



甘肃省伏旱短期气候概率预测

董安祥 张存杰 李栋梁

(甘肃省气象局, 兰州 730020)

提 要

用 EOF 和 REOF 将甘肃省伏期降水分为 7 个区域, 并在每个区域中选取了一个代表站。设计出既能反映伏期降水多少, 又能反映伏期旱段长度的伏旱强度指数。将伏旱强度指数与伏旱发生的概率联系起来。通过对大气环流特征指数、地面气象要素等因子的分析, 利用逐步回归分析和多级逐步判别分析方法, 建立了甘肃省几个代表站的伏期干旱指数的概率预报方程。提出了集成概率预测的概念。最后给出了对伏旱概率预测进行评估的一种方法。

关键词: 伏旱 强度指数 概率预测

引 言

目前, 美国、英国、澳大利亚等国家在月、季时间尺度的短期气候预测和中短期天气预报中使用了概率预报方法^[1]。1995 年北京和上海率先在我国开展了短期降水概率预报服务^[2]。概率预报已成为世界各国天气预报向客观化、定量化发展的一个重要方向。

短期气候预测更适合以概率的形式描述并对外发布。因为大气的变化有两个特性, 即随机性和必然性, 反映在人们目前对天气气候的认识方面也有两重性, 即确定性和不确定性。月、季时间尺度的短期气候预测更具有不确定性。把这种不确定性以概率的形式表示, 一方面反映了预报员对未来气候的把握程度, 另一方面有利于用户的使用, 不同的用户能够对不同的预测概率采取不同的措施。所以, 短期气候预测以概率的形式给出, 会给国民经济各部门和不同用户的科学决策带来客观依据, 从而减少了使用定性预报中的盲目性和被动性。本文对甘肃省伏旱进行了短期气候预测概率预测的尝试。

1 甘肃省伏期降水分区

伏旱与伏期降水量有很大的关系。伏期降水量随着地理位置的不同而有很大差别。甘肃省东、西向地理位置相差很大, 反映在降水量分布上, 东南部的武都伏期平均降水量为 107mm, 而西北部的敦煌只有 11mm。这里我们对甘肃省伏期降水分布进行了分区。

首先用经验正交函数分析 (EOF) 方法, 对甘肃省内 58 个代表站 1961—1995 年 7—8 的降水量进行了分析, 得到如下特征: 第一载荷向量场反映了甘肃省伏期降水的一致性; 第二载荷向量场反映了河东与河西伏期降水量呈相反的形势; 第三载荷向量场反映了黄河流域与陇东和河西伏期降水呈相反的形势。前三个载荷向量占总方差的 56%。

为了把伏期降水量的区域性分布特征显示得更清楚, 我们取前 10 个载荷向量场 (占总方差的 74%) 进行了 REOF 分析。旋转后前 7 个向量场占总方差的 70%, 所以将甘肃省伏期降水空间分布分为 7 个区, 并在每个

区中选取了一个代表站(如图1,百分数为所占方差)。

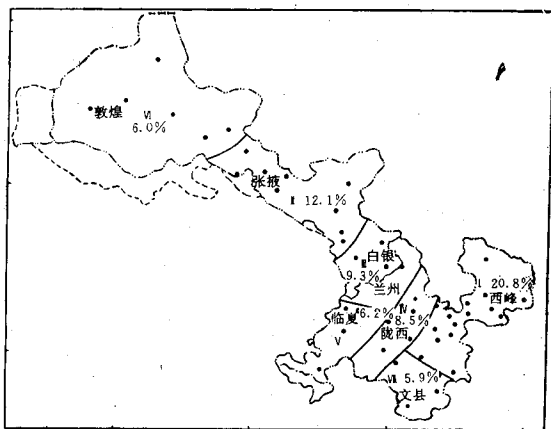


图1 甘肃省伏期降水分区

2 伏旱强度指数

甘肃省的伏旱主要发生在黄河以东地区,影响较大的地区为陇东和陇南。旱段一般集中发生在7月中旬至8月中旬。伏旱不仅会影响到当年秋田作物的产量,而且会影响到冬小麦的播种和生长。

伏旱的划分是研究伏旱最基本的工作。以前人们对伏旱制定了许多有效的标准,对伏旱的研究起到了积极的作用。但是,有些标准比较烦琐,不利于普遍使用,有些标准又太简单,不能区分真正的伏旱。为此,我们设计了一个既能反映伏期降水多少,又能反映旱段长度,并且便于使用的伏旱强度指数。其公式如下:

$$F_i = A \times \frac{D_i}{41} + B \times \frac{R_{max} - R_i}{R_{max}} \quad (1)$$

D_i 代表第 i 年伏期最长旱段的持续天数;41为伏期的天数(7月21日至8月20日); R_{max} 代表伏期4个旬降水量之和的历史最大值(1951—1990年); R_i 为第 i 年伏期4旬降水量之和; A 和 B 为经验系数。

应该注意,伏期旱段的划分应随着伏期平均降水量的大小而取不同的标准。河西一般取

5mm 为标准,即日降水量小于5mm 的持续天数为一早段,河东一般取10mm 为标准。

为了保证 F_i 在 0.0—1.0 之间变化,我们这里取 A 和 B 均为 0.5。

3 伏旱强度指数与伏旱概率的联系

在概率预报中,通常把向公众发布的概率值分为11个等级,即0.0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0。而我们前面算出的伏旱强度指数 F_i 也在0.0—1.0之间变化,所以可以把计算出的伏旱强度指数的值直接作为伏旱发生的概率值,而不用再建立一套概率预报方程。

对于上面给出的概率值的理解为: $F_i \leq 0.2$,认为伏旱不会发生; F_i 值为0.3—0.5,则认为有机会出现伏旱; F_i 值为0.6—0.7,则认为有轻伏旱发生; $F_i > 0.7$ 时,则认为有重伏旱发生。

4 甘肃省伏期干旱的分析

用式(1)分别计算了甘肃省几个代表站自1951年以来的伏旱强度指数,图2和图3给出了兰州和天水两站的伏旱强度指数历史演变曲线。

从图2可以看出,1951—1995年共45年中兰州地区重伏旱年共出现8次,分别为1963、1965、1966、1967、1971、1972、1982、1987年,轻旱年共出现17次。从图3可以看出,天水地区重旱年共出现10次,分别为1956、1957、1965、1971、1972、1973、1974、1982、1986、1991年,轻旱年共出现13次。兰州地区自1951年以来主要旱段出现在1961—1973年和1981—1990年,自1991年以来处于不早时期。天水地区主要旱段出现在1951—1957年和1970—1976年,目前处于伏旱高发时期。

5 伏旱预报方程的建立

5.1 因子的选取

在实际应用中,预报因子的选取是一项非常重要的工作,它直接影响到预报效果的好坏。这里我们利用国家气候中心提供的74

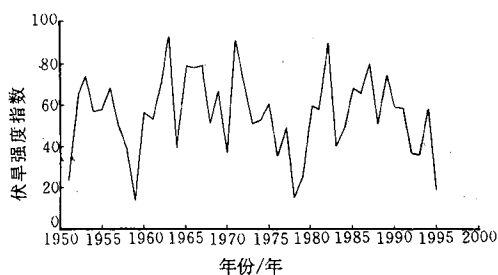


图2 兰州伏旱强度指数

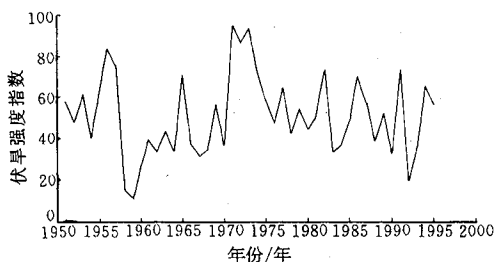


图3 天水伏旱强度指数

个环流特征量, 以及单站的温度、降水历史资料来选取预报因子。为了提高预报时效, 我们计算了前一年8月至当年6月共计11个月的74个特征量与当年伏旱强度指数的相关系数, 另外还计算了前一年1-12月, 当年1-6月共18个月每旬的平均温度和降水量与伏旱强度指数的相关系数。选取相关性较好的要素做为预报因子。下面列出兰州站相关系数通过0.05信度的因子(括号内为相关系数):

兰州: X_1 : 当年1月份太阳黑子相对数(-0.36), X_2 : 前一年12月份亚洲经向环流指数(0.35), X_3 : 当年5月份太平洋副高面积指数(-0.39), X_4 : 前一年12月份东亚槽位置(-0.54), X_5 : 前一年11月份东亚槽强度(-0.36), X_6 : 前一年12月上旬温度(-0.38), X_7 : 前一年8月上旬降水量(-0.51)。

5.2 预报方程的建立

将上面选出的因子作为入选因子, 利用逐步回归分析的方法建立伏旱强度指数与预报因子的回归方程。这里给出兰州的伏旱强度指数 F_i 的预报方程:

$$\text{兰州: } \hat{F}_i = 1.9838 - 0.0032X_3 - 0.0075X_4 - 0.0016X_5 - 0.0002X_7 \quad (2)$$

兰州站预报方程的复相关系数为0.75。

我们还用多级逐步判别的方法, 建立了伏旱等级与预报因子的判别函数, 这里不再叙述。

6 伏旱概率预测的集成

为了提高伏旱概率预测的效果, 我们不但考虑了由回归方程和判别函数得到的概率, 而且考虑了太阳黑子相对数处于目前位相时历史上伏旱出现的概率, 西太平洋副高变化处于目前位相时历史上伏旱出现的概率, 以及ENSO现象处于目前位相时历史上伏旱出现的概率, 把以上各种方法得到的结果经过综合分析, 最后得出一个合理的伏旱概率预测结果。

我们对1996年兰州站的伏旱进行了试验性预测。回归方程得到的值为0.41; 判别函数得到的值为0.20; 从1995年的情况分析, 1996年太阳黑子处于低值年份, 而低值年份兰州出现伏旱的概率为0.49; 1996年西太平洋副高脊线位置应偏北, 而副高偏北时伏旱出现的概率为0.64; 从1995年末至1996年初海温变化的情况分析, 1996年夏季赤道东太平洋海温应以负距平为主, 而此种情况下伏旱出现的概率为0.63。综合以上得到的各种结果, 最后取概率预测值为0.46。而实际的1996年兰州站的伏旱强度指数为0.32。从以上试验可看出, 使用集成方法得到的伏旱概率预测结果比只单独使用某一种方法得到的结果效果要好。

集成预报的方法有很多, 如权重法、回归法、神经网络法、模糊推理法等等。但是, 人们最常用的方法还是权重法, 其公式为:

$$Y = \sum_{j=1}^J \beta_j X_j \quad (4)$$

X_j 为第 j 种方法的预测结果, β_j 为权重系数, 用下式可以求出:

$$\beta_j = S_j P_j / \sum_{j=1}^J S_j P_j$$

其中 S_j 为第 j 种预报方法的多年平均评分, P_j 为该方法的可信度因子。

在实际业务应用中, 应该采用科学适用的集成方法, 这样不仅可以避免综合决策中的主观因素, 而且也可以对其结果进行检验, 对各种因子、各种方法的权重大小进行修正, 不断改进, 不断提高。

7 伏旱概率预测的评分

在使用概率预测以后, 如何评分, 也是一个重要的问题。

我们设计了一个伏旱概率预测的 H 评分方法, 公式如下:

$$H_i = (1 - \frac{|\tilde{F}_i - F_i|}{1 - H_c}) \times 100\% \quad (5)$$

式中, H_c 代表实况 F_i 所属伏旱等级的气候概率; \tilde{F}_i 为某次预测的概率值; F_i 为该次实况的伏旱强度指数。如果 H_i 小于 0, 则取为 0, 表示预报水平为 0, H_i 大于 0 的值, 就直接表示预报水平。

如兰州站 1996 年的预测值 \tilde{F}_i 为 0.46, F_i

实况为 0.32, 气候概率 H_c 为 0.25, 求得 H_i 为 81, 说明 1996 年伏旱的预测水平为 81%。

8 初步结论

使用概率预测, 特别是使用集成概率预测, 是短期气候预测发展的方向。通过对甘肃省河东的伏旱使用集成概率预测, 效果明显好于使用单个方法的预测。这里设计的伏旱强度指数公式和气候概率预测评分公式, 有待进一步检验和完善。特别要强调的是, 在实际应用中, 选取的预报因子的好坏是预报成功与否的关键。前面建立的预报方程还不够完善, 因为考虑的因素十分有限。在业务使用中, 还应该考虑如海温、地温、积雪等对短期气候变化影响较大的强信号因子进入方程, 随着数值预报的发展, 也应该把模式的结果考虑进去。

参考文献

- 1 李维京. 国外短期气候趋势概率预测概况. 气候通讯, 1996, (2).
- 2 高顺清等. 降水概率预测综述. 黑龙江气象, 1996, (3).
- 3 周兵. 北京地区夏季降水概率预报业务应用研究. 气象, 1996, 22 (1).

Probability Forecasts of Summer Drought in Gansu Province

Dong Anxiang Zhang Cunjie Li Dongliang
(Meteorological Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730020)

Abstract

Summer precipitation of Gansu province is divided into seven regions by using EOF and REOF method, a representative station is selected in each region. An index of summer drought intensity is designed which indicate not only summer precipitation but also drought duration in summer. The index of summer drought intensity was combined with the summer drought probability. Summer drought probability forecast equations of representative stations were established by analyzing general circulation feature index and surface meteorological essential factors and using the method of stepwise regression analysis and stepwise discriminate analysis. The concept of assembly probability forecast is put forward. Moreover, a method evaluating summer drought probability forecasts is given.

Key Words: summer drought index of drought intensity probability forecasts