

2000-2020 年陕西榆林和汉中农业气温指标对比研究



吕海波^{1,2,*}, 伏星丽²

¹陕西省河流湿地生态与环境重点实验室, 陕西渭南 714099

²渭南师范学院环境与生命科学学院, 陕西渭南 714099

摘要: 为探索在全球气候变暖背景下陕西榆林和汉中地区气温的变化趋势及其对农作物生长的影响, 对两地近 20 年负积温、有效积温、活动积温和各积温积累日数的变化趋势进行了分析, 评价对农作物生长的影响。自 2012 年后, 榆林、汉中两地各个气温要素均呈现增长趋势, 且波动幅度减小; 榆林自 2012 年后年最高气温以 0.44 °C/年的速率在增长, 年最低气温呈明显上升趋势, 汉中年最高气温和年最低气温整体均呈上升趋势; 两地负积温积累量和负积温日数均呈现降低趋势, 汉中有有效积温、活动积温、无霜期和生长期较榆林呈现明显的增长趋势, 有效积温最高达 5958.8 °C, 活动积温最高达 5390.8 °C, 并且活动积温正在以 20.1 °C/年的速率在增长。

关键词: 气候变化; 活动积温; 生长期; 农业气温指标

DOI: [10.57237/j.earth.2025.01.002](https://doi.org/10.57237/j.earth.2025.01.002)

An Analysis on Agricultural Temperature Indicators in Yulin and Hanzhong of Shaanxi Province from 2000 to 2020

Lv Haibo^{1,2,*}, Fu Xing-li²

¹Key Laboratory for Eco-Environment of Multi-river Wetlands in Shaanxi Province, Weinan 714099, China

²Department of Resources and Environment, Weinan Normal University, Weinan 714099, China

Abstract: In order to explore the change trend of temperature and its influence on crop growth in Yulin and Hanzhong areas of Shaanxi province under the background of global warming. The change trend of negative accumulated temperature, effective accumulated temperature, active accumulated temperature and accumulated days of each accumulated temperature in the two places in recent 20 years were analyzed, and the impact on crop growth was evaluated. Since 2012, all temperature elements in Yulin and Hanzhong show an increasing trend, and the fluctuation range has decreased. Since 2012, the annual maximum temperature in Yulin has been increasing at the rate of 0.44 °C/year, and the annual minimum temperature has shown an obvious upward trend. The annual maximum temperature and annual minimum temperature in Hanzhong showed an increasing trend as a whole. The accumulated

基金项目: 陕西省教育厅创新团队项目 (基金号: 21JP041).

*通信作者: 吕海波, lhboboo@163.com

收稿日期: 2025-01-20; 接受日期: 2025-03-04; 在线出版日期: 2025-04-22

<http://www.earthscieng.com>

amount of negative accumulated temperature and the number of days of negative accumulated temperature in two places showed a downward trend. Compared with Yulin, the effective accumulated temperature, active accumulated temperature, frost-free period and growing season showed an obvious increasing trend. The highest effective accumulated temperature was 5958.8 °C, the highest active accumulated temperature was 5390.8 °C, and the active accumulated temperature was increasing at the rate of 20.1 °C/year.

Keywords: Climate Change; Active Accumulated Temperature; Growth Phase; Agricultural Temperature Index

1 引言

2014 年政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第 5 次评估报告指出 [1], 全球气候持续变暖, 1880 年-2012 年全球地表平均气温约上升了 0.85 °C, 2022 年第 6 次评估报告明确指出气候变化风险将随着全球升温加剧而增加。气候变暖使得冰川消融、海平面高度升高、旱涝灾害频繁发生、极端恶劣天气不断增加, 这些现象给人类带来了极大地生态环境危机和资源危机, 严重影响了人类的生存和可持续发展。农业生产发展十分依赖气候条件的变化, 气温的升高或降低会直接影响农业生产的丰歉。农业生产关系全人类粮食资源问题和大部分发展中国家人民生存发展问题, 学术界也逐渐重视气候变化对农业生产的重要性 [2-4]。研究表明, 全球气温每升高或降低 1 °C, 就能使温带地区农作物的生长期增加或减少 10 天 [5]。而中国农业生产发展对气候变化极为敏感, 近 50 年来, 中国年平均温度都呈现出不断升高的趋势, 90 年代后的温度增幅最为明显, 对农业造成一定影响 [6-10], 气温急剧变化使得粮食减产问题加剧, 近年来, 全国的年平均粮食灾损为 2062.8 万吨, 年均粮食减产百分比为 4.7% [11]。

在气温指标中, 不同种类气温要素对不同生长发育阶段的农作物有着不同程度的影响 [5]。负积温表示冬季严寒程度和农作物越冬要求的高低 [12]。负积温越多, 说明冬季越严寒, 冬作物越冬要求越差; 有效积温是衡量生物生长发育期间对热量资源需求的重要指标。无霜期的长短和农产品成熟期早晚也有着密切联系; 活动积温表示某一地区的热能资源以及粮食作物生长发育中对热能的需求指数 [13, 14]。活动积温愈多, 说明某地的气候热量资源就愈丰富, 而生物生长与发育所需要的热能也愈丰富。近年来, 气温变化明显, 各个气温要素的不断变化对农作物的生长有着不可忽视的影响。

本文以陕西最北部的榆林和秦岭以南的汉中作为研究区域, 研究分析榆林、汉中年平均气温、年最高温、年最低温, 负积温、有效积温、活动积温的变化趋势,

以及各气温要素变化对农业生产发展的影响, 对其不利影响做独立分析, 寻找解决应对各灾害的措施, 提出相应防治对策, 以期望为陕北、陕南更有效的提高农业生产率和保护农作物生长发育提供一定利用价值。

2 数据处理与研究区概况

2.1 数据来源

本文所利用的榆林和汉中 2000-2020 年日平均气温、日最高温、日最低温数据主要来源于中国气象科学数据共享网, 网址 <http://data.cma.cn/>。

2.2 研究方法

根据各个积温的定义计算各个年份的积温和各积温积累天数; 统计各年份的年平均气温及其标准偏差, 并利用平均值公式、最大值公式、最小值公式汇总出多年平均值和极端高温与极端低温数值。

年平均气温为每日均温的平均值, 年最高气温为日均温的最高值, 年最低气温为日均温最低值, 负积温指低于 0 °C 的逐日日平均气温的总和, 有效积温指高于 0 °C 的逐日日平均气温的总和, 活动积温指日平均 10 °C 以上温度的总和。负积温日数指日均温低于 0 °C 的天数综合, 无霜期指日均温连续高于 0 °C 的天数。

3 研究结果

3.1 年内气温变化特征分析

3.1.1 年平均气温

榆林和汉中近 20 年年平均气温总体呈现上升趋势, 榆林为 0.0458 °C/年, 汉中为 0.0219 °C/年, 两地多年平均气温相差 6 °C, 最大相差 7 °C (2012 年) (图 1)。

2012 年之后两地年平均气温同时出现明显增长趋势，基本高出 20 年平均值。两地平均温度年际变化有趋同

特征，2002 年，2006 年，2013 年同时表现出上升趋势，2003 年，2005 年和 2012 年表现出下降趋势。

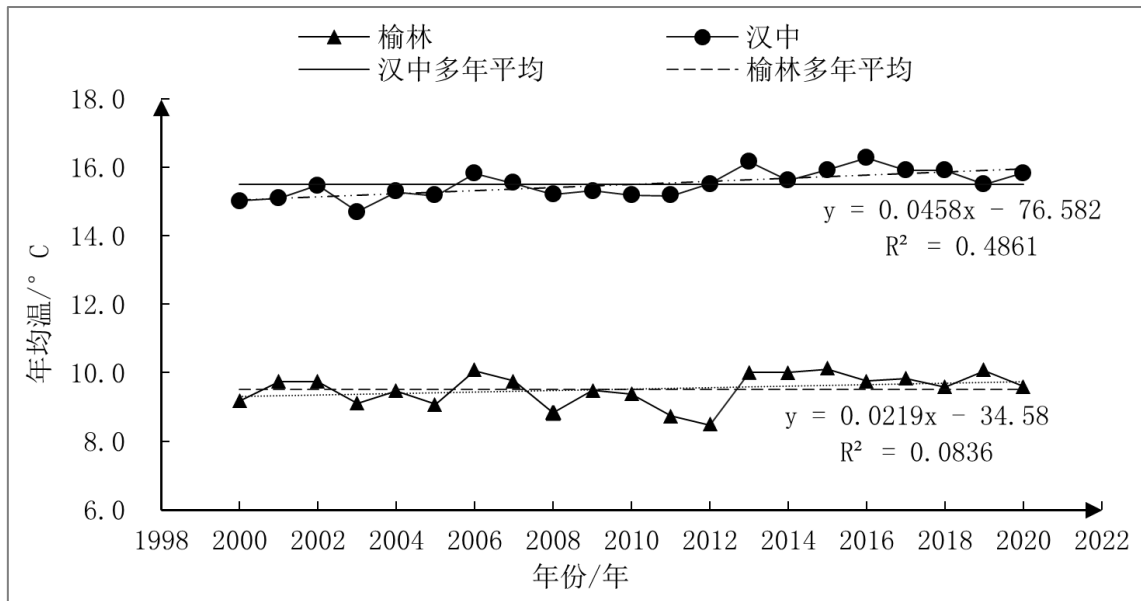


图 1 2000-2020 年均温变化趋势图

3.1.2 年最高气温

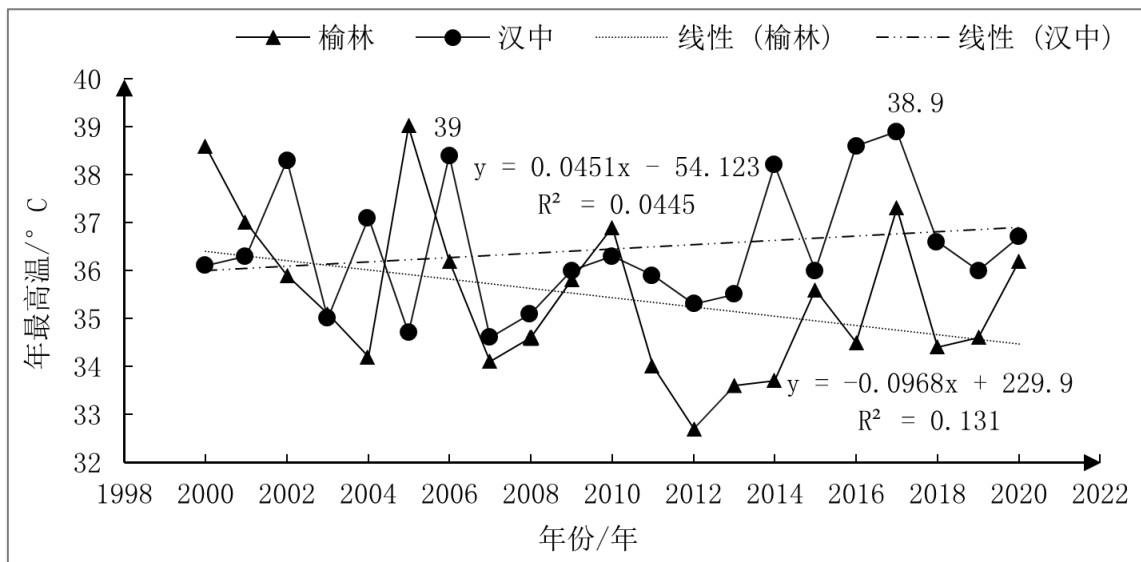


图 2 2000-2020 年最高气温变化趋势图

近 20 年榆林和汉中最高气温变化幅度较大，榆林为 6.3℃，汉中为 4.3℃，汉中最高气温有上升趋势，而榆林有下降趋势（图 2）。两地多年平均最高温相差 1.1℃，温差较小。榆林 2000 年-2012 年年最高温以 0.49℃/年的速率下降，2012 年-2020 年年最高温以 0.44℃/年的速率在上升；汉中 2000 年-2012 年年最高

温以 0.07℃/年的速率下降，2012 年-2020 年年最高温以 0.18℃/年的速率在上升。

3.1.3 年最低气温

榆林的年平均最低温一直远远低于汉中，两地多年平均最低温相差 18.7℃，最大温差为 25.8℃(图 3)。

汉中的年最低温波动幅度小, 多年最低温年较差为 5.6℃, 而榆林年最低温波动幅度较大, 多年最低温年较差为 9.8℃, 两地波动均不稳定。榆林 2009 年-2020

年最低温增长速度为 0.3℃/年, 汉中 2009 年-2020 年最低温增长速度为 0.1℃/年。

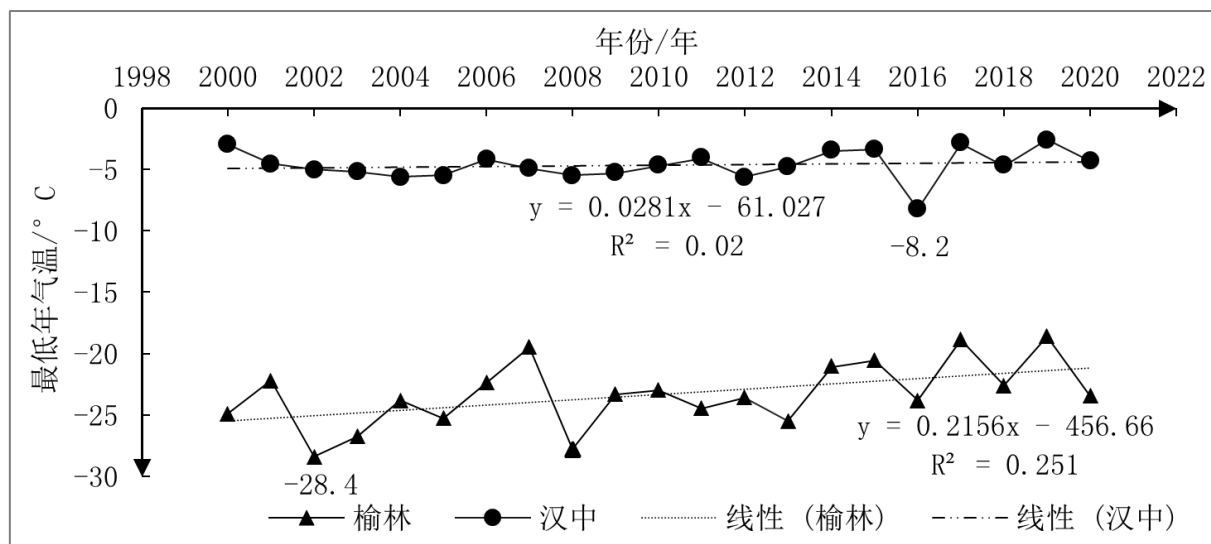


图 3 2000-2020 年最低气温变化趋势图

3.2 各积温及其积温积累日数变化特征

3.2.1 负积温与负积温日数

两地的负积温积累量都呈现减少的趋势, 榆林的降低速率更快, 达 4.3℃/年, 并且榆林的负积温积累量一直远远高于汉中的负积温积累量, 最大相差 835℃ (2005 年) (图 4)。两地负积温日数都呈持续减少

趋势, 榆林降低速率较汉中更快, 达 0.3 天/年, 且榆林负积温日数远远大于汉中, 两地平均负积温日数相差 92 天, 最大相差 112 天 (2012 年) (图 5)。从波动幅度来看, 榆林的负积温波动幅度大, 多年负积温最大差值 447℃, 并且波动不稳定。自 2012 年以后, 受全球变暖影响, 两地负积温积累量明显下降, 榆林更为突出, 降低速率达 4.7℃/年, 两地负积温日数明显减少, 榆林最大降幅为 18 天。

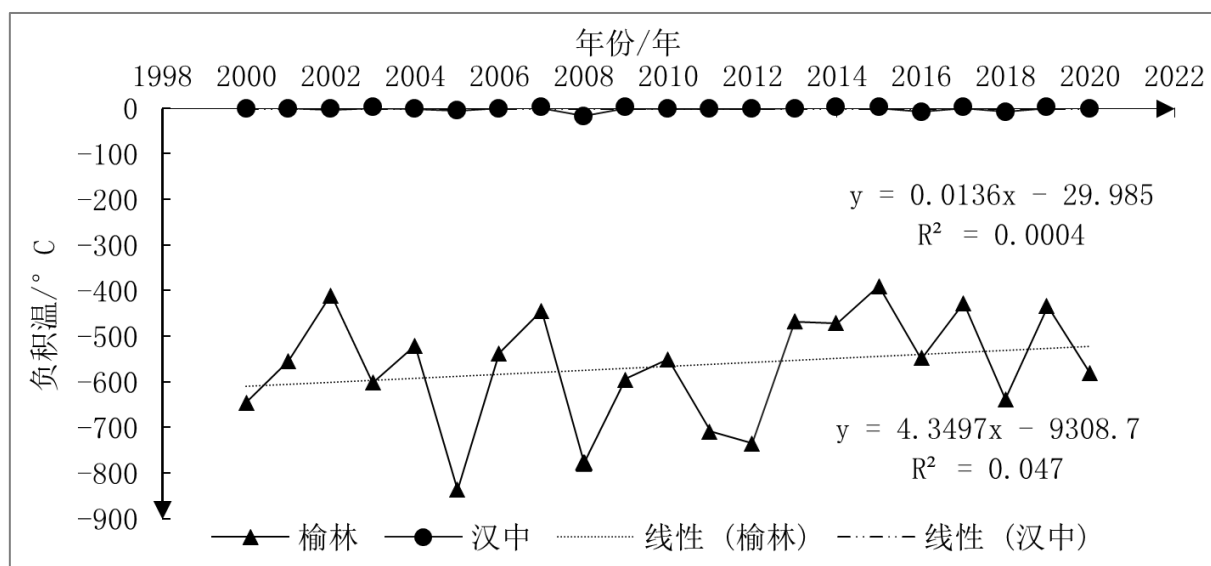


图 4 2000-2020 年负积温变化趋势图

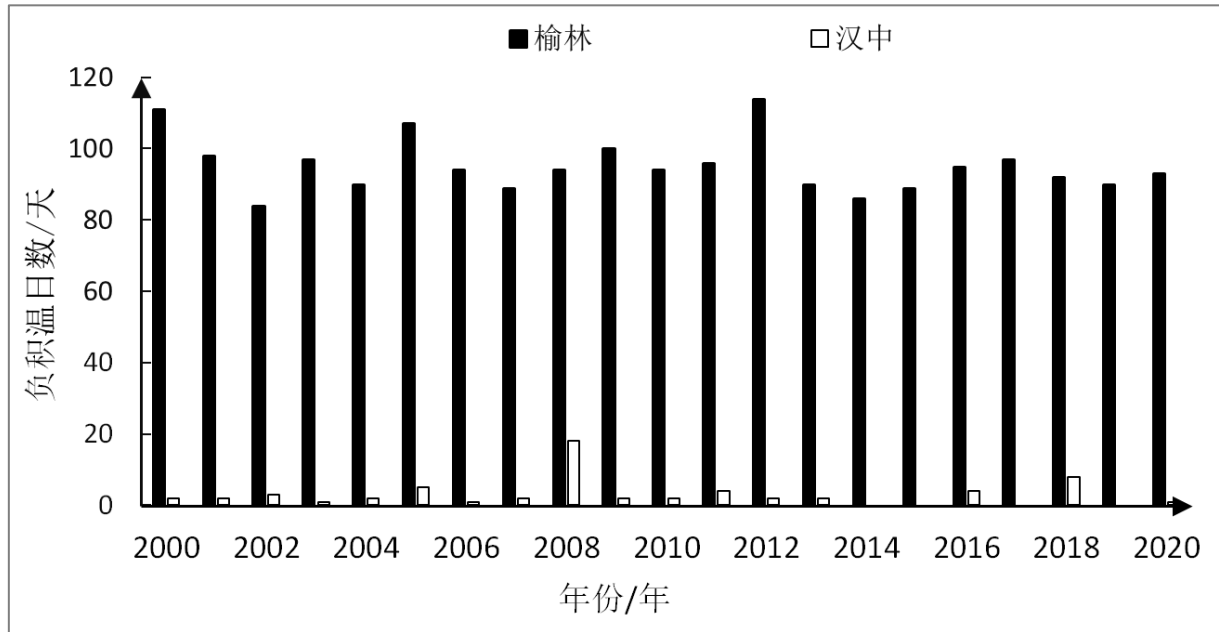


图 5 2000-2020 年负积温日数统计图

3.2.2 有效积温与无霜期

汉中的有效积温高于榆林的有效积温，两地多年平均有效积温相差 1621.9℃，最大相差 1847℃（2012 年）（图 6）；汉中的无霜期大于榆林，两地多年平均无

霜期相差 92 天，最大相差 112 天（2012 年）（图 7）。两地的有效积温和无霜期都呈现增长的趋势，汉中的增长速率快于榆林，上升速度达到 17.0℃/年，榆林的无霜期增长速率大于汉中，增速为 0.3 天/年。两地的有效积温和无霜期波动幅度都较小，波动不稳定。

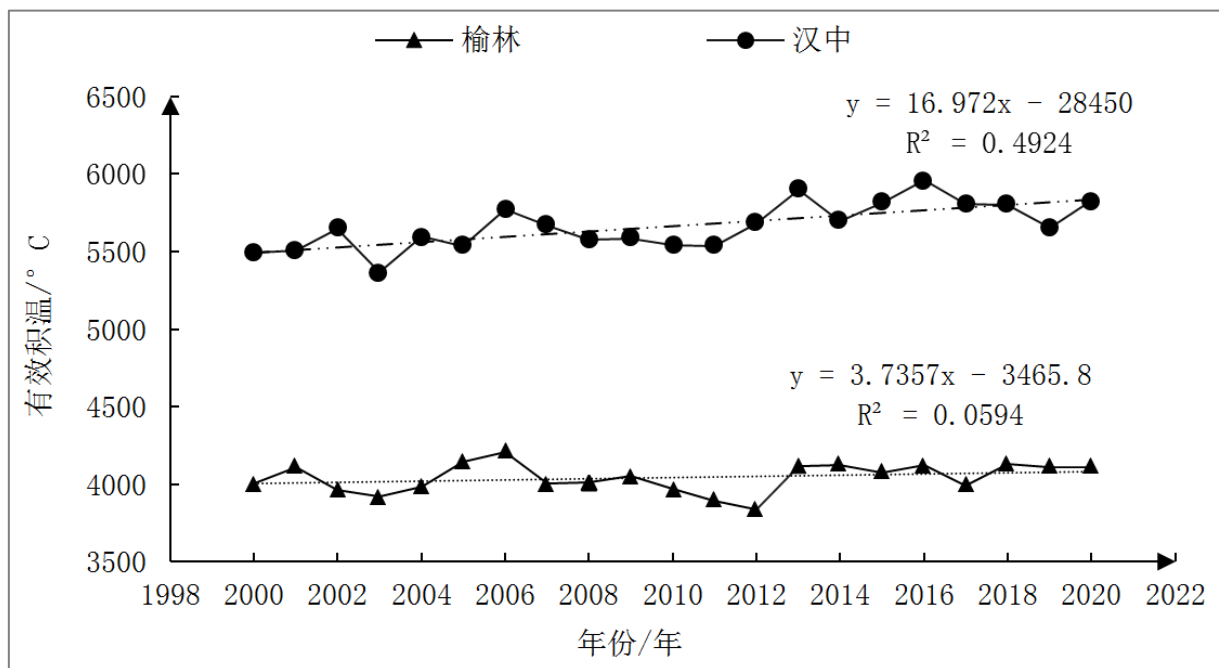


图 6 2000-2020 年有效积温变化趋势图

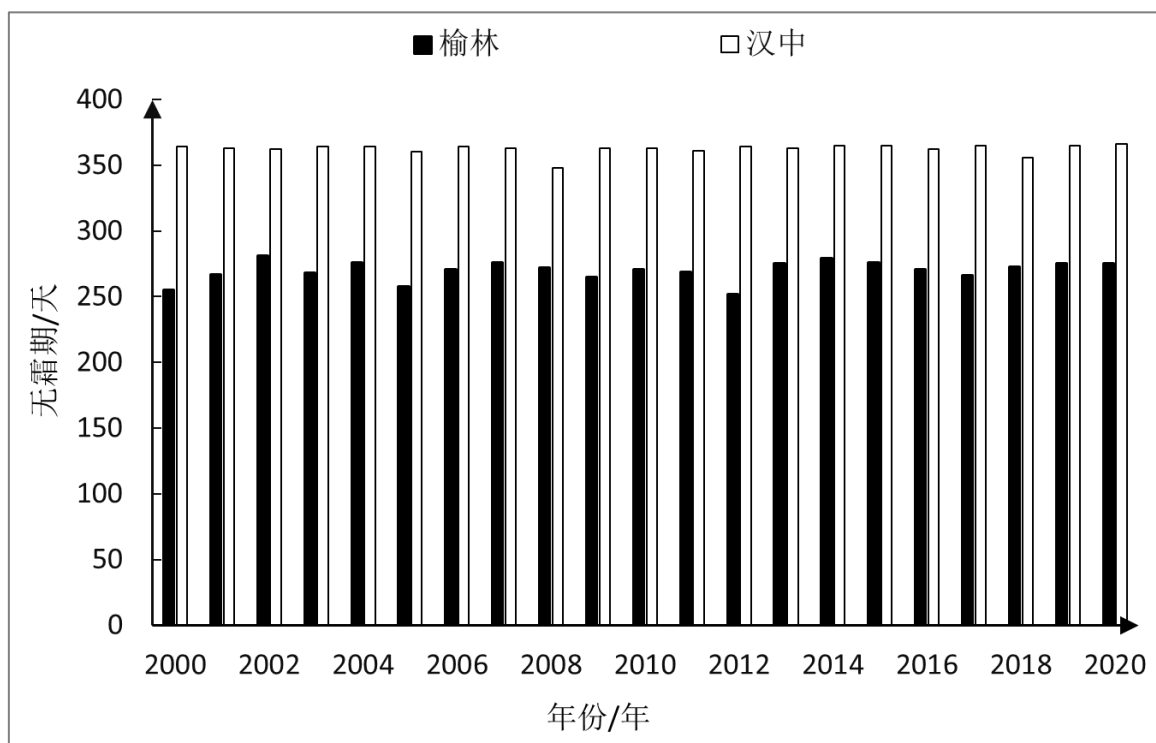


图 7 2000-2020 年无霜期统计图

3.2.3 活动积温与生长期

汉中的活动积温和生长期高于榆林, 两地多年平均活动积温相差 1416 ℃, 最大相差 1688 ℃ (2020 年), 两地多年平均生长期相差 58 天, 最大相差 76 ℃ (2020 年) (图 8, 图 9)。两地的活动积温整体都呈现上升

趋势, 汉中增长更为明显, 达到 20.1 ℃/年, 变化特征具有趋同性, 2012 年之前两地活动积温波动幅度较 2012 年之后大, 不稳定性高, 2012 年之后, 两地活动积温都呈现稳定增长趋势; 两地生长期也均呈增长趋势, 汉中增长更为明显, 增速达 0.8 天/年。汉中活动积温变化幅度明显大于榆林, 最大增幅为 732.2 ℃。

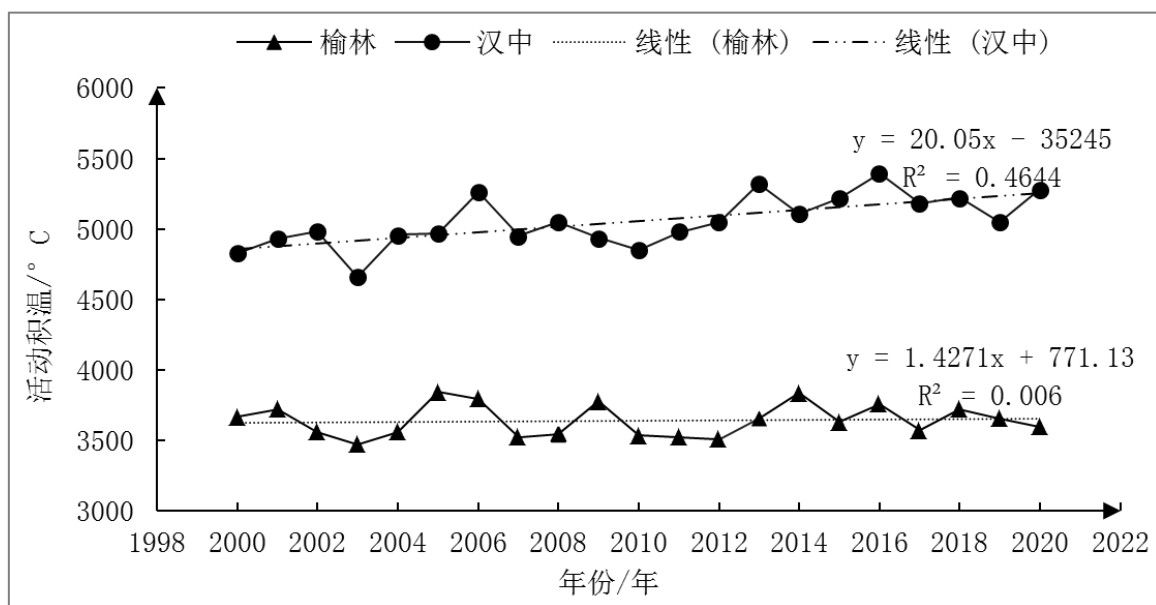


图 8 2000-2020 年活动积温变化趋势图

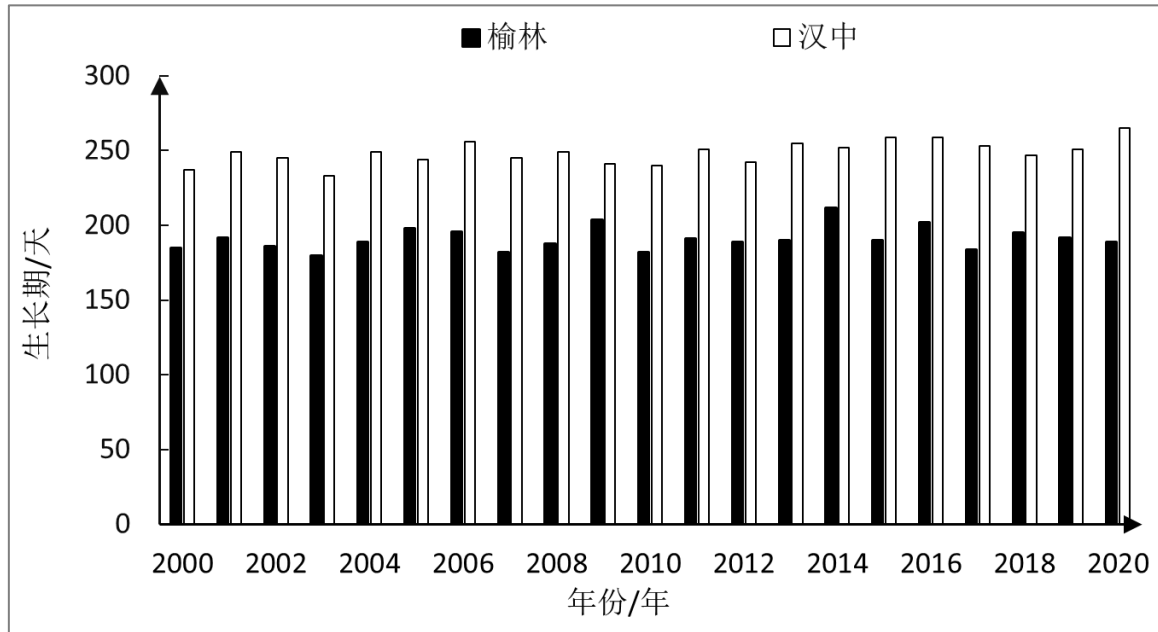


图 9 2000-2020 年生长期统计图

4 讨论

4.1 低温霜冻对农业种植的影响

研究结果显示榆林负积温值平均高达 -565.7°C , 多年平均最低气温达 -23.3°C , 极端低温达 -28.4°C , 负积温积累日数最长至 114 天。极端低温容易产生冻害, 危害农作物种植和生长, 造成农作物减产难收。2005 年榆林最低温度达到 -25.3°C , 负积温增长至最高达 -836.9°C , 负积温日数平均长达 95 天。10 月中旬便出现了低温霜冻, 直接危害玉米等成熟期作物产量以及小麦等发育期作物的生长, 造成农作物大面积减产难收。根据榆林市人民政府报告显示, 2005 年榆林油料、粮食等农作物产量因受霜冻灾害大幅度下降, 全年农作物播种面积 55.23 万公顷, 比上年增长 263.3%, 粮食总产量 106.23 万吨, 减产 25.49 万吨, 下降 19.4% [15]。

近 20 年来, 随着气候变暖, 气温不断上升, 榆林、汉中两地年平均气温整体呈上升趋势, 汉中上升较为明显, 上升速率达 $0.05^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 。两地有效积温和无霜期也均呈现增长趋势, 汉中有效积温增长尤为明显, 增长速率达 $17.0^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 而榆林无霜期较汉中增长快, 增长速度为 0.3 天/年。预计未来两年两地无霜期将继续延长, 有效积温将持续增长。无霜期不断延长, 农作物生长期延长, 有利于农作物养分积累, 有效积温不断增加, 热量资源充足, 有利于为农作物生长发育提

供丰富的热量资源和充沛的水分供给。并且榆林负积温值以 $4.35^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 的速率在增长, 负积温值不断上升表明负积温积累量不断减少, 冬季气温逐渐温和, 并且负积温日数也在以 0.3 天/年的速度在减少, 冬季在逐渐缩短, 预计未来两年负积温积累量将持续降低, 负积温日数也将持续减少。冬季严寒程度降低, 越冬农作物热量资源充足, 有利于农作物生长发育。

4.2 高温热害对农业种植的影响

榆林平均年最高温 35.4°C , 2012 年-2020 年以 $0.44^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 的速率在上升, 近 20 年极端高温达 39°C , 活动积温和生长期也呈增长趋势。极端高温现象容易造成小麦热害, 严重危害小麦灌浆期和成熟期的发育, 致使小麦减产, 质量下降。榆林 2005 年出现极端高温 39°C , 比多年平均最高温高出 3.6°C , 极端高温严重危害农业生产和种植。根据榆林市人民政府报告显示, 2005 年榆林油料、粮食等农作物产量因受灾害大幅度下降, 全年农作物播种面积 55.23 万公顷, 比上年增长 263.3%, 粮食总产量 106.23 万吨, 减产 25.49 万吨, 下降 19.4% [15]。汉中平均年最高温 36.5°C , 2017 年上升至 38.9°C 达到近 20 年最高温, 高温天气较多, 水分易蒸发, 容易形成干旱, 造成水稻等农作物在生长期水分不足, 营养供给不足。汉中 2017 年 7 月 20 日-28 日持续多日 35°C 以上高温天气, 造成中度热害, 高温少雨使得水稻在生长期水分不足造成减产。

研究结果显示榆林、汉中两地年平均气温整体均呈增长趋势, 汉中增长更为明显, 增速为 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 自 2013 年后, 两地年均温数值均稳定位于多年平均气温值之上。2012 年, 各个气温要素变化异常明显, 两地有效积温和汉中年均温都出现突增, 汉中有有效积温增速更快, 达 $17.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$, 增长幅度为 $146.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。自 2012 年之后, 两地各个气温要素均呈现明显增长趋势, 汉中增长速率更快, 汉中年平均活动积温为 $5055.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 并以 $20.05\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 的速率持续增长, 2016 年增长至最高达 $5390.8\text{ }^{\circ}\text{C}$; 平均生长期为 249 天, 增长率为 $0.78\text{ 天}/\text{年}$, 2020 年延长至 265 天达到最大值。2016 年之后, 两地各个积温积累量整体呈现稳定增长趋势。结果表明, 随着全球变暖, 气温不断上升已成为稳定变化趋势, 热量资源不断累积, 短时间内将难以逆转, 预计未来两年两地年平均气温、年最高气温、有效积温和活动积温将持续增长, 这将加速干旱、高温热害、强降雨等发生频率, 严重危害农业生产。

5 结论

近 20 年, 两地年平均气温整体呈上升趋势, 榆林年平均气温为 $9.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 汉中年平均气温为 $15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 且汉中年平均气温一直远远高于榆林年平均气温。受纬度位置影响, 两地年均温相差较大, 榆林气温较汉中低得多, 年温差较大。榆林年最高气温整体呈降低趋势, 2005 年出现高达 $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端高温; 年最低气温整体呈上升趋势, 2002 年出现低至 $-28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端低温, 年温差较大, 最大达 $64.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。汉中年最高气温和年最低气温整体均呈现上升趋势, 2017 年上升至最高, 达到 $38.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端高温, 2016 年降低至最低, 达到 $-8.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端低温, 年温差相对较小。

两地各气温要素表现出整体上升趋势, 榆林负积温平均高达 $-565.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 负积温积累量最大达 $-836.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2005 年), 近 20 年负积温积累量以 $4.35\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 在降低, 两地负积温日数也呈现减少趋势, 汉中有有效积温和活动积温及无霜期和生长期较榆林呈现明显的增长趋势。

参考文献

- [1] 张影. 气候变化对我国农业经济增长影响的空间计量分析 [D]. 华东师范大学, 2016, 1.
- [2] 陈利容. 全球气候变化对我国农业的影响 [J]. 种子科技, 2008(4).
- [3] 黄维, 邓祥征, 何书金, 等. 中国气候变化对县域粮食产量影响的计量经济分析 [J]. 地理科学进展, 2010, 29(6): 677-683.
- [4] Assuncao, J., Chein, F. Climate change and agricultural productivity in Brazil: future perspectives [J]. Environment and Development Economics, 2016, 21(5): 581-602.
- [5] 俞书傲. 气候变化对农作物生产的影响: 以浙江为例的实证研究 [D]. 浙江大学, 2019, 3-6.
- [6] 刘允芬. 现代气候变化对中国热量资源的影响 [J]. 自然资源学报, 1993, 8(2): 166—174.
- [7] 贾建英, 郭建平. 东北地区近 46 年玉米气候资源变化研究 [J]. 中国农业气象, 2009, 30(3): 302-307.
- [8] 赖纯佳, 千怀遂, 段海来, 等. 淮河流域小麦—水稻种植制度的气候适宜性 [J]. 中国农业科学, 2011, (14): 2868-2875.
- [9] 姚小英, 蒲金涌, 姚茹莘, 等. 气候暖干化背景下甘肃旱作区玉米气候适宜性变化 [J]. 地理学报, 2011, 66(1): 59-67.
- [10] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区气候变暖对农业的影响 [J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 119-125.
- [11] 周文魁. 气候变化对中国粮食生产的影响及应对策略 [D]. 南京农业大学, 2012, 2.
- [12] 徐凤霞, 秦瑜蓬, 张珊, 等. 寿光 1961-2018 年负积温变化特征及影响 [J]. 中国农学通报, 2020, 36(18): 114.
- [13] 胡琦, 潘学标, 邵长秀, 等. 1961—2010 年中国农业热量资源分布和变化特征 [J]. 中国农业气象, 2014, 35(2): 120.
- [14] 张厚瑄, 张翼. 中国活动积温对气候变暖的响应 [J]. 地理学报, 1994, 49(1): 28.
- [15] 榆林市统计局. 榆林市 2005 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL].
<http://www.yl.gov.cn/P/C/35643.html>, 2012-08-12