

棉铃虫发生程度长期预报方法¹⁾

侯敬和 孔繁忠 刘厚赞

(山东菏泽气象局, 274000) (山东省气象台, 250031)

提 要

对太平洋海温与鲁西南第二代棉铃虫发生程度进行相关分析, 建立 12 个相关场, 得出两大优势相关区。应用主成份分析合成预报变量建立预报方程, 预报时效可提前 2—3 个月, 经 1993—1995 年 3 年预报应用均与实况吻合。

关键词: 海温 棉铃虫 主成份 长期预报

引 言

棉铃虫是主要农业虫害之一, 近年来虫害有进一步发展的趋势, 据研究, 棉铃虫发生程度与区域性气候密切相关。在适宜的气候和环境条件下常出现区域性大爆发, 给棉花造成极其严重的损失。因而, 对棉铃虫的预测、预报是目前农业减灾工程中急待解决的课题。不少研究发现, 发生在地球表层的各种自然灾害具有相继发生或同时发生的特征, 它们之间存在着有机的内在联系^[1]。从虫源、地面气象要素等方面对棉铃虫的爆发已有不少研究^[2], 但其预报时效较短, 难以满足防灾、抗灾的需要。本文将水圈、大气圈、生物圈

作为一个整体^[3], 通过对太平洋海温场与棉铃虫关系的研究, 建立一种对棉铃虫发生程度有效的长期预报方法。

1 资料来源及研究方法

1.1 资料来源

棉铃虫虫害程度分为 5 级, 级别越大危害越重。取菏泽等 9 个县市历年第二代棉铃虫发生程度平均值为鲁西南地区二代棉铃虫发生程度(表 1); 选取美国 KWBC 报提供的 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬度网格太平洋月平均海温资料为预报因子。资料长度从 1979—1992 年共 14 年。

1.2 方案设计

表 1 1979—1992 年二代棉铃虫发生级别

年份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
级别	2	3	5	5	4	5	2	3	3	3	2	3	3	5

对鲁西南地区棉铃虫发生级别与太平洋海温求相关, 选取具有预报意义的海温变量进行主成份合成。用主成份预报变量, 并引入虫源因素建立预报方程。

2 相关场的建立与分析

2.1 相关系数计算

根据业务和研究需要, 1—3 月海温对当年棉铃虫级数求相关, 4—12 月海温对翌年棉铃虫级数求相关, 其中 4—6 月海温分别对

当年和翌年棉铃虫级数求相关。得出 15 个相关场。通过 $\alpha=0.05$ 信度 T 检验的显著相关区 ($r \geq 0.53$) 36 个, 其中 $r \geq 0.66$ 的相关区 14 个, 个别相关值达 0.80 以上。每个相关区连续显著相关格点数在 15 个以上, 排除零散相关值的随机性。

2.2 相关场分析

根据相关区海区分布可分出两大优势相关区。

1) 本文为山东省科委资助项目

第一,黑潮海域优势负相关区(图1)。上年10月本区东部出现几个较显著的相关值,逐渐向西扩展并加强,在黑潮海区形成一稳定的负相关区。11月和翌年2—3月形成两个中心。本相关区维持时间6个月。

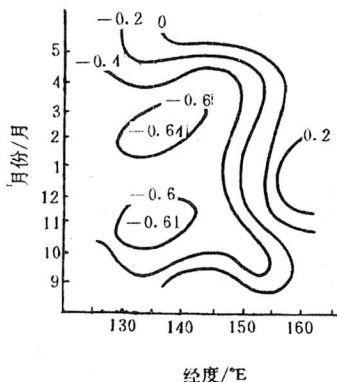


图1 第1优势相关区沿25°N逐月展开
根据北赤道海流域负相关区逐月位移图(图2)可以看出,北赤道太平洋负相关区有

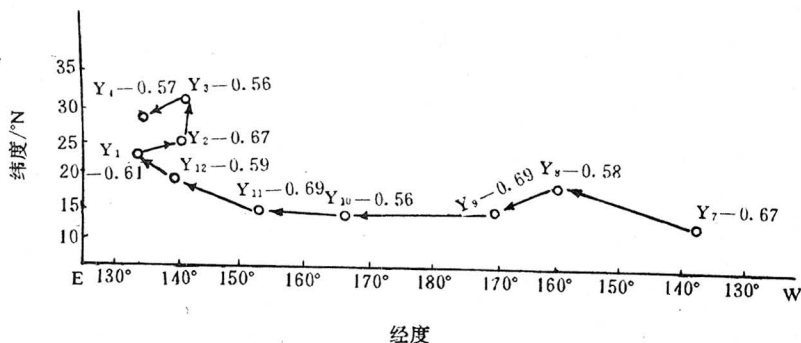


图2 北赤道太平洋负相关区逐月位移

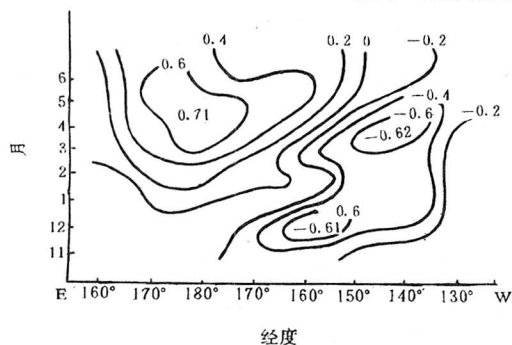


图3 第2优势相关区沿40°N逐月展开

沿洋流传播的规律。上年7月在北赤道太平洋东部出现一中心值为-0.67的负相关区,并逐月西移,到10月份负相关区出现在黑潮海区东部,以后位置稍动但仍稳定在这个海区。

第二,北太平洋西正东负偶合型优势相关区(35°—50°N,160°E—130°W,图3)。东部负相关区在上一年12月于本区西部形成,向东传播,到4月份达到最强;西部正相关区在当年3月形成,滞后东部负相关区3个月。两个相关区同时在4月份达到最强,维持时间分别为3个月和6个月。这个相关区处于北太平洋北侧千岛海流南侧,其形成可能与两股海流有关。

综合分析,优势相关区主要分布在赤道北太平洋西端和北部,维持时间3—6个月。当年春季为两个优势相关区最显著时期,第二优势相关区滞后第一优势相关区1个月。可见春季海温异常对大气环流的影响与棉铃虫发生关系甚大,其机制有待于进一步讨论。

3 方程建立和预报应用

3.1 主成份分析

从36个显著相关区中提取36个原始海温变量构成矩阵T

$$T = (T_{ij}) = \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} & \dots & T_{1n} \\ T_{21} & T_{22} & \dots & T_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ T_{m1} & T_{m2} & \dots & T_{mn} \end{pmatrix}$$

$$n(\text{年数}) = 14, m(\text{因子数}) = 36$$

合成的n个组合变量均由m个原始变

量线性组合而成,形式为 $X_{it} = \sum_{j=1}^m V_{ij} \cdot T_{jt}$

$$\text{即} \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1m} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \cdots & V_{mm} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} & \cdots & T_{1n} \\ T_{21} & T_{22} & \cdots & T_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ T_{m1} & T_{m2} & \cdots & T_{mn} \end{pmatrix}$$

从上式看出,组合因子的性质取决于 V 矩阵。对原始变量矩阵 T 求实对称相关矩阵 $S = (s_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, m$ 用雅可比迭代求出 S 矩阵对应的 m 个特征值 λ_i , 得到每个特征值对应的特征向量, 构成

特征向量矩阵 $V = (V_{ij})$

表 2 给出前 15 个特征值 λ_i , 每个组合因子对 36 个原始变量总体方差贡献率 $C(i)$ 及组合因子累计方差贡献率 $Q(p)$, 特征向量和因子载荷量略。

表 2 $\lambda_i, C(i)$ 及 $Q(p)$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
λ_i	1113.33	289.8	192.3	172.7	123.2	101.1	76.6	56.4	41.4	30.7	19.8	14.8	14.4	0.1	0.0
$C(i)/\%$	49.6	12.9	8.6	7.7	5.5	4.5	3.4	2.5	1.8	1.4	0.9	0.7	0.6	0	0
$Q(p)/\%$	49.6	62.5	71.1	78.8	84.3	88.8	92.2	94.7	96.5	97.9	98.8	99.5	100.0	0	0

从表 2 看出,前 5 个主成份变量对原始变量总体方差贡献率超过 84%。第一主成份占的分量最大并依次迅速减小。原始变量的大多数信息集中在前几个主成份上。从载荷量分析,第一主成份对 36 个原始变量中的 26 个的载荷量均在 0.56 以上,最大载荷量达 0.96。第 2 到第 5 个主成份对剩余的 10 个原始变量分别有较大的载荷量。

数因子建立预报方程

$$\begin{aligned} y &= -8.5636 - 0.0060X(1) \\ &\quad - 0.0417X(2) - 0.0265X(3) \\ &\quad + 0.0185X(4) - 0.0271X(5) \\ &\quad + 0.0289X(6) \\ u &= 17.0 \quad q = 0.42 \\ r &= 0.99 \quad S_r = 0.24 \end{aligned}$$

其中前 5 个因子为前 5 个主成份变量,第 6 个因子为虫源基数因子。方程统计指标达到较理想状态。对方程进行历史拟合,拟合值与实况值重合,误差为 0(表 3)。

3.2 方程的建立和应用

3.2.1 方程的建立

应用前 5 个主成份并引入越冬代成虫基

表 3 二代棉铃虫发生程度(级)预报拟合

年份	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
\hat{y}_i	2	3	5	5	4	5	2	3	3	3	2	3	3	5
y_i	2	3	5	5	4	5	2	3	3	3	2	3	3	5

3.2.2 方程的应用

从上年 6 月到当年 3 月海温资料中得出 36 个原始海温变量 T_j , 应用公式 $X = V'T$

$$\begin{aligned} \text{即 } X_i &= V_{i1}T_1 + V_{i2}T_2 + \cdots \\ &\quad + V_{im}T_m = \sum_{j=1}^{36} V_{ij} \cdot T_j \end{aligned}$$

其中 $i=1, 2, \dots, 5 \quad m=36$

求出预报年的 5 个主成份预报因子,代入方

程可得出二代棉铃虫发生程度预报量。

1993—1995 年利用本方法对鲁西南地区二代棉铃虫发生程度进行了预报服务,预报量级与实况相符(表 4)。其中 1993 年预报是 6.5 级,高出规定最高量级 1.5 级,实际 1993 年二代棉铃虫为特大爆发年份,发生程度远远高于历史最高年份,预报结果是正确

的。

表4 1993—1995年主成份预报因子 X_i 及预报量 \hat{y}_i ; 实况 y_i

年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	\hat{y}_i	y_i
1993	-162	-327	-122	-42.6	249	165	6.5	5
1994	-155	-322	-137	-32.6	249	2	2.1	2
1995	-166	-312	-132	-37.0	245	65	4.3	4

通过3年预报服务尤其是1993年特大爆发年份的准确预报,受到当地政府和生产部门高度评价,收到了较好的社会效益和经济效益,为农业防灾减灾做出了贡献。几年来,用同样模式研制了第3、4代棉铃虫发生程度长期预报方法,都收到了较好的预报效果。

4 结论与讨论

4.1 海温异常非绝热加热作用对大气运动产生十分重要的影响。大气低频振荡决定了一个地区长期天气气候特征^[4],而棉铃虫区域性爆发与区域性气候异常密切相关,因而可通过海温场的异常变化来预测棉铃虫的发

生。

4.2 对大量海温因子进行数学组合,用少量合成因子去反映大量海温因子的信息,在可能情况下与少量的其他因素相结合,是预报棉铃虫发生程度的一种可行方法。

4.3 该方法可提前2—3个月对棉铃虫发生程度做出较准确的预报。14年拟合误差为0,通过1993—1995年3年预报,预报结论与实况相符。此方法预报性能稳定,可信度较高。

致谢:棉铃虫历史资料由菏泽地区植保站提供,冯殿英高级农艺师提出宝贵意见,本文承蒙山东省农科院植保所冯建国研究员指导,一并致谢!

参考文献

- 刘厚赞等. 固体地球物理场变化与自然灾害群发关系. 南京大学学报, 1991, (11): 519—527.
- 王武刚. 棉铃虫防治新技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1993: 28—32.
- 刘厚赞等. 厄尼诺事件与自然灾害研究整体观. 中国减灾, 1993, 3(2): 40—42.
- 章基嘉. 中长期天气预报基础. 北京: 气象出版社, 1994: 21—61.

The Long-term Forecast Method of the *Holothis Armigera* Hübner Generation Degree

Hou Jinghe Kong Fanzhong

(Heze Meteorological Office, Shandong Province 274000)

Liu Houzan

(Shandong Meteorological Observatory, 250031)

Abstract

The correlation analysis between the sea temperature of the Pacific Ocean and the *Holothis Armigera* Hübner generation degree was made, 12 correlation fields were established, 2 favourable areas were obtained. The forecast equations were given by use of the principal component analysis and forecast variables. The preper forecast can be made 2 to 3 months in advance. The operationnal forecast from 1993 to 1995 was proved to be coincident with the actual situation.

Key Words: sea temperature *Holothis Armigera* Hübner principal component long-term forecast