

# 1961—2007 年我国霜冻变化特征<sup>\* 1</sup>

叶殿秀 张 勇

(国家气候中心, 北京 100081)

## 摘 要

利用 1961—2007 年我国 577 个测站的均一化逐日最低气温资料, 根据通用的霜冻气候统计指标计算历年初、终霜冻日期及无霜冻期。结果显示: 初、终霜冻日期及无霜冻期标准差和极差北方地区较南方地区偏小; 全国大部地区终霜冻日期的年际间差异比初霜冻日期大, 无霜冻期的年际变化又比终霜冻日期大; 从线性变化趋势看, 近 47 年, 全国平均终霜冻日期提早 2.0 d/10a, 初霜冻日期推迟 1.3 d/10a, 无霜冻期延长 3.4 d/10a; 终霜冻日期提早幅度大于初霜冻日期推迟幅度; 从年代际变化来看, 全国平均终霜冻日期自 20 世纪 80 年代起明显提早, 初霜冻日期 20 世纪 90 年代开始明显推迟, 全国平均终霜冻日期提早时间明显比初霜冻日期推迟时间长; 同终霜冻期年代际变化一样, 全国平均无霜冻期自 20 世纪 80 年代起明显延长。

**关键词:** 初、终霜冻; 无霜冻期; 年代际变化

## 引 言

霜冻是我国发生范围广、危害作物种类多、造成经济损失大的一种气象灾害, 北至黑龙江, 南至广东、广西均存在霜冻灾害<sup>[1-3]</sup>。在全球变暖的气候背景下, 极端温度变化特征的区域性和季节性存在差异<sup>[4]</sup>, 霜冻的一些气候特征也会发生变化。研究表明: 在北欧、美国、加拿大过去几十年霜冻日数都有减少趋势<sup>[5-7]</sup>。我国学者采用不同的指标对我国部分地区的霜冻气候特征及变化规律进行了分析, 如翟盘茂等<sup>[8]</sup>采用 200 个测站资料对我国北方 1951—1999 年温度和降水极端事件变化研究指出, 我国北方最低气温小于 0℃ 的日数显著减少, 这使得我国北方尤其是东部地区的无霜期明显加长。陈乾金等<sup>[9-10]</sup>采用 1953—1990 年地面最低气温对华北和江淮地区异常霜冻气候特征进行研究, 结果表明, 异常初、终霜冻发生频率地理分布差异显著。马柱国<sup>[11]</sup>用日平均气温对我国北方地区霜冻日数的变化进行研究, 结果显示: 1951—2000 年霜冻日数有明显减少趋势, 春季霜冻日提前结束和秋季霜冻日推迟来临使得霜冻期缩短而生长季拉长。杜军

等<sup>[12]</sup>采用日最低气温对雅鲁藏布江中游 1961—2000 年异常初、终霜冻进行分析, 认为流域东段表现出初霜冻来得迟、终霜冻结束得早、无霜期延长的显著趋势; 江孜则表现为终霜冻推迟、无霜期缩短的不显著趋势。

以上关于霜冻的研究, 一般使用的资料站点少或资料长度短或多数对资料没有进行均一化处理, 很少针对全国范围的霜冻气候变化特征进行分析。气候资料的质量、台站迁移、仪器及台站邻近环境的变化均会对气候变化观测研究结果产生影响<sup>[13]</sup>。2006 年, 国家气象信息中心制作完成了全国均一化日最低气温资料, 本研究就是基于该资料, 试图比较全面地分析我国近 50 年来初、终霜冻日期及无霜冻期的变化趋势, 以期为区域作物结构调整及选取合适生育期的品种提供参考。

## 1 资料与方法

本文所用气象资料为国家信息中心提供的全国 740 个测站建站至 2007 年的均一化逐日最低气温资料, 考虑到 20 世纪 50 年代有气温观测记录的站数与 60 年代之后的站数相差较大, 文中统计、分析

\* 科技部国际合作项目“区域气候变化的监测、模拟和影响研究”(2005DFA20940)和中国气象局 2008 年业务建设项目“气象灾害风险区划试点建设”共同资助。

2008-02-22 收到, 2008-05-23 收到再改稿。

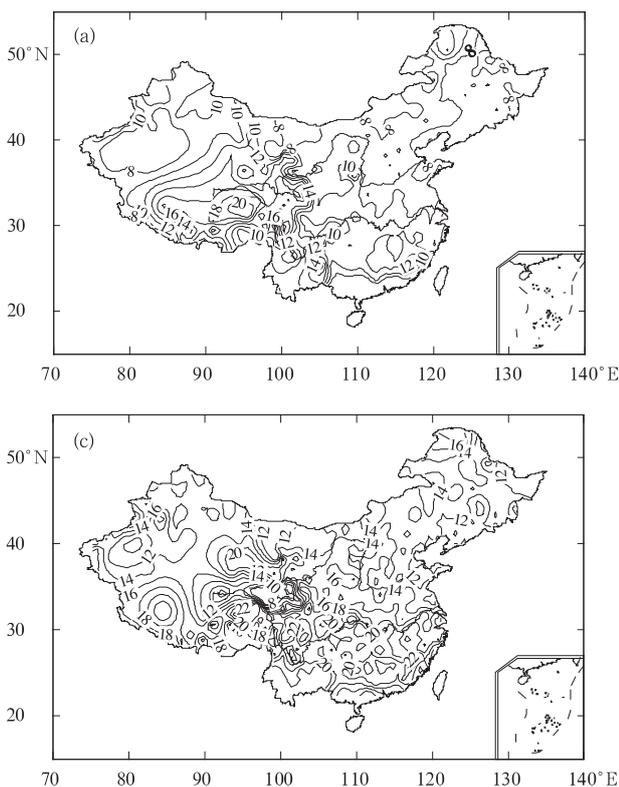
采用1961—2007年资料;在统计时段中,对资料长度不足40年的测站予以剔除,最后满足条件的共有577个测站。

把百叶箱日最低气温降到 $2^{\circ}\text{C}$ 或以下作为霜冻的气候指标<sup>[2,14-15]</sup>。由温暖季节向寒冷季节过渡期间第一次出现霜冻的日期为初霜冻日,由寒冷季节向温暖季节过渡期间最后一次出现霜冻的日期为终霜冻日;终霜冻日期的后一天至初霜冻日期的前一天之间的日数称为无霜冻期。

本文的初、终霜冻日期及无霜冻期的年际变化趋势采用线性方法处理,并采用相关系数法检验趋势的显著性。为了统计和表述方便,在历年变化中,将初、终霜冻日期均用自1月1日起的日序来表示,即1月1日的日序为1,3月20日的日序为59,10月3日的日序为276等等;初、终霜冻日期及无霜冻期的年际间最大离散程度用极差(日序最大值与最小值之差)来表示;初、终霜冻日期及无霜冻期的年际变率大小以标准差来衡量。全国平均的时间序列是对满足统计条件的所有站点逐年资料进行等权算术平均获得。

## 2 初、终霜冻日期及无霜冻期气候特征

在我国,初霜冻日期的年际变化较大,且区域差



异明显。从近47年各地初霜冻日期极差看(图略),华南地区南部及云南南部最小,在20d以下;东北、华北地区中部和东部、华南地区北部及南疆大部一般有30~40d,西北地区大部、江淮、江南、西南地区大部在40~60d之间,青藏高原部分地区超过60d。从近47年各地终霜冻日期极差来看,东北、华北、黄淮地区及陕西北部、内蒙古大部、新疆东部、青海中部等地较小,一般在30~50d左右,西北地区东南部及南方大部地区有50~70d,局部地区达70~80d。从近47年各站无霜冻期极差来看,西南地区东部、西北地区东部、江汉、江南、华南地区北部较大,一般在70d以上,局部地区超过90d;东北地区大部、华北地区东部较小,普遍在50~60d之间。初、终霜冻日期及无霜冻期的极差均呈现出西部大、东部小,南方大、北方小的变化特征。

从近47年各站初、终霜冻日期及无霜冻期标准差的分布来看(图1),同样也呈现出西部大、东部小,南方大、北方小的分布特征。东北地区大部、华南地区中南部及南疆大部初霜冻日期年际间变化较小,标准差在8d以下,华北、西北地区大部、黄淮、江淮地区、两广北部及四川盆地、云南大部标准差在8~12d之间,江南地区中部、青藏高原大部及福建大部初霜冻日期年际变化较大,标准差在12d以上,其中青藏高原中部和东部变化最大,标准差达

图1 1961—2007年我国初(a)、终(b)霜冻日期及无霜冻期(c)标准差分布(单位:d)

Fig. 1 The standard deviations distribution of the first frost date(a), the last frost date(b) and the frost-free days(c) in China during 1961—2007(unit: d)

14~20 d(图 1a)。从近 47 年终霜冻日期标准差的空间分布来看(图 1b),华北、黄淮地区东部、江淮地区东部、东北地区东北部和南部、内蒙古西部、新疆西部终霜冻日期年际间变化较小,在 10 d 以下,江南地区西部、华南地区大部、西南地区东部及青藏高原中部终霜冻日期年际间变化较大,一般超过 14 d,两广北部及四川盆地在 18 d 以上。近 47 年无霜冻期标准差的空间分布也呈现出南方地区大北方地区小的分布特征(图 1c)。西南地区大部、江汉、江南、华南地区大部及青海北部、西藏大部一般在 16~24 d 之间;而东北、华北地区及陕西中部和北部、甘肃东部、新疆大部变化幅度小,在 12~16 d 之间;山东东部、辽宁东部、吉林中南部、黑龙江东北部、青海东南部更小,在 12 d 以下。

### 3 初、终霜冻日期及无霜冻期的长期变化趋势

由图 2 可以看出,近 47 年,全国平均初霜冻日期

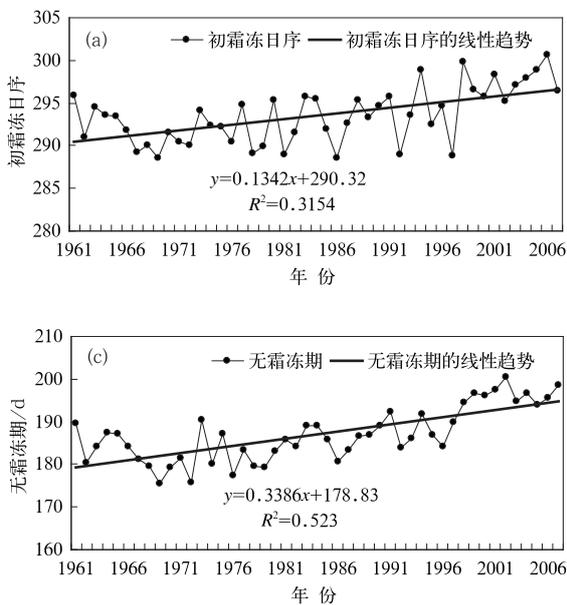


表 1 不同年代全国平均初、终霜冻日序及无霜冻期  
Table 1 Day series of the first frost date, the last frost date and the frost-free days in different decades in China

年份	初霜冻日序	终霜冻日序	无霜冻期/d
1961—1970 年	292.2	108.2	182.6
1971—1980 年	291.9	109.1	181.8
1981—1990 年	292.8	105.9	186.0
1991—2000 年	294.5	103.4	190.2
2001—2007 年	297.8	100.1	196.8

呈推迟变化趋势,终霜冻日期呈提早变化趋势,无霜冻期呈延长变化趋势,其气候倾向率分别为 1.3 d/10a, 2.0 d/10a 和 3.4 d/10a,并均通过 0.001 显著性检验。从年代际变化来看(表 1),20 世纪 60~80 年代全国平均初霜冻日期变化不大,但 20 世纪 90 年代之后初霜冻日期明显推迟,其中 21 世纪以来全国平均初霜冻日期比 20 世纪 80 年代推迟 5 d;20 世纪 60~70 年代全国平均终霜冻出现日期变化不大,但从 20 世纪 80 年代起全国平均终霜冻日期出现明显提早的变化趋势,其中 21 世纪以来全国平均终霜冻日比 20 世纪 70 年代提早 9 d;20 世纪 60 年代和 70 年代全国平均无霜冻期变化不大,80 年代至今无霜冻期呈显著增加趋势,21 世纪前 7 年全国平均无霜冻期比 20 世纪 70 年代偏长 15 d(表 1)。

空间分布来看(图 1),近 47 年全国大部地区的初霜冻日期变化有推迟趋势,其中,除华北地区东部、长江三角洲、青海北部、新疆东部、西藏中部、云南推迟幅度相对较大,为 2~3 d/10a,全国其余大部

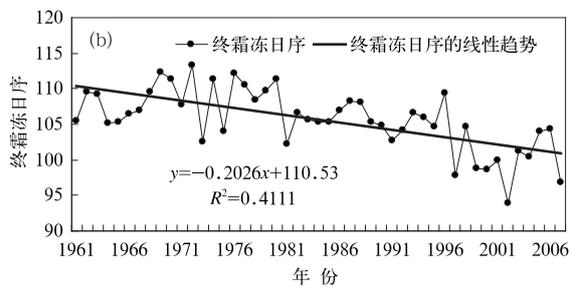


图 2 1961—2007 年我国平均初(a)、终(b)霜冻日序及无霜冻期(c)的历年变化

Fig. 2 The inter-annual variation on day series of the first frost date(a), the last frost date(b) and the frost-free days(c) in China during 1961—2007

地区为 1~2 d/10a;全国大部地区终霜冻日期有提早的变化趋势,其中西北地区大部、江南地区中西部及辽宁大部、山东大部提早 1~2 d/10a,东北地区中部和北部、华北、黄淮、江淮、江南地区东部、西南地区大部、华南地区大部提早 2~4 d/10a。对照图 3a, 3b 可知,北方大部地区终霜冻日期变化趋势明显大于初霜冻日期变化趋势。全国无霜冻期普遍呈延长的变化趋势,且大部地区一般延长 2 d/10a 以

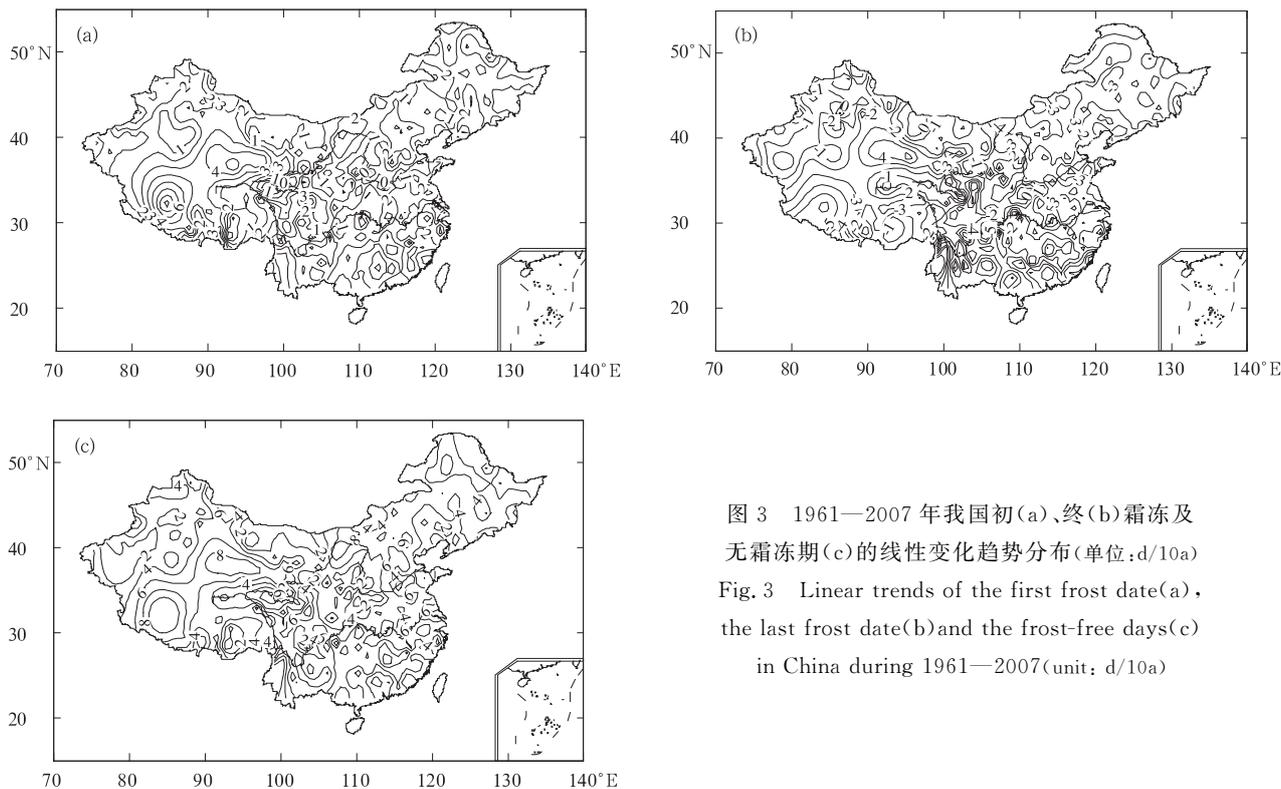


图3 1961—2007年我国初(a)、终(b)霜冻及无霜冻期(c)的线性变化趋势分布(单位:d/10a)  
Fig. 3 Linear trends of the first frost date(a), the last frost date(b) and the frost-free days(c) in China during 1961—2007(unit: d/10a)

上,其中东北地区中北部、华北地区东部和北部、黄淮、江淮、华南、西南地区大部、青藏高原西部及新疆东部延长4~6 d/10a,说明中东部地区及青藏高原西部无霜冻期延长比中西部地区明显(图3c)。

#### 4 小结

1) 近47年,初、终霜冻日期及无霜冻期长度的极差和标准差均表现出北方地区比南方地区小,说明无论初、终霜冻日出现时间还是无霜冻期长度年际间变化北方地区均比南方地区稳定。所以,在充分利用气候资源的同时,也要注意预防极端霜冻的影响,特别是南方地区。

2) 无论是初、终霜冻日期还是无霜冻期,其极差均为标准差的2倍以上,说明初、终霜冻日期、无霜冻期离散程度均较大。另外,极差和标准差均反映出,全国大部地区终霜冻日期的年际间差异比初霜冻日期大,无霜冻期的年际变化又比终霜冻日期年际变化大。

3) 近47年,全国平均终霜冻日期以2.0 d/10a的气候倾向率提早,初霜冻日期以1.3 d/10a气候倾向率推迟,终霜冻日期提早幅度比初霜冻日期推迟幅度大;无霜冻期以3.4 d/10a的气候倾向率延

长。从年代际变化来看,初霜冻日期20世纪90年代开始明显推迟,终霜冻日期80年代开始明显提早,无霜冻期也是80年代开始明显延长。

#### 参考文献

- [1] 沈能展,梁荣欣,赵秀兰,等. 哈尔滨地区初、终霜冻日分布特点的研究. 东北农业大学学报,2000,31(2):129-136.
- [2] 林良勋,薛登智,梁健,等. 近二十年广东的霜冻气候特征及其变化特征. 广东气象,2000,4:7-9.
- [3] 吴国兴,高安宁,陈业国. 广西异常霜冻天气过程特征指数研究. 广西科学,2003,10(1):72-74; 80.
- [4] 翟盘茂,任福民. 中国近40年最高最低温度变化. 气象学报,1997,55(4):418-429.
- [5] Heino R. Progress in the study of climate extremes in northern and central Europe. *Climatic Change*, 1999, 42: 151-181.
- [6] Bonsal B R, Zhang X, Vincent L A, et al. Characteristics of daily and extreme temperature over Canada. *J Climate*, 2001, 14: 1959-1971.
- [7] Easterling D R. Recent changes in frost days and frost-free season in the United States. *Bull Amer Meteor Soc*, 2002: 1327-1332.
- [8] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近50年温度和降水极端事件变化. 地理学报,2003,58(增刊):1-10.
- [9] 陈乾金,张永山. 华北异常初终霜冻气候特征研究. 自然灾害学报,1995,4(3): 33-39.
- [10] 陈乾金,夏洪星,张永山. 我国江淮流域近40年异常初终霜

- 冻的分析. 应用气象学报, 1995, 6(1): 50-55.
- [11] 马柱国. 中国北方地区霜冻日的变化与区域增暖相互关系. 地理学报, 2003, 58(增刊): 31-37.
- [12] 杜军, 宁斌. 雅鲁藏布江中游近 40 年异常初终霜冻分析. 气象, 2006, 32(9): 84-89.
- [13] 严中伟, 杨赤, Jones P. 观测序列的不均一性对估算北京和上海平均气温和极端温度变化趋势的影响. 大气科学进展, 2001, 18(3): 309-322.
- [14] 王世斌. 南京地区晚霜冻对茶树的危害及防御. 南京农专学报, 2001, 17(4): 49-52.
- [15] 中国气象局. 中国灾害性天气气候图集. 北京: 气象出版社, 2007.

## Characteristics of Frost Changes from 1961 to 2007 over China

Ye Dianxiu Zhang Yong

(National Climate Center, Beijing 100081)

### Abstract

Based on the daily minimum temperature data at 577 meteorological stations over China from 1961 to 2007, the first frost date, the last frost date and the frost-free days are calculated by using the common climatic index on frost day. The results show that the standard deviation of the first frost date, the last frost date and the frost-free days is less in the north than in the south of China, which indicates that they are more stable in the north than in the south. The inter-annual variation of the last frost date is larger than those of the first frost date, and the inter-annual variation of the frost-free days is larger than those of the last frost date in most areas of China. It can be seen from the linear change trend that the last frost date is 2.0 d/10a ahead of time, the first frost date has 1.3 d/10a delay and the frost-free days prolong 3.4 d/10a over the past 47 years. From the climate trend it can be found that the range of the ahead last frost date is more than that of the delayed first frost date, which implies that the main cause of the prolonged frost-free days is the ahead of last frost day. The first-frost date obviously delays since 1990s. The last frost date is obviously ahead of time and the frost-free days obviously prolong since 1980s. The ahead of last frost date is earlier than the first frost date delay in China from the inter-annual variation.

**Key words:** first and last frost date; frost-free days; inter-decadal variation