

陇南山区春末夏初旱涝指数的确定与预测研究

肖志强¹, 林 纾², 尚学军¹, 樊 明¹, 吴文辉¹, 赵育俊¹, 王小明³

(1. 陇南市气象局, 甘肃 武都 746000; 2. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020; 3. 两当县气象局, 甘肃 两当 742400)

摘要: 春末夏初正值陇南山区玉米播种、出苗关键期, 该时段旱涝直接影响着玉米产量的高低。通过分析1963~2003年气象及玉米产量资料, 制定衡量陇南春末夏初旱涝特征的旱涝指数; 用EOF方法分析陇南春末夏初旱涝状况, 时空分布特征和对农业生产的影响规律, 分片建立春末夏初旱涝均生函数预测模型。由于该旱涝指数考虑到前期旱段、降水量和同期降水量、蒸发量等因子, 与玉米产量密切相关。对春末夏初旱涝指数的分析和预报, 也就是对玉米产量的分析和预报, 它较传统统计方法更全面, 更客观。通过2004年业务应用, 预报准确率及服务效益有较大提高。

关键词: 陇南; 春末夏初; 旱涝特征; 预测模型

中图分类号: S162 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0026-05

玉米是陇南山区仅次于小麦的第二大粮食作物, 全市播种面积约6.7万hm², 春末夏初(5月到6月)正值陇南冬小麦由南向北, 由低到高进入抽穗、灌浆、成熟、收割、碾晒期, 又是大秋作物玉米播种、出苗、拔节、抽雄关键生长期, 虽说夏初6月雨水适当少些, 光照增加, 有利于冬小麦的收割碾晒, 但遇有高温干旱, 不但会“逼熟”小麦影响产量, 也会给抽雄灌浆期玉米造成“卡脖子旱”, 相反, 雨量适时, 分布均匀, 虽然有利于玉米生长, 但阴雨多涝, 又对小麦的成熟、收割、碾晒不利^[1], 由于该时段陇南主产区小麦大部分已收割, 受旱涝影响程度逐渐减少, 而对玉米的影响程度却很大, 因此, 研究春末夏初旱涝气候特征, 及早预报, 积极防御, 对防灾减灾, 提高玉米粮食作物产量具有十分重要的意义。

1 春末夏初旱涝指数的确定

干旱的形成是一种长期的过程, 其灾情程度是逐渐积累的, 它首先表现在降水持续偏少, 即天旱, 然后反应到土壤持续蒸发失墒, 最后呈现出农业干旱, 即地旱。因此, 我们从陇南山区农业生产实际出发, 结合当地气候分布规律^[2], 将春末夏初定为5月上旬到6月下旬, 通过对该时段主要大秋作物玉米生长与相应的诸多气象因素相关关系的分析, 筛选出植物生理学意义比较明确, 并且与玉米产量相关性显著的气象因子: 降水量、旱段和蒸发量, 定义春末夏初旱涝指数为:

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

式中, XH_{ij} 为春末夏初旱涝指数; AR_{ij} 、 BR_{ij} 分别为春末夏初和前期4月降水量的相对变率; CL_{ij} 为春末夏初蒸发量相对变率, DN_{ij} 为春末夏初最长旱段(日降水 ≥ 10.0 mm 两场雨之间相隔天数)的相对变率, $i = 1, 2, 3, \dots, m$ 为站点数, $j = 1, 2, 3, \dots, n$ 为资料年代数。 AR_{ij} 、 BR_{ij} 越小, CL_{ij} 、 DN_{ij} 越大, 则 XH_{ij} 越小, 干旱程度越重。反之, AR_{ij} 、 BR_{ij} 越大, CL_{ij} 、 DN_{ij} 越小, 则 XH_{ij} 越大, 偏涝程度越重。通过分析当地农业生产年景实际, 定义各级旱涝指数标准如下:

- | | | |
|-----|----------------------------|----|
| 1级: | $XH_{ij} < -1.0$ | 重旱 |
| 2级: | $-1.0 \leq XH_{ij} < -0.7$ | 中旱 |
| 3级: | $-0.7 \leq XH_{ij} < -0.4$ | 轻旱 |
| 4级: | $-0.4 \leq XH_{ij} < 0.4$ | 正常 |
| 5级: | $0.4 \leq XH_{ij} < 1.0$ | 偏涝 |
| 6级: | $1.0 \leq XH_{ij}$ | 大涝 |

2 春末夏初旱涝气候特征

2.1 春末夏初旱涝的分片

用EOF方法对1963~2003年陇南九县春末夏初旱涝指数进行了分解, 由各方差贡献(见表1)看, 其收敛很快, 第一项方差贡献达76.0%, 前两项已达89.3%, 前三项高达97.8%。第一特征向量(图1a)为一致的正值, 说明全市旱涝趋势变化有很好的一致性, 最大值在徽县, 为0.94, 可作为全市的代表站; 第二特征向量(图1b)武都、文县为负值, 最小值在武都, 为-0.73, 最大值在礼县, 为0.20, 反映了

收稿日期: 2005-10-02

作者简介: 肖志强(1960-), 男, 甘肃武都人, 高级工程师, 长期专职从事短期气候预测和农业气象业务及研究工作。E-mail: Lnxzq@

白龙江流域与西汉水流域、徽成盆地存在差异,变化趋势相反;第三特征向量(图 1c)西和、礼县、宕昌为负值,最小值在礼县,为-0.44,最大值在徽县,为0.30,进一步反映了西汉水流域与白龙江流域、徽成盆地的差异,变化趋势相反。综上所述,陇南春末夏初旱涝等级可分为三个片(见图 2),即南部的白龙江流域片(I),包括文县、武都,代表站为武都;东部的徽成盆地片(II),包括成县、徽县、两当、康县,代表站为徽县;北部西汉水流域片(III),包括西和、礼

县、宕昌,代表站为礼县。

表 1 陇南春末夏初旱涝等级资料方差贡献

Table 1 The variances form EOF of floods or drought ranks in late spring and early summer in Longnan area

项目 Item	序号 Number			
	1	2	3	4
方差 Variance(%)	76.0	13.3	8.5	0.6
累计方差 Accumulation(%)	76.0	89.3	97.8	98.4

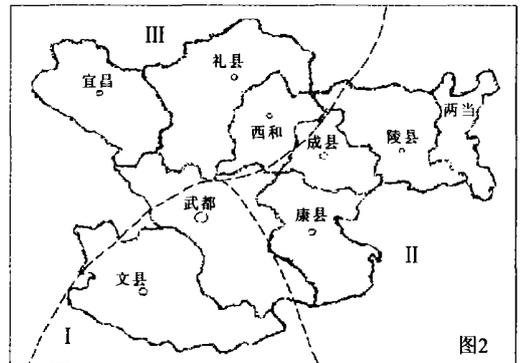
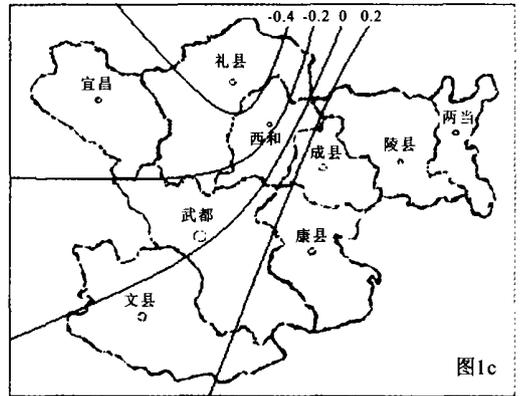
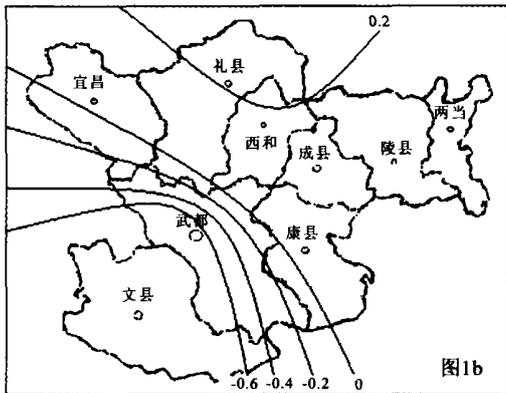
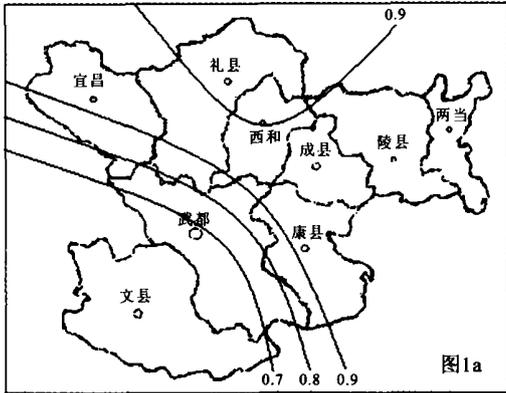


图 1 陇南春末夏初旱涝 EOF 分解特征向量分布
a. 第一特征向量 b. 第二特征向量 c. 第三特征向量

图 2 陇南 XH 分区

Fig. 1 The first 3(a-c) loading vector field of late spring and early summer floods or drought from EOF over Longnan

Fig. 2 The distribution of XH in Longnan

2.2 春末夏初旱涝气候特征

各时段全市性 XH_{ij} 等级确定原则为: 某一 XH_{ij} 等级占全市两片或两片以上区域时, 则确定该 XH_{ij} 为全市性 XH_{ij} 等级。三片各为不同等级时, 一般取中间级为全市性 XH_{ij} 等级, 并且分析中若将 1~3 级作为旱级, 4 级为正常级, 5~6 级作为偏涝级^[3], 则从表 2 可以看出, 1963~2003 年共 41 年里, 春末夏初旱出现频数白龙江流域片最多, 为 18 次, 占 43.9%, 徽成盆地片和西汉水流域片相同, 各为 15 次, 占 36.6%, 春末夏初正常年份各片基本相同, 为 12~13 次, 占 29.3%~31.7%。春末夏初雨涝则相反, 白龙江流域片最少, 为 11 次, 占 26.8%, 徽成

盆地片和西汉水流域片相同, 各为 13 次, 占 31.7%。从陇南全市春末夏初各时段旱涝 XH_{ij} 分布情况分析, 上世纪 60 年代涝多于旱, 其中涝占 45%, 正常和旱各占 27%; 70 年代旱多于涝, 其中旱占 44%, 正常占 33%, 涝占 22%; 80 年代多涝少旱, 其中涝占 54%, 正常占 27%, 旱占 18%; 90 年代后多旱少涝, 其中旱占 50%, 正常占 40%, 涝占 10%。1963~2003 年共 41 年里, 全市性最早年份出现在 1966 年, 全市平均 $XH_{ij} = -2.19$, 干旱中心在徽县, $XH_{ij} = -2.51$, 对应徽县 4 月降水量 32.2 mm, 偏少 35%, 5~6 月降水量 44.5 mm, 偏少 71%, 5~6 月蒸发量 536.2 mm, 偏大 69%, 旱段 60 d, 偏长 24 d。

全市性最涝年份出现在 1973 年,全市平均 $XH_{ij} = 1.62$,雨涝中心在武都, $XH_{ij} = 2.79$,对应武都 4 月降水量 86.9 mm, 偏多 143%, 5~6 月降水量 127.6 mm, 偏多 61%, 蒸发量 508.9 mm, 偏小 20%, 旱段 17 d, 偏短 21 d。由此可见, 陇南春末夏初以干旱发

生频数最多, 而偏涝和正常发生频数基本相等。但是一旦出现偏涝, 则白龙江流域灾情一般重于徽成盆地和西汉水流域。一旦出现重旱, 则徽成盆地和西汉水流域旱情一般重于白龙江流域。

表 2 陇南各片各时段各级春末夏初旱涝指数频数分布

Table 2 The number and frequency distribution of different rank floods or drought index figure in different stages and different areas in Longnan

XH_{ij} 等级 Rank	XH_{ij} 频数(%) XH_{ij} frequency								全市各时段 XH_{ij} 频数(%) XH_{ij} frequency in different times							
	白龙江流域 Bailong		徽成盆地片 Huicheng		西汉水流域 Xihanshui		全 市 Whole area		1963~1973		1974~1982		1983~1993		1994~2003	
	频数	频率(%)	频数	频率(%)	频数	频率(%)	频数	频率(%)	频数	频率(%)	频数	频率(%)	频数	频率(%)	频数	频率(%)
	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.	Fre.	Fre.rat.
1	4	10	9	22	5	12	5	12	2	18	1	11	1	9	1	10
2	4	10	2	5	6	15	4	10	0	0	2	22	0	0	2	20
3	10	24	4	10	4	10	5	12	1	9	1	11	1	9	2	20
4	12	29	13	32	13	32	13	32	3	27	3	33	3	27	4	40
5	6	15	5	12	7	17	10	24	3	27	2	22	4	36	1	10
6	5	12	8	20	6	15	4	10	2	18	0	0	2	18	0	0

2.3 春末夏初旱涝对农业生产的影响

通过对 1989~2003 年陇南全市性 XH_{ij} 等级与全市平均秋粮玉米产量进行对比分析, 发现(见表 3), XH_{ij} 5~6 级共出现 3 次, 对应玉米产量较上年增产 3 次, 即对应增产率为 100%; 4 级共出现 7 次, 对应玉米产量较上年增产 6 次, 即对应增产率为 86%, 对应玉米产量较上年减产 1 次, 即对应减产率为 14%; 1~3 级共出现 6 次, 对应玉米产量较上年

减产 6 次, 即对应减产率为 100%; 即 XH_{ij} 等级与当年全市平均秋粮玉米产量增减趋势对应准确率为 95.3%, 由此可见, 春末夏初 XH_{ij} 4~6 级最有利于玉米增产丰收, 而 XH_{ij} 1~3 级造成玉米较上年减产。这说明春末夏初是玉米生长关键期, 该时段旱涝与玉米产量关系十分密切, 春末夏初雨量多, 并且分布适时, 则玉米生长好, 反之, 少雨干旱, 则不利于玉米生长。

表 3 1989~2004 年陇南 XH_{ij} 等级与秋粮玉米产量逐年变化

Table 3 The ranks of XH_{ij} and the yearly evolution of maize yield in Longnan

项目 Item	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
XH_{ij} 等级 Rank	6	5	4	4	5	3	2	3	3	4	4	4	2	3	4	4
玉米产量 Maize yield(kg/667 m ²)	219	239	198	228	237	220	208	191	160	240	259	268	267	248	265	270
当年与上年产量差值 Yield difference(kg/667 m ²)	13	20	-41	30	9	-17	-12	-17	-31	80	19	9	-1	-19	17	5

3 春末夏初旱涝预测

3.1 预报方法及思路

通过筛选, 我们利用均生函数建立春末夏初旱涝等级预测模型, 基本思路是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, 以原时间序列为因变量, 进行逐步回归分析, 建立预报方程。

3.2 均生函数及延拓序列^[4]

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:

$$X_L(i) = \frac{1}{N_L} \sum_{j=0}^{N_L-1} X(i+jL) \quad (3)$$

$$(i = 1, 2, \dots, L, 1 \leq L \leq M)$$

式中, $L = 1, 2, \dots, M$; $N_L = \text{INT}(N/L)$; $M = \text{INT}(N/2)$; 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 $X_L(i)$ 作循环外推, 构成周期性延拓序列:

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

式中, $t = 1, 2, \dots, N + q$, q 为预测步长, 这样就得到 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:

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

式中, Φ_0, Φ_i 为系数, $i = 1, 2, \dots, K$, K 为预报因子数, 将均生函数作 q 步周期性外延, 利用(5) 式即可得到 q 步预报。其系数用最小二乘法求得。

3.3 春末夏初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、徽县、礼县 1963~2003 年春末夏初旱涝指数分级数建立预测模型:

武都: $X_1(t) = -11.885 + 0.647f_4^{(0)} + 0.718f_6^{(0)} + 0.130f_8^{(0)} - 0.603f_9^{(0)} + 2.685f_{10}^{(0)}$

徽县: $X_2(t) = 29.211 - 0.096f_2^{(0)} - 0.514f_3^{(0)} +$

$$111.408f_4^{(0)} - 110.678f_5^{(0)} + 0.671f_6^{(0)} + 0.849f_8^{(0)} + 4.035f_9^{(0)} - 5.774f_2^{(1)}$$

礼县: $X_3(t) = 0.0001 + f_4^{(0)}$

全市: $X_i(t) = -2.181 + 0.753f_2^{(0)} + 0.815f_7^{(0)} - 0.329f_2^{(1)}$

其中方程 $X_i(t)$ 意义同 XH_{ij} , 为 XH_{ij} 等级预测值, 小数四舍五入。 $f_2^{(0)}, f_3^{(0)}, f_4^{(0)}, \dots$ 为原序列 2 年、3 年、4 年……的周期分量, $f_2^{(1)}$ 为原序列一阶差分的 2 年周期分量。经检验, 以上方程均通过 0.05 显著水平。

4 预测效果分析

为客观准确预报旱涝趋势, 将 1~3 级统计为干旱, 4~6 级统计为正常偏涝无旱。图 3、图 4、图 5 中, 2004~2008 年虚线为预报曲线。检验各片的历史拟合率, 武都为 87.8%, 徽县为 78.1%, 礼县为 73.2%, 全市为 87.8%。2004 年进行业务试报, 准确率为 100%, 预报效果理想。

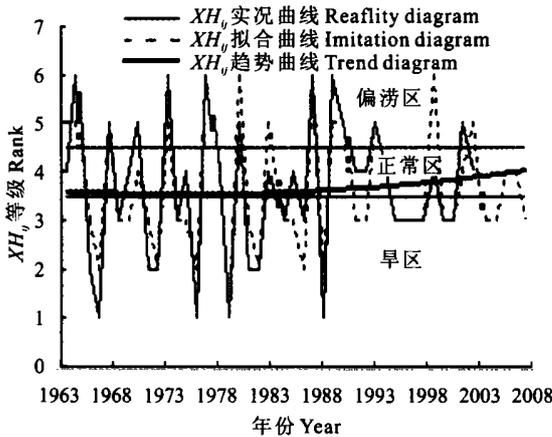


图 3 武都 XH_{ij} 历史演变

Fig. 3 The historical evolution of XH_{ij} in Wudu

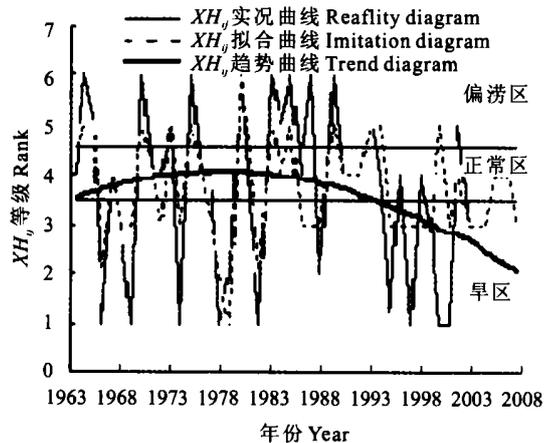


图 4 徽县 XH_{ij} 历史演变

Fig. 4 The historical evolution of XH_{ij} in Huixian

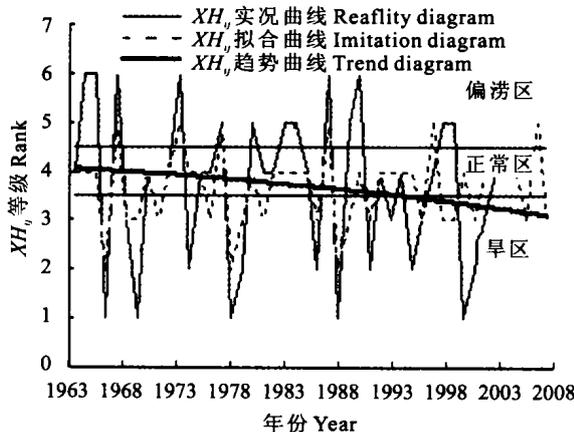


图 5 礼县 XH_{ij} 历史演变

Fig. 5 The historical evolution of XH_{ij} in Lixian

5 结 论

1) 本文从春末夏初陇南山区农业生产实际出发,筛选出植物生理学意义比较明确,并且与该时段主要秋粮作物玉米生长及产量相关密切的气象因子,反推制定陇南春末夏初旱涝指数公式及分级标准,由此计算出春末夏初旱涝指数历史序列,由于该指数考虑到前期旱段、降水量、和同期降水量、蒸发量等因子,因此,对春末夏初旱涝的分析和预报较传统统计分析方法更客观具体而实际,并且具有资料易得,使用方便,可操作性强等优点。

2) 春末夏初旱涝指数与秋粮玉米产量密切相关,对当年春末夏初旱涝指数的分析预测,也就是对当年玉米产量趋势的分析预测。由春末夏初旱涝指数等级预测,相应得出玉米产量趋势预测,虽为简单的统计经验,方法直观简单,但预报因子的植物生理学意义比较明确,准确率较高,有一定参考价值。

3) 通过对春末夏初旱涝指数的时空分布及演

变规律统计分析得出:陇南春末夏初干旱白龙江流域出现频数最多,徽成盆地和西汉水流域较少。偏涝出现的频数则相反,白龙江流域最少,徽成盆地和西汉水流域较多。陇南春末夏初20世纪60年代涝多于旱,70年代旱多于涝,80年代多涝少旱,90年代后多旱少涝。

4) 各片及全市性春末夏初旱涝指数均生函数预测模型历史拟合率均在73.2%以上,2004年试报准确率为100%,预报效果较好。

参 考 文 献:

- [1] 肖志强,尚学军,樊明,等.陇南春旱指数与冬小麦产量关系及预测研究[J].中国农业气象,2002,23(1):9-12.
- [2] 邓振镛.甘肃旱作区土壤水库贮水规律及其应用[J].甘肃气象,1998,16(3):21-24.
- [3] 肖志强,尚学军,樊明.陇南伏期旱涝指数及预测模型[J].气象,2001,27(1):35-38.
- [4] 魏风英,曹鸿兴.长期预测的数学模型及应用[M].北京:气象出版社,1991,9-90.

Determination and prediction of flood and drought index for late spring and early summer in Longnan mountain area

XIAO Zhi-qiang¹, LIN Shu², SHANG Xue-jun¹, FAN Ming¹, WU Wen-hui¹, ZHAO Yu-jun¹, WANG Xiao-ming³

(1. Longnan Meteorological Bureau, Wudu, Gansu 746000, China;

2. Lanzhou Center Meteorological Bureau, Lanzhou, Gansu 730020, China;

3. Liangdang Meteorological Bureau, Liangdang, Gansu 742400, China)

Abstract: Late spring and early summer is the key period for autumn maize sowing, emerging, jointing and heading in longnan. Floods and droughts of this period directly affect maize yield. Through analyzing the weather and maize yield data from 1963 to 2003 according to the climatic rule and the condition of agriculture production, the index figure for judging the quantitative character of floods and droughts determined. The spatial distribution character of the flood and drought and its effect on agriculture production were analyzed using EOF method. Prediction models of the mean generating function method were established for different regions. Because the flood and drought indexes account for the drought and precipitation of the earlier stage as well as the precipitation and evaporation during the maize growth period, the index figure is related close with maize yield. For analysis and prediction of maize yield, the analysis and prediction of the flood and drought indexes were more complete and objective than the traditional method. The forecast accuracy and service efficiency were largely enhanced by using the application of this method in 2004.

Keywords: Longnan; late spring and early summer; floods and drought character; prediction model