

金昌市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温变化特征及对农作物的影响

刘腾娇, 刘小瑛, 张军鹏, 陈文博, 黄建文

(金昌市气象局, 甘肃 金昌 737100)

摘要: 通过探究金昌市气候变化背景下活动积温 ($\geq 10^{\circ}\text{C}$) 对农作物生长的影响, 因地制宜地安排作物布局、合理部署农业生产。选用金昌市金川区、永昌县 1991—2020 年 30 a 的观测数据, 运用趋势分析法、M-K 突变检验法、五日滑动平均法等气候统计诊断方法对金昌市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温时空变化特征及玉米、春小麦的种植面积、产量进行分析。结果表明, 气候变暖背景下, 金昌市热量条件有较好的改善, 对农作物产生了一定影响, 喜温作物玉米的种植比例和产量显著增加, 喜凉作物春小麦的种植比例减少。金昌市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、积温持续日数总体呈波动增加的趋势, 但金川区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温持续日数的增加主要由初日提前造成, 永昌县由终日延后造成。金昌市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温异常概率较小, 偏高年均年在积温突变之后, 金川区积温突变发生在 1996 年, 永昌县发生在 1997 年。金昌市 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与海拔密切相关, 海拔每升高 100 m, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温减少 $187.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 、终日提前 2.4 d、初日推迟 2.4 d、持续日数延长 5.1 d。

关键词: 趋势分析; M-K 突变检验; 五日滑动平均; 均方差判别; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温

中图分类号: P468

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)02-0159-07

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.02.011

Variation Characteristics of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ Accumulated Temperature and Its Effect on Crops in Jinchang

LIU Tengjiao, LIU Xiaoying, ZHANG Junpeng, CHEN Wenbo, HUANG Jianwen

(Jinchang Meteorological Bureau, Jinchang Gansu 737100, China)

Abstract: This study explored the impact of the $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature values on crop growth under the background of climate change in Jinchang City, aiming to arrange crop layouts and plan agricultural production appropriately. Using 30 years of observational data (1991 to 2020) from Jinchuan District and Yongchang County, Jinchang City's, the study analyzed the spatial and temporal variation characteristics of $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature and the planting area and yields of maize and spring wheat using climate statistical methods such as trend analysis, M-K mutation test, and five-day moving average. Results showed that under the background of climate warming, Jinchang's thermal conditions were improved significantly, affecting crops. The planting proportion and yield of warm-loving crops like maize were significantly increased, while the planting proportion of cool-loving crops like spring wheat were decreased. The $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature and the number of days with accumulated temperature in Jinchang City showed an overall fluctuating increase. However, the increase in the number of days with accumulated temperature in Jinchuan District was mainly caused by an earlier start, while in Yongchang County, it was caused by a later end. The probability of abnormal $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature in Jinchang City was relatively low, with higher-than-usual years occurring after a temperature mutation. The temperature mutation in Jinchuan District occurred in 1996, and in Yongchang County, it occurred in 1997. The $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature in Jinchang City was closely related to altitude. For every 100 meters increase in altitude, the $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature decreased by $187.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, the end day advanced by 2.4 days, the start day was delayed by 2.4 days, and the duration of the accumulated temperature increased by 5.1 days.

Key words: Trend analysis; M-K mutation test; Five-day moving average; Mean square error discrimination; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ accumulated temperature

气候变化是全球关注的热点问题, 联合国气候变化政府间专家委员会指出, 1880—2012 年全球地表平均温度大约增加了 0.85°C , 气候增暖会

引起热量资源的变化, 对农业生产将造成一定的影响^[1]。就甘肃省而言, 气候变暖带来的积温增加及积温带北移东扩使得进入 20 世纪 90 年代后

收稿日期: 2024-06-16; 修订日期: 2024-12-16

基金项目: 金昌市一般社发类项目(2023SF006)。

作者简介: 刘腾娇(1993—), 女, 甘肃会宁人, 工程师, 主要从事气象预报预测、气象服务及气候预测工作。Email: 2457124802@qq.com。

各地作物种植结构均发生很大的变化,具体表现在河西地区玉米和棉花种植比例明显增加,而小麦种植比例明显减少,从主要以小麦为主的粮食作物种植结构演化为以玉米和棉花为主的格局^[2-3]。基于平均气温和活动积温($\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)分析农作物热量资源变化,探究气候变化背景下活动积温的变化值对农作物生长的影响,因地制宜地安排作物布局、合理部署农业生产非常重要^[4-5]。

金昌市别称镍都,地处中国西北地区、甘肃省河西走廊中段、祁连山北麓,地势南高北低,总面积 96 万 hm^2 ,主要种植农作物为玉米和小麦。通过对金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温时空变化特征分析,揭示了气候变化背景下热量资源新格局及其对主要农作物的影响,将对本地现代农业结构规划、农作物品种调整以及农业的定量化评估具有重要意义。

1 资料来源与方法

1.1 资料来源

资料来源于甘肃省金昌气象观测站、永昌县观测站 1991—2020 年的气象观测资料,气候基准值采用 1991—2020 年的平均值。观测数据均来自地面气象记录年报表,相关天气日数的定义和统计方法参照《地面气象观测规范》^[6],农作物的统计来自《永昌县统计年鉴》《金川区统计年鉴》。

1.2 研究方法

1.2.1 Mann-Kendall 突变检验法 M-K 检验法是一种非参数统计检验方法,与参数统计检验方法相比,该方法不需要样本遵从一定的分布规律,也不受少数异常值的干扰,且计算也相对比较简单,是目前比较常用的趋势诊断方法^[7]。用 M-K 检验法对金昌热量要素突变特征进行分析。

1.2.2 线性趋势分析法 用一元线性方程描述线性趋势变化,建立气候变量与其所对应时间的一元线性回归方程。

$$x_i = a + bt_i (i=1, 2, \dots, n),$$

式中, x_i 为 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年积温, a 为回归常数, b 为回归系数, a 和 b 可以用最小二乘进行估计。 b 的符号表示气候变量 x 的趋势倾向, b 值的大小反映上升或下降的速率, t_i 为时间^[8]。

1.2.3 均方差判别法 运用 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温多年平均值(\bar{x})和均方差(δ)判断指标对 x_i 的异常性进行判

断,若 x_i 在 $(\bar{x} \pm \delta)$ 之内为正常年; x_i 在 $(\bar{x} \pm \delta)$ 与 $(\bar{x} \pm 2\delta)$ 之间为偏高或偏低年; x_i 在 $(\bar{x} \pm 2\delta)$ 之外为特高或特低年^[9]。

1.2.4 五日滑动平均法 采用五日滑动平均法计算日均气温,通过 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 界限温度起止日期,并通过初日和终日计算 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温和持续日数^[10],五日滑动平均法具体过程为:在时长为 1 a 的日平均温度序列中,选取任意连续 5 天日平均温度大于或等于某一界限温度最长的一段时期,在第 1 个 5 天中,选取第 1 个日平均温度大于或等于某一界限温度的日期,作为稳定通过某一界限温度的初日,在最后 1 个 5 天中,选取最后 1 个日平均温度大于或等于某一界限温度的日期,作为稳定通过某一界限温度的终日,初日和终日中间的温度之和即为稳定通过某一界限温度的积温^[11-12]。

2 结果与分析

2.1 金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温年际变化特征

2.1.1 初日 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温初日多年平均在 4 月 9 日,最早为 3 月 21 日(2013 年),最晚为 4 月 24 日(2008 年);永昌县初日平均在 4 月 23 日,最早为 4 月 4 日(2008 年),最晚为 5 月 12 日(2014 年)。两地的初日总体呈提前的趋势,但金川初日呈显著提前趋势,变化速率为 4.3 d/10 a,永昌县仅为 0.3 d/10 a(图 1 a)。

2.1.2 终日 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温终日多年平均在 10 月 8 日,最早为 9 月 16 日(2011 年),最晚为 10 月 22 日(2009、2010 年);永昌县终日平均在 9 月 25 日,最早为 9 月 13 日(2002、2018 年),最迟 10 月 21 日(2008 年)。金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温终日变化幅度不大,呈微弱延后的趋势,变化速率为 0.9 d/10 a,近 30 a 提早 2.7 d;永昌县 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温终日变化速率为 3.3 d/10 a,近 30 a 延后 9.9 d,呈显著延后的趋势(图 1 b)。

2.1.3 持续日数 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温持续日数平均为 176 d,最少为 157 d(2011 年),最多为 193 d(2009 年),相差 36 d;永昌县平均 147 d,最少为 120 d(2002 年),最多为 164 d(2009 年)。金川区、永昌县 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的持续日数均表现出增加趋势,变化速率分别为 0.37、0.44 d/10 a(图 1 c)。

2.1.4 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温平均为

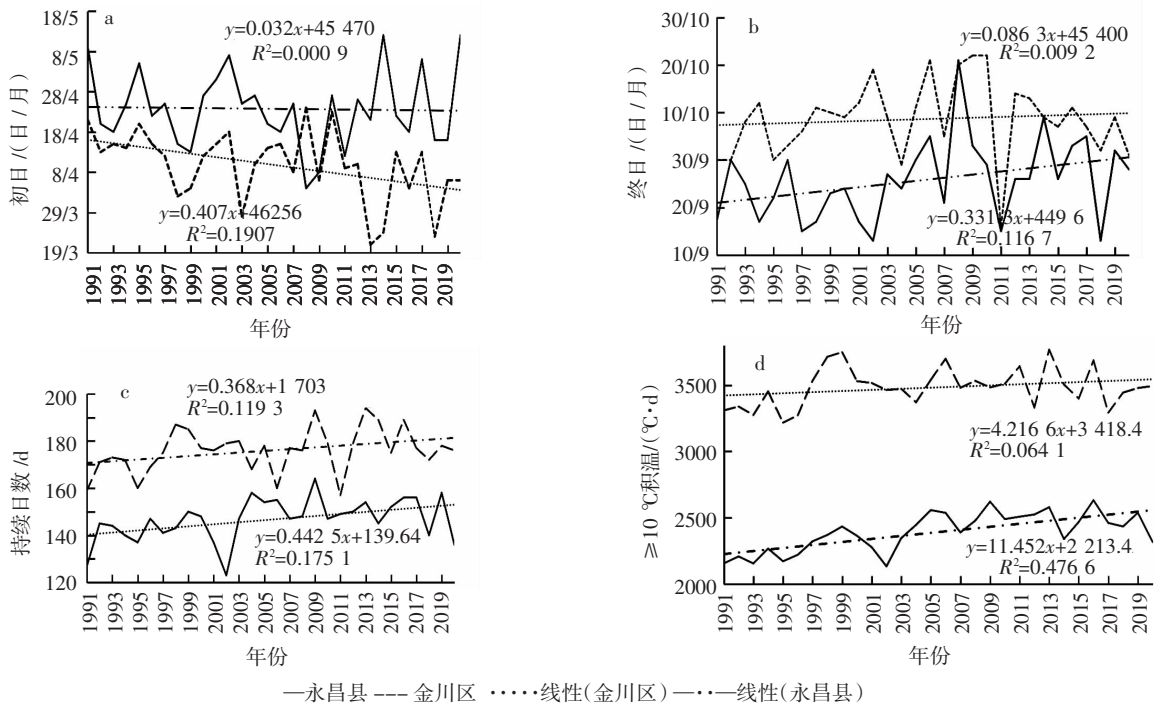
3 483.7 °C·d, 最小值为 3 217.0 °C·d(1995 年), 最大值为 3 768.5 °C·d(2013 年), 两者相差 493.6 °C·d; 永昌县 ≥10 °C 积温平均为 2 386.4 °C·d, 最小值为 2 132.2 °C·d(2002 年), 最大值为 2 632.1 °C·d(2016 年), 两者相差 499.9 °C·d; 金昌市 ≥10 °C 积温总体呈波动上升的趋势, 金川区增加速率为 42.2 °C·d/10 a, 近 30 a 增加 1 266 °C·d, 永昌县增加速率为 116.7 °C·d/10 a, 近 30 a 增加 3 501 °C·d(图 1 d)。

d(图 1 d)。

2.2 金昌市 ≥10 °C 积温年代际变化特征

2.2.1 初日 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代金川区和永昌县的变化并不明显; 21 世纪 00 年代至 10 年代金川区平均提前了 10 d, 永昌县略有延迟(图 2 a)。

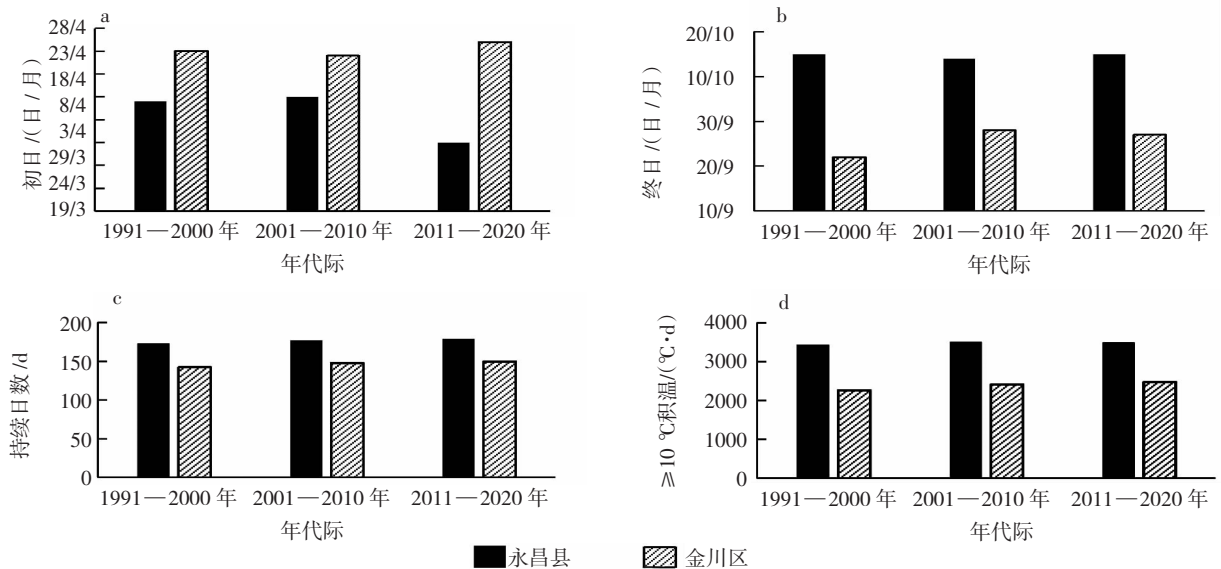
2.2.2 终日 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代金川区基本无变化, 永昌县延后 6 d; 21 世纪 00 年



—永昌县 --- 金川区 ····线性(金川区) ———线性(永昌县)

初日(a)、终日(b)、持续日数(c)、≥10 °C积温(d)

图 1 金昌市 ≥10 °C 积温年际变化



初日(a)、终日(b)、持续日数(c)、≥10 °C积温(d)

图 2 金昌市 ≥10 °C 积温年代际变化

代至 10 年代金川区、永昌县均无变化(图 2 b)。

2.2.3 持续日数 各年代金昌市均表现出增加的趋势, 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代变化更为明显, 21 世纪 00 年代至 10 年代进入平稳期(图 2 c)。

2.2.4 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 从图 2 d 可知, 金川区 20 世纪 90 年代 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温平均值为 $3\ 439.5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 21 世纪 00 年代 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 平均积温为 $3\ 507.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 较 20 世纪 90 年代上升了 $67.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 21 世纪 10 年代 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 平均积温为 $3\ 504.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 较 21 世纪 00 年代持平, 较 20 世纪 90 年代增加 $64.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。永昌县 20 世纪 90 年代 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 平均积温为 $2\ 266.0\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 21 世纪 00 年代 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 平均积温为 $2\ 413.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 较 20 世纪 90 年代上升了 $147.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 21 世纪 10 年代 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 平均积温为 $2\ 479.7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 较 21 世纪 00 年代上升 $66.3\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 较 20 世纪 90 年代增加 $213.7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 增幅明显。

2.3 金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温突变分析

2.3.1 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温突变分析 从 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积

温累积距平曲线(图 3 a)可以看出, 金川区累积距平近 30 a 呈波动上升的趋势, 1991—1996 年积温累积距平均为负距平, 且呈下降的趋势, 1996 年以后以正距平为主, 且呈上升的趋势, 表明 1996 年为 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温的主要转折年。对近 30 a 积温进行 M-K 突变检验(图 3 b), 正序列特征曲线(UF)与反序列特征曲线(UB)在 1996 年相交于信度之间, 通过 0.05 显著性检验, 与累积距平变化转折年份一致。 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温突变后(1997—2020 年)较突变前(1991—1996 年)增加 $215.9\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。从 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温持续日数累积距平变化曲线(图 4 a)可以看出, 金川区 1991—1996 年持续日数以负距平为主, 呈下降趋势, 1996 年之后累积距平总体呈上升趋势, 且以正距平为主, 表明 1996 年为 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温持续日数的转折年。突变后(1997—2020 年)较突变前(1991—1996 年)增加 10.9 d。

2.3.2 永昌县 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温突变分析 运用同样的方法对永昌县 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温进行 M-K 突变分析结果可知, 永昌县 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温突变出现在 1997 年, 突

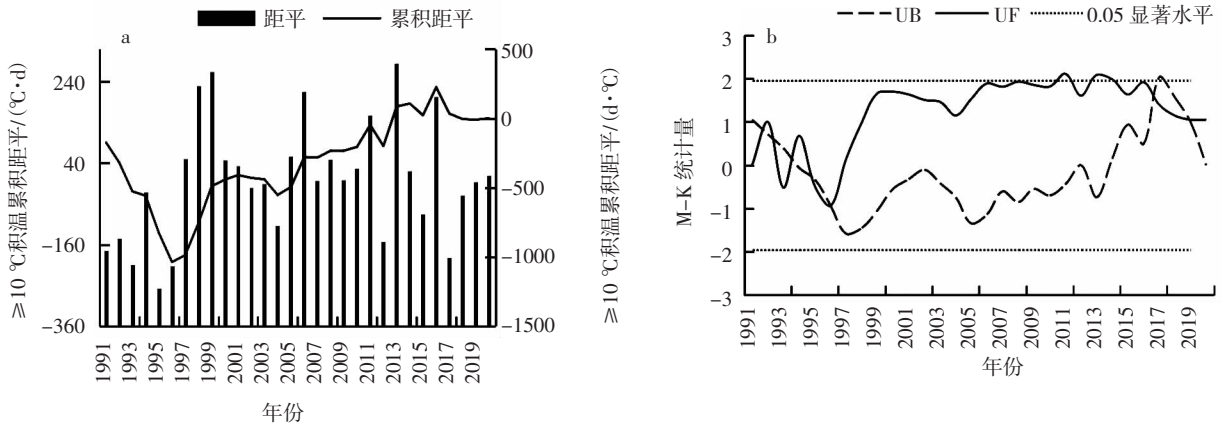


图 3 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温累积距平(a)及 M-K 突变检验(b)

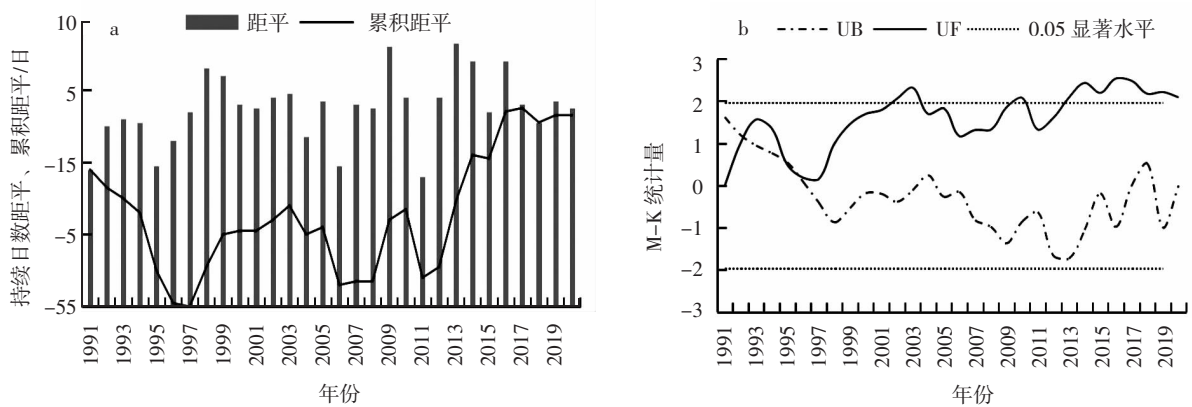


图 4 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 持续日数累积距平(a)及 M-K 突变检验(b)

表 1 金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温异常年

地名	偏高年份	偏低年份	正常年份	特低年份
金川区	1998、1999、2003、 2006、2011、2013、 2016	1993、1995、 1996、2012、 2017	1991、1992、1994、2000、2001、2002、2004、2005、 2007、2008、2009、2010、2014、2015、2018、2019、 2020	
永昌县	2005、2009、2013、 2015、2016	1993、1995	1991、1992、1994、1996、1997、1998、1999、2000、 2001、2003、2004、2006、2007、2008、2010、2011、 2012、2014、2017、2018、2019、2020	2002

表 2 金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温的平均值

地名	经度 $^{\circ}$	纬度 $^{\circ}$	海拔 /m	初日 /(日/月)	终日 /(日/月)	持续日数 /d	积温 /($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$)
金川区	102.28	38.53	1 508.9	9/4	8/10	176	3 483.7
永昌县	101.97	38.23	2 093.9	23/4	25/9	146	2 386.4

变后(1998—2020年)较突变前(1991—1997年)增加 $225.6\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 积温持续日数突变后较突变前增加 8.3 d 。

2.4 金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温异常分析

对金川区、永昌县近 30 a $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温进行均方差判别, 并统计积温异常年结果(表 1)表明, 金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温正常年为 18 a, 概率为 60.0%; 偏低年 5 a, 概率为 16.7%; 偏高年 7 a, 概率为 23.3%。对永昌县近 30 a $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温进行均方差判别, 并统计积温异常年, 结果表明, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温正常年为 22 a, 概率为 73.3%; 偏低年 2 a, 概率为 0.7%; 偏高年 5 a, 概率为 16.7%; 特少年仅有 1 a (2002 年)。积温异常年并没有明显的年际及年代际的变化特征, 偏高年均发生在积温突变之后。

2.5 积温与海拔的关系

由表 2 可看出, 积温、持续日数随海拔的升高递减, 初日随海拔的升高推迟, 终日则相反, 随海拔升高提早。金昌市海拔每升高 100 m , $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温减少 $187.6\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 终日提早 2.4 d ; 初日推迟 2.4

d; 持续日数延长 5.1 d 。殷雪莲等^[13]的研究表明, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温与海拔密切相关。

3 积温变化对主要作物的影响

3.1 积温变化对主要作物种植面积的影响

气候变暖使作物种植格局发生较大演变^[14], 调查发现, 1990—2005 年金昌市的主要种植作物结构发生了改变, 金川由小麦变为小麦、玉米; 永昌由小麦变成了小麦、油菜^[12]。金昌市种植的主要农作物为春小麦和玉米, 且 80% 的作物在永昌县种植。用春小麦、玉米作为喜凉作物、喜温作物的代表进行分析, 1991—2020 年金昌市玉米的种植面积呈显著性增加趋势, 金川区、永昌县的增加速率分别为 0.36 万 、 $0.62\text{ 万}\text{ hm}^2/10\text{ a}$, 但金川区春小麦种植面积略有减少。永昌县主要农作物的种植面积均呈增加的趋势, 玉米种植比例显著增大(图 5)。说明在气候变暖背景下, 农作物的种植结构发生了调整, 喜温的玉米种植比例迅速扩大。

3.2 积温变化对主要农作物产量的影响

从图 6 可知, 主要农作物的产量均呈增加趋

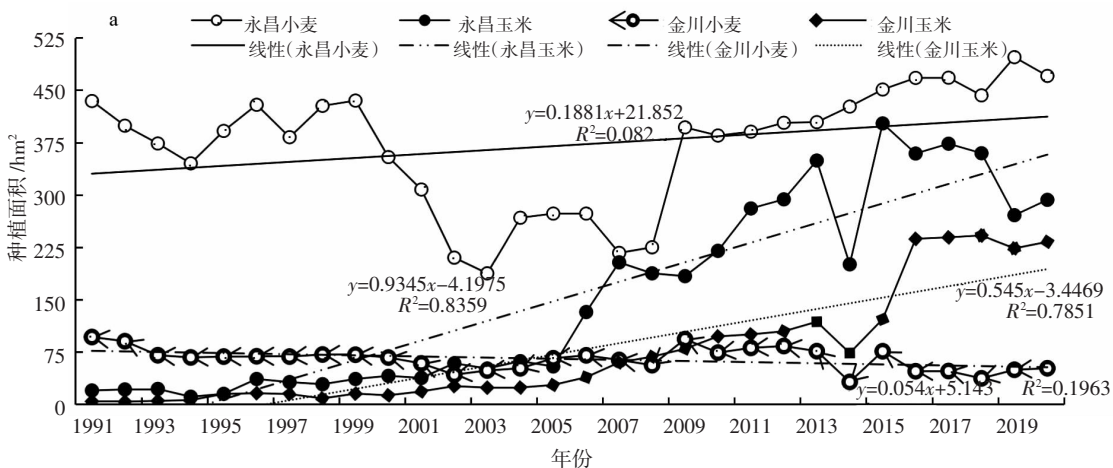


图 5 金昌市春小麦、玉米的播种面积

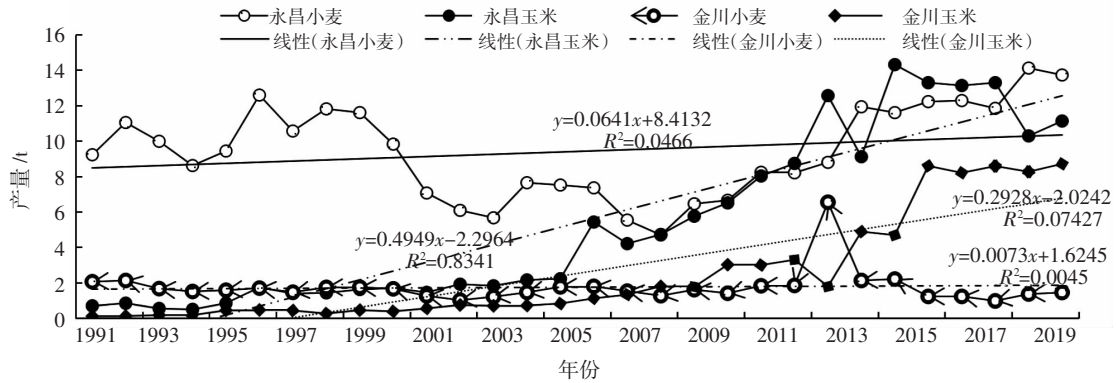


图 6 金昌市春小麦、玉米的产量

势，玉米增产更为明显，永昌县速率为 4.95 t/10 a，金川区为 2.93 t/10 a；金川区小麦的产量基本稳定。说明了气候变暖，积温的增加会对农作物产量产生一定影响，对发展喜温的高产作物非常有利，这与曹玲等^[15]的研究结果一致。金昌市 3 月气温近 10 a 异常偏高，春季气温回升较快(金昌市气象局提供)，使得玉米适播期提前，因此，应适时早播，金川区的积温初日显著提前，永昌终日延后，金川区的玉米应考虑更早播种，永昌县可根据长短期气候预测，适当提早播种，以提高农作物产量。近 30 a 金昌市春小麦的播种面积和产量的增加速率均不明显，应适当减少种植比例，或者先在金川区尝试种植冬小麦。

4 讨论与结论

受全球气候变化影响，近年来极端天气比常年更频发，给农业生产造成了极大的威胁和损失^[4, 16-17]。通常以日平均气温稳定通过 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的持续天数作为划分气候带的主要指标，反映某区喜温作物气候生长期的长短，是决定喜温作物生长和分布的重要指标之一。甘肃省从南到北分为北亚热带和温带，温带再细分为暖温带和中温带。在气候变暖背景下，气候带的分布呈现出整体向高海拔扩张和高纬度北移的趋势^[3]。按照中国气候区划新方案对不同气候带的划分指标，结合 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温研究发现金川区属于暖温带干旱区，永昌属于中温带半干旱区^[18]，若是气候持续增暖，金昌市的暖温带地区将扩大。张强等^[19]研究表明，气候变暖对越冬作物的冬前生长发育及喜温作物和喜热作物的全生育期生长发育均比较有利。根据我国气象专家预测，21 世纪我国气候将明显继续变暖^[20-22]，气候变暖将使农作物生长活动 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$

以上的积温增加，对发展喜温的高产作物非常有利。因此，可以进一步扩大玉米种植面积和种植比例，提高粮食总产水平。虽然未来气候将呈持续变暖趋势，但仍会有相对低温年份。由于玉米对热量资源的要求较高^[23]，应在低温年型降低玉米种植比例，增暖年型在原有基础上加大种植面积。

气候变暖使得金昌市热量资源改善，对农作物产生了一定影响，主要影响了玉米种植比例和产量。永昌县农作物种植面积和产量均增加，金川区小麦的种植比例和产量增幅很小，说明永昌县的气候对农作物的种植更为适宜。从提升经济效益和优化作物种植的角度考虑，金昌应减少春小麦的种植面积，加大玉米的种植面积，或者尝试冬小麦的种植；应适时提早播种，以提高玉米产量。气候变暖虽是不争的事实，但还是会出现相对低温时段，应根据不同的气候年适当调整玉米的种植结构和种植比例。

金昌市 1991—2020 年 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温总体呈波动上升的趋势，永昌县的增加速率是金川区的 2.8 倍； $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温持续日数呈增加的态势，但金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温持续日数的增加主要由初日提前引起，永昌县则由终日延后造成。金川区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温平均为 $3\ 483.7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ，永昌县为 $2\ 386.4\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温突变金川发生在 1996 年，永昌发生在 1997 年，表现出局地特征。金川区和永昌县 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温年代际变化并不完全一致，20 世纪 90 年代均表现出显著增加的趋势，21 世纪 10 年代下降，21 世纪 00 年代金川区增加缓慢，永昌仍显著增加。金川区积温增加 20 世纪 90 年代贡献最大，永昌县 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代均有显著贡献。金川区与永昌县 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温正常年最多，概率

为 60% 以上, 偏低年和偏高年概率小, 金川区近 30 a 并无特高和特低年, 永昌县 2002 年为特低年, 偏高年均发生在积温突变之后。 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温与海拔密切相关。积温大小、持续日数随海拔的升高递减, 初日随海拔的升高推迟, 终日则相反, 随海拔升高提早。金昌市 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温随海拔每升高 100 m, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温减少 $187.5\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$; 终日提早 2.4 d; 初日推迟 2.4 d; 持续日数延长 5.1 d。随着气候持续变暖, 金昌市的气候区可能会发生变化, 具体表现为暖温带区域扩大。

本文根据近 30 a 积温变化及农作物种植面积、产量, 对规划不同地域种植结构、调整玉米种植比例给出了针对性建议, 但针对不同区域定量的种植规划还需做进一步的研究。农业生产活动受多方因素的影响, 气候变化只是影响因素之一, 此外还与农业技术、劳动力、市场和政策等密切相关。以现有的收集资料, 无法单纯研究气候要素变化对农业的影响, 只能初步分析气候变化对金昌农作物产量的影响, 并不能科学分析其对农业实际产量的客观影响规律。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [2] 王鹤龄, 王润元, 张 强, 等. 甘肃省作物布局演变及其对区域气候变暖的响应[J]. 自然资源学报, 2012, 27(3): 413-421.
- [3] 王国强, 张 勃, 张耀宗, 等. 甘肃省近 55 年来积温变化趋势特征分析[J]. 水土保持研究, 2016, 23(5): 193-198.
- [4] 李春艳, 张 慧, 于永奎, 等. 2022 年平罗县气象因子对主要农作物生长发育的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(3): 245-250.
- [5] 张美兰, 郭世乾, 贾蕊鸿, 等. 甘肃省马铃薯种植适宜性评价及影响因素分析[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(8): 731-735.
- [6] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [7] 魏风英. 现代气候诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [8] 闫 俊, 王海功, 李红梅. 气候变暖背景下安徽气温变化趋势分析[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(36): 13953-13955; 13971.
- [9] 胡启瑞, 谷 然, 李新建, 等. 1987—2020 年石子棉区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温变化特征分析[J]. 沙漠绿洲与气象, 2023, 17(1): 171-175.
- [10] 张 茹, 杜金玲, 马秀枝, 等. 大兴安岭林区 1970—2019 年积温的时空变化特征[J]. 中国农学通报, 2023, 39(19): 93-101.
- [11] 孟艳灵, 殷淑燕, 杨 锋, 等. 晋陕蒙地区 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温的时空变化特征[J]. 中国农业气象, 2016, 37(6): 615-622.
- [12] 孟艳灵. 1960—2015 年晋陕蒙地区农业水热气候条件时空变化研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2017.
- [13] 殷雪莲, 何金梅, 郭萍萍. 河西走廊 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 界限温度演变特征及其对玉米生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(6): 236-243.
- [14] 邓振镛, 张 强, 刘德祥, 等. 气候变暖对甘肃种植业结构和农作物生长的影响[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 627-632.
- [15] 曹 玲, 邓振镛, 窦永祥, 等. 气候变暖对河西走廊绿洲灌区玉米产量影响及对策研究[J]. 西北植物学报, 2008(5): 1043-1048.
- [16] 张 新, 谢翠婷, 周慧僚. 浅析天峨县 2021 年气象条件对农业生产的影响[J]. 农业灾害研究, 2022, 12(8): 94-96.
- [17] 马 锐, 江 敏, 石春林. 气候变化对农业影响评价研究进展[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 16-19.
- [18] 郑景云, 尹云鹤, 李炳元. 中国气候区划新方案[J]. 地理学报, 2010, 65(1): 3-12.
- [19] 张 强, 邓振镛, 赵映东, 等. 全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 1210-1218.
- [20] 韩林君, 白爱娟, 蒲学敏. 基于 CMIP6 的祁连山气候变化特征预估[J]. 高原气象, 2022, 41(4): 864-875.
- [21] 何雨琴, 范立张, 杨晓鹏, 等. 云南省甘蔗冻害风险分布及未来趋势预估[J]. 气象与环境科学, 2023, 46(2): 58-66.
- [22] 苏正娥, 刘志娟, 杨婉蓉, 等. 未来气候变化情景下东北地区中晚熟春玉米机械粒收气候适宜区分析[J]. 中国农业气象, 2023, 44(8): 649-663.
- [23] 韩耀杰, 彭记永, 张溪荷, 等. 气候变化背景下河北夏玉米生长季热量资源利用率[J]. 干旱气象, 2023, 41(4): 639-647.