

基于太平洋海温的冬小麦春季湿渍害预测模型

吴洪颜, 高 苹, 刘 梅

(江苏省气象局, 南京 210008)

摘要: 为了进一步开展冬小麦春季湿渍害的预测预报业务工作, 利用江苏省1969-2008年60个气象站常规观测资料和冬小麦产量资料, 根据场相关分析原理, 将江苏省春季湿渍害3个风险区的湿渍害指数与太平洋海温资料进行相关普查, 结果表明: 3个风险区的小麦春季湿渍害指数和西太平洋海温均存在高相关区, 主要位于Nino区和西太平洋北部海区, 其相关程度随时间具有一定的变化趋势; 挑选出与湿渍害指数相关的强信号海区作为预报因子, 通过最优化相关处理提高预报因子相关性; 经稳定性和独立性检验, 创建了对应3个风险区的冬小麦湿渍害指数预测模型, 所有模型均通过0.01显著性水平检验, 拟合及试报结果理想, 表明预测模型具有一定应用价值。

关键词: 太平洋海温; 冬小麦湿渍害; 最优化处理; 预测模型

1 引言

湿渍害是发生在中国南方威胁小麦生产的主要气象灾害之一, 春秋两季时常发生, 尤以春季为重。近年来中国南方小麦拔节至成熟期间出现春季连阴雨的概率有偏多趋势^[1], 从而引起湿渍害的发生也相应偏多, 导致冬小麦减产严重, 制约了小麦的高产、稳产及品质。春季湿渍害主要是由于随着春季气温上升, 南北冷暖气流交替频繁, 一旦暖湿气流活跃, 则出现连续阴雨, 导致土壤过湿造成的。此外, 热带赤道地区的系统以及南半球的越赤道气旋也可能诱发冬小麦湿渍害^[2,3]。

近年来, 国内外许多学者在麦类湿渍害症状、鉴定方法及指标、湿害机理、耐湿性资源筛选及耐湿遗传改良等方面作了大量研究^[4-6], 许多优良耐湿品种得到推广应用。但湿渍害的气象预测评估方面的相关研究尚不多见^[7-9], 尤其是冬小麦的春季湿渍害预测预报方面鲜有报道。作者等曾就太平洋海温与江苏省春季连阴雨的关系做过初步研究, 发现二者存在高相关区^[10], 可用于连阴雨预测。此外, 还有大量学者根据海温变化与中国降水、气温的敏感关系来预测, 也取得不错效果^[11-16]。因此, 本文以江苏省为例, 分析小麦春季湿渍害的发生规律、诱因及其对产量的影响。为避免利用气象因子的预测值再进行湿渍害预测产生的双重误差, 通过场相关分析, 采用对中国天气条件有重要影响的太平洋海温作为长期预报因子, 尝试建立针对冬小麦春季生长关键期的湿渍害预测模型, 利用太平洋海温变化提前做出湿渍害预测, 旨在为粮食安全以及防灾减灾提供科学决策依据。

收稿日期: 2012-09-12; 修订日期: 2013-03-05

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106021); 江苏省气象局科研开发项目(km201105)

作者简介: 吴洪颜(1971-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事应用气象领域研究工作。

E-mail: jsqx_zqzb@126.com

2 资料来源与研究方法

2.1 资料来源

气象资料为江苏省气候中心提供的江苏省 60 个基本气象站 1969-2008 年 3 月上旬-5 月下旬的旬降雨量、日照时数、旬雨日资料；海温资料为国家气候中心提供的 1969-2008 年西太平洋 10°S-50°N、20°E-80°W 海区(5°×5°格点, 共 286 个)的海表面温度(SST)资料；江苏省 1969-2008 年冬小麦产量资料由江苏省统计局提供。

2.2 小麦湿渍害判别指数

冬小麦湿渍害形成和发展的主要原因是阴雨寡照。因此, 在湿渍害评估中应充分考虑降雨量、日照的作用, 降雨量和日照的代数和形式可表达其共同作用^[17], 二者综合值构成湿渍指数 Q :

$$Q = \frac{(R - R_0)}{R_0} - \frac{(S - S_0)}{S_0} \quad (1)$$

式中: R 为 3-5 月降水量; R_0 为常年平均降水量; S 为 3-5 月日照时数; S_0 为常年平均日照时数。当 $Q > 0.0$ 时, 判定为出现湿渍害, 该年为湿渍害年。对于区域湿渍害指数 \bar{Q} , 则采用该区域内各站逐旬(月)湿渍指数的算术平均值, 当 $\bar{Q} > 0.0$ 时判定出现湿渍害。

2.3 产量资料的处理

通常情况下, 作物产量可分离为依科技人文水平变化的趋势产量、随气象条件而变化的气象产量和随机误差 ε ^[18], ε 可忽略不计。

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

式中: y 为作物单产; y_w 是气象产量; y_t 是趋势产量, 采用灰色系统 GM(1,1)滑动模型^[19]获取。

为了消除地区间实际生产差异给当地气象产量 y_w 造成的影响, 本文使用相对气象产量 $y_r = y_w / y_t \times 100\%$ 进行分析。

对于冬小麦相对气象产量序列 $\{y_r\}$, 总样本数为 t 。其中, 定义 $y_r < 0$ 的年份为歉收年, 样本数为 m ($m < t$); 湿渍害年样本序列 $\{y_d\}$, 定义 $y_d < 0$ 的年份为湿渍害灾年, 样本数为 n ($n < m$)。那么湿渍害年平均减产率 d_w 和湿渍害灾年占歉收年总数的百分率 p_w 。

$$d_w = \frac{\sum_{y_d < 0} y_d}{n}, \quad p_w = 100 \times \frac{n}{m} \quad (3)$$

2.4 湿渍害分区处理

冬小麦春季湿渍害的发生具有区域性。为提高预测精度, 本文根据湿渍害风险区划结果建立分区预测模型。将湿渍害年冬小麦平均减产率(d_w)和湿渍害灾年占歉收年总数的百分率(p_w)乘积作为湿渍害发生风险指数 K ^[20]:

$$K = d_w \times p_w \quad (4)$$

按照风险指数 K 的分布, 将江苏省冬小麦春季湿渍害分为 3 个风险区: I 区为高风险区, 含镇江、常州、无锡、苏州(太湖除外)以及洪泽湖地区; II 区为中风险区, 含南京、扬州、泰州、宿迁、盐城大部、徐州、南通部分地区; III 区为低风险区, 含连云港、南通南部、盐城部分、徐州西北以及太湖地区。经气候状况和灾情资料普查分析, 分区结果较为客观。各分区湿渍害指数 \bar{Q} 的计算方法同 2.2 节。

2.5 模型研究分析方法

2.5.1 相关普查 分别计算了3个春季湿渍害风险区的湿渍害指数与所选取的逐月逐点海温资料的相关系数,用GRADS制成各区湿渍害指数与各网格点月海温值逐月相关系数的时空分布图,分析其变化规律。

2.5.2 模型预报因子的筛选 为避免因子相关的偶然性,根据场相关分析的原理,应用拓扑方法,实现区域海温场的相关分析^[21],可有效避免海温场孤立格点资料的影响,以连续4个以上相关显著格点的海区作为1个相关显著区,取区内格点海温的平均值作为1个预报因子。

2.5.3 模型预报因子的最优化处理 选择关键区格点的海温平均值作为预报因子建立回归预测模型,仅对预报因子进行线性处理无法解决预报量与因子间含单调的和非单调的单峰(谷)型的关系,为了提高模型的预测和拟合效果,增加相关显著性,本文采用最优化相关普查技术,对预报因子进行优化处理^[22-24]。

将因子 X 的线性和非线性[含单调的和非单调的单峰(谷)型]化处理可归纳为一种通用变换形式:

$$X' = \left(\frac{|X-b|}{B} + 0.5 \right)^a \quad (5)$$

式中: a 、 b 为待定参数,且 $X_{\min} \leq b \leq X_{\max}$, $B = \max(X_{\max} - b, b - X_{\min})$ 。经过变换后的 X' 与 Y (因变量)必为单调关系, $\left(\frac{|X-b|}{B} + 0.5 \right)$ 的变化范围为 $[0.5, 1.5]$; a 值在 $[-10, -1/10]$ 和 $[1/10, 10]$ 之间; b 值在 $X_{\min} + \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{4} \leq b \leq X_{\max} - \frac{(X_{\max} - X_{\min})}{4}$ 之间;待定参量 a 、 b 采用最优化技术求出。令目标函数为:

$$f(a, b) = 1 - R^2 = \min \quad (6)$$

式中: R 为 a 和 b 取一定值时 X' 、 Y 的相关系数。应用二维寻优的变量转换思路将其分解为一元问题逐步处理。经过此方法处理后获得的因子,是与因变量湿渍害指数相关最显著的因子。

3 结果分析

湿渍害不仅受作物品种、种植结构及土壤质地、结构、有机质等土壤特性的影响,而且与气候密切相关,但由于年际间土壤等特性变化不大,因此气候条件左右着湿渍害的发生及程度^[20]。

3.1 春季湿渍害对小麦生产的影响

江苏省地处长江中下游麦区,经常发生春季连阴雨,阴雨寡照,小麦湿渍害较为严重。通过计算各台站相应年份 Q 值用于判别江苏省近40年春季气候状况,并结合相应产量资料发现,苏南地区10年中有4-5年出现湿渍害,江淮之间10年有3-4年出现湿渍害,淮北地区10年中2-3年出现湿渍害。

在所有减产年中,淮北地区有40%以上年份出现湿渍害;江淮之间有60%-70%的年份出现湿渍害;苏南地区有75%以上年份出现湿渍害。以20世纪90年代为例(表1),1991-1993年、1998年部分台站 Q 值为正,判断为出现湿渍害。其中:

1991年全省大部地区为1949年以来降水最多的年份,3月下旬出现连续11天的低温阴雨,麦油受渍严重,受灾面积超过100万 hm^2 ,小麦平产;

1992 年 3 月全省出现 2 次连阴雨，日照奇缺，局部田块湿渍害重，影响夏熟作物，淮北小麦平产；

1993 年春季前期淮北出现干旱，5 月上中旬江淮地区多阴雨，麦油出现湿渍害、局部地区出现赤霉病，小麦平产；

1998 年冬春雨涝，1-5 月上旬淮北地区总降雨量比常年同期偏多 1-1.5 倍，导致田间长期积水，根系受渍严重，出现死苗，全省麦油受渍面积超过 73.4 万 hm^2 ，严重减产。

3.2 江苏省冬小麦湿渍害与太平洋海温的关系

根据海气相互作用原理，海温的变化会引起大气环流系统的改变^[25-28]，进而影响着各地的天气条件，天气条件又左右着冬小麦湿渍害的发生程度。因此，可采用相关分析方法寻找表征冬小麦春季湿渍害指数的强信号相关海区，并以此作为湿渍害的预报因子具有一定科学依据。

3.2.1 冬小麦湿渍害指数与太平洋海温的相关分析 将海温作为预报因子，通过其对天气条件的影响开展长期天气预报存在一定的滞后效应^[29]。因此，选取上年 1 月至当年 3 月的海温资料，分别与江苏冬小麦春季湿渍害的 3 个风险区的湿渍害指数进行相关分析。

结果发现，江苏湿渍害的 3 个风险区与前期各月西太平洋海温均存在高相关区（图 1-图 3 中显示数据为相关系数百分率），强信号区的格点位置、时间及个数略有差异：

I 区（高风险区）和西太平洋海温相关区主要位于 *Nino* 区（10°N-10°S, 180°-90°W）和西太平洋北部（25°-50°N, 145°E-140°W）。从时间上看，上年 1-4 月，正相关区位于北部海区（25°-50°N, 140°W-145°E），不稳定且显著性较差；6 月开始在 *Nino* 区出现 稳定 通过 0.05（ $\alpha_{0.05}=0.304$ ）显著性检验水

表 1 淮安、常州、扬州春季 Q 值及相对气候产量

Tab. 1 The Q data and relate climatic yield in Huaian, Changzhou and Yangzhou

年份	扬州		淮安		常州	
	Q 值	相对气候产量(%)	Q 值	相对气候产量(%)	Q 值	相对气候产量(%)
1991*	0.8	-7.9	1.01	-9.2	0.79	-24.1
1992*	0.08	11.5	0.19	7.0	0.29	15.7
1993*	0.29	-0.7	-0.27	3.9	0.06	3.6
1994	-0.13	-3.5	-0.12	-1.7	-0.12	-10.2
1995	-0.18	-8.6	0.21	-6.2	0.12	0.6
1996	-0.02	10.5	-0.16	7.2	-0.04	8.9
1997	-0.22	9.5	-0.28	4.8	0.05	15.9
1998*	1.18	-19.0	1.42	-14.8	0.48	-40.3
1999	-0.03	9.6	0.12	13.1	0.09	15.9
2000	-0.61	1.6	-0.65	-5.0	-0.27	14.5

注：-5% < y_t < 5% 平产； $y_t \leq -5\%$ 减产； $y_t \geq 5\%$ 增产。

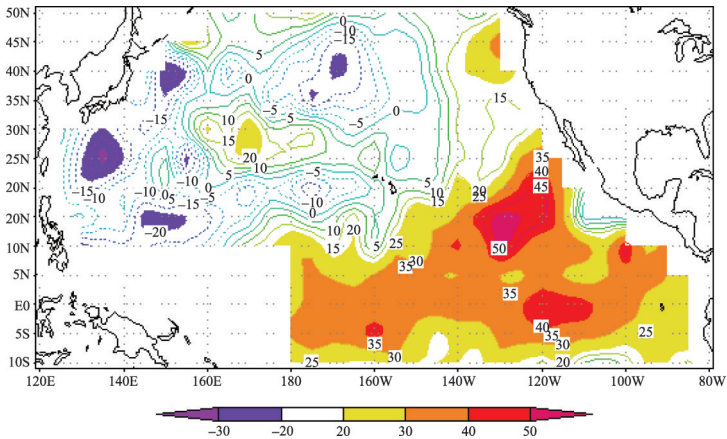


图 1 湿渍害高风险区平均湿渍指数与上年 11 月份西太平洋海温相关图（单位：%）

Fig. 1 Correlation analyses between the wet damage index of high risk area and the west pacific SST (%)

平的正相关区，随时间推移，正相关区开始扩大，相关系数增强，至冬季形成最大正相关海区，相关系数高达0.52（图1），局部区域通过0.01（ $\alpha_{0.01}=0.393$ ）显著水平检验；其中8-12月，在北部海区同时出现显著负相关区，面积小于正相关区；然后相关性减退。

II区（中度风险区）和西太平洋海温相关区分别位于西太平洋北部(30°-50°N, 150°E-140°W)和Nino区(10°N-10°S, 180°-90°W)，上年1-5月，正相关区位于北部海区(30°-50°N, 150°E-140°W)，区域小且不稳定；6月份Nino区开始出现稳定通过0.05显著性检验的正相关区，随时间推移，正相关区开始扩大，东西带状分布，相关性增强，至秋末冬初形成最大正相关海区（图2），最大相关系数0.48，稳定通过0.01显著水平检验，其中8-11月，在北部海区同时出现显著负相关区，面积小于正相关区。

III区（低风险区）和西太平洋海温的相关区与II区（中度风险区）大致相同，但稳定性相对较差。上年1-5月，正相关区稳定位于北部海区(30°-50°N, 150°E-155°W)；6月份出现南北2个较小高相关区，区域小强度大，通过0.01显著性检验；7-11月，正相关区主要位于Nino区（图3），该区域稳定通过0.05显著性检验；而到冬季Nino区和北部海区均出现正相关区，呈现不稳定状态；其中9月、10月、12月在北部海区和赤道太平洋西部同时出现显著负相关区。

以上分析说明，当前期Nino区海温和西太平洋北部海温异常增暖时，通过海气相互作用影响江苏地区春季大气环流形势进而导致冷暖气流交汇于此，出现持续性降水，因而在田小麦常出现湿渍害。

3.2.2 预报因子的选择 为了避免个别相关因子的偶然性，本文选用通过门坎值的相关海区（相邻4格点以上）作为预报因子，它们分布在不同月份、不同海区。从前面的分析可

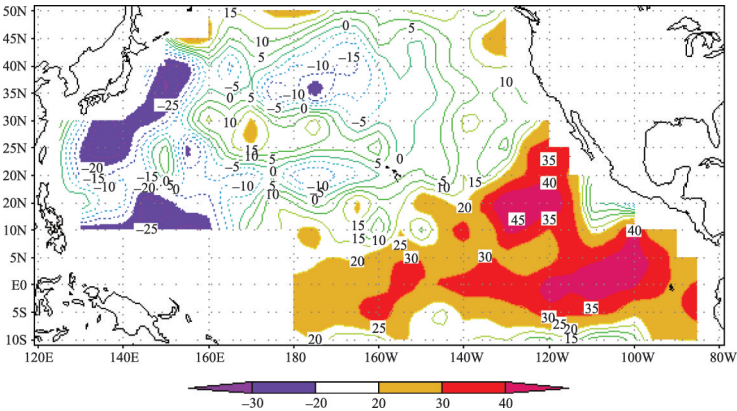


图2 湿渍害中风险区平均湿渍指数与上年11月份西太平洋海温相关图（单位：%）

Fig. 2 Correlation analyses between the wet damage index of medium risk area and the West Pacific SST (%)

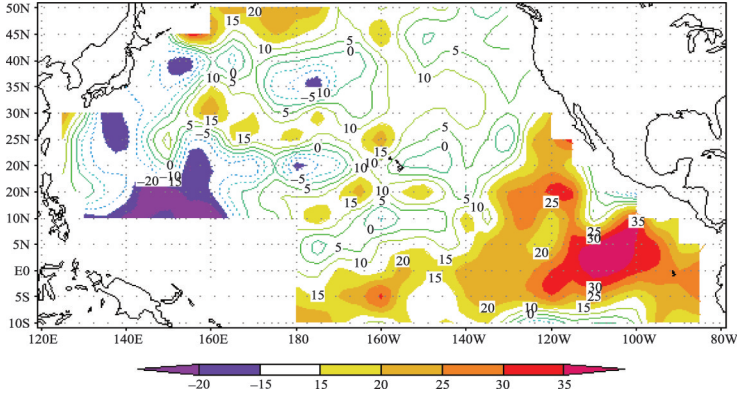


图3 湿渍害低风险区平均湿渍指数与上年11月份西太平洋海温相关图（单位：%）

Fig. 3 Correlation analyses between the wet damage index of low risk area and the west pacific SST(unit: %)

知，西太平洋海温与春季湿渍害响应的主要关键时段为上年夏季至秋冬季，而相关区域主要集中在西太平洋

表2 经过线性和最优化处理后海温预报因子的相关系数

Tab. 2 The correlation coefficient of SST dealt with linear and optimization method

海温预报因子	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	...
线性处理	0.54	-0.47	-0.41	0.51	0.45	-0.43	-0.46	0.45	
最优化处理	0.59	0.65	0.50	-0.55	0.53	0.43	0.53	0.49	

北部和Nino区。表2是海温预报因子经过线性和最优化因子处理后的相关系数，可以看出海温预报因子经过最优化转换后与预报量的相关性明显提高。此外，预报因子在建模前还需进行稳定性检验^[30]，剔除不稳定因子，保证模型的平稳性，由表3可见，3个分区的海温相关因子数经过稳定性检验后，分别剔除了7个、10个、5个不稳定因子。

表3 海温因子的稳定性检验结果

Tab. 3 Testing the stability of SST

稳定性检验	处理前因子数	处理后因子数
I区	20	13
II区	26	16
III区	19	14

3.2.3 江苏冬小麦春季湿渍害指数的海温预测模型 用经过最优化处理、稳定性检验后的高相关区海温作为预报因子，采用逐步回归法筛选出贡献最大的因子，分别建立稳定可靠的江苏省冬小麦春季湿渍害3个风险区湿渍害指数的预测模型：

$$Y_1 = 4.265x'_1 + 1.531x'_2 - 1.336x'_3 + 0.122x'_4 + 0.847x'_5 - 5.668 \tag{7}$$

$$R = 0.866 \quad F = 20.308 \quad S = 1.803$$

$$Y_2 = 7.08x'_6 + 3.278x'_7 - 1.864x'_8 - 0.299x'_9 - 54.912x'_{10} + 45.716 \tag{8}$$

$$R = 0.807 \quad F = 12.662 \quad S = 2.512$$

$$Y_3 = 0.894x'_{11} - 1.746x'_{12} - 0.488x'_{13} + 1.627x'_{14} + 3.43x'_{15} + 9.566x'_{16} - 9.395 \tag{9}$$

$$R = 0.888 \quad F = 20.514 \quad S = 2.170$$

式中： Y_1 、 Y_2 、 Y_3 分别为I区、II区和III区的春季湿渍害指数； x'_i 为最优化处理后的预报因子($i=1, 2, \dots, 16$)，其中 x'_i 与 x_i (优化处理前)的关系以及相应地地理区域和关键时段见表4。 F 为检验值($F_{0.01}=3.29$)， S 为方程标准差， R 为复相关系数，模型均通过了 $\alpha=0.01$ 水平的显著性检验。

3.3 预测模型拟合情况

利用预测模型进行回代检验，模拟值与实际值趋势基本一致，尤其是1977年、1991年及1998年春季的严重湿渍害模拟准确。通过对3个区(图4-图6)模拟效果对比，发现高风险区的拟合效果最为理想，平均绝对误差最小为1.2，其他2区为1.5和1.7。

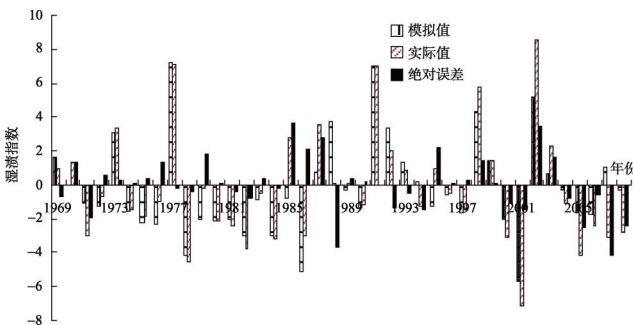


图4 I区春季湿渍害指数模拟值及误差

Fig. 4 The simulation value and errors of wet damage index in area I

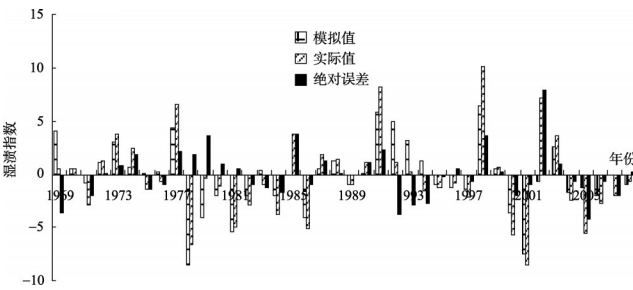


图5 II区春季湿渍害指数模拟值及误差

Fig. 5 The simulation value and errors of wet damage index in area II

3.4 模型预测结果及分析

2009-2011 年冬小麦春季湿渍害指数预测显示 (表 5), 2009 年春季 3 个风险区湿渍害指数均小于 0, 无湿渍害; 2010 年湿渍害指数均大于 1.0, 有湿渍害; 2011 年模型预测值均小于 0, 无湿渍害。

对比天气实况分析, 2009 年 3-5 月江苏省降水偏少一至三成, 日照距平百分率偏多一至二成, 气象条件适宜, 小麦产量略增; 2010 年在 2 月 24 日-3 月 9 日及 5 月 17-23 日出现了连续阴雨, 淮河以南降水偏多二到三成, 日照偏少一成左右, 遭遇湿渍害, 小麦单产下降; 2011 年 3-5 月, 全省降水偏少五到六成, 日照偏多二到三成, 至 5 月初, 全省各站降水量均为近 60 年来最低值, 淮北高亢地区出现旱情, 后期旱情缓解, 小麦单产增

表 4 预报因子优化前(x_i)和优化后(x'_i)的关系及代表的时间区域

Tab. 4 The optimal processing relation of predictors and their corresponding time and region

优化前因子	时间	区域	格点数	优化处理方程
x_1	上年 6 月	5°N-10°N, 155°-175°W	5	$X'_1=(X_1-278.208 /18.39+0.5)^{0.916}$
x_2	上年 8 月	35°N-45°N, 150°-165°E	8	$X'_2=(X_2-189.075 /29.8+0.5)^{-1.52}$
x_3	上年 9 月	45°N-50°N, 150°W-180°W	8	$X'_3=(X_3-135.875 /31.875+0.5)^{-1.947}$
x_4	当年 2 月	45°N-50°N, 155°-165°W	4	$X'_4=(X_4-16 /29+0.5)^0$
x_5	当年 3 月	25°N-35°N, 145°W-160°E	6	$X'_5=(X_5-210.826 /20.16+0.5)^{-0.693}$
x_6	上年 5 月	45°N-50°N, 155°E-175°E	6	$X'_6=(X_6-279.8 /13.59+0.5)^{-3.078}$
x_7	上年 7 月	5°S-5°N, 140°E-160°E	7	$X'_7=(X_7-288.422 /17.922+0.5)^{0.4519}$
x_8	上年 8 月	35°N-45°N, 150°W-165°E	7	$X'_8=(X_8-252.228 /29.45+0.5)^{-1.318}$
x_9	上年 12 月	45°N-50°N, 155°W-180°W	6	$X'_9=(X_9-280.685 /18.59+0.5)^{-0.9509}$
x_{10}	当年 3 月	10°N, 130°E-160°E	7	$X'_{10}=(X_{10}-210.826 /20.16+0.5)^{-3.69}$
x_{11}	上年 2 月	45°N-50°N, 155°E-180°E	7	$X'_{11}=(X_{11}-38.41 /12.268+0.5)^{-2.85}$
x_{12}	上年 3 月	45°N-50°N, 160°W-170°W	4	$X'_{12}=(X_{12}-72.0 /27.25+0.5)^{-2.17}$
x_{13}	上年 6 月	45°N, 175°E-170°W	4	$X'_{13}=(X_{13}-73.244 /18.255+0.5)^{-3.9574}$
x_{14}	上年 7 月	5°S-10°N, 80°W-95°W	7	$X'_{14}=(X_{14}-275.4 /27.685+0.5)^{-2.807}$
x_{15}	当年 1 月	30°N-50°N, 155°-170°E	8	$X'_{15}=(X_{15}-113.511 /31.67+0.5)^{-1.759}$
x_{16}	当年 3 月	10°S-5°N, 85°W-90°W	4	$X'_{16}=(X_{16}-262.328 /31.67+0.5)^{-1.093}$

表 5 2009-2011 年江苏省春季湿渍害指数预测结果与灾情实况

Tab. 5 Forecasting results and observed disaster from 2009 to 2011

地区	2009	2010	2011
I 区	-1.8	1.9	-1.9
II 区	-2.4	3.3	-0.5
III 区	-1.4	3.6	-2.5
预测结果	无湿害	有湿害	无湿害
小麦生长后期农业气象条件及灾情实况	3 月份以后, 全省气温稳步回升, 光照充足、土壤墒情适宜, 抽穗开花期多晴少雨, 小麦长势较好, 平产略增。		
	小麦越冬期、返青拔节期、灌浆前期遇持续阴雨寡照, 影响小麦拔节和抽穗、灌浆, 降低了发育进程, 延缓抽穗, 光合效率低, 小麦单产下降。		
	全省春季降水偏少, 出现旱情, 不利小麦开花, 影响穗粒数。5 月 9 ~ 12 日出现较强降水, 缓解了旱情, 利于小麦籽粒充分灌浆, 增加粒重及减少空秕粒, 小麦单产增加。		

加。可见,采用该海温模型对冬小麦春季湿渍害的预测可行,具有较好效果。

4 结论与讨论

(1) 西太平洋海温主要有2大区域对江苏省冬小麦春季湿渍害指数具有指示意义。一是赤道附近太平洋中东部海区(Nino区),对各区域湿渍害指数具有稳定的正相关关系;二是西太平洋北部海区,对各区域湿渍害指数有正效应,局部区域还存在负效应,其相关程度随季节变化呈一定变化趋势。因此,尝试将西太平洋海温作为冬小麦春季湿渍害的长期预报因子可行。

(2) 经最优化相关技术处理的海温因子(自变量),极大地提高了与湿渍害指数(因变量)间的相关度。针对I区(高风险区)、II区(中度风险)、III区(低风险区)所建立的冬小麦春季湿渍害预测模型的复相关系数均通过了0.01水平的显著性检验,达到极显著水平。

(3) 根据资料对1969-2008年的模型模拟结果进行检验,历史拟合率较理想。通过对2009-2011年做春季湿渍害模型预测,与实况完全符合,说明该预测模型对江苏不同区域的小麦春季湿渍害具有较好预测能力,可业务运行。

本文在预测模型中未选择对湿渍害有直接影响的降水、日照等气候因子,而是选择相对稳定的海温因子,这有助于提高预测模型的稳定性和可靠性。然而,冬小麦湿渍害的发生除受天气条件影响外,还与作物品种、耕作制度、前期长势、地形、土壤特性等有关,若能综合考虑自然因素和人为因素影响建立预测模型,将会大大提高小麦湿渍害的预测水平。因此,对冬小麦春季湿渍害的预测预报还需进行深入研究。

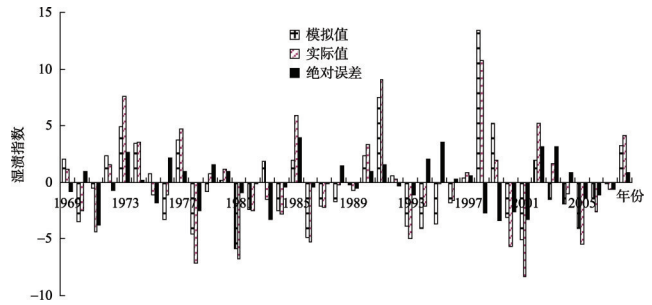


图6 III区春季湿渍害指数模拟值及误差

Fig. 6 The simulation value and errors of wet damage index in area III

参考文献(References)

- [1] 吴洪颜, 高苹, 赵凯. 春季连阴雨对江苏省夏收作物产量的影响. 灾害学, 2003, 18(3): 46-49.
- [2] 孙明明. 2009年春季长江中下游地区连阴雨过程分析. 科技导报, 2010, 28(16): 77-82.
- [3] 孙锦铨, 陈永秀. 长江中下游春季连阴雨天气气候分析. 气象, 1991, 17(5): 29-33.
- [4] 吕军. 渍水对冬小麦生长的危害及其生理效应. 植物生理学报, 1994, 20(3): 221-226.
- [5] 徐茂, 戴志新, 李桂荣. 苏南地区小麦渍害研究: 渍害的成因分析. 土壤, 1994, 26(3): 138-139.
- [6] 张正华, 何雪英. 渍害对小麦生长发育的影响及预防措施. 湖北农业科学, 1991, 30(8): 12-13.
- [7] 盛绍学, 霍治国, 石磊. 江淮地区小麦涝渍灾害风险评估与区划. 生态学杂志, 2010, 29(5): 985-990.
- [8] 马晓群, 陈晓艺, 盛绍学. 安徽省冬小麦渍害灾害损失评估模型研究. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 158-162.
- [9] 石春林, 金之庆. 基于WCSODS的小麦渍害模型及其在灾害预警上的应用. 应用气象学报, 2003, 14(4): 462-467.
- [10] 吴洪颜, 武金岗, 赵凯, 等. 用海温作江苏省春季连阴雨的预报模型. 科技通报, 2004, 20(6): 512-516.
- [11] 沙万英, 李克让. 赤道东太平洋海温在副热带高压预报上的应用. 地理研究, 1991, 10(2): 60-67.
- [12] 姚素香, 张耀存. 江淮流域梅雨期雨量的变化特征及其与太平洋海温的相关关系及年代际差异. 南京大学学报(自然科学), 2006, 42(3): 298-305.
- [13] 宗海锋, 庆云, 彭京备. 长江流域梅雨的多尺度特征及其与全球海温的关系. 气候与环境研究, 2005, 10(1): 101-114.
- [14] 李秋林. 北太平洋海温与江淮流域汛期流量的关系研究. 气象与减灾研究, 2008, 31(2): 62-64.
- [15] 郑建萌, 朱红梅, 曹杰. 云南5月雨量与全球海温的关系分析研究. 云南大学学报(自然科学版), 2007, 29(2): 160-166.

- [16] 高辉. 淮河夏季降水与赤道东太平洋海温对应关系的年代际变化. 应用气象学报, 2006, 17(1): 11-19.
- [17] 黄毓华, 武金岗, 高苹. 淮河以南春季三麦阴湿害判别方法的研究. 中国农业气象, 2000, 21(1): 23-26.
- [18] 殷培红, 方修琦, 张学珍. 中国粮食单产对气候变化的敏感性评价. 地理学报, 2010, 65(5): 515-523.
- [19] 汤志成, 高苹. 江苏省单季晚稻产量预报的分段加权动态模式. 气象, 1989, 15(11): 30-33.
- [20] 吴洪颜, 高苹, 徐为根, 等. 江苏省冬小麦湿渍害的风险区划研究. 生态学报, 2012, 32(6): 1871-1879.
- [21] 潘放太, 高苹, 刘梅, 等. 基于海温的江苏省水稻高温热害预测模式. 应用生态学报, 2010, 21(1): 136-144.
- [22] 汤志成, 孙涵. 最优化因子处理及加权多重回归模型. 气象学报, 1992, 50(4): 514-517.
- [23] 冯耀煌, 杨旭. 论最优预报因子与最优预报方程. 气象学报, 1989, 47(1): 52-59.
- [24] 张启锐. 实用回归分析. 北京: 地质出版社, 1988. 196-203.
- [25] 范磊, 刘秦玉. 西太平洋副热带高压与海表温度的关系. 热带海洋学报, 2009, 28(5): 83-88.
- [26] 应明, 孙淑清. 西太平洋副热带高压对热带海温异常响应的研究. 大气科学, 2000, 24(2): 193-206.
- [27] 唐晓春, 袁中友. 近60年来厄尔尼诺事件对广东省旱灾的影响. 地理研究, 2010, 29(11): 1932-1939.
- [28] 彭加毅, 孙照渤. 春季赤道东太平洋海温异常对西太平洋副高的影响. 南京气象学院学报, 2000, 23(2): 191-195.
- [29] 章基嘉, 葛玲. 中长期天气预报基础. 北京: 气象出版社, 1983. 254-282.
- [30] 朱盛明, 曲学实. 数值预报产品统计解释技术的进展. 北京: 气象出版社, 1988. 112-116.

Prediction model of wet damages to winter wheat in spring based on sea surface temperature

WU Hongyan, GAO Ping, LIU Mei

(Jiangsu Provincial Meteorological Bureau, Nanjing 210008)

Abstract: To further develop the prediction work of the winter wheat wet damages in spring, a field correlation analysis was made on the relationships between the SST and the wet damage index in high, middle, and low risk areas with the winter wheat yield data and ordinary meteorological observations from 60 stations in Jiangsu province during 1969-2008. The results showed that the wet damage indices of winter wheat in the three areas were highly correlated with the SST in Nino area and northwest area of Pacific and the correlation degree changed with time. Then the regions of the sea with strong signals related to the wet damage index were selected as prediction factors and the optimization correlation technique was used to enhance the correlation between these factors. By testing the stability and independence, the wet damage indices prediction models of winter wheat in the three areas were established and all models have passed the statistical significant testing with 0.01 level. The perfect simulation results showed the models had application value.

Key words: sea surface temperature of Pacific; wet damage to winter wheat; the optimization disposal; prediction model