

新疆博州 1961—2009 年霜冻的特征及变化分析

杨 勇¹, 普宗朝², 黄 杰¹, 杨玉萍¹, 廖卫江¹, 仲郭军¹

(1.博州气象局, 新疆 博乐 833400; 2.乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要:根据 1961—2009 年新疆博州 4 个国家基本气象站的日最低气温资料, 用气候趋势系数、*t* 检验研究了终霜冻、初霜冻和无霜冻期的特征、长期变化趋势及突变时间。结果表明: 除阿拉山口外, 博州自东向西随地势的由低到高终霜冻逐渐推迟, 初霜冻逐渐提前, 无霜冻期逐渐缩短。终霜冻除温泉为微弱的推迟趋势外, 其他地区均呈提前趋势, 但不显著; 初霜冻以 2.5~4.2 d/10 a 的显著趋势推迟; 无霜冻期以 2.2~4.8 d/10 a 的速率延长, 除温泉外均为显著趋势。

关键词:新疆博州; 霜冻; 变化趋势; 突变

中图分类号: P423.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-0799(2010)04-0026-05

Analysis of Frost Features and Variation in Bozhou Region during 1961–2009

YANG Yong¹, PU Zong-chao², HUANG Jie¹, YANG Yu-ping¹, LIAO Wei-jiang¹,
ZHONG Guo-jun¹

(1. Boertala Mongol Autonomous Prefecture Meteorological Bureau, Bole 833400, China;

2. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830001, China)

Abstract: Based on the daily minimum temperature data during 1961–2009 from four national basic meteorological observation stations over the Bozhou region of Xinjiang, the long-term variation trend about the latest frost, first frost and frostless season were studied as well as their abrupt turning points by methods of climatic tendency coefficient and *t*-test technique. The results show that: Along with the altitude rising from the east to the west of Bozhou, except Alashankou region, the latest frost were delayed, the first frost occurred earlier and frostless season has shortened. Except Wenquan County with the latest frost delayed, other regions showed the trend to be early gradually but not significantly; the first frost postponed obviously with the rate of 2.5–4.2 d/10 a; the frostless season prolonged with the rate of 2.2–4.8 d/10 a, all with significant trend but Wenquan County.

Key words: frost; variation tendency; abrupt change

收稿日期: 2010-02-09

作者简介: 杨勇(1965-), 男, 工程师, 主要从事业务管理工作。E-mail: yanggny@sohu.com

霜冻是温暖季节里,土壤表面或植物表面的温度下降到植物组织冰点以下的低温而使体内组织冻结产生的短时间低温冻害^[1]。博州地处准噶尔盆地西南缘,春秋两季冷空气活动频繁,气温变化极不稳定,秋霜冻有时过早来临,春霜冻有时则结束较晚^[2-3]。春霜冻往往使早播的喜温作物如棉花、玉米等造成严重冻害损失,而秋霜冻虽然目前来说较之于春霜冻危害相对较小,但在作物的生长期出现,很容易造成作物产量的减少和品质的下降。

在全球气候变暖^[4]的大背景下,全国、新疆概莫能外,过去的几十年里气温呈现升高趋势^[5-8]。近年来,对博州地区气温的变化研究^[9-10]也证明了类似的事实。目前,对博州霜冻状况进行全面、详细的研究尚不多见。因此,研究气候变暖的情况下博州地区的霜冻特征及其变化,有助于提高霜冻的预测能力,对充分利用热量资源,减轻和避免霜冻灾害,有针对性地调整作物结构等方面具有很强的现实意义。

1 资料和方法

资料来源于新疆博州4个国家基本气象站1961—2009年49 a日最低气温资料,并以日最低气温 $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 作为霜冻标准。由于温泉站和阿拉山口站都曾有过一次地形差异较为明显的迁站,因此首先对这2个站迁站前后的霜冻资料用*t*检验方法进行均值考察,并确认迁站前后霜冻资料无显著差异。其次采用线性回归系数与趋势系数定量描述霜冻初、终日及无霜冻期的长短,并对趋势系数进行0.05以上的显著性检验。回归系数和趋势系数为正时表示增加,为负时表示减少。对霜冻初、终日及无霜冻期序列的突变分析采取累积距平^[11]与独立样本*t*检验^[12]相结合的方法,先根据累积距平找出1961—2009年内霜冻各要素可能的突变点,然后用独立样本*t*检验方法分别对这些可能的突变点进行检验,以尽可能地避免人为因素带来的随意性和复杂性。

博州地形复杂,南、北、西三面环山,境内高山、丘陵、平原等自西向东呈阶梯状由高到低分布,中部基本是河谷谷地,东部是相对开阔的冲积扇平原,且自西向东呈喇叭口展开,境内各地气候也因地形的高低起伏而有所不同。为此,以温泉气象站代表谷地上游地区,以博乐气象站代表博河中下游地区,以精河气象站代表东部平原地区,阿拉山口气象站则代表艾比湖上游植被稀疏的风蚀地区(各站点具体参数见表1)。

表1 博州国家级基本气象站点基本情况表

站点	经度(E)	纬度(N)	海拔高度/m
温泉	81°01'	44°58'	1 357.8
博乐	82°04'	44°54'	531.9
精河	82°54'	44°36'	318.6
阿拉山口	82°34'	45°11'	336.1

2 研究结果分析

2.1 霜冻的空间分布特征

2.1.1 终霜冻的空间分布

博州各地终霜冻平均时间在4月上旬—下旬末(表2),与4月6日结束最早的阿拉山口相比,精河、博乐、温泉分别约晚1候、2候和5候;各地最早终霜冻为3月中旬—4月初,与3月15日结束最早的阿拉山口相比,精河、博乐、温泉分别约晚1候、2候和3候;各地最晚终霜冻为4月下旬—5月底,与4月26日结束最早的阿拉山口相比,精河很接近,博乐推迟超过3候,温泉推迟7候。因此,博州终霜冻自东向西地势由低到高,从精河—博乐—温泉,无论平均还是极端,其次序均为依次推迟。与其他地区明显不同的阿拉山口,在这两方面却又是全州的最早,这可能与其植被稀少、缺少灌溉的戈壁地貌密切相关。

表2 近49 a博州霜冻的终、初日及无霜冻期

	终霜冻时间(日/月)				初霜冻时间(日/月)				无霜冻期/d			
	平均	最早	最晚	变幅/d	平均	最早	最晚	变幅/d	平均	最长	最短	变幅
温泉	30/4	1/4	30/5	55	3/10	7/9	24/10	47	155	196	117	78
博乐	15/4	23/3	14/5	48	10/10	20/9	30/10	40	177	206	144	62
精河	11/4	19/3	27/4	39	14/10	7/9	14/11	68	185	222	135	87
阿拉山口	6/4	15/3	26/4	42	25/10	29/9	18/11	50	201	238	168	70

全州各地终霜冻最早、最晚之变幅为39~55 d。其中精河最小,阿拉山口次之,温泉最大。终霜冻变幅越小,说明终霜冻结束日在年际间的分布越稳定,正常播种的作物相对来说越容易躲避霜冻带来的危害。

各地区终霜冻的气候概率分布是:博乐、温泉提前的概率较为明显地大于推迟的概率,阿拉山口、精河提前与推迟的概率基本相当(表3)。

2.1.2 初霜冻的空间分布

博州各地初霜冻平均在10月上旬初—下旬,与出现日最早的温泉相比,博乐推迟超过1候,精河推迟2候,阿拉山口推迟超过4候;各地最早初霜冻为9月上旬—下旬末,温泉、精河同为最早,博乐次之,

表3 近49 a 博州霜冻的气候概率/%

		温泉	博乐	精河	阿拉山口
终霜冻	提早	53.1	59.2	42.9	46.9
	推迟	46.9	40.8	44.9	49.0
	正常	0.0	0.0	12.2	4.1
初霜冻	提早	53.1	46.9	55.1	46.9
	推迟	42.9	49.0	38.8	46.9
	正常	4.1	4.1	6.1	6.1
无霜冻期	缩短	49.0	40.8	53.1	49.0
	延长	44.9	59.2	42.9	46.9
	正常	6.1	0.0	4.1	4.1

阿拉山口最晚；各地最晚初霜冻在10月下旬—11月中旬末，与出现日最早的温泉相比：博乐推迟1候，精河推迟4候，阿拉山口推迟5候(表2)。因此，博州初霜冻自西向东地势由高到低，从温泉—博乐—精河，不论平均还是极端，其出现时间总体上为依次推迟，阿拉山口在此两方面却是全州的最晚。

各地区初霜冻变幅为40~68 d。其中博乐最小，精河最大。

由表3可知，精河、温泉提早的概率明显大于推迟的概率，博乐提前与推迟的概率相当，阿拉山口则相同。初霜冻的推迟对作物的品质保证和收获有利。

2.1.3 无霜冻期的空间分布

博州各地区平均无霜冻期155~201 d，最长无霜冻期196~238 d，最短无霜冻期117~168 d，均为阿拉山口最长，温泉最短。即博州无霜冻期自东向西地势由低到高，依精河—博乐—温泉，总体上无论平均还是极端依次缩短。阿拉山口在这两方面，无霜冻期均表现为最长。

各地无霜冻期变幅为62~87 d，博乐最小，精河最大。各地区无霜冻期的变幅不仅大于终霜冻，也大于初霜冻，表明无霜冻期同时受初、终霜冻不稳定的影响而变得更加不稳定。

根据表3，精河无霜冻期缩短的概率明显大于延长的概率；温泉、阿拉山口缩短的概率略大于延长的概率；博乐延长的概率则明显大于缩短的概率。

2.2 霜冻的时间分布特征

2.2.1 终霜冻的时间分布

2.2.1.1 终霜冻的年际变化

对博州各地区近49 a的终霜日进行线性回归分析发现，博乐、精河、阿拉山口地区都有约1 d/10 a的提早趋势，温泉则约有0.3 d/10 a的微弱推迟趋势，但都不显著(表4)。

表4 博州近49 a 霜冻变化的趋势系数r和

		回归系数 b			
		温泉	博乐	精河	阿拉山口
终霜冻	r	0.031 6	-0.168 5	-0.106 8	-0.088 9
	b	0.292	-1.278	-0.756	-0.623
初霜冻	r	0.393 7**	0.395 1**	0.373 0**	0.518 3***
	b	2.538	2.65	3.08	4.22
无霜冻期	r	0.200 4	0.409 4**	0.356 0*	0.440 2**
	b	2.246	3.928	3.836	4.844

注：*、**、*** 分别表示通过0.05、0.01、0.001 检验

2.2.1.2 终霜冻的年代际变化

从图1(a)可以看出，较之于平均值，各地区终霜冻提前的年代分别是：温泉为20世纪60—70年代及21世纪初，博乐、温泉为20世纪90年代至21世纪初，阿拉山口是20世纪90年代；其余年代为推迟。

整体来看，温泉20世纪80—90年代为推迟，其余年代提早；其他地区20世纪60—80年代推迟，20世纪90年代至21世纪初提早。

2.2.2 初霜冻的时间分布

2.2.2.1 初霜冻的年际变化

由表4可以看出，博州各地区初霜冻分别以2.538~4.22 d/10 a的速度显著推迟。阿拉山口通过了0.001的显著性检验，其他各地则均通过了0.01的信度检验。近49 a来，博州各地初霜冻已推迟了13~21 d。

2.2.2.2 初霜冻的年代际变化

从图1(b)知，与各地平均值相比，阿拉山口在21世纪初推迟最多，20世纪90年代次之；其余地区在20世纪90年代推迟最多，21世纪初次之。各地

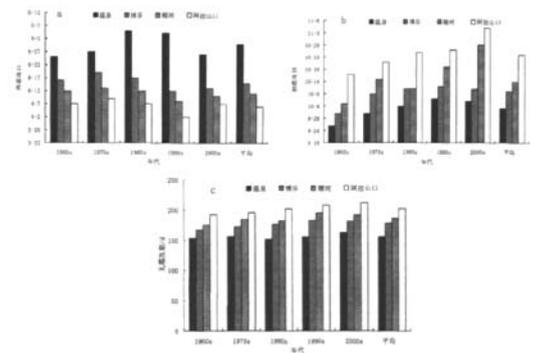


图1 近49 a 博州终霜冻(a)、初霜冻(b)、无霜冻期(c)年代际变化

区的其他年代提前。总体上,20世纪60—80年代为整体提前时段;20世纪90年代至21世纪初整体推迟时段。

2.2.3 无霜冻期的时间分布

2.2.3.1 无霜冻期的年际变化

各地区无霜冻期分别以 2.246~4.844 d/10 a 的速率延长(表 4)。除温泉外,精河通过了 0.05 的显著性检验,博乐和阿拉山口通过了 0.01 的显著性检验。近 49 a 来,博州各地无霜冻期已延长了 11~24 d。

从图 2 的累积距平曲线可以看出,各地无霜冻期累积距平曲线与初霜冻曲线趋势非常相似,但无霜冻期在 20 世纪 70 年代中期到 80 年代中期的剧烈变化却正好对应同时期终霜冻的反向剧烈变化。

2.2.3.2 无霜冻期的年代际变化

据图 1(c),博州最短无霜冻期除温泉为 20 世纪 80 年代外,其余地区均为 60 年代;21 世纪前 9 年为温泉、阿拉山口无霜冻期最长的时期,20 世纪 90 年代则为博乐、精河无霜冻期最长时期。虽然各地区各年代无霜冻期的变化不尽相同,但整体上 20 世纪 60—80 年代为缩短期,20 世纪 90 年代至 21 世纪初为延长期。

2.3 霜冻指定保证率特征

由于霜冻的年际变化很不稳定,因此为了使农业生产有可靠的把握,还必须分析它们的保证率。农业生产中,一般要求 80% 以上的保证率,为满足各种可能的需求,从 60% 的保证率开始分析(平均值的概率即为 50%,低于其下的保证率意义不大)。

保证率的计算采用常用的分组法^[3]。为尽可能避免人为因素影响,用一元四次多项式模拟保证率曲线(图略),并根据实际情况进行了适当修正,由此得到霜冻的各种保证率(表 5)。

表 5 近 49 a 博州霜冻 60% 以上的保证率

	阿拉山口			精河			博乐			温泉		
	终日	初日	无霜冻期	终日	初日	无霜冻期	终日	初日	无霜冻期	终日	初日	无霜冻期
60	9/4	22/10	197	13/4	10/10	181	16/4	4/10	176	2/5	1/10	151
70	11/4	19/10	194	18/4	6/10	177	22/4	3/10	170	6/5	27/9	144
80	13/4	13/10	184	21/4	3/10	174	24/4	1/10	162	11/5	26/9	140
90	20/4	9/10	178	24/4	2/10	171	27/4	28/9	156	18/5	20/9	134
100	26/4	29/9	168	27/4	7/9	135	14/5	20/9	144	30/5	7/9	118

由表 5 可知:霜冻保证率从 70%~90%,每提高 10% 则各地区终霜冻需推迟 2~7 d,初霜冻需提前 1~6 d,无霜冻期要缩短 3~10 d;而保证率从 90%~

100% 时,则终霜冻需推迟 3~17 d,初霜冻需提前 8~25 d,无霜冻期要缩短 10~26 d。需要说明的是,在保证率一定时,各地无霜冻期与终、初霜冻并不是严密的对应关系。

2.4 霜冻的突变分析

根据图 2,对博州各地初、终霜冻和无霜冻期分别进行了突变分析、检验。结果表明:各地终霜冻未发生突变(0.05 信度)。初霜冻经历了由提早到推迟的突变,具体是:博乐 1978 年、精河 1990 年,突变前后两地初霜冻推迟 9 d;温泉在 1984 年,推迟 7 d;阿拉山口在 1987 年,推迟 10 d。其中阿拉山口通过了 0.001 的极显著检验,其他各地通过了 0.01 的显著性检验。

同样,类似于终霜冻,各地无霜冻期都出现了由缩短到延长的突变,博乐 1986 年、精河 1989 年,突变前后两地无霜冻期延长 12 d;温泉 1996 年,无霜冻期延长 9 d,阿拉山口 1987 年,无霜冻期延长 14 d。各地除精河通过了 0.001 的极显著检验外,其余地区都通过了 0.01 的显著性检验。

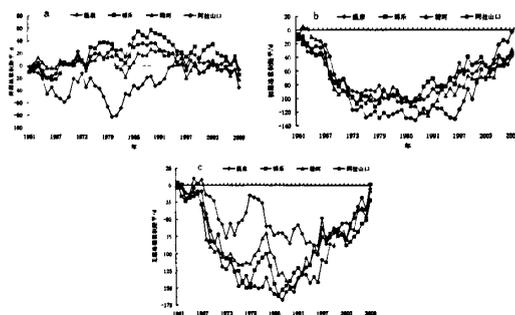


图 2 近 49 a 博州终霜冻(a)、初霜冻(b)、无霜冻期(c)累积距平

3 结论

(1)博州各地平均终霜冻在 4 月上旬一下旬末,平均初霜冻在 10 月上旬初一下旬,平均无霜冻期为 155~201 d。终霜冻、初霜冻及无霜冻期不管平均还是极端,自东向西地势由低到高从精河—博乐—温泉,均依次分别推迟、提前和缩短。处于荒漠戈壁的阿拉山口例外:终霜冻最早,初霜冻最晚,无霜冻期最长。

(2)49 a 来,博州终霜冻除温泉则为微弱推迟趋势外,其余地区均呈提前趋势,但均不明显;初霜冻各地以 2.538~4.22 d/10 a 的速度显著推迟;无霜冻期以 2.246~4.844 d/10 a 的速率延长,温泉以外的其他地区均为显著趋势。

(3)除极个别地区和极个别年代,就整体状况而言,20世纪90年代至21世纪初为终霜冻提前、初霜冻推迟、无霜冻期延长时段,而20世纪60—80年代则相反。

(4)博州近49 a除终霜冻外,初霜冻和无霜冻期均发生了气候突变。初霜冻由提前转为推迟的突变分别是博乐1978年、温泉1984年、阿拉山口1987年、精河1990年;无霜冻期由缩短到延长的突变是博乐1986年、阿拉山口1987年、精河1989年,温泉1996年虽未达到突变水平,但由缩短到延长的转折较为明显。

参考文献:

- [1] 段若溪,姜会飞.农业气象学[M].北京:气象出版社,2006:169-170.
- [2] 徐德源.新疆农业气候资源及区划[M].北京:气象出版社,1989:91-97.
- [3] 张学文,张家宝.新疆气象手册[M].北京:气象出版社,2006:191.
- [4] 政府间气候变化专门委员会(IPCC)第一工作组.气候变化2007:自然科学基础[C]//第四次评估报告.纽约:剑桥大学出版社,2007.
- [5] 丁一汇,戴晓芬.中国近百年来的温度变化[J].气象,1994,20(12):19-26.
- [6] 左洪超,吕世华,胡隐樵.中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J].高原气象,2004,23(2):238-244.
- [7] 薛燕,韩萍,冯国华.半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J].干旱区研究,2003,20(2):127-130.
- [8] 袁玉江,何清,魏文寿,等.天山山区与南、北疆近40 a来的年温度变化特征比较研究.中国沙漠,2003,23(5):521-526.
- [9] 辛渝,张广兴,张新,等.新疆博州地区近46年来的气候变化特征[J].干旱区地理,2006,29(2):193-199.
- [10] 陈胜,辛渝.博州近45年气温变化特征分析[J].新疆气象,2005,28(4):19-20.
- [11] 魏凤英.现代气候统计诊断与诊断技术[M].2版.北京:气象出版社,2007:43-60.
- [12] 符淙斌,王强.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,1992,16(4):482-493.
- [13] 胡毅,李萍,杨建功,等.应用气象学[M].2版.北京:气象出版社,2005:93-94.