咸阳北部塬区春末夏初干旱的气候特征及预测模型

窦 慎[1],朱海利[2],程国锋[1],罗 贤[2],王 维[2],王 薇[2],史创社[2]
(1.旬邑县气象局,陕西 旬邑 711302;2.咸阳市气象局,陕西 咸阳 712000)

摘 要:应用自然正交函数分解(EOF)方法,分析了陕西省咸阳市北部塬区春末夏初干旱的综合评价指数DH的空间分布特征及随时间演变规律及春末夏初干旱对冬小麦和玉米产量的影响;在此基础上,应用逐步回归方法建立了春末夏初干旱的预测模型。结果表明:咸阳市北部春末干旱发生几率具有同一性特征;在空间上分为南北两区,其中南区干旱几率大于北部;年际分布近年来具有频发连旱趋势,并在时空分布上具有同一性。根据干旱指数DH分布特征建立春末降水预报模式,业务使用效果良好。

关键词:咸阳北部;干旱;气候特征;预测模型
中图分类号:S165^{+}.25 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2008)05-0245-04

陕西省咸阳市北部塬区(北纬34°33′~35°38′,东经107°52′~108°49′)是半干旱雨养农业区,农业生产在其国民生产总值中占有70%以上的比重。粮食产量高低基本取决于自然赐与,"靠天吃饭"是本区农业生产的长期根本制约因素。众所周知,春末夏初(5月中旬~6月中旬),正值主要农作物冬小麦拔节、抽穗、扬花、灌浆和玉米拔节的关键发育时段,如果发生干旱就会延缓迟滞作物的发育过程,若遇到持续严重的大旱,则造成当年冬小麦、玉米等主要作物的大幅度减产。因此,研究分析春末夏初干旱的气候特征及其趋势预测,对农业年度布局决策具有十分重要的意义。

近年来、刘耀武、马元庆、杨必仁[1~3]等人对咸阳市北部气候变化特征从气温、降水等气象要素方面进行了多层次、广角度的深入研究,但对春旱气候特征及春旱对粮食作物的影响研究甚少。2001~2004年咸阳市农业气象研究所在旬邑县进行了旱作小麦综合抗旱技术研究及试验示范工作,对春旱发生的机理进行了初步研究,开始把气象干旱与作物干旱结合起来分析干旱特征。

1 资料及方法

1.1 资 料

选取1971~2000年咸阳市北部塬区5县(永寿、彬县、旬邑、淳化、长武)4月中旬~6月中旬蒸发量、干旱时段降水量,以及气温等气象站实测气候资料。

1.2 分析方法

用自然正交函数分解(EOF)方法[4~5]分析春末夏初旱的空间分布特征及随时间演变规律,尽可能保留干旱原始场的主要信息,分析咸阳市春末夏初的气候特点,为建立较准确的预测方程提供客观依据。

1.3 干旱指数的确定

选择确定什么样的干旱指数方程,是准确客观分析大气及农业干旱状态的前提[6~9]。以前较单一的干旱指数或业务规定标准,只能反映大气降水因子的单一变化影响,而对主要农作物的生育状态的影响机理探讨较粗浅,为弥补这一缺点,刘耀武、杨必仁[1,3]等引入了土壤湿度因子,通过实际应用发现,存在较大随机误差。为改进以上存在的问题,本文引入大气降水、作物需水与补给水分平衡概念,确定干旱经验强度指数$DH=A+B-C-D$。其中A为该时段(4月中旬~6月中旬)蒸发量相对变率,表征作物的蒸腾量,反映作物发育需水量,B为该时段干旱时段的土壤湿度的相对变率,C为该时段降水的绝对变率,均表征大气干旱状态;D为4月上旬至5月上旬降水的绝对变率,表征土壤贮水状态,若前期降水丰富,土壤贮水充足,即使春末夏初干旱少雨,作物也会供水条件良好,能正常生长。上述干旱(DH)经验指数为较准确分析农业干旱,提供了另一种评估方法。

收稿日期:2008-05-20
基金项目:陕西省气象局2007年创新课题(M~18)
作者简介:窦 慎(1967—),陕西乾县人,应用气象工程师,主要从事生态及农业气象研究工作。

万方数据

2 结果分析

2.1 春末夏初干旱频率空间分布

统计分析表明，DH≥2.0能较好反映干旱事实。计算全区5站点历年DH值，从干旱频率分布图(图1)反映出：最大频率中心出现在永寿县境内。彬县与之相近；旬邑为干旱低频率中心，淳化、长武与之相近。图1反映出本区春末夏初干旱在空间分布上为2个区域，一是西南部以永寿塬为中心，其南临关中平原区，气温相对较高，多为台地，塬面相对较小；二是东北部三县，境内沟塬相间，塬面相对较大，因海拔高度及昼夜温差的影响，降水变率相对较大。

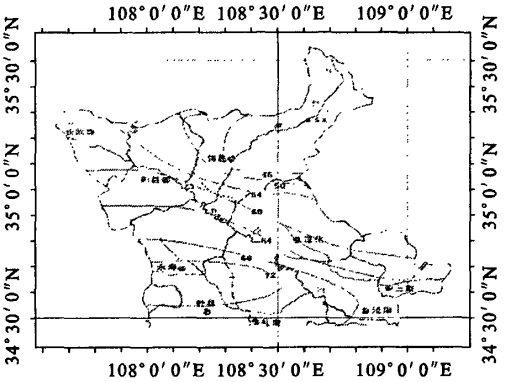

图1 干旱频率分布

Fig.1 Drought frequency

2.2 干旱的时域分布特征

应用自然正交函数分解方法(EOF)对该时段综合干旱指数DH场进行自然正交分解，充分利用时间上的联系，可以分析要素场的特征，揭示场的空间结构和时间相关的特征，从时空分布上表征干旱的气候特征。

2.2.1 空间分布特征 用自然正交函数分解(EOF)方法对全区5县干旱指数DH距平场进行分解，得出DH指数第一特征值对应的特征向量场为同一分布，最大值在永寿，方差比为68.1%。即本地区近70%的春末夏初干旱具有空间分布上的同一性，且以永寿为代表中心点。这反映了大尺度大气环流的影响，干旱大范围发生的天气气候事实。

第二特征值对应的特征向量分布特点是：长武、旬邑均为正值，彬县接近0值，方差比为2.8%；永寿、淳化为负值，累积方差贡献为54.2%。东南、南部负值的分布，表征了本地区降水从西南向东北增加的气候背景。应注意，这种场分布特征主要表征了西南部易旱的事实。

2.2.2 干旱的年际变化特点 绘制干旱指数的EOF分解图得出第1个主要分量序列演变曲线(见图2)。

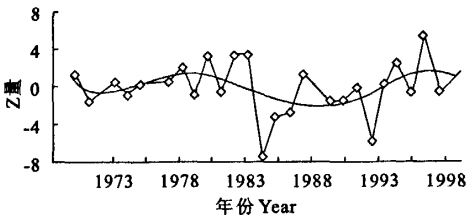

图2 干旱指数第一时间系数Z演变

(粗线为Z曲线，细线为趋势曲线)

Fig.2 Evolution of the first-time coefficient Z of drought index

(The thick line is Z curve, while the thin line is trend curve)

分析发现：1971～1973年未发生明显春末夏初旱，1974～1982年干旱指数逐年跳跃增加，出现两年一旱现象，1983～1991年，除1986、1987年发生明显干旱外，其余年份旱象不明显。值得注意的是从1992年开始又出现两年一旱的特点，且干旱频率增大，干旱程度加剧。从第一时间系数曲线总趋势看，1970～1982年干旱频发，12年中有4年Z≥2.0；1983～1991年，干旱相对轻微；而1992～2000年9年中就有6年Z≥2.0，并出现极大值，干旱年份接近70%以上。这种旱情趋于严重的变化应引起决策及生产部门的足够重视。

2.3 春末夏初旱与春旱持续相连的气候特征

1) 春末夏初旱与春旱两旱相连的空间分布区域和尺度基本相同。以相邻2站及2站以上干旱的区域性干旱年份为标准，两旱相连，在区域分布上，县县一一对应(最多相差一站)频率为14/15，连旱的区域和尺度几乎完全相同，在空间分布上基本一致。

2) 两旱相连在年际分布上亦基本一致。在不发生春季干旱的年份，也不发生春末夏初旱，出现区域性春旱的年份，都出现了春末夏初干旱，揭示了干旱灾害无论在时间和空间分布上都具有较强的持续性特征。

2.4 春末夏初旱对农业生产的影响评估

2.4.1 干旱对冬小麦产量的影响 若以干旱出现(即DH值≥2)≥2县作为判断区域性春末夏初旱的标准，造成全区冬小麦减产的几率为6/15，出现增产年份频率亦为6/15；无区域性干旱发生，小麦增产年份几率为8/12，小麦减产年份为4/12。干旱对冬小麦产量影响的正例几率为18/30，表明春末夏初干旱影响冬小麦几率超60%，反例几率为

万方数据

12/30。在 12 年反例中,当年发生春末夏初旱,而前一年伏期降水偏多,土壤深层贮水增加,弥补了干旱影响,小麦增产;当年未出现春末夏初旱,但前一年伏秋发生干旱,地壤深层墒情较差,导致小麦减产。

2.4.2　*干旱对玉米产量的影响*　仍以干旱出现≥2 县作为判断春末夏初区域性干旱标准,全区性干旱年玉米产量减产的频率为 8/18,增产年份频率为 10/18;无区域性干旱年,玉米增产年份频率为6/11,玉米减产频率为 5/11。干旱对玉米产量影响的正例影响为 12/30,表明春末夏初干旱对全区玉米产量的影响几率小于 50%,反例频率为 18/30。在 18 年反例中,有 8 年是出现春末夏初旱的当年,伏期降水偏多,或无春末夏初旱,当年发生了伏旱,即后期的降水主导了玉米产量的形成;其余年份是出现春末夏初旱的前一年伏期或秋季降水偏多,土壤墒情较好;或虽未发生春末夏初干旱,但前一年伏、秋干旱,土壤深层墒情较差,部分年份因各县种植玉米面积分布与发生干旱的区域在空间分布上不匹配因素,即发生干旱县玉米种植面积少,而未发生干旱或干旱较轻县种植玉米面积较大。另外,随着近年抗旱配套措施的落实,相当一部分玉米及时得到水分补充,导致当年虽有干旱,而并不减产的事实。

2.5　春末夏初降水预测方程

2.5.1　*预报思路及预报因子筛选*

1) 预报思路:从干旱指数的自然正交函数分解分析得出,咸阳北部地区的春末夏初干旱在空间分布上以西南、东北两片为最突出分布特征,因而分别对两区建立逐步回归降水预报方程。

2) 预报因子筛选:众所周知,干旱是时空尺度最大的灾害性天气气候异常事件,全区二片在筛选预报因子上是一致的,普查天气气候物理意义明确的环流背景及大气活动中心,按影响类别划分为 4 类因子[10~11]:一是西太平洋副热带高压因子,分为面积指数、强度、脊线位置和西伸脊点;二是北半球极涡因子,分为中心和强度;三是环流指数因子,分为亚欧纬向、经向环流指数和亚洲纬向、经向环流指数;四是东亚大槽因子,分为位置和强度。按相关时效分为当年和上年因子,当年因子分为 1、2 和 3 月,上年因子分为 2、4、5、6、7、9、10 和 12 月,共计 26 个因子,其中正相关因子 11 个,相关系数 0.2683～－0.4738;负相关因子 15 个,相关系数－0.2531～－0.6983。

2.5.2　*预报方程的建立*　应用逐步回归方程最优选取方程因子的特点,按东北、西南两片分别建立预报方程。

西南部片预报方程　以永寿县为代表,得到降水量原量预报方程为:$Y = 9.062 + 0.01X^7 - 0.47X^9 + 0.015X^{10} - 0.024X^{19} - 0.048X^{23}$,其中,$X^7$ 为上年 2 月西副高西伸脊点(遥相关性较好);X^9 为上年 2 月北半球极涡强度;X^{10}为上年 7 月亚欧纬向环流指数;X^{19}为上年 4 月东亚大槽强度;X^{23}为上年 10 月永寿县平均气温。方差检验 $F_\alpha = 3.0$, $R = 0.9105$, $F3 = 27.88$,通过信度 $\alpha = 0.01$ 检验,以干旱指数 DH≥2.0 为干旱标准(能较好地表征作物干旱实际情况,下同),回代似合率为 89%。

东北部片预报方程　以旬邑县为代表点,得到降水量原量预报方程为:$Y = 11.616 - 0.058X^7 + 0.028X^8 - 0.009X^{12} - 0.046X^{18} - 0.18X^{21}$,其中,$X^7$ 为上年 8 月北半球极涡中心;X^8 为上年 12 月极涡强度;X^{12}为上年 9 月亚欧纬向环流指数;X^{18}为当年 2 月经向环流指数;X^{21}为上年 4 月东亚大槽强度。复相关系数 $R = 0.8349$, $\alpha = 0.01$, $F\alpha = 1.5$,计算得 $F3 = 13.23$,预报方程效果显著,历史回代拟合率 86%。

2.5.3　*预报方程的检验*　下表为两方程 2001 年到 2007 年预报实况检验表。

表 1　西南部片预报方程检验

Table 1　Forecast equation test of southwest part

项目 Item	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
实况(mm) Measured	23.2	92.0	32.3	23.7	77.7	71.1	41.1
预报(mm) Forecasted	22	80	30	25	65	65	40
精度(%) Accuracy	95	85	92	93	80	91	97
DH 值 DH value	2.8	0.9	2.4	2.8	1.8	1.8	2.1

表 2　东北部片预报方程检验

Table 2　Forecast equation test of northeast part

项目 Item	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
实况(mm) Measured	49.2	83.6	38.5	18.7	107	65.1	31.0
预报(mm) Forecasted	35	70	40	20	85	68	30
精度(%) Accuracy	59	81	96	93	74	95	97
DH 值 DH value	2.0	0.8	2.4	2.8	0.6	1.2	2.6

注:两表中预报及实测值为降水量,单位 mm,精度为百分率,DH 值为当年实测计算所得值。

Note: Both the forecasted and measured values mean precipitation, unit: mm, accuracy: %, while DH value is drawn from the calculation of the measured value of the current year.

万方数据

从上述两表分析,2002～2007年间两方程预报准确率达到74%以上,方程应用效果较好。同时从表中可以看出,降水偏少年份(2003、2004、2006、2007)预报准确率达到90%以上,说明方程对干旱的预报极为准确。

3 结论与讨论

1) 咸阳北部春末夏初旱各地发生几率具有同一性分布特征,影响范围广。

2) 其空间分布的主要特征是北、南两片分布;其中南片干旱几率大于北部片。

3) 其年际分布近年来具有频发连旱的趋势;春末夏初旱与春旱在时空分布上具有高度的同一性,这在抗旱生产上有着十分重要的指导意义,即如果当年发生明显的春旱,必须做好防御春末夏初旱的准备工作。

4) 春末夏初旱对农业生产的影响冬小麦重于玉米,即与作物收获期间隔期越短,影响越大,反之影响越小,其它类型干旱影响因素增加。

5) 西太平洋副高西伸状态、北半球极涡中心及强度、东亚大槽强度及亚欧大气环流指数对咸阳春末夏初干旱具有综合影响。由于选取的预报因子天气、气候物理意义清楚,因此预测方程的业务使用效果良好。

6) 2001年两方程预报值分别为22、35 mm,实况分别为23.2、49.2 mm,第二方程的误差极大,原因是旬邑县6月24日10小时内降水30.4 mm(相邻各测点降雨量均未超过10 mm),为小范围阵性天气,故预报方程对此类降水尚无法报出,同时预报方程对多雨年份的预报精确度也有待于提高改进。

参考文献:

[1] 刘耀武,王 勇.陕西省土壤水分资源开发应用研究成果示范推广技术报告[J].陕西气象,1995,(3):43—45.

[2] 马延庆,王素娥,杨云芳.渭北旱塬地区旱度指数模式及应用结果分析[J].新疆气象,1998,(2):33—34.

[3] 杨必仁,赵惠丽.渭北旱塬土壤水分变化特点分析[J].干旱地区农业研究,1997,15(2)80—83.

[4] 李跃清.相空间EOF方法及其在气候诊断中的应用[J].高原气象,2001,(1):67—69.

[5] 刘 刚,白玉兰,刘运武.用EOF分析黑龙江省42 a来气温增暖的时空分布特征[J].黑龙江气象,2007,(2):11—13.

[6] 袁文平,周广胜.干旱指标的理论分析与研究展望[J].地球科学进展,2004,19(6):107—116.

[7] 王延禄.我国建立、引用和验证气象干旱指标综述[J].干旱区地理,1990,4(3):82—88.

[8] 张 强.华北地区干旱指数的确定及其应用[J].灾害学,1998,13(4):34—38.

[9] 谢应齐.关于干旱指标的研究[J].自然灾害学报,1993,2(2):59—66.

[10] 王 越.西北地区旱涝指数及时空特征研究[D].南京气象学院研究生论文,2003.

[11] 刘引鸽,缪启龙.西北地区农业旱灾与预测研究[J].干旱区地理,2004,19(4):111—116.

Climatic characteristic and forecast model of drought in late spring and early summer in the upland of North Xianyang area

DOU Shen[1], ZHU Hai-li[2], CHENG Guo-feng[1], LUO Xian[2], WANG Wei[2], WANG Wei[2], SHI Chuang-she[2]

(1. *Xunyi County Meteorological Bureau*, *Xunyi*, *Shaanxi* 711302, *China*;
2. *Xianyang Municipal Meteorological Bureau*, *Xianyang*, *Shaanxi* 712000, *China*)

Abstract: The drought in late spring and early summer is analyzed by EOF combined with the DH in the upland of north Xianyang, Shaanxi Province. Its distribution feature and deve-lopment rule with time is analyzed and some suggestions are made. The influence on the yield of winter wheat and corn is pointed out. Then a drought forecast model is established with regression method. The results showed that the probability of occurrence of late spring drought in the area has identity characteristics. It is spatially distributed in two parts, north and south, of which the south is higher than the north, while for annual distribution, there appears a trend of increasingly frequent and continuous drought in recent years. And there is an identity for temporal and spatial distribution. The forecast model, established according to distribution characteristics of drought index DH of the two parts proves to be effective.

Keywords: north Xianyang; drought; climatic characteristic; forecast model

万方数据