

近50年我国霜期的时空分布及变化趋势分析

王国复¹ 许 艳² 朱燕君¹ 张洪政¹ 廖 捷¹

(1. 国家气象信息中心, 北京 100081; 2. 南京信息工程大学)

提 要: 利用国家气象信息中心最新整编的1954—2003年中国677个站霜的气象观测资料, 分析了我国霜期的地理分布特征, 揭示了近50年来我国不同地域霜期的变化趋势和年代际变化特征, 探讨了气候变暖背景下霜期的响应。研究表明, 除极少数地区外, 我国霜期呈缩短的趋势, 并且霜期显著缩短发生在20世纪90年代以后; 近50年全国大部分地区的初霜日期呈推迟趋势而终霜日期呈提前趋势, 这可能与日最低气温、日最低0cm地温的不断升高有关, 而初霜日期的推迟和终霜日期的提前最终导致霜期的缩短。

关键词: 霜期 时空分布特征 线性趋势 日最低气温 日最低0cm地温

The Spatial and Temporal Characteristics and Trend of Frost Days over China for the Past 50 Years

Wang Guofu¹ Xu Yan² Zhu Yanjun¹ Zhang Hongzheng¹ Liao Jie¹

(1. National Information Meteorological Center, Beijing 100081;
2. Nanjing University of Information Science and Technology)

Abstract: Based on the 677 stations daily observation data(1954—2003) of frost in China as long and new as possible, which were processed by the National Meteorology Information Center, the distribution of the frost days in China is analyzed, the spatial-temporal trend of regional frost days and the inter-decadal variation features are obtained, and the response of frost to global warming is further discussed. The results indicate an obvious reduction trend of frost days in the whole China, especially in 1990s. We can also find that the earlier last frost day and the later first frost day are related with the rising daily minimum temperature and ground temperature, which will possibly cause the reduction of frost season.

Key Words: frost days the spatial and temporal distribution linear trends daily minimum temperature daily minimum ground temperature

资助项目: 科技部国家科技基础条件平台工作专项(2005DKA31700)

收稿日期: 2008年5月23日; 修定稿日期: 2009年3月5日

引 言

霜是贴近地面的空气受地面辐射冷却的影响而降温到霜点(指露点低于 0°C)以下,在地面或物体上凝华而成的白色冰晶。霜是一种天气现象,属于中国地面气象观测内容。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到 0°C 或 0°C 以下而引起植物冻害,是一种农业气象灾害。虽然霜、霜冻形成的主要原因均是降温,但发生霜冻时不一定出现霜,出现霜时也不一定发生霜冻。

就目前的研究情况来看,国内外绝大部分的研究主要限于对霜冻的研究,而对霜的研究还非常少。Meehl 等^[1]利用数值实验和分析观测事实证明了全球变暖导致霜冻日数的普遍减少。Frich 等^[2]的研究也表明,20 世纪中后期,全球年霜冻日数存在不断减少的趋势,并且每年有霜冻出现的测站也在明显减少。Easterling^[3]以日最低气温小于 0°C 作为霜冻发生的条件,研究发现近 50 年来美国大陆霜冻日数有减少的趋势,减少的速率大致为 0.8 天/10 年。Scheifinger 等^[4]同样利用逐日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 作为霜冻日,研究表明欧洲大陆的霜冻日数也有减少的趋势,下降趋势大致在 0.2 天/年(1951—1997)。Zhai 等^[5]通过分析日最低气温的变化揭示中国大部分地区的霜冻日数呈显著减少趋势。Qian 等^[6]还发现中国北方地区的霜冻期在逐渐缩短。以上这些都说明,全球增暖背景下世界各地霜冻日数都存在不同程度的减少趋势。

上述多数研究中都将日最低气温或者地面最低温度低于零度的日数作为霜冻日数,这种做法存在着严重的缺陷。因为,霜冻是低温对农作物的一种危害,只有在植物生长季节里植株体本身温度降低到 0°C 或 0°C 以下才会引起植物冻害。所以,日最低气温或

者地面最低温度低于零度时不一定会出现霜冻,而出现霜冻时日最低气温或者地面最低温度也未必低于零度。

霜和霜冻两者虽然有着明显的区别,但霜的出现标志着低温季节已经开始,如果继续降温,便很容易导致霜冻的发生。例如,种植常绿果树的地区,在霜期内的任何时间,只要霜的强度超过它们能够忍受的限度,都将发生霜冻。霜期长短的变化以及初、终霜日的提前或推迟,都会导致果树霜冻的发生^[7]。因此,研究霜期的变化特征对于预防霜冻具有一定的指导意义。迄今,受制于霜资料的整理及质量控制相对滞后,关于中国区域霜的研究还非常少。文中用经处理的国家气象站网累积多年的霜气象观测资料,研究近 50 年来全国霜期的空间分布情况以及全球增暖背景下霜期的变化趋势。

1 资料与处理方法

所用资料是由国家气象信息中心提供的 1951—2004 年 756 站逐日的霜气象观测资料,该资料来源于全国各地气象站网累积多年的霜气象观测资料。由于站点资料的时间长度不一致,文中选择 1954—2003 年实际的资料序列长度超过 25 年的站点(677 个站)来研究霜期的空间分布及其变化趋势。

霜一般认为属于“冷季现象”,其统计是按照“年度”进行的,而不是通常意义的按“年”统计的(即以 1 月 1 日至 12 月 31 日为一年进行统计)。所谓冷季“年度”的统计,就是以本年 7 月 1 日至次年 6 月 30 日为本“年度”。在一个年度里(从 7 月 1 日算起),第一次出现霜的日期,记为初霜日,最后一次发生霜的日期记为终霜日。将初霜日和终霜日在内的初终日期之间的日数记为霜期。但我们发现,在用这个统计方法处理一些高寒地区台站时出现了问题。在高寒地区,因为全年

各月基本都有霜出现,所以初、终霜日就很难确定。为此,对于这些高寒地区的台站,初、终霜日的统计跳出了“6月30日”的限制。先从暖季中,挑选一个连续无霜日数最长的时段,然后以该时段的前一天为上年度的终霜日,该时段的后一天为本年度的初霜日。例如:某站某年7月11—29日连续无霜日数为最长,应挑7月10日为上年度的终霜日,7月30日为本年度的初霜日。

2 霜期的空间分布及其变化趋势分析

2.1 霜期的地理分布特征

从全国50年平均的霜期空间分布图(图1)中可以看出,我国霜期是自北向南、自高山向平原依次缩短的。青藏高原、内蒙古北部和黑龙江北部是我国霜期最长的地区,霜期长达240天以上,其中青海省南部、西藏东部,霜期长达360天以上,是终年有霜的地区;华北、西北地区和黄河流域霜期为160~240天左右;长江中下游地区的霜期为120~160天左右;长江以南到南岭地区霜期维持在80~120天左右;而四川东部、东部沿海、两广地区、云南南部及福建南部霜期都在80天以下;华南沿海霜期不足40天;海南地区霜期为1天左右,全年几乎没有霜出现。对照《中国灾害性天气气候图集》^[8]的中国霜冻日数(日最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 的日数)分布图可

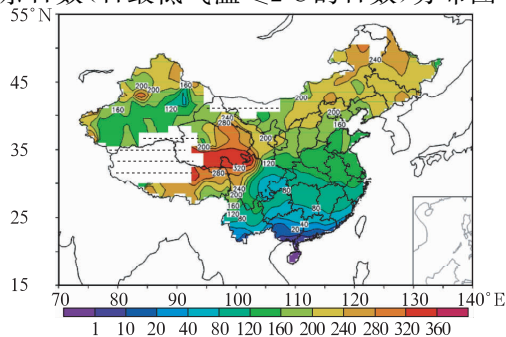


图1 1954—2003年全国年平均霜期空间分布图(单位:天)

以发现,由于统计方式、起讫时间及要素的不同,中国1961—2005年年平均霜冻日数比1954—2003年年平均霜期日数少很多,但霜冻日数分布的基本特征与霜期的分布特征非常相似。传统上,将日最低气温或地面最低温度低于 0°C 的日数代表霜冻日数来研究霜冻,分析表明同样可以利用霜资料来研究霜冻,并且霜资料是观测得到的数据,利用它研究出的结果应更为可信。

2.2 霜期的变化趋势分布特征

为了分析霜期的长期演变特征,用线性趋势估计方法对1954—2003年度677个台站霜期的线性变化趋势进行分析(见图2)。从图2中可以看出,除少数地区外,我国霜期的总体趋势是缩短的,其中我国华北、西南以及华南三个区域缩短趋势非常显著。而华北地区霜期缩短的区域包括内蒙古的中部、河北、京津、山东北部,以及晋陕北部,该区域也是我国霜期缩短最快的地区,变化速率大致在1.0天/年左右。西南地区霜期缩短趋势较明显的地区包括贵州和云南东部,变化速率大致是0.5天/年。华南地区缩短趋势明显的地方包括广东北部、福建、广西北部地区,变化速率大致在0.5天/年。值得注意的是,新疆、甘肃、内蒙古西部、湖南以及江西的部分地区,霜期有略微延长的趋势。

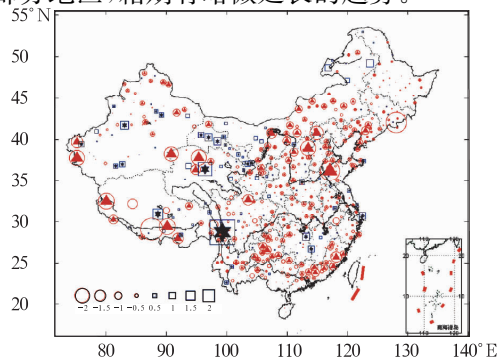


图2 1954—2003年我国霜期的线性变化趋势分布(单位:天/年,▲★表示趋势通过了0.05的显著性检验)

3 霜期的年代际变化特征

从全国平均的霜期时间序列(图 3)中可以看出,总体上霜期呈缩短趋势。具体来看,20 世纪 50 年代中期到 20 世纪 70 年代中期,霜期呈现出波动延长的趋势,20 世纪 70 年代中期以后,霜期开始缩短。到了 20 世纪 90 年代霜期缩短更加明显。而从气温的变化情况来看,20 世纪 40 年代后期到 20 世纪 70 年代我国气温是偏低的,20 世纪 70 年代之后气温开始上升,到了 20 世纪 90 年代气温上升最为剧烈^[9-11]。不难发现霜期的变化与气温的变化有很好的相关性。

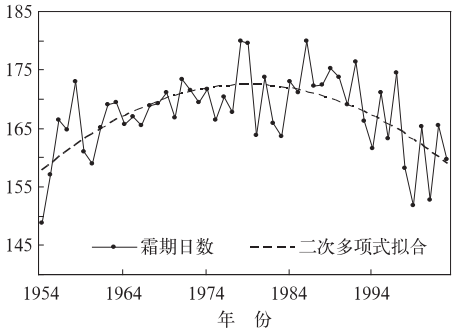


图 3 1954—2003 年全国平均的霜期时间序列

前文中已经提到霜期是初霜日和终霜日之间的日数,霜期的变化其实是初霜日和终霜日共同变化的结果。为了更好地了解全球变暖背景下中国各区域霜期的年代际变化特征,分别对中国东北、华北、西北、青藏高原、长江中下游、西南、华南这七个区域做了区域

平均的初、终霜日期及日最低气温和日最低 0cm 地温的标准化时间序列(图 4、5)。从图中可以看到,七个区域的初霜日期曲线呈上升趋势,终霜日期曲线呈下降趋势,说明初霜日期在逐渐推迟,终霜日期在逐渐提前。七个区域的总体变化趋势一致,但各地区也有不同的地方。例如,华北地区,近 50 年来初(终)霜在不断推迟(提前),而其他六个地区初(终)霜呈现出先提前(推迟)后推迟(提前)的趋势,并且 20 世纪 90 年代之后初霜推迟、终霜提前的趋势更加明显,这与图 3 反映的霜期总体趋势是吻合的。另外,图中七个区域秋、春季平均的日最低气温、日最低 0cm 地温变化曲线分别呈不同程度的升高趋势,且各区域初(终)霜日期变化曲线与秋(春)季平均的日最低气温、日最低 0cm 地温变化曲线分别都呈明显的同(反)向变化特征。可以看出,近 50 年来全国大部分地区日最低气温和日最低 0cm 地温都有不同程度的升高,日最低气温、日最低 0cm 地温的不断升高可能是导致初霜日期的推迟和终霜日期的提前的原因。

全国七个区域初霜日期与秋季平均的日最低气温、日最低 0cm 地温的相关系数都为正,终霜日期与春季平均的日最低气温、日最低 0cm 地温的相关系数都为负,且大部分相关系数都通过了 0.01 的显著性水平,同时发现日最低气温与初、终霜日的相关系数都略高于最低 0cm 地温与初、终霜日的相关系数(见表 1)。

表 1 中国各区域初、终霜日分别与秋、春季日最低气温、日最低 0cm 地温的相关系数

	初霜日期		终霜日期	
	日最低气温	日最低 0cm 地温	日最低气温	日最低 0cm 地温
东北	0.38 **	0.37 **	-0.63 **	-0.58 **
华北	0.69 **	0.67 **	-0.70 **	-0.45 **
西北	0.54 **	0.55 **	-0.31 *	-0.16
青藏高原	0.62 **	0.52 **	-0.75 **	-0.72 **
长江中下游	0.60 **	0.57 **	-0.66 **	-0.63 **
西南	0.56 **	0.49 **	-0.59 **	-0.57 **
华南	0.13	0.07	-0.10	-0.10

(*, ** 分别表示达 0.05 和 0.01 的显著性水平)

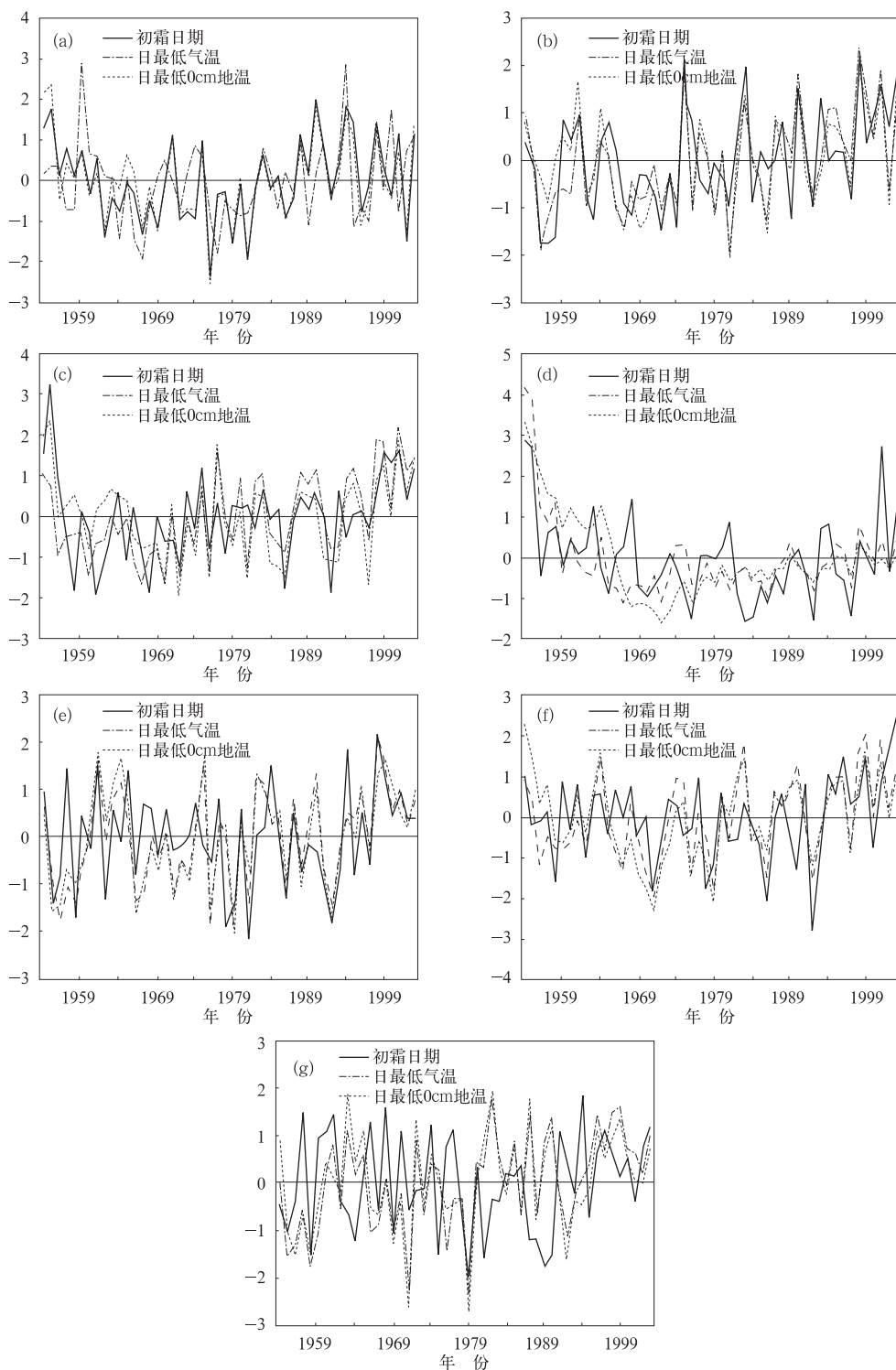


图4 1954—2003年中国各地区区域平均的初霜日期与秋季
日最低气温、日最低0cm地温的标准化序列
(a) 华北; (b) 东北; (c) 西北; (d) 青藏高原; (e) 长江中下游; (f) 西南; (g) 华南

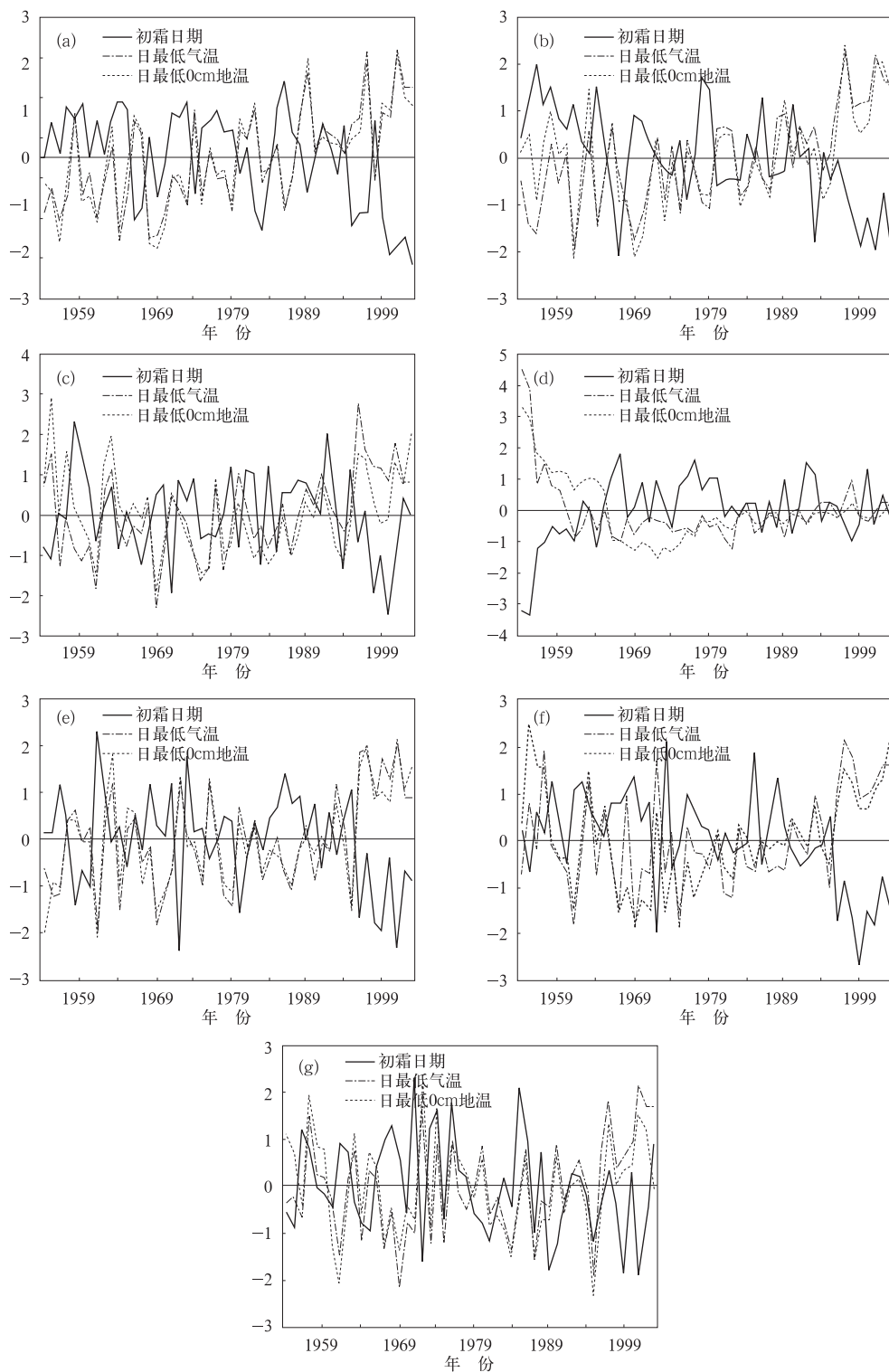


图5 1954—2003年中国各地区区域平均的终霜日期与春季
日最低气温、日最低0cm地温的标准化序列
(a)华北;(b)东北;(c)西北;(d)青藏高原;(e)长江中下游;(f)西南;(g)华南

这进一步表明,近50年来初、终霜日和霜期的变化可能与日最低气温和日最低0cm地温的变化有关。日最低气温和日最低0cm地温的升高致使初霜日期的推迟和终霜日期的提前,最终导致霜期的不断缩短,并且霜期的这种变化受日最低气温的影响可能要大于受日最低0cm地温的影响。

4 结论

通过对近50年来全国霜期的空间分布情况及其长期变化趋势的详细分析,得出以下结论:

(1) 从全国年平均霜期的整体分布上来看,我国霜期是从北到南依次缩短的。霜期最长的地区在青藏高原和东部地区北部,四川东部和华南沿海等地的霜期较短,而海南地区基本无霜。

(2) 从霜期的趋势分布看,除少数地区外,我国霜期呈缩短的趋势。华北地区、西南地区东部和华南地区北部缩短趋势最为显著;而湖南、江西以及甘肃省部分地区霜期缩短的趋势不明显,甚至有延长的趋势。

(3) 近50年来,我国霜期总体趋势是缩短的。20世纪70年代以前霜期呈波动式延长的趋势,20世纪70年代之后开始出现缩短趋势,但是从20世纪70年代到20世纪90年代,霜期缩短得较缓慢,20世纪90年代之后缩短趋势变得异常显著。

(4) 近50年来,在全球增暖背景下全国大部分地区日最低气温和日最低0cm地温都有不同程度的升高。日最低气温、日最低

0cm地温的不断升高可能是导致初霜日期的推迟和终霜日期提前的原因,而初霜日期逐渐推迟和终霜日期逐渐提前最终导致霜期的不断缩短。

参考文献

- [1] Meehl G A, Tebaldi C, Nychka D. Changes in frost days in simulations of twenty first century climate. *Climate Dyn*[J]. 2004, 23:495-511.
- [2] Frich P, Alexander L V, Della-Marta P, et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century[J]. *Climate Res.* 2002, 19:193-212.
- [3] Easterling D R. Recent changes in frost days and the frost-free season in the United States[J]. *Bulletin of the American Meteorological Society.* 2002, 83(9): 1327-1332.
- [4] Scheifinger H, Menzel A, Koch E, et al. Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe[J]. *Theor Appl Climatol.* 2002, 74(1): 41-51.
- [5] Zhai Panmao, Pan Xiaohua. Trends in temperature extremes during 1951—1999 in China[J]. *Geophys Res Lett.* 2003, 30(17): CLM 9-1-CLM 9-4.
- [6] Qian W, Lin X. Regional trends in recent temperature indices in China[J]. *Climate Res.* 2004, 27: 119-134.
- [7] 冯玉香,何维勋.霜冻的研究[M].北京:气象出版社,1996:16-37.
- [8] 中国气象局.中国灾害性天气气候图集[M].北京:气象出版社,2007:82.
- [9] 徐宗学,隋彩虹.黄河流域平均气温变化趋势分析[J].*气象*,2005,31(11):7-10.
- [10] 雷向杰,胡春娟,田武文.陕西沙尘天气的气候特征分析及影响分析[J].*气象*,2003,29(12):38-44.
- [11] 王绍武,叶瑾琳,龚道溢.近百年中国气温序列的建立[J].*应用气象学报*,1998,9(4):392-401.