

Analysis of the Feature of the Frost Events Change in Jincheng Region in Recent 50 Years

Haixia Cheng¹, Pengjuan Ren¹, Huiqin Zhao¹, Jianhong Zhang²

¹Meteorology Bureau of Jincheng City, Jincheng, Shanxi

²Meteorology Bureau of Licheng County, Licheng, Shanxi

Email: skjchx@163.com

Received: Oct. 7th, 2013; revised: Nov. 4th, 2013; accepted: Nov. 12th, 2013

Copyright © 2014 Haixia Cheng et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Haixia Cheng et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: Climatological statistics method was used to analyze climate characteristics of frost in Jincheng region during 1961-2010, and abnormal frost index was used to analyze abnormal occurrence of frost. The results indicated that the average value of the first frost day was October 15, the absolute variability of time series was 8.27 days, and the linear trend was 1.125 d/10a. Thus the first frost day showed the delaying trend, and the first frost day has a big annual difference making forecasting difficult. For the latest frost days, the average value was April 7, the absolute variability of time series was 7.25 days, and the linear trend was 0.257 d/10a. Thus the latest frost days showed weak delaying trend just like the first frost day, and the forecasting to the latest frost days was difficult. For frostless period, the average value was 189 d, the absolute variability of time series was 8.09 days, and the linear trend was 1.32 d/10a. Thus the frostless period showed an obvious growth trend. In addition, abnormal frost years were very few, and the early first frost day for part of the year of autumn grain crops may produce a great influence. Spring sowing seedlings in high altitude were mainly affected by later frost. On average, frequency of winter wheat under frost damage was once every six years, and the frequency was larger within 5 days after jointing stage.

Keywords: Jincheng Region; Frost Events; Analysis of Changing Feature

近 50 年晋城地区霜冻变化特征分析

程海霞¹, 任鹏娟¹, 赵慧琴¹, 张建红²

¹晋城市气象局, 山西晋城

²黎城县气象局, 山西黎城

Email: skjchx@163.com

收稿日期: 2013 年 10 月 7 日; 修回日期: 2013 年 11 月 4 日; 录用日期: 2013 年 11 月 12 日

摘要: 利用气候分析法分析了晋城地区 1961~2010 年霜冻的气候变化特征; 利用异常霜冻指标, 分析了霜冻的异常发生情况。结果表明: 晋城地区初霜日平均值为 10 月 15 日, 时间序列绝对变率为 8.27 d, 线性倾向率为 1.125 d/10a, 有推后的趋势, 初霜日变化年际差异大, 有很大的预报难度; 终霜日平均值为 4 月 7 日, 时间序列绝对变率为 7.25 d, 线性倾向率为 0.257 d/10a, 有弱的推后趋势, 终霜日变化年际差异较大, 有预报难度; 而无霜期平均值为 189 d, 绝对变率为 8.09 d, 线性倾向率为 1.32 d/10a, 无霜期有较明显的增加趋势。异常霜冻年份很少, 偏早初霜冻对于部分年份的秋粮作物可能会产生较大影响; 高寒地区春播幼苗主要会受到特晚终霜冻的影响; 冬小麦遭受终霜冻危害的频率平均为 6 年一遇, 拔节后 5 天内发生频率较大。

关键词: 晋城地区; 霜冻; 变化特征分析

1. 引言

霜是一种天气现象,通常当地面或靠近地面的物体和空气温度降至 0°C 以下时,水汽在地面或靠近地面物体上凝华而成^[1]。而霜冻是指植物生长季节里因土壤表面和植株体温度降低至 0°C 或 0°C 以下而引起植物冻害^[2]。霜冻多发生在春秋季节,是非常普遍的农业气象灾害,它的发生地区几乎遍及全国,并危害多种农作物^[1-3]。春季幼苗生长期遭受终霜冻危害,其结果是幼苗冻死、冻伤,严重时可导致毁种;秋初农作物尚未成熟,遭遇初霜冻危害则影响作物产量。若初霜日期提前,或终霜日期推迟,农作物遭受霜冻危害将不能正常生长发育,严重影响作物的成熟,从而影响作物产量。因此,分析与研究初终霜(冻)发生日期的气候变化特征,做好初终霜(冻)预报服务工作,对于防御农业气象灾害,提高农作物产量具有重要意义。我国许多专家在这方面做了大量研究,李想等研究表明,我国北方地区的初霜期年代际变化呈推迟趋势,与 20 世纪 60 年代相比,2000 年之后平均初霜日期推迟了 6 d^[3]。许艳等指出我国各地的霜期总体上是自北向南、自高山向平原逐渐缩短的,霜期缩短显著区域主要集中在我国东北、华北、内蒙古中部、江淮流域以及云贵高原和华南部分地区^[2]。程晓辉研究了近 53 年邢台地区气温和无霜期变化趋势,发现无论城市或农村,初霜日、终霜日、无霜期日数均呈现出相同趋势,即初霜日推迟,终霜日提前,无霜期日数明显延长;城市的初霜日晚于农村,终霜日则早于乡村,无霜期日数明显长于农村,间接受到城市热岛效应的影响^[4]。钱锦霞等采用线性倾向估计法分析了太原市几十年来霜冻的发生趋势,利用异常霜冻指标,分析了霜冻的异常发生情况^[5]。但是,针对山西省东南角晋城地区的相关研究目前尚未开展。笔者利用晋城地区 1961~2010 年初、终霜日及无霜期的资料,对初、终霜日及无霜期进行了分析,以期对晋城市异常霜冻灾害预报、预测和防御提供参考。

2. 资料与方法

2.1. 研究区气候概况

晋城地区位于山西省东南部,东枕太行,西望黄

河,南临中原。地形条件较为复杂:以山地丘陵为主,山地和丘陵面积占总面积的 87.1%,盆地及山间宽谷占总面积的 12.9%。由于东倚太行山,河流较多,加之地形抬升作用,降水较为丰沛,是华北地区的相对富水区,属暖温带半湿润大陆性季风气候区。全年平均气温在 8.6°C ~ 12.0°C ,分布趋势呈现由北向南升高的特点,降水量为 560.3~580.7 mm,全区无霜期为 156~208 d。

2.2. 资料和方法

选取晋城地区建站早、资料全的沁水、阳城、晋城、陵川等 4 个县市 1961~2010 年初、终霜日及无霜期资料,采用绝对变率、标准差分析其变化差异^[6];采用线性倾向估计法、5 年滑动平均分析其变化趋势^[6,7]。所需公式如下:

绝对变率:

$$y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$

标准差:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (n \text{ 为样本, } \bar{x} \text{ 为平均值})$$

异常霜冻采用以下指标: $<-1.65\sigma$ 和 $-1.65\sigma \sim -\sigma$ 之间分别定义为特早初霜冻和偏早初霜冻, $>1.65\sigma$ 和 $1.65\sigma \sim \sigma$ 之间分别定义为特晚终霜冻和偏晚终霜冻^[8]。

3. 结果与分析

3.1. 初霜日变化特征

由表 1 可见,近 50 年晋城地区初霜日历年平均值为 10 月 15 日,20 世纪 60 年代平均初霜日为 10 月 14 日,比历年平均值早 1 d;70 年代平均初霜日为 10 月 13 日,比历年平均值早 2 d;80 和 90 年代均是 10 月 15 日,与历年持平;而 21 世纪前 10 年平均初霜日为 10 月 18 日,比历年平均值晚 3 d。

50 年间最早初霜日出现在 9 月 4 日,最晚出现在 11 月 14 日,极差为 71 d,时间序列绝对变率 8.27 d,标准差为 10.34,线性倾向率为 1.125 d/10a,说明晋城地区初霜日变化年际差异大,有很大的预报难度,

Table 1. Statistical of first frost day and the latest frost days from 1961 to 2010 in Jincheng region

表 1. 晋城地区 1961~2010 年初、终霜日统计表

| 年代 | 初霜日 | | | 终霜日 | | |
|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | 最早 | 最晚 | 平均 | 最早 | 最晚 | 平均 |
| 1961~1970 | 9 月 25 日 | 11 月 4 日 | 10 月 14 日 | 3 月 5 日 | 3 月 26 日 | 4 月 5 日 |
| 1971~1980 | 9 月 4 日 | 11 月 10 日 | 10 月 13 日 | 3 月 13 日 | 3 月 28 日 | 4 月 9 日 |
| 1981~1990 | 9 月 17 日 | 11 月 1 日 | 10 月 15 日 | 3 月 12 日 | 4 月 16 日 | 4 月 14 日 |
| 1991~2000 | 9 月 12 日 | 11 月 14 日 | 10 月 15 日 | 3 月 3 日 | 4 月 10 日 | 4 月 8 日 |
| 2000~2010 | 9 月 21 日 | 11 月 12 日 | 10 月 18 日 | 2 月 28 日 | 3 月 25 日 | 4 月 5 日 |
| 1961~2010 | 9 月 4 日 | 11 月 14 日 | 10 月 15 日 | 2 月 28 日 | 4 月 16 日 | 4 月 7 日 |

预报员需注意加强秋季初霜冻的预警预报工作。50 年来初霜日有推后的趋势，50 年平均推迟了 5.6 d。

由图 1 可见，1960 年代~1970 年代中期晋城地区初霜日处于波动下降(提前)趋势，其中 1964 和 1973 年初霜日显著偏早，与多年平均值相比，各偏早 13 d、17 d；1970 年代中期~1990 年代中期初霜日在多年平均值附近摆动，年际差异逐渐缩小；1990 年代中期~2002 年，初霜日逐渐偏晚，2002 年初霜日显著偏晚，与多年平均值相比，偏晚了 12 d，2002 年~2010 年初霜日波动幅度较大，2005 年明显偏早，2007 年明显偏晚。初霜日 5 年滑动平均曲线显示，晋城地区初霜日 1960 年代呈下降趋势，1970 年代初~1970 年代中期呈波动上升趋势，1970 年代中期~1990 年代初期呈平稳下降趋势，1990 年代中期~1990 年代后期呈平稳上升趋势，1990 年代后期~21 世纪呈下降 - 上升 - 下降 - 上升的波动变化趋势。从线性趋势线看出：初霜日整体呈平稳上升趋势，说明初霜日在逐渐向后推迟，有偏晚的趋势，对农作物生长有积极的影响。

3.2. 终霜日变化特征

由表 1 可知，晋城地区终霜日历年平均值为 4 月 7 日，最早出现在 2 月 28 日，最晚出现在 4 月 16 日，极差为 47 d。20 世纪 60 年代最早终霜日为 3 月 5 日，最晚为 3 月 26 日，平均终霜日为 4 月 5 日，比历年平均值早 2 d；70 年代最早为 3 月 13 日。最晚为 3 月 28 日，平均为 4 月 9 日，比历年晚 2 d；80 年代最早为 3 月 12 日，最晚为 4 月 16 日，平均为 4 月 14 日，比历年晚 7 d；90 年代最早为 3 月 3 日，最晚为 4 月 10 日，平均为 4 月 8 日，比历年晚 1 d；而 21 世纪前十年最早为 2 月 28 日，最晚为 3 月 25 日，平均为 4

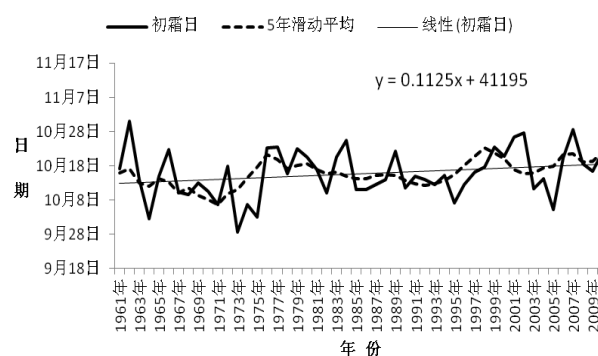


Figure 1. Curve: the change of first frost day from 1961 to 2010 in Jincheng region

图 1. 晋城地区 1961~2010 年初霜日变化曲线

月 5 日，比历年平均值早 2 d。50 年终霜日时间序列绝对变率为 7.25 d，标准差为 8.55，线性倾向率为 0.257 d/10a。可见，晋城地区终霜日比初霜日年际差异稍小一些，但相对来说年际差异也比较大，终霜日的预报也有难度，需要预报员加强春季晚霜冻的预警预报工作。从线性倾向率来看，晋城地区终霜冻变化不大，50 年终霜日平均推后了 1.3 d。

由图 2 可见，晋城地区的终霜日 1960~1970 年代中期呈上下波动趋势，终霜日较早，其中 1962 和 1975 年终霜日显著偏早，与多年平均值相比，各偏早 19 d、13 d；1970 年代中后期~1990 年代中后期波动为上升趋势，终霜日较晚，其中 1979、1991、1996 年终霜日显著偏晚，与多年平均值相比，分别偏晚 16 d、15 日和 12 d；1990 年代中后期~2008 年终霜日提前偏早，尤其 2002 年终霜日显著偏早，比多年平均值偏早 16 d。5 年滑动平均趋势线显示，终霜日呈上升 - 下降 - 上升的变化趋势。从线性趋势线看出：50 年来终霜日变化不大，对农作物生长无明显影响。

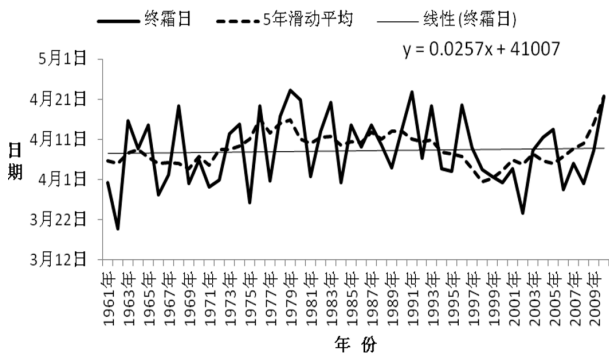


Figure 2. Curve: the change of latest frost day from 1961 to 2010 in Jincheng region
图 2. 晋城地区 1961~2010 年终霜日变化曲线

3.3. 无霜期变化特征

由表 2 可知, 近 50 年来晋城地区无霜期平均值为 189 d, 最长为 250 d, 最短为 128 d, 极差为 122 d。无霜期序列绝对变率为 8.09 d, 标准差为 10.84, 线性倾向率为 1.32 d/10a。说明近 50 年晋城地区无霜期有较明显的增加趋势, 50 年推迟了 6.6 d, 这和初霜期逐年推迟, 终霜期变化不明显是一致的。由图 3 可见, 20 世纪 60 年代无霜期普遍少于平均值, 但 1968 年无霜期异常偏长; 70~80 年代中期普遍多于平均值, 尤其是 1977 年无霜期异常偏长; 80 年代中期~90 年代中期普遍少于平均值, 其中 1992 年无霜期仅 190 d; 90 年代~2010 年无霜期呈波动上升趋势, 但幅度不大, 总体在平均值以上起伏。5 年滑动平均曲线呈下降 - 上升 - 下降 - 上升的趋势, 1994~2007 年均在平均值之上, 反映了无霜期在逐渐变长。从线性趋势线看出: 50 年来无霜期呈增加趋势。

3.4. 霜冻的异常特征及对农作物生长的影响

对晋城市异常霜冻的发生情况进行分析, 发现近 50 年来晋城市异常霜冻年份很少: 特早初霜冻(1973 年)、特晚霜冻(2010 年)、偏晚霜冻(1973 年)都只有一年, 发生频率为 2%, 偏早初霜冻发生年份有 3 年, 发生频率达 6%, 发生在 1964、1975 和 2005 年。

霜冻对农作物的损伤是由于突然降温使农作物体内的水分结冰特别是植物细胞内体积增大导致细胞机能受到破坏而形成的。初霜冻到来时间越早对作物的危害越重, 受害作物主要有玉米、谷类等秋粮作物。晋城市秋粮作物的成熟日期在 9 月中旬至 10 月初。晋城市初霜冻平均出现在 10 月 15 日, 此时大秋

Table 2. Statistical of frostless period from 1961 to 2010 in Jincheng region

表 2. 晋城地区 1961~2010 年无霜期统计表

| 年代 | 最长日数(d) | 最短日数(d) | 平均日数(d) |
|-----------|---------|---------|---------|
| 1961~1970 | 222 | 141 | 190 |
| 1971~1980 | 227 | 128 | 186 |
| 1981~1990 | 218 | 136 | 187 |
| 1991~2000 | 240 | 137 | 189 |
| 2000~2010 | 250 | 146 | 195 |
| 1961~2010 | 250 | 128 | 189 |

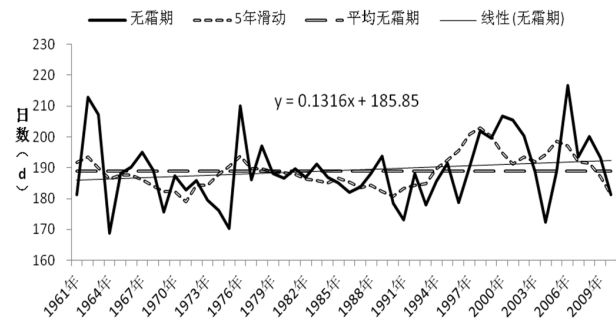


Figure 3. Curve: the change of frostless period from 1961 to 2010 in Jincheng region
图 3. 晋城地区 1961~2010 年无霜期变化曲线

作物已经成熟收获, 特早初霜冻仅在 1973 年发生过 1 次, 发生的可能性小, 所以正常年份和特早初霜冻对秋粮作物基本无影响。但偏早年份不仅发生频率较大而且其最早可发生在 10 月 2 日(1964 年), 对于播种偏晚或秋季连阴雨年份的秋粮作物可能会产生较大影响, 须予以重视。

晚霜冻结束时间越迟对作物的危害越重。晋城市春播期在 4 月中、下旬, 播种~出苗一般需 10~15 天, 晋城市平均终霜冻日在 4 月 7 日, 平均终霜冻一般发生在播种期前, 终霜冻的发生不会对春播作物产生影响。但陵川县因海拔高, 平均终霜日在 4 月 23 日, 特晚终霜冻有可能使其幼苗严重受冻。4~5 月正是晋城地区冬小麦的拔节 - 抽穗期, 冬小麦遭受霜冻危害的程度随拔节后天数的不同而不同^[9], 0℃时冬小麦幼穗开始受害, 零下 1℃时植株和小穗就发生死亡。统计晋城市霜冻资料, 冬小麦拔节后发生终霜冻的频率为 16.0%, 平均 6 年一遇, 其中拔节后 5 天内的发生频率为 12.0%, 6~10 天之间的发生频率为 2.0%, 11~15 天之间的发生频率为 2.0%, 因此, 我们特别需要注意拔节后 5 天内可能出现的突然降温过程, 以防对冬小

麦造成损害。

4. 小结与讨论

1) 近 50 年来晋城地区初霜日的绝对变率为 8.27 d, 标准差为 10.34, 线性倾向率为 1.125 d/10a, 说明晋城地区初霜日变化年际差异大, 有很大的预报难度, 预报员需注意加强秋季初霜冻的预警预报工作。50 年来初霜日有推后的趋势, 50 年平均推迟了 5.6 d。

2) 近 50 年来晋城地区终霜日的绝对变率为 7.25 d, 标准差为 8.55, 线性倾向率为 0.257 d/10a。晋城地区终霜日比初霜日年际差异稍小一些, 但相对来说年际差异也比较大, 终霜日的预报也有难度, 需要预报员加强春季晚霜冻的预警预报工作。晋城地区终霜冻变化不大, 50 年终霜日平均推后了 1.3 d。

3) 近 50 年来晋城地区无霜期绝对变率为 8.09 d, 标准差为 10.84, 线性倾向率为 1.32 d/10a。说明近 50 年晋城地区无霜期有较明显的增加趋势, 50 年推迟了 6.6 d。

4) 近 50 年来晋城地区异常霜冻年份很少: 偏早初霜冻发生频率 6%, 特早初霜冻、特晚霜冻、偏晚霜冻发生频率只有 2%。晋城地区正常和特早初霜冻对秋粮作物基本无影响, 但偏早初霜冻对于播种偏晚

或秋季连阴雨年份的秋粮作物可能会产生较大影响; 高寒地区春播幼苗主要会受到特晚霜冻的影响; 冬小麦遭受终霜冻危害的频率平均为 6 年一遇, 拔节后 5 天内发生频率较大。

基金项目

晋城市科技计划项目星火计划(编号: 201102093)。

参考文献 (References)

- [1] 钱锦霞, 张霞, 张建新, 等 (2010) 近 40 年山西省初终霜日的变化特征. *地理学报*, **7**, 801-808.
- [2] 许艳, 王国复, 王盘兴 (2009) 近 50 a 中国霜期的变化特征分析. *气象科学*, **4**, 427-433.
- [3] 李想, 陈丽娟, 张培群 (2008) 1954~2005 年长江以北地区初霜期变化趋势. *气候变化研究进展*, **1**, 21-25.
- [4] 程晓辉 (2011) 近 53 年邢台地区气温和无霜期变化趋势分析. *安徽农业科学*, **28**, 17483-17484.
- [5] 钱锦霞, 武捷, 班胜林 (2009) 1951~2008 年太原市霜冻发生特征分析. *中国农学通报*, **10**, 287-289.
- [6] 杨允凌, 杨丽娜 (2011) 邢台地区近 50 年初终霜日及无霜期变化分析. *安徽农业科学*, **10**, 5963-5965.
- [7] 魏凤英 (2007) 现代气候统计诊断与预测技术. 第 2 版, 气象出版社, 北京.
- [8] 陈乾金, 张永山 (1995) 华北异常初终霜冻气候特征的研究. *自然灾害学报*, **3**, 33-39.
- [9] 龚绍先 (1988) 粮食作物与气象. 北京农业大学出版社, 北京, 83-84.