

成道, 韩杳, 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.  
文章编号: 1006-4354 (2015) 06-0014-04

# 江汉平原棉花关键生育期气候变化 与棉花产量的关系

成道, 韩杳, 张忠云, 帅文卫  
(天门市气象局, 湖北天门 431700)

**摘要:** 利用天门市 1979—2010 年棉花蕾期至吐絮期的平均气温、最高气温、降水量、日照等气象资料和棉花产量资料, 采用线性趋势、滑动  $t$  检验、回归分析等方法, 分析了天门棉花关键生育期气候变化和棉花产量变化特征及其相关性。结果表明: (1) 棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个时期的平均气温均呈升高趋势, 蕾期至花铃期平均气温与吐絮期最高气温与棉花产量均呈极显著正相关。(2) 棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个时期的降水量变化波动较明显, 前期变化较平缓, 后期波动频繁, 振幅增大。两段时期降水量与棉花产量均呈显著负相关。(3) 棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个时期的日照时数均呈明显减少趋势, 日照时数对棉花产量影响不大。(4) 棉花产量呈明显增长的趋势, 平均每 10 a 产量增加 99.0 kg/hm<sup>2</sup>。(5) 棉花产量可以与棉花蕾期至花铃期和吐絮期降水量、蕾期至花铃期平均气温以及吐絮期最高气温建立极显著的多元回归方程。

**关键词:** 气候变化; 棉花产量; 江汉平原; 关键生育期; 天门

**中图分类号:** S162.1

**文献标识码:** A

近年来, 全球气候变暖导致气候异常现象和灾害性天气频繁发生。农业作为对气候反应较为敏感的产业之一, 气候变化对其存在非常明显的影响<sup>[1]</sup>。近年来, 有关专家对我国气候变化进行了较多研究。谢云通过定义敏感指数和气候影响程度指数, 探讨了我国粮食生产对气候资源被动响应的敏感性以及气候对其的影响程度<sup>[2]</sup>。各地农作物对气候变化的响应有共性也有个性<sup>[3]</sup>。有关棉花生产与气候因素的关系已有许多研究, 研究方法也较多<sup>[4-8]</sup>, 但对江汉平原地区气候因素与棉花生产的关系研究较少。

江汉平原是全国著名的粮棉油生产基地之一, 棉花种植是该地区的主要支柱产业, 在当地的经济中占有非常重要的地位。而地处江汉平原腹地的天门市是江汉平原种植棉花面积最大的县

市, 棉花种植面积占全市耕地的近 1/3, 植棉历史悠久, 年总产有 16 次超过 5 万 t, 素有百里棉乡之称。以天门市为代表来分析江汉平原棉花关键生育期气候变化与棉花产量的关系, 希望对改进当地棉花种植技术, 提升棉花种植抗灾能力提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

棉花各生育期与气象条件密切相关, 例如棉花在蕾期、花铃期对水分非常敏感, 而在吐絮期气温高低将直接影响棉花产量。为此, 利用天门市 1979—2010 年棉花蕾期至花铃期 (6—8 月) 及吐絮期 (9—10 月) 两段时期的平均气温、最高气温、降水量、日照等气象资料, 以及相应年份天门市棉花产量资料 (资料来源于天门市统

收稿日期: 2015-08-10

作者简介: 成道 (1984—), 男, 汉族, 湖南衡南人, 学士, 工程师, 主要从事农业气象研究。

基金项目: 天门市气象局创新基金项目 201201

计局)。

## 1.2 研究方法

采取线性趋势分析、滑动  $t$  检验、多元线性回归分析等方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 棉花蕾期—花铃期气候变化特征

2.1.1 气温 棉花为喜温作物, 较高的气温和较好的生长期时间是实现棉花优质高产的基本条件<sup>[9]</sup>。采用线性趋势法和 3 a 滑动平均趋势分析来分析 1979—2010 年天门市气温变化趋势 (见图 1)。从图 1 可以看出, 近 32 a 天门 6—8 月平均气温在波动中呈升高趋势, 气温变化倾向率为  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。6—8 月平均气温为  $27.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最高为  $28.9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (2006 年), 最低为  $25.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1980 年)。通过 3 a 滑动平均气温变化趋势线可以看到, 天门在 1995 年以前基本处于偏冷时期, 1995 年以来一直处于偏暖时期。

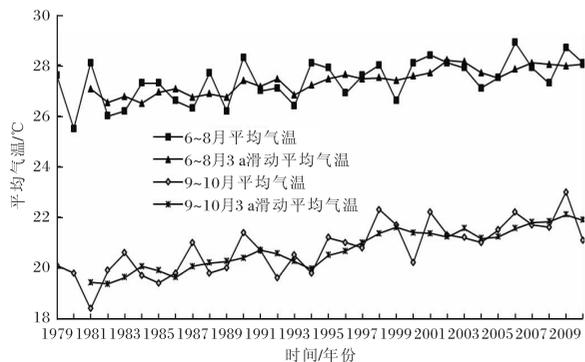


图 1 1979—2010 年天门棉花关键生育期平均气温变化趋势

2.1.2 降水量 棉花生长期需要  $350\sim 460\text{ mm}$  降水量<sup>[10]</sup>。如果降水过多, 尤其是在棉花蕾期至花铃期降水过多, 会影响棉花开花授粉, 造成蕾铃大量脱离; 降水超过一定限度, 造成棉花旺长, 群体过大, 发生烂铃, 影响吐絮, 导致减产降质; 降水过少, 影响棉株的正常发育, 使棉株变矮, 棉铃变小, 产量下降<sup>[11]</sup>。1979—2010 年 6—8 月天门市降水量变化趋势分析见图 2。由图 2 可知, 近 32 a 天门 6—8 月降水量波动较明显, 但线性趋势变化不明显 ( $R^2 = 0.002$ ), 1984、1990、2001 年出现了较为严重的干旱, 而 1978、1983、2004

年降水明显偏多。从 3 a 滑动平均曲线来看, 1986—1995、2001—2003 年、2007—2009 年这几个时段内降水低于或接近平均值, 在 1979—1985、1996—2000、2004—2006 年及 2010 年这几个时段内降水明显高于平均值, 且从 1993 年起降水波动较为频繁, 振幅增大。

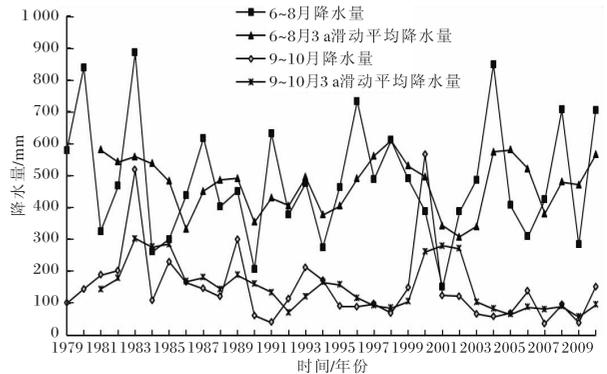


图 2 1979—2010 年天门棉花关键生育期降水量变化趋势

2.1.3 日照时数 1979—2010 年 6—8 月天门市日照时数分析见图 3。由图 3 可知, 近 32 a 天门 6—8 月日照时数呈明显减少趋势, 减少幅度为  $74.6\text{ h}/10\text{ a}$ 。从 3 a 滑动平均变化趋势线可以看出, 1995 年前, 6—8 月日照时数高于平均值, 1979、1981、1990 年明显高于平均值; 1995 后日照时数明显低于平均值, 其中 2008 年最低。

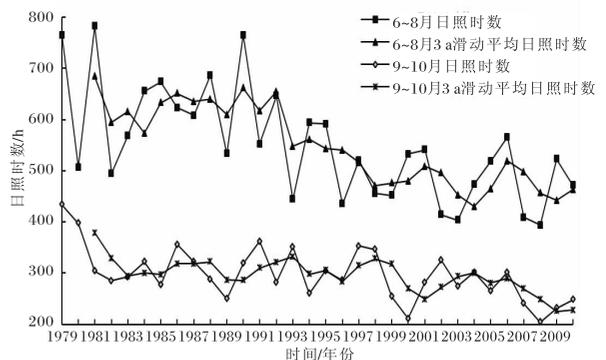


图 3 1979—2010 年天门棉花关键生育期日照时数变化趋势

## 2.2 棉花吐絮期气候变化特征

2.2.1 气温 1979—2010 年 9—10 月天门市气温分析见图 1。由图 1 可知, 近 32 a 天门 9—10 月平均气温在波动中呈升高趋势, 气温变化倾向

率为  $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。近 32 a 9—10 月平均气温为  $20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高为  $23.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ （2009 年），最低为  $18.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ （1981 年）。通过 3 a 滑动平均气温变化趋势线可以看到，天门在 1997 年以前基本处于偏冷时期，1997 年以来一直处于偏暖时期。

**2.2.2 降水量** 1979—2010 年 9—10 月天门市降水量分析见图 2。由图 2 可知，近 32 a 天门 9—10 月降水量波动较明显，线性趋势变化不明显 ( $R^2 = 0.079$ )。1991、2007、2009 年出现了较为严重的干旱，而 1983、2000 年降水明显偏多，出现明显的秋汛。从 3 a 滑动平均曲线来看，1991—1993、1996—1999、2003—2010 年这几个时段内降水量低于或接近平均值，1979—1990、2000—2002 年这几个时段内降水量明显高于平均值。

**2.2.3 日照时数** 1979—2010 年 9—10 月天门市日照时数分析见图 3。由图 3 可知，近 32 a 天门 9—10 月日照时数呈减少趋势，减少幅度为  $31.6\text{ h}/10\text{ a}$ 。从 3 a 滑动平均变化趋势可以看出，2000 年前，除 1983、1985、1989—1990 及 1996 年日照时数略低于平均值外，其他时段均高于平均值，其中，1979、1980 年偏多明显；2000 年以后除 2004 年略高外，其他年份日照时数均低于平均值，其中 2008 年最低。

### 2.3 棉花年产量变化特征

采用线性倾向分析和 3 a 滑动平均趋势分析的方法分析棉花年产量，分析结果见图 4。从图 4 可以看出，近 32 a 棉花产量呈上升趋势，平均每 10 a 增加  $99.0\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。产量最高值出现在 1995 年，最低值出现在 1998 年。从 3 a 滑动平均变化趋势来看，1979—1985、1989—1990 和 1998—2000 年三个时段内产量低于平均值，1986—1988、1991—1997 和 2001 年以后产量高于平均值。

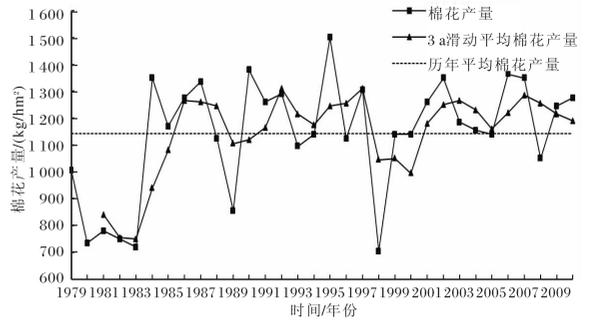


图 4 1979—2010 年天门棉花产量变化趋势

## 2.4 气候变化对棉花年产量的影响

**2.4.1 棉花产量与气候因子的相关关系** 将天门棉花产量与棉花蕾期至花铃期和吐絮期两个不同时期的降水量、平均气温、最高气温、日照时数等气候因子进行 Pearson 相关性分析。从表 1 可见，天门棉花产量与棉花蕾期至花铃期平均气温、日照时数及吐絮期平均气温、最高气温正相关，与棉花蕾期至花铃期降水量和吐絮期降水量、日照时数负相关，其中与两个时期的降水量呈显著负相关，与蕾期至花铃期平均气温及吐絮期最高气温极其显著正相关，其他气象因子没有通过 0.05 的显著性水平检验。上述分析说明：①蕾期至花铃期，平均气温和降水量对天门棉花产量的影响较大。其中，平均气温偏低时，对棉花高产不利；而平均气温较高时，非常有利于棉花生长，对促进棉花高产有积极作用，如 1990、1995、2006 年平均气温较高，相应年份棉花产量也较高；降水偏多时，对棉花蕾期和花铃期影响较大，从而导致棉花减产，如 1996、2004 年等降水较多，相应年份棉花产量也较低。②棉花吐絮期，最高气温和降水量对产量影响也较大。其中，在吐絮期如遇秋季高温天气，最高气温偏高时，对棉花吐絮非常有利，如 1995、2008 年气温较高，相应年份棉花产量也较高；相反，如

表 1 天门棉花产量与气候因子的相关分析

时 段	6—8 月			9—10 月				
	降水量	平均气温	日照时数	降水量	平均气温	最高气温	日照时数	
棉花产量	Pearson 相关性	-0.418*	0.463**	0.041	-0.387*	0.313	0.540**	-0.110
	显著性 (双侧)	0.017	0.008	0.824	0.029	0.081	0.001	0.551

注：\* 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关；\*\* 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。

遇秋季低温天气则影响棉花吐絮成熟, 导致减产。若吐絮期降水若偏多, 将不利棉花吐絮成熟, 产量下降, 如 1983、1989、2000 年降水较多, 相应年份棉花产量也较低。

#### 2.4.2 建立棉花产量与气候因子的回归模型

通过相关性分析, 挑取显著相关的气象因子进行多元线性回归分析, 假设棉花产量( $Y$ )与 6—8 月降水量( $X_{P1}$ )、9—10 月降水量( $X_{P2}$ )、6—8 月平均气温( $X_{T1}$ )和 9—10 月最高气温( $X_{T2}$ )存在线性关系

$$Y = a_0 + a_1 X_{P1} + a_2 X_{P2} + a_3 X_{T1} + a_4 X_{T2}, (1)$$

其中,  $a_0$  为常数项,  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$  为  $Y$  对  $X_{P1}$ 、 $X_{P2}$ 、 $X_{T1}$ 、 $X_{T2}$  的回归系数。根据最小二乘法原理计算出回归系数及常数项。利用天门近 32 a 的棉花产量与 6—8 月、9—10 月降水量, 6—8 月平均气温和 9—10 月最高气温等资料进行标准化处理及回归模型的求解, 得出回归方程

$$Y = -73.819 - 0.023X_{P1} -$$

$$0.030X_{P2} + 1.237X_{T1} + 3.838X_{T2}, (2)$$

其中,  $Y$  为标准化后的棉花产量。该回归方程  $R^2 = 0.415$ , 表明所建立的回归方程可以对棉花产量与 6—8 月、9—10 月降水量, 6—8 月平均气温和 9—10 月最高气温之间的关系进行拟合。

### 3 结论与讨论

通过分析天门市棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个不同时期各主要气象因子的变化特征及棉花产量变化特征, 并将各时期气象因子和棉花产量进行相关性分析, 得出结论。

(1) 棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个时期的平均气温均呈升高趋势, 变化倾向率分别为  $0.5\text{ }^\circ\text{C}/10\text{ a}$ 、 $0.8\text{ }^\circ\text{C}/10\text{ a}$ 。蕾期至花铃期平均气温与吐絮期最高气温与棉花产量均呈极显著正相关, 即一定的高温天气对棉花增产有利。

(2) 棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个时期的降水量变化波动较明显, 前期变化较平缓, 后期波动频繁, 振幅增大。两时期降水量与棉花产量均呈显著负相关, 即降水量增多将导致棉花减产。

(3) 棉花蕾期至花铃期、吐絮期两个时期的日照时数均呈明显减少趋势, 减少幅度分别为

$74.6\text{ h}/10\text{ a}$ 、 $31.6\text{ h}/10\text{ a}$ 。日照时数对棉花产量影响不大。

(4) 棉花产量呈明显增长的趋势, 平均每 10 a 增加  $99.0\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

(5) 棉花产量可以与棉花蕾期至花铃期和吐絮期降水量、蕾期至花铃期平均气温以及吐絮期最高气温建立极显著的多元回归方程。

(6) 研究仅选取了对棉花产量影响较大的几个关键生育期的气象条件进行了分析, 在今后的研究中还可以考虑全生育期和种植管理、品种、环境等因素对产量的影响。研究结果可供江汉平原地区进行棉花产量预测, 并为调整种植技术和提升棉花抗灾能力提供科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 薄金涌, 姚小英, 姚晓红, 等. 气候变化对甘肃黄土高原苹果物候期及生长的影响 [J]. 中国农业气象, 2008, 29 (2): 181-186.
- [2] 谢云. 中国粮食生产对期货资源波动响应的敏感性分析 [J]. 资源科学, 1999, 21 (6): 13-17.
- [3] 王建英, 韩相斌, 王超, 等. 豫东北主要农作物对气候变暖的响应 [J]. 气象与环境科学, 2009, 32 (1): 43-45.
- [4] 陈金汀, 李曼瑞, 刘海荷, 等. 气象因子对棉花产量和品级影响的灰色关联分析 [J]. 棉花学报, 1996, 8 (2): 349-353.
- [5] 杨中旭. 棉花产量的模糊综合评判气象预报方法 [J]. 中国农业气象, 1996, 17 (3): 49-51.
- [6] 潘学标, 王延琴, 崔秀稳. 棉花生长期温度变化及其影响 [J]. 中国棉花, 1997, 24 (12): 17-18.
- [7] 范万发. 泾阳棉区棉花产量与光温因素的通径分析 [J]. 中国棉花, 1997, 24 (12): 7-8.
- [8] 黄荣宏. 气象要素对凤阳县棉花产量的影响 [J]. 中国棉花, 1997, 24 (9): 9-10.
- [9] 许昌燊, 米寿燕, 张文明, 等. 农业气象指标大全 [M]. 北京: 气象出版社, 2004: 12-19.
- [10] 方文松, 邓天宏. 棉花主要生育阶段水分指标 [J]. 河南气象, 1998 (2): 21-22.
- [11] 郭志强, 刘华伟, 刘学义, 等. 气候条件对棉花优质高产的影响及对策 [J]. 气象与环境科学, 2008, 31 (S1): 162-165.