

林婧婧,郭慧.1971—2012年平凉市霜冻变化特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(3):57-62.
doi:10.3969/j.issn.1002-0799.2015.03.009

1971—2012年平凉市霜冻变化特征分析

林婧婧¹,郭 慧²

(1.西北区域气候中心,甘肃 兰州 730020;2.甘肃省气象局,甘肃 兰州 730020)

摘 要:以 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 地面最低气温作为霜冻指标,利用平凉地区7个气象观测站1971—2012年的逐日地面最低气温资料,采用现代气候诊断方法,分析了初、终霜冻和无霜冻期的变化特征。结果表明:在近42 a间,平凉市初霜冻发生频率减小,终霜冻发生频率增加,初、终霜冻日数呈减少趋势;平均初霜冻日呈推迟变化趋势,终霜冻日呈提早变化趋势,无霜期呈延长变化趋势,其气候倾向率均 $>2\text{ d}/10\text{ a}$,并均通过 $\alpha=0.05$ 的显著性检验;平凉地区初霜冻日普遍推后1~5 d,终霜冻日普遍提前1~5 d,无霜期普遍延长1~9 d。平凉各地霜冻受灾程度差异较大,灵台和庄浪在受灾人口、直接经济损失和农业经济损失方面受灾较重。

关键词:初终霜冻;无霜期;变化趋势;霜冻影响

中图分类号:S452

文献标识码:B

文章编号:1002-0799(2015)03-0057-06

由于人类活动和自然原因的双重作用,使大气成分发生变化,温室气体和对流层气溶胶不断增加,造成了全球气候的普遍变化。气候变化问题已成为全球关注的热点问题,随着各种极端天气的频繁发生,许多科学家将其归因为温室效应^[1-5]。虽然气温总体呈现出上升趋势,但我国许多地区仍然受到低温冷害的侵袭。霜冻是一种低温冷害的重要农业自然现象,发生在春秋季节,与最低气温有着密切的关系^[6]。在农业气象研究中,通常以最低温度低于 0°C 作为霜冻的气候指标^[7]。霜冻更是一种发生范围广,危害作物种类多,造成经济损失大的气象灾害,全国各地都会受到霜冻的危害^[8-9]。马柱国通过分析北方1951—2000年的霜冻日数和强度的变化趋势,发现近50 a来我国北方地区霜冻日的日数有明显减少的趋势,春季霜冻日提前结束,秋季霜冻日推迟,霜冻次数的变率大小也存在明显的区域差异,华北、西

北东部和东北西南部是变率较大的地区^[10-13]。有关霜冻的研究较多^[14-23]。甘肃省陇东地区为主要农作物种植区,霜冻是当地的一种常见自然灾害,因霜冻灾害给当地造成了严重的经济损失。李丽娟通过对甘肃省综合自然灾害风险的管理研究,得出结论,若以城市为基本风险单位,运用GIS技术对自然灾害成灾面积进行分类,甘肃省平凉地区偶尔成为重灾区或中度灾区^[24]。利用近40 a逐日地面最低气温资料,对近42 a甘肃省平凉市初霜冻日数、终霜冻日数、无霜期变化特征;初、终霜冻日变化趋势、霜冻异常特征及霜冻气象灾害的影响等进行了分析。其目的为该地区霜冻防御和减灾提供科学参考。

1 资料及方法

利用平凉市7个气象观测站1971—2012年逐日地面最低气温资料,分析了霜冻的变化趋势。霜冻是指空气温度突然下降,地表温度低于 0°C ,使农作物受到损害,甚至死亡,多发生在春秋季节。由温暖季节向寒冷季节过渡期间(9—11月)第一次出现日地面最低温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的日期为初霜冻日,在此时段内出现的霜冻总日数称为初霜冻日数;由寒冷季节向温暖季节过渡期间(4—6月)最后一次出现日地面最低温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 的日期为终霜冻日,在此时段内出现的霜冻总日数称为终霜冻日数;霜冻初日和终

收稿日期:2014-07-18;修回日期:2014-09-20

基金项目:甘肃省气象局气象科研项目“西北地区气候态的变化规律及其对极端天气监测的影响”(2015-11);甘肃省科技支撑计划社会发展类项目“气候变化下甘肃陇东地区主要气象灾害区划及防御对策评估专项”(1011FKCA098);公益性行业专项“西北地区东部降水异常机理及预测方法研究”(GYHY201306027-01)共同资助。

作者简介:林婧婧(1984-),女,工程师,从事气候变化与影响评估研究。E-mail:lin_jingjing_2003@126.com

日之间的间隔日数为无霜期。利用线性倾向估计法^[25-26]分析平凉市霜冻变化趋势。

依据 1971—2012 年(4—6、9—11 月)历年霜冻日数资料,通过分析平凉市初霜冻日数(9—11 月出现的霜冻)和终霜冻日数(4—6 月出现的霜冻)的变化特征,评价该地区霜冻的变化趋势及演变规律^[27]。世界气象组织对气候异常事件提出两种判别标准,一是与多年平均值的差异超过标准差的 2 倍以上,二是它出现的几率为 25 a 以上一遇。由于霜冻是因为大气温度降低而引起农作物受冻的一种灾害,因此它同气温一样具有正态分布特征。所以,挑选特早初霜冻和特晚终霜冻的概率值都以 5% 较为合适(公式(2)),因为它反映了霜冻气候的异常小概率事件的特征。根据正态分布原理,其关系式^[28]为:

$$P(-1.65\sigma < x - \mu < 1.65\sigma) = 0.90, \quad (1)$$

$$\frac{1 - P(-1.65\sigma < x - \mu < 1.65\sigma)}{2} = 0.05, \quad (2)$$

同理,挑选偏早和偏晚霜冻的概率值为 0.11(公式(3)),即:

$$\frac{[P(1.65\sigma > x - \mu > \sigma) + (-1.65\sigma < x - \mu < \sigma)]}{2} = 0.11. \quad (3)$$

式中 P 为概率值(%), x 为初(终)霜冻日, μ 为 1971—2012 年多年平均值, σ 为标准差。

由上式可知,“异常”初、终霜冻日的标准为: $< -1.65\sigma$ 和 $> 1.65\sigma$ 之间分别定义为特早初霜冻和特晚终霜冻, $-1.65\sigma \sim -\sigma$ 和 $1.65\sigma \sim \sigma$ 之间分别定义为偏早初霜冻和偏晚终霜冻。

气象灾害资料取自甘肃省气象局、西北区域气候中心的“气象灾害资料库”,并对个别年份、个别重复记载或与实际情况不符的气象灾害资料进行甄别和剔除。相比而言,1984 年前的气象灾害虽有记载,但有些记录存在人为因素,特别是发生在边远山区的气象灾害记录,属于目击证人追述加判断记载或由成灾多日在勘验灾害现场后记录而成,故整体选用 1984 年以后至 2011 年平凉地区 7 个县站的霜冻灾情的资料,简单分析霜冻气象灾害在不同地区造成的影响。

2 霜冻的变化特征

平凉市 1971—2012 年平均初霜冻出现日期为 10 月 12 日,9 月上旬—11 月上旬之间都有出现初霜冻的可能,初霜冻最早到来日期为 9 月 2 日,最晚到来日期为 11 月 13 日,极差为 72 d。平凉市平均

终霜冻出现日期为 4 月 29 日,终霜冻日结束时间主要在 4 月上旬—6 月上旬,最早结束日期为 4 月 6 日,最晚结束日期为 6 月 11 日,极差为 66 d。平凉市平均无霜冻期为 165 d,最短无霜期为 134 d,最长无霜期为 196 d,相差 62 d。

2.1 初、终霜冻日数的年际变化趋势

1971—2012 年平凉市单站年平均初霜冻日数比全省单站年均初霜冻日数少 7.2 d,其中,静宁仅比全省少 3.3 d。平凉市初霜冻日数变化在近 42 a 中显示出减少趋势,线性趋势变化率为 $-1.4 \text{ d}/10 \text{ a}$,平均初霜冻日数随时间的变化呈显著负相关,其线性相关系数通过了 0.1 的显著性水平检验^[29](图 1a)。平凉市平均初霜冻日数在 20 世纪 70 年代至 80 年代呈减少趋势,但在 20 世纪 90 年代呈增加的变化趋势,其后在 21 世纪以来又呈现出明显减少的变化趋势,在 20 世纪 80 年代以后,初霜冻日数最多的年份为 1991 年(305 d)和 1997 年(287 d)。平凉大部分地区年平均初霜冻日数的变化呈减少趋势,年平均初霜冻日数减少趋势范围在 $1.0 \sim 2.6 \text{ d}/10 \text{ a}$,但是,泾川年平均初霜冻日数的变化却出现较弱的增加趋势,增加率 $0.3 \text{ d}/10 \text{ a}$,其原因有待进一步分析。静宁、华亭、庄浪近 42 a 初霜冻总日数较其它地区偏多,单站年平均日数也较多,单站年平均日数为

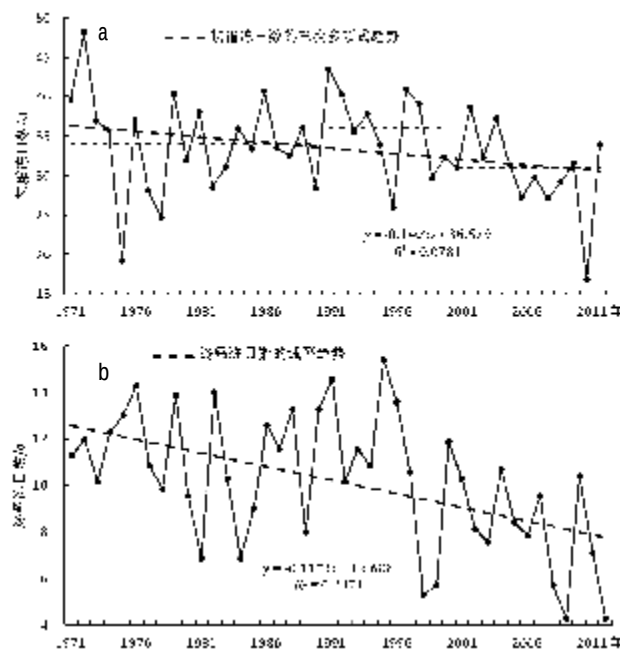


图 1 1971—2012 年平凉市平均初霜冻日数(a)、终霜冻日数(b)的历年变化

(图中黑色实线表示初、终霜冻的日数,黑色虚线表示不同年代初、终霜冻的平均日数,红色实线表示初、终霜冻日数的变化趋势)

35~38 d/a。

1971—2012 年平凉市年平均终霜冻日数比全省年平均终霜冻日数少 6.8 d,其中,静宁仅比全省少 3.4 d。平凉市年平均终霜冻日数在近 42 a 中显示出减少趋势,线性趋势变化率为 $-1.1 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。年平均终霜冻日数随时间的变化呈显著负相关,其线性相关系数通过了 0.01 的显著性水平检验(图 1b)。如图所示,从 20 世纪 70—80 年代年平均终霜冻日数呈减少的变化趋势,20 世纪 90 年代有较弱的增加趋势,21 世纪以来明显减少,其中 20 世纪 80 年代以后年平均终霜冻日数最多的年份为 1995 年(108 d)和 1991 年(102 d)。平凉大部分地区的年平均终霜冻日数变化显示出减少的趋势,年平均终霜冻日数减少趋势的范围在 $0.1 \sim 1.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。静宁、华亭、庄浪三站近 42 a 年平均终霜冻日数较其它地区偏多,单站年终霜冻平均日数在 $13 \sim 15 \text{ d/a}$ 。

2.2 初、终霜冻日和无霜期的变化特征

根据 1971—2012 年间平凉市初、终霜冻日的历年变化趋势分析,可以看出,平凉市年平均初霜冻出现日期呈现出推迟的变化趋势(2006 年出现最晚初霜冻)(图 2a),线性趋势变化率为 $2.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。年平均终霜冻日期呈现出提前的变化趋势(2009 年、1999 年出现较早终霜冻)(图 2b),线性趋势变化率为 $-2.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。两者的线性相关系数都过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验。

平凉市平均无霜期的历年变化在近 42 a 中显示出增加趋势,线性趋势变化率为 $5.1 \text{ d}/10 \text{ a}$,平均无霜期随时间的变化呈显著正相关,其线性相关系数通过了 0.01 的显著性水平检验(图 2c),从 20 世纪 70—90 年代平凉地区无霜期出现延长趋势,21 世纪以来延长趋势更为明显。在近 42 a 间,无霜期的最长年份出现在 2009 年(196 d),其次是出现在 1999 年(186 d),最短的无霜期出现在 1972 年(134 d),其次是出现在 1991 年(136 d)。

从平凉市初霜冻日和终霜冻日的年代际变化来看,表 1 给出平凉市各年代霜冻发生情况与多年平均值的差值。与多年平均情况相比,平均初霜冻日在 20 世纪 70 年代和 90 年代均早出现 2~3 d,20 世纪 80 年代接近多年平均,在 21 世纪以来初霜冻日延迟了近 4 d。平凉市平均终霜冻日在 20 世纪 70—80 年代晚出现 1~4 d,20 世纪 90 年代接近多年平均,在 21 世纪以来终霜冻提前了近 4 d。

从空间分布来看,平凉市各地初、终霜冻日的变化也不相同。静宁和庄浪在近 42 a 初霜冻日持续偏

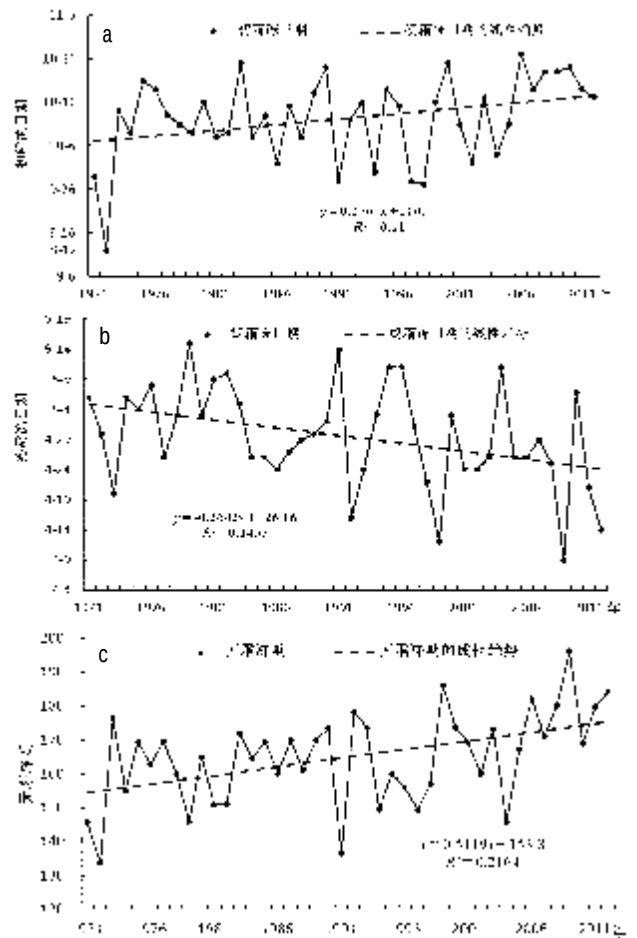


图 2 1971—2012 年平凉市平均初霜冻日(a)、终霜冻日(b)及无霜期(c)的历年变化曲线(直线为线性拟合)

(图中黑色实线表示初、终霜冻日或无霜期,黑色虚线表示不同年代平均初、终霜冻日或无霜期,红色实线表示初、终霜冻日或无霜期的变化趋势)

表 1 平凉地区各年代初、终霜冻日和无霜期与多年平均的差值 d

项目	20 世纪 70 年代	20 世纪 80 年代	20 世纪 90 年代	2001—2012 年
初霜冻日	-3.0	0.7	-2.7	4.1
终霜冻日	3.6	1.3	0.2	-4.3
无霜期	-6.5	-0.6	-2.9	8.3

注:“-”表示初(终)霜冻日提前,无霜期缩短,正数代表初(终)霜冻日推后,无霜期延长。

早 1~9 d,终霜冻日持续偏晚 3~11 d,无霜期为缩短趋势,而且此变化趋势随年代的递进而逐渐减弱。崇信和泾川的初霜冻日持续偏晚 1~10 d,终霜冻日则持续偏早 2~9 d。平凉地区各年代无霜期与各年代均值的差值呈现出不同的变化,无霜期的变化主要

表现为华亭呈缩短趋势,且逐代呈增强趋势,崇信和泾川为延长趋势,此趋势逐年代减弱。

2.3 各地霜冻的异常特征

平凉市各地初霜冻日、终霜冻日和无霜期的变化趋势如表2。在表2中,“-”表示初霜冻日、终霜冻日提前或无霜期缩短,正数代表初霜冻日、终霜冻日推后或无霜期延长。通过表2可以看出,平凉市各地初霜冻日变化趋势表现为普遍推后1~5 d,静宁、庄浪、崆峒和灵台通过了0.05的显著性检验;终霜冻日则呈现出提前1~5 d的趋势,静宁、崆峒和崇信通过了0.05的显著性检验,灵台通过了0.001的显著性检验;各地区无霜期延长1~9 d,静宁通过了0.05的显著性检验,崆峒和灵台通过了0.01的显著性检验,崇信和泾川通过了0.001的显著性检验。其中,静宁、庄浪和灵台的初霜冻日推后时间较长,终霜冻日提前3~5 d,无霜期延长6~8 d。

表2 平凉各地区初(终)霜冻日、无霜期的

变化趋势 d/10 a

地方项目	初霜冻日	终霜冻日	无霜冻期
静宁	3.2 [*]	-3.3 [*]	6.5 [*]
庄浪	4.4 [*]	-2.7	7.1
华亭	2.1	-0.2	2.3
崆峒	3.4 [*]	-3.6 [*]	7.0 ^{**}
崇信	1.0	-2.6 [*]	3.6 ^{***}
泾川	-0.1	-1.2	1.2 ^{***}
灵台	3.3 [*]	-4.9 ^{***}	8.2 ^{**}

注:*表示通过0.05的显著性检验,**表示通过0.01的显著性检验,***表示通过0.001的显著性检验。

表3列出了1971—2012年平凉地区异常初霜冻和异常终霜冻的发生情况。在这42 a中,平凉地区特早初霜冻发生年份最少,其发生频率仅为2.4%,偏早初霜冻发生的年份共计4 a,发生频率在9%以上,并且在90年代就有3 a出现偏早初霜冻,其最晚的发生时间在1998年10月20日;偏晚、特晚终霜冻发生频率一样,均为7.1%,偏晚终霜冻出现在20世纪70、80年代,而特晚终霜冻则出现得较

表3 平凉异常霜冻初(终)日发生年份及42 a出现频率

	初霜冻日		终霜冻日	
	偏早	特早	偏晚	特晚
年份	1971、1991、1997、1998	1972	1976、1979、1983	1980、1997、2007
频率/%	9.5	2.4	7.1	7.1

为均匀,其中,最晚终霜冻发生的时间为2007年6月11日。

3 霜冻日期变化对平凉地区的影响

平凉地区霜冻受灾人口占该地区气象灾害总受灾人口的11.5%,其中,2005年因霜冻受灾412 900人,为近28 a最多,其次是2004年和2008年,受灾人口分别为24.2万人、20.72万人。通过灾情统计分析,得出平凉地区近28 a霜冻灾害造成的受灾人口主要集中在静宁、崇信、灵台、庄浪四地,各地受灾人口总数占到了当地气象灾害受灾总人数1~5成。就近42 a各地区霜冻灾害受灾人口的比重而言,主要是在灵台、崇信和静宁的比重较大,因霜冻灾害造成的受灾人口总数均占当地乡镇总人口数的8成以上。

近28 a平凉地区受霜冻影响造成较大直接经济损失的年份主要是2005年、2008年和2010年,受霜冻灾害影响较大的主要是灵台和庄浪,两地霜冻造成的直接经济总损失分别达到了当地气象灾害造成的直接经济总损失中的2~3成,可见霜冻是灵台和庄浪两地主要的气象灾害,对当地的经济造成了较大影响。

近28 a来平凉地区受霜冻影响造成较大农业经济损失的年份由重到轻分别是2010年、2008年和2005年,其中2008年霜冻灾害给庄浪、崆峒和灵台都造成了上百万元的农业经济损失,庄浪的农业经济损失接近5千万元,这项损失均占到当地气象灾害总损失的7成以上,对当地的农业造成了较大影响。

4 结论

(1)1971—2012年平凉市平均初霜冻出现日期为10月12日,平均终霜冻出现日期为4月29日,平均初霜冻日数为33.5 d,平均终霜冻日数为10.2 d,平均无霜冻期为165 d。

(2)在近42 a中,初、终霜冻日数均呈减少趋势,无霜冻期呈增加趋势。整体来看,平凉市霜冻的出现日数在不断减小,其中初霜冻日数和终霜冻日数减少趋势分别为1.0~2.6 d/10 a、0.1~1.7 d/10 a。西部的静宁、庄浪、华亭和崆峒在不同年代初(晚)霜冻发生频率普遍较大,东部的崇信、泾川和灵台的初(晚)霜冻发生频率相对较小。

(3)平凉市各地初霜冻日普遍推迟1~5 d,终霜冻日普遍提早1~5 d,无霜期普遍延长1~9 d,尤其

是在 2000—2012 年,初霜冻日平均延迟 5 d,终霜冻日提早 4 d,无霜期延长 9 d。初霜冻日在年代际间的变化较为复杂,终霜冻日则表现为 20 世纪 70—90 年代结束晚或接近常年,2000—2012 年结束早,无霜期表现为 20 世纪 70—90 年代缩短,2000—2012 年延长的变化特点。从空间分布来看,近 42 a 各地初霜冻日变化不同,静宁和庄浪在初霜冻日持续偏早 1~9 d,而崇信和泾川则持续偏晚 1~10 d;静宁、庄浪和华亭的终霜冻日持续偏晚 3~11 d,而崇信、泾川则持续偏早 2~9 d;各地无霜期在不同年代变化不同,尤其是华亭、崇信和泾川,无霜期年代际变化的延长程度明显弱于其它地区。

(4) 近 42 a 平凉地区特早初霜冻发生年份最少,发生频率为 2.4%,偏早初霜冻发生年份为 4 a,发生频率在 9% 以上;偏晚终霜冻、特晚终霜冻发生频率均为 7.1%。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Houghton J T, et al. eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 1-881.
- [2] 白爱娟, 翟盘茂. 中国近百年气候变化的自然原因讨论[J]. 气象科学, 2007, 27(5): 585-590.
- [3] 姜大膀, 王会军, 郎咸梅. 全球变暖背景下东亚气候变化的最新情景预测[J]. 地球物理学报, 2004, 47(4): 590-596.
- [4] 康兴成. 青藏高原地区近 40 年来气候变化的特征[J]. 冰川冻土, 1996, 18(增刊): 281-288.
- [5] 王遵娅, 丁一汇, 何金海, 等. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228-236.
- [6] 冯玉祥, 何维勋. 霜冻的研究[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [7] 张养才, 何维勋, 李世奎. 中国农业气象灾害概论[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 149-352.
- [8] 邓振镛, 张强, 王润元. 西北地区特色作物对气候变化响应及应对技术的研究进展[J]. 冰川冻土, 2012, 34(4): 855-862.
- [9] 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[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(2): 129-136.
- [10] 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[J]. 广东气象, 2000(4): 7-9.
- [11] 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[J]. 广西科学, 2003, 10(1): 72-74, 80.
- [12] 马柱国. 中国北方地区霜冻日的变化与区域增暖相互关系[J]. 地理学报, 2003, 58(S1): 31-37.
- [13] 申红艳, 马明亮, 王冀, 等. 青海省极端气温事件的气候变化特征研究[J]. 冰川冻土, 2012, 34(6): 1371-1379.
- [14] 杜亮亮, 陈晓燕, 杨德保, 等. 近 40 年甘肃河东地区大范围霜冻变化特征[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2286-2288, 2297.
- [15] 唐晶, 张文煜, 赵光平, 等. 宁夏近 44 a 霜冻的气候变化特征[J]. 干旱气象, 2007, 25(3): 39-43.
- [16] 陈少勇, 孙秉强. 白银市霜冻的气候变化及对农业生产的影响[J]. 甘肃科学学报, 2006, 18(4): 46-49.
- [17] 陶云, 段旭, 任菊章, 等. 云南极端霜冻气候事件的气候特征及环流背景分析[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 43-48.
- [18] 陈少勇, 郑延祥, 楼望萍, 等. 中国西北地区初霜冻的气候变化特征[J]. 资源科学, 2013, 35(1): 165-172.
- [19] 梁进秋, 贾利芳, 何正梅, 等. 大同市近 50 年霜冻及其异常事件变化特征分析[J]. 中国农业气象, 2010, 31(S1): 124-128.
- [20] 叶殿秀, 张勇. 1961—2007 年我国霜冻变化特征[J]. 应用气象学报, 2008, 19(6): 661-665.
- [21] 杜军, 宁斌. 雅鲁藏布江中游近 40 年异常初终霜冻分析[J]. 气象, 2006, 32(9): 84-89.
- [22] 罗生洲, 汪青春, 戴升. 青海省气象灾害的若干气候特征分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(6): 1380-1387.
- [23] 辛渝, 张广兴, 刘兴旺. 1961—2005 年新疆博州地区农业热量因子的时空变化[J]. 冰川冻土, 2008, 30(3): 440-451.
- [24] 李丽娟, 张勃. 甘肃省综合自然灾害风险管理研究[J]. 冰川冻土, 2011, 33(6): 1414-1418.
- [25] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 第 2 版, 北京: 气象出版社, 2007: 55-56.
- [26] 郑玉萍, 宫恒瑞, 曹兴, 等. 乌鲁木齐农区 1961—2013 年霜冻变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2015, 9(1): 52-57.
- [27] 王海岩. 青河 1961—2008 年霜冻的气候特征和变化规律分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2009, 3(5): 33-35.
- [28] 陈乾金, 张永山. 华北异常初终霜冻气候特征的研究[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(2): 33-39.
- [29] 唐晶, 张文煜, 赵光平, 等. 宁夏近 44 年霜冻的气候特征和变化规律分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2008, 2(2): 15-18.
- [30] 王荣梅, 张晓琴, 刘姣, 等. 新疆喀什地区近 50 a 来霜冻变化特征及对农业的影响[J]. 干旱气象, 2013, 31(2): 309-312.
- [31] 李军玲, 张弘, 曹淑超. 基于 GIS 的河南省冬小麦晚霜冻风险评估与区划[J]. 干旱气象, 2015, 33(1): 45-51.
- [32] 黄玖君, 师国强, 邓小霞. 且末绿洲 1961—2010 年霜冻的变化特征及其对主要农作物的影响[J]. 沙漠与绿洲气象, 2013, 7(2): 47-50.

Characteristics of Frost in the Pingliang City During 1971-2012

LIN Jingjing¹, GUO Hui²

(1.Northwest Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China;

2.Meteorological Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract Authors defined the frost processes with zero degrees centigrade or lower temperature, based on the method of modern climate diagnosis and daily ground minimum temperature data from 1971 to 2012 in Pingliang, analyzed the climatic features of the first/last frost dates and frost-free period changes. Results show that the first frost days showed a trend of decrease, while frost-free period was lengthening during the past 42 years. The frequency of the first frost events was decreased, but the frequency of the last frost events was increased. It's found that the first frost dates postponed, while the last frost dates occur earlier, leading to the significant lengthening of frost-free period in Pingliang. The climate tendency rate of the first frost date, the last frost date and frost-free period were all more than 2 d/10 a, and have passed the test of significance of $\alpha=0.005$. It can be seen from the linear change trend that the first frost date has 1 to 5 days delay, the last frost date was 1 to 5 days ahead of time and the frost-free days prolonged 1 to 9 days. The frost disaster degree was different in Pingliang. There were heavier direct economic losses and more populations affected at Lingtai and Zhuanglang.

Key words first and late frost; frost-free period; change trend; frost influence