

基于关键区海温的华南香蕉寒害长期预报模型探讨^{*}

翟志宏^{1,4}, 廖树华¹, 姜会飞¹, 霍治国², 胡国权³, 高 静¹, 肖 静¹

(1. 中国农业大学, 北京 100193; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081;
3. 国家气候中心, 北京 100081; 4. 广东省气候中心, 广东 广州 510080)

摘 要: 根据华南地区 10 个代表站点 1961–2005 年的气候资料、海温资料、历史灾情记录对华南香蕉寒害长期预报模型进行了研究。结果表明, 构造的华南香蕉寒害指数与前人研究和历史灾情记录吻合, 可以代表华南香蕉寒害的强弱。通过相关分析, 找出了影响华南冬季寒害的前期夏季海温关键区为(5°S~5°N, 170°~120°W)、(50°~60°N, 180°~140°W)、(20°~30°N, 140°~110°W)、(30°~40°N, 140°~150°E)、(40°~50°N, 150°~170°E), 关键区海温对华南冬季寒害影响具有明确的物理意义。利用逐步回归分析, 以关键区海温为自变量建立了华南香蕉寒害长期预报模型。其中 1961–1990 年的数据用于建模, 1991–2004 年数据用于模型检验。模型拟合准确率和预报准确率均高于 88%, 这表明此模型具有较高的精度。

关键词: 香蕉; 寒害指数; 海温; 关键区; 预报模型; 华南地区

中图分类号: S165.25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–811X(2009)04–0051–07

寒害是指热带亚热带地区作物在冬季遭受 0℃ 以上(有时稍低于 0℃)低温, 使作物生理机能受损, 导致作物受到伤害、减产的一种农业气象灾害^[1,2]。华南地区地处低纬, 水热资源丰富, 是我国香蕉的重要生产基地。不过由于季风气候特点显著, 冬季寒潮频繁, 香蕉生产常常因寒害而遭受重大损失。采取有效措施预防寒害, 促使香蕉生产持续、高效、稳定的发展, 这对提高地区农业综合发展水平、保障农民收入具有重要意义。早期预报和预警可有效降低气象灾害对农业生产造成的损失, 因此, 进行寒害长期预报是摆在农业气象工作者面前的重要课题。

近年来, 在研究寒害指标方面, 前人取得了许多成果。林日暖等综合考虑每年出现最强一次冷空气过程时日平均气温持续低于月平均气温的天数、过程降温值及过程极端最低气温等指标, 将广东省香蕉、荔枝冬季寒害划分为 4 个等级^[3]。冯颖竹等、杜尧东等提出利用主成分分析法构造寒害综合指标^[4,5]。在确立寒害指标的基础上, 常用回归分析的方法建立预报模型。夏丽花等对最低气温进行短时临近预报, 然后结合低温冻害指标, 建立了福建省冬季果树冻(寒)害低温预报预

警模式^[6]; 林日暖等将寒害等级编码作为预报目标, 建立了寒害长期统计预报模式^[3]; 李楠等以大气环流指数为预报因子, 应用协击方法进行寒害长期预报^[7]。另外, 杨晓华等使用了门限回归模型的方法对低温冷害进行了预测^[8]。现有的寒害预报研究大都以冬季低温为预报目标, 然而寒害预报并不等同于冬季低温预报。王石立认为当前农业气象灾害预报应在指标的针对性、统计模型因子的物理概念等方面加强研究^[9]。

为使预报结果更加接近实际情况, 将构造华南香蕉寒害指数作为预报目标, 并以具有明确物理意义的关键海区的海温作为预报因子建立模型, 进行华南香蕉寒害的长期预报, 以期华南地区香蕉寒害的预防提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 资料及来源

所使用数据包括月平均海温场资料、逐日的地面气象站日最低气温序列及寒害灾情记录。其中地面气象站资料来源于国家气象信息中心, 海温数据为 NOAA_ERSST_V3 的资料^[10], 空间格点

^{*} 收稿日期: 2009–07–06

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD04B03)、(2008BAK50B02)资助

作者简介: 翟志宏(1985–), 男, 江西九江人, 硕士研究生, 主要从事农业气象减灾研究. E-mail: zhai24@yahoo.cn

通讯作者: 姜会飞(1970–), 女, 湖南平江人, 副教授, 主要从事农业气候与减灾研究. E-mail: jianghuifei@gmail.com

大小为 $2.0^{\circ} \times 2.0^{\circ}$ (网址 <ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/noaa.ersst/v3/sst.mnmean.nc>)。寒害灾情记录取自王春乙主编的《重大农业气象灾害研究进展》^[11]。以上各数据均取 1961 年 1 月到 2005 年 12 月的序列。本文中冬季指当年 12 月与次年 1–2 月,如 1961 年冬季包括 1961 年 12 月及 1962 年 1–2 月,夏季指 6–8 月。

1.2 寒害指数的构建

参照文献[4, 5]的方法,选取过程持续天数、极端最低气温这 2 个单一指标进行综合,利用主成分分析法进行计算,得到单个站点的香蕉寒害综合指标。在构造华南香蕉寒害指数时,选取华南地区(广东、广西、福建)香蕉主产区的 10 个代表站点,各站点的综合寒害指标组成原始数据 A_{mn} (m 为站点数, n 为样本数),利用经验正交函数(EOF)分解法把原始数据阵 A_{mn} 分解为空间函数矩阵 V_{mn} 和时间函数矩阵 T_{mn} 两部分,即:

$$A_{mn} = V_{mn} T_{mn} \circ \tag{1}$$

对所分析的资料阵而言,空间函数部分不随时间变化^[11],概括了场的主要特点,能更为客观地反映华南寒害的地域分布特征,时间函数则反映了这些空间场随时间的变化程度。在空间函数基本稳定的前提下,采用合适的方法做出时间函数未来时刻的预报值,那么就可以用式(1)做出未来寒害的预报估计。

1.2.1 寒害指数计算方法

(1) 单一寒害指标构造单站点寒害综合指标 过程持续天数:当月日最低气温序列中低于 5℃ 的日数。极端最低温度:当月日最低气温序列中的最低值。分别对这两个单一指标序列进行标准化处理,得到标准化序列。由于单一指标之间相关显著(表 1),如果不进行有效处理,就会导致信息大量重叠,影响分析效果。为此,利用主成分分析对 2 个单一指标进行综合简化,使得简化后的指标能有效地反映原来指标的主要信息。对标准化后的 2 个序列进行 PCA,第一主成分占总方差的比例平均高达 85%,取第一主成分作为单个站点的寒害综合指标。这样可以分别得到 12、1、2 月单站点的寒害综合指标。

表 1 广州站 12、1、2 月两个单一指标间的相关系数

| 月份 | 12 月 | 1 月 | 2 月 |
|------|-------|-------|-------|
| 相关系数 | -0.81 | -0.78 | -0.78 |
| 显著水平 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

(2) 单站点寒害综合指标构造华南寒害指数 从华南三省中挑选出 10 个代表站点,要求站点位于香蕉主产区区内或边缘,站点资料序列时间长,站点间隔、海拔适宜等。10 个代表站点包括福建福州、漳州,广东广州、五华、信宜、汕尾、湛江,广西南宁、百色、梧州,分布如图 1 所示。

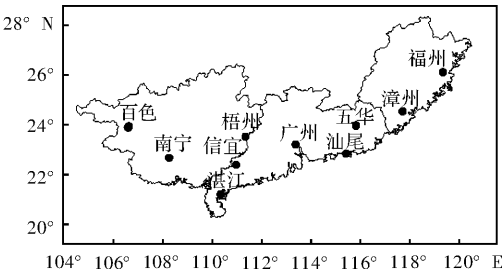


图 1 华南 10 个代表站点地图

对计算出的华南地区 44 年、10 个站点的寒害综合指数序列进行标准化处理,构成一个 $n \times m$ ($n = 44$, $m = 10$) 的标准化数据矩阵

$$A_{mn} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \circ \tag{2}$$

- ①计算矩阵 A 的协方差矩阵 R ;
- ②求协方差矩阵对应 R 的特征根 $\lambda_1 > \lambda_2 > \cdots > \lambda_m > 0$ 和对应的特征向量为列向量组成的矩阵

$$V_{mn} = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1m} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mm} \end{pmatrix}; \tag{3}$$

- ③计算时间函数

$$T_{mn} = V_{mn}^T A_{mn}; \tag{4}$$

- ④选取主要模态

$$G(p) = \frac{\sum_{i=1}^p \lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \times 100\%, (p < m) \circ \tag{5}$$

$G(p)$ 称为前 p 个模态的累计方差贡献百分率。当 $G(p) > 75\%$ 时,这 p 个模态就可以反映原 m 个场的主要信息。

EOF 分解结果显示各月前 3 个模态已解释总方差的 90% 以上。各月第一模态解释总方差的比例均超过 75%,因此可以将第一主成分的时间系数标准化后作为华南地区的各月寒害指数。将 12 月、1 月、2 月寒害指数的平均值定义为冬季华南香蕉寒害指数(Index of banana Chilly Injury in South

China), 简称寒害指数 (Index of Chilly Injury, *ICI*), 以后出现的 *ICI* 都表示冬季华南香蕉寒害指数。

1.2.2 寒害指数的验证

ICI 为正, 表明香蕉寒害偏强, 正值越大, 寒害越强; 负值则表示香蕉寒害偏弱, 负值越大, 寒害越弱 (图 2)。利用 1961–2004 逐年的 *ICI*, 按大小排序, 选出最冷的 4 年 (1973、1976、1975、1966) 作为典型冷年, 最暖的 4 年 (1990、1972、2000、1974) 作为典型暖年。

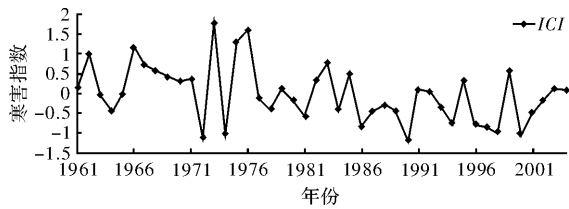


图 2 冬季华南香蕉寒害指数逐年变化图

目前尚无研究华南地区整体寒害情况的文献, 为了验证构造的寒害指数, 可以用已有的广东寒害指数与本文的华南寒害指数进行比较。一方面广东属于华南地区, 另一方面华南地区寒害分布具有较好的一致性。对比文献 [4] 中的广东冬季综合寒害指数与文献 [13] 中广东香蕉寒害综合指数第一特征向量时间系数变化曲线发现与本文的 *ICI* 吻合程度极高。波峰波谷出现的年份几乎完全一致。文献 [4] 中综合指数最大的 5 年分别为 1975、1976、1962、1973、1966 年, 华南地区的 4 个典型冷年均在其中, 2000 年广东寒害指数最小, 而这正是本文中的华南地区典型暖年。文献 [13] 中香蕉寒害综合指数第一特征向量时间系数排在前三位的均出现在 70 年代, 本文与其结论一致。

此外, 根据文献 [11] 记录的 1960 年以来广东

发生的 5 次严重寒害记录 (将年份对应为本文冬季的年份), 结合广西、福建的受灾记录, 发现 1975、1992、1995、1999 年冬季华南 3 省区均有较为严重的寒害受灾记录, 另外在 1991 年冬季广东寒害严重, 广西、福建记录不详。与本文的寒害指数对比发现严重寒害年均为寒害指数波峰年 (图 2)。虽然 20 世纪 90 年代 4 次寒害的强度不如 60、70 年代, 但华南地区香蕉种植面积扩大, 种植区域北移, 使得对寒害的敏感性增强, 导致 90 年代的 4 次寒害造成的损失远远超过 60、70 年代。这与图 2 所反映的香蕉寒害指数年际变化是吻合的。

构建华南寒害指数 *ICI* 是对前人研究的简化与综合, 与前人研究和历史灾情记录吻合, 因此, 认为 *ICI* 可以用来表征华南地区的香蕉寒害情况。

2 影响寒害的海温关键区相关普查及物理意义分析

2.1 海温相关普查

下垫面热力状况的异常是引起大气环流异常的重要原因。海温是大气异常最主要的下垫面热力强迫, 大气环流异常对海温异常的响应存在一定的滞后性, 故研究华南冬季寒害与前期海温场的关系有可能找到对预报有意义的关键海区。计算了太平洋海域各格点夏季 6–8 月平均海温与 *ICI* 的相关系数, 得到 6 个相关较高的区域 (或称关键区), 如图 3 所示, 图中方框表示由区域内所有格点海温求平均得到备选预报因子, 粗线框表示作为预报因子入选预报模型的区域。关键区信息见表 2。

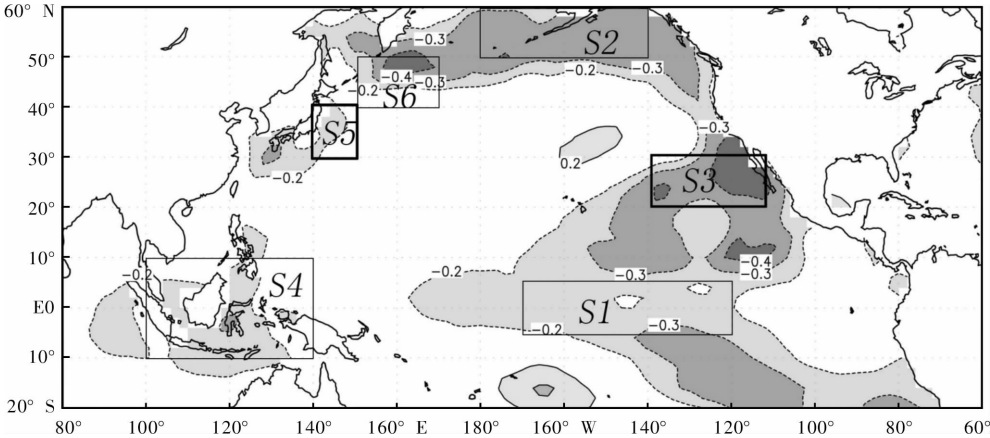


图 3 华南冬季寒害指数 *ICI* 与前期夏季 6–8 月平均海温相关系数分布图

表 2 各高相关海区坐标与相关系数表

| 代号 | 位置 | 坐标范围 | 与 <i>ICI</i> 相关 |
|----|-----------|---------------------------|-----------------|
| S1 | Niño3.4 区 | 5°S ~ 5°N, 170° ~ 120°W | -0.24 |
| S2 | 阿拉斯加湾 | 50° ~ 60°N, 180° ~ 140°W | -0.38 ** |
| S3 | 北美大陆西海岸 | 20° ~ 30°N, 140° ~ 110°W | -0.45 ** |
| S4 | 印太交汇区 | 10°S ~ 10°N, 100° ~ 140°E | -0.24 |
| S5 | 日本以东 | 30° ~ 40°N, 140° ~ 150°E | -0.20 |
| S6 | 西北太平洋区域 | 40° ~ 50°N, 150° ~ 170°E | -0.26 |

注：**表示 0.01 的显著性水平

2.2 海温合成分析

除了相关分析还进行了合成分析。根据上面确定华南冬季典型冷、暖年，对前期夏季海温距平进行合成分析(这里合成分析是求和后除以年数，即平均值)。一方面，可以验证关键海区相关的可靠性，因为统计学意义上的“相关”未必可靠；另一方面，可以分析关键区海温影响华南寒害状况的物理过程。如图 4、5，夏季海温与 *ICI* 相关较高的区域中，S5、S6 区 SSTa(海温距平)分布在典

型冷年与暖年正相反；S1、S3 区在冷年为负距平控制，在暖年只有部分为正距平控制；S2 区在冷年负距平控制，暖年未见正距平分布；S4 区在冷年暖年均未有明显距平分布。

在典型冷年，S1、S2、S3 区海温偏低而 *ICI* 偏高，典型暖年则相反(其偏暖范围不如冷年大)。这与相关分析中得到的 S1、S2、S3 区海温与 *ICI* 呈负相关结论一致。周天军等也发现在 El Niño(厄尔尼诺)发生期间，伴随着赤道中东太平洋的增暖，北美大陆西海岸 SST(海温)出现暖距平^[14]，本文典型暖年中的海温距平分布与其一致。另外，S5、S6 区在典型暖年海温偏高而 *ICI* 偏低，典型冷年则相反。这也与相关分析中得到的 S5、S6 区海温与 *ICI* 呈负相关结论一致。不过 S4 区在典型冷暖年都未见到明显的海温距平。一方面，S4 与 *ICI* 相关系数没有通过 0.05 的显著性检验；另一方面，在典型冷年与典型暖年均没有明显的海温异常。这表明，S4 区海温对寒害间的关系不适宜用简单的线性相关来描述，因此，S4 区海温不适宜作为线性预报模型的预报因子。

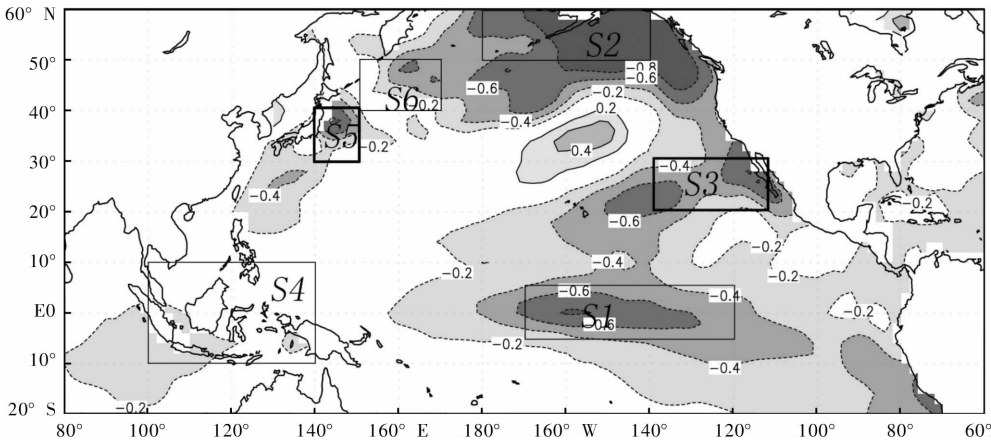


图 4 典型冷年前期夏季海温距平合成图

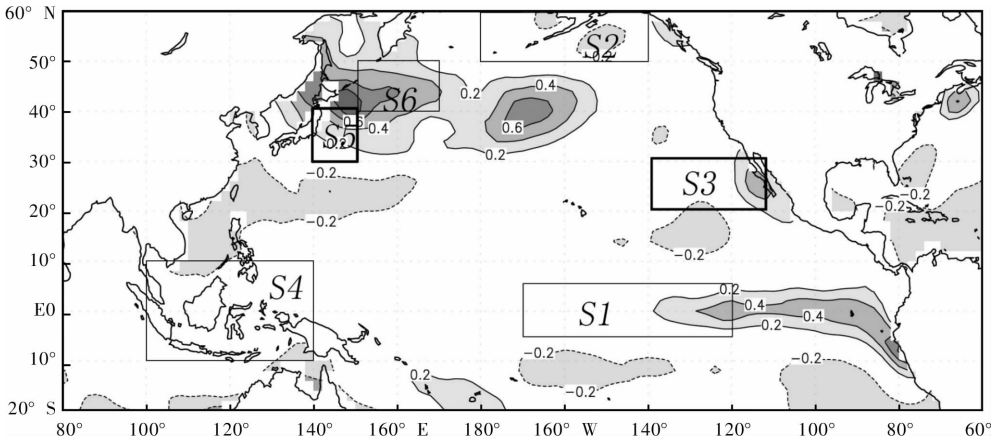


图 5 典型暖年前期夏季海温距平合成图

2.3 物理意义分析

对比陈文的研究中处于 La Niña(拉尼娜)发展阶段的夏季 SSTA 的分布图^[15], 发现与本文典型冷年夏季 SSTA 分布图较为相似, 两者赤道东太平洋地区的海温均为大片负距平所控制(距平值偏小), 不同之处在于本文典型冷年西太平洋暖池区的正距平不显著。典型暖年的分布形态与典型冷年的相反。这表明华南寒害可能与 ENSO(恩索)现象有一定联系。参照何溪澄等对 ENSO 事件分类的记录^[16], 利用其描述的强、弱 El Niño(La Niña)年, 与华南冬季寒害状况进行对比分析(华南最冷的 4 年 1973、1976、1975、1966; 和最暖的 4 年 1990、1972、2000、1974)。结果发现华南冬季典型冷年中 1973、1975 年为强 La Niña 年, 1966 年没有 ENSO 事件, 1976 年为弱 El Niño 年; 典型暖年中 1972 年为强 El Niño 年, 2000 年为弱 El Niño 年, 1990 年没有 ENSO 事件, 1974 年为弱 La Niña 年。这表明 ENSO 事件对华南冬季寒害状况有一定的影响, 具体表现在 El Niño 年易出现暖冬, La Niña 年易出现冷冬。不过将典型冷、暖年与 ENSO 事件进行对照分析后, 发现有 El Niño 年出现冷冬(1976), La Niña 年出现暖冬(1974)的现象, 还发现最暖年 1990 年不是 El Niño 年。这些事实表明 ENSO 不是影响华南冬季寒害状况的唯一因素。李崇银在研究 ENSO 与东亚冬季风的相互作用问题时, 发现 El Niño 年冬季风偏弱, 易发生暖冬, La Niña 年冬季风偏强, 易发生冷冬^[17]。Zhang 等以 1986/87 和 1991/92 年的 ENSO 事件为例, 阐述了成熟相位的 ENSO 事件在冬季爆发后东亚的沿海地区是如何出现偏弱(强)的冬季风^[18]。蔡学湛等在研究 ENSO 循环对西太平洋副高的影响时发现 El Niño 年副高持续偏强偏西, La Niña 年则相反^[19]。副高强大时, 有利于南方温暖气流向我国输送, 容易使我国冬季温度偏高, 出现暖冬, 反之容易出现冷冬^[20]。Wang 等对 ENSO 影响东亚地区气候状况的物理机制进行了研究, 认为东亚—太平洋遥相关(Pacific East Asian teleconnection, 简称 PEA 遥相关)形成的关键在于西北太平洋(Western North Pacific, 简称 WNP)区域存在大范围的反气旋(气旋), 将东太平洋地区的海温异常与东亚冬季风的强弱联系了起来^[21]。异常的海温影响了 Walker 环流和东亚地区的局地 Hadley 环流, 从而影响了东亚冬季风。这些研究表明各关键区的海温异常是通过影响 ENSO、东亚冬季风、西太平洋副热带高压而与华南寒害产生了联系。

3 华南香蕉寒害长期预报模型的建立及效果检验

3.1 回代拟合

以上文确定的关键区海温为预报因子, 利用所有年份的数据(1961–2004 共 44 年)建立回归方程。这里我们采用统计软件 SAS 8.02 进行分析, 用多元线性回归方法初步建立模型。模型中 S_i (SST)表示 S_i 区的海温($i = 1, \dots, 6$)。建模时选入了除 S_4 (SST)外的所有关键区海温作为预报因子, 得到的模型可以通过 0.05 显著性水平的 F 检验。对各因子在模型中的作用进行分析, 发现 S_2 (SST)、 S_6 (SST)、 S_1 (SST)在模型中的显著性较低, 这是因为预报因子之间存在相关性。为了解决预报因子间的相关问题, 通常采用的是逐步回归的方法。在统计分析软件 SAS V8.02 中, 调用逐步回归过程 stepwise(将参数 sle、sls 均设置为 0.2), 对预报因子进行筛选, 得到最优回归模型:

$$ICI = 20.92 - 0.64S_3(SST) - 0.29S_5(SST)。$$

(6)

式中模型可以通过 0.01 显著性水平的 F 检验, 复相关系数 $R = 0.516$ 。

为检验模型效果, 将香蕉寒害分为 5 级, 概率为我国一贯采用的 1/8、1/4、1/4、1/4、1/8^[22], 分级情况见表 3。在计算模型准确率时, 报到相邻等级也算预报正确。利用式(6)输出 ICI 的回代结果并对应成寒害等级, 得到模型整体回代准确率为 88.6%。

| 表 3 寒害指数与香蕉寒害等级的对照 | | | | | |
|--------------------|--------|---------------|---------------|--------------|--------|
| ICI | < -0.9 | [-0.9, -0.35) | [-0.35, 0.12) | [0.12, 0.75) | ≥ 0.75 |
| 寒害程度 | 无 | 轻 | 中 | 较重 | 严重 |
| 等级编码 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 发生年数 | 5 | 11 | 11 | 11 | 6 |
| 对应概率(约) | 0.125 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.125 |

3.2 预报检验

统计预报模式往往存在回代效果好但实际预报效果不理想的问题。上面的回代检验尚不足以说明模型的好坏, 为此, 选择独立性较好的 S_3 (SST)、 S_5 (SST)为预报因子, 仅用 1961–1990 年(30 年)的数据建立预报模型, 1991–2004 年(14 年)的数据作为试报检验, 进而检验该方法的效果。模型如下:

$$ICI = 21.93 - 0.72S_3(SST) - 0.26S_5(SST)。$$

(7)

复相关系数 $R=0.442$ ，模型通过 F 检验 ($P=0.05$)。利用式 (7) 输出延伸预报期 (1991 - 2004 年) 的估计值，经检验，14 年延伸预报均预报正确，相比回代期 (1961 - 1990 年) 的准确率 86.7% 不仅没有大幅度降低，而是有所提高，从图 6 也可以直观地看出预报期估计值与实际值更为接近。这表明该模型预报效果稳定，对寒害具有一定的预报能力。

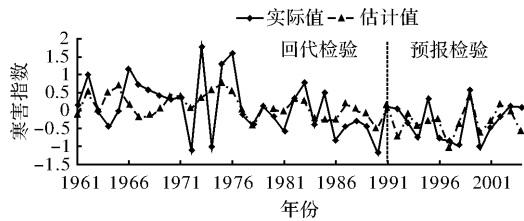


图6 模型估计值与实际值的比较

4 结论

在前人的研究基础上，对香蕉寒害指标进行简化和综合，得到华南香蕉寒害指数 (ICI)。 ICI 能够反映华南地区香蕉遭受寒害的整体情况且计算简便，与已有研究和历史灾情记录高度吻合。

($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$, $170^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{W}$)、($50^{\circ} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $180^{\circ} \sim 140^{\circ}\text{W}$)、($20^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$, $140^{\circ} \sim 110^{\circ}\text{W}$)、($30^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}$, $140^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$) 和 ($40^{\circ} \sim 50^{\circ}\text{N}$, $150^{\circ} \sim 170^{\circ}\text{E}$) 区域前期夏季海温与华南香蕉寒害的发生密切相关。各关键区的海温异常是通过影响 ENSO、东亚冬季风、副高而与华南寒害产生了联系。这种联系的物理意义是明确的。

建立了华南香蕉寒害的长期预报模型。模型拟合准确率和预报准确率均高于 88%，具有较好的长期预报效果。本文仅选择海温为预报因子，初步试验表明加入海平面气压，700 hPa 高度场等因子可以获得更好的预报效果，这方面的研究有待进一步深入。

参考文献：

[1] 罗宗洛. 植物的耐寒性[J]. 植物生理学通讯, 1955, (4): 2-9.

[2] 崔读昌. 关于冻害, 寒害, 冷害和霜冻[J]. 中国农业气象, 1999, 20(1): 56-57.

[3] 林日暖, 崔巧娟, 朱正心. 广东经济林果寒害地面预警强信

号和长期统计预报模式的研究[J]. 应用气象学报, 2003, 14(4): 499-501.

[4] 冯颖竹, 梁红, 黄璜. 广东冬季寒害指标研究[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(1): 59-65.

[5] 杜尧东, 李春梅, 毛慧琴. 广东省香蕉与荔枝寒害致灾因子和综合气候指标研究[J]. 生态学杂志, 2006, 25(2): 225-230.

[6] 夏丽花, 张立多, 林河富, 等. 福建省冬季果树冻(寒)害低温预报预警[J]. 中国农业气象, 2007, 28(2): 221-225.

[7] 李楠, 叶彩华, 廖树华, 等. 利用协击方法建立广州荔枝寒害预报模型[J]. 中国农业气象, 2008, 29(4): 502-506.

[8] 杨晓华, 金菊良, 魏一鸣. 预测低温冷害的门限回归模型[J]. 灾害学, 2002, 17(1): 10-14.

[9] 王石立. 近年来我国农业气象灾害预报方法研究概述[J]. 应用气象学报, 2003, 14(5): 574-582.

[10] Smith T M, Reynolds R W, Peterson T C, et al. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880-2006)[J]. Journal of Climate, 2008, 21(10): 2283-2296.

[11] 王春乙. 重大农业气象灾害研究进展[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 59-68.

[12] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 121-134.

[13] 杜尧东, 李春梅, 毛慧琴, 等. 广东省香蕉寒害综合指数的时空分布特征[J]. 中国农业气象, 2008, 29(4): 467-471.

[14] 周天军, 宇如聪, 李肇新. 中纬度北太平洋依赖于 ENSO 事件及独立于 ENSO 事件的变率特征: 观测事实与海气耦合模式模拟(英文)[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2002, 19(6): 1127-1147.

[15] 陈文. El Niño 和 La Niña 事件对东亚冬、夏季风循环的影响[J]. 大气科学, 2002, 26(5): 595-610.

[16] 何溪澄, 丁一汇, 何金海. 东亚冬季风对 ENSO 事件的响应特征[J]. 大气科学, 2008, 32(2): 335-344.

[17] 李崇银. El Niño 事件与中国东部气温异常[J]. 热带气象, 1989, 5(3): 210-219.

[18] Zhang R, Sumi A, Kimoto M. Impact of El Niño on the East Asian Monsoon: A diagnostic study of the '86/87 and '91/92 events[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan, 1996, 74(1): 49-62.

[19] 蔡学湛, 吴滨, 温珍治. ENSO 循环对西太平洋副高和福建汛期旱涝的影响[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(6): 837-844.

[20] 孙林海, 赵振国. 我国暖冬气候及其成因分析[J]. 气象, 2004, 30(12): 57-60.

[21] Wang B, Wu R, Fu X. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate[J]. Journal of Climate, 2000, 13(9): 1517-1536.

[22] 王绍武, 朱锦红. 短期气候预测的评估问题[J]. 应用气象学报, 2000, 11(S1): 1-10.

Study on Seasonal Forecast of Banana Chilling Injury in South China Based on Sea Surface Temperature of Key Areas

Zhai Zhihong^{1,4}, Liao Shuhua¹, Jiang Huifei¹, Huo Zhiguo²,
Hu Guoquan³, Gao Jing¹ and Xiao Jing¹

(1. China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China; 3. National Climate Center, Beijing 100081, China; 4. Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China)

Abstract: Based on the climate data, SST, historical records of chilling injury from 10 selected meteorological observation stations in South China in the period of 1961-2005, the long-term forecasting model of banana chilling injury in South China is studied. Results show that the banana chilling injury index (ICI) defined in this article coincides well with historical records of chilling injury and could effectively indicate the degree of chilling injury. According to the result of correlation analyses, the key areas of pre-summer sea surface temperature that affect chilling injury in South China are identified: (5°S ~ 5°N, 170° ~ 120°W)、(50° ~ 60°N, 180° ~ 140°W)、(20° ~ 30°N, 140° ~ 110°W)、(30° ~ 40°N, 140°E ~ 150°E)、(40° ~ 50°N, 150°E ~ 170°E). The key areas of pre-summer sea surface temperature are of significant physical implication to chilling injury in South China. Taking sea surface temperature in key areas as an independent variable, stepwise regression analysis is used to establish long-term forecasting model for the banana chilling injury in South China. The data of 1961 ~ 1900 is used for establishing the model and data of 1991 ~ 2004 are used for testing the model. Accuracy of model fitting and prediction is higher than 88% , which indicates that the model has a high accuracy.

Key words: banana; chilling injury index; sea surface temperature; key areas; prediction model; South China

(上接第 19 页)

Analysis on Behavioral Economics of Farmer’s Attitude towards Risk under the Influence of Agriculture Catastrophe

Xie Jiazhi and Zhou Zhen

(School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Using the framework of prospect theory of behavioral economics for reference, an abstract model is developed to judge farmer’s attitude towards risk under the influence of agriculture catastrophe. Analysis shows that, facing with agricultural catastrophic risk, due to the influence of external environment of uncertainty and information asymmetry, farmer’s ability to cognize agricultural catastrophic risk is weak and degree of realization of bounded rationality is low. At the same time, subjecting to the significant interference of external deviances, such as non-Bayesian rule, representative rule, anchoring effect, herd behavior and framing effect, farmer’s non-rational choice, to a large extent, may dominate individual behavior and lead to risk preference.

Key words: agricultural catastrophe; farmer; risk attitude; behavioral economics