

近七十年霸州市汛期气温、高温演变特征及农业灾害响应研究

张丽¹, 闫利霞^{1,2*}, 王红梅¹

¹霸州市气象局, 河北 廊坊

²廊坊市现代商贸物流气象服务重点实验室, 河北 廊坊

收稿日期: 2026年8月3日; 录用日期: 2026年9月2日; 发布日期: 2026年9月9日

摘要

利用河北省霸州市国家基本气象站1957~2024年共68年观测数据, 对霸州汛期(6~8月)的气温和高温日数等关键气候要素进行长期气候变化分析。结果表明: 在研究时段内, 霸州汛期平均气温、平均最高气温、平均最低气温、极端最高气温、极端最低气温, 均呈上升趋势。汛期平均气温每十年上升约0.22℃, 20世纪90年代后进入偏暖期, 6月上升速率最快, 每十年上升约0.27℃。近年来, 极端性高温事件频率明显上升, 连续三天高温过程占比达43.9%。该结论明确本地汛期升温及持续性高温频发引发农作物高温热害的危害机制, 可为本地汛期高温热害气象预警指标建立、夏玉米等作物田间防灾农事调控、县域农业灾害防御规划制定提供长时序气候数据支撑, 助力区域农业稳产减灾。

关键词

气候变化, 气温, 高温, 灾害, 农业

Evolution Characteristics of Temperature and High Temperature during Flood Season and Their Responses to Agricultural Disasters in Bazhou City over the Past Seventy Years

Li Zhang¹, Lixia Yan^{1,2*}, Hongmei Wang¹

¹Bazhou Meteorological Bureau, Langfang Hebei

²Langfang Key Laboratory of Modern Commercial Logistics Meteorological Services, Langfang Hebei

*通讯作者。

文章引用: 张丽, 闫利霞, 王红梅. 近七十年霸州市汛期气温、高温演变特征及农业灾害响应研究[J]. 气候变化研究快报, 2026, 15(5): 978-986. DOI: 10.12677/ccrl.2026.155104

Received: August 3, 2026; accepted: September 2, 2026; published: September 9, 2026

Abstract

Using 68 years of observational data (1957~2024) from the Baizhou National Basic Meteorological Station in Hebei Province, this study conducted a long-term climate change analysis on key climatic elements during Baizhou's flood season (June~August), including temperature and the number of high temperature days. Results show that during the study period, average temperature, mean maximum temperature, mean minimum temperature, extreme maximum temperature, and extreme minimum temperature all exhibited upward trends. The average temperature during the flood season increased by approximately 0.22°C per decade, with a notably warmer phase beginning after the 1990s. June showed the fastest warming rate, increasing by about 0.27°C per decade. In recent years, the frequency of extreme high temperature events has significantly increased, with high temperature lasting at least three consecutive days accounting for 43.9%. This conclusion clearly shows the mechanism by which frequent warming and prolonged high temperatures during the local rainy season cause high temperature damage to crops. It can provide long-term climate data support for setting up meteorological warning indicators for high temperature damage during the rainy season, for field disaster prevention and farming adjustments for crops like summer corn, and for making county-level agricultural disaster prevention plans, helping to stabilize and reduce risks in regional agriculture.

Keywords

Climate Change, Temperature, High Temperature, Disasters, Agriculture

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

华北平原作为我国粮食生产核心区和人口集聚带[1],其气候变化对区域可持续发展影响深远[2]-[5]。霸州市(北纬 39°12', 东经 116°23')地处京津冀腹地,属温带大陆性季风气候区,气温波动直接影响农业灌溉、城市防洪等关键领域。在全球变暖背景下(IPCC AR6 指出华北地区近 70 年升温速率达 0.26°C/10a [6]),该区域呈现显著的气候转型特征:极端高温事件频发[7]-[10],降水时空分布不均性加剧。本研究基于霸州国家基本气象站 1957~2024 年逐月、逐日、逐小时标准化观测数据,结合数理统计,重点揭示以下科学问题:1) 近 68 年霸州汛期气温的长期趋势、极端阈值演变及年温度的变化趋势;2) 汛期高温天气的长期变化趋势。研究所得结论可为京津冀城市群气候适应性调控规划[11]-[15]、夏季极端高温成因及演变机理研判提供基础支撑,同时可为县域尺度长时序气候变化特征分析、农业高温灾害预警防控,提供可行的研究思路与技术范式参考。

2. 资料与方法

本研究依托霸州国家基本气象站 1957~2024 年汛期(6~8 月)逐日气象观测序列,选取日平均气温、最高气温、最低气温、极端最高气温、极端最低气温及高温日数等核心气温指标开展分析;其中汛期气温距平计算统一采用 1991~2020 年 30 年气候平均值。研究综合运用线性倾向估计、滑动平均、t 显著性检验等数理统计手段,分别从年际、年代际波动与逐月季节尺度,系统剖析区域各气温要素的时空变化规

律与趋势特征。

3. 结果与讨论

3.1. 温度变化特征分析

3.1.1. 汛期气温分析

1) 平均气温

通过分析可知(见图 1)，霸州国家基本气象站 1957~2024 年间汛期平均气温 25.7℃，整体呈现显著的年际波动特征。平均气温的最高值出现在 2000 年，为 27.7℃；平均气温的最低值出现在 1976 年，为 23.5℃。从气候序列来看，原序列与 6 年滑动平均曲线共同反映出气温存在明显的年代际波动及长期增温趋势。线性趋势拟合结果表明，汛期平均气温的气候倾向率为 0.22℃/10a，且相关系数 $r=0.5$ ，表明该上升趋势在统计上具有显著性，反映出显著的气候变暖信号。

从逐月尺度分析霸州市汛期气温特征可以看出，各月平均气温存在明显的时空分异。7 月平均气温最高，达 26.7℃，6 月最低，为 25.1℃。通过线性倾向率发现，各月气温均呈现显著的增温趋势，但升温速率存在差异：6 月气候倾向率最高(0.27℃/10a)，8 月次之(0.22℃/10a)，7 月最低(0.19℃/10a)，反映出非均匀增温的特征，其中初夏(6 月)升温尤为显著。

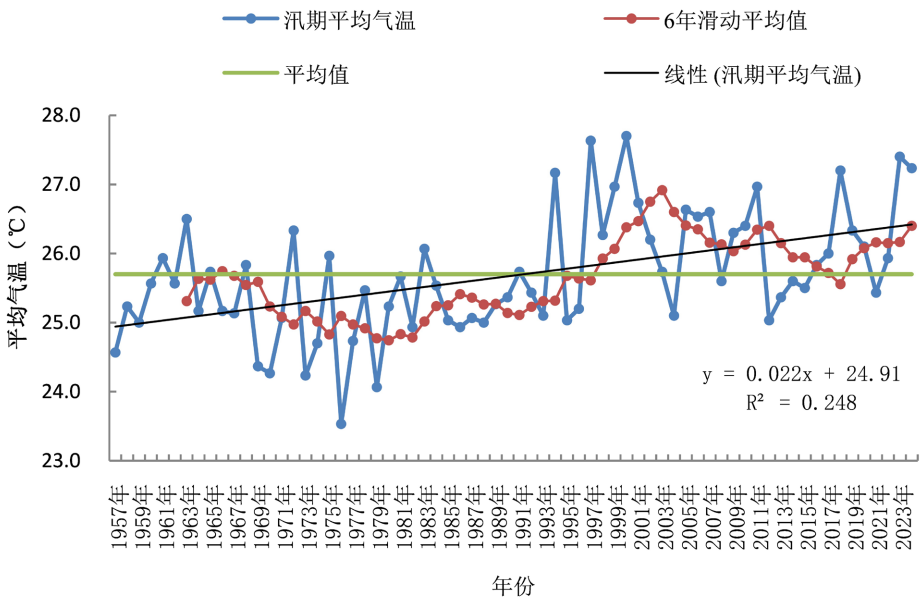


Figure 1. The average temperature change curve during the flood season in Bazhou City from 1957 to 2024
图 1. 1957~2024 年霸州市汛期平均气温变化曲线

霸州市汛期平均气温的变化呈现出显著的年代际波动特征(见表 1)。在 20 世纪 60 至 90 年代期间，该地区气候总体偏冷，各年代汛期平均气温距平持续为负值，具体表现为：1961~1970 年为 -0.80°C ，1971~1980 年为 -1.24°C ，1981~1990 年为 -0.88°C 。自 1990 年代起，气候状态发生转型，1991~2000 年及 2001~2010 年距平值转为微弱正值，分别为 0.05°C 和 0.01°C ，标志着进入相对暖期。2011~2020 年原始观测数据给出的距平为 -0.18°C ，似乎指示气候重新转冷；然而，需注意到 2012 年气象站由城市迁至乡村，这一站点迁移可能导致气温观测序列出现非气候因素的系统性偏低。参考霸州基本站迁站对比观测数据分析[16]，对 2012~2020 年气温统一施加 $+1.5^{\circ}\text{C}$ 的校正量。经修订后，该时段距平上升为 $+1.17^{\circ}\text{C}$ ，表明 2011~2020 年实际仍延续之前的增温趋势，并未出现气候偏冷转折。

Table 1. Inter decadal changes in flood season, average temperature from June to August, and post relocation anomaly in Bazhou City from 1961 to 2020

表 1. 1961~2020 年霸州市汛期、6~8 月平均气温及迁站后距平的年代际变化

年份	Ta/℃	Ta6/℃	Ta7/℃	Ta8/℃
1961~1970	-0.80	-0.85	-0.78	-0.77
1971~1980	-1.24	-1.04	-1.30	-1.36
1981~1990	-0.88	-0.87	-0.96	-0.81
1991~2000	0.05	-0.06	0.12	0.11
2001~2010	0.01	-0.01	-0.03	0.09
2011~2020	-0.18	-0.06	-0.24	-0.22
2011~2020 (修订后)	1.17	1.29	1.11	1.13

注：Ta 为汛期平均气温距平，Ta*为*月平均气温距平。

汛期各月气温的年代际变化特征呈现显著差异。6 月气温持续维持偏低态势；7 月气温在 1990 年代前表现为负距平，1990~2000 年转为正距平，2000 年后再次呈现负距平；8 月气温在 1990 年代前为负距平，1990~2010 年均转为正距平。2011~2020 年原始观测数据显示各月气温均呈现偏低特征，如前文所述，对 2012~2020 年数据施加+1.5℃的温度订正。订正后的分析表明，该时段气温较 2000 年代呈现显著上升趋势，具体升温幅度为：6 月 1.30℃、7 月 1.14℃、8 月 1.22℃，汛期平均升温幅度达 1.18℃。

2) 平均最高气温和平均最低气温

对 1957~2024 年霸州市汛期平均最高和最低气温序列的分析表明(见图 2、图 3)，汛期平均最高气温极端值分别为 33.7℃ (2023 年)与 28.9℃ (1976 年)；平均最低气温极端值分别为 23.0℃ (1994 年)与 18.4℃ (1976 年)。三类气温指标的最低值均出现在 1976 年，指示该年存在显著的区域性气候异常。线性趋势分析表明，汛期平均最高气温的气候倾向率为 0.17℃/10a，而平均最低气温的增温速率达 0.32℃/10a，后者约为前者的 1.9 倍。这一结果指示霸州市汛期夜间升温速率远高于白天，气温日较差呈减小趋势。

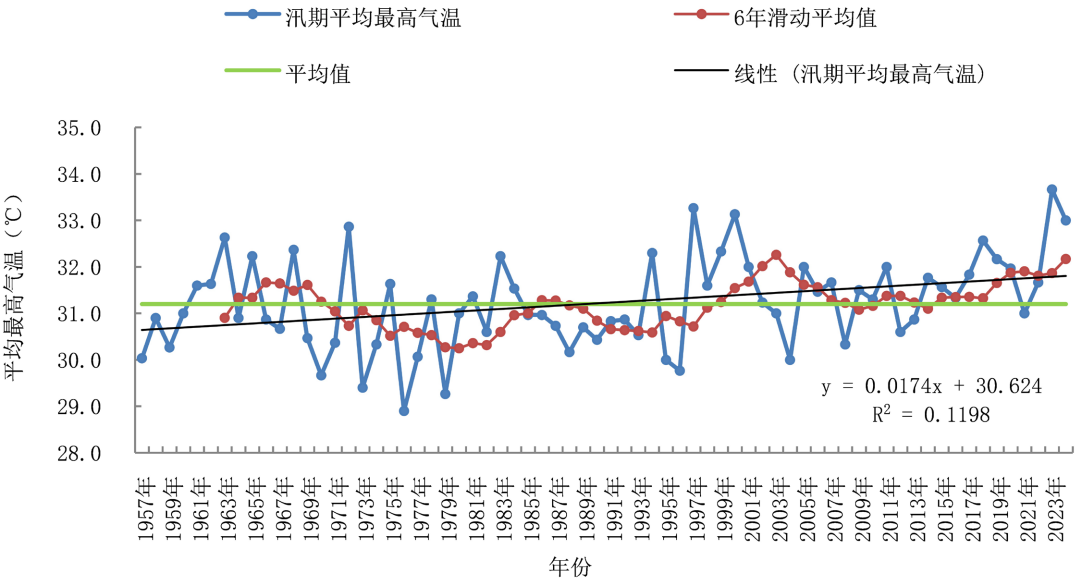


Figure 2. The average maximum temperature variation curve during the flood season in Bazhou City from 1957 to 2024
图 2. 1957~2024 年霸州市汛期平均最高气温变化曲线

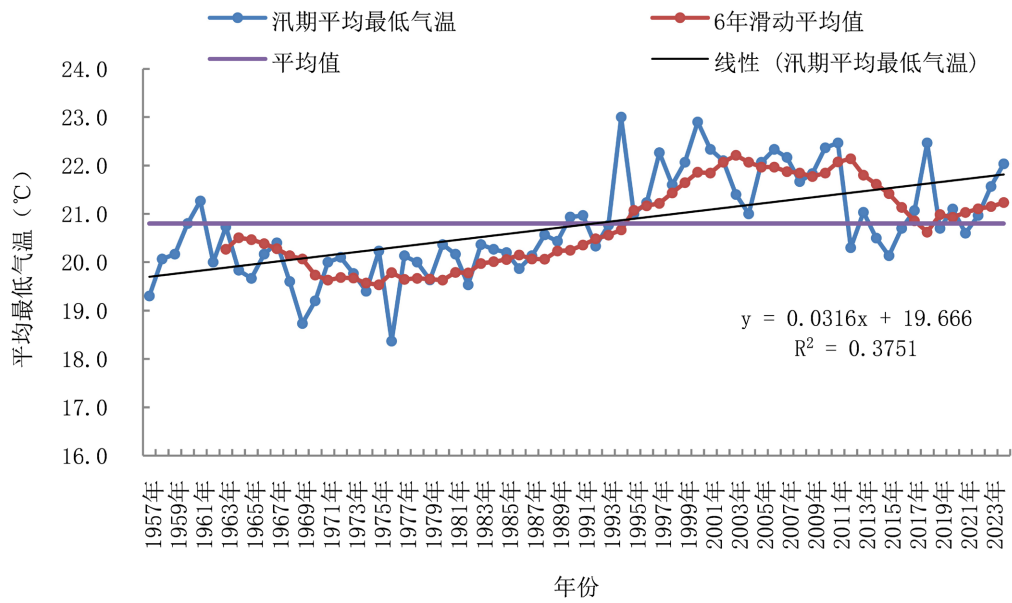


Figure 3. The average minimum temperature variation curve during the flood season in Bazhou City from 1957 to 2024
图 3. 1957~2024 年霸州市汛期平均最低气温变化曲线

3) 极端最高气温和极端最低气温

对 1957~2024 年霸州市汛期极端气温序列的分析表明(见图 4、图 5), 极端最高气温极大值为 41.3℃ (1972 年), 极小值为 35.3℃ (1995 年), 极差达 6.0℃; 极端最低气温极大值为 17.3℃ (2001 年), 极小值为 8.2℃ (1964 年), 极差为 9.1℃。从长期趋势来看, 极端最高气温仅呈现微弱上升, 气候倾向率为 0.05℃/10a, 极端最低气温表现出强烈的增温趋势, 气候倾向率达 0.46℃/10a ($p < 0.01$), 增速约为前者的 9 倍, 且在 0.01 水平上显著。

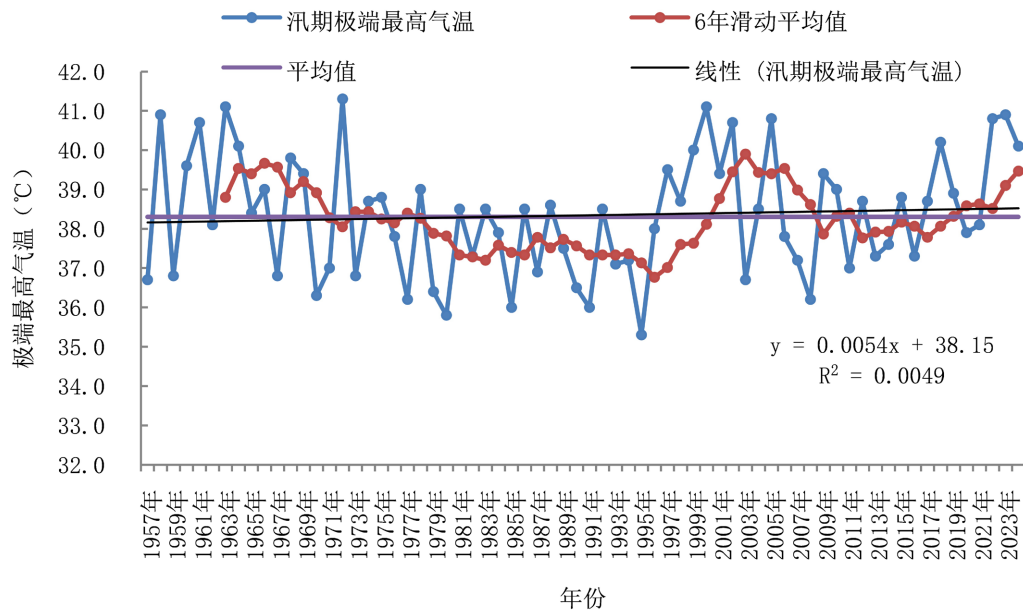


Figure 4. Extreme maximum temperature variation curve during flood season in Bazhou City from 1957 to 2024
图 4. 1957~2024 年霸州市汛期极端最高气温变化曲线

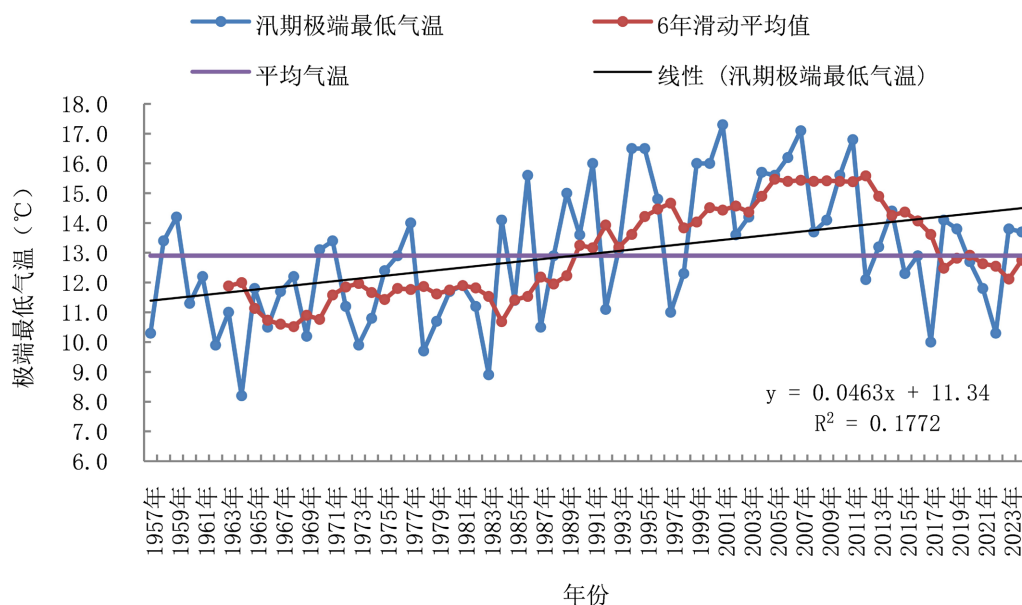


Figure 5. Extreme minimum temperature variation curve during the flood season in Bazhou city from 1957 to 2024
图 5. 1957~2024 年霸州市汛期极端最低气温变化曲线

3.1.2. 高温日数分析

1) 高温的定义和资料来源

根据中国气象局规定,日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的天气称为高温天气,高温日数指达到高温天气标准的日数。按文献[17]的做法将高温天气过程按其连续出现的日数和强度分成:一般高温天气过程(连续出现 3 天 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 或虽仅连续 2 天 $\geq 35^{\circ}\text{C}$,但其中 1 天 $\geq 38^{\circ}\text{C}$)、中等高温天气过程(若连续 5 天出现 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 或仅连续 2 天出现 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 高温)、强高温天气过程(连续出现 8 天 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 或连续 3 天出现 $\geq 38^{\circ}\text{C}$)。利用数理统计方法统计其历年出现的频次、年代际变化等,得到高温热浪极端天气的发生规律。

2) $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温的年际变化

霸州市 1957~2024 年汛期 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温日数气候序列分析表明,其多年平均值为 11.7 天,但年际变率极为显著,极端最长达 30 天(2000 年),极端最少仅 1 天(分别出现于 1979 年与 1995 年),极差高达 29 天,反映出高温事件发生频次存在强烈的年际波动性与气候不稳定性。线性趋势拟合结果显示,高温日数呈显著的上升趋势,气候倾向率为 0.94 天/10a ($r = 0.24$),虽相关性较弱,但仍可通过 $\alpha = 0.05$ 的显著性检验,表明在全球变暖背景下霸州市高温事件发生频率存在长期增加的趋势。

从年代际演变来看,高温日数呈现出明显的阶段性震荡特征:20 世纪 60~70 年代为相对高发期,平均达 13.2 天;70~90 年代高温事件显著减少,平均值分别降至 8.5 天(70 年代)与 8.9 天(80 年代);自 90 年代起重新进入高频阶段,90 年代平均达 13.6 天,2000~2010 年代略降至 11.2 天,而 2010~2020 年间则回升至 13.5 天,为次高值期。综上所述,霸州市高温日数在 68 年中呈现显著的波动上升趋势,尤其自 1990 年代以来高频特征突出,对区域热浪风险评估、公共卫生应对及能源规划构成严峻挑战。

与京津冀区域对比,霸州高温日数均值偏高(11.7d vs. 10.8 d [18])而倾向率偏低(0.94 vs. 1.9 d/10a [18])。前者缘于其低海拔平原腹地的地理区位[19],偏南暖干气流通道推高了基准水平;后者则因序列始于 1957 年,1960~1970 年代的高温高发(均值 13.2 d)抬升了前期基值,压低了全序列斜率。年代际上,霸州“多-少-多”的三段式较京津冀“减-增-减-增”四段式更为简约[20],2000 年代未出现显著回落,局地下垫面变迁可能构成调制因子。极端值极差(29 d vs. 24 d)及峰年差异(2000 年 vs. 2023 年)则进一步指向

局地天气系统的关键权重。城市化层面，霸州 1990 年撤县建市后建成区持续外扩，刘晓英[21]三站对比已印证区域“五岛效应”趋于显著。2000 年前后升温速率的跃变，既耦合全球变暖加速背景，亦嵌入本地热岛增强信号。据华北平原城乡差值订正研究，城市化贡献率约 20%~40% [22]，霸州当在此量级。综合而言，大尺度变暖为长周期驱动力，城市热岛效应系数叠加其上的局地放大器，二者共同构成高温风险评估的双重依据。

3) 高温过程天气变化的过程

1957~2024 年间，霸州市高温天气过程发生频次呈显著上升趋势，线性增长率达 0.16 次/10a，反映出气候变暖背景下极端热事件的持续增多。68 年中，全市共出现 123 次高温过程，其中一般高温 87 次、中等高温 29 次以及强高温过程 7 次。尤其值得注意的是，连续三天及以上的高温事件占主导地位，其中连续三天高温共发生 54 次，占总数的 43.9%；连续四天高温为 29 次，占比 23.6%。近年来，极端性高温事件频率明显上升。2010~2024 年间，仅连续四天的高温过程就发生 12 次，占全部四天高温事件的 41.4%，凸显出极端高温的集中爆发趋势。

上述持续性特征在京津冀区域尺度上亦得到印证。据 1980~2023 年观测统计，该区域群发性高温过程的平均持续日数、最大影响范围及综合强度三项指标均呈显著上升态势，2010 年后频次增多与强度增强的趋势尤为明显。值得注意的是，近 44 年综合强度排名前十的极端事件中有 7 次发生在 21 世纪，2009 年以后即占 4 次，表明极端高温的群发性与集中度在近年显著加剧。霸州地处京津冀腹地，其高温过程持续化、极端化的演变节律与区域整体趋于同步，二者受制于共同的大尺度环流背景：大陆高压脊长期盘踞与 850 hPa 暖区稳定少动，构成了维持持续性高温的关键动力-热力条件[23]。就局地地形而言，太行山东麓焚风效应是不可忽视的增幅因子。偏西气流越山下沉引发绝热增温，单次过程增温幅度可达 10℃ 以上，霸州所在的华北平原恰处于该焚风作用区的核心地带，地形强迫对高温极值的抬升贡献尤为突出。

每年汛期霸州市多出现持续性高温天气，此时正值当地夏粮秋收作物生长关键阶段。高温天气会抑制作物正常光合作用，加快植株水分蒸腾流失，极易引发田间轻度旱情。玉米、大豆进入花果发育阶段时，高温易造成花粉活性下降，出现授粉不良、落花落果现象，直接影响结实率。同时高温环境利于田间病虫害滋生蔓延，加重病虫害侵染危害，造成作物长势偏弱、灌浆受阻，最终使得农作物产量下降，农产品品质也随之受到明显影响。

3.2. 高温对农业造成灾害

本地玉米小麦作为霸州市主导粮食作物，玉米常年播种面积稳定在 30 万亩以上，小麦常年播种面积在 8 万亩以上，经济作物花生常年播种面积在 1 万~3 万亩以上，2021 年以来玉米种植面积占粮食总面积 70%~73%，产量占粮食总产量 67%~74%。所以气候对保障区域粮食安全、发展畜牧养殖、延伸农产品加工产业链中都具有核心支撑作用。

高温天气对农业生产的灾害影响最为直接且突出，也是制约汛期农业稳定发展的关键气象因素。从实际种植情况来看，持续的高温天气会大幅加快土壤表层水分蒸发，再加上汛期常出现的阶段性少雨天气，土壤墒情会快速下降，很容易引发阶段性干旱，这对农作物生长来说可是致命的。

本地夏玉米的拔节至灌浆期与全年气温最高时段高度重叠，6~8 月高温热害对玉米生长发育的危害贯穿多个生育阶段，且具有明显的复合叠加特征。在开花授粉期，当日最高气温超过 32℃ 时花粉活力即受到抑制，持续达 35℃ 以上则引发花药瘦瘪、花粉萌发率大幅下降，升至 38℃ 以上时极易出现“高温杀雄”现象，雌穗吐丝随之延迟、雌雄花期错位，最终导致果穗秃顶缺粒，研究表明全生育期均温维持在 33℃ 时减产幅度可达 52.9%，损失非常严重。进入灌浆期后，持续高温一方面加速植株功能叶片早衰、缩短有效灌浆时间，另一方面驱动呼吸消耗持续攀升，光合产物净积累量显著降低，千粒重与容重双双下

滑, 产量和品质同步受损。与此同时, 高温高湿环境为茎腐病、穗腐病等真菌性病害的侵染扩散提供了有利条件, 玉米螟、棉铃虫等害虫繁殖代数亦随气温升高而增多, 病虫害与热害的协同叠加进一步压缩了产量空间。从区域风险格局来看, 霸州所处的冀中地区是河北夏玉米高温热害的高频发生区, 结合近年来 6 月增温速率居各月之首、极端最低气温升幅尤为剧烈的区域气候特征, 玉米花期与高温峰值的时间耦合程度持续加深, 热害胁迫对当地夏玉米稳产的威胁在未来一段时期内不容低估。

霸州市夏播花生生育期与 6~8 月高温时段高度重叠, 开花下针期若遭遇持续 30℃ 以上高温, 花粉活力下降、有效下针率降低, 结荚数量大幅缩水, 产量根基首当其冲。荚果膨大期高温胁迫加剧呼吸消耗、削弱光合产物转运能力, 饱果率降低、单仁果与瘪粒比例上升, 产量与出仁率同步受损。高温还迫使叶片气孔提前关闭、净光合速率下降, 功能叶早衰加速, 籽仁蛋白质与油脂含量随之降低, 商品品质劣化。与此同时, 高温干旱交替叠加显著削弱植株抗病能力, 叶斑病、病毒病及蚜虫、红蜘蛛等虫害风险同步攀升, 高温与干旱相互促进形成恶性循环, 对花生产量的系统性破坏远超单一因子叠加。结合霸州 6 月增温速率居各月之首的区域气候特征, 高温热害对当地花生产业的威胁将持续存在, 需从品种优化、水分管理及病虫害防控等多环节协同应对。

4. 结论

4.1. 汛期气温、高温的演变规律

1957~2024 年霸州市气温观测数据显示系统性增暖。各气温要素均呈上升趋势, 汛期平均气温、最高和最低一致升高。20 世纪 90 年代后持续偏暖, 近十年气温经订正后, 增高趋势尤为显著。各月气温也表现为显著上升趋势, 其中 7 月气温最高, 但 6 月增温速率最大。最低气温增幅显著高于最高气温, 极端最低气温升温尤为剧烈。其中 2011~2020 年呈现冷偏差经订正转为显著增温。说明城市热岛效应对观测数据的显著影响, 证实全球变暖与区域城市化共同驱动霸州气候持续增温。

霸州市 1957~2024 年高温事件分析表明, $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温日数呈现显著的波动上升趋势(线性增长率 0.16 次/10a, $p < 0.05$), 其中强高温过程发生频率增加尤为明显。该趋势揭示了在气候变暖与城市化共同作用下, 城市热岛效应加剧了区域性极端热浪事件的频率与强度, 凸显城市气候系统对高温风险的放大效应。研究结果强调需将城市热浪纳入气候适应规划的重点应对领域。

4.2. 加强高温天气的监测预警为农业保驾护航

面对频发的极端高温天气, 加强监测预警与防灾减灾工作, 是防范高温灾害、保障社会生产生活稳定、守护群众生命财产安全的关键举措, 也是应对气候异常变化的重要手段。从监测预警层面来说, 依托观测站、卫星遥感等技术手段, 构建全方位、高精度的高温监测网络, 实时捕捉气温变化动态、高温持续时长及影响范围, 精准研判高温灾害的发生、发展趋势。同时, 要完善高温预警信息发布机制, 优化预警分级标准, 通过官方平台、社区通知、短信推送等多种渠道, 及时向群众和生产单位发布高温预警信息, 明确预警等级、影响范围及防范提示, 让大家能提前做好应对准备, 减少灾害损失。

农业生产是国民基础性的产业, 由于区域年均气温持续抬升, 6 月增温速率居汛期之首, 这意味着夏玉米授粉期的高温风险正在悄悄加大, 需要通过选育耐热品种或调整播期来加以规避。6~8 月平均气温、最高气温与最低气温的同步升高, 导致农田蒸散耗水量显著增加, 使得夏季作物需水高峰期与气温峰值高度重叠, 农业用水供需矛盾加剧。对此, 应大力推广以膜下滴灌、水肥一体化为代表的节水灌溉技术体系, 构建基于短期气象预报的精准灌溉决策模型, 因地制宜开展雨水集蓄利用工程建设, 提升农业系统应对季节性干旱的韧性。最低气温的显著升高, 尤其是极端最低气温的大幅上升, 导致越冬有害生物存活基数明显增大, 病虫害始发期整体提前, 发生代数增多, 传统防治方法的适用性正在下降。简单说

就是：以前靠冬天冻死的那些虫子，现在越来越难消灭了，防治压力加大。依托气象与植保部门联合构建精细化监测预警平台，动态优化化学防治与生物防治相结合的综合防控方案，将病虫害风险纳入农业气候服务体系统一管理。鉴于 20 世纪 90 年代以来区域气候持续偏暖、近十年(尤其 2011~2020 年经订正后)增温趋势尤为显著，全球变暖与城市化进程的双重驱动将使这一趋势在未来一段时期内延续。建议农业主管部门将气候变化情景预估成果系统纳入区域农业中长期发展规划，研究建立农业气象灾害保险补偿机制，从政策与制度层面切实提升农业生产系统对气候变化风险的整体抵御能力，保障粮食安全与农业可持续发展目标的协同实现。

基金项目

河北省廊坊市气象局 2024 年项目(202405)。

参考文献

- [1] 唐启龙. 华北平原区地下水储量及干旱时空演化特征与驱动因素分析[D]: [硕士学位论文]. 廊坊: 防灾科技学院, 2025.
- [2] 代家玮. 全球气候治理背景下人与自然生命共同体构建研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2023.
- [3] 刘长松. 中国气候安全评价指标体系构建、风险评估与适应策略[J]. 阅江学刊, 2025, 17(4): 43-61+171.
- [4] 秦大河. 气候变化科学与人类可持续发展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(7): 874-883.
- [5] 张强, 韩永翔, 宋连春. 全球气候变化及其影响因素研究进展综述[J]. 地球科学进展, 2005(9): 990-998.
- [6] 樊星, 秦圆圆, 高翔. IPCC 第六次评估报告第一工作组报告主要结论解读及建议[J]. 环境保护, 2021, 49(Z2): 44-48.
- [7] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003(S1): 1-10.
- [8] 高雅丽. 2024 天气事件盘点: 极端高温成为常态[N]. 中国科学报, 2025-01-14(001).
- [9] 冯亚仁, 青木, 丁雅楠, 等. 北半球极端高温天气引担忧[N]. 环球时报, 2023-06-26(016).
- [10] 梁雅楠. 京津冀地区极端高温和降水事件的变化特征及未来气候情景预估[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京建筑大学, 2023.
- [11] 张国华, 张江涛, 金晓青, 等. 京津冀地区城市高温的气候特征及城市化效应[C]//中国气象学会. 第 28 届中国气象学会年会——S7 城市气象精细预报与服务. 2011: 421-432.
- [12] 郑祚芳, 苗世光, 范水勇, 等. 京津冀城市群未来发展情景气候效应模拟[J]. 南京大学学报(自然科学), 2014, 50(6): 772-780.
- [13] 苗世光, 蒋维楣, 梁萍, 等. 城市气象研究进展[J]. 气象学报, 2020, 78(3): 477-499.
- [14] 查富康. 局地气候分区视角下的京津冀城市群高温风险评估[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2024.
- [15] 王玉洁, 林欣. 京津冀城市群气候变化及影响适应研究综述[J]. 气候变化研究进展, 2022, 18(6): 743-755.
- [16] 张娟, 闫利霞, 赵晓飞. 霸州基本站迁站对比观测数据分析[J]. 现代农业科技, 2016(6): 213-215.
- [17] 张尚印, 张海东, 徐祥德, 张德宽, 廖要明, 宋艳玲. 我国东部三市夏季高温气候特征及原因分析[J]. 高原气象, 2005, 24(5): 829-835.
- [18] 许启慧, 邵丽芳, 高旭旭, 等. 1980 年以来京津冀地区群发性高温过程的变化特征[J]. 热带气象学报, 2025, 41(2): 236-244.
- [19] 施洪波. 华北地区高温日数的气候特征及变化规律[J]. 地理科学, 2012, 32(7): 866-871.
- [20] 张兴山, 王媚怀, 赵亮, 等. 1960-2020 年京津冀高温热浪时空分布特征[J]. 气象与减灾研究, 2022, 45(3): 179-186.
- [21] 刘晓英. 城市的五岛效应和风的特征分析[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(4): 121-123.
- [22] 许小峰. 华北“炙烤”模式会成为新常态吗? [N]. 中国科学报, 2025-05-26(3).
- [23] 中国气象局. 中国气候变化蓝皮书(2026) [R]. 北京: 中国气象局, 2026.