

六盘水市近58年初、终霜日及无霜期气候特征分析

毛春旭¹, 张锦², 孙翔¹, 陈金梅¹

¹贵州省六盘水市气象局, 贵州 六盘水

²贵州省六盘水市水城区气象局, 贵州 六盘水

收稿日期: 2022年6月7日; 录用日期: 2022年7月5日; 发布日期: 2022年7月18日

摘要

利用六盘水市3县站1961~2018年初霜日、终霜日和无霜期资料, 采用线性倾向估计法、Mann-Kendall检验等方法分析六盘水市的初、终霜日及无霜期气候特征和变化趋势。分析表明: 六盘水市初霜日的空间分布是由东向西向北逐渐提前, 终霜日由东向西向北逐渐推后, 无霜期由东向西向北逐渐减少。六盘水市平均初霜日为11月30日, 呈推后趋势, 线性倾向率为2 d/10a; 六盘水市平均终霜日为2月22日, 呈提前趋势, 线性倾向率为-3.5 d/10a; 六盘水市平均无霜期为282 d, 呈增多趋势, 线性倾向率为2.7 d/10a。初霜日在1994年前后发生了偏早向偏晚的突变, 终霜日在1992年左右发生了偏晚向偏早的突变。

关键词

初霜日, 终霜日, 无霜期, 气候特征, 趋势

Analysis of the Climatic Characteristics of First, Last Frost Dates and Frost-Free Period in Recent 58 Years in Liupanshui

Chunxu Mao¹, Jin Zhang², Xiang Sun¹, Jinmei Chen¹

¹Liupanshui Meteorological Bureau of Guizhou, Liupanshui Guizhou

²Shuicheng Meteorological Bureau of Liupanshui Guizhou, Liupanshui Guizhou

Received: Jun. 7th, 2022; accepted: Jul. 5th, 2022; published: Jul. 18th, 2022

Abstract

Using the data of the first frost, last frost dates and the frost-free period from 1961 to 2018 in the

three-county station of Liupanshui, the linear tendency estimation method and Mann-Kendall test were used to analyze the climatic characteristics and changing trend. The analysis shows that the spatial distribution of the first frost dates in Liupanshui is gradually advanced from east to west and north, the final frost dates are gradually delayed from east to west and north, and the frost-free period is gradually reduced from east to west and north. The average first frost date was November 30, showing a trend of delay, and the linear trend rate was 2 d/10a. The average final frost date was February 22, showing an advanced trend, and the linear trend rate was -3.5 d/10a. The average frost-free period is 282 d, showing an increasing trend, and the linear trend rate is 2.7 d/10a. The early to late mutation occurred on the first frost date around 1994, and the late to early mutation occurred on the last frost date around 1992.

Keywords

First Frost Date, Last Frost Date, Frost Free Period, Climate Characteristics, Trend

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

霜是一种天气现象。2003 版《地面气象观测规范》[1]中对霜的定义：水汽在地面和近地面物体上凝华而成的白色松脆的冰晶；或由露冻结而成的冰珠。霜通常出现在秋、冬、春季节，容易在晴朗风小的夜间生成。气象学上一般把秋季出现的第一次霜称作初霜日，而把春季出现的最后一次霜称为终霜日，从终霜日到初霜日的间隔时期，就是无霜期。霜与霜冻是不同的概念。霜是指近地面的温度下降到 0℃ 以下，水汽在地面物体上凝结成的一种白色冰晶，亦称为白霜；霜冻是一种较为常见的农业气象灾害现象，指地面(或叶面)的温度突然下降到农作物生产温度以下，农作物遭受冻害的现象。出现霜时不一定有霜冻，有霜冻也不一定有霜，没有出现霜时的霜冻称为黑霜。根据霜的观测分析初、终霜日及无霜期的气候变化，对提高气象观测正确性和预报准确率有重要的实际意义。

省内外的气象学者对霜和霜冻进行了许多研究。郜红娟等[2]研究了 1960~2013 年贵州霜冻日数时空变化特征，得出贵州霜冻日数呈下降趋势，南部和东北部多年平均霜冻日数较少，西部和西北部较多的结论。陈静等[3]也得出相似的结论。山西[4] [5]、甘肃[6]的气象学者对本地的霜冻或者霜的气候变化进行了研究；赵小宁等[7]分析了商洛市近 56 年无霜期变化特征；还有学者对我国霜期、霜冻实况特征及其对气候变暖的响应作了分析[8]。六盘水地处低纬高原地区，地势西高东低，北高南低，辖区内多山地和丘陵。冬半年经常受云贵静止锋影响，冷空气活动频繁，易在西部、北部高海拔山区形成霜。黄天福等[9]对六盘水一次晚霜冻天气过程进行了分析，并给出了防灾措施。但是学者对六盘水市霜的气候特征及变化趋势分析较少。本文将依据六盘水市站点观测资料，对六盘水市近 58 年初、终霜日和无霜期时空变化和趋势进行分析，研究异常突变情况，为提高霜预报准确率，做好霜冻服务提供一定参考。

2. 资料与方法

根据全市 3 个站点 1961~2018 年初、终霜日及无霜期连续观测资料，建立全市初、终霜日时间序列。由于 2019 年 1 月 1 日起实行自动化观测，霜的观测结果不连续，2018 年的终霜日不挑选，终霜日年份资料只到 2017 年。六枝站点个别年份全年无霜，在计算初(终)霜日期时，时间平均上剔除该站该年。由于 3 个站点的数据序列变化趋势基本相同，采用 3 站时间序列的算术平均值作为六盘水市逐年时间序列

值。统计分析六盘水市初、终霜日和无霜期的变化特征，用线性倾向估计法分析其变化趋势；采用 Mann-Kendall 检验法分析初、终霜日的突变特征。

3. 结果分析

3.1. 六盘水市初、终霜日及无霜期空间分布特征

六盘水初、终霜日和无霜期的空间分布具有明显的差异。由表 1 可知，六盘水初霜日的空间分布是由东(六枝)向西(盘州)向北(水城)逐渐提前，各县多年平均初霜日在 11 月 14 日至 12 月 18 日之间，水城出现的时间最早，六枝出现的时间最晚。六盘水终霜日的空间分布是由东向西向北逐渐推后，各县多年平均终霜日在 1 月 28 日至 3 月 19 日之间，六枝结束的时间最早，水城结束的时间最晚。六盘水各县多年平均无霜期在 239 d (水城)~322 d (六枝)。年平均霜日在 6.5 d (六枝)~19.0 d (水城)。对比六盘水霜期空间分布与六盘水的纬度和海拔高度分布可知，纬度高、海拔高的地方，初霜日早，终霜日晚，无霜期较短，反之，纬度和海拔低的地方，初霜日晚，终霜日早，无霜期较长。

Table 1. Statistics of the first and last frost days and frost-free period in Liupanshui

表 1. 六盘水市初、终霜日及无霜期统计值

	平均初霜日	平均终霜日	平均无霜期/d	年平均霜日/d
水城	11 月 14 日	3 月 19 日	239	19.0
盘州	12 月 1 日	2 月 17 日	286	12.2
六枝	12 月 18 日	1 月 28 日	322	6.5
六盘水市	11 月 30 日	2 月 22 日	282	12.6

3.2. 六盘水市初霜日变化特征

六盘水 58 年平均初霜日为 11 月 30 日，最早为 11 月 2 日，最晚为 1 月 30 日(表 2)，表明六盘水的初霜日日期跨度较大。其中最早的极端初霜日出现在 1986 年 9 月 21 日(水城)，最晚的极端初霜日为 2004 年 2 月 14 日(六枝)。六盘水平均初霜日时间序列的绝对变率为 12.77 d，标准差为 16.86 d，说明近 58 年初霜日的年际变化差异较大。从年代际平均看，20 世纪 60、80 和 90 年代平均初霜日变化较小，而 70 年代际变化尤为明显，平均为 11 月 19 日，较多年平均有明显提前，2000 年以后的年代际平均比多年平均明显推后。从六盘水近 58 年初霜日年际变化趋势(图 1)可知，六盘水市近 58 年初霜日总体呈推后趋势，线性倾向率为 2.0 d/10a，但是变化的趋势不显著。

Table 2. Characteristic values of first frost days in Liupanshui during 1961~2018

表 2. 六盘水市 1961~2018 年初霜日特征值

时段	最早	最晚	平均	平均绝对变率/d	标准差/d
1961~1970 年	11 月 9 日	12 月 19 日	12 月 2 日	7.59	11.10
1971~1980 年	11 月 2 日	12 月 15 日	11 月 19 日	10.84	14.10
1981~1990 年	11 月 18 日	12 月 11 日	11 月 28 日	7.00	8.40
1991~2000 年	11 月 8 日	12 月 31 日	11 月 30 日	15.45	18.58
2001~2010 年	11 月 9 日	1 月 30 日	12 月 9 日	18.95	25.62
2011~2018 年	11 月 11 日	12 月 26 日	12 月 5 日	9.87	13.79
1961~2018 年	11 月 2 日	1 月 30 日	11 月 30 日	12.77	16.86

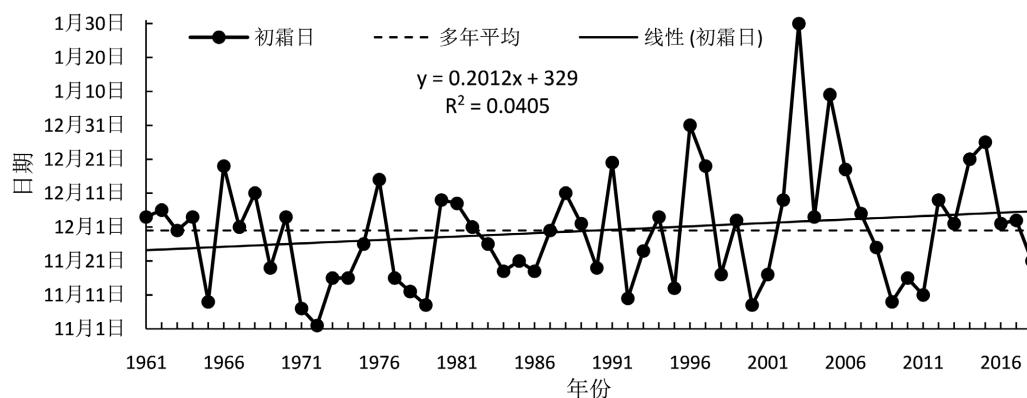


Figure 1. Interannual variation trend of first frost days in Liupanshui from 1961 to 2018

图 1. 六盘水市 1961~2018 年初霜日年际变化趋势

3.3. 六盘水市终霜日变化特征

六盘水 57 年平均终霜日为 2 月 22 日, 最早为 1 月 10 日, 最晚为 4 月 4 日(表 3), 其中最早极端终霜日为 1979 年 11 月 28 日(六枝), 最晚极端终霜日为 1980 年 5 月 27 日(水城)。全市平均终霜日时间序列的绝对变率为 15.82 d, 标准差为 19.65 d, 终霜日的年际变化差异比初霜日更加明显, 稳定性较差。从表 3 可知, 每个年代的平均绝对变率和标准差都在 10 d 以上, 其中 20 世纪 70~80 年变化最为显著。从年代际变化看, 20 世纪 60~70 年代平均中霜日较多年平均日期有所推后, 20 世纪 80 年代至 21 世纪初接近或略有提前, 2011 年以后提前明显, 平均日期为 2 月 11 日。六盘水市近 57 年终霜日呈明显提前趋势(图 2), 线性倾向率为 -3.5 d/10a, 提前的趋势较显著(通过 0.05 显著性水平检验)。

3.4. 六盘水市无霜期变化特征

六盘水 58 年的平均无霜期为 282 d, 最少为 230 d, 最多为 334 d(表 4), 其中最短无霜期为 1972 年的 157 d(水城), 最长无霜期为 1964 年、1966 年、1968 年、1970 年、1991 年、2005 年六枝 365 d(闰年 366 d)。全市平均无霜期序列的绝对变率为 17.9 d, 标准差为 22.26 d, 无霜期的年际变化整体差异较大, 稳定性差。从年代际变化看, 20 世纪 60 年代有略增多, 70 年代较多年平均明显偏少, 平均为 263 d, 90 年代以后无霜期呈现增多的趋势。六盘水近 58 年无霜期总体呈增多趋势(图 3), 线性倾向率为 2.7 d/10a, 但是变化趋势不显著。

Table 3. Characteristic values of last frost days in Liupanshui during 1961~2017

表 3. 六盘水市 1961~2017 年终霜日特征值

时段	最早	最晚	平均	平均绝对变率/d	标准差/d
1961~1970 年	2 月 5 日	3 月 30 日	3 月 1 日	12.99	15.87
1971~1980 年	1 月 24 日	3 月 30 日	3 月 1 日	18.37	22.60
1981~1990 年	1 月 12 日	4 月 4 日	2 月 20 日	20.17	25.08
1991~2000 年	1 月 10 日	3 月 12 日	2 月 18 日	14.98	18.98
2001~2010 年	1 月 31 日	3 月 14 日	2 月 22 日	11.70	13.71
2011~2017 年	1 月 13 日	3 月 1 日	2 月 11 日	13.97	17.78
1961~2017 年	1 月 10 日	4 月 4 日	2 月 22 日	15.82	19.65

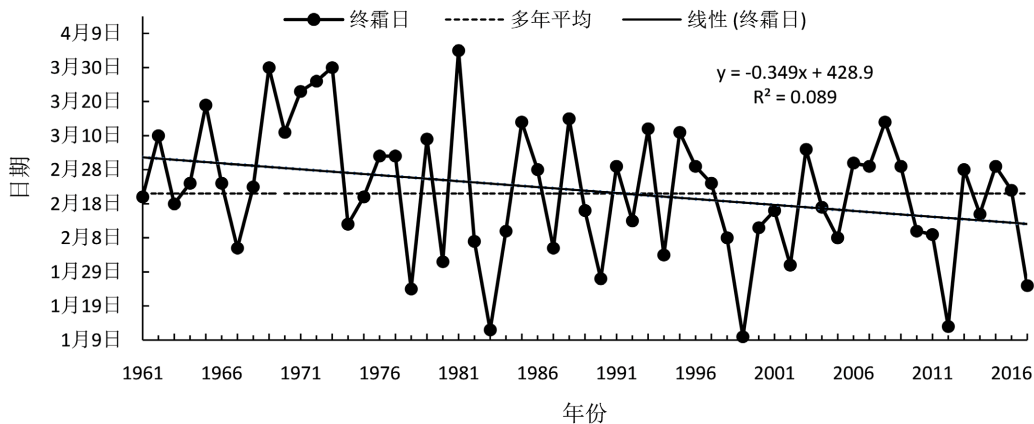


Figure 2. Interannual variation trend of last frost days in Liupanshui from 1961 to 2017

图 2. 六盘水市 1961~2017 年终霜日年际变化趋势

Table 4. Characteristic values of frost-free period in Liupanshui during 1961~2018

表 4. 六盘水市 1961~2018 年无霜期特征值

时段	最少	最多	平均	平均绝对变率/d	标准差/d
1961~1970 年	274	310	289	11.23	13.16
1971~1980 年	230	291	263	22.80	19.97
1981~1990 年	240	310	279	21.03	25.26
1991~2000 年	253	313	285	12.47	16.97
2001~2010 年	239	334	284	22.10	28.09
2011~2018 年	273	320	297	17.67	14.06
1961~2018 年	230	334	282	17.90	22.26

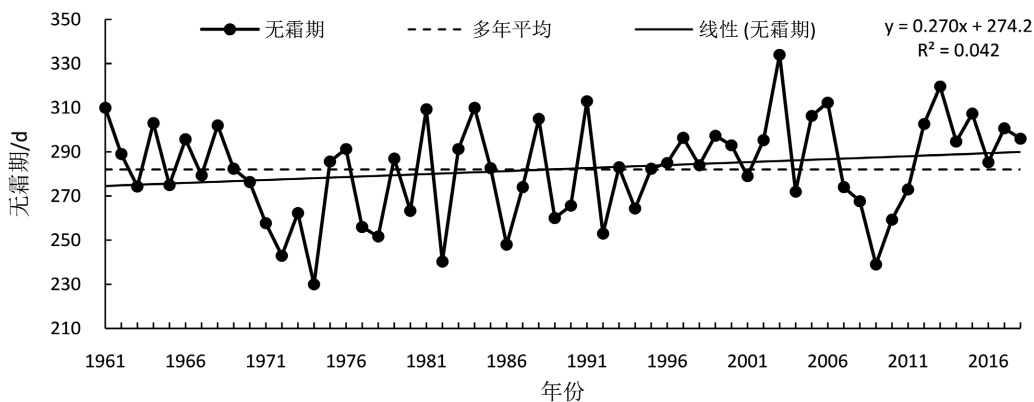


Figure 3. Interannual variation trend of frost-free period in Liupanshui from 1961 to 2018

图 3. 六盘水市 1961~2018 年无霜期年际变化趋势

3.5. 初霜日突变特征分析

六盘水市初霜日的 Mann-Kendall 突变检验结果显示(图 4), 顺序时间序列的秩序列(即实线 UF)与虚线(UB)在 1994 年前后相交, 且该相交点位于 95%水平信度的区间之内, 表明六盘水市的初霜日在 1994 年前后发生了明显的突变, 即初霜日期偏早向偏晚的突变。

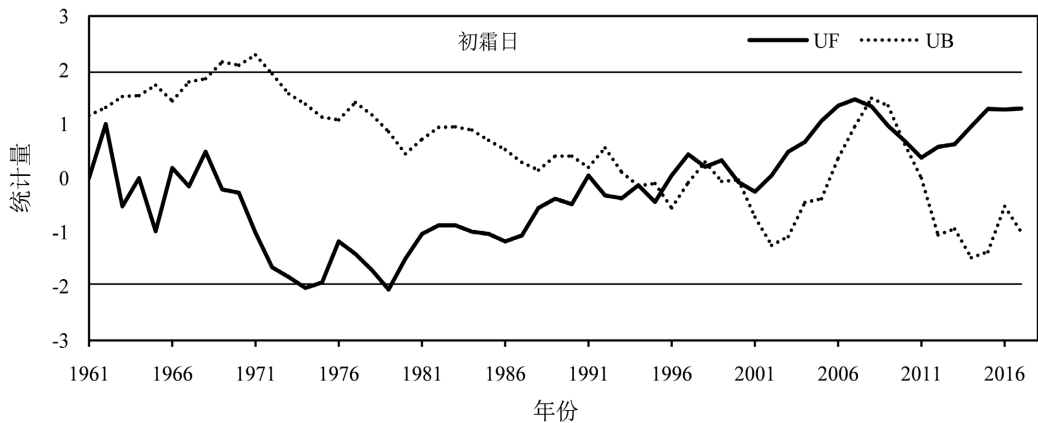


Figure 4. Mutational change curve of first frost days in Liupanshui from 1961 to 2017

图 4. 六盘水市 1961~2017 年初霜日突变曲线

3.6. 终霜日突变特征分析

终霜日的 M-K 突变检验结果中(图 5), UF 线与 UB 线的相交点位于 1992 年左右, 相交点通过了 95% 水平信度的显著性检验, 表明六盘水市的终霜日在 20 世纪 90 年代初期经历了由偏晚向偏早的突变。由此分析表明了六盘水市霜出现的愈加偏晚, 而结束得愈加偏早, 导致无霜期增多。这种变化特征与 20 世纪 90 年代在全球变暖的背景之下大气环流形势发生的年代际变化所导致的全球温度上升之间具有一定的联系。

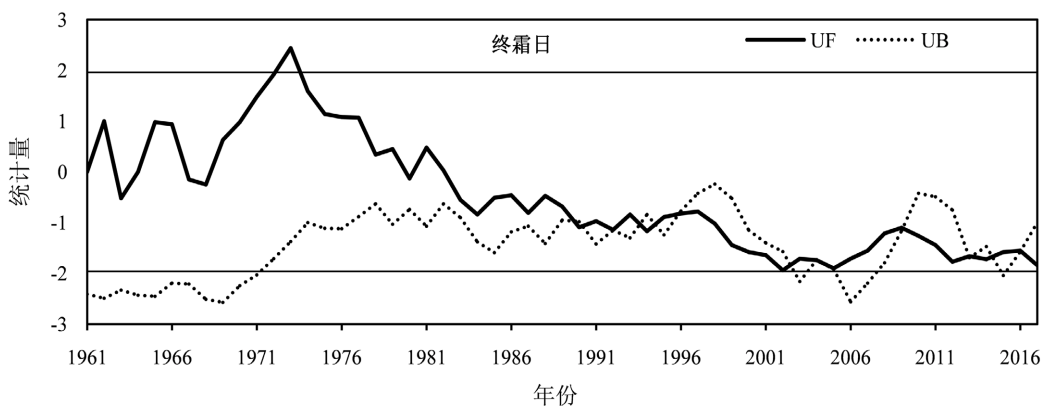


Figure 5. Mutational change curve of last frost days in Liupanshui from 1961 to 2017

图 5. 六盘水市 1961~2017 年终霜日突变曲线

4. 小结

由以上分析可以看出, 20 世纪 60 年代初、终霜日及无霜期变化较小, 接近多年平均; 70 年代初霜日明显提前, 终霜日略有推后, 导致无霜期明显的偏少; 20 世纪 80 年代至 21 世纪, 初霜日呈缓慢推后趋势, 终霜日接近多年平均或有所提前, 无霜期小幅度增加; 2011 年以后初霜日推后, 终霜日提前, 无霜期明显增多。这种年代际变化趋势可能与全球变暖的背景有关, 特别是联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第 4 次报告指出: 20 世纪 90 年代以来全球变暖幅度明显加速, 1850 年以来最暖的 12 a 中有 11 a 出现在 1995~2006 年。总的来说, 六盘水市初霜日呈推后趋势, 终霜日呈提前趋势, 无霜期呈增多趋势。这与众多学者得出的初、终霜日及无霜期气候特征结论一致。

参考文献

- [1] 中国气象局. 新版地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] 郜红娟, 蔡广鹏, 陆艺, 等. 1960-2013年贵州省霜冻日数的时空变化特征[J]. 农业科学研究, 2017, 38(4): 16-19.
- [3] 陈静, 白慧, 潘徐燕. 贵州省霜冻天气的实况分布与气候变化特征[J]. 贵州气象, 2016, 40(3): 66-69.
- [4] 李芬, 于文金, 张建新, 等. 山西近 50a 初霜冻的气候变化特征及其周期分析[J]. 大气科学报, 2012, 35(6): 754-761.
- [5] 高明, 贾海燕, 裴真, 等. 临汾市近 58 年初、终霜日和无霜期变化趋势分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(5): 272-275.
- [6] 马尚谦, 张勃, 刘莉莉, 等. 甘肃省霜冻日期时空变化特征及影响因素[J]. 高原气象, 2019, 38(2): 397-409.
- [7] 赵小宁, 胡晓黎. 商洛近 56 年无霜期变化特征分析[J]. 陕西气象, 2018(2): 29-32.
- [8] 马树庆, 杨菲芸. 我国霜期、霜冻时空特征及其对气候变暖的响应[J]. 气象灾害防御, 2015(2): 1-4.
- [9] 黄天福, 张润琼, 刘鹏. 六盘水地区一次晚霜冻天气过程分析及防灾措施[J]. 农技服务, 2010, 27(10): 1309-1310.