

# 山东省霜冻天气分区客观预报方法<sup>①</sup>

杨晓霞 高留喜 袁从军 高慧君 赵宁 华岩

(山东省气象台, 济南 250031)

## 提 要

根据山东省霜冻气候概况,把全省分成6个预报区,每个区选取有代表性的测站,应用探空、地面观测资料和逐步回归方法,建立测站的日最低气温和日最低地温的短期预报方程;把HLAFS数值预报资料代替高空资料代入预报方程,进行最低气温和地温的预报;根据霜冻与气温和地温的关系及分区预报霜冻的标准,判别预报区内有无霜冻。建立了山东省霜冻天气短期分区预报业务系统。

**关键词:**霜冻 分区预报 短期预报系统

## 前 言

霜冻灾害是指在春、秋季节地面气温短时降至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,使农作物受到冻害的现象。当空气湿度较大时,在地面和作物叶面上形成白霜,在湿度较小时,虽无白霜,但也能使作物受到冻害,俗称“黑霜”。入秋以后的第一次霜冻称作初霜冻,春季最后一次出现的霜冻称为终霜冻。通常把每年的9~11月份称为初(早)霜期,把3~5月份称为终(晚)霜期。霜冻是山东省主要灾害性天气之一,它对农业影响极大,入秋后的初霜冻使晚秋作物和蔬菜遭受冻害;春季回暖后的终霜冻危害小麦和果树,尤其是在小麦拔节和果树开花后危害特别严重。

为了提高霜冻预报准确率,减少霜冻带来的经济损失,我们应用数值预报产品和观测资料,建立了一套适应于省台预报的霜冻天气短期客观预报业务系统。

## 1 资料

应用1993~1995年春季3月20日~5月20日和秋季9月20日~11月10日08时

和20时8个探空站(北京、大连、太原、济南、青岛、郑州、徐州、成山头)的探空资料和14时山东16个地面观测站(惠民、德州、淄博、潍坊、泰安、莱阳、沂源、聊城、兖州、临沂、日照、青岛、烟台、菏泽、济南、东营)的观测资料和逐步回归方法,建立山东省16个观测站的春季和秋季日最低气温和0cm日最低地温的预报方程;应用HLAFS数值预报资料和14时地面观测资料,建立山东省秋季和春季24小时霜冻客观预报系统。对1997年9~11月初霜期和1998年3~5月终霜期进行了试报。

## 2 霜冻标准、预报期和预报区的确定

山东省气象工作者对历史上初霜期和终霜期的特征已作了统计分析<sup>[1]</sup>,给出了山东省平均初霜期分布和最早初霜期分布、平均终霜期分布和最晚终霜期分布特征。山东省初霜发生较早的是鲁北、泰沂山区和半岛丘陵地区,最早初霜冻日是9月29日(泰安);终霜冻期分布为西部早、东部迟,最晚终霜冻日是在5月14日(莱阳)。

<sup>①</sup> 本研究得到山东省气象局青年气象科学基金资助

根据初、终霜冻的时空分布和对农作物的影响,我们确定预报系统的运行时间为:秋季从9月20日至11月10日,春季从3月20日至5月20日。

霜冻与气温和地面温度有关,根据初、终霜冻对农作物的危害以及我省对霜冻预报的评分标准,我们把9月20日~11月10日和3月20日~5月20日期间符合下列任一条件的定为一个霜冻日:①日最低气温 $<5.0^{\circ}\text{C}$ 并且最低0cm地温 $<0.0^{\circ}\text{C}$ ;②最低气温 $<6^{\circ}\text{C}$ 并且最低地温 $<1.0^{\circ}\text{C}$ ;③最低气温 $<2.0^{\circ}\text{C}$ 。

根据山东省历史上初、终霜冻的地理分布特征和气候概况,把全省分成6个预报区:鲁北、鲁西、鲁中、鲁南、半岛内陆和沿海预报区,每个预报区中选取有代表性的测站(见表1)。

表1 每个预报区中的代表站

区域	代表站
鲁北	德州 惠民
鲁西	德州 聊城 菏泽
鲁中	济南 泰安 淄博 潍坊 沂源
鲁南	菏泽 兖州 临沂
半岛内陆	莱阳
沿海	烟台 青岛 日照

### 3 预报量和预报因子的选取

霜冻的预报实质上是日最低气温和日最低地面温度的预报,我们选取日最低气温和日最低地面温度作为预报量;最低气温和最低地面温度与冷空气活动、湿度、风、云等因子有关,我们选取 $33\sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $110\sim 125^{\circ}\text{E}$ 范围内8个高空站(北京、大连、太原、济南、青

岛、郑州、徐州、成山头)前一天20时和当天08时的850hPa和925hPa的温度、高度、风向、风速、相对湿度(计算相对湿度)及预报测站前一天14时的气温作为预报因子。

根据我省初、终霜冻期的分布情况,我们选取16个有代表性的测站(惠民、德州、淄博、潍坊、泰安、莱阳、沂源、聊城、兖州、临沂、日照、青岛、烟台、菏泽、济南、东营)作为预报站,进行日最低气温和日最低地温的预报。每个预报区中只要有一站预报达到霜冻标准,则预报该预报区有霜冻。

### 4 建立预报方程

应用逐步回归方法建立每个预报站的日最低气温和最低地面温度的预报方程<sup>[2~5]</sup>。春季应用183个样本资料(1993~1995年3月20日~5月20日,14时和20时的资料用3月20日~5月19日的资料,08时的资料和预报量(日最低气温和日最低地温)应用3月21日~5月20日的资料)、秋季应用153个样本资料(1993~1995年9月20日~11月10日,14时和20时的资料用9月20日~11月9日,08时资料和预报量(日最低气温和日最低地温)应用9月21日~11月10日的资料),建立春季和秋季每个预报站的最低气温和最低地温的预报方程,共建立64个预报方程,每个方程都通过 $F_1 = 3.90$ 、 $F_2 = 3.90$ 的 $F$ 检验,可信度达到0.05。把方程中各个预报因子的系数作为一个文件保存下来,以供预报时应用。例如,济南秋季的日最低气温和日最低地温的预报方程分别为式(1)和式(2):

$$T_m = 0.2941X_2 + 0.1160X_{10} + 0.2569X_{12} - 0.0439X_{16} + 0.1940X_{79} + 0.2026X_{88} + 7.1323 \quad (1)$$

$$T_{Dm} = 0.3868X_7 + 0.1968X_9 + 0.0357X_{33} - 0.1414X_{44} + 0.2786X_{52} + 0.0426X_{65} + 0.9720X_{66} + 0.1688X_{79} + 0.0290X_{81} + 0.1881X_{88} - 9.7773 \quad (2)$$

式中 $T_m$ 为日最低气温预报值, $T_{Dm}$ 为日最低地温预报值, $X$ 为预报因子,其物理意义如下:

- $X_2$ : 前一天20时北京925hPa温度;
- $X_7$ : 前一天20时北京850hPa温度;
- $X_9$ : 前一天20时北京850hPa东西向风

速;  
 $X_{10}$ : 前一天 20 时北京 850hPa 南北向风速;  
 速;  
 $X_{12}$ : 前一天 20 时大连 950hPa 温度;  
 $X_{16}$ : 前一天 20 时大连 850hPa 位势高度;  
 $X_{33}$ : 前一天 20 时济南 850hPa 相对湿度;  
 $X_{44}$ : 前一天 20 时郑州 850hPa 东西向风速;  
 $X_{52}$ : 前一天 20 时徐州 850hPa 温度;  
 $X_{65}$ : 预报日 08 时太原 850hPa 相对湿度;  
 $X_{66}$ : 预报日 08 时太原 850hPa 风向, 北风为 1, 南风为 0;  
 $X_{79}$ : 预报日 08 时郑州 850hPa 全风速;  
 $X_{81}$ : 预报日 08 时徐州 850hPa 相对湿度;  
 $X_{88}$ : 济南本站前一天 14 时气温, 如果是德州的预报,  $X_{88}$  则为德州前一天 14 时气温, 其它站依次类推。

对历史资料进行反算, 根据以上霜冻分区预报标准, 分别预报山东省秋季和春季霜冻, 反算结果按照国家气象局制定的霜冻评分标准(预报有霜冻, 最低气温  $< 5.0^{\circ}\text{C}$  且最低地温  $< 0.0$ , 预报正确; 若最低气温小于  $5^{\circ}\text{C}$ , 或地温小于  $0^{\circ}\text{C}$ , 不评)进行评分, 秋季初霜期分区预报, 全省 CSI 评分的历史拟合率 ( $\text{CSI} = \text{报对次数} / (\text{空报次数} + \text{漏报次数} + \text{报对次数}) \times 100\%$ ) 为 81.6%。春季初霜期分区预报, 全省 CSI 评分的历史拟合率为 83.7%。

### 5 建立预报流程

应用 HLAFS 数值预报产品代替高空观测资料代入预报方程进行预报<sup>[4]</sup>, 预报流程见图 1。

用 08 时为起报场的 12 小时预报资料代替 20 时的探空资料; 24 小时预报代替 08 时

的探空资料; 应用高斯权重法, 把  $1 \times 1$  个经纬度网格点上的数值预报资料内插到所选取的各个高空站点上; 把 14 时地面报文转换成气象要素, 读取 14 时各预报站的温度, 代入所建立的每个预报测站的预报方程, 作出次日各站最低气温和地温的预报。然后, 根据霜冻标准逐站判别有无霜冻; 再根据每个预报区中是否有霜冻的标准, 判别出每个预报区内是否会出现霜冻; 输出预报结果。

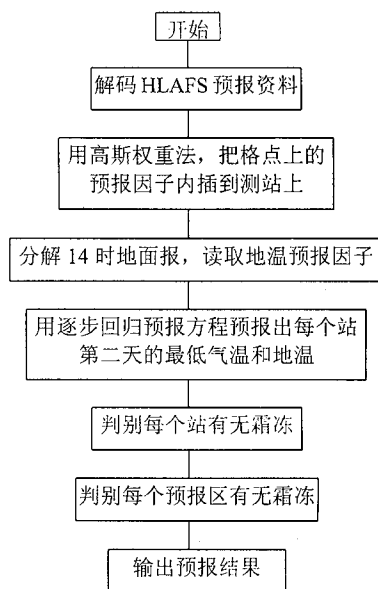


图 1

### 6 系统运行和预报结果输出

霜冻客观预报系统应用 FORTRAN5.0 编程, 在 DOS6.2 操作系统下运行。预报结果客观、定量且自动化程度高, 易于操作。系统运行时间为 2 分钟。结果既能在屏幕上显示也可以打印; 系统把预报结果自动存盘以备以后调阅。

在春季 3 月 20 日~5 月 19 日和秋季 9 月 20 日~11 月 9 日期间, 每日下午 4 时 30 分左右运行系统, 输出每个预报站的站号、站名、24 小时最低气温和最低 0cm 地温预报以及有无霜冻预报的表格和每个预报区有无霜

冻的预报;若全省无霜冻,则输出“全省无霜冻”。

### 7 检验结果

对 1997 年秋季和 1998 年春季进行试报。

1997 年秋季初霜期,系统运行 51 天,有 5 天缺少 HLAFS 数值预报资料,在 46 天运行中,有 29 天预报全省无霜,实况与预报完

全相同。山东省 1997 年秋季的第一个霜冻日在 10 月 25 日,预报结果基本上与实况相同。

1998 年春季终霜期,系统运行 61 天,有 8 天缺少 HLAFS 数值预报资料,在 53 天运行中,有 39 天预报全省无霜冻,实况与预报完全相同;山东省 1998 年春季终霜冻期的最后一个霜冻日为 4 月 25 日,预报与实况相同。

表 2 1997 年 9 月 20 日~11 月 10 日和 1998 年 3 月 20 日~5 月 20 日霜冻预报情况

	1997 年秋季				1998 年春季			
	空报次数	漏报次数	报对次数	CSI 得分	空报次数	漏报次数	报对次数	CSI 得分
鲁北	7	0	10	58.8	1	0	5	83.3
鲁西	2	3	6	54.5	4	0	6	60.0
鲁中	1	3	9	69.2	2	1	9	75.0
鲁南	3	3	7	53.8	4	0	5	55.6
半岛内陆	1	2	10	76.9	3	1	7	63.6
沿海地区	0	1	2	66.7	3	0	5	62.5
合计	14	12	44	62.9	17	2	37	66.1

预报结果见表 2。按照国家气象局制定的霜冻评分标准,1997 年初霜期分区预报,全省 CSI 评分的预报准确率为 73.3%。

1998 年终霜期分区预报,全省 CSI 评分的预报准确率 82.2%。春、秋季的霜冻分区预报准确率都高于主观预报。

### 参考文献

1 杨洪昌,王少文,吴秋荣.霜冻灾害.山东省主要自然灾

害及减灾对策.北京:地震出版社,1994:114~117.

2 谭冠日.气象站数理统计预报方法.北京:科学出版社,1978:95~132.

3 曾秋成.科技数理统计方法.合肥:安徽科学技术出版社,1982:288~295.

4 施能.气象统计预报中的多元分析方法.北京:气象出版社,1992:100~126;394~422.

5 徐士良.FORTRAN 常用算法程序集.北京:清华大学出版社,1995:376~388.

## The Objective and Sectorized Forecast for Frost in Shandong Province

Yang Xiaoxia Gao Liuxi Yuan Congjun Gao Huijun Zhao Yu Hua Yan  
(Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031)

### Abstract

Shandong province was divided into six forecast regions, based on the frost climate in the province representative stations were selected in each region, and the short-range forecast equation of daily minimum air and soil temperatures was established for each selected station by the use of sounding, surface observation and stepwise regression method. The forecast equation introduces HLAFS numerical forecast data instead of sounding and gives the forecast results of minimum air and soil temperature. According to the relationship between frost and air and soil temperature and the sectorized forecast indexes for frost, a determination whether it is frost or not in the forecast region was given. The operational system of the short-range forecast for frost in Shandong province was developed.

**Key Words:** frost sectorized forecast short-range forecast system