

## 湖北省棉花洪涝灾害风险分析

高静<sup>1,2</sup> 侯双双<sup>2</sup> 姜会飞<sup>2\*</sup> 霍治国<sup>3</sup> 潘学标<sup>2</sup> 毛飞<sup>3</sup> 肖静<sup>2</sup> 廖树华<sup>4</sup> 卢志光<sup>2</sup>

(1. 国家气象信息中心,北京 100081; 2. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100193;  
3. 中国气象科学研究院,北京 100081; 4. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

**摘要** 为准确和定量的评估洪涝灾害对棉花造成的风险,减少洪涝灾害对湖北省棉花造成严重影响和重大损失,以湖北省3个农业气象观测站近30年的气象资料和生育期资料,对湖北省洪涝风险进行了研究。结果表明:洪涝指数与降水距平百分率和降水标准化序列相关性显著。洪涝指数的计算过程涉及多个参数,运算过程复杂,而降水距平百分率和降水标准化计算相对容易,且数据容易获得,所以定义降水距平百分率或降水标准化作为划分洪涝致灾的指标。以此指标将洪涝导致减产的风险数值化,得到因洪涝导致减产的风险值分别为:襄樊10.5%,麻城16.1%,荆州4.2%。麻城棉花风险值最大,需要做好洪涝的防范措施。

**关键词** 洪涝致灾指标; 变异系数; 风险指数; 湖北; 棉花

中图分类号 S 422 文章编号 1007-4333(2011)03-0060-07 文献标志码 A

## Flood risk analysis in cotton for Hubei Province

GAO Jing<sup>1,2</sup>, HOU Shuang-shuang<sup>2</sup>, JIANG Hui-fei<sup>2\*</sup>, HUO Zhi-guo<sup>3</sup>,  
PAN Xue-biao<sup>2</sup>, MAO Fei<sup>3</sup>, XIAO Jing<sup>2</sup>, LIAO Shu-hua<sup>4</sup>, LU Zhi-guang<sup>2</sup>

(1. National Meteorological Information Centre, Beijing 100081, China;  
2. College of Resources and Environment Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;  
3. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China;  
4. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** In order to estimate flood risk posed to cotton accurately and quantitatively, and reduce the heavy losses of cotton due to flooding in Hubei Province, the risk of flooding is studied based upon the meteorological and cotton data in nearly 30 years from three stations of this province. The results showed that flooding index was significantly correlated with precipitation anomaly percentage and standardization precipitation. It was easy to obtain precipitation anomaly percentage and standardized precipitation. But it was more difficult to calculate the flooding index since they contained a number of parameters. The precipitation anomaly percentage was therefore defined as the flood hazard standard. Based upon the weighted flood standards during cotton growth period, the numerical data of flooding risk were as following: Xiangfan 10.5%, Macheng 16.1%, Jingzhou 4.2%. It was evident that Macheng cotton was at the highest risk and needed to take measures.

**Key words** flood hazard standard; coefficient of variation; risk index; Hubei; cotton

鉴于洪涝灾害对湖北省农业造成严重影响和重大损失<sup>[1-3]</sup>,准确、定量的评估洪涝灾害对农业造成的风险,对政府部门及时开展防灾减灾工作提供了

科学的指导依据。棉花是湖北省主要的经济作物之一,其种植面积及总产量均位于全国前五名<sup>[4]</sup>。湖北棉区地处亚热带,是我国重要的商品棉基地,但因

收稿日期: 2010-07-04

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2008BAK50B02); 教育部高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目(708013); 国家“十一五”科技支撑项目(2007BAC29B05)

第一作者: 高静,硕士研究生, E-mail: duoduolaiba@163.com

通讯作者: 姜会飞,副教授,博士,主要从事农业气象预报与风险评估研究, E-mail: jianghuiwei@sohu.com

季风气候影响,春渍、伏旱和夏涝,产量不稳,减产率达40%<sup>[5]</sup>。目前国内外对洪涝问题已经开展了一些研究,取得了许多成果。在洪涝指标方面,主要有单一指标<sup>[6-9]</sup>、综合指标<sup>[10-12]</sup>和区域指标<sup>[6,13]</sup>等。在农业灾害风险分析方面,刘兰芳、谢佰承和黄崇福等<sup>[14-16]</sup>对农业洪涝都进行过研究,但不同作物不同生育阶段水分供求不一,目前还没有一个具体针对棉花不同生育期的简便易行的洪涝指标。本研究拟在前人工作的基础上,重点针对湖北省,选择典型站点的主要种植作物棉花为研究对象,从作物需水与供水入手,构建作物洪涝指数,并与减产率对应匹配,建立不同生育期洪涝致灾指标。运用致灾指标实现洪涝灾害风险的数量化,风险评估结果可直接用于农业防灾减灾,使农业生产趋利避害,也有利于农业结构调整,寻求抗洪种植模式,保障农业经济的可持续发展,并为以后开展农业保险服务。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料及来源

湖北省棉区主要有鄂西北岗地,江汉平原,鄂东北低山丘陵<sup>[4]</sup>,分别用襄樊、荆州和麻城3个站代表。

本研究中所用到的气象资料为湖北省1981—2007年的日降水量、日平均温度、日最高温度、日最低气温、日照时数、10 m高度风速、气压、相对湿度、平均风速和平均气压,资料来源于国家气象信息中心。

作物生育期资料指湖北省主要棉区3个站,1981—2007年棉花逐年出苗-现蕾、现蕾-开花、开花-吐絮和吐絮-拔秆各生育阶段的起止日期,资料来源于湖北省典型站点农业气象观测站的观测资料。

产量数据来源于湖北省农村统计年鉴,包括棉花产区3个站的逐年单产数据。

### 1.2 洪涝指数

采用基于各个生育期、全生育期的降水量与作物需水量差值占相应生育期作物需水量的百分率值构建各个生育期、全生育期的洪涝指数,公式<sup>[17]</sup>为:

$$Hi = \frac{p - E_{Tm}}{E_{Tm}} \times 100\% \quad (1)$$

其中: $p$ 为作物某生育阶段降水量; $E_{Tm}$ 为作物各个生育期和全生育期需水量。

作物需水量指在水分供应充足且其他因素不成

为限制因子的条件下,某一作物旺盛生长需要的水分总量<sup>[5]</sup>。作物所需的水分主要用于作物蒸腾和土壤表面蒸发。计算作物需水量采用的最普遍方法为FAO推荐的“参考作物蒸散量乘以作物系数法”,计算公式为:

$$E_{Tm} = K_i \times E_{T_0} \quad (2)$$

其中: $E_{T_0}$ 为作物各个生育期和全生育期的可能蒸散量; $K_i$ 为作物系数。

可能蒸散量( $E_{T_0}$ )是指在水分充足的条件下,生长茁壮、高度一致、完全覆盖地面的绿色草丛植被的蒸散量,采用1998年FAO推荐的Penman-Monteith公式<sup>[18]</sup>进行计算,计算公式为:

$$E_{T_0} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + r \frac{900}{t + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (3)$$

式中: $E_{T_0}$ 为可能蒸散量; $R_n$ 为地表净辐射; $G$ 为土壤热通量; $t$ 为日平均气温; $U_2$ 为2 m高处风速; $e_a$ 为实际水汽压; $e_d$ 为饱和水汽压; $\Delta$ 为饱和水汽压曲线斜率; $\gamma$ 为干湿表常数。

### 1.3 正态分布函数风险概率

根据邓国、李世奎<sup>[19]</sup>对我国粮食作物产量风险评估方法的研究结果,采用自然灾害风险评估方法,以概率论为理论基础,对洪涝发生的风险进行分析。对3个站1981—2007年各个生育期的洪涝指标序列分布型进行判断,对不符合正态分布的序列进行偏态分布正态化。

正态分布近似公式为:

$$P(x) = \frac{1}{2} (1 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + a_5 x^5 + a_6 x^6)^{-16}$$

$$a_1 = 0.049\ 867\ 437; a_2 = 0.021\ 141\ 006\ 1;$$

$$a_3 = 0.003\ 277\ 626\ 3; a_4 = 0.000\ 038\ 003\ 6;$$

$$a_5 = 0.000\ 048\ 890\ 6; a_6 = 0.000\ 005\ 383$$

(4)

### 1.4 风险指数的构建

依据公式(4)计算得到各个站点棉花各个生育期发生洪涝的概率,及各个生育阶段的权重,分别计算各个站点由于洪涝产生的风险值,计算公式为:

$$I = F(r_i, P_i) = \sum_{i=1}^n r_i \times P_i \quad (5)$$

式中: $r_i$ 为棉花各个生育期受洪涝影响的权重; $P_i$ 为各个生育期洪涝发生的概率。

## 2 结果与分析

### 2.1 洪涝指数与降水距平百分率和降水标准化的关系及洪涝指标的确定

从襄樊、麻城和荆州 3 个站棉花各个生育期的洪涝指数与降水距平百分率,降水标准化分别做相关性分析可以看出,洪涝指数与降水距平百分率,降水标准化相关性显著且相等。襄樊各个生育期及全生育期的相关系数分别为 0.74、0.83、0.94、0.70 和 0.94;麻城分别为 0.88、0.81、0.92、0.77 和 0.95;荆州分别为 0.78、0.92、0.93、0.57 和 0.91,而且用降水距平百分率或降水标准化比洪涝指数更简单方便,所以本研究用降水距平百分率或降水标准化来作为划分洪涝的指标。

### 2.2 洪涝指标的划分及洪涝风险值的计算

根据 IPCC 定义的降水保证率划分极端降水事件的方法<sup>[20]</sup>,本研究将划分旱涝指标定义为:降水量 $\geq 10\%$ 保证率对应的值为洪涝,降水量 $\leq 90\%$ 保证率对应的值为干旱,介于二者之间为正常,并且定义相对气象产量 $\leq -5\%$ ,为减产年; $\geq 5\%$ ,为增产年;介于 $\pm 5\%$ 之间,为正常年。

#### 2.2.1 襄樊旱涝指标及洪涝风险

根据降水量 10% 和 90% 保证率计算的降水量

数值,得到划分旱涝的指标:出苗-现蕾阶段降水量 $> 223.5$  mm,为洪涝;该生育期降水量 $< 77$  mm,为干旱。现蕾-开花阶段降水量 $> 165$  mm,为洪涝;该生育期降水量 $< 16.9$  mm,为干旱。开花-吐絮阶段降水量 $> 442$  mm,为洪涝;该生育期降水量 $< 103.7$  mm,为干旱。吐絮-拔杆阶段降水量 $> 231$  mm,为洪涝;该生育期降水量 $< 49$  mm 为干旱。全生育期降水量 $> 849.9$  mm,为洪涝;全生育期降水量 $< 388.2$  mm,为干旱。

由各个生育期旱涝指标划分洪涝、干旱和正常,结合襄樊棉花产量状况得到表 1。表 1 所示:1982—2005 年的 24 年中,减产年 8 年,占 33.3%;增产年 10 年,占 42.7%;正常年 6 年,占 25%。减产年的 8 年中,对应年份中各个生育期出现涝、正常和旱的时间分别为 3、3 和 2 年,即发生旱涝灾害的年份占 62.5%。增产年的 10 年中,对应各个生育期出现涝、正常和旱的时间分别为 3、5 和 2 年。正常产量年的 6 年中,对应年份各个生育期正常和旱的时间分别为 2 和 2 年,旱涝同时存在的年数为 2,正常的年份占 33.3%;出苗-现蕾、现蕾-开花期发生旱涝或涝旱,水分互相补偿,对产量状态没有影响。可以把这 2 个时期合并为一个阶段来分析降水量对产量的影响。

表 1 襄樊棉花各个生育期旱涝(按降水量保证率 10% 和 90%)与产量状态对照

Table 1 Comparison each cotton growth stage drought or flood (guaranteed rate of 10%, 90% by precipitation) and output in Xiangfan

| 年份   | 出苗-现蕾 <sup>①</sup> | 现蕾-开花 <sup>①</sup> | 开花-吐絮 <sup>①</sup> | 吐絮-拔杆 <sup>①</sup> | 全生育期 <sup>①</sup> | 产量 <sup>②</sup> |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 1982 | 0                  | 0                  | +                  | 0                  | 0                 | -               |
| 1988 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | -               |
| 1989 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | +                 | -               |
| 1994 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | -               |
| 1996 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | -               |
| 2000 | 0                  | 0                  | +                  | 0                  | +                 | -               |
| 2003 | 0                  | 0                  | 0                  | -                  | 0                 | -               |
| 2004 | 0                  | -                  | 0                  | 0                  | 0                 | -               |
| 1999 | 0                  | 0                  | -                  | 0                  | 0                 | 0               |
| 2002 | +                  | -                  | 0                  | 0                  | 0                 | 0               |

注:①+为涝;-为旱;0 为正常。②-表示减产年;0 表示平年。表中按产量减-增-正常排列。下同。

把降水量标准化后,计算 10% 和 90% 保证率,得到襄樊站旱涝指标。根据襄樊各个生育期旱涝指标及产量状况得到襄樊棉花各个生育期旱涝情况与

产量状态对照(表 2)。表 2 可示:在棉花减产年的 8 年中,对应涝、正常、旱和涝旱同时发生的时间分别为 1、2、4 和 1 年,旱涝发生的年份占 75%。增产年

**表 2 襄樊棉花各个生育期旱涝(按降水标准化保证率 10%和 90%)与产量状态对照**  
 Table 2 Comparison each cotton growth stage drought or flood (guaranteed rate of 10%, 90% by Standardized precipitation) and output in Xiangfan

| 年份   | 出苗-现蕾 <sup>①</sup> | 现蕾-开花 <sup>①</sup> | 开花-吐絮 <sup>①</sup> | 吐絮-拔杆 <sup>①</sup> | 全生育期 <sup>①</sup> | 产量 <sup>②</sup> |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 1982 | —                  | —                  | —                  | 0                  | —                 | —               |
| 1988 | +                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | —               |
| 1989 | 0                  | —                  | 0                  | 0                  | 0                 | —               |
| 1994 | 0                  | 0                  | 0                  | —                  | 0                 | —               |
| 1996 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | —               |
| 2000 | 0                  | 0                  | —                  | 0                  | 0                 | —               |
| 2003 | +                  | —                  | 0                  | 0                  | 0                 | —               |
| 2004 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | —               |
| 1999 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | 0               |
| 2002 | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | 0               |

的 10 年中,对应涝、正常、旱和旱涝同时发生的时间分别为 2、4、2 和 2 年。正常产量年的 6 年中,对应正常、旱、涝的时间分别为 4、1 和 1 年,正常的年数占 66.7%。标准化处理降水后,减产年对应的正常的年数减少,出现灾害的年份增多,灾害发生年份的比例从 62.5%增加到 75%;产量正常对应没有旱涝灾害发生的年数增多,比例从 33.3%提高到 66.7%,准确性增加,所以,标准化处理是对单纯用降水量作为旱涝指标的进一步改进。

计算棉花各个生育阶段的降水距平百分率,找到 10%和 90%保证率对应的值,得到襄樊站旱涝指标,根据各个生育期旱涝指标及产量状况得到襄樊

棉花各个生育期旱涝情况与产量状态对照图。减产年的 8 年中,对应涝、正常和旱的时间分别为 2、3 和 3 年,旱涝灾害发生的年份占 62.5%。增产年的 10 年中,对应涝、正常和旱的时间分别为 3、5 和 2 年。正常产量年的 6 年中,对应正常和旱的时间分别为 2 和 2 年,旱涝同时存在的时间为 2 年,正常的年份占 33.3%。出苗-现蕾,现蕾-开花交替出现旱涝,水分互相补充,对产量的影响较小。减产年份中正常状态较多,需要对指标进一步改进。

根据降水距平百分率 20%,80%保证率作为划分洪涝、干旱、正常的指标,得到襄樊棉花各个生育期旱涝情况与产量状态对照(表 3)。表 3 可示:减

**表 3 襄樊棉花各个生育期旱涝(按降水距平百分率保证率 20%和 80%)与产量状态对照**  
 Table 3 Comparison each cotton growth stage drought or flood (guaranteed rate of 20, 80% by Precipitation anomaly percentage) and output in Xiangfan

| 年份   | 出苗-现蕾 <sup>①</sup> | 现蕾-开花 <sup>①</sup> | 开花-吐絮 <sup>①</sup> | 吐絮-拔杆 <sup>①</sup> | 全生育期 <sup>①</sup> | 产量 <sup>②</sup> |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 1982 | 0                  | —                  | +                  | —                  | 0                 | —               |
| 1988 | 0                  | —                  | 0                  | +                  | 0                 | —               |
| 1989 | 0                  | +                  | 0                  | +                  | +                 | —               |
| 1994 | 0                  | 0                  | —                  | 0                  | 0                 | —               |
| 1996 | +                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | —               |
| 2000 | 0                  | —                  | +                  | +                  | +                 | —               |
| 2003 | —                  | 0                  | 0                  | —                  | 0                 | —               |
| 2004 | +                  | —                  | +                  | —                  | 0                 | —               |
| 1999 | 0                  | 0                  | —                  | 0                  | —                 | 0               |
| 2002 | +                  | —                  | 0                  | 0                  | 0                 | 0               |

产年的8年中,均有旱涝灾害发生,所以选用降水距平百分率20%和80%保证率更合理。正常年份中旱涝同时发生,水分互相补足,不会造成减产。减产年中,对应涝、旱和旱涝同时存在的时间分别为2、2和4年。出苗-现蕾期发生旱涝年份有3年,正常的年份有5年,现蕾-开花,吐絮-拔杆期发生旱涝灾害的年份多,分别为5和6年,说明出苗-现蕾期发生水分异常的年份少,其对产量的影响可以忽略,现蕾-拔杆期发生水分异常对产量影响大。单从洪涝致灾的方面考虑,开花-吐絮,吐絮-拔杆期因涝导致减产的年份最多,看出这2个阶段是洪涝影响产量

的关键时期。

根据降水距平百分率20%的保证率定义的洪涝指标划分洪涝灾害,可以统计出减产9年中棉花各个生育期共发生9次洪涝灾害,其中出苗-现蕾2次,现蕾-开花1次,开花-吐絮3次,吐絮-拔杆3次,得到各个生育期受洪涝影响的权重系数,分别为0.22、0.11、0.33和0.33。

由各个生育期的权重系数结合洪涝减产的频率,计算襄樊得到综合风险值(表4)。综合风险结合了各个生育期受涝影响的权重系数,所以比仅用全生育期计算的风险更合理。

表4 襄樊棉花各个生育期及全生育期洪涝风险

Table 4 Flood risk in each cotton growth period and all growth period in Xiangfan %

| 出苗-现蕾 | 现蕾-开花 | 开花-吐絮 | 吐絮-拔杆 | 全生育期 | 综合风险 |
|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 8.3   | 4.2   | 12.5  | 12.5  | 8.3  | 10.5 |

### 2.2.2 麻城旱涝指标及洪涝风险

根据各个生育期旱涝指标(表5)及产量状况,得到麻城棉花各个生育期旱涝情况与产量状态对照。用降水距平百分率10%和90%的保证率作为旱涝指标得到以下结论:在1982—2005的24年中,

减产年8年,占33.3%;增产年10年,占41.7%;正常年6年,占25%。减产年的8年中,有6年旱涝灾害发生。对应涝、旱、旱涝同时存在、正常的时间分别为2、2、2和2年。全生育期发生旱的年份有1年,洪涝的年份有2年,所以麻城全生育期出现洪涝

表5 麻城棉花各个生育期旱涝指标\*

Table 5 Drought and flood index in each cotton growth stage (by precipitation anomaly percentage guaranteed rate) in Macheng mm

| 指标      | 出苗-现蕾 | 现蕾-开花 | 开花-吐絮 | 吐絮-拔杆 | 全生育期  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 洪涝(10%) | 73.1  | 159.3 | 102.9 | 115   | 50.9  |
| 干旱(90%) | -56.6 | -98.6 | -59.2 | -73.5 | -33.1 |
| 洪涝(20%) | 46.4  | 86.6  | 63.7  | 76.1  | 31.5  |
| 干旱(80%) | -44.9 | -87.2 | -44.7 | -58.3 | -26.8 |

注:\* 根据降水距平百分率10%、20%、80%和90%保证率得到。

灾害的风险大。增产的10年中,正常的年份有7年,出现旱涝灾害的年份有3年。正常的年份有5年,其中各个生育期都正常的年数有2年。

用降水距平百分率20%和80%的保证率作为旱涝指标得到以下结论:减产的8年中,出现旱涝灾害的年份有8年,对应涝、旱、旱涝同时存在、正常的时间分别为3、1、3和1年。减产的8年中,全生育期出现干旱的年数为1,涝的时间为4年,所以麻城由于洪涝造成的减产风险大。出苗-现蕾期出现的洪涝年数有5年,现蕾-开花出现的

洪涝年数有4年,开花-吐絮,吐絮-拔杆期出现的洪涝时间均为1年,可以看出:从出苗-开花阶段发生洪涝的年份多,由于洪涝造成的减产风险大,该阶段是洪涝影响棉花产量的关键时期。选用20%保证率后,各生育期都正常的年份从2年减至1年,全生育期正常的年份也减少,可以看出:选用20%和80%降水距平保证率后,更能反映旱涝灾害的发生情况,是对10%和90%保证率的进一步改进。增产和正常的年份中出现旱涝灾害的情况增多,但可以看出,一年中不同生育期会同时发生

旱、涝，但全生育期平均来说，水分会互相补偿，所以对产量没有影响或影响较小。

用降水距平百分率 20% 的保证率作为洪涝指标的减产年份中，棉花各个生育期共发生洪涝灾害 11 次，其中出苗-现蕾发生 5 次，现蕾-开花发生 4

次，开花-吐絮、吐絮-拔杆各发生 1 次，可以得出各个生育期发生洪涝的权重系数，分别为 0.45、0.36、0.09 和 0.09。根据这 24 年各个生育期的统计，可以得出麻城各个生育期出现洪涝的频率及综合风险(表 6)。

表 6 麻城棉花各个生育期及全生育期洪涝风险

Table 6 Flood risk in each cotton growth period and all growth period in Macheng %

| 出苗-现蕾 | 现蕾-开花 | 开花-吐絮 | 吐絮-拔杆 | 全生育期 | 综合风险 |
|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 20.8  | 16.7  | 4.2   | 4.2   | 16.7 | 16.1 |

2.2.3 荆州旱涝指标及洪涝风险

根据各个生育期旱涝指标(表 7)及产量状况，得到荆州棉花各个生育期旱涝情况与产量状态对照。可以得到以下结论：1982—2005 年这 24 年中，荆州减产年有 6 年，占 25%；增产年有 5 年，占 20.8%；正常的年份有 13 年，占 54.2%。荆州减产年的 6 年中，有 5 年旱涝灾害发生。对应涝、旱和旱涝同时存在的时间分别为 3、1 和 1 年。减产的年份中出苗-现蕾、现蕾-开花、开花-吐絮、吐絮-拔杆各发生洪涝一次。正常年份的 13 年中，正常状态的年份占 46.2%。

出来的结果，得到：减产年中，旱涝灾害年份由 83.3% 增加到 100%，但正常年份中各个生育期干旱和洪涝灾害发生增多，正常状态的年份从 46.2% 减少到 0，所以用 10% 的降水距平保证率洪涝的指标更合理。

按降水距平百分率 10% 的保证率计算的洪涝指标中，减产的 6 年中，发生洪涝灾害 4 次，出苗-现蕾、现蕾-开花、开花-吐絮、吐絮-拔杆各发生 1 次，可以得出各个生育期发生洪涝的权重系数，都为 0.25。根据这 24 年各个生育期的统计，可以得出荆州各个生育期出现洪涝的频率及综合风险概率(表 8)。

根据降水距平百分率 20% 和 80% 的保证率算

表 7 荆州棉花各个生育期旱涝指标

Table 7 Drought and flood Index in Each cotton growth stage (by Precipitation anomaly percentage guaranteed rate )in Jingzhou mm

| 指标      | 出苗-现蕾 | 现蕾-开花 | 开花-吐絮 | 吐絮-拔杆 | 全生育期  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 洪涝(10%) | 54.7  | 147.5 | 78.0  | 86.2  | 39.7  |
| 干旱(10%) | -35.8 | -80.2 | -61.5 | -60.5 | -28.5 |
| 洪涝(20%) | 30.2  | 89.8  | 62.3  | 23.7  | 28.0  |
| 干旱(20%) | -25.1 | -69.0 | -49.3 | -43.1 | -25.4 |

注：\* 按降水距平百分率保证率。

表 8 荆州棉花各个生育期及全生育期洪涝风险

Table 8 Flood risk in each cotton growth period and all growth period in Jingzhou %

| 出苗-现蕾 | 现蕾-开花 | 开花-吐絮 | 吐絮-拔杆 | 全生育期 | 综合风险 |
|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 4.2   | 4.2   | 4.2   | 4.2   | 8.3  | 4.2  |

从这 3 个站的风险值来看，麻城风险值最大，所以出现洪涝减产的风险相对最大，荆州由于洪涝导致的减产最小(表 9)。根据李世奎对全国各省份粮食单产灾害风险指标评估数据，湖北省粮食歉年平

均减产率为 -7.6%，歉年风险指数为 7.8%，历年风险指数 3.0%，对比看出，襄樊和麻城棉花受到洪涝灾害的风险高于本省平均水平，需要做好洪涝的防范措施。

表9 3站棉花全生育期洪涝风险比较

Table 9 Comparison of flood risk in Hubei %

| 项目     | 襄樊    | 麻城    | 荆州    |
|--------|-------|-------|-------|
| 全生育期风险 | 8.3   | 16.7  | 8.3   |
| 综合风险   | 10.5  | 16.1  | 4.2   |
| 平均减产率  | -27.8 | -13.4 | -16.7 |

### 3 结论

本研究通过把洪涝指数与降水距平百分率和降水标准化做相关性分析,找到简化计算洪涝指标的途径,并把指标和相对气象产量对应比较划分洪涝、干旱、正常,找到各个站点不同生育期对应的旱涝指标,并得到湖北主要棉区3个站不同生育期、全生育期洪涝导致减产的风险值及综合各生育期易损性权重后的综合风险值。本研究仅以棉花生长期洪涝发生的风险进行分析和评估,也就是说进行致灾因子的风险分析,受数据限制,没有分析承灾体受致灾因子危险性影响可能产生的灾损风险,这是今后需要进一步研究和解决的课题。

### 4 讨论

1)本研究计算各生育期不同气象要素时都是在农业气象试验站实际观测资料确定的准确的生育期基础上,结合逐日气象观测数据而计算出来的,并且对各个气象要素在不同生育期的近30年的变化情况进行了实况分析。

2)通过对综合农作物长势和气象条件的洪涝指数与降水距平百分率统计分析,得出降水距平百分率和降水标准化与洪涝指标相关显著,从而简化了旱涝指标的计算方法,为宏观调控旱涝风险评估和风险管理的实践应用提供简化有效的指导。

3)综合分析棉花多年不同生育阶段的旱涝指标和减产率,从减产率中分离出产量损失是洪涝导致的还是干旱导致的,初步分离和量化洪涝致灾风险。

### 参 考 文 献

- [1] 梁益同,刘可群,周守华,等. EOS-MODIS 数据监测暴雨洪涝灾害的技术方法[J]. 暴雨灾害,2008,27(1):64-67
- [2] 韩成浚. 洪涝及其对环境的影响[J]. 甘肃科技纵横,2006,35(1):9-11
- [3] 黄利民. 湖北省近代洪涝灾害的特点及其成因分析[J]. 华中师范大学学报:自然科学版,2006,40(1):115-118
- [4] 吴义城,刘敏,倪国裕. 湖北省旱涝发生特征与棉花年景[J]. 湖北气象,1995(1):30-32
- [5] 韩湘玲,曲曼丽. 作物生态学[M]. 北京:气象出版社,1991
- [6] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-33
- [7] 杨琳,刘华东. 洪涝统计方法探讨[J]. 气象与环境科学,2007,30:32-34
- [8] 孟莹,卢娟,陈传雷. 辽宁3种旱涝指标的对比分析[J]. 辽宁气象,2004(2):22-23
- [9] Tsakiris G, Vangelis H. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration[J]. European Water,2005,3(11):3-10
- [10] 陈香. 福建暴雨洪涝灾害时空格局与减灾对策研究[J]. 山西师范大学学报,2008,22(1):104-108
- [11] 王雪臣,冷春香,冯相昭,等. 长江中游地区洪涝灾害风险分析[J]. 科技导报,2008,26(2):61-66
- [12] 刘敏,李书睿,倪国裕. 湖北省农业干旱的指标和时空分布特征[J]. 华中农业大学学报,1994,13(6):621-624
- [13] 周寅康. 流域性洪涝及其指标研究[J]. 灾害学,1995,10(3)
- [14] 刘兰芳,钟顺清,唐青松. 农业洪涝灾害风险分析与评估—以湖南农业洪涝易损性为例[J]. 农业现代化研究,2003,24(5):380-383
- [15] 谢佰承,罗伯良,帅细强. 湖南洪涝灾害农业风险评估研究[J]. 中国农业气象,2009,30(增2):307-309
- [16] 黄崇福,刘新立,周国贤,等. 以历史灾情资料为依据的农业自然灾害风险评估方法[J]. 自然灾害学报,1998,7(2):1-8
- [17] 贺楠. 安徽省农业旱涝灾害风险分析[D]. 北京:中国气象科学研究院,2009
- [18] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration [M]. Rome:FAO Irrigation and Drainage Paper,1998
- [19] 李世奎. 中国农业灾害风险评价与对策[M]. 北京:气象出版社,1999
- [20] Martin B. Extreme climatic events: examples from the alpine region[J]. Journal De Physique IV,2004,121:139-149

(责任编辑:王燕华)