

近 50 年辽宁无霜期积温时空演变特征

明惠青,唐亚平,孙 婧,关键华

(辽宁省气象科技服务中心, 辽宁 沈阳 110016)

摘 要: 利用 GIS 技术对辽宁近 50 a 不同时间尺度无霜期积温的时空演变特征进行了分析,结果表明:辽宁无霜期积温区域平均值年际变异很大,最大值超过 600℃·d,近 50 a 极显著增多,增幅为 85℃·d/10a,主要增多时段在 90 年代以后;其中增幅最大区域分布在辽西南部和中部平原南部,超过 90℃·d/10a,趋势极显著,东部山区西部和辽西西北部增幅最小,在 60℃·d/10a 以下,增多趋势不显著。气候平均值由南向北呈递减分布,B 时段(1971~2000 年)与 A 时段(1961~1990 年)相比,东部山区中西部和辽西西部略有减少,东部山区北部、辽西大部、中部平原大部以及大连部分地区增多最多,在 60℃·d 以上。从年代际变化来看,2 600℃·d 以上的积温高值范围由环渤海地区向东北不断扩展,2000 年后达到最大,覆盖了辽西大部、中部、辽北大部和辽南大部地区。

关键词: 辽宁;无霜期积温;时空演变;GIS 技术
中图分类号: S161.2⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)02-0276-05

无霜期是一个地区最为重要的热量指标之一,指一年中终霜后至初霜前的一整段时间^[1],在这一期间内,没有霜的出现。农作物的生长期与无霜期有密切关系,无霜期愈长,生长期也愈长。IPCC 第 4 次评估报告显示,近百年的全球地表平均气温呈显著上升趋势,平均升高 0.74℃^[2],包括我国东北地区在内的北半球中高纬度升温更为剧烈^[3,4],东北地区位于东亚季风的最北端,属于温带大陆性季风气候,是典型的“气候脆弱区”和气候变暖影响最为敏感地区之一,也是我国最大的商品粮产区和重要的重工业和能源基地^[5]。辽宁省位于我国东北地区南部,东亚大陆东岸,属于中高纬度地区,南濒黄海与渤海,属温带半湿润和半干旱的季风气候区^[1]。随着气候变暖的不断加剧,辽宁省无霜期的持续时间、初终日都可能发生变化,这对合理规划与开发利用当地的气候和土地资源、促进农业可持续发展具有重要影响。因此,给出无霜期的时空变化特征十分必要。目前,国内学者对热量资源已开展了大量研究,如贺芳芳^[6]、桑建人^[7]、孙兰东^[8]、马树庆^[9]等分别对上海、宁夏、西北以及东北地区的热量资源气候特征进行了研究。上诉研究都是直接利用气象站点资料对热量资源进行分析,随着现代气候学及 GIS 技术的发展和广泛应用,以往以站点数据代替某区域的做法已经不能满足学科发展的需要,而空间网格化气象动态数据越来越受到人们的重视,气

象数据高分辨率空间化、可视化及时空变异特征分析成为可能^[10~12]。于宏敏^[13]、任传友^[14]、纪瑞鹏^[15]、尹洪涛^[16]等在 GIS 平台下分别采用三元二次趋势面和统计与数值模式相结合方法对热量资源进行了空间拓展,生成分辨率较高的空间网格数据,对热量资源局地分布特征给出较好的结果。阎洪^[17]利用 ANUSPLIN 软件对中国气候空间进行模拟,认为该方法具有良好的适用性。祝青林^[18]利用 ANUSPLIN 软件对近 30 a 黄河流域降水进行空间插值,并分析了流域内降水变化趋势。蔡福利用该方法对东北地区年、四季降水的时空演变特征进行了分析^[19~21],认为该方法对降水要素的空间插值精度较高。

高精度的空间插值方法可以较准确地实现气象要素的空间拓展,GIS 平台能够实现气象要素空间变异性分析,两者结合既提高了研究精度又令结果直观易懂。本文引入澳大利亚 ANUSPLIN 空间插值软件结合 GIS 空间分析技术对辽宁地区不同时期无霜期相关要素的时空变异特征进行分析,旨在为辽宁地区热量资源利用及农业气候区划提供科学依据,为不同时期气象要素气候值的应用提供参考。

1 资料来源及方法

1.1 资料来源

本研究所用数据为辽宁省 1961~2007 年 52 个

收稿日期:2010-08-20
基金项目:科技部公益行业专项(GYHY200906027)
作者简介:明惠青(1979—),女,山西晋城人,硕士,从事专业气象服务方面的研究。E-mail:caifu-80@163.com。

气象观测站气温整编资料中无霜期初日、终日和日平均温度数据,算出各站无霜期积温,然后对其求区域平均,生成相应时间序列数据。辽宁 1 km×1 km 的 DEM 数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所,对该数据进行重采样处理,生成 0.01°×0.01° 栅格数据,用于对无霜期积温进行空间拓展。

1.2 研究方法

采用 Anusplin4.2 插值软件对无霜期积温进行空间插值,生成空间化数据,具体方法见文献[19],采用气候倾向率和气候趋势系数^[20,21]和空间分析方法分析无霜期积温区域平均值的时间变化特征以及不同时间尺度的空间变化特征。

2 结果分析

2.1 近 50 年辽宁无霜期积温区域平均值的年际变化

采用气候倾向率对无霜期积温区域平均值进行分析,图 1 给出年际变化曲线,可以看出最低值和最高值分别出现在 1969 年和 1998 年,两者相差在 600℃·d 以上,说明辽宁无霜期积温年际间变异性很大。1998 年以前明显增多,1999 年后开始减少,在整个时段呈极显著(显著水平为 0.01,下同)增多趋势,增幅为 85℃·d/10a。

2.2 辽宁近 50 年无霜期积温气候趋势空间分布特征

对无霜期积温空间化逐年数据进行气象倾向率和显著性检验运算,得到二者空间分布图,见图 2。从图 2 可以看出,近 50 年无霜期积温在辽宁地区是以增多趋势为主,其中增幅较大的地区分布在辽西南部 and 东部、中部平原以及大连南部地区,大于 80℃·d/10a,且极显著;增幅最小的区域分布在东部山区大部 and 辽西西部,增幅在 60℃·d/10a 以下,且东部山区西部和辽西西北部增多趋势不显著。增幅最大区域分布在辽西南部和中部平原南部,增幅超过 90℃·d/10a。

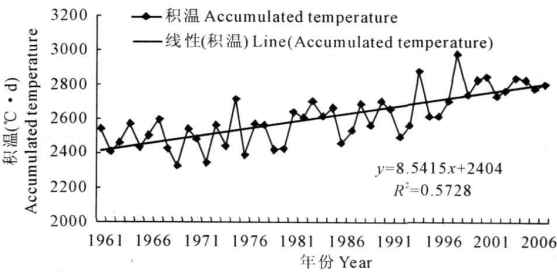


图 1 辽宁省近 50 年无霜期积温区域平均值年际变化
Fig.1 Interannual changes of frostless period accumulated temperature in Liaoning in recent 50 years

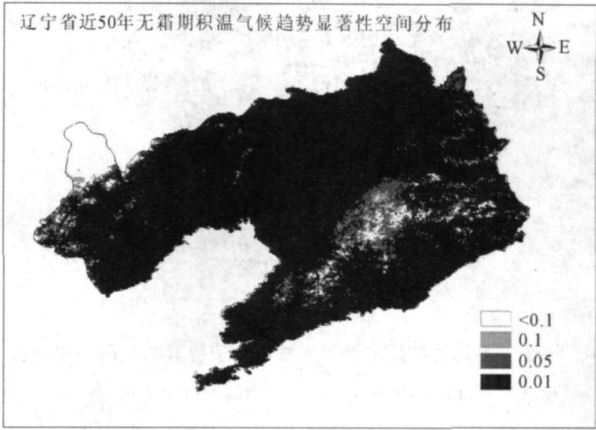
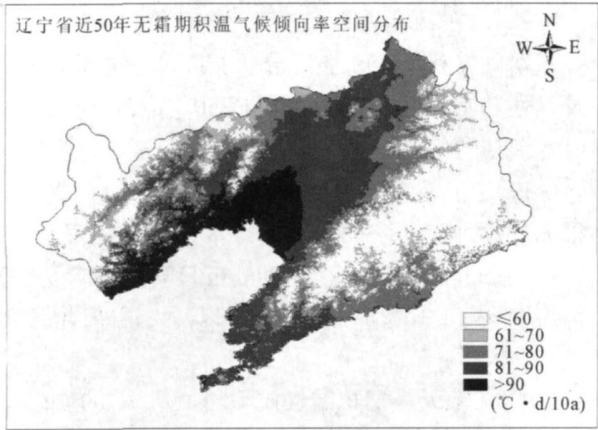


图 2 辽宁省无霜期积温气象倾向率及其显著性水平空间分布

Fig.2 Spital distribution of meteorological trend rate and significance level of frostless period accumulated temperature in Liaoning

2.3 不同时期辽宁省无霜期积温气候平均值的空间变异特征

对无霜期积温在 1961~1990 年(A 时段)和 1971~2000 年(B 时段)两个气候平均值的差异进行比较,采用 Anusplin4.2 插值软件对两时段数据进行空间拓展,在 ARCGIS9.2 平台上生成空间分布图。见图 3,无霜期积温在辽宁省从 2 700℃·d 以上到

1 800℃·d 以下由南向北递减分布。在 A 时段各级别积温不同程度向东北、西北、北三个方向扩展,2 700℃·d 以上区域主要分布在渤海湾、大连南部及中部平原南部地区,2 100℃·d 以下地区主要分布在东部山区和辽西西北部,而 1 800℃·d 以下的积温最小值主要分布在东北部山区,其余大部地区积温为 2 100~2 700℃·d。B 时段不同级别积温区域都

向北扩展,其中 2700℃·d 以上地区范围扩大到中部平原大部地区,2 100℃·d 积温范围向东北部山区收缩,1 800℃·d 以下区域明显减小。图 4 给出了辽宁不同时期无霜期积温气候均值差异的空间分布,B

时段与 A 时段相比,积温值在整个区域除东部山区中西部和辽西西部的部分地区略有减少外,其它广大地区不同程度增多,其中东部山区北部、辽西大部、中部平原大部以及大连部分地区增多 60℃·d 以上。

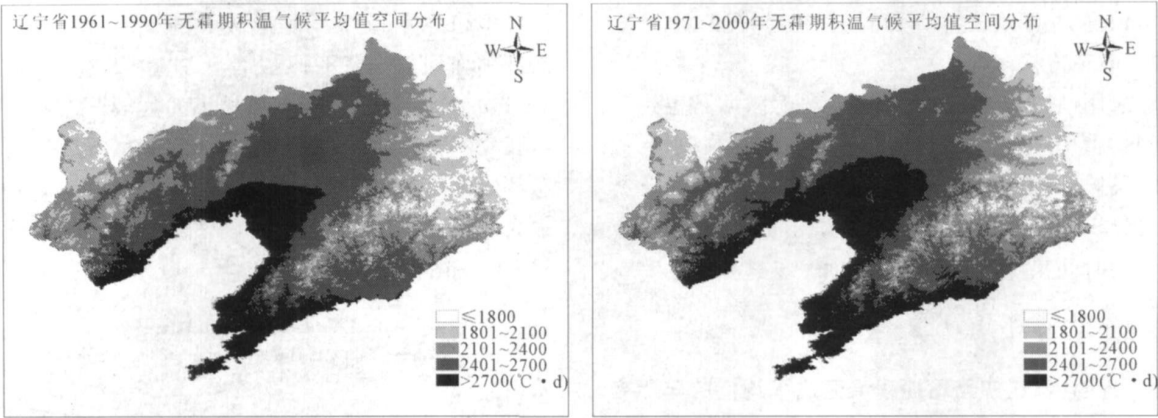


图 3 辽宁省不同时期无霜期积温气候均值空间分布特征

Fig.3 Characteristics of spital distribution of mean meteorological value of frostless period accumulated temperature in Liaoning in different period of time

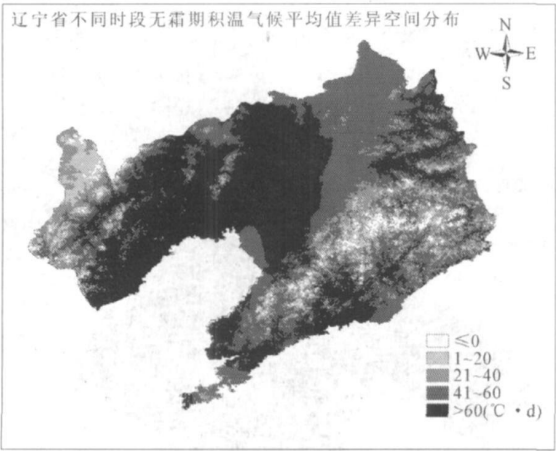


图 4 辽宁省不同时期无霜期积温气候均值差异的空间分布特征

Fig.4 Characteristics of spital distribution of differences of mean meteorological value of frostless period accumulated temperature in Liaoning in different period of time

2.4 近 50 年辽宁无霜期积温年代际空间分布特征

图 5 给出辽宁无霜期积温年代际时空演变特征,在 60 年代 2 600℃·d 以上的高值分布在环渤海、中部平原和大连大部,2 000℃·d 以下地区分布在东北部山区和辽西西北部,1 700 以下最低值在东北部山区局部;70 年代各级别积温分布格局与 60 年代相差不大;到 80 年代,2 600℃·d 以上高值范围明显向东北部扩展,覆盖整个中部平原;90 年代高值区再次向北扩大,到达辽北地区南部;2000 年后,

2 600℃·d 以上高值区域达到最大,覆盖了辽西大部、中部、辽北大部和辽南大部地区。2 000℃·d 以下地区范围年代际变化不大。总体上看,大部分地区无霜期积温呈增多趋势。

3 结 论

本研究利用 GIS 空间分析技术、气候倾向率以及气候趋势系数方法对辽宁近 50 年无霜期积温的时空演变特征进行了分析,研究表明:

1) 辽宁无霜期积温区域平均值年际间变异性很大,最大值超过 600℃·d。1998 年以前明显增多,1999 年后开始减少,近 50 年呈极显著增多趋势,增幅为 85℃·d/10a,其中 1990 年以后是主要增多时段。

2) 辽宁无霜期积温气候平均值从 2 700℃·d 以上到 1 800℃·d 以下由南向北递减分布。B 时段与 A 时段相比,除东部山区中西部和辽西西部的部分地区积温略有减少外,其它广大地区不同程度增多,其中东部山区北部、辽西大部、中部平原大部以及大连部分地区增多 60℃·d 以上。

3) 从年代际变化来看,2 600℃·d 以上的积温高值范围由环渤海地区明显向东北部扩展,到 2000 年后,高值范围达到最大,覆盖了辽西大部、中部、辽北大部和辽南大部地区。2 000℃·d 以下的小值地区范围年代际变化不大。总体上看,无霜期积温大部分地区呈增多趋势。

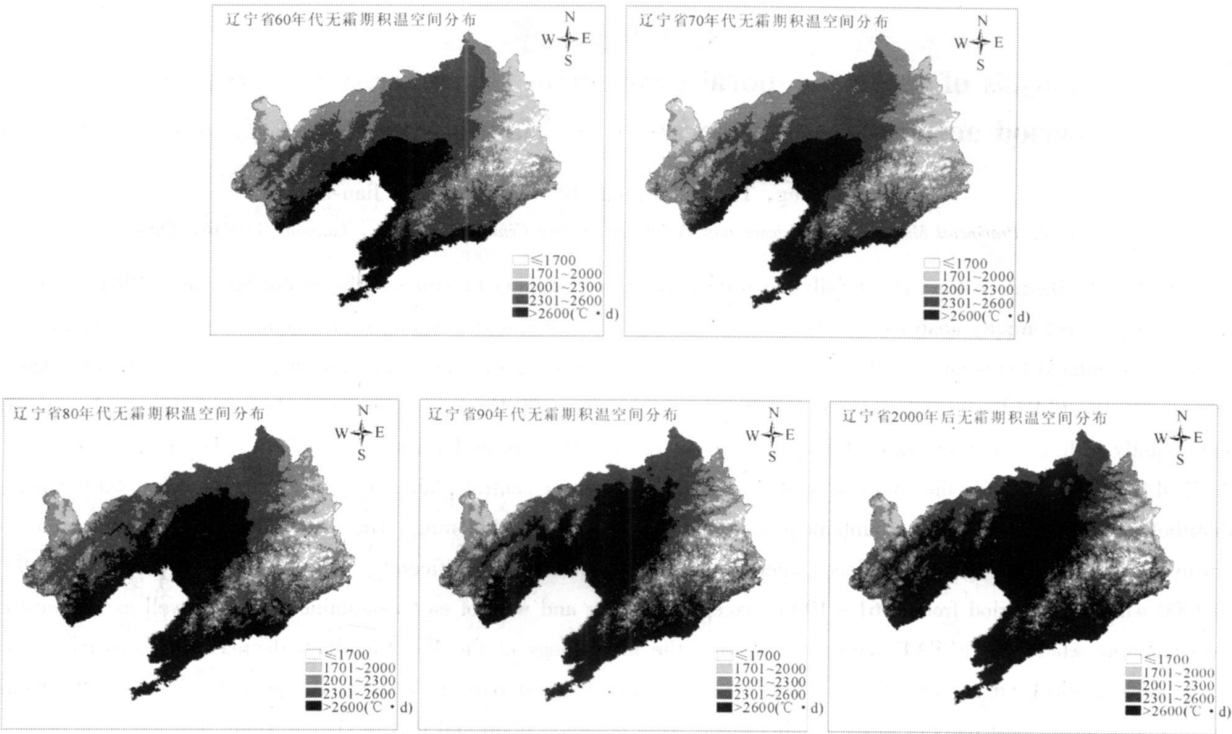


图 5 辽宁省无霜期积温年代际变化特征

Fig. 5 Characteristics of inter-decade changes of frostless period accumulated temperature in Liaoning

4) 就气候趋势空间分布而言,近 50 a 无霜期积温在辽宁地区是以增多趋势为主,增幅最大区域分布在辽西南部和中部平原南部,增幅超过 $90^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}/10\text{a}$,趋势极显著;增幅最小的区域分布在东部山区大部 and 辽西西部,增幅在 $60^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}/10\text{a}$ 以下,且东部山区西部和辽西西北部增多趋势不显著。

参考文献:

[1] 张玉书,班显秀,纪瑞鹏,等. 辽宁省气候资源分析[J]. 气象科技,2004,32(1):39-43.

[2] IPCC. Summary for Policymakers of Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

[3] 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.

[4] 蔡福,张淑杰,于贵瑞,等. 基于空间化技术对中国近 50 年平均气温时空演变特征的研究[J]. 高原气象,2006,25(6):1168-1175.

[5] 姜晓艳,刘树华,马明敏,等. 东北地区近百年降水时间序列变化规律的小波分析[J]. 地理研究,2009,28(2):354-362.

[6] 贺芳芳,顾旭东,徐家良. 20 世纪 90 年代以来上海地区热量资源变化研究[J]. 自然资源学报,2005,20(6):806-813.

[7] 桑建人,刘玉兰,韩世涛,等. 宁夏热量资源气候变化的 EOF 特征[J]. 气象科技,2007,35(2):187-190.

[8] 孙兰东,刘德祥. 西北地区热量资源对气候变化的响应特征[J]. 干旱气象,2008,26(1):8-12.

[9] 马树庆,安刚,王琪,等. 东北玉米带热量资源的变化规律研究[J]. 资源科学,2000,22(5):41-45.

[10] 李正泉,于贵瑞,刘新安,等. 东北地区降水与湿度气候资料的栅格化技术[J]. 资源科学,2002,25(1):72-77.

[11] 刘新安,于贵瑞,范辽生,等. 中国陆地生态信息空间化技术研究(温度、降水要素)[J]. 自然资源学报,2004,19(6):818-825.

[12] 于贵瑞,何洪林,刘新安. 中国陆地生态信息空间化技术研究(I). 气象/气候信息的空间化技术途径[J]. 自然资源学报,2004,19(4):537-544.

[13] 于宏敏,王波,国世友,等. 基于 GIS 技术的三江平原热量资源评价[J]. 气象,2007,33(12):88-92.

[14] 任传友,于贵瑞,刘新安,等. 东北地区热量资源栅格化信息系统的建立与应用[J]. 资源科学,2003,25(1):66-71.

[15] 纪瑞鹏,陈鹏狮,班显秀. GIS 在锦州地区气候资源分析中的应用[J]. 气象科学,2003,23(4):472-477.

[16] 尹洪涛,刘新安,刘寿东,等. 辽西地区热量资源分析与栅格化[J]. 资源科学,2006,28(1):169-173.

[17] 阎洪. 薄板光顺样条插值与中国气候空间模拟[J]. 地理科学,2004,24(2):163-169.

[18] 祝青林,张留柱,于贵瑞,等. 近 30 年黄河流域降水量的时空演变特征[J]. 自然资源学报,2005,20(5):60-66.

[19] 蔡福,于慧波,矫玲玲,等. 降水要素空间插值精度的比[J]. 资源科学,2006,28(6):73-79.

[20] 蔡福,张玉书,纪瑞鹏,等. 基于 GIS 技术对东北地区年降水时空演变特征的研究[J]. 地球科学进展,2007,22(增刊):19-26.

[21] 蔡福,明惠青,陈鹏狮,等. 1961 年~2004 年东北地区四季降水的时空演变特征[J]. 资源科学,2008,30(10):1456-1462.

Analysis of spatio-temporal evolvement characteristics of frostless period accumulated temperature in Liaoning in recent 50 years

MING Hui-qing, TANG Ya-ping, SUN Jing, GUAN Jian-hua

(Liaoning Provincial Meteorological Science and Technology Service Center, Shenyang, Liaoning 110016, China)

Abstract: Based on the data of daily mean temperature of Liaoning Province in the recent 50 years (1961~2007), and using GIS technique, analysis is made of different time scale of spatio-temporal evolvement characteristics of frostless period accumulated temperature (FLPAT) in Liaoning in recent 50 years. The results demonstrate that in terms of regional average, the FLPAT whose the largest variability is larger than 600°C •d varies evidently between years and increases significantly with a rate of increase of 85°C •d/10a in recent 50 years and mainly after 1990s. The largest rate above 90°C •d/10a distributes in the south of west Liaoning and south of central plain. The smallest rate below 60°C •d/10a distributes in most parts of east mountainous area and the west of west Liaoning. The west of east mountainous area and northwest of west Liaoning are the places where the FLPAT increases insignificantly. Comparing the B period from 1971~2000 with the A period from 1961~1990, except for center and west of east mountainous area as well as the west of west Liaoning where the FLPAT decreases slightly, the climatology of the FLPAT which decreases progressively from south above 2 700°C •d to north below 1 800°C •d increases in most parts of Liaoning, especially in the north of east mountainous area, most parts of west Liaoning, most parts of central plain and part of Dalian where the rate of increase of the FLPAT above 60°C •d is the largest. In term of interannual change, the scope area with high value of above 2 600°C •d expands to northeast from surrounding Bohai zone and reaches the peak after 2000, covering middle Liaoning, most parts of west Liaoning and north Liaoning as well as south Liaoning.

Keywords: Liaoning; frostless period accumulated temperature (FLPAT); spatio-temporal evolvement characteristics; GIS technique

(上接第 275 页)

Annual type prediction for apple blossom frost damage based on Markov Chain in Shaanxi

LIU Ying-ning¹, WANG Jing-hong², LI Yan-li², LIANG Yi², GAO Feng², HE Wen-li²

(1. Xianyang Meteorological Bureau, Xianyang, Shaanxi 712000, China;

2. Shaanxi Meteorological Service Observatory for Economical Crops, Xi'an, Shaanxi 710014, China)

Abstract: By using extreme temperature in April from 1971~2007 in 29 apple-producing counties, annual type division index of frost damage in apple blossom stage in Shaanxi was proposed: serious frost damage ($N_{Td} \leq -2^{\circ}C \geq 10$), moderate frost damage ($N_{Td} \leq -2^{\circ}C < 10$ & $N_{Td} \leq 0^{\circ}C \geq 15$), light frost damage ($N_{Td} \leq -2^{\circ}C < 10$ & $N_{Td} \leq 0^{\circ}C < 15$ & $N_{Td} \leq 2^{\circ}C \geq 19$), and normal frost damage ($N_{Td} \leq -2^{\circ}C < 10$ & $N_{Td} \leq 0^{\circ}C < 15$ & $N_{Td} \leq 2^{\circ}C < 19$). We calculated transition probability matrix under various conditions by using Markov Chain transition probability calculations based on the state classification year by year, and then the Markov Chain Model for Prediction of frost damage in apple blossom stage in Shaanxi was established. We conducted the case study and return test of annual type prediction, and the results showed better effect, with accuracy rate of 83%, and what should be paid attention to in the use of the model was suggested. The model has better results of prediction, and it can gain time for the disaster prevention and mitigation and provide basis for it.

Keywords: apple; frost damage; annual type; prediction; Markov Chain