

河北省棉花气候风险度及其变化趋势分析

马春平¹, 姚树然²

(1. 香河县气象局, 河北 廊坊 065400; 2. 河北省气象科学研究所, 河北 石家庄 050021)

摘 要: 为了更好地探讨河北省棉花生产中气候风险的时空分布规律, 利用河北省 21 个棉花种植县 1970—2011 年气象和棉花产量数据, 对棉花各个发育期气温、降水、日照及气候风险度及其时空变化趋势进行分析。结果表明: 棉花各气候要素风险度降水最大, 为 0.138~0.267; 其次为温度, 为 0.007~0.173; 日照最小, 为 0.019~0.04。各个发育时期中各气候要素风险度不同, 风险度时空变化趋势也有很大差别; 风险度空间分布有明显的区域性特征, 南部棉区高于中北部棉区, 从历史变化趋势看降水风险度苗期和花铃期上升, 其它发育期下降, 其中蕾期、吐絮期下降比较明显; 气温风险度除花铃期略上升外, 其它略有下降; 日照风险度除播种期外, 均有上升趋势。该研究结果对于河北省棉花生产布局与科学决策具有重要的参考意义。

关键词: 气候风险度; 时空分布; 河北省
中图分类号: S162.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0014-07

Analysis on the climate risk degree and change trend of cotton in Hebei Province

MA Chun-ping¹, YAO Shu-ran²

(1. Xianghe County of Meteorological Bureau, Langfang, Hebei 065400, China;
2. Hebei Institute of Meteorological Science, Shijiazhuang, Hebei 050021, China)

Abstract: In order to discuss the spatial and temporal distribution regulation of climate risk in the cotton production in Hebei Province, have analyzed the air temperature, precipitation, sunshine hours in each cotton growth stage, climate risk degree and its spatial and temporal changing trend by using the meteorologic data and cotton yield in 21 cotton planting counties of Hebei Province from 1970 to 2011. The results showed that: The biggest climate element risk degree was the precipitation, which was from 0.138 to 0.267, the secondly was the temperature with 0.007 to 0.173, the lowest was sunshine hours, which was 0.019 to 0.04. The climate element risk degree was different in each growth stage, also the spatial and temporal changing tendency had obvious difference. The spatial distribution of risk degree has obvious regional characteristics, such as the risk degree in south cotton region was higher than the mid-northern region. From the historical change trend, the precipitation risk degree was increased in seedling stage and flowering and boll-forming stag, but decreased in other growth stages, among them the decrease was more obviously in the flower and boll stage and opening stages. The air temperature risk degree was slightly increased in the flower and boll stage, but in other stages was slightly decreased. The risk degree of sunshine hours excepted the planting stage, total had the increasing trend. This research results have the important significance for the cotton production layout and scientific decision-making in Hebei Province.

Keywords: climate risk degree; spatial and temporal distribution; Hebei Province

棉花是河北省主要经济作物之一, 具有悠久的历史。与河北省的主要粮食作物小麦和玉米相比, 棉花产量极不稳定。根据历史单产资料统计表明: 河北省小麦和玉米单产的变异系数分别为 8%、9%, 而棉花却高达 55%, 是小麦和玉米的 4 倍左右。除了品种、栽培等其它因素外, 气候及其稳定性

收稿日期: 2013-07-23
基金项目: “十二五”国家科技支撑计划重点项目(2012BAD20B04; 2011BAD32B04)
作者简介: 马春平(1982—), 女, 河北南官人, 工程师, 学士, 主要从事农业气象服务研究。
通信作者: 姚树然(1964—), 女, 河北安平人, 高级工程师, 大学本科, 主要从事农业气象情报预报和病虫害气象研究。

为棉花产量变化及其稳定性形成的客观原因,气候条件是影响棉花产量的重要因素之一^[1-2],气候风险高低是棉花可持续发展的关键所在。

近年来,有关学者对棉花气候适宜度和风险度进行了相关研究。刘清春^[3]等研究了河南省棉花温度适宜性及其变化趋势,表明各个生育期内,播种和吐絮期温度适宜度较小,并且波动较大,棉花生长在此期对温度变化很敏感,而其它时期适宜度相对较高,波动小;任玉玉^[4]等分析得到河南省气候适宜度总体呈现下降的趋势,其中主要原因是出苗期降水适宜度的下降,适宜度变化有明显的地域差异;姚树然^[5]通过河北省棉花适宜度变化趋势分析,认为温度适宜度上升,降水适宜度下降,日照适宜度明显下降,气候综合适宜度缓慢下降;赵峰^[6]对全球变暖影响下农作物气候适宜性研究进展进行了总结分析,指出了气候适宜性变化研究为未来研究重点之一等等;千怀遂^[7]对河南省棉花风险度进行的分析表明,近 40 年来河南省棉花气候风险度有逐渐增加的趋势,风险度的增加速度有明显的区域差异性和过渡性,风险度的变化过程也有明显的区域差异性。

以往有关棉花气候适宜度与风险度的研究多侧重于河南省,区域性较强,河北棉区虽同属于黄淮海棉区,但其位于黄淮海棉区北端,南北跨 4 个纬度,鉴于其所处地理位置和气候差异明显^[8]等特殊性,有必要对河北省的气候风险进行详细分析。本文结合前人的研究成果,在前期河北省棉花适宜度模型及其变化趋势研究的基础上,探索河北省棉花气候风险度的时空分布规律,旨在为棉花生产布局 and 科学决策提供依据,并提高棉花气象服务的针对性。

1 资料和方法

1.1 资料来源

本文考虑河北省不同气候的影响,棉花种植面积集中程度,选择了 21 个气象站点(见图 1),选取各个站点 1970—2011 年逐旬降水、温度和日照时数资料,该数据来自河北省气象局,以及同期的河北省棉花单产资料,该资料来源于河北省统计局。

1.2 气候风险度指标的建立

气温、降水、日照的高低或多少直接决定了棉花生长发育的适宜程度,其值过高过低都可为棉花的生长发育带来风险。此外,气候变化的稳定性也是影响棉花生长发育风险度的重要因素。因此,本文建立了综合适宜性水平和变率的风险度指标。

本文采用文献^[2]气候风险度的计算方法,在建

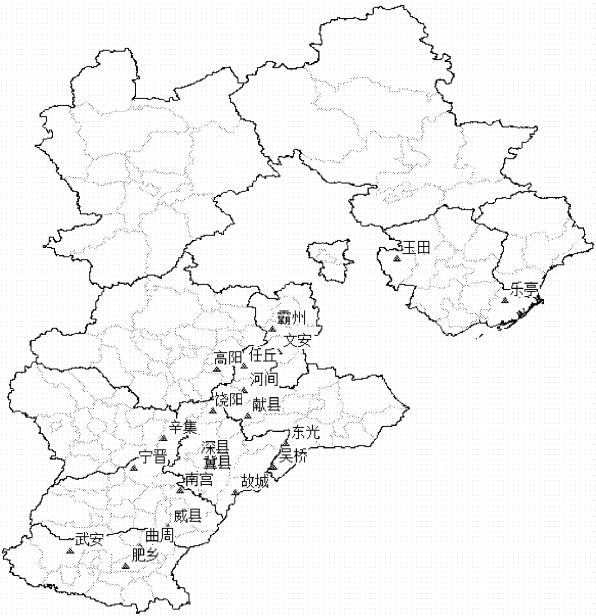


图 1 河北省棉区站点分布

Fig. 1 The cotton planting areas distribution in Hebei Province

立棉花气候适宜度模型^[3]的基础上,综合考虑降水、气温、日照及气候条件适宜度水平的高低及其波动幅度的大小,建立气候风险度指标,其计算公式为:

$$R_r = \sqrt{A_r} (1 - S_r) \tag{1}$$

$$R_s = \sqrt{A_s} (1 - S_s) \tag{2}$$

$$R_t = \sqrt{A_t} (1 - S_t) \tag{3}$$

$$R = \sqrt{A} (1 - S) \tag{4}$$

式中, R_r 、 R_s 、 R_t 、 R 分别表示同一时期内降水风险度、日照风险度、气温风险度和气候风险度; A_r 、 A_s 、 A_t 、 A 分别为同一时期内降水适宜度、日照适宜度、气温适宜度、气候适宜度的均方差; S_r 、 S_s 、 S_t 、 S 分别表示某一时期内的平均降水适宜度、日照适宜度、气温适宜度和气候适宜度。本文引用文献^[3](本文作者前期研究结果)所用适宜度的计算方法及相关参数。

气候风险度反映气候因子综合适宜性水平及其年际波动的综合效应。某生育期的气候适宜度越低,年际波动越大,棉花正常发育和稳定高产的风险性越高,该生育期就成为棉花生产的重要时期。表 1 为河北省棉花生育期的起止时间。

1.3 适宜度指标的建立

为定量分析气候条件对河北省棉花生长的满足程度,本文根据千怀遂等^[6]、任玉玉等^[4]的研究,结合河北省的实际情况,降水、温度和日照的适宜度函数分别为:

表 1 河北省棉花生育期起止时间

Table 1 Starting and ending time of cotton growth period in Hebei Province

生育期 Growth stage	播种期 Sowing stage	苗期 Seedling stage	现蕾期 Squaring stage	花铃期 Blooming stage	吐絮期 Boll opening
开始时间	4 月中旬	5 月上旬	6 月上旬	7 月上旬	9 月上旬
结束时间	4 月下旬	5 月下旬	6 月下旬	8 月下旬	10 月下旬

$$S_R = \begin{cases} R/R_l & R < R_l \\ 1 & R_l < R < R_h \\ R_h/R & R > R_h \end{cases} \quad (5)$$

$$S_T = [(T - T_1)(T_2 - T)^B]/[(T_2 - T_1)(T_2 - T_0)^B] \quad (6)$$

$$B = (T_2 - T_0)(T_0 - T_1)$$

$$S_S = e^{[-(S-S_0)/b]^2} \quad (\text{播种期、吐絮期}) \quad (7)$$

$$S_S = \begin{cases} e^{[-(S-S_0)/b]^2} & (\text{播种期、吐絮期}) \\ 1 & \text{以外的其它生育期} \end{cases}$$

(5) ~ (7) 式中 S_R 、 S_T 、 S_S 分别为棉花生育期间降水、温度、日照的适宜度。 R 、 T 、 S 为降水、温度和日照的观测值。 R_l 、 R_h 是生育期内棉花适宜降水的下限和上限; T_1 、 T_2 、 T_0 分别是棉花在生育期内的下限温度、上限温度和适宜温度。以日照时数达可照时数的 70% (日照百分率) S_0 为临界点, b 为经验常数。参考前人的研究统一设定各参数, 模型中各参数取值见表 2。

各个要素全生育期总的适宜度计算, 用对数加权^[4]构建全生育期适宜度模型, 计算公式如下:

表 2 河北省棉花各生育期参数

Table 2 Cotton parameters in each growth stage in Hebei Province.

项目 Item	播种期 Sowing stage	苗期 Seedling stage	现蕾期 Squaring stage	花铃期 Blooming stage	吐絮期 Boll opening
$T_0/^{\circ}\text{C}$	25	25	28	26	26
$T_1/^{\circ}\text{C}$	10	15	19	15	15
$T_2/^{\circ}\text{C}$	32	35	35	35	32
S_0/h	9.15	9.24	9.32	8.56	7.71
b	4.94	4.98	5.03	4.67	4.16
R_l/mm	7.8	7.8	21.0	37.0	20.3
R_h/mm	8.7	8.7	23.0	39.0	21.7

$$S_i = e^{\sum_{j=1}^n [(r_{ij}/\sum_{j=1}^n r_{ij}) \ln s_{ij}]} \quad (8)$$

$$S = \sqrt[3]{S_s \times S_t \times S_r} \quad (9)$$

式中, i 为第 i 个因子, j 为第 j 个生育期, r_{ij} 为第 i 个因子第 j 个生育期的适宜度与相应气候产量的相关系数, $\sum_{j=1}^n r_{ij}$ 为第 i 个因子各生育期与气候产量的相关系数之和, $\overline{s_{ij}}$ 表示第 i 个因子第 j 生育期的适宜度, s_i 表示第 i 个因子全生育期的适宜度。 s 表示全生育期总适宜度。

2 结果与分析

2.1 河北省棉花各个发育期气候要素变化分析

由河北省棉花各个发育期的气候要素(21 个站平均值)及变异系数可见(表 3), 降水主要集中在花铃期, 占总降水量的 57%, 播种和苗期降水稀少, 仅占 12%, 且变异系数较大, 其中播种和苗期降水显

著偏少, 苗期和吐絮期温度低于棉花生长发育适宜温度, 日照基本能满足棉花全生育期要求, 温度播种期波动稍大外, 其它生育期均较小, 日照变异系数各个发育期基本一致, 为 0.10 ~ 0.13。

2.2 棉花各个发育期降水、气温、日照、气候风险度变化分析

在前期棉花适宜度研究结果基础之上, 根据 1970—2011 年棉花各个发育期适宜度, 再根据上式(1) ~ (9)计算降水、日照、气温、气候各要素棉花各个发育期的平均适宜度和风险度(见表 4)。由表 4 可知, 棉花各个发育阶段降水的风险度明显高于气温和日照, 适宜度最小, 均方差最大, 说明棉花生产中水分风险最大, 其次为温度, 最小则为日照。从棉花发育阶段的各个要素看, 播种期降水适宜度小, 均方差大, 导致降水风险度最大, 相反则花铃期适宜度较大, 均方差小, 使得花铃期降水风险最小。这是由于一般棉花播种 4 月处于少雨阶段, 常年的降水不

能满足棉花播种所需,一般需造墒播种,而且该阶段降水适宜度的均方差也比较大,年际间波动大,使风险增加,花铃期处于雨季,自然降水一般能满足棉花生长需要,且年际间波动小,均方差小,风险降低;依次类推,播种期和吐絮期温度风险度较大,分别为 0.167 和 0.173,这两个阶段处于温度波动较大时期,初霜和终霜出现早晚与轻重对棉花适时播种和

正常裂铃吐絮影响较大,风险增加,苗期至花铃期温度风险较小,为 0.007—0.076,说明该阶段温度适宜,且年际间波动小,风险降低;日照各个发育阶段风险度变化不大,其中花铃和吐絮稍大,为 0.056 和 0.04,该阶段对日照要求稍高,若出现连续寡照阴雨后,易引起蕾铃花脱落,增大其风险,其它发育期为 0.019~0.034,风险度相对较小。

表 3 棉花近 42 年各个发育期气候要素值及变异系数							
Table 3 Climate elements and variation coefficient of cotton in each growth stage nearly 42 years.							
	项目 Project	播种 Sow stage	苗期 Seedling stage	蕾期 Bud stage	花铃期 Blooming stage	吐絮期 Boll opening stage	全生育期 Whole growth stage
降水 Precipitation	要素值/mm Element of value	16	37	66	253	72	444
	变异系数 Coefficient of variation	0.85	0.49	0.40	0.27	0.41	0.21
温度 Temperature	要素值/℃ Element of value	15.3	20.2	25.0	25.7	16.8	21.0
	变异系数 Coefficient of variation	0.09	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02
日照 Sunshine	要素值/h Element of value	155	241	213	373	392	1374
	变异系数 Coefficient of variation	0.13	0.11	0.13	0.13	0.10	0.08

表 4 棉花各个发育期降水、气温、日照、气候风险度、适宜度及适宜度的均方差							
Table 4 The climate risk degrees, suitability and the mean square variance of the precipitation, air temperature, sunshine hours in cotton each growth stage							
	项目 Project	播种 Sow stage	苗期 Seedling stage	现蕾期 Squaring stage	花铃期 Blooming stage	吐絮期 Boll opening stage	全生育期 Whole growth stage
降水 Precipitation	风险度 Risk degree	0.267	0.192	0.194	0.138	0.199	0.138
	适宜度 Suitability degree	0.341	0.379	0.389	0.469	0.309	0.383
	均方差 Mean square variance	0.164	0.096	0.101	0.068	0.083	0.050
气温 Air temperature	风险度 Risk degree	0.167	0.076	0.043	0.007	0.173	0.078
	适宜度 Suitability degree	0.535	0.725	0.843	0.967	0.382	0.693
	均方差 Mean square variance	0.128	0.076	0.075	0.050	0.079	0.064
日照 Sunshine	风险度 Risk degree	0.032	0.019	0.034	0.056	0.040	0.031
	适宜度 Suitability degree	0.885	0.927	0.884	0.811	0.836	0.856
	均方差 Mean square variance	0.075	0.065	0.087	0.088	0.060	0.047
气候 Climate	风险度 Risk degree	0.160	0.100	0.091	0.062	0.123	0.077
	适宜度 Suitability degree	0.496	0.615	0.641	0.708	0.449	0.607
	均方差 Mean square variance	0.100	0.067	0.064	0.046	0.050	0.039

2.3 棉花各个发育期气候风险度时间变化趋势

根据 1970—2011 年逐年气候要素适宜度可计算得到降水、气温、日照、气候各个发育阶段及全生育期的 10 年滑动平均风险度(见图 2)。从图 2 可见,各个发育期各个要素风险度变化趋势为:播种期降水、气温、气候风险度最高,且波动大,但气温和降水风险度有下降趋势(下降率分别为 $0.0022\cdot a^{-1}$ 和 $0.0006\cdot a^{-1}$),日照和气候风险度下降趋势不明显,风险度的下降将有利于棉花播种;苗期除气温风险度有下降趋势外(下降率为 0.0008),降水、日照和气候风险均增加(上升率分别是 $0.0012\cdot a^{-1}$ 、 $0.0004\cdot a^{-1}$ 、 $0.0008\cdot a^{-1}$);蕾期除日照风险度增加(上升率为 $0.0014\cdot a^{-1}$)外,降水、气温和气候风险度均下降(下降率分别为 $0.0012\cdot a^{-1}$ 、 $0.0005\cdot a^{-1}$ 、 $0.0004\cdot a^{-1}$);花铃期降水风险明显增加(上升率为 $0.0014\cdot$

a^{-1}),日照次之(上升率为 $0.0010\cdot a^{-1}$),气候综合风险度也增加(上升率为 $0.0006\cdot a^{-1}$),气温变化不大;吐絮期气温和降水风险度波动最大,降水呈下降趋势(下降率为 $0.0012\cdot a^{-1}$),气温上升趋势(上升率为 $0.0002\cdot a^{-1}$),呈反相关,在 80 年代降水有一个风险度低值区,而温度则有一个高值区,日照变化比气温小,但与气温变化趋势一致,气候综合风险度变化与降水变化基本一致,变化幅度略大于降水;全生育期与苗期相似,除气温风险度有下降趋势外(下降率为 0.0005),降水、日照风险度均增加(上升率分别是 $0.0006\cdot a^{-1}$ 、 $0.0005\cdot a^{-1}$),气候风险度在 80 年代中期和 90 年代中期处于低值外,其它时段变化不大。

从气候各要素的总体来看:降水风险度苗期和花铃期上升,其它发育期下降,其中蕾期、吐絮期下

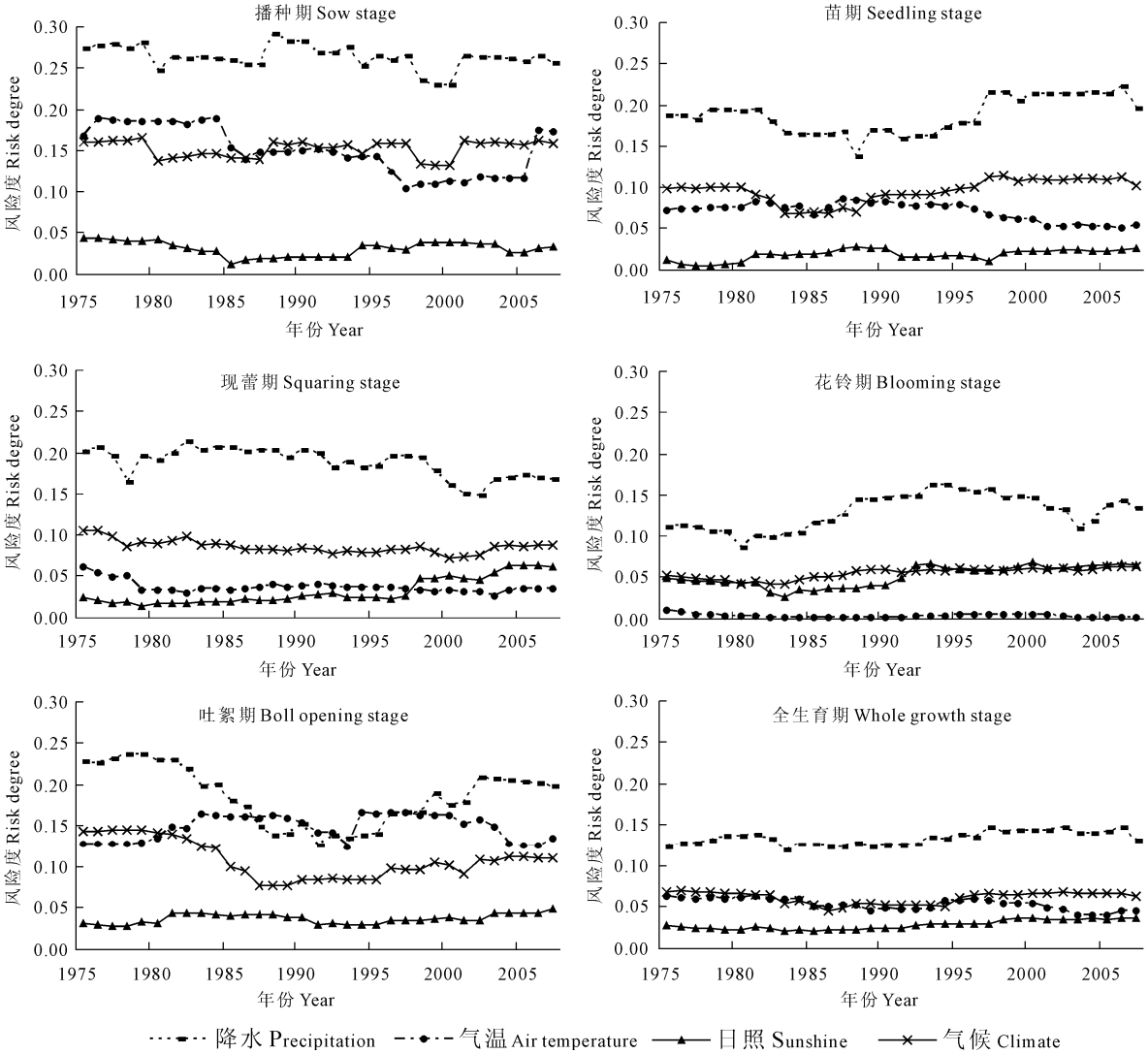
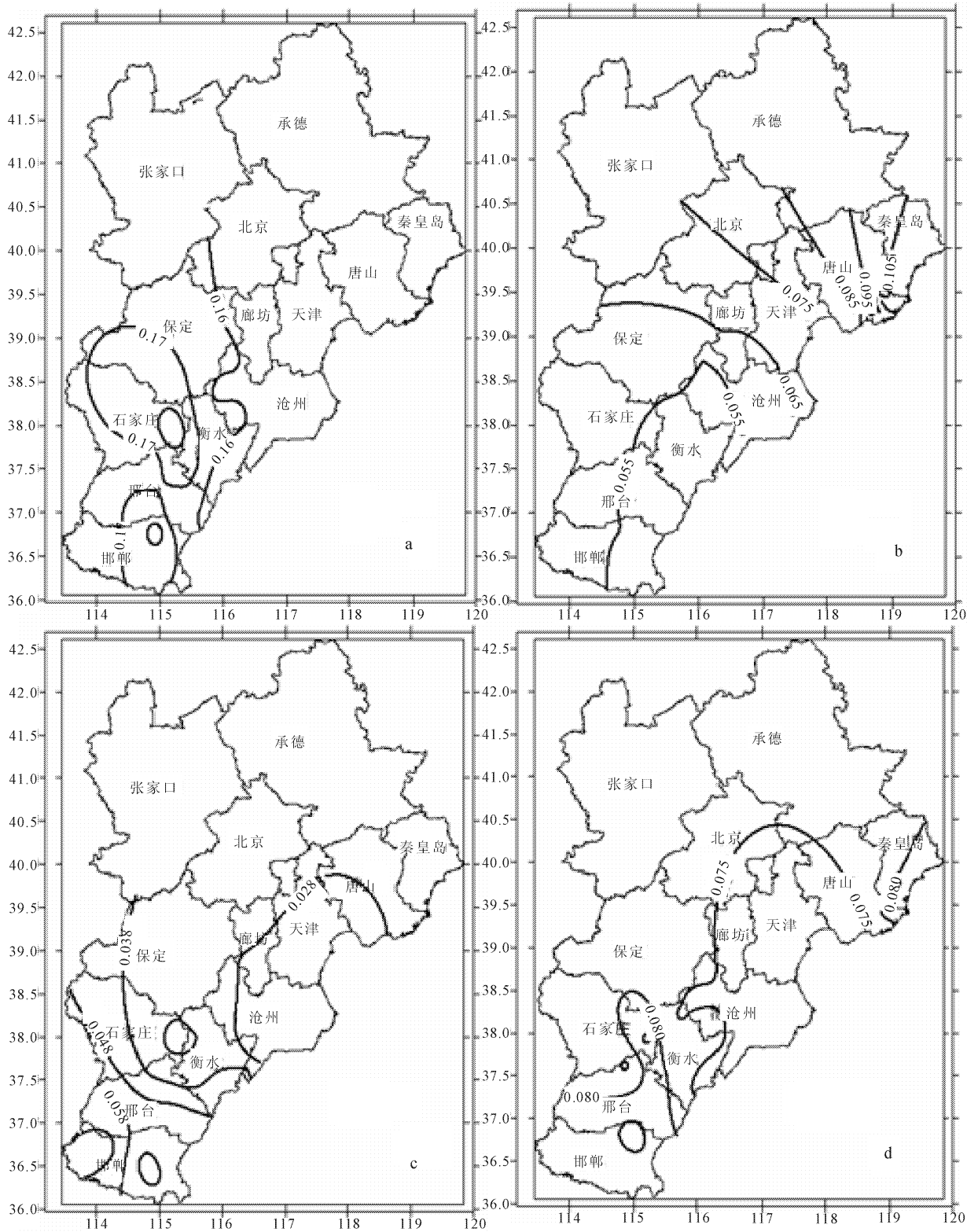


图 2 河北省棉花各个发育期 10 年滑动平均降水、气温、日照、气候风险度变化
Fig.2 10 years moving average of the precipitation, air temperature, sunshine hours and the change of climate risk degree of cotton in each growth stage in Hebei Province.

降比较明显;气温风险度除花铃期略上升外,其它均有下降;日照风险度除播种期外,均有上升趋势。在光温水要素中降水对气候贡献比较大,降水所引起的风险度变化在趋势变化中具有重要作用。

2.4 棉花气候风险度空间分布特点

根据 21 个县站多年平均光温水及综合气候风险度计算结果,得到棉花降水、气温、日照和气候风险度空间分布情况(见图 3)。



从图 3 可知:降水风险度高值区分布在邯郸的东部、石家庄东部和北部及保定南部,风险度大于 0.17,说明该区水分条件较差,尤其播期和苗期缺水较多;低值区在唐山、廊坊、沧州棉区,风险度小于 0.16,该区一般年份水分条件略好于西部和南部棉区;气温风险度规律性比较明显,从南向北逐渐增加,高值区在北部唐山、秦皇岛,为 0.075~0.105,一般年份 4 月的晚霜和 9、10 月的早霜对北部棉区有一定影响,如,4 月中下旬和 5 月初有的年份终霜偏晚,使播种出苗期气温偏低,出苗质量较差,搭不起丰产架子,影响三桃比例,从而影响产量,吐絮后期 9 月中下旬早霜来的早,热量条件转差,棉花吐絮不畅,影响产量和品质。低值区在南部邯郸、邢台棉区,该区温度条件较北部棉区有明显优势,一般风险度在 0.06 以下;日照风险度的高值区在南部,大于 0.048,该区阴雨天气出现几率高,尤其 8—9 月阴雨日多于东部和北部棉区,易造成棉桃脱落率增加,低值区在沧州和唐山,风险度在 0.038 以下。从气候综合风险度来看,其风险度分布有区域性特征,南部棉区风险度高于中北部棉区,尤其种植面积较大的县威县和南宫风险度均在 0.08 以上,唐山东部和沧州东部风险度为次高区,为 0.075 以上,其它地区稍低且差别不大。

3 结论与讨论

1) 棉花生育期内降水风险度最大,是限制棉花产量的关键因子。利用气候风险度函数模型计算河北省棉花生育期内气候风险度分布情况,发现光、温、水气候要素中风险度有明显差异,各个发育阶段降水的风险度明显高于气温和日照。

2) 棉花各个发育阶段的光、温、水风险度有显著差异。棉花各个发育阶段光温水风险度有显著差异,降水播种期风险度最大,花铃期最小;温度在播种期和吐絮期风险度较大,苗期至花铃期风险较小;日照各个发育阶段风险度变化不大。在棉花前期、后期生产中降水与温度应引起高度重视。

3) 河北省棉花苗期气候风险总体上升,不利于生长。10 年滑动平均风险度变化趋势为:播种期气温和降水风险度下降,气候风险呈减小趋势,将利于棉花播种;苗期气温风险降低,降水和日照风险增

加,总体上气候风险增加,不利于棉苗早发稳长;蕾期降水和气温风险均有减小趋势,气候风险也减小,利于棉花搭起丰产架子;花铃期降水风险明显增加,气候略呈增加趋势,花铃期比较稳定;吐絮期降水风险呈下降趋势,气温风险则上升,气候风险总体下降,利于棉花品质提高,但应注意早霜危害。这些研究结论与河南省研究结果^[6]有所不同,在所有要素中降水对气候贡献比较大,降水所引起的风险度变化在趋势变化中具有重要的作用,这一点与河南省研究结果一致^[6]。

4) 棉花降水、气温、日照和气候风险度空间分布区域性特征明显。降水和日照高风险区在南部棉区,低风险区在东部和北部棉区;气温风险度呈自南向北逐渐增加。气候综合风险度南部棉区高于中北部棉区,尤其种植面积较大威县和南宫风险度较高,这为该区棉花安全生产提出了挑战。

5) 综合气候、品种、耕作栽培技术进行棉花风险分析将是将来研究趋势之一。本文仅从气候角度进行了棉花风险趋势分析,未考虑棉花品种的抗逆性及耕作栽培措施弥补不利环境气候的客观事实,实际上不同抗性棉花品种以及地膜覆盖、化控等在同样的气候风险中可起到至关重要的作用,综合考虑气候、品种、栽培等因子进行棉花风险分析,这有待今后进一步研究和探讨。

参考文献:

- [1] 王勤英. 气候变化对河北省棉花生产及病虫害的可能影响[J]. 生态农业研究, 1997, 5(3): 45-48.
- [2] 姚树然, 康西言, 李二杰. 河北棉区气候影响效应的时空变化[J]. 中国农业气象, 2008, 29(3): 325-328.
- [3] 刘清春, 千怀遂, 任王玉, 等. 河南省棉花的温度适宜性及其变化趋势分析[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 51-56.
- [4] 任王玉, 千怀遂. 河南省棉花气候适宜度变化趋势分析[J]. 应用气象学报, 2006, 17(1): 87-93.
- [5] 姚树然, 王鑫, 李二杰. 河北省棉花气候适宜度及其时空变化趋势分析[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 24-29.
- [6] 千怀遂, 任王玉, 李明霞. 河南省棉花的气候风险研究[J]. 地理学报, 2006, 61(3): 319-326.
- [7] 赵峰, 千怀遂. 全球变暖影响下农作物气候适宜性研究进展[J]. 中国农业生态学报, 2004, 12(2): 134-137.
- [8] 李元华, 车少静. 河北省温度、降水变化对农业的影响分析[J]. 中国农业气象, 2005, 26(4): 224-228.