

陈萍, 聂成, 张新, 等. 博州地区近 30 年热量资源变化对棉花生育期的影响[J]. 陕西气象, 2024(1): 60-65.

文章编号: 1006-4354(2024)01-0060-06

# 博州地区近 30 年热量资源变化对棉花生育期的影响

陈萍<sup>1</sup>, 聂成<sup>2</sup>, 张新<sup>1</sup>, 买合比巴<sup>1</sup>

(1. 博尔塔拉蒙古自治州气象局, 新疆博乐 833400; 2. 襄阳市气象局, 湖北襄阳 441021)

**摘要:** 利用博乐市、精河县 2 个国家基本气象站 1991—2020 年气象资料, 采用相关分析、气候倾向率、突变检验等统计分析方法分析了近 30 a 博州地区热量资源变化对棉花生育期的影响。结果表明: (1) 棉花生育期月平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温呈明显上升趋势,  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日数呈缓慢增加趋势; 初霜期延后, 终霜期提前, 无霜期延长; 日照时数呈缓慢增加趋势。(2) 棉花生育期平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温、无霜期的突变, 博乐分别发生在 2005、2008、2008 年, 精河分别发生在 2005、2005、2011 年, 突变后两地平均气温分别增加 0.6、1.2  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温分别增加 247.1、334.4  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ , 无霜期分别延长 13.6、11.4 d; 棉花生育期日数呈现增加趋势, 博乐市、精河县变化趋势率分别为 1.9、7.5 d/10 a。(3) 相关分析表明, 平均气温、 $10^{\circ}\text{C}$  积温越高, 棉花各发育期越提前, 生育期越长;  $35^{\circ}\text{C}$  高温日数越多, 现蕾期、开花期、裂铃期越提前; 无霜期越长、日照条件越好, 对棉花生长越有利。(4) 气候变化对博州地区棉花生产以有利为主。

**关键词:** 博尔塔拉蒙古自治州; 棉花; 生理发育; 热量资源变化

**中图分类号:** S162.5

**文献标识码:** A

近年来, 受全球气候变暖的影响, 博尔塔拉蒙古自治州(简称博州)也经历着同样的变暖趋势。气候变暖及其对农业的影响受到了国内外专家学者的广泛关注。中国西北地域广阔, 气候变化对西北地区农作物生理生态、生长发育、种植结构和地理分布、土壤水分和气象灾害等已产生了显著的影响<sup>[1]</sup>。气候资源是农业自然资源的重要组成部分, 气候变化是评价气候生产力、农业气候资源的判据之一<sup>[2-3]</sup>。有学者研究表明, 近 50 年新疆气候变暖, 热量条件呈增加趋势<sup>[4-7]</sup>。

博州地处北半球中纬度地区, 处于欧亚大陆腹地, 远离海洋, 属大陆性干旱气候。受全球气候变暖的影响, 博州地区极端天气多发频发, 阶段性高温与低温、大风、冰雹等气象灾害的出现频率相对加大。棉花是博州主要经济作物之一, 产值占

种植业产值的 54%, 种植收入占农民人均纯收入的 51%。目前, 针对北疆偏西地区热量资源变化与棉花生育期关系的研究较少。利用博州博乐市、精河县 2 个国家基本气象站 1991—2020 年气象资料和棉花生育期(4—10 月)数据来分析热量资源与棉花生长发育的变化特征, 进一步精确反映气候变化对棉花生长发育的影响, 为北疆偏西地区指导棉花生产与气象服务提供一定的参考依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

所采用的气象数据来自博乐市、精河县国家基本气象站 1991—2020 年棉花生长发育期间(4—10 月)的日平均气温, 日照时数,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温的初日、终日、持续时间,  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日

收稿日期: 2022-09-26

作者简介: 陈萍(1975—), 女, 汉族, 江苏扬州人, 本科, 高工, 从事农业气象服务与中短期天气预报技术研究。

基金项目: 兰州市气象局青年科技基金(Qn2023-03)

数。棉花生育期(播种—出苗—现蕾—开花—裂铃—吐絮—停止生长)采用 1991—2020 年 4—10 月博乐市、精河县植棉区棉花观测地段农业气象观测数据。博乐市、精河县 1991—2020 年植棉区棉花种植面积、产量数据由博州统计局提供。

## 1.2 研究方法

运用数理统计方法对气象观测数据、棉花农业气象观测数据进行时间序列相关分析。根据棉花播种至停止生长期(4—10 月)的气象数据,运用气候倾向率法计算气象要素的变化趋势率,要素随时间的变化采用一元线性回归方程定量描述,方程中的常数项与回归系数可用最小二乘法确定。采用 Mann-Kendall(M-K)非参数检验法对棉花生育期平均气温、 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温、无霜期进行突变检验。采用 SPSS26 软件,对  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温、积温起止日、积温持续时间、平均气温、 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  高温日数、无霜期等气象数据以及棉花各发育期进行时间序列的相关统计量分析,选用单样本  $t$  检验进行显著性检验<sup>[8]</sup>。选用 Pearson 计算方法计算相关系数,并对相关系数进行显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 热量资源变化特征及其与棉花发育期的关系

2.1.1 气温 由图 1 可知,博州植棉区 1991—2020 年 4—10 月平均气温的气候变化呈增加趋势,变化趋势率博乐  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,精河  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。经 M-K 检验,平均气温在 2005 年后发生增温突变,博乐 2005 年前较常年平均气温偏低  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,2005 年后偏高  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,精河 2005 年前较常年平均气温偏低  $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,2005 年后偏高  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,突变后两地分别增温  $0.6、1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。博乐棉花播种—吐絮各发育期与平均气温呈负相关,相关系数分别为  $-0.601、-0.321、-0.388、-0.533、-0.635、$

$-0.713$ 。其中,现蕾期与平均气温相关系数通过  $0.05$  显著性检验,开花期、裂铃期、吐絮期与平均气温通过  $0.01$  的显著性检验。停止生长期、生育期与平均气温呈正相关。精河棉花播种期、开花期与平均气温呈负相关,停止生长期、生育期与平均气温呈正相关,相关系数分别为  $-0.589、-0.424、0.451、0.444$ 。其中,播种期与平均气温相关系数通过  $0.01$  的显著性检验,其他 3 个发育期通过  $0.05$  的显著性检验。出苗期、吐絮期与平均气温呈负相关,现蕾期、裂铃期与平均气温呈正相关。

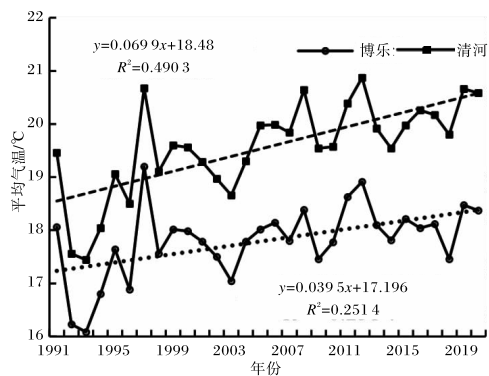


图 1 1991—2020 年 4—10 月博乐市、精河县平均气温变化趋势

2.1.2  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温 博州植棉区 1991—2020 年 4—10 月  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温呈增加趋势(图 2),其空间分布与平均气温分布一致,呈自西向东增多趋势,变化趋势率博乐  $148.8(\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{d})/10\text{ a}$ ,精河  $200.9(\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{d})/10\text{ a}$ 。积温起日呈明显提前趋势,变化趋势率博乐  $-7.3\text{ d}/10\text{ a}$ ,精河  $-4.8\text{ d}/10\text{ a}$ ;积温止日,博乐呈略提前趋势( $-1.2\text{ d}/10\text{ a}$ ),精河略有延后( $0.5\text{ d}/10\text{ a}$ ),与棉花停止生长期相对应(图 3)。积温持续时间呈延长趋势(图 4),变化趋势率博乐  $6.1\text{ d}/10\text{ a}$ ,精河  $5.3\text{ d}/10\text{ a}$ 。博乐市

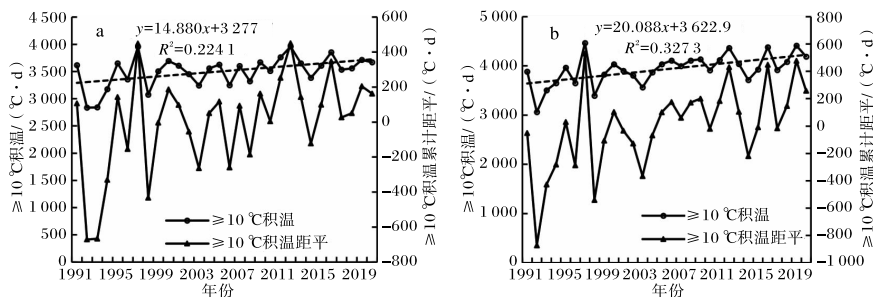


图 2 1991—2020 年 4—10 月博乐市(a)、精河县(b)  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温变化特征

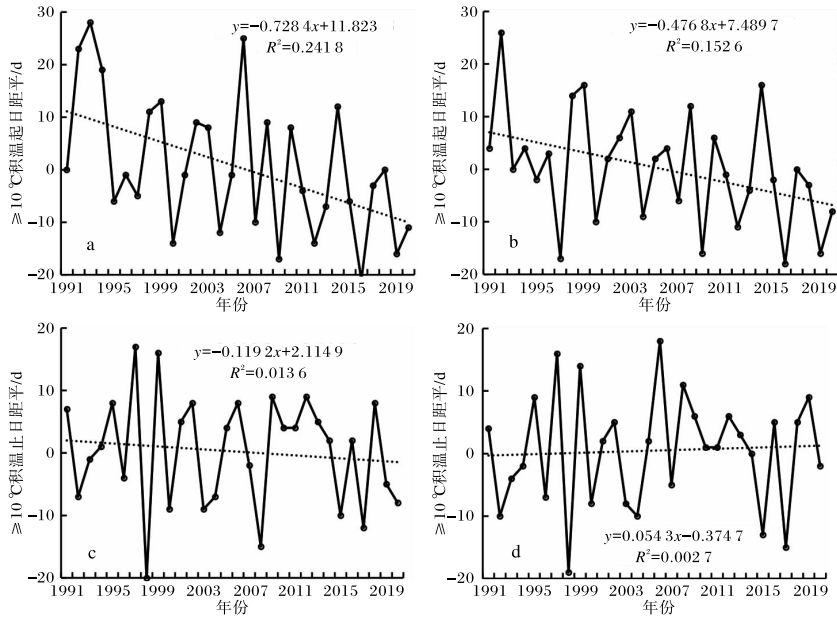


图3 1991—2020年4—10月博乐市(a,c)、精河县(b,d)  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温起日、止日距平变化特征

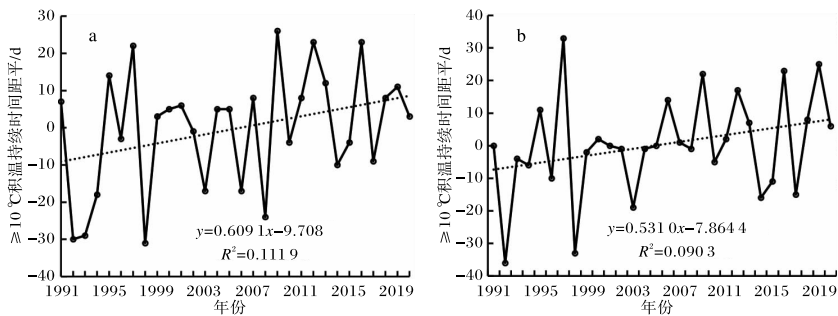


图4 1991—2020年4—10月博乐市(a)、精河县(b)  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温持续时间距平变化特征

$\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温持续时间距平、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温止日距平和精河县 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温持续时间、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温起日距平、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温止日距平变化趋势通过0.05的显著性检验。经M-K检验,博乐 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温突变发生在2008年,精河突变发生在2005年,突变后,博乐积温增加247.1 $^{\circ}\text{C}$ ,精河增加334.4 $^{\circ}\text{C}$ 。积温起日与播种期、积温止日与停止生长期、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温与生育期呈正相关。其中,博乐积温起日与播种期相关系数0.430,精河 $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温与生育期相关系数0.448,均通过0.05的显著性检验。

2.1.3  $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日数 1991—2020年博乐市、精河县国家基本气象站 $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日数表明, $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日数呈缓慢增加趋势(图5),变

化趋势率博乐0.3 d/10 a,精河0.5 d/10 a,均通过0.05的显著性检验。 $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温在4—9月均有出现,博乐年平均出现9.8 d,精河23.9 d,主要分布在6—8月,其中7月高温日数最多(图略)。 $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日数与现蕾期、开花期、裂铃期呈负相关。其中,精河 $\geq 35^{\circ}\text{C}$  高温日数与开花期相关系数-0.449,通过0.05的显著性检验,与裂铃期相关系数-0.537,通过0.01的显著性检验。

2.1.4 日照时数 博州植棉区日照时数呈波动缓慢增加趋势,变化趋势率博乐18.8 h/10 a,精河12.5 h/10 a(图6),均通过0.05的显著性检验。日照时数增加有利于棉花光合作用提高。1991—2020年4—10月博乐植棉区日照时数偏少的年份较多,出现19 a;精河日照时数偏少年份

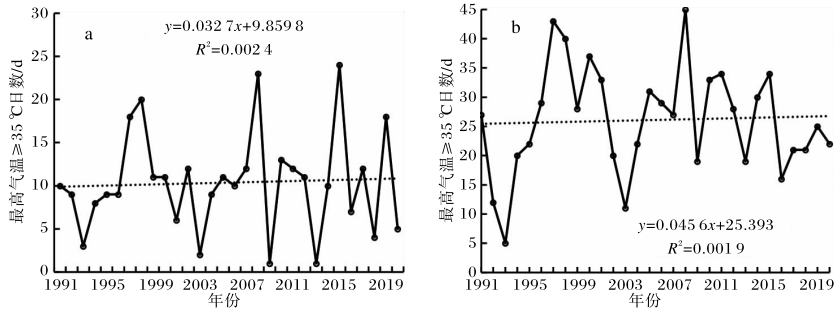


图5 1991—2020年博乐市(a)、精河县(b)≥35℃高温日数变化趋势

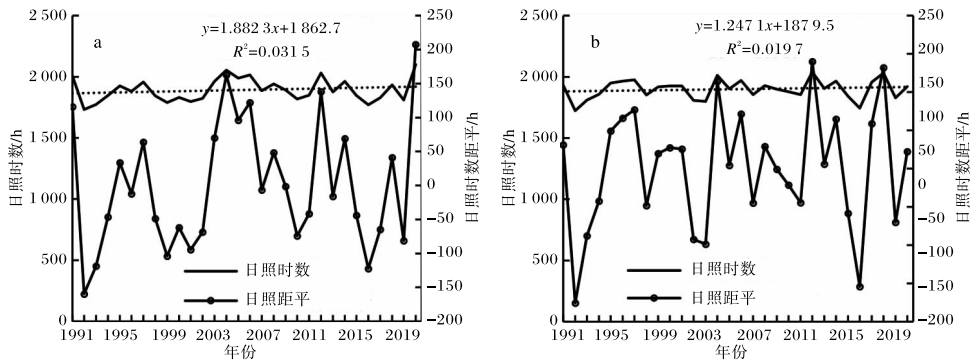


图6 1991—2020年4—10月博乐市(a)、精河县(b)日照时数变化特征

为 13 a。日照时数呈波动缓慢变化,没有发生突变。日照时数与棉花播种至吐絮各发育期呈负相关。其中,博乐日照时数与播种期、裂铃期、吐絮期相关系数为 $-0.503$ 、 $-0.487$ 、 $-0.457$ ,通过 0.01 的显著性检验;精河日照时数与棉花吐絮期相关系数 $-0.468$ ,通过 0.05 的显著性检验。博乐、精河日照时数与棉花停止生长期呈正相关。

2.1.5 初霜期、终霜期、无霜期 统计分析 1991—2020 年气象资料得出(图略):植棉区终霜日呈提前趋势,变化趋势率博乐 $-4.7$  d/10 a,精河 $-4.0$  d/10 a;初霜日延后,变化趋势率博乐 $1.2$  d/10 a,精河 $2.1$  d/10 a;无霜期延长,变化趋势率博乐 $5.9$  d/10 a,精河 $6.1$  d/10 a。两地初霜期、终霜期、无霜期变化趋势率均通过 0.05 的显著性检验。经 M-K 检验,无霜期突变年博乐为 2008 年,精河为 2011 年,突变后两地分别增加 13.6 d、11.4 d,无霜期增长明显。棉花终霜期与播种期、初霜期与停止生长期、无霜期与生育期均呈正相关,其中,精河无霜期与生育期相关系数通过 0.01 的显著性检验。

## 2.2 生育期变化特征

统计分析博乐、精河棉花生育期(播种—停止

生长期)及各发育期持续时间的变化趋势发现,特殊的气象条件可能致使发育期提前或推迟<sup>[9]</sup>。博州植棉区生育期持续时间自西向东增加,博乐 172.8 d,精河 177.5 d,线性变化呈增加趋势,变化趋势率博乐 2.0 d/10 a,精河 7.5 d/10 a。从表 1 可看出,博乐植棉区播种、出苗、现蕾、开花、裂铃、吐絮六个发育期均呈提前趋势,除播种期外其他 5 个发育期均通过 0.05 的显著性检验。精河植棉区播种、出苗、开花三个发育期呈提前趋势,现蕾、裂铃、吐絮三个发育期呈延后趋势,除裂铃期外其他 5 个发育期通过 0.05 的显著性检验。停止生长期,博乐呈略提前趋势,精河呈延后趋势,均通过 0.05 的显著性检验,与生育期持续时间显著增加相对应。

## 3 气候变化对棉花生产的影响

棉花是喜光喜温作物,适宜在较充足的光照条件下生长。从平均气温出现突变年看,2005 年前,棉花各发育期较常年延后,生育期偏短;2005 年后棉花各发育期较常年提前,生育期偏长。平均气温升高使棉花各发育期相应提前。5 月,棉花处于出苗—五叶期,博乐、精河平均气温呈略升

表 1 1991—2020 年博乐市、精河县棉花各生育期变化趋势率 单位:d/10 a

站名	播种	出苗	现蕾	开花	裂铃	吐絮	停止生长	生育期
博乐	-3.8	-2.1**	-4.1**	-2.9**	-1.9**	-0.5**	-1.9**	1.9**
精河	-2.1**	-1.5**	2.2**	-0.6**	2.8	0.6**	5.1**	7.5**

注: \*\* 表示通过 0.05 的显著性检验。

高趋势,1991—2020 年多数年份 5 月平均气温在 18~22 °C,适宜的气温保证了幼苗对热量条件的需求和出苗率,但冷空气活动较多年份易造成大风掀膜、幼苗冻伤等灾害。6—8 月棉花处于现蕾—裂铃期,温度高、光照足,对棉桃增大、棉绒增长、衣分增高均有积极作用。植棉区夏季平均气温呈增加趋势,变化趋势率博乐 0.4 d/10 a,精河 0.7 d/10 a。此时是棉花生理活动最强的时期,平均气温升高充分满足了棉花生长发育所需的热量条件。9—10 月棉花处于吐絮—停止生长期,气温偏高使棉花吐絮早,易采收,利于丰产。对比气象资料发现,2012—2019 年,精河棉花在裂铃、吐絮期连续 8 a 发育期较常年延后,平均分别延后 5、4 d。综合分析其原因,精河 8 月下旬—9 月上旬均有较明显冷空气影响,在气候变暖背景下,阶段性低温事件亦有发生。

一个地区气候冷暖、热量资源多寡对棉花的增产增收有着直接的影响<sup>[10-13]</sup>。植棉区积温增加使棉花生育期变长,能够满足营养生长与生殖生长对热量条件的需求,利于干物质的积累,进而有助于提高棉花的产量。无霜期增加是反映地区热量条件的指标之一,无霜期愈长,说明热量资源越丰富<sup>[4-15]</sup>。博州植棉区终霜期提早,有利于棉花提前播种,春季热量条件的增加,降低了低温冷害及霜冻对棉花幼苗的危害。无霜期增加可延长棉花生育期,有益于提高霜前花产量。博乐植棉区热量条件好的年份在初霜来临前棉花已吐絮完毕并采收,在农业气象观测上记停止生长;因此虽然初霜期延后,但棉花停止生长期提前。

棉花是对环境气象条件极为敏感的作物,通过对博乐、精河植棉区观测站资料分析,从棉花各发育期的距平可以看出,热量资源增加使棉花生长发育进程加快,播种期进程提前,停止生长期延后。棉花适期早播具有一定的积极意义,可使棉

花生长期延长,进行光合作用制造有机养分的时间充裕,提高出苗率,使棉苗获得完全的发育,对后期现蕾、开花、结铃、吐絮等发育期所需的热量积累和光合作用提供时间保障,提高生产能力。热量资源的增加有利于棉花产量提高,1991—2020 年博州棉花单位面积产量呈现显著增加趋势,变化趋势率博乐 346.9(kg/hm<sup>2</sup>)/10 a,精河为 342.5(kg/hm<sup>2</sup>)/10 a。

#### 4 结论与讨论

本文通过分析博州植棉区 30 a 棉花生育期的气候变化特征,客观地反映气候变化对棉花生长发育的影响,初步得到以下结论。

(1)博州植棉区 1991—2020 年 4—10 月平均气温升高;稳定通过 10 °C 积温增加;积温起日提前;积温止日,博乐提前,精河略有延后;积温持续时间延长;≥35 °C 高温日数缓慢增加,主要分布在 6—8 月,其中 7 月高温日数最多。

(2)棉花生育期平均气温、≥10 °C 积温、无霜期的突变,博乐分别发生在 2005、2008、2008 年,精河分别发生在 2005、2005、2011 年;突变后,平均气温升高,≥10 °C 积温增加,无霜期延长。

(3)热量资源变化对博州植棉区棉花的影响总体以有利为主,棉花生育期(播种—停止生长)时间呈增加趋势。博乐棉花播种至吐絮各个发育期均表现为提前趋势;精河棉花播种、出苗、开花期呈提前趋势,现蕾、裂铃、吐絮期呈延后趋势。停止生长期博乐略有提前,精河延后。精河棉花 2012—2019 年连续 8 a 裂铃、吐絮发育期较常年延后,在气候变暖的背景下,仍然会有阶段性低温发生。

(4)棉花播种至裂铃的各发育期与平均气温呈负相关,其中,精河棉花在现蕾期、裂铃期呈正相关,停止生长期、生育期与平均气温呈正相关;10 °C 积温与棉花生育期、积温起日与播种期、积

温止日与停止生长期呈正相关; $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温日数与棉花现蕾期、开花期、裂铃期呈负相关;日照时数与棉花播种至吐絮各发育期呈负相关,与棉花停止生长期呈正相关;初霜期与停止生长期、终霜期与播种期、无霜期与停止生长期均呈正相关。热量条件好,利于棉花早播早发,形成壮苗,减少生长发育遭遇冻害的风险,利于提高棉花的品质和产量。

(5)本研究仅对博州植棉区的热量资源进行探讨,热量资源增加对博州棉花产量和品质的提高有积极作用。后期可就阶段性低温、持续性高温和干旱等气象灾害对棉花生育期的影响进行分析研究,不断完善棉花发育期间的气象灾害指标,以期做到更精准的气象服务。

#### 参考文献:

- [1] 赵鸿,王润元,王鹤林,等. 西北干旱区棉花对气候变化响应的评价指标体系[J]. 干旱气象, 2008, 26(4):29-34.
- [2] 谢舒怀. 1961—2020 年河南省气候变化及其对气候生产力的影响[J]. 陕西气象, 2022(6):42-47.
- [3] 樊纲惟,董立凡,樊洁馨,等. 汉中盆地水稻气候生产潜力分析与评价[J]. 陕西气象, 2017(3):35-38.
- [4] 张青山,普宗朝,李景林,等. 气候变暖背景下新疆无霜冻期时空变化[J]. 资源科学, 2013, 35(9): 1908-1916.
- [5] 李新建,毛炜峰,杨举芳,等. 以热量指数表示北疆棉区棉花延迟型冷害指标的研究[J]. 棉花学报, 2005, 17(2):88-93.
- [6] 刘云涛,肖文俊. 高温胁迫下棉花蕾铃脱落及耐高温育种研究进展[J]. 分子植物育种, 2019, 17(15): 5089-5096.
- [7] 李迎春,谢国辉,王润元,等. 北疆区棉花生长期气候变化特征及其对棉花发育的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2):253-258.
- [8] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预报技术[M]. 2 版. 北京:气象出版社, 2007:1-70.
- [9] 杨利霞,王欣,徐钰,等. 汉中春茶采期预测方法探索[J]. 陕西气象, 2022(6):59-63.
- [10] 毛炜峰,曹占洲,邹陈,等. 新疆棉花播种期气候服务子表分析及应用[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(6):1-5.
- [11] 王雪娇. 气候变化对新疆棉花物候,产量和品质的影响与适应措施[D]. 北京:中国农业大学, 2015.
- [12] 吉春容,白书军,胡启瑞,等. 棉田干旱指标研究进展[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(1):136-143.
- [13] 徐贵青,魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱地理, 2004, 27(1):14-18.
- [14] 薛鹏,李青,杨增军. 近 50 年韩城无霜期气候变化特征分析[J]. 陕西气象, 2022(3):22-28.
- [15] 周守华,刘忠礼,韩欢庆. 新疆博州气象条件对棉花产量的要求[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(2): 70-74.