

# 安徽省夏玉米涝渍灾害时空特征及其灾损风险

魏忠光<sup>1</sup> 崔修来<sup>2</sup> 孙瑶<sup>2</sup> 王晓东<sup>3</sup>

(1 安徽海峰分析测试科技有限公司, 合肥 230031; 2 辽宁省营口市气象局, 营口 115001; 3 安徽省农业气象中心, 合肥 230031)

**摘要** 为分析安徽省夏玉米全生育期涝渍灾害发生的特征, 量化评估涝渍灾害风险程度。利用安徽省 48 年的气象资料(1971—2018 年), 采用夏玉米涝渍指数模型, 计算分析了安徽省夏玉米涝渍指数的时空特征, 并确定了夏玉米涝渍指数等级指标, 最后采用灾损风险指数模型得到了安徽省夏玉米产量涝渍灾损风险分布。结果表明: ①夏玉米全生育期涝渍指数以 0.027/10a 的速率呈显著上升趋势, 其中 6 月上旬和 8 月上旬上升趋势最为明显; 涝渍指数的空间分布显示其值变幅在 0.08~0.38 之间, 其中大别山区、江南中东部和淮北局部是夏玉米涝渍指数的高值区。②建立的夏玉米涝渍灾害等级指标和实际涝渍减产的结果较为一致, 其中涝渍等级与实际减产率一致的比例为 82.2%。③而夏玉米涝渍产量灾损风险分布显示大别山区、江淮东部和江南东部地区是安徽省夏玉米涝渍产量损失的高风险区。研究结果对开展区域农业气象防灾减灾有很好的借鉴意义。

**关键词** 安徽; 夏玉米; 涝渍灾害; 风险指数; 敏感系数

**中图分类号**: S166, P429 **DOI**: 10.19517/j.1671-6345.20200169 **文献标识码**: A

## 引言

涝渍灾害主要是指由于长时间维持阴雨天气, 降水量过多, 地下水位过高, 地面排水不畅, 造成植物根层土壤水分长时间处于饱和或过饱和、土壤中空气含量不足, 危害植物正常生长的一种土壤水分过多的农业气象灾害。其中田间作物涝渍主要表现出土壤相对湿度(土壤含水量占田间持水量的百分比)长时间维持在 85% 以上、植株间的空气相对湿度大, 导致作物生长不良和病虫害严重等<sup>[1-5]</sup>。确定涝渍灾害指标的方法前人已作过较多研究, 也建立了许多定量指标和模型, 针对夏玉米涝渍这种特殊的灾害, 国内在指标方法的确定以及定量指标和模型等方面开展了相关的研究, 很好的揭示了不同区域玉米涝渍灾害时空发生规律, 对科学开展区域种植布局具有重要参考意义<sup>[6-12]</sup>。另外采用风险评估指标(包括受灾减产率出现的概率、风险指数、变异系数等)来研究涝渍害产量灾损程度, 并利用风险分析技术探讨作物产量灾损规律, 对制定防灾减

灾决策, 降低灾损风险程度, 实现稳产增收具有重要意义<sup>[13-17]</sup>。

由于安徽省地处暖温带和北亚热带两大气候带的过渡区, 过渡型气候特征明显, 南北冷暖气团交汇频繁, 天气多变, 降水年际变率大, 旱涝自然灾害频发, 降水集中时段与夏玉米的生长季基本吻合, 期间作物水分基本处于供大于求的状况, 涝渍灾害发生概率较大, 严重影响玉米的籽粒灌浆、结实粒数和千粒重等产量构成因素, 因此涝渍是安徽省夏玉米稳产、高产的主要限制因子<sup>[18-21]</sup>。本文综合考虑夏玉米涝渍孕灾环境、涝渍致灾因子(涝渍害发生时期的降水量、雨日、日照时数)等因素, 利用夏玉米涝渍指数模型对涝渍的时空分布特征进行了详细的分析, 同时参考国家气象行业标准《冬小麦油菜涝渍等级》<sup>[22]</sup>, 确定了适合安徽省的夏玉米涝渍害分级指标; 另外为揭示夏玉米涝渍可能造成的灾损风险, 采用灾损风险指数模型计算得到了安徽省夏玉米产量涝渍灾损风险分布<sup>[23-24]</sup>, 研究结果对开展区域农业气象防灾减灾有很好的借鉴意义。

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

潍坊市气象局气象科学技术研究项目“寿光近 55 年初、终霜日、无霜期变化特征及对农业的影响研究”(2017wfqxkt07)资助

作者简介: 魏忠光, 男, 1984 年生, 工程师, 主要从事农业气象研究工作, Email: wei108wei@163.com

收稿日期: 2020 年 5 月 6 日; 定稿日期: 2020 年 9 月 8 日

## 1 研究资料与方法

### 1.1 研究资料

本文所用气象资料为安徽省 1971—2018 年 78 个气象观测站的逐日平均气温、最高气温、最低气温、降水量、日照时数、水汽压、平均风速、相对湿度等;夏玉米发育期及土壤水分资料均来源于安徽省气象信息中心;夏玉米产量资料来源于安徽省统计部门,包括 78 个站点 1981—2017 年的夏玉米分县产量数据。研究区内根据气候、地形和农业种植等可将其分为淮北地区、沿淮地区、江淮地区、大别山区、沿江地区和江南地区共 6 个不同区域,每个区域分别包含 16 个、12 个、14 个、4 个、19 个和 13 个气象站点(图 1)<sup>[25]</sup>。

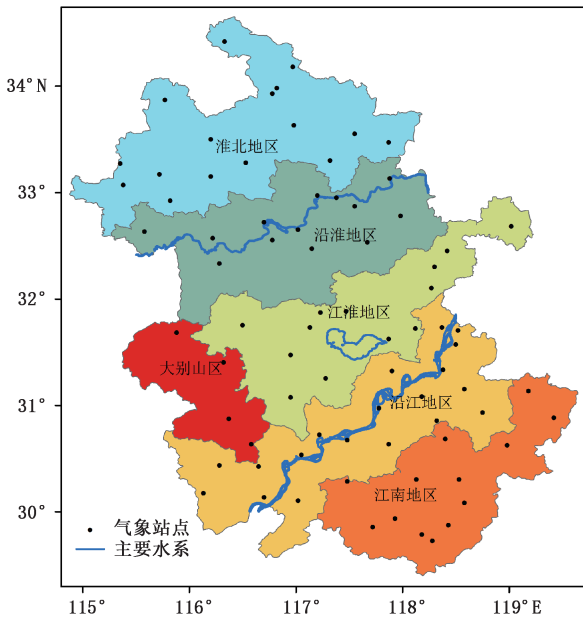


图 1 安徽省主要种植分区及气象站点分布

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 夏玉米水分敏感系数的计算

作物各生育阶段对水分胁迫的影响程度不同,一般用水分敏感系数来表示,主要由作物实际产量、最大产量、实际蒸散量、参考作物蒸散量、作物系数和土壤水分系数等参数决定,各阶段水分敏感系数的计算方法详见文献<sup>[26]</sup>。安徽省夏玉米一般 6 月上中旬播种,9 月中下旬收获,播种较早的江南地区和播种较晚的淮北地区生育进程普遍相差 1 旬左右,充分考虑夏玉米南北生育进程的差异,本文首先计算获得了安徽省夏玉米各站点的逐日水分敏感系

数,基于逐日水分敏感系数通过统计分析得到了分区逐旬作物水分敏感系数,最后将分旬水分敏感系数作为各区计算全生育期夏玉米涝渍指数的分旬权重,具体的分区分旬水分敏感系数值见表 1。

表 1 安徽省夏玉米分区分旬水分敏感系数

旬	淮北	沿淮	江淮	大别山区	沿江	江南
6 月上	—	—	0.014	0.023	0.012	0.017
6 月中	0.061	0.069	0.048	0.050	0.058	0.077
6 月下	0.055	0.059	0.075	0.080	0.040	0.046
7 月上	0.089	0.085	0.086	0.118	0.098	0.114
7 月中	0.125	0.101	0.113	0.099	0.095	0.097
7 月下	0.126	0.121	0.139	0.124	0.114	0.115
8 月上	0.125	0.123	0.129	0.125	0.131	0.130
8 月中	0.118	0.112	0.123	0.130	0.134	0.132
8 月下	0.127	0.133	0.133	0.128	0.117	0.121
9 月上	0.073	0.081	0.088	0.084	0.071	0.067
9 月中	0.044	0.032	0.071	0.073	0.058	0.070
9 月下	0.033	0.029	0.023	0.032		

#### 1.2.2 夏玉米涝渍指数 $Q_w$

在气象行业标准《冬小麦、油菜涝渍等级》<sup>[22]</sup>中涝渍指数计算方法的基础上,结合安徽省的实际情况,通过优化和改进建立夏玉米涝渍指数的计算公式。

$$Q_{wi} = a_1 \frac{R_i}{R_{\max}} + a_2 \frac{R_{di}}{R_{d\max}} - a_3 \frac{S_i}{S_{\max}} \quad (1)$$

其中, $Q_{wi}$ 为第  $i$  时间段的涝渍指数, $R_i$ 、 $R_{di}$ 、 $S_i$  分别为第  $i$  时段的降水量、降水日数和日照时数, $R_{\max}$ 、 $R_{d\max}$ 、 $S_{\max}$  分别为序列内的降水量、降水日数和日照时数的最大值。

本文中计算的时间尺度以旬作为基本单位,分别计算全省各站点 1971—2018 年 6 月上旬至 9 月下旬逐旬的涝渍指数,例如计算合肥站 2000 年的 8 月上旬的涝渍指数,其中  $R_i$  为 8 月上旬的降水量, $R_{\max}$  为 1971—2018 年共 48 年每年 8 月上旬降水量的最大值,降水日数和日照时数情况类似。参数  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  为表征降水量、雨日和日照时数对形成涝渍灾害贡献的经验系数,参考涝渍等级的气象行业标准并结合本地区涝渍发生的实际情况, $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$  的值分别取 1、1、0.75。

#### 1.2.3 夏玉米趋势产量的分解

影响作物最终产量形成的因素很多,一般把作

物最终产量分解为趋势产量和气象产量,其中农业技术措施类包括施肥、经营管理、病虫害控制、品种改良以及其它增产措施等,它反映了一定历史时期的社会经济技术发展水平;相应的产量分量称为时间技术,简称趋势产量。而由于年际间气象条件的差异造成作物产量的波动,相应的产量分量称为气象产量。本文采用直线滑动平均法模拟趋势产量,该方法是将产量的时间序列在某个阶段内的变化看作线性函数,呈一直线;随着阶段的连续滑动,直线不断改变位置、后延滑动而反映产量历史演变趋势的连续变化;依次求取各个阶段内的回归模型,而各时间点上各直线滑动回归模拟值的均值,即为其趋势产量值<sup>[27]</sup>。

$$y = y_t + y_w \quad (2)$$

式中, $y$  为作物的实际产量,单位为  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ;  $y_t$  为作物的趋势产量,单位为  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ;  $y_w$  为作物产量的气象分量,又称为气象产量,单位为  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

### 1.2.4 产量涝渍灾损风险指数

灾损减产风险指数<sup>[13]</sup>是指不同减产率与相应出现概率乘积的总和,是反映减产风险程度的一个指标,指数越大,风险就越大。玉米产量灾损风险指数( $M$ )由 3 方面因素综合构成,其中产量灾损风险强度指数( $Q$ )是灾损风险在强度上的表示;减产变异系数( $C_v$ )可反映实际灾损的年际波动情况,是灾损风险振幅的体现;涝渍年发生概率( $F$ )是涝渍在时域尺度上的度量;3 者分别代表实际灾损风险发生的强度、幅度和频度,均与实际灾损呈正比。

玉米减产变异系数( $C_v$ )指减产年(气象产量为负)玉米产量的波动情况。

$$C_v = \frac{1}{\bar{y}_i} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中, $y_i$  为减产年单产;  $\bar{y}_i$  为减产年平均单产。

采用概率分布函数计算玉米不同等级的减产强度及其发生概率,定义不同等级的减产强度与其发生概率之积的总和为灾损的风险强度指数( $Q$ )。

$$Q = \sum_{i=1}^n E_i P_i \quad (4)$$

式中, $E_i$  为第  $i$  个涝渍等级的减产强度,共 3 个等级的涝渍减产强度,减产 5%~10%为轻度,减产 10%~20%为中度,减产 20%以上为重度; $P_i$  为第  $i$  个减产强度出现的概率。

基于产量减产序列获取因涝渍导致的减产年,并确定涝渍减产年发生概率( $F$ ):

$$F = \frac{d}{D} \quad (5)$$

式中, $d$  为因涝渍导致的减产年数; $D$  为统计的总年数,1971—2018 年共 48 年。

则玉米灾损风险指数  $M$  的表达式为

$$M = C_v F Q = C_v F \sum_{i=1}^n E_i P_i \quad (6)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 夏玉米涝渍指数的时间变化特征

安徽省 1971—2018 年夏玉米全生育期涝渍指数多年平均值为 0.239,全省平均值随年代变化呈显著上升趋势,其上升趋势为 0.027/10a,通过  $\alpha=0.1$  的显著性检验(图 2)。

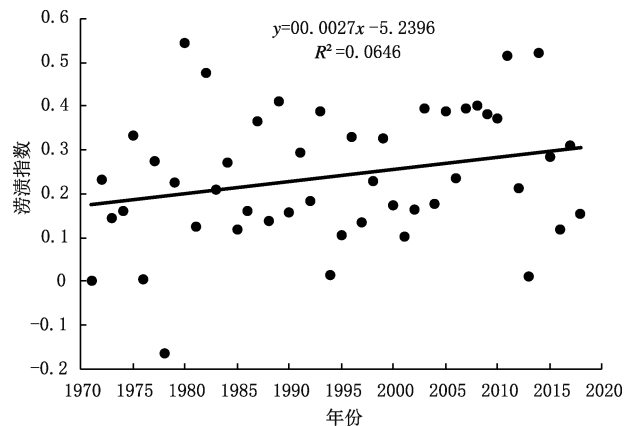


图 2 1971—2018 年安徽省夏玉米全生育期涝渍指数变化

全省分旬涝渍指数的时间变化特征不尽相同,其中 6 月上旬和 8 月上旬涝渍指数均呈明显的上升趋势,通过  $\alpha=0.1$  的显著性检验,其余各旬变化不显著。其中涝渍指数最大的是 6 月下旬,其次是 7 月上旬和 7 月中旬,期间正值我省的梅雨期,降水较为集中,易发生涝渍害;涝渍指数最小的是 9 月中旬和 9 月下旬,期间受副热带高压控制,正值我省晴热少雨的时期,出现涝渍害的可能性也较低(表 2)。

从夏玉米全生育期涝渍指数的年代际变化特征来看,20 世纪 70 年代涝渍指数最小,20 世纪 80 年代涝渍指明增大,20 世纪 90 年代涝渍指数有所减小,进入 21 世纪涝渍指数也是明显增大,其中 20 世纪 80 年代和 21 世纪分别为玉米涝渍指数的 2 个高值时期,这与夏玉米典型涝渍灾害年多发生在这 2 个时期

的实际情况相吻合。随机选取了几个代表旬分析了其涝渍指数年代的特征,存在的共同的特征为 20 世纪 70 年代普遍为涝渍指数的低值区(表 3)。

表 2 1971—2018 年安徽省夏玉米分旬涝渍指数及其变化特征

	涝渍指数	相关系数
6 月上	0.253	0.246 *
6 月中	0.232	-0.171
6 月下	0.368	0.093
7 月上	0.318	0.225
7 月中	0.327	-0.048
7 月下	0.179	-0.128
8 月上	0.187	0.377 *
8 月中	0.204	0.166
8 月下	0.290	0.196
9 月上	0.191	-0.009
9 月中	0.175	-0.078
9 月下	0.071	0.161

注: \* 表示通过  $\alpha=0.1$  的显著性检验。

表 3 1971—2018 年安徽省夏玉米旬及全生育期各年代涝渍指数

年代	6 月上	6 月下	7 月中	8 月上	8 月下	9 月中	全生育期
70	0.150	0.308	0.346	-0.089	0.119	0.209	0.176
80	0.090	0.322	0.338	0.144	0.269	0.263	0.243
90	0.459	0.478	0.335	0.159	0.339	0.085	0.217
00	0.164	0.281	0.343	0.362	0.432	0.131	0.301
2011—2018 年	0.440	0.471	0.260	0.402	0.290	0.191	0.266

## 2.2 夏玉米涝渍指数的空间变化特征

图 3 为安徽省 1971—2018 年各站点夏玉米全生育期涝渍指数的空间分布特征,全省各站点涝渍指数的变化幅度在 0.08~0.38 之间,其中大别山区、江南中东部和淮北局部是夏玉米涝渍指数的高值区( $Q_w > 0.25$ ),淮北北部、江淮北部、沿江西部以及皖南南部是夏玉米涝渍指数的低值区( $Q_w < 0.2$ )。

安徽省 1971—2018 年各站点夏玉米分月涝渍指数空间分布特征显示:6 月正值安徽省夏玉米的苗期生长阶段,全省自南向北陆续进入汛期,降水南多北少,涝渍指数呈明显的纬向分布特征,沿淮淮东北地区涝渍指数普遍在 0.05~0.15,其它大部分地区 0.2~0.5,其中江南部分地区在 0.5 以上(图 4a);7 月正值安徽省夏玉米的拔节抽雄期,也是夏玉米需水关键期,期间雨带北移,北部的涝渍指数普遍高于南部,沿淮淮北大部涝渍指数普遍在 0.3~0.4,其

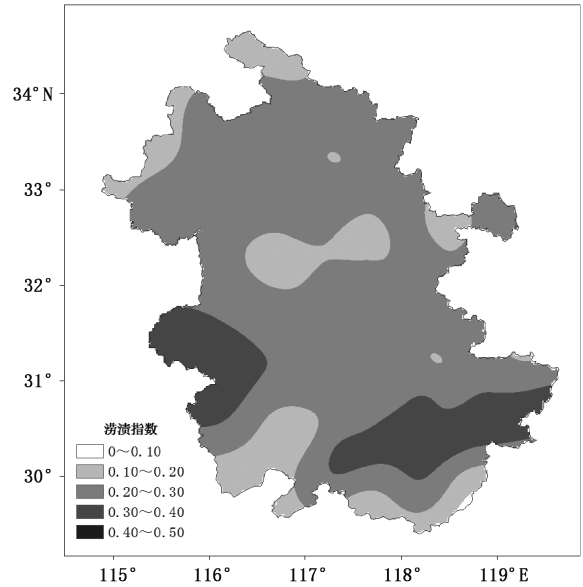


图 3 1971—2018 年安徽省夏玉米全生育期涝渍指数空间分布

他大部分地区普遍在 0.1~0.3(图 4b);8 月安徽省夏玉米普遍处于抽雄至开花吐丝期,涝渍指数普遍在 0.1~0.4,南北差异不是很明显,2 个高值区分别位于大别山区和皖南中东部地区(图 4c);9 月安徽省夏玉米普遍处于灌浆至乳熟期,涝渍指数普遍在 0.05~0.25,南部的涝渍指数普遍高于北部(图 4d)。

## 2.3 夏玉米涝渍灾害等级指标确定

参考国家行业标准《冬小麦、油菜涝渍等级》<sup>[22]</sup>,结合因涝渍导致的夏玉米减产年,以各旬夏玉米涝渍指数(以两旬的平均值作为判别的依据)确定不同减产程度下的夏玉米涝渍等级指标;其中分别确定了各生育阶段的涝渍等级指标,将夏玉米涝渍分为轻度、中度、重度 3 级(表 4)。

为了确定夏玉米涝渍等级指标在安徽省的适用性,对其进行了指标验证,同时为了排除其它灾害导致夏玉米减产的样本,通过统计年鉴并结合当年灾害实际发生的情况,对灾害年样本进行筛选,挑选出安徽省 1981—2010 年主要由涝渍引起减产的年份作为夏玉米涝渍灾损的样本,全省各县共计 467 个样本,对灾害评估指标(表 5)进行检验。检验结果显示,计算得到的涝渍等级对应的减产率与实际由于涝渍灾害导致的减产率一致的比例为 82.2%,其中中度涝渍样本达到一致的比例最高,为 85.5%,涝渍等级与实际减产率相差 1 个等级的比例为 15.2%,两者之和为

97.4%,可以看出夏玉米涝渍灾害指标的评价结果与实际涝渍减产的结果较为一致。

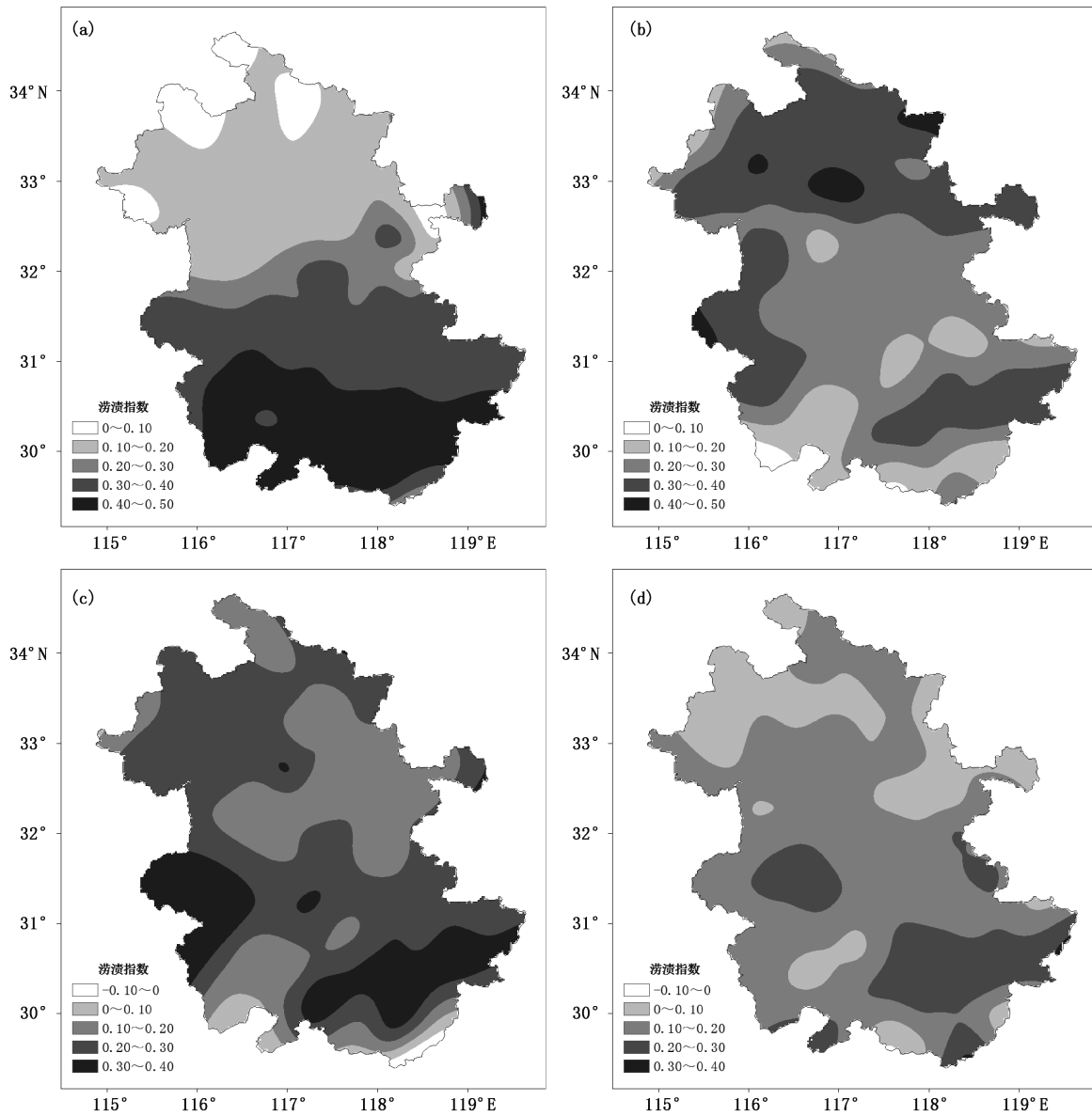


图 4 1971—2018 年安徽省夏玉米 6 月(a)、7 月(b)、8 月(c)、9 月(d)涝渍指数空间分布

表 4 安徽省夏玉米涝渍等级指标

生育期	发生时间	致灾等级		
		轻度	中度	重度
播种出苗	6 月上~6 月下旬	2 旬平均 $Q_w \geq 0.7$		
拔节孕穗	7 月上~7 月中旬	2 旬平均 $Q_w \geq 0.7$	2 旬平均 $Q_w \geq 0.8$	
抽穗开花	7 月下~8 月下旬	2 旬平均 $Q_w \geq 0.8$	2 旬平均 $Q_w \geq 0.9$	2 旬平均 $Q_w \geq 1.1$
灌浆成熟	9 月上~9 月下旬	2 旬平均 $Q_w \geq 0.9$	2 旬平均 $Q_w \geq 1.0$	2 旬平均 $Q_w \geq 1.1$
减产率/%		5~10	10~20	>20

表 5 1981—2010 年安徽省夏玉米涝渍灾害  
评估指标检验结果

涝渍等级	涝渍等级与实际减产率百分比		样本数
	一致	相差 1 个等级	
轻度	81.9	15.8	341
中度	85.5	11.2	91
重度	76.3	19.7	35
总计	82.2	15.2	467

## 2.4 安徽省夏玉米产量涝渍灾损风险分布特征

基于产量灾损风险理论,分别计算安徽省各个站点的夏玉米产量涝渍灾损风险,采用 ArcGIS 中的克里格插值方法对各站的涝渍灾损风险指数进行插值,得到安徽省夏玉米产量涝渍灾损风险分布(图 5),可知安徽省夏玉米产量涝渍灾害损失的低风险区主要分布在淮北大部以及江淮的东北部地区,其值普遍在 0.05~0.16;中风险区主要分布在沿淮中西部、江淮大部和沿江江南中西部地区,其值普遍在 0.16~0.24;高风险区主要分布大别山区、江淮东部和江南东部地区,其值普遍在 0.24~0.32,夏玉米产量涝渍灾损风险指数与夏玉米全生育期涝渍指数空间分布特征存在一定的差异,其中大别山区较为吻合,为涝渍指数的高值区和产量涝渍灾害损失风险的高值区,而江南中东部作为夏玉米全生育期涝渍指数的高值区,实际上仅江南东部为夏玉米产量涝渍灾害损失的高风险区,另外江淮东部为山地丘

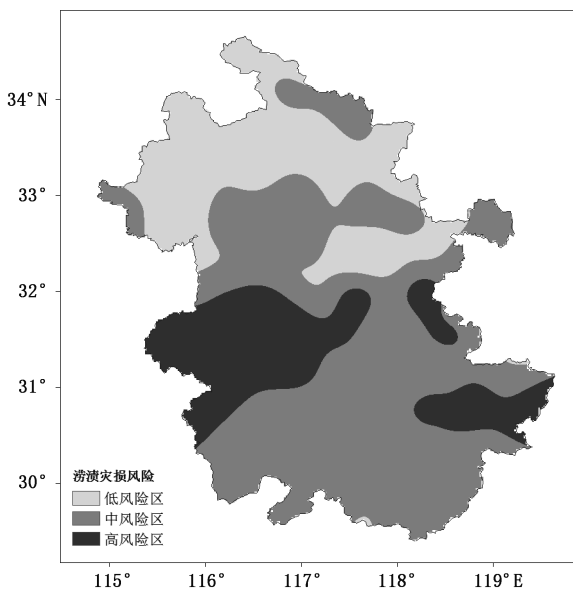


图 5 安徽省夏玉米产量涝渍灾损风险分布

陵区,受地形等因素的影响,其也成为夏玉米产量涝渍灾害损失的高风险区,因此涝渍灾害风险的高低与当地海拔较高,土壤类型和当地的实际作物抗灾能力存在较大的关系。

## 3 结论与讨论

(1) 安徽省夏玉米涝渍的时空特征显示:夏玉米全生育期涝渍指数以 0.027/10a 的速率呈显著上升趋势,其中 6 月上旬和 8 月上旬上升趋势最为明显,涝渍指数的年代际变化总体呈现上升的趋势,仅 90 年代涝渍指数有所减小;涝渍指数的空间分布其值变幅在 0.08~0.38 之间,其中大别山区、江南中东部和淮北局部是夏玉米涝渍指数的高值区,分月的涝渍指数空间分布随着夏季雨带的南北摆动呈现出不同的特征。

(2) 根据国家气象行业标准《冬小麦、油菜涝渍等级》,结合安徽夏玉米全生育期涝渍发生特征,确定了安徽省夏玉米涝渍灾害等级指标;指标验证结果与实际因涝渍灾害而减产的结果较为一致,其中涝渍等级与实际减产率一致的比例为 82.2%,一致和相差 1 个等级的比例大于 95%。

(3) 根据夏玉米产量涝渍灾损综合风险指数将安徽省夏玉米划分为高、中、低 3 个风险区,低风险区主要分布在淮北大部以及江淮的东北部地区;中风险区主要分布在沿淮中西部、江淮大部和沿江江南中西部地区,高风险区主要分布大别山区、江淮东部和江南东部地区。

由于作物灾害风险分析尚处在研究阶段,在风险评估指标的选择上,仅选择了灾损风险发生的强度、幅度和频度等常用的指标,有待作更深一步的研究确定更精细和更合理的风险评估指标;另外在确定涝渍指数等级分类指标时,存在很大的经验性,还需更进一步对指标进行验证,精确分类指标。

## 参考文献

- [1] 侍永乐,石春林,李映雪,等.江淮地区春季湿渍害时空分布特征[J].江苏农业科学,2016,44(3):352-355.
- [2] 张旭晖,杨洪建,葛淑芬,等.江苏渍涝灾害气象监测预警[J].中国农学通报,2015,31(35):187-192.
- [3] 齐伊玲,孔海江,张霞.2014 年夏玉米乳熟期渍涝过程的环流特征及预报因子分析[J].中国农学通报,2017,33(18):81-87.
- [4] 宁金花,张艳桂,解娜,等.苗期渍涝对南方春玉米形态影响的试验研究[J].华北农学报,2015,30(增刊):449-455.
- [5] 吴瑞姣,邱学兴,周昆,等.安徽省 WRF 模式短时强降水的预

- 报检验[J]. 气象科技, 2020, 48(2): 988-997.
- [6] 余卫东, 冯利平, 盛绍学, 等. 黄淮地区涝渍胁迫影响夏玉米生长及产量[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 127-136.
- [7] 张桂香, 霍治国, 杨建莹, 等. 江淮地区夏玉米涝渍灾害时空分布特征和风险分析[J]. 生态学杂志, 2017, 36(3): 747-756.
- [8] 余卫东, 冯利平, 刘荣花. 玉米涝渍灾害研究进展与展望[J]. 玉米科学, 2013, 21(4): 143-147.
- [9] 刘志雄, 肖莺. 长江上游旱涝指标及其变化特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(3): 310-314.
- [10] 席远顺, 曹明, 全德旺. 夏玉米的渍害及防御对策[J]. 作物杂志, 1993(4): 22-24.
- [11] 阎妍, 行鸿彦, 刘刚, 等. 基于“深度学习”识别模型的玉米农田监测应用系统设计与实现[J]. 气象科技, 2019, 47(4): 571-580.
- [12] 吴玉洁, 霍治国, 姜会飞, 等. 江淮地区玉米涝渍指标构建及时空特征分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(11): 86-94.
- [13] 刘小雪, 申双和, 刘荣花. 河南夏玉米产量灾损的风险区划[J]. 中国农业气象, 2013, 34(5): 582-587.
- [14] 郭建茂, 谢晓燕, 吴越, 等. 安徽省一季稻产量灾损风险评价[J]. 中国农业气象, 2017, 38(8): 488-495.
- [15] 康西言, 李春强, 代立芹. 河北省冬小麦生产干旱风险分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(6): 232-237.
- [16] 刘荣花, 朱自玺, 方文松, 等. 华北平原冬小麦干旱灾损风险区划[J]. 生态学杂志, 2006, 25(9): 1068-1072.
- [17] 邵立瑛, 申双和, 高磊, 等. 江苏省水稻生产的综合气象灾害风险评估[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(32): 232-239.
- [18] 杨玮, 谢五三, 王胜, 等. 气象干旱综合监测指数在安徽省的适用性分析[J]. 气象科技, 2018, 46(5): 988-997.
- [19] 张爱民, 马晓群, 杨太明, 等. 安徽省旱涝灾害及其对农作物产量影响[J]. 应用气象学报, 2007, 18(5): 619-626.
- [20] 盛绍学, 石磊, 李彪. 安徽省油菜涝渍灾害孕灾环境特征及其指标研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(30): 13100-13189.
- [21] 刘瑞娜, 杨太明, 王晓东. 近50年安徽省油菜涝渍灾害时空变化分析[J]. 农学学报, 2016, 6(1): 110-116.
- [22] QX/T 107-2009 冬小麦、油菜涝渍等级[S].
- [23] 王明田, 张玉芳, 马均, 等. 四川省盆地区玉米干旱灾害风险评估及区划[J]. 应用生态学报, 2012, 23(10): 2803-2811.
- [24] 张琪, 张继权, 佟志军, 等. 干旱对辽宁省玉米产量影响及风险区划[J]. 灾害学, 2010, 25(2): 87-91.
- [25] 于波. 安徽农业气象业务服务手册[M]. 北京: 气象出版社, 2013.
- [26] 李小娟, 佟玲, 康绍忠. 海河流域作物水分敏感系数空间分布[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14): 82-88.
- [27] 杨继武. 农业气象预报和情报[M]. 北京: 气象出版社, 1994.

## Temporal and Spatial Characteristics of Summer Maize Waterlogging Disaster and Yield Loss Risk in Anhui Province

WEI Zhongguang<sup>1</sup> CUI Xiulai<sup>2</sup> SUN Yao<sup>2</sup> WANG Xiaodong<sup>3</sup>

(1 Haifeng Analysis and Test Technology Co. LTD, Hefei 230031; 2 Yingkou Meteorological Service, Liaoning, Yingkou 115001; 3 Agricultural Meteorological Center, Anhui, Hefei 230031)

**Abstract:** In order to analyze the characteristics of waterlogging disaster of summer maize in Anhui Province, and quantitatively evaluate the risk level of waterlogging disaster, in this paper we use the 48-year meteorological data of Anhui Province (1971—2018), based on the waterlogging index model of summer maize, to calculate the temporal and spatial characteristics of waterlogging disaster and establish the grade index of waterlogging. Finally, through the disaster damage risk index model, we gain the risk distribution of waterlogging-induced yield loss of summer maize. The results show that the waterlogging index in the whole growth period of summer maize increased significantly at a rate of 0.027 per 10 years, and the upward trend was most obvious in early June and early August. The value of waterlogging index is between 0.08 and 0.38, and the high value area of summer maize waterlogging index include the Dabie mountain area, the central and eastern Jiangnan regions and some areas of the Huaibei region. The grade index of waterlogging disaster is relatively unanimous with the actual waterlogging-induced yield reduction, and the proportion of waterlogging grade being consistent with the actual yield reduction rate was 82.2%; The risk distributions of waterlogging-induced yield loss shows that the Dabie mountain and eastern Jianghuai and Jiangnan are high risk areas. The results have a good reference significance for regional agrometeorological disaster prevention and mitigation.

**Keywords:** Anhui; summer maize; waterlogging disaster; yield loss risk; sensitive coefficient