第19卷第1期
1996年3月

南京气象学院学报
Journal of Nanjing Institute of Meteorology

Vol. 19 No. 1
Mar. 1996

鲁西南地区小麦雨后青枯逼熟天气条件分析及预报

刘厚赞[1)]　孔凡忠[2)]　侯敬和[2)]

(1)山东省气象台,济南　250031,2)山东菏泽气象台,菏泽　274000)

摘　要　用500 hPa月平均高度对小麦雨后青枯逼熟灾害性天气进行了相关分析,并对各优势相关区进行主成份合成。用主成份变量建立的灾害预报方程,在实际使用中取得了较好的效果。

关键词　小麦青枯,主成份合成,预报

分类号　P421

小麦雨后青枯逼熟(简称青枯)是我国北方冬麦区重要的农业气象灾害,黄淮海麦区灾害尤其严重。全国平均年受灾面积一千多万公顷[(1)]。轻灾年份减产10%左右,重灾年份可减产20%以上,并使小麦品质降低。由于至今尚未见到预报此灾害的方法,因而这种灾害预报方法的研究是目前农业减灾急待解决的课题。

本文试图通过对小麦青枯前期气象条件的分析,建立一种科学的预报灾害的方法。

1　资料及方法

1.1　小麦雨后青枯逼熟的气象条件

1957年至1991年,鲁西南地区共发生显著小麦青枯7次。青枯发生在5月下旬至6月上旬小麦成熟后期。有一次5 mm以上的降水过程,雨前3日和雨后2日内极端最高气温大于或等于32 ℃,与降雨期间极端最低气温相比,温差均≥16 ℃。这种天气过程可导致小麦植株迅速死亡,形成小麦青枯,造成小麦减产、品质降低[†]。

1.2　资料

小麦青枯资料为菏泽地区气象局1957～1991年农业气象观测资料和菏泽地区农科所小麦品种区域试验资料。预报因子资料为中国气象局整理的1956～1991年北半球500 hPa月平均高度资料。

1.3　预报方案的设计

对小麦青枯灾害中的诸多气象要素分别进行因子普查或分组进行因子普查,最后得出的统计结果较离散,兼容性差,很难得出统一的预报结论。为此,对小麦青枯事件进行0、1划分。0为无青枯,1为有青枯。用此序列对高度场求相关,普查优势相关区。采用主成份分析方法将诸优势相关区众多预报变量组合成新预报因子,用主成份变量建立预报方程。

---

† 菏泽气象台. 小麦雨后青枯逼熟机理及防御研究报告,1992

收稿日期:1995－05－04;改回日期:1995－07－10

2 气候背景和天气条件分析

2.1 小麦青枯前期气候背景

统计历年3～5月逐旬气温、降水资料，采用3旬滑动平均值方法，可看出有青枯年3月中旬至5月下旬降水量比无青枯年明显偏少。尤以4月下旬至5月中旬为甚，3旬滑动降水差值一般在10～30 mm。旬平均气温自4月下旬起有青枯年比无青枯年偏高，以5月份偏高最为显著。有青枯年5月份平均最高气温比无青枯年同期平均最高气温高1.5 ℃。

2.2 小麦青枯发生的环流背景

鲁西南地区小麦成熟后期为5月份第5候、6月份第1、2候。按有青枯年和无青枯年分别对各候欧亚候平均高度求平均，可看出小麦青枯发生年的环流特征。有青枯年(图1a)和无青枯年(图1b)该候欧亚平均高度场和距平场呈反位相。有青枯年环流为两槽一脊型。在东欧至

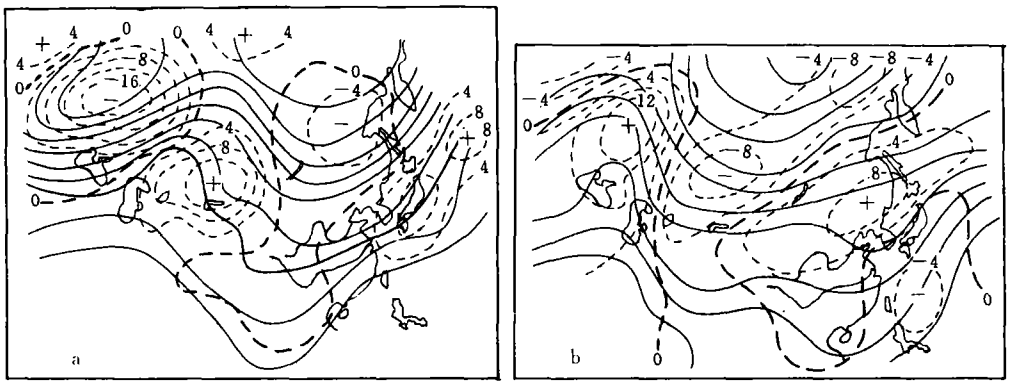

图1 5月第5候500hPa欧亚平均高度(实线)、距平(断线)

a. 有青枯年； b. 无青枯年

Fig. 1 Eurasian mean 500hPa height (solid) and anomaly (dashed) averaged over May 21～25 for the year of disaster

a. disaster; b. no-disaster

贝加尔湖为一高压脊，南支槽和副高都比较活跃。贝加尔湖地区有小股冷空气南下和南支槽暖湿气流在黄淮地区汇合，造成黄淮地区短时间的冷锋降水，并且，由于华西暖高脊的作用，雨后气温很快回升，湿度下降，从而形成造成小麦青枯的天气条件。而无青枯年环流为一槽一脊型。在贝加尔湖至咸海、里海为低槽区、亚洲中纬度环流较平，南支槽偏东且弱。这种形势难以形成气温陡升陡降及冷锋降水，因而不易形成小麦青枯。

可以看出，小麦青枯有一定的前期气候背景，是一种特定天气条件下的农业灾害。

3 相关场的建立与分析

3.1 相关场的建立

小麦青枯0、1化序列用$Q(k)$表示，500 hPa月平均高度用$H(i,j,k)$表示。其中，i(纬度序号)为85,80,…,10°N，共16个；j(经度序号)为10°E,20°E,…,180°,170°W,…,0°，共36个；k(年度序号)为1957,1958,…,1991年，共35年。

用$H(i,j,k)$对$Q(k)$求相关，其相关系数定义为

$$r(i,j)=\frac{\sum_{k=1}^{35}\Delta H(i,j,k)\Delta Q(k)}{\sqrt{\sum_{k=1}^{35}\Delta H(i,j,k)^2\sum_{k=1}^{35}\Delta Q(k)^2}}$$

4～12 月份 $H(i,j,k-1)$ 对 $Q(k)$ 求相关，1～5 月份 $H(i,j,k)$ 对 $Q(k)$ 求相关。其中上年和当年 4、5 月份高度场分别对 $Q(k)$ 求相关。得出 36×16×14 个相关值构成 14 个相关场。通过 $\alpha=0.05$ 信度检验的相关区共 55 个，其中 35 个相关区通过 $\alpha=0.01$ 信度检验，极大相关值在 0.74 以上。每个相关区所包含的连续显著相关点数都在 20 个以上，可以排除零散相关值的随机性。

3.2 相关场分析

从当年 5 月相关场可见，几个相关区都较直观地反映出造成鲁西南地区小麦青枯的天气系统。在俄罗斯东北部弗兰格尔岛地区有一大片纬向正相关区，贝加尔湖以西是一片负相关区，表明贝加尔湖以东偏北地区有高压存在，使冷空气在贝加尔湖地区堆积。这两个相关区实际反映了北支环流的一个长波系统。南支系统也有两个相关区。印支半岛至阿曼湾为一负相关区，日本南方群岛至华南地区为正相关区。这种西低东高的南支波动利于暖湿气流北上。在中纬度地区从咸海、里海至我国西部是一纬向正相关区。可以看出，中纬度高压脊引导北支冷空气南下与南支暖湿空气在黄淮地区汇合造成过程性冷锋降水，并为雨前、雨后提供高温低湿的环流背景。可见，小麦青枯的发生是受几支环流系统共同作用的结果，这和前面环流分析得出的结论是一致的。

另外，通过对优势相关区的分析可以看出，它们具有以下两个特征。

(1)相关区呈波动型。这种特征反映出大气长波或超长波对未来天气的影响。小麦青枯天气系统与数月前大气环流型有关。

(2)优势相关区大多分成南支和北支，个别月份在中纬地区也有一些相关区。中纬度未来天气系统的演变主要受高纬、低纬大气系统的支配，大气环流的调整从高纬开始。

从小麦青枯与 500 hPa 月平均高度优势相关区的时空分布来看，上年 9 月从夏威夷群岛东南侧到非洲西南部横跨 150 个经度，宽约 20 个纬度的广大地区为一纬向正相关区，其中心值达 0.57。另外在白令海峡到阿拉斯加湾有一负相关区，中心值达－0.55。上年 12 月，从北美到欧洲，横跨 170 个经度，宽 10～30 个纬度的广大高纬地区存在一个纬向正相关区，中心值达 0.55，在西伯利亚地区配合一个－0.45 的负相关区。这种相关特征到 1 月份依然存在，位置稍向西移北缩。这表明，小麦青枯天气与前期秋冬季大气高低纬环流型有关。

4 预报方程的建立和应用

4.1 主成份分析

从相关区提取因子直接建立方程效果不太理想。用几个点的高度值除因子间的相关干扰外它们反映的信息太少。为此，引入主成份分析方法，力求用少量组合因子来集中大量原始变量信息，并可消除因子间的干扰。

从 35 个优势相关区中提取 35 个原始高度变量，构成一高度矩阵 $\boldsymbol{H}=(H_{ij})$ 。其中，i(样本因子个数) $=1,2,\cdots,35$ ；j(样本序号) $=1,2,\cdots,35$ 。合成的 35 个组合因子均由 35 个原始变量线性组合而成，形式为

$$Z_{it} = \sum_{j=1}^{35} V_{ij} T_{jt} \qquad \begin{pmatrix} i = 1,2,\cdots,35 \\ t = 1,2,\cdots,35 \end{pmatrix}$$

即

$$Z = \boldsymbol{V}'\boldsymbol{H}$$

从上式可看出，合成因子的性质取决于 $\boldsymbol{V}$ 矩阵。根据上面对合成因子的要求实行以下变换。

对原始变量高度矩阵 $\boldsymbol{H} = (H_{ij})$ 求实对称相关矩阵 $\boldsymbol{S} = (S_{ij})$ 。引用雅可比迭代法求出 $\boldsymbol{S}$ 矩阵的 35 个特征值 λ_1、λ_2、…、λ_{35} ，从而解出每个特征值对应的特征向量，构成特征向量矩阵 $\boldsymbol{V} = (V_{ij})$ 。每一个特征向量在矩阵 $\boldsymbol{V}$ 中是以 j 为序号的列向量，i 为向量元素号 $i = j = 1,2,\cdots,35$ 。

表 1 给出 35 个特征值及 35 个组合因子分别对原始变量总方差的贡献率 C 。由表 1 可以看出，前 12 个主成份变量对原始变量总体方差累计贡献率超过 93%。原始变量的大多数信息都集中在前 12 个主成份变量。第一主成份占的比例最大，其后依次迅速减少。从载荷量(略)来看，第一主成份对 35 个原始变量中 22 个载荷量都在 0.56 以上。第二到第十二主成份对剩余的 13 个原始变量分别有较大的载荷量。

表 1 35 个特征值 λ_i 及组合因子方差贡献率 C

Table 1 35 eigenvalues λ_i and the variance contribution C of the related factor %

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
λ_i	198.7	75.3	60.2	48.0	44.5	34.7	26.5	22.5	18.3	15.1	12.6	11.0	8.7	7.9	5.6	5.2	4.5
C	32.3	12.3	9.8	7.8	7.2	5.7	4.3	3.7	3.0	2.5	2.1	1.8	1.4	1.3	0.9	0.8	0.7

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
λ_i	3.8	3.1	2.1	1.5	1.2	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
C	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4.2 预报方程的建立及历史拟合率

给定 F 检验信度 $\alpha = 0.05$ ，取前 12 个主成份变量建立预报方程

$$\begin{aligned} y = &-35.5732 + 0.0137 \times (1) - 0.0116 \times (2) - 0.0185 \times (3) - 0.0402 \times (4) \\ &- 0.0525 \times (5) - 0.0745 \times (6) + 0.0709 \times (7) + 0.1493 \times (8) + 0.1418 \times (9) \\ &+ 0.2276 \times (10) - 0.2451 \times (11) - 0.8214 \times (12) \end{aligned}$$

$u = 4.71 \qquad r = 0.94 \qquad S_r = 0.20$

利用本方程对 1957～1992 年有无小麦青枯进行历史拟合。判别值 $y_c = 0.5$ ，方程的预报值都是 0、1，与实况完全吻合(表 2)，拟合误差为 0。

表 2 小麦青枯预报拟合

Table 2 Comparison of the disasters, observed and predicted, with the fitting error being zero

年	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
实况	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
预报	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

年	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
实况	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
预报	0	−0	−0	−0	0	1	−0	1	−0	−0	0	0	1	0	0	−0	0

4.3 在实际预报业务中的应用情况

在实际预报业务中，从上年 6 月到当年 3 月的 500 hPa 月平均高度资料上读取 35 个高度变量，构成一列向量矩阵 $\boldsymbol{H} = (H_j)$，用所求的特征向量转置矩阵 $\boldsymbol{V}'$ 和高度列向矩阵相乘，即

$$Z_i = V_{i1}H_1 + V_{i2}H_2 + \cdots + V_{ij}H_j + \cdots + V_{i35}H_{35} = \sum_{j=1}^{35} V_{ij}H_j$$

求出所需求的合成预报变量，代入预报方程求出预报结果，可提前 2～3 个月预报出有无小麦青枯灾害。

在 1992～1995 年的实际预报业务中，我们利用主成份分析分别求出每年的 12 个组合因子数值（表 3），代入预报方程得到它们的预报值分别为 $y_{92} = -0.12$，$y_{93} = -0.21$，$y_{94} = 0.18$，$y_{95} = -0.94$。这四年预报值均比 $y_c = 0.5$ 的判别值明显偏低。故而，在 1992～1995 年的实际预报业务中均发布了鲁西南地区无小麦雨后青枯逼熟的农业天气预报。事实上，这四年均未出现小麦青枯灾害，预报与实况完全相符。菏泽地区农业部门统计表明，根据上述预报，全区 750 万亩小麦没有进行小麦青枯灾害防御，每年节约近 200 万个劳动日，节省防御经费 350 万元。

表 3　1992～1995 年组合因子数值

Table 3　Magnitudes of the related factors for 1992～1995

年	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}
1992	−46.4	−41.8	−76.4	24.3	−126.8	86.0	93.3	32.1	21.2	42.7	39.7	−25.0
1993	−45.4	−44.5	−91.0	22.9	−130.9	86.6	91.2	32.4	20.3	43.1	39.1	−24.2
1994	−43.4	−26.2	−89.9	28.5	−132.6	79.4	91.7	31.5	18.6	44.5	37.9	−24.1
1995	−41.0	−36.8	−87.9	26.7	−131.8	86.4	93.0	33.1	20.8	45.9	40.5	−22.8

5 结　论

(1)造成小麦雨后青枯的天气气候条件是一种复杂的天气过程。从长期预报角度分析，前期高空环流对它有一组优势相关区，因而可利用前期高空资料对小麦雨后青枯做出预报。

(2)用少量单点因子预报小麦青枯效果较差，用大量因子进行主成份合成，使预报变量向青枯事件逼近，预报效果较好。

(3)本方法可提前 2～3 个月对小麦青枯做出预报。35 年历史拟合率 100%，误差为 0。经 1992～1995 年在实际预报业务中的应用，这四年预报结果与实况均完全相符，取得了较好的经济效益。可见本方法预报效果稳定，可信度高，是一种行之有效的预报方法。

参　考　文　献

1　卢　皖，黄善滨，刘兴垣，等．小麦雨后青枯逼熟的人工气候模拟．南京气象学院学报，1994，17(增刊)：112～115

ANALYSIS/PREDICTION OF WEATHER CONDITIONS RESPONSIBLE FOR POST-RAINFALL FORCED MATURITY OF WHEAT IN SW SHANDONG

Liu Houzan
(Shandong Weather Center, Jinan 250031)
Kong Fanzhong Hou Jinghe
(Heze Station, Heze 274000, Shandong)

Abstract Analysis is undertaken of disastrous weather for post-rainfall forced maturity of wheat in late May to early June in relation to monthly mean 500hPa height, followed by compositing of the principal components of the preferred correlation sectors. The variables of the principal components are adopted for constructing a disaster-forecasting equation. The application shows good benefits.

Keywords forced maturity, compisiting of principal components, prediction