

程珍,牛建龙,王煜,等.新疆阿拉尔垦区棉花生育期气候资源变化特征分析[J].华中农业大学学报,2023,42(5):178-185.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.05.020

新疆阿拉尔垦区棉花生育期气候资源变化特征分析

程珍¹,牛建龙¹,王煜¹,唐晓璇¹,吴凡²,柳维扬¹,蒋学玮³

1.塔里木大学农学院,阿拉尔 843300; 2.新疆生产建设兵团工程咨询有限责任公司,乌鲁木齐 830002;
3.塔里木大学园艺与林学院,阿拉尔 843300

摘要 为探明气候变暖背景下新疆阿拉尔垦区棉花生育期气候资源动态变化规律,选取1990—2020年新疆阿拉尔垦区棉花生育期数据和同期地面气象数据,采用最小二乘法、Mann-Kendall非参数突变检验、滑动 t 检验和显著性分析方法,对新疆阿拉尔垦区棉花生育期气候资源动态变化及其突变进行了分析。结果显示:1990—2020年新疆阿拉尔垦区棉花全生育期降水量呈极显著增加趋势,相对湿度呈显著减小趋势,分别变化6.377 mm/10 a和1.583%/10 a,最高气温、最低气温、平均气温和积温均呈不显著增加趋势,气温日较差和日照时数均呈不显著减小趋势,主要表现在同期棉花播种—出苗期最高气温、平均气温和积温均呈极显著增加趋势,最低气温呈显著增加趋势;出苗—现蕾期气温日较差呈极显著增加趋势,积温和降水量均呈显著增加趋势;现蕾—开花期最高气温和降水量均呈极显著增加趋势,积温、气温日较差和日照时数均呈极显著减少趋势,平均气温呈显著降低趋势;开花—吐絮期降水量呈极显著增加趋势,气温日较差呈极显著减小趋势,相对湿度呈显著减小趋势;吐絮—停止生长期最高气温、降水量和日照时数均呈极显著增加趋势,其他时段各气候要素变化均不明显。1990—2020年新疆阿拉尔垦区棉花播种—出苗期最高气温、最低气温、平均气温、积温和日照时数分别在2014、1998、2012、1997和1998、2005年出现突变,出苗—现蕾期日照时数在2008年出现突变,现蕾—开花期最高气温、降水量、日照时数和积温分别在2001、2001、2007和2003、2010年出现突变,开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期各气候要素均未发生显著突变。棉农应结合垦区棉花生育期气候资源量值及其动态变化规律适时调整田间管理措施。

关键词 棉花生育期;气候变化;气温;降水量;相对湿度

中图分类号 Q142.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)05-0178-08

IPCC第6次报告指出,2011—2020年间全球地表平均气温比1850—1900年间平均气温高1.09℃^[1],2016—2020年是人类有记录以来最热的5年^[2-3]。中国地表平均气温倾向率为0.24℃/10a^[4],新疆地区地表平均气温倾向率为0.33℃/10a^[5],且南疆地区高于北疆地区^[6],新疆阿拉尔垦区春季地表平均气温倾向率达0.52℃/10a^[7],严重影响作物生长发育进程和气候资源的量值及时间分配^[8-10]。目前,关于作物生育期气候资源动态变化的研究主要集中在水稻^[11]、小麦^[12-14]和玉米^[15]等粮食作物上。韩婉瑞等^[9]认为,我国三大棉区棉花现蕾—开花期和开花—吐絮期高温日呈增加趋势。孙东磊等^[16]认

为,河北省南部、中部和东部棉花全生育期降水量和日照时数均呈减少趋势,播种期和吐絮期平均气温呈显著升高趋势。王鹤龄等^[17]认为,最低气温的升高导致甘肃省西峰市和敦煌市棉花播种—5叶期呈缩短趋势,5叶—现蕾期、吐絮—停止生长期和全生育期均呈延长趋势。以往研究主要通过整个时段来研究区域棉花生育期气候资源动态变化特征,针对南疆地区棉花生育期阶段性气候变化特征的研究较少。本研究重点分析1990—2020年新疆阿拉尔垦区棉花生育期气候资源的动态变化特征及其突变情况,旨在为提高垦区棉田气候变化适应能力提供科学依据。

收稿日期:2022-10-31

基金项目:新疆生产建设兵团财政科技计划项目(2021DB015);新疆生产建设兵团科技创新人才计划项目(2022CB001-07);新疆生产建设兵团科技计划项目(2021DB019);中国农业科学院棉花生物学国家重点实验室项目(CB2021A29);塔里木大学研究生创新项目(TDGR202026);塔里木大学大学生创新创业训练计划项目(2023018)

程珍,E-mail:1550659641@qq.com

通信作者:牛建龙,E-mail:njlzky@163.com

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

南疆阿拉尔垦区(80°30′~81°58′E; 40°22′~40°57′N)位于塔克拉玛干沙漠北缘,光热资源丰富,降水极为稀少,属于典型的暖温带极端干旱荒漠气候带^[7]。20世纪80年代以来,垦区棉花种植面积逐年增大,至2019年达155 006 hm²,占垦区农作物种植面积的85.80%,已成为南疆主要的农、林、牧业灌溉区和重要的国家级棉花生产基地。

表1 1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期持续时间

Table 1 Duration time on cotton growth period in Alar reclamation area of Southern Xinjiang from 1990 to 2020

持续时间 Duration time	播种—出苗 Sowing-emergence	出苗—现蕾 Emergence-squaring	现蕾—开花 Squaring-flowering	开花—吐絮 Flowering-boll opening	吐絮—停止生长 Boll opening-stop growing	全生育期 Whole growth period
平均持续时间 Average duration time	15	35	31	77	35	190
最长持续时间 Maximum duration time	21	45	37	95	56	202
最短持续时间 Minimum duration time	11	27	27	64	9	178

1.3 气候倾向率的确定

棉花生育期气候要素变化趋势采用最小二乘法^[18]计算,气候要素随时间序列的变化趋势可用一次线性方程表示:

$$x_i = a + bt_i \quad (1)$$

式(1)中, x 为气候要素值; a 为常数项; b 为回归系数; i 为时间序列, $i=1,2,3,\dots,n$ 。本文中气候倾向率等于回归系数 $\times 10$ 。

1.4 气候要素的突变检验

棉花生育期气候要素的突变检验主要采用Mann-Kendall(M-K)非参数检验^[19]和滑动 t 检验^[20]。其中,M-K非参数检验能客观反映棉花生育期气候要素的突变,其计算公式详见文献^[19]。当 UF_k 和 UB_k 2条曲线在临界线之间出现交点,则交点对应的时刻便是突变开始的时间。滑动 t 检验主要用于对M-K突变检验结果的验证及虚假突变点的剔除,其计算公式详见文献^[20]。当 $T > T_\alpha$ 时,则认为有显著差异并且出现了突变;反之,没有出现突变。文中,给定显著性水平 $\alpha = 0.05$,所对应的临界值为 ± 1.96 。

2 结果与分析

2.1 南疆阿拉尔垦区棉花生育期热量资源动态变化及其突变

1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期热量

1.2 数据来源

1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期数据来源于新疆阿拉尔市气象局,主要包括播种—苗期、出苗—现蕾期、现蕾—开花期、开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期共6个生长阶段(表1)。由于垦区地势较为平坦,气象站点稀少,本研究选取同期阿拉尔市气象局逐日地面气象数据,主要包括最高气温、最低气温、平均气温、日照时数、相对湿度和降水量。

资源动态变化趋势分别如表2和图1所示。1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期最高气温、最低气温、平均气温和积温均呈不显著增加趋势,气温日较差呈不显著减小趋势,分别变化0.155 °C/10 a、0.240 °C/10 a、0.123 °C/10 a、72.427 °C/10 a和0.085 °C/10 a。其中,播种—出苗期最高气温、最低气温、平均气温和积温均呈增加趋势,气温日较差呈减小趋势,分别变化0.115 °C/10 a($P < 0.01$)、0.134 °C/10 a($P < 0.05$)、0.041 °C/10 a($P < 0.01$)、8.818 °C/10 a($P < 0.01$)和0.019 °C/10 a($P > 0.05$);出苗—现蕾期最高气温、积温和气温日较差均呈增加趋势,最低气温和平均气温均呈减小趋势,分别变化0.103 °C/10 a($P > 0.05$)、43.286 °C/10 a($P < 0.05$)、0.224 °C/10 a($P < 0.01$)、0.120 °C/10 a($P > 0.05$)和0.100 °C/10 a($P > 0.05$);现蕾—开花期最高气温和最低气温均呈增加趋势,积温、气温日较差和平均气温均呈减小趋势,分别变化0.019 °C/10 a($P < 0.01$)、0.104 °C/10 a($P > 0.05$)、6.716 °C/10 a($P < 0.01$)、0.085 °C/10 a($P < 0.01$)和0.010 °C/10 a($P < 0.05$);开花—吐絮期最高气温、最低气温和平均气温均呈增加趋势,气温日较差和积温均呈减小趋势,分别变化0.482 °C/10 a($P > 0.05$)、0.619 °C/10 a($P > 0.05$)、0.480 °C/10 a($P > 0.05$)、0.137 °C/10 a($P <$

0.01)和51.489 °C/10 a($P>0.05$);吐絮—停止生长期最高气温、最低气温、平均气温和积温均呈增加趋势,气温日较差呈减小趋势,分别变化0.661 °C/10 a($P<0.01$)、1.093 °C/10 a($P>0.05$)、0.811 °C/10 a($P>0.05$)和76.631 °C/10 a($P>0.05$)和0.432 °C/10 a($P>0.05$)。

由表2可见,1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花播种—出苗期最高气温、平均气温、最低气温和积温随时间序列变化的突变点分别出现在2014、2012、1998和1997年,现蕾—开花期最高气温和积温随时间序列变化的突变点分别出现在2001、2003和2010年,出苗—现蕾期、开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期各气候要素随时间序列变化的突变点均不明显。主要表现在1990—2020年垦区棉花播种—出苗期最高气温、平均气温和积温分别在2014、2012和1997年前后均呈阶段性增加趋势,分

别增加0.622 °C/10 a($P<0.05$)、7.656 °C/10 a($P<0.01$)、0.627 °C/10 a($P>0.05$)、4.341 °C/10 a($P<0.01$)、88.012 °C/10 a($P>0.05$)和16.377 °C/10 a($P<0.01$);最低气温在1998年前后均呈阶段性减小趋势,分别减小1.605 °C/10 a($P>0.05$)和0.190 °C/10 a($P<0.01$);现蕾—开花期最高气温和积温分别在2001和2003、2010年前后均呈阶段性减小趋势,分别减小0.105 °C/10 a($P>0.05$)、0.306 °C/10 a($P<0.01$)、35.101 °C/10 a($P>0.05$)、91.107 °C/10 a($P>0.05$)和141.140 °C/10 a($P<0.01$);出苗—现蕾期、开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期最高气温、最低气温、平均气温、积温和气温日较差阶段性变化特征均不明显,播种—出苗期气温日较差、现蕾—开花期最低气温、平均气温和气温日较差阶段性变化特征均不明显。

表2 1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期热量资源倾向率及其突变

Table 2 The thermal resources tendency rate and its mutation on cotton growth period in Alar reclamation area of southern Xinjiang from 1990 to 2020

生育期 Growth period	最高气温 Maximum air temperature		最低气温 Minimum air temperature		平均气温 Average air temperature		积温 Accumulated temperature		气温日较差 Temperature daily range	
	倾向率/ (°C/10 a)	综合 突变点	倾向率/ (°C/10 a)	综合 突变点	倾向率/ (°C/10 a)	综合 突变点	倾向率/ (°C/10 a)	综合 突变点	倾向率/ (°C/10 a)	综合 突变点
	Inclination rate	Mutation point	Inclination rate	Mutation point	Inclination rate	Mutation point	Inclination rate	Mutation point	Inclination rate	Mutation point
播种—出苗 Sowing-emergence	0.115**	2014	0.134*	1998	0.041**	2012	8.818**	1997	-0.019	无 None
出苗—现蕾 Emergence-squaring	0.103	无 None	-0.120	无 None	-0.100	无 None	43.286*	无 None	0.224**	无 None
现蕾—开花 Squaring-flowering	0.019**	2001	0.104	无 None	-0.010*	无 None	-6.716**	2003 2010	-0.085**	无 None
开花—吐絮 Flowering-boll opening	0.482	无 None	0.619	无 None	0.480	无 None	-51.489	无 None	-0.137**	无 None
吐絮—停止生长 Boll opening-stop growing	0.661**	无 None	1.093	无 None	0.811	无 None	76.631	无 None	-0.432	无 None
全生育期 Whole growth period	0.155	无 None	0.24	无 None	0.123	无 None	72.427	无 None	-0.085	无 None

注:**和* 分别表示在0.01和0.05水平上存在显著差异。下同。Note:** and * denotes significant difference at the 0.01 and 0.05 levels.

The same as follows.

2.2 南疆阿拉尔垦区棉花生育期水分资源动态变化及其突变

1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期水分资源动态变化见表3和图2。1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期降水量呈增加趋势,相对湿度呈减小趋势,分别变化6.377 mm/10 a($P<0.01$)和

1.583%/10 a($P<0.05$)。其中,棉花播种—出苗期降水量和相对湿度均呈减少趋势,分别减少0.661 mm/10 a($P>0.05$)和0.906%/10 a($P>0.05$);出苗—现蕾期降水量呈增加趋势,相对湿度呈减小趋势,分别变化1.06 mm/10 a($P<0.05$)和0.803%/10 a($P>0.05$);现蕾—开花期降水量呈增加趋势,相对湿度呈

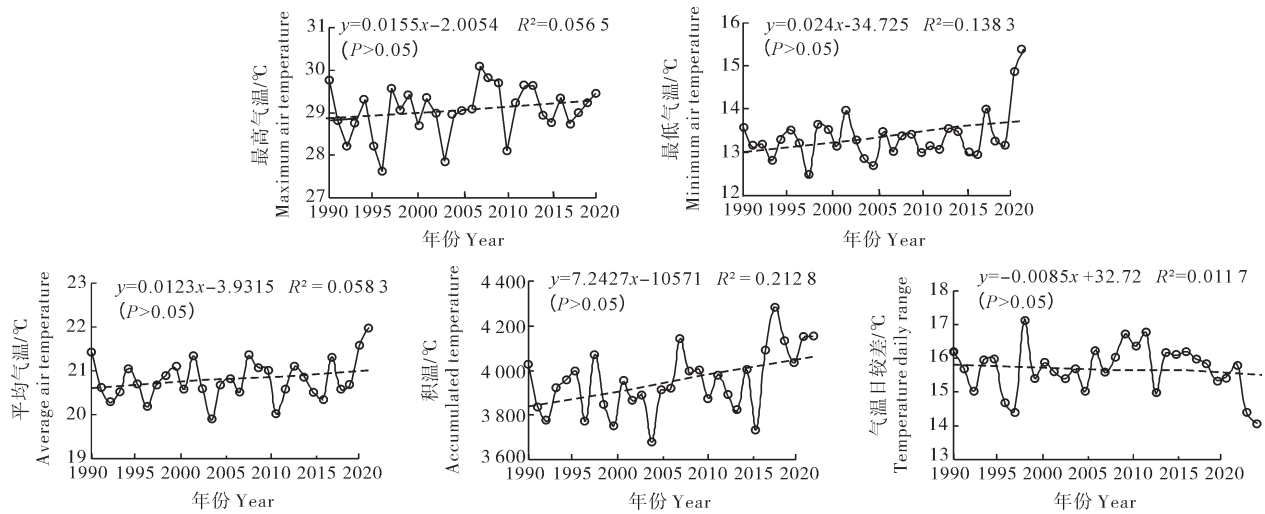


图1 1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期热量资源动态变化

Fig. 1 Dynamic change on thermal resources during the cotton whole growth period in Alar reclamation area of southern Xinjiang from 1990 to 2020

表3 1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期水分和光照资源的倾向率及其突变

Table 3 Trend rate and mutation on water and light resources during cotton growth period in Alar reclamation Area of southern Xinjiang from 1990 to 2020

生育期 Growth period	降水量 Precipitation		相对湿度 Relative humidity		日照时数 Sunshine hours	
	倾向率/(mm/10 a) Inclination rate	综合突变点 Mutation point	倾向率/(%/10 a) Inclination rate	综合突变点 Mutation point	倾向率/(h/10 a) Inclination rate	综合突变点 Mutation point
播种—出苗 Sowing—emergence	-0.661	无 None	-0.906	无 None	-1.279	1998, 2005
出苗—现蕾 Emergence—squaring	1.060*	无 None	-0.803	无 None	16.371	2008
现蕾—开花 Squaring—flowering	0.213**	2001	-0.872	无 None	-8.306**	2007
开花—吐絮 Flowering—boll opening	2.600**	无 None	-2.069*	无 None	-41.409	无 None
吐絮—停止生长 Boll opening—stop growing	3.217**	无 None	-1.575	无 None	33.545**	无 None
全生育期 Whole growth period	6.377**	无 None	-1.583*	无 None	-1.675	无 None

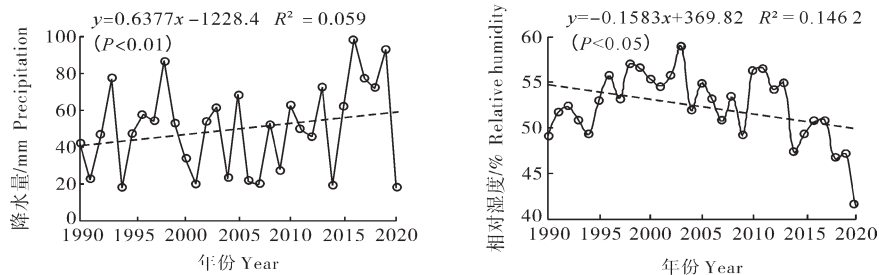


图2 1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期水分资源动态变化

Fig. 2 Dynamic change on water resources during the cotton whole growth period in Alar reclamation area of southern Xinjiang from 1990 to 2020

减小趋势, 分别变化 0.213 mm/10 a ($P<0.01$) 和 0.872%/10 a ($P>0.05$); 开花—吐絮期降水量呈增加

趋势, 相对湿度呈减小趋势, 分别变化 2.600 mm/10 a ($P<0.01$) 和 2.069%/10 a ($P<0.05$); 吐絮—停止

生长期降水量呈增加趋势,相对湿度呈减小趋势,分别变化 $3.217 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ($P < 0.01$) 和 $1.575\%/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$)。

由表3可见,1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花现蕾—开花期降水量随时间序列变化的突变点出现在2001年,相对湿度突变点不明显;播种—出苗期、出苗—现蕾期、开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期降水量、相对湿度随时间序列变化的突变点均不明显。其中,棉花现蕾—开花期在1990—2001年和2002—2020年降水量均呈阶段性增加趋势,分别增加 $7.070 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$) 和 $6.372 \text{ mm}/10 \text{ a}$ ($P < 0.01$),相对湿度阶段性变化特征不明显;播种—出苗期、出苗—现蕾期、开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期降水量和相对湿度阶段性变化特征均不明显。

2.3 南疆阿拉尔垦区棉花生育期光照资源动态变化及其突变

1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花生育期光照资源动态变化见表3和图3。1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期日照时数呈减少趋势,减少 $1.675 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$),主要表现在同期棉花播种—出苗期、现蕾—开花期和开花—吐絮期日照时数均呈减少趋势,出苗—现蕾期和吐絮—停止生长期日照时数均呈增加趋势,分别变化 $1.279 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$)、 $8.306 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P < 0.01$)、 $41.409 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$)、 $16.371 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$) 和 $33.545 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P < 0.01$)。

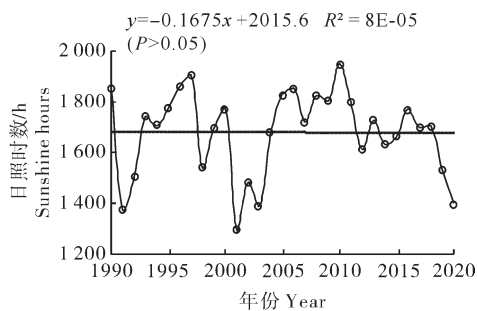


图3 1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期光照资源动态变化

Fig. 3 Dynamic changes on light resources during the cotton whole growth period of in Alar reclamation area of southern Xinjiang from 1990 to 2020

由表3可见,1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花播种—出苗期日照时数随时间序列变化的突变点出现在1998年和2005年,出苗—现蕾期和现蕾—开花期日照时数随时间序列变化的突变点分别出现在

2008年和2007年,开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期日照时数随时间序列变化的突变点不明显。其中,棉花播种—出苗期日照时数在1990—1998年和1999—2005年均呈阶段性增加趋势,2006—2020年呈阶段性减少趋势,分别变化 $36.133 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$)、 $103.680 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P < 0.05$) 和 $17.66 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$);出苗—现蕾期日照时数在1990—2008年和2009—2020年均呈阶段性减少趋势,分别减少 $11.991 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$) 和 $29.150 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$);现蕾—开花期日照时数在1990—2007年和2008—2020年均呈阶段性减少趋势,分别减少 $16.086 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P > 0.05$) 和 $74.989 \text{ h}/10 \text{ a}$ ($P < 0.01$),开花—吐絮期、吐絮—停止生长期和全生育期日照时数阶段性变化特征均不明显。

3 讨论

全球气候变暖导致棉花生育期气候要素发生显著变化^[9,16],但不同地区和不同时段气候要素变化趋势却不尽相同^[21-24]。本研究结果表明,1990—2020年南疆阿拉尔垦区棉花全生育期降水量呈极显著增加趋势,相对湿度呈显著减小趋势,最高气温、最低气温、平均气温和积温均呈不显著增加趋势,气温日较差和日照时数呈不显著减小趋势,这主要表现在同期垦区棉花播种—出苗期最高气温、平均气温和积温的极显著增加,最低气温的显著增加;出苗—现蕾期气温日较差的极显著增加,积温和降水量的显著增加;现蕾—开花期最高气温和降水量的极显著增加,积温、气温日较差和日照时数的极显著减小(少),平均气温的显著减小;开花—吐絮期降水量的极显著增加,气温日较差的极显著减小,相对湿度的显著减小;吐絮—停止生长期最高气温、降水量和日照时数的极显著增加,这与新疆北部棉花全生育平均气温呈升高趋势、降水量呈增加趋势和日照时数呈减少趋势^[25],河南省开封市棉花全生育期降水量和积温均呈增加趋势、日照时数呈减少趋势^[26],江汉平原棉花现蕾期至花铃期、吐絮期的平均气温呈升高趋势和日照时数呈减少趋势^[27]的结果不完全一致,这主要与研究区域地理环境条件不同及所选用气象资料的时间长短有关。

前人研究表明,气候变暖导致棉花播种期提前和棉花生育期积温的增加,春季最低气温的升高可以减少低温对棉花的危害,有助于棉花高产^[21-22,28];极端天气气候事件的频发,将会对棉花高产稳产造

成严重威胁^[29]。1990—2020年新疆阿拉尔垦区棉花播种-出苗期、出苗-现蕾期、吐絮-停止生长期和全生育期积温均呈不同程度的增加趋势,将会导致垦区棉花生长阶段延长或缩短。因此,棉农在田间管理的过程中,应结合垦区棉花生育期气候资源量值及其动态变化,特别是结合垦区棉花各生育阶段积温的量值及其变化规律,通过多种途径与措施进行棉田环境调控,可确保垦区棉花实现优质高产的生产目标。

棉花生长发育不仅受气候变化的影响,还受棉花品种、土壤条件和田间管理措施等因素的影响。本文仅研究新疆阿拉尔垦区棉花生育期主要气候资源的动态变化及其突变情况,未深入分析气候变化、土壤条件、棉花品种遗传特性和田间管理措施等多因子综合作用对棉花生长发育、产量和品质的影响,未来有待于深入研究与探讨。

参考文献 References

- [1] IPCC. Summary for policymakers [M]//Climate Change 2021: the physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2023: 3-32.
- [2] 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(S2): 44-48. FAN X, QIN Y Y, GAO X. Interpretation of the main conclusions and suggestions of IPCC AR6 working group I report [J]. Environmental protection, 2021, 49(S2): 44-48 (in Chinese).
- [3] 孙雨蒙. 地球气候变化已到临界点[J]. 生态经济, 2021, 37(10): 5-8. SUN Y M. The global climate change has reached a critical point [J]. Ecological economy, 2021, 37(10): 5-8 (in Chinese).
- [4] 杜军,厉爱丽,次旺顿珠,等. 藏东南冬小麦生育期变化及其对气候变化的响应[J]. 生态学杂志, 2022, 41(4): 668-675. DU J, LI A L, Tsewang Thondup, et al. Variation of winter wheat growth period and its responses to climate change in southeastern Tibet [J]. Chinese journal of ecology, 2022, 41(4): 668-675 (in Chinese with English abstract).
- [5] 刘波,冯锦明,马柱国,等. 1960—2005年新疆气候变化的基本特征[J]. 气候与环境研究, 2009, 14(4): 414-426. LIU B, FENG J M, MA Z G, et al. Characteristics of climate changes in Xinjiang from 1960 to 2005 [J]. Climatic and environmental research, 2009, 14(4): 414-426 (in Chinese with English abstract).
- [6] 热孜宛古丽·麦提依明,杨建军,刘永强,等. 新疆近54年气温和降水变化特征[J]. 水土保持研究, 2016, 23(2): 128-133. Reziwanguli Maimaitiyiming, YANG J J, LIU Y Q, et al. Characteristics of changes in temperature and precipitation in Xinjiang in recent 54 years [J]. Research of soil and water conservation, 2016, 23(2): 128-133 (in Chinese with English abstract).
- [7] 牛建龙,彭杰,王家强,等. 新疆阿拉尔地区近53年气候变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(1): 72-77. NIU J L, PENG J, WANG J Q, et al. Analysis of climate changing characteristics in Alar area from 1961 to 2013 [J]. Journal of arid land resources and environment, 2016, 30(1): 72-77 (in Chinese with English abstract).
- [8] 郭芬芬,肖晶晶,张蕾,等. 1961—2013年中国农业界限温度的时空变化特征[J]. 生态学杂志, 2016, 35(2): 489-498. GUO F F, XIAO J J, ZHANG L, et al. Spatiotemporal variation of agriculture critical temperature of China from 1961 to 2013 [J]. Chinese journal of ecology, 2016, 35(2): 489-498 (in Chinese with English abstract).
- [9] 韩婉瑞,雷亚平,李亚兵,等. 气候变暖背景下中国三大棉区水热时空变化[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(8): 1430-1441. HAN W R, LEI Y P, LI Y B, et al. Spatiotemporal characteristics of heat and rainfall in the three cotton areas of China under climate warming [J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2021, 29(8): 1430-1441 (in Chinese with English abstract).
- [10] 刘彦随,刘玉,郭丽英. 气候变化对中国农业生产的影响及应对策略[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 905-910. LIU Y S, LIU Y, GUO L Y. Impact of climatic change on agricultural production and response strategies in China [J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2010, 18(4): 905-910 (in Chinese with English abstract).
- [11] 李伟光,侯美亭,张京红,等. 华南主产区双季水稻物候变化及其与气候条件的关系[J]. 中国农业气象, 2021, 42(12): 1020-1030. LI W G, HOU M T, ZHANG J H, et al. Spatiotemporal changes of double cropping rice phenology in South China and relationship with climatic conditions [J]. Chinese journal of agrometeorology, 2021, 42(12): 1020-1030 (in Chinese with English abstract).
- [12] 齐月,张强,胡淑娟,等. 黄土高原地区气候变化及其对冬小麦生产潜力的影响[J]. 生态环境学报, 2022, 31(8): 1521-1529. QI Y, ZHANG Q, HU S J, et al. Climate change and its impact on winter wheat potential productivity of loess plateau in China [J]. Ecology and environmental sciences, 2022, 31(8): 1521-1529 (in Chinese with English abstract).
- [13] 李炳军,张一帆. 不同生育期气候变化对河南省冬小麦产量影响的量化分析[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(12): 238-246. LI B J, ZHANG Y F. Quantitative analysis of impact of climate change at different growth stages on winter wheat yield in Henan Province [J]. Jiangsu agricultural sciences, 2022, 50(12): 238-246 (in Chinese).
- [14] 蓝天琼,李思锦,兰汉军,等. 川中丘陵区不同播期玉米生育期气候资源及干旱特征分析:以中江为例[J]. 中国生态农业

- 学报(中英文),2022,30(8):1318-1327.LAN T Q, LI S J, LAN H J, et al.Climatic resources and drought characteristics of maize sown in different dates in the hilly area of central Sichuan:a case study of Zhongjiang, Sichuan[J].Chinese journal of eco-agriculture, 2022, 30(8):1318-1327 (in Chinese with English abstract).
- [15] 钟融,任永康,王培如,等.晋南地区冬小麦生育期气候变化特征及其对产量的影响[J].生态学杂志,2022,41(1):81-89. ZHONG R, REN Y K, WANG P R, et al.Characteristics of climate change during the growth period of winter wheat and its influence on yield in South Shanxi Province [J]. Chinese journal of ecology, 2022, 41(1):81-89 (in Chinese with English abstract).
- [16] 孙东磊,李存东,李武龙,等.河北省三大棉区气候周期及突变特征分析[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):228-233. SUN D L, LI C D, LI W L, et al.Research on the climatic period and abrupt changing characteristics in three large cotton areas of Hebei Province[J].Agricultural research in the arid areas, 2014, 32(5):228-233 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王鹤龄,王润元,赵鸿,等.中国西北冬小麦和棉花生长对气候变暖的响应[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):258-264. WANG H L, WANG R Y, ZHAO H, et al.Response of winter wheat and cotton to climate warming in Northwest China [J].Agricultural research in the arid areas, 2009, 27(1):258-264 (in Chinese with English abstract).
- [18] 商蒙非,石晓宇,赵炯超,等.气候变化背景下中国不同区域玉米生育期高温胁迫时空变化特征[J].作物学报,2023,49(1):167-176.SHANG M F, SHI X Y, ZHAO J C, et al.Spatiotemporal variation of high temperature stress in different regions of China under climate change[J].Acta agronomica sinica, 2023, 49(1):167-176 (in Chinese with English abstract).
- [19] 符淙斌,王强.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,1992,16(4):482-493.FU C B, WANG Q.The definition and detection of the abrupt climatic change[J].Chinese journal of atmospheric sciences, 1992, 16(4):482-493 (in Chinese with English abstract).
- [20] 薛雨婷,李谢辉,王磊,等.1976—2017年西南地区夏季不同等级降水时空变化特征[J].西南大学学报(自然科学版),2022,44(2):137-145.XUE Y T, LI X H, WANG L, et al.Spatial and temporal change characteristics of different grades of precipitation in summer in southwestern China from 1976 to 2017[J].Journal of Southwest University (natural science edition), 2022, 44(2):137-145 (in Chinese with English abstract).
- [21] 王润元,张强,刘宏谊,等.气候变暖对河西走廊棉花生长的影响[J].气候变化研究进展,2006,2(1):40-42.WANG R Y, ZHANG Q, LIU H Y, et al.Impact of climate warming on cotton growth in the Hexi Corridor Area[J].Advances in climate change research, 2006, 2(1):40-42 (in Chinese with English abstract).
- [22] 邓振镛,王鹤龄,李国昌,等.气候变暖对河西走廊棉花生产影响的成因与对策研究[J].地球科学进展,2008,23(2):160-166.DENG Z Y, WANG H L, LI G C, et al.Study on the cause of formation and countermeasure effect of climate warming on cotton produce in Hexi corridor[J].Advances in earth science, 2008, 23(2):160-166 (in Chinese with English abstract).
- [23] 郭金强,王肖娟,陈建民,等.石河子近50年棉花生育期农业气候资源特征分析[J].新疆农垦科技,2016,39(10):56-58. GUO J Q, WANG X J, CHEN J M, et al.Analysis on the characteristics of agroclimatic resources in cotton growth period in Shihezi in recent 50 years[J].Xinjiang farm research of science and technology, 2016, 39(10):56-58 (in Chinese).
- [24] 郭燕云,王雪姣,王森,等.新疆棉花物候期对气候变化的响应及敏感性分析[J].中国农学通报,2022,38(18):113-121. GUO Y Y, WANG X J, WANG S, et al.Cotton phenology in Xinjiang:the response to climate change and sensitivity analysis [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2022, 38(18):113-121 (in Chinese with English abstract).
- [25] 李迎春,谢国辉,王润元,等.北疆棉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. LI Y C, XIE G H, WANG R Y, et al.Characteristics of climate change in cotton growth in northern Xinjiang and its impact on cotton development [J]. Agricultural research in arid areas, 2011, 29(2):253-258. (in Chinese with English abstract).
- [26] 张德汴,霍继超,李柯星.开封市棉花产量对气候变化的响应分析[J].安徽农业科学,2011,39(35):21588-21590. ZHANG D B, HUO J C, LI K X. Analysis of the response of Kaifeng cotton yield to climate change [J]. Anhui agricultural science, 2011, 39(35):21588-21590 (in Chinese with English abstract).
- [27] 成道,韩沓,张忠云,等.江汉平原棉花关键生育期气候变化与棉花产量的关系[J].陕西气象,2015(6):14-17.CHENG D, HAN Y, ZHANG Z Y, et al. Relationship between climate change and cotton yield in critical growth period of cotton in Jinghan Plain[J].Journal of Shaanxi meteorology, 2015(6):14-17 (in Chinese).
- [28] 阿布都克日木·阿巴司,胡素琴,努尔帕提曼·买买提热依木.新疆喀什气候变化对棉花发育期及产量的影响分析[J].中国生态农业学报,2015,23(7):919-930.Abudoukerimu Abasi, HU S Q, Nuerpatiman Maimaitireyimu. Effect of climate change on cotton growth period and yield in Kashgar City, Xinjiang Uygur Autonomous Region[J].Chinese journal of eco-agriculture, 2015, 23(7):919-930 (in Chinese with English abstract).
- [29] 王友华,周治国.气候变化对我国棉花生产的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(9):1734-1741. WANG Y H, ZHOU Z G. Effects of climate change on cotton production in China [J]. Journal of agricultural environmental sciences, 2011, 30(9):1734-1741 (in Chinese with English abstract).

Analysis on climate resource change characteristics of cotton growing period in Alar Reclamation area of Southern Xinjiang

CHENG Zhen¹, NIU Jianlong¹, WANG Yu¹, TANG Xiaoxuan¹, WU Fan², LIU Weiyang¹, JIANG Xuewei³

1. College of Agronomy, Tarim University, Alar 843300, China;

2. Xinjiang Production and Construction Corps Engineering Consulting Co., Ltd., Urumqi 830002, China;

3. College of Horticulture and Forestry Sciences, Tarim University, Alar 843300, China

Abstract The data about the growth period of cotton and the daily surface meteorology in Alar reclamation area of Southern Xinjiang from 1990 to 2020 were used to study the dynamic changes in climate resources during the growth period of cotton in Alar reclamation area of Southern Xinjiang under the background of climate warming. The least squares method, Mann-Kendall non parametric test, sliding *t*-test, and significance analysis were used to analyze the dynamic and sudden changes in climate resources during the growth period of cotton in Alar reclamation area of Southern Xinjiang. The results showed that the precipitation during the whole growth period of cotton in Alar reclamation area of Southern Xinjiang from 1990 to 2020 increased significantly while the relative humidity decreased significantly, with changes of 6.377 mm/10 a and 1.583%/10 a, respectively. The maximum temperature, minimum temperature, average temperature and accumulated temperature did not increase significantly, while the daily temperature range and sunshine duration did not decrease significantly. The main manifestation was that the maximum temperature, average temperature, and accumulated temperature increased extremely significantly while the minimum temperature increased significantly from sowing to seedling of cotton. The daily temperature range increased extremely significantly while the accumulated temperature and precipitation increased significantly from seedling to budding of cotton. The maximum temperature and precipitation increased extremely significantly while the accumulated temperature, daily temperature range, and sunshine duration decreased extremely significantly and the average temperature decreased significantly from budding to flowering period of cotton. The precipitation increased extremely significantly, the daily temperature range decreased extremely significantly, and the relative humidity decreased significantly from flowering to boll opening of cotton. The maximum temperature, precipitation and sunshine duration increased extremely significantly from boll opening to stop growing period of cotton. The changes in various climate factors during other periods of cotton were not significant. From 1990 to 2020, there were sudden changes in the maximum temperature, minimum temperature, average temperature, accumulated temperature, and sunshine duration during the sowing and seedling period of cotton in the Alar reclamation area of Southern Xinjiang in 2014, 1998, 2012, 1997, and 1998, 2005, respectively. The number of sunshine hours during the seedling and budding period of cotton changed suddenly in 2008. The sudden changes in maximum temperature, precipitation, sunshine duration and accumulated temperature from flowering to boll period of cotton appeared in 2001, 2001, 2007, 2003 and 2010. There were no obvious changes from flowering to boll opening period, boll opening to stop growing period and whole growth period of cotton in Alar reclamation area of Southern Xinjiang from 1990 to 2020. It is indicated that cotton farmers should adjust their field management measures in a timely manner based on the values of climate resource and their dynamic changes during the growth period of cotton in the reclamation area.

Keywords growth period of cotton; climate change; temperature; precipitation; relative humidity

(责任编辑:张志钰)