征向量
c. 第三特征向量

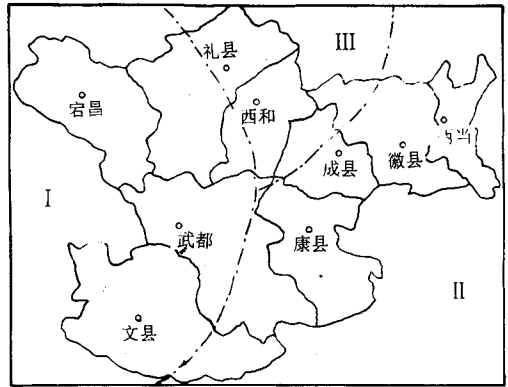


图 2 陇南 FH 分布

4 均生函数预测模型

4.1 预报思路

首先对旱涝指数分级时间序列求延拓均生函数,然后以该延拓均生函数为自变量,以原时间序为因变量,进行逐步回归分析,建立预报方程^[2]。

4.2 均生函数及延拓序列

设时间序列 $X(t) = \{X(1), X(2), \dots, X(N)\}$ (2)

式中, t 为时间, N 为样本数。

$X(t)$ 的均生函数定义为:

$$\bar{X}_L(i) = \frac{1}{N_L} \sum_{j=0}^{N_L-1} X(i+jL) \quad (i=1, 2, \dots, L, 1 \leq L \leq M) \quad (3)$$

式中, $N_L = \text{INT}(N/L)$, $M = \text{INT}(N/2)$, N 为时间序列的历史样本长度, M 为最大周期长度, INT 为取整。

对 $\bar{X}_L(i)$ 作循环性外推,构成周期性延拓序列:

$$f_L(t) = X_L \left[t - L \text{INT} \left(\frac{t-1}{L} \right) \right] \quad (4)$$

式(4)中, $t = 1, 2, \dots, N+q$, q 为预测步长,这样就可得到 M 个长度为 $N+q$ 的周期函数序列,以这些周期性延拓序列为预报因子,与原始序列作逐步回归分析,即可建立回归方程:

$$\hat{X}(t) = \Phi_0 + \sum_{i=1}^K \Phi_i f_i(t) \quad (5)$$

将均生函数作 q 步周期性外延,利用式(5)即可得到 q 步预报。其系数用最小二乘

法求得。

4.3 伏期旱涝均生函数预测模型

对生成的4M个自变量建立所有可能的回归子集,用双评分准则(CSC)确定出一个最优回归子集作为预报模型,当CSC值达到极大即确定了最优回归子集。本文用陇南各片代表站武都、成县、礼县1967~1996年伏期旱涝指数分级数建立预测模型为:

武都:

$$\hat{X}_1(t) = -4.558 + 1.157f_3^{(0)} + 1.173f_4^{(0)}$$

成县:

$$\hat{X}_2(t) = -5.685 + 0.712f_2^{(0)} - 1.359f_4^{(0)} + 1.155f_5^{(0)} + 1.941f_2^{(1)} + 0.133f_3^{(1)}$$

礼县:

$$\hat{X}_3(t) = -5.180 - 0.317f_3^{(0)} + 0.905f_4^{(0)} + 0.980f_5^{(0)} - 0.387f_9^{(0)} - 0.622f_{10}^{(0)} + 0.894f_2^{(1)}$$

其中 $\hat{X}_i(t)$ 意义同 FH_{ij} , $f_2^{(0)}$ 、 $f_3^{(0)}$ 、 $f_4^{(0)}$ ……为原序列2年、3年、4年……的周期分量, $f_2^{(1)}$ 、 $f_3^{(1)}$ 为原序列一阶差分的2年、3年周期分量,经检验,以上方程均通过0.01显著水平。

5 预测效果分析

为客观准确预报旱涝趋势,将1~3级统计为旱,4级统计为正常,5~6级统计为涝,通过计算,并对1970~1996年各片代表站伏期旱涝指数用上述均生函数预测模型进行检验,并对1997~2001年伏期旱涝趋势等级作5步预报(见图3~5),图中1997年及以后虚

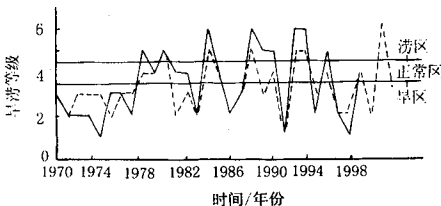


图3 武都伏期旱涝实况与拟合等级曲线
线为预报曲线,结果表明,武都、礼县、成县历史拟合率分别为:77.8%、81.5%和85.2%,1997、1998和1999年进行了业务试报,效果

理想。

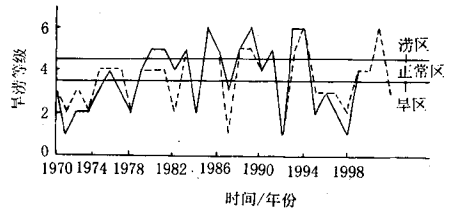


图4 礼县伏期旱涝实况与拟合等级曲线

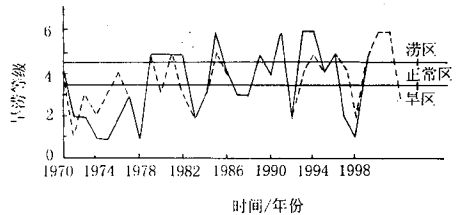


图5 成县伏期旱涝实况与拟合等级曲线

6 结语

(1)本文利用伏期旱涝指数进行统计分析,由于考虑到前期旱段、降水量和同期降水量、蒸发量等因子,因此,对伏旱的分析和预报较传统统计分析方法更客观。

(2)陇南1970~1977年为伏旱多发时段,伏旱出现频率为100%,而伏涝为0,即有旱无涝。1978~1990年转入到伏涝多发时段,其伏涝频率为53.9%,而伏旱仅为23.1%,且重伏旱为0,即少旱多涝。1991~1997年,伏旱频率上升到57.2%,且重伏旱占50%,伏涝频率为42.8%,其中大涝占66.7%,所以该时段为大旱大涝时段,即无大涝则大旱,无大旱则大涝。

(3)伏期旱涝指数均生函数预测模型历史拟合率在77.8%以上,1997年、1998年和1999年业务试报,预报效果理想。

参考文献

- 1 邓振镛. 甘肃旱作区土壤水库贮水规律及其应用. 甘肃气象, 1998, 16(3): 21~24.
- 2 魏风英, 曹鸿兴. 长期预测的数学模型及应用. 北京: 气象出版社, 1990, 9~90.

(下转第52页)

(上接第 38 页)

The Index Figure of Floods or Drought in Hot Summer and Its Prediction Model in Longnan

Xiao Zhiqiang Shang Xuejun Fan Ming Zhang Yan Fen Jun Bai Jianguo

(Longnan Meteorological Office, Gansu Province 746000, China)

Abstract

By using of the climatic rule and the condition of agricultural production in Longnan, the index figure of floods or drought used to judge the quantitative character of floods or drought in hot summer was ascertained. Based on the index figure from 1967 to 1996, with EOF analysis, the regions of floods or drought in hot summer in Longnan were divided into different parts. By analysing the character in these parts, the prediction model of the mean generating function method was established.

Key Words: Floods or drought hot summer, climatic character, prediction model