

文章编号 :1006-7639(2004)-02-0057-05

陇东伏旱的气候变化及预报

吴爱敏¹,董安详²,郭江勇¹

(1. 庆阳市气象局,甘肃 庆阳 745000 2. 中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃 兰州 730020)

摘 要 利用陇东伏期降水量和蒸发量两要素,定义了伏旱指数来定量表达伏旱,通过对陇东 15 县(区)伏期降水和伏旱指数的分析,探讨了陇东伏旱的气候特征。对陇东伏期的 500hPa 平均形势,旱年及多雨年环流特征进行分析,找出旱年、多雨年的主要差异。通过 500hPa 高度场、太平洋海温与伏旱的相关性,探讨影响陇东伏旱的成因。最后建立了伏旱的预测模型,并进行了预报,经评定效果良好。

关键词 伏旱指数 ;气候特征 ;成因 预报
中图分类号 P463.2 **文献标识码** B

引 言

干旱是我国主要的气象灾害之一,持续时间长、影响范围广,灾情重对农业生产影响最大。伏旱是指 7~8 月出现的干旱,这一时期的干旱,对雨养农业区来讲,主要影响秋田作物的生长、成熟和土壤的蓄水,客观、定量的定义伏旱,对农业经济开发,提高气候资源利用价值有一定的指导意义。郭江勇^[1~2]曾利用降水量和旱段等气象要素定义干旱指数,研究陇东干旱的气候特征,本文根据水分平衡原理,利用降水量和蒸发量两要素,定义伏旱指数,通过对伏期降水量、用 EOF 方法分解后的伏旱指数的分析,总结了陇东伏旱的时空等变化特征,并对陇东伏旱进行了分区。通过对造成陇东伏旱的前期环流背景、伏期(7~8 月)500hPa 平均环流特征的分析,找出了旱年和多雨年大气环流形势的主要差异,通过亚欧 500hPa 月平均高度场、太平洋海温与伏旱指数的相关分析,探讨了伏旱的形成原因。用周期分析,逐步回归,均生函数 3 种气象统计方法建立了陇东各片伏旱预报模型,经历史回代,逐步回归的拟合率和准确率高于周期分析和均生函数。利用建立的 3 种预报模型对 1998、1999、2000 年进行试报,准确率为 67%,业务使用效果良好。

1 伏期降水量特征

用 1970~1998 年 29a 陇东 15 县(区)的降水资料统计分析,7~8 月平均降水量为 174.8~253.1mm,降水最多的是正宁,最少的是静宁,比静宁略多的是环县,为 185.0mm,其余各县都在 200mm 以上,相差不大。伏期降水占年降水的 40% 左右,多的达 45%,说明陇东一年中的主要降水分布在伏期,集中出现在 7~8 月。对比这 29a 的资料,我们还发现虽然各县(区)的平均降水量相差不大,但多雨和少雨年的降水差别很大,最多的年份是最少年份的 3~9 倍,说明陇东伏期降水变率很大。

2 伏旱的定义

根据水分平衡原理,利用各站伏期降水量和蒸发量两要素,定义各站伏旱指数:
$$DH = E' - R'$$
其中 E' 为伏期某站蒸发量的相对变率, R' 为同期某站降水量的相对变率。确定如下伏旱标准:

$DH \leq 0.0$	不旱
$0.0 < DH < 2.5$	轻旱
$2.5 \leq DH < 5.0$	中旱
$DH \geq 5.0$	重旱

3 伏旱的气候特征

根据定义的伏旱指数公式,计算 15 站 29a 的伏

旱指数,通过频率、时空分布分析得出伏旱的气候特征。

3.1 频率特征

经分析,出现伏旱频率最高的是宁县和灵台,达 57.1%,最小的是平凉为 42.9%。29a 中重旱出现最多的是华池、静宁、庄浪、灵台,均有 6a,频率为 20.7%;其次是庆城、西峰、镇原,均有 5a,频率为 17.2%;环县、平凉、崇信、泾川、华亭,均有 4a,频率为 13.8%;合水、正宁有 3a,频率为 10.3%;宁县重旱只有 2a,频率为 6.9%。29a 中出现中旱最多的是环县、崇信,有 8a,频率为 27.6%,最少的是庄浪、灵台、静宁、华亭,有 3a,频率为 10.3%。29a 中,环县和崇信中旱以上年份达 12a,占 41.4%,说明这两县只要一出现伏旱,旱情就比较严重。

3.2 空间分布

对伏旱指数进行 EOF 分解,分析前 5 个特征向量,发现陇东伏旱的分布具有一致性,以西峰最有代表性,当出现伏旱时,整个陇东都旱,在此前提下,又存在南北差异,东西不同(图 1、图 2)。陇东 15 县(市)可分为 4 个片,分别为西部片,包括静宁、平凉、

崇信、灵台、泾川、华亭,平凉为代表站 中部片,包括镇原、华池、庆城、西峰、合水,西峰为代表站;南部片,包括正宁、宁县,正宁为代表站 北部片,环县。

3.3 时间演变特征

由第一特征向量对应的第 1 时间系数演变曲线看(图 3),在 29a 中,峰值即旱年依次出现在 1991、1974、1994、1971、1987 年,谷值即不旱年依次出现在 1988、1981、1993、1976、1970 年,说明在所取资料长度内,1991 年是伏旱最严重的年份,而 1988 年伏期降水最多。

对第 1 时间系数序列进行周期分析(表 1),得出有 2/3 的县(区),即 10 县具有 4a 周期,7 县(区)有 14a 周期,5 县(区)有 10a 周期。

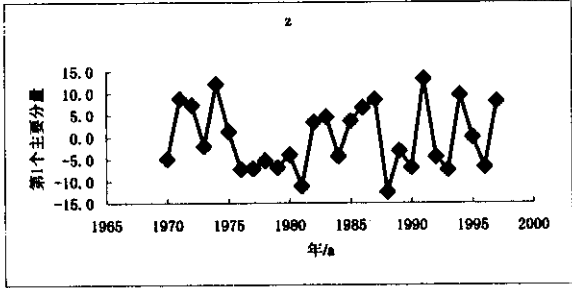


图 3 第 1 特征向量对应的第 1 时间系数演变曲线

Fig.3 The developing curve of time coefficient corresponding to the first feature vector

表 1 陇东各县(区)伏旱入选周期

Tab.1 The dry selected period in Longdong region

地名	周期(年)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
环县							2.36						2.24
华池			2.65										2.80
庆城			3.05								2.90		
西峰			2.29							2.45			
合水			2.76							2.11			
镇原			3.29								2.75		2.77
宁县										2.87			
正宁			2.53		1.46								
静宁			2.92								2.64		2.82
平凉			2.53							2.37			2.51
崇信			2.67							3.15			
庄浪				2.36							1.93		1.78
灵台										3.44			
泾川										2.47			
华亭										3.22			2.29
出现站数		1	10		1		1		5	3	4		7

3.4 伏旱的持续性

29a 中陇东 15 县(市)同时出现伏旱 5a(1972、1974、1986、1987、1991 年),频率为 17%,无伏旱 5a,频率也为 17%。若有一站出现伏旱记为一个伏旱年份,西片 7 县(市)同时出现伏旱 8a,占西片伏旱年份的 50%,频率为 8%,重伏旱 2a,占西片伏旱

图 1 伏旱指数第 1 特征向量

Fig.1 The first feature vector of the dry index during July and August

图 2 伏旱指数第 2 特征向量

Fig.2 The second feature vector of the dry index during July and August

年份的 13%, 频率为 7% ; 中片 5 县(市)同时出现伏旱 9a, 占中片伏旱年份的 60%, 频率为 31% ; 南片同时出现伏旱 11a, 占南片伏旱年份的 69%, 频率为 38%, 重旱 2a, 占南片伏旱年份的 13%, 频率为 7% ; 北片出现伏旱 13a, 重伏旱 4a, 占北片伏旱年份的 31%。

从 1970~1998 年, 西片 8a 伏旱中, 连续 2a 出现伏旱 2 次(1971~1972、1986~1987 年)。20 世纪 70 年代出现伏旱 3 次, 3 次出现在 1971~1974 年, 4a 中出现伏旱频率为 75%, 占伏旱年份的 38% ; 80 年代出现伏旱 3 次, 1983~1987 年, 5a 出现伏旱 3 次, 出现频率为 60% ; 90 年代出现伏旱 2 次, 4a (1991~1994 年), 出现伏旱 2 次, 频率为 50%。

中片 11a 伏旱中, 连续 2a 出现 2 次伏旱(1982~1983、1986~1987 年), 20 世纪 80 年代中期出现伏旱年份最多, 1982~1987 年 6a 中出现了 4a, 频率为 67%, 占伏旱年份的 44%, 其次是 70 年代, 1972~1974 年 3a 中出现伏旱 2a, 90 年代是连续 3a 出现一次(1990~1992 年、1993~1995 年、1996~1998 年)。

南片 11a 伏旱中, 20 世纪 70 年代出现最多, 5a 伏旱, 连续 4a 出现伏旱(1971~1974 年), 是伏旱连续出现最多最长的年份, 80 年代出现 4a 伏旱, 连续 2a 出现 2 次(1982~1983 年、1986~1987 年), 90 年代也是连续 3a 出现一次, 共出现 3 次。

北片 13a 伏旱中, 连续 2a 出现伏旱 4 次(1971~1972 年、1974~1975 年、1982~1983 年、1986~1987 年), 70 年代出现伏旱 5 次, 80 年代出现 6 次, 90 年代出现 2 次。

4 伏旱的环流特征、成因分析

4.1 伏旱的前期环流背景

陇东伏旱与青藏高原、西太平洋副热带高压有关。因其均为大型天气系统, 调整周期长, 根据《中国西北天气》^[3]研究成果, 伏旱前期环流最重要的特征是西太平洋副热带高压持续偏弱。因此, 在稳定的副热带高压控制下, 北方冷空气很难南下, 而高原南部、东南部暖湿气流不易北上到达西北地区东部, 形成陇东较长时间无好雨天气过程, 即使出现天气过程, 降水的量级也都较小, 容易出现伏旱或少雨段。

4.2 伏期(7~8 月)500hPa 平均环流特征

用 1951~1997 年 47a500hPa 高度场资料计算

平均环流形势, 具有如下特征, 东半球以 40°N 为界, 40°N 以南为“两高一低”, 表现为伊朗高脊东伸至 60°E, 西太平洋副热带高压西伸至 130°E, 两高之间的低值中心位于印度半岛; 40°N 以北平均为纬向环流, 乌拉尔山东部为浅槽, 贝加尔湖东部为一弱脊, 槽、脊振幅相差小。

4.3 旱年、多雨年环流差异

分析旱年(1991、1974、1994、1971、1987 年)与多雨年(1988、1981、1993、1976、1990 年)差异, 主要表现在以下几个方面:

① 欧亚环流形势, (10°~35°N) 中低纬度差异小, 40°~70°N 中高纬差异大。

② 旱年中高纬表现为两槽一脊, 乌拉尔山、堪察加半岛为槽, 贝加尔湖为脊, 多雨年表现为两脊一槽, 槽脊位置与旱年相反。

③ 西太平洋副热带高压, 在旱年西伸至 140°E, 而多雨年仅西伸至 120°E, 相差 20 个经度。

④ 印度低压旱年比多雨年中心强度低, 位置偏南 5 个纬度。

⑤ 伊朗高压旱年比多雨年强。

4.4 伏旱指数与亚欧 500hPa 月平均高度场相关分析

对陇东伏旱指数与亚欧 500hPa 前一年 1 月至当年 8 月的各月平均高度场进行相关普查, 发现同期 7~8 月 3 个主要相关显著的区域均位于中高纬度, 分别是乌拉尔山、贝加尔湖和堪察加半岛, 与乌拉尔山和堪察加半岛的高度呈正相关, 最大相关系数分别为 0.47 和 0.69, 与贝加尔湖地区的高度呈负相关, 最大相关系数为 -0.46。7~8 月, 正相关区逐渐南移, 而 65°N 以北为负相关, 说明乌拉尔山和堪察加半岛的脊偏南, 冷空气主力偏北时, 陇东易出现干旱, 这与同期 500hPa 环流形势分析一致。

与前期各月高度场相关显著的区域有两个, 贝加尔湖地区和西太平洋地区, 与贝加尔湖高度在前一年 5 月相关最大达 -0.57, 而西太平洋地区高度在当年 4 月相关达最大, 相关系数为 0.55, 说明前一年 5 月贝加尔湖低槽和当年 4 月西太平洋副热带高压强时, 陇东易出现伏旱。以上相关通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验。

4.5 太平洋海温与伏旱指数的相关分析

计算了伏旱指数与同期、前期太平洋海温的相关情况, 相关通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验。若以 35°~50°N 为北太平洋, 120°~165°E 为西太平洋, 5°N

~10°S 为南太平洋,80°~120°W 为东太平洋,结果表明,伏旱与同期南、北太平洋海温呈正相关,而与东、西太平洋海温呈负相关,其中与南太平洋海温成正相关,最显著,相关系数达 0.51。与前期海温有同样的相关性,特别是与前一年 2 月北太平洋海温正相关,相关系数最大为 0.57,与西太平洋海温负相关,相关系数最大为 -0.57,其次是与前一年 6 月东太平洋海温、8 月、9 月南太平洋海温相关性较好。

5 伏旱预报

通过 3 种气象统计方法:周期分析,逐步回归,均生函数对伏旱建立预报模型,并进行检验和预报。

5.1 周期分析

用周期分析方法对各片代表站 1970~1997 年的伏旱指数进行分析,得到各片的周期,然后进行周期叠加,对各片作出伏旱预测。

5.2 均生函数和逐步回归模型

利用统计方法,建立各片均生函数和逐步回归预测模型,以西峰逐步回归预报模型为例: $Y = 16.362 - 0.061X_1 + 0.148X_2 - 0.077X_3 - 0.236X_4$

其中: X_1 为前一年 11 月西太平洋副高强度指数, X_2 为当年 4 月欧洲径向环流指数, X_3 为前一年 11 月亚洲纬向环流指数, X_4 为当年 5 月亚洲径向环流指数。

5.3 效果检验

将建立的预报模型进行历史拟合和准确率检验,结果见表 2。

表 2 陇东伏旱预报模型效果检验

Tab.2 The effect inspection of the forecast model for dry in July and August in Longdong region

	周期分析		逐步回归		均生函数	
	拟合率	准确率	拟合率	准确率	拟合率	准确率
中部片	69.0	55.0	88.9	81.3	67.9	55.0
西部片	62.1	42.1	88.9	78.6	67.9	50.0
南部片	62.1	50.0	77.8	76.9	67.9	50.0
北部片	55.2	35.0	70.4	55.6	75.0	58.8
平均	62.1	45.5	81.5	73.1	69.7	53.5

从表 2 可看出,逐步回归的拟合率和准确率均高于周期分析和均生函数。分别为 81.5% 和 73.1%,周期分析最低,仅为 62.1% 和 45.5%。

5.4 试报

利用建立的 3 种预报模型对 1998、1999、2000 年进行试报,当 2 种及 3 种方法预报有伏旱时,即预报会出现伏旱,预报及实况如下(表 3):

表 3 各片伏旱预报及评定

Tab.3 The dry forecast and assessment to each tipycal station

年份	代表站	实况	预报	评定
1998	西峰	有	无	不正确
	平凉	无	无	正确
	正宁	有	无	不正确
	环县	无	无	正确
1999	西峰	无	无	正确
	平凉	无	无	正确
	正宁	无	无	正确
	环县	无	无	正确
2000	西峰	有	有	正确
	平凉	无	无	正确
	正宁	有	无	不正确
	环县	有	无	不正确
平均				67%

6 小 结

通过分析,陇东伏旱的气候特征如下:15 县(市)伏期平均降水相差不大,占年降水的 40% 左右,但多雨和少雨年伏期降水变率大。根据定义的伏旱标准,出现伏旱频率最高的是宁县和灵台,达 57.1%,而环县和崇信出现中旱以上年份最多,占 41.4%。在空间分布上具有一致性,又存在南北和东西差异,可分为 4 个片。在所取的 29a 资料中,1991 年伏旱最严重,而 1988 年降水最多;10 县(市)具有 4a 周期,各片伏旱有不同的持续性。

通过对陇东伏旱的环流特征分析,得出平均环流以 40°N 为界,以南为“两高一低”,以北为纬向环流。旱年、多雨年差异主要表现在 5 个方面,分布在 4 个地区:冰岛、乌拉尔山、贝加尔湖、堪察加半岛。从伏旱与 500hPa 月平均高度场和太平洋海温分别进行相关普查,找出伏期干旱成因,发现与同期高度场有 3 个相关显著的区域:乌拉尔山、贝加尔湖和堪察加半岛,与前期高度场相关显著的区域有 2 个:贝加尔湖和西太平洋。与同期南、北太平洋海温呈正相关,与东、西太平洋海温呈负相关;与前一年 2 月的北太平洋和西太平洋海温相关性好。建立的伏旱预测模型试报准确率为 67%。

参考文献:

- [1] 郭江勇. 甘肃河东春旱的气候特征分析及预测模型[J]. 甘肃气象,2001,19(1):5-8.
- [2] 郭江勇. 秋旱的集成预报方法探讨[J]. 甘肃气象,1999,17(3):25-28.
- [3] 白肇辉,徐国昌. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988. 152-201.

The Climate Change and Forecast of Drought during July and August in Longdong Region

WU Ai-min¹, DONG An-xiang², GUO Jiang-yong¹
(1. Qingyang Meteorological Bureau, Gansu Qingyan 745000, China ;
2. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China)

Abstract :The drought index is defined by precipitation and evaporation in Longdong region during July and August in this paper, and it is used to denote drought. The drought climate feature is discussed by analyzing its precipitation and the drought index of 15 stations, and it is found 500hPa mean situation is different in drought and rainy year. The cause of drought is also discussed by the correlation between drought and Pacific temperature and 500hPa height feild ,and finally the forecast model has been established.

Keyword :the drought index ;climate feature ;cause ;forecast