

甘肃省伏旱指数特征及多层递阶方法预测

杨晓华¹, 白虎志², 周志鹏³

(1. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000; 2. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020;

3. 甘肃省华亭县气象站, 甘肃 华亭 744100)

摘要: 根据甘肃省 58 个台站 1961~2000 年伏期降水和气温资料计算其德马东干燥指数, 并对其进行 EOF 分析。结果表明: 甘肃省伏旱指数的空间分布特征与降水量分布特征非常相似, 伏早有 3 种主要空间分布形式和 7 个气候区域, 各区伏旱发生频率是不同的, 天水区伏旱发生频率最高, 甘肃中部西片最低。用多层递阶方法对各区代表站点的伏旱指数进行预测, 可取得较好效果, 检验准确率在 70% 以上。

关键词: 伏旱指数; EOF 分析; 多层递阶预测; 甘肃省

中图分类号: S161.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)04-0180-07

伏旱是甘肃省重要的干旱灾害之一, 也是影响本省农业生产的主要因素, 有关甘肃的伏旱研究已取得不少成果, 用于伏旱的预报方法也较多。本文对甘肃省伏期(7~8 月)降水做 EOF 分析, 并借助一种新的预测理论^[1]——多层递阶预测方法, 对甘肃省不同区域伏旱进行预测, 这一工作旨在提高甘肃省伏旱的短期气候预测能力, 也为甘肃省工农业生产、防灾减灾及进一步拓宽气象业务服务领域提供科学依据。

1 资料与方法

选取甘肃省 58 个站 1960~2000 年 7~8 月降水、气温资料, 根据德马东干燥指数计算出伏旱指数, 并对其指数进行自然正交分解, 分析甘肃省伏旱气候特点, 用多层递阶方法预测全省伏旱。

2 伏旱标准

干旱是一种长期干燥少雨稳定的气候现象, 表现为缺乏足够的降水, 反映的是气候水热平衡特性^[2], 造成干旱的因素很多, 甘肃省气象局定义 7 月中旬至 8 月中旬, 有一旬降水量偏少 5 成或以上, 旱段大于 15 天为伏旱。但是由于降水距平百分率对于平均值的依赖较大, 对于降水空间分布极不均匀的西北地区不宜使用统一的降水距平百分率标准^[3], 应当确定一个既能反映旱涝的空间范围, 又能反映旱涝的区域旱涝指标, 在这里我们引用了如下公式^[4]来计算甘肃省 58 站逐月的 I 值:

$$I = R / (T + 10)$$

其中, I 为德马东干燥指数; R 为月降水量; T 为月气温平均值, I 值越小, 表明大气越旱。将 7~8 月逐月 I 值作为伏旱指数, 定义 7~8 月任一月份内, 伏旱指数 $I \leq 2.5$ 为有伏旱年, 反之为无伏旱年。

本文中选取伏旱 EOF 分析第一特征向量值最大的合作站为代表站, 用 7~8 月降水距平百分率小于 50 确定伏旱年份, 并与根据 I 值划分的伏旱年份进行对比, 对比结果为: 根据 7~8 月降水距平百分率偏少 50% 统计的伏早有 9 a, 根据伏旱指数 I 值统计的伏早有 8 a, 同时满足两种划分标准的有 8 年, 两者划分的一致性接近 90%。考虑到甘肃省地形的复杂性和降水分布的不均匀性, 此指数用于甘肃省伏旱级别划分, 意义明确, 运算简便, 能客观地显示本省伏旱状态。

3 甘肃省伏旱指数的空间分布

图 1 为 1961~2002 年 7 月和 8 月伏旱指数的平均分布特征, 从图 1(a) 中清楚地看到, 7 月伏旱指数总体上从东向西减小。河西西部和北部伏旱指数很小, 一般都在 1 以下, 表明这里非常干旱。伏旱指数最大的区域位于甘南高原、陇南天水的东部和陇东的南部, 数值在 3~4。甘肃中部一天水—武都为指数的相对较小带, 这和降水量的分布形式相对应, 也和我们通常称的“干舌”相对应。

另外, 沿祁连山走向也有一个相对较大的指数带, 数值在 2~3, 这和祁连山高寒阴湿区相对应。图 1(b) 中 8 月伏旱指数的分布特征与 7 月伏旱指数分布也非常相似。

收稿日期: 2005-04-04

作者简介: 杨晓华(1957-), 女, 云南人, 副研级高工, 主要从事短期气候预测及短期天气预报工作。E-mail: plyxh@163.com。

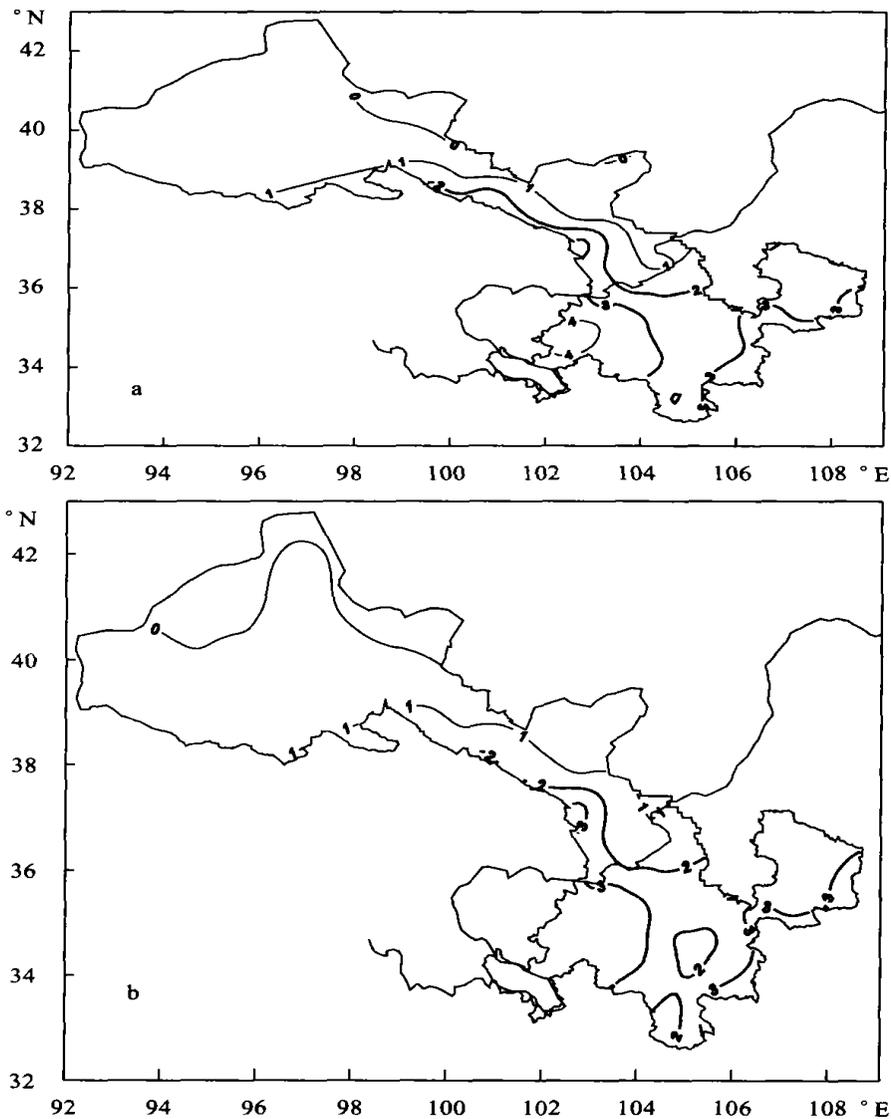


图 1 甘肃省 7 月(a)和 8 月(b)伏旱指数分布

Fig. 1 Distribution of arid dog days index in July and August in Gansu Province

4 伏旱分析与分区代表站点

4.1 甘肃省伏旱自然正交函数分解(EOF)的时空分布特征

4.1.1 甘肃省伏旱的空间分布特征

EOF 是气象上常用的一种分析方法,它将气象要素场分解为特征向量和时间系数两部分,特征向量反映场的空间分布特点,它不随时间变化,时间系数描述场的时间变化规律,EOF 可将要素场的主要特征集中在前几个特征向量和时间系数中^[5]。58 个站点的伏旱指数 EOF 分解,前两个特征向量的累计方差达到 0.89,收敛速度很快,表明用前两个特征向量就能反映分解结果的主要信息。同时我们选用第一特征向量最大值的台站为代表站分析伏旱的年代际变化。

图 2 给出 58 站伏旱指数经 EOF 分解后的前三个特征向量场,第一特征向量(图 2a)全省均为一致的正值区,反映出甘肃省伏旱具有较好的空间一致性。第一特征向量的最大区域在甘南的合作与临夏和和政,陇南东部和陇东的南部,这种分布与平均干旱指数、降水量的分布形式非常相似,但伏旱指数综合考虑了降水和气温两个因子的作用,更能够反映出伏旱异常特征。

第二特征向量(图 2b)基本上为东正西负,特征向量零值线在华家岭、陇西、宕昌一带,陇东南为一致的正中心,反映了甘肃省伏旱在总体一致的情况下,同时具有东西差异,这与降水的年际变化有关,自甘肃的东南端到中部的北端年降水量平均每一百公里减少 150 mm^[6]。

第三特征向量(图 2c)河西、中部偏西区及陇东

大部分地方为负值区,中部偏东地方及甘南、临夏、天水、陇南为正值区,反映出甘肃省伏旱在空间分布

上中部南部与其余地方的差异较大,同时也反映出了甘肃另一种干旱类型。

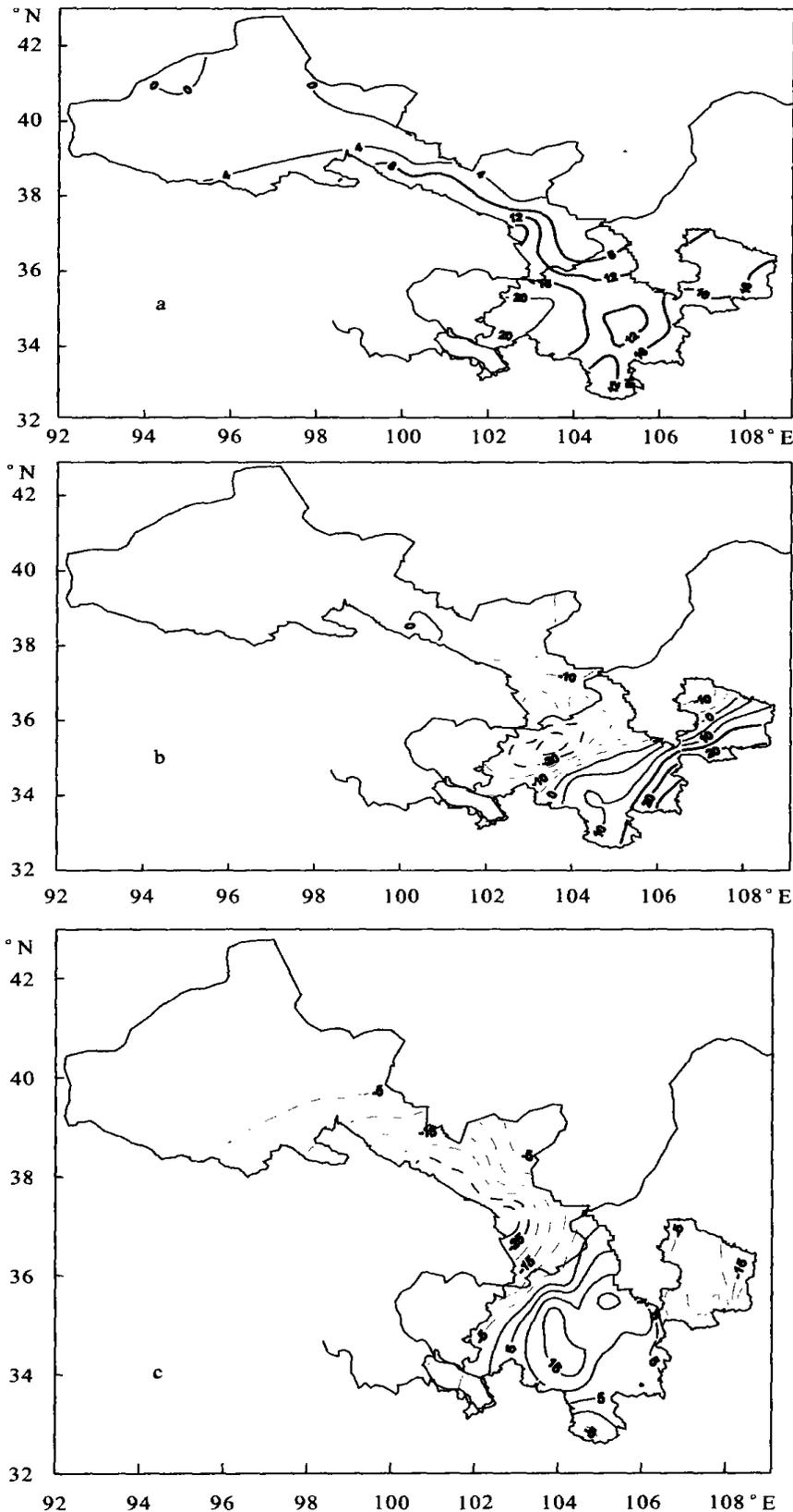


图 2 甘肃省伏旱指数 EOF 分解的第一(a)、第二(b)和第三(c)特征向量分布(扩大 100 倍)

Fig. 2 The character vector distribution map of arid dog days index EOF disassembly

at the first(a), second(b) and third(c) in Gansu Province

4.1.2 甘肃省伏旱划分区域

根据特征向量反映,并考虑到地理位置及行政区划等因素,综合分析,将甘肃省伏旱分为 7 个气候片(图 3),且以特征向量最大值的站为代表站。

I. 河西片:甘肃乌鞘岭以西地区,代表站乌鞘岭。

II. 陇东片:静宁,庄浪,华亭,平凉,泾川,灵台,崇信,环县,宁县,西峰,庆阳,镇原,正宁,代表站正宁。

III. 甘南片:合作,临潭,岷县,代表站合作。

IV. 陇中东片:榆中,兰州,会宁,定西,华家岭,通渭,陇西,代表站华家岭。

V. 陇中西片:临夏,和政,临洮,渭源,代表站和政。

VI. 陇南片:宕昌,文县,武都,康县,礼县,徽县,代表站康县。

VII. 天水片:秦安,天水,武山,清水,张家川,代表站张家川。

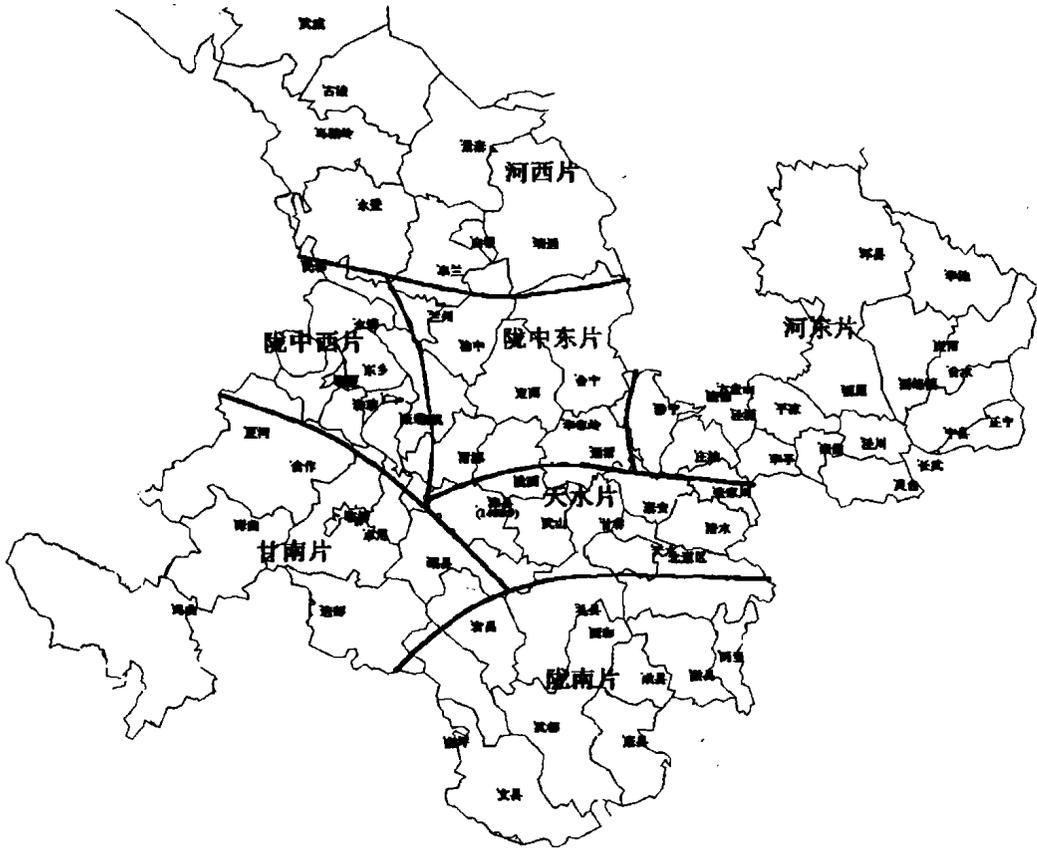


图 3 甘肃省伏旱指数分区

Fig. 3 The map of partition zone about arid dog days index in Gansu Province

4.1.3 甘肃省伏旱的时间演变特征

根据特征向量最大值选取乌鞘岭、正宁、合作、华家岭、和政、康县、张家川作为代表站,讨论分析甘肃省伏旱的年代际变化。

甘肃省伏旱指数经 EOF 展开后,其时间系数表征了逐年伏旱的变化,将第一时间系数与伏旱出现最多的代表站张家川的伏旱几率作对比(图略),可看出两者具有较好的一致性。天水片的张家川是甘肃省伏旱分片 7 个代表站中伏旱的多发地,统计表明:1961~2000 年 40 a 间张家川出现 18 次伏旱,平均两年出现 1 次,上世纪 60 年代和 80 年代是两个相对少发期,大体上有 20 年的周期震荡,其中 60 年

代仅出现 1 次。70 年代和 90 年代是两个相对高发期,几乎年年都有伏旱。

陇中东片华家岭是甘肃省伏旱分区中第二多发区,伏旱频率为 43%,年代际变化较均匀,最少发生年份在 60 年代,70、80、90 年代伏旱依次出现为 5、4、5 次,平均两年一遇,这与李栋梁^[7]分析陇中伏旱的结果是一致的。

位于陇南的康县与陇东的正宁,其伏旱频率相同,40 年中共出现 13 次。不同的是康县 90 年代出现最多,达 6 次,从 60 年代至 80 年代每 10 a 伏旱出现次数依次为 2、3、2 次,而正宁县 90 年代出现 5 次,平均两年一次,60 年代和 70 年代各为 4 次,80

年代无一次伏旱。

干旱指数分区中的 7 个代表站中,和政伏旱发生次数最少,频率仅为 12%,每 10 a 才出现两次。

5 甘肃省伏旱的预测模型

5.1 预测方法

伏旱指数一方面作为监测预警指标,另一方面可以作为一个重大伏旱事件的预测对象。根据甘肃省伏旱指数自然正交分解划分得出的 7 片区域不同情况,分片建立多层递阶预测模型。

5.2 预报因子选取

预报因子的选择主要依据是持续阶段环流的累积特征或者是根据持续阶段中有代表性时期的环流特征^[8]。在西北区东部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和青藏高原高度场偏低^[9];500 hPa 高度场具有“西高东低”、“西正东负”的特点;100 hPa 高度场在伏旱年反映高压弱,多雨年高压强;6 月环流为北半球大气环流从冬到夏的转折(突变)期,近 30 多年 6 月降水量有增多趋势^[10],伏旱强度呈现增强趋势。因此,在普查因子过程中,考虑到伏旱的时空尺度影响范围大,影响的环流背景及气候物理意义基本一致,选取信度达 0.05 以上,相关系数绝对值 ≥ 0.3 的因子:①西太平洋副高面积指数;②西太平洋副高强度指数;③西藏高原槽指数;④东亚槽强度指数;⑤亚洲区极涡面积指数。⑥代表站前一年伏期降水序列。

5.3 多层递阶预测在甘肃省伏旱预测中的应用

多层递阶预报模型^[11]的基本思想是把时变系统的状态预测分离成对时变参数的预测和在此基础上对系统状态的预测两部分,即系统的动态特性通过参数随时间的变化加以跟踪,克服了多元回归方法中用固定参数模型预报时变动态系统状态的局限性,提高了预报准确率和预报精度。对于线性单输出系统,多层递阶方法的基本数学模型为^[12]

$$Y(k) = \Phi(k)^T \theta(k) + e(k) \quad (1)$$

其中

$$\Phi(k)^T = [Y(k-1), Y(k-2), \dots, Y(k-p), u_1(k), u_2(k), \dots, u_m(k)] \quad (2)$$

$$\theta(k) = [\alpha_1(k), \alpha_2(k), \dots, \alpha_p(k), \beta_1(k), \beta_2(k), \dots, \beta_m(k)] \quad (3)$$

式中, $Y(k)$ 为预测对象,即一维输出; $\Phi(k)^T$ 、 $\theta(k)$ 是 m 维向量函数; $u_i(k)$ 为影响因子; $\alpha_i(k)$ 、 $\beta_i(k)$ 为系统时变参数; p 为自回归阶数; m 为影响因子总数; k 为流动时间; $e(k)$ 为零均值白噪声。

在不计模型的自回归部分时,则式(1)可表述

为:

$$\begin{aligned} Y(k) &= \beta_1(k) u_1(k) + \beta_2(k) u_2(k) + \dots \\ &\quad + \beta_m(k) u_m(k) + e(k) \\ &= \sum_{i=1}^m \beta_i(k) u_i(k) + e(k) \end{aligned} \quad (4)$$

对于式(4),时变参数 $\beta_i(k)$ 的递推公式可写为:

$$\begin{aligned} \beta_i(k) &= \beta_i(k-1) + \frac{u_i(k)}{\sum_{i=1}^m u_i^2(k)} \{ Y(k) - \\ &\quad \sum_{i=1}^m u_i(k) \cdot \beta_i(k-1) \} \end{aligned} \quad (5)$$

对于式(4)描述的不计自回归部分的线性动态系统,在相同的情况下,可以建立其多元线性回归分析数学模型,描述如下:

$$Y(k) = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i u_i(k) + e(k) \quad (6)$$

其中, a_0 , a_1 , a_2 , \dots , a_m 为非时变的回归系数,其它符号意义同式(1)。

为了体现高相关因子在预测模型中的重要作用,又能对时变动态系统有较强的适应力,设想将多层递阶回归分析的基本数学模型取为:

$$Y(k) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \beta_i'(k) u_i(k) + e(k) \quad (7)$$

其中, α_i 为回归系数; $\beta_i'(k)$ 为系统的时变参数; $e(k)$ 为零均值白噪声; i 为预测因子序号; m 为预测因子个数; k 为流动时间。这里需要指出的是,模型(7)中的时变参数 $\beta_i'(k)$ 与模型(4)中的时变参数 $\beta_i(k)$ 意义是不相同的,前者是考虑了影响因子重要性后系统的时变参数,后者是没有考虑影响因子重要性时系统的时变参数,二者数值是不相等的,即 $\beta_i'(k) \neq \beta_i(k)$ 。

求解模型(7)的基本思路为:先运用多元线性回归分析方法求得各因子相应的回归系数 α_i ,然后将回归系数与其对应的预测因子的乘积看成是新的预测因子,再根据多层递阶方法的计算步骤求得各新因子的时变参数,从而建立起多层递阶回归分析模型。

以各片的代表站 7~8 月伏旱指数为预测对象,以筛选出的特征量为预报因子,利用多层递阶方法分片进行预测检验,由于各区的降水量差异较大,计算出的伏旱指数也有很大的差异,因此,用统一的标准定义伏旱显然是不合理的,我们在本文中试图探索一种方法,并继续在以后的工作中完善,所以,我们只对伏旱各气候片的代表站不同年代 10 a 的伏旱进行了检验,准确率大多在 70% 以上。表 1 和表

2 仅列出张家川和平凉伏旱指数的多层递阶预报检验结果,其准确率均为 80%。

表 1 张家川伏旱指数的多层递阶预报检验结果

Table 1 The inspection results multiplayer hierarchical forecast about arid dog days index in Zhangjiachuan area

项目 Item		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
伏旱指数 Arid dog days index	7 月 July	7.0	2.0	1.0	3.0	1.0	3.0	5.0	0	3.0	1.0
	8 月 August	2.0	1.0	3.0	1.0	2.0	3.0	1.0	4.0	2.0	2.0
多层递阶预测 Forecast	7 月 July	3.4	1.3	2.1	2.7	1.2	2.6	3.1	1.2	2.8	2.5
	8 月 August	2.2	1.9	1.4	1.7	1.3	1.5	2.2	2.9	2.3	2.8
预测检验 Foregone conclusion		√	√	√	√	√	×	√	√	√	×

表 2 平凉伏旱指数的多层递阶预报检验结果

Table 2 Inspection results of multiplayer hierarchical forecast about arid dog days index in Pingliang area

项目 Item		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
伏旱指数 Arid dog days index	7 月 July	4.7	1.1	2.9	5.1	2.1	3.4	10.5	2.7	4.8	6.3
	8 月 August	5.6	1.3	5.9	3.2	2.2	5.4	2.3	3.2	2.7	0.3
多层递阶预测 Forecast	7 月 July	3.8	5.4	3.9	3.8	3.6	3.8	2.2	1.2	3.9	4.1
	8 月 August	3.0	3.6	2.6	2.6	1.6	2.8	1.1	4.2	4.0	1.8
预测检验 Foregone conclusion		√	×	√	√	√	√	√	×	√	√

6 结 论

1) 伏旱指数的空间分布形式非常相似,用伏旱指数划分伏旱标准时应分不同的气候区域。

2) 甘肃省伏旱的空间分布特征,经 EOF 分解后的第一特征向量全省均为一致的正值区,反映出甘肃省伏旱分布具有较好的空间一致性,第一特征向量的最大区域在甘南的合作与临夏及和政。第二特征向量基本上为东正西负,特征向量零值线在华家岭、陇西、宕昌一带,反映了甘肃省伏旱在总体一致的情况下,同时具有东西差异。

3) 第三特征向量河西、中部偏西区及陇东大部分地方为负值区,中部偏东地方及甘南、临夏、天水、陇南为正值区,反映出甘肃省伏旱在空间分布上中部和南部的差异较大。

4) 根据特征向量反映,并考虑到地理位置及行政区划等因素,可将甘肃省伏旱分为 7 个气候片。

5) 在 7 个气候片各自代表站(特征向量最大值站)中,天水片的张家川是甘肃省伏旱分片 7 个代表

站中伏旱的多发地,7 个代表站中,和政伏旱发生次数最少,频率仅为 12%。

6) 在运用多层递阶方法进行预测时,必须细致地分析时变参数估值序列的变化特点,精心选择合适的时变参数预测模型,可以达到提高预测准确率的效果。

参 考 文 献:

[1] 李邦宪. 动态系统预测的多层递阶方法[M]. 北京:气象出版社,1996,155.
 [2] 李建芳,李建军,陈卫东. 宝鸡地区的干旱研究[J]. 陕西农业科学,2002,(7):16-19.
 [3] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象,1998,17(4):381-389.
 [4] 李建芳,李建军,陈卫东. 宝鸡地区的干旱研究[J]. 陕西农业科学,2002,(7):16-19.
 [5] 马晓波,高由禧. 中国西北地区和蒙古国 40 年气温时空特征及其变化趋势[J]. 高原气象,1999,16(3):282-290.
 [6] 白肇烨,徐国昌. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988. 442.
 [7] 李栋梁,刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京:气象出版社,2002. 378.
 [8] 白肇烨,徐国昌. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988.

- 442.
- [9] 白虎志, 谢金南, 王宝灵, 等. 1997 年甘肃省特大干旱事件的诊断研究[J]. 高原气象, 1999, 18(1): 55-62.
- [10] 王宝灵. 中国西北地区 6 月降水量最近 30 年明显递增[J]. 气象, 1997, 23(6): 37-39.
- [11] 李邦宪. 动态系统预测的多层递阶方法[M]. 北京: 气象出版社, 1996. 155.
- [12] 卢华友, 郭元裕. 利用多层递阶回归分析制定水库优化调度函数的研究[J]. 水利学报, 1998, (12): 96-98.

The character of index of arid dog days and multilayer hierarchical method for predetermination in Gansu Province

YANG Xiao-hua¹, BAI Hu-zhi², ZHOU Zhi-peng³

(1. Pinliang municipal meteorological Bureau, Pinliang, Gansu 744000, China;

2. Lanzhou central meteorological Observatory, Lanzhou, Gansu 730020, China;

3. Huating meteorological Station, Huating, Gansu 744100, China)

Abstract: We calculated the Demadong arid index according to the data which got from 58 meteorological agencies and stations in Gansu Province, P.R.C. from 1961 to 2000 and also carried out EOF analysis. The results indicated as follow: The spatial distribution of arid dog days index and distribution of amount precipitation were very similar. The arid dog days had three kinds of main spatial distribution forms and 7 climatic zones. The breakout frequency of arid dog days was difference among the zones. The highest was in Tianshui area and the lowest was located at the west part of centre in Gansu Province. We got conclusions from aforesaid and determined the representative regional station, investigated forecast factors which had higher related coefficient absolute value and progressed forecast experiment by means of multiplayer hierarchical and gained some forecast results which were much better than usual methods.

Keywords: index of arid dog days (or draught index); EOF analysis; multiplayer hierarchical; Gansu province

(上接第 35 页)

Study on technical variables in film hole furrow irrigation with plastic-covered ridge

LI Yuan-nong^{1,2}, ZHANG Xiao-peng¹, FEI Liang-jun¹, LI Fang-hong¹

(1. Institute of Water Resource, Xi'an University of Science and Engineering Technology, Xi'an, 710048, China;

2. College of Water Conservancy and Architecture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Irrigation on film hole is a water saving method in both agronomic and irrigating aspects, but it is still imperfect in the technical factors. Based on the technique applying actuality, the orthogonal test project with four factors (including film hole diameter, film hole rate, flux per unit width and ground slope) and three levels was conducted. The results indicated that the optimal technical combination for the moderate infiltration soil area being suitable to film mulch on ridges was: hole diameter 5cm, film hole rate 3%, flux per unit width 3 L/(s·m) and ground slope 2%.

Keywords: film mulch on ridge; film hole irrigation; technical factor