

气候变化对作物产量影响的 动态统计评价模式¹⁾

顾节经

(辽宁省气候中心, 沈阳 110015)

提 要

气候变化对作物产量影响的动态统计评价模式,主要是运用积分回归原理,探索作物生育期内以旬为时间单位的气候变化对作物产量形成的影响规律。由于该模式能及时连续地进行气候影响评价,使评价工作能直接的为农业生产进行跟踪服务。在建模过程中引用了三项式产量预报模型、特殊影响因子诊断分析和选取最佳积分回归方程等方法,并在试用中取得了较满意的结果。

关键词: 气候变化 作物产量 评价模式

引 言

气候变化对作物产量影响的评价模式近年来已有许多成果,一般都是采用作物生育期内主要气候要素与作物产量的共变统计关系建立回归模式,对探索气候变化对作物产量的定量影响规律有一定作用。但是,由于模式只突出了关键时段的影响,所以使气候影响评价工作不能在作物生长过程中进行及时连续的跟踪服务。为了加强对农业生产的连续性服务工作,我们研究了气候变化对作物产量影响的动态统计评价模式,目的在于揭示以旬为时间单位的气候变化对作物产量形成的定量影响规律,使气候影响评价工作能直接为农业生产进行跟踪服务,并为建立省级的气候影响评价实时服务业务系统创造条件。本文以沈阳市的动态统计气候影响评价模式为例进行介绍。

1 动态统计气候影响评价模式的基本原理

气温、降水、日照的变化对作物产量的影响可用分部积分方程来表示:

$$y_w = C + \int_0^{\tau} a_T(t)T(t)dt + \int_0^{\tau} a_R(t)R(t)dt + \int_0^{\tau} a_S(t)S(t)dt$$

y_w 为气候变化影响产量, C 为积分常数, τ 为作物生育期长度, $a_T(t)$ 、 $a_R(t)$ 、 $a_S(t)$ 分别为气温、降水、日照随时间 t 演变对产量影响的连续函数,表示时间 t 到 $t+dt$ 时段内气温 $T(t)$ 、降水 $R(t)$ 、日照 $S(t)$ 变化值对作物产量形成的影响效应,即气候要素值每变化一个单位对作物产量影响的平均增量。我们通过积分回归运算,上式可化简成离散变量表达式:

$$y_w = C + \sum_{i=1}^n a_{Ti}T_i + \sum_{i=1}^n a_{Ri}R_i + \sum_{i=1}^n a_{Si}S_i$$

y_w 为气候变化影响产量, C 为回归常数, n 是以旬为时间单位的作物生育期长度, a_{Ti} 、 a_{Ri} 、 a_{Si} 分别为逐旬气温 T_i 、降水 R_i 、日照 S_i 的影响系数。

所谓气候影响评价实质是与指定气候条件影响量的比较,一般指定的气候条件是多

1) 张远福、杨晓军参加了积分回归计算

年气候要素的平均值,即正常年条件,并规定好于正常年产量的气候影响产量为正值,反之则为负值,恰为正常年气候条件时为零。为此我们将逐旬气温、降水、日照变化的平均值和距平值,代入上式后:

$$y_w = C + \sum_{i=1}^n a_{T_i} (\bar{T}_i + \Delta T_i) + \sum_{i=1}^n a_{R_i} (\bar{R}_i + \Delta R_i) + \sum_{i=1}^n a_{S_i} (\bar{S}_i + \Delta S_i) \\ = C + \sum_{i=1}^n a_{T_i} \bar{T}_i + \sum_{i=1}^n a_{R_i} \bar{R}_i + \sum_{i=1}^n a_{S_i} \bar{S}_i + \sum_{i=1}^n a_{T_i} \Delta T_i + \sum_{i=1}^n a_{R_i} \Delta R_i + \sum_{i=1}^n a_{S_i} \Delta S_i$$

式中 $\bar{T}_i, \bar{R}_i, \bar{S}_i$ 为逐旬气温、降水、日照的平均气候值, $\Delta T_i, \Delta R_i, \Delta S_i$ 为逐旬距平值。由于正常年气候条件(气候平均值)对作物产量的影响为零,所以上式可化简为:

$$y_w = \sum_{i=1}^n a_{T_i} \Delta T_i + \sum_{i=1}^n a_{R_i} \Delta R_i + \sum_{i=1}^n a_{S_i} \Delta S_i$$

该式就是我们所需要的气候变化对作物产量影响的动态统计评价模式。运用逐旬(候)的气候要素距平值与其影响系数的乘积,可方便的评价某一要素或多个要素对作物产量的影响值,如果将几句(候)或整个生育期的影响值累加,即可评价某一生长时段(月、季)或整个生育期的气候变化与正常年相比较的影响情况。

2 沈阳市动态统计气候影响评价模式的建立

2.1 作物产量的构成及产量预报模型

粮食产量可归纳为受三个方面的影响,一是社会综合生产力发展水平的影响,如科技进步、农田建设等,因社会综合生产力的发展是渐进的,可用产量的演变趋势进行模拟,所以一般称其为趋势产量(y_t)。二是社会及其它因素的影响,如市场和农民种粮积极性

的变化等,由于其它因素的波动性,所以影响产量也是波动的,我们称其为其它因素影响产量(y_n)。三是天气、气候条件的影响,即气候影响产量(y_w)。因此作物实际产量预报可用下式表示(一般随机产量预测时不考虑):

$$\hat{y} = y_t + y_n + y_w$$

我们称其为三项式预报模型,它比趋势产量与气候影响产量之和的两项式模型更符合实际情况,所以无论是气候影响产量估计还是综合产量预报的准确率都有明显提高。

2.2 特殊影响因子的诊断分析

作物产量序列中的特殊离散点对气候影响产量的估计和产量预测都有很大影响,如何解决特殊离散点的影响,我们采用了特殊影响因子诊断分析的方法。通过诊断分析找出影响的特殊因子,就能对特殊离散点进行适当处理,使其由特殊变成一般。如严重的天气、气候灾害可造成部分耕地绝收,这时计算的平均亩产也往往偏低,如不订正也可能产生特殊离散点,但是进行订正必须持慎重态度,一是确实有特殊因子的影响,二是订正后不能改变该年产量的波峰或波谷性质,三是订正后的气候影响值不能少于气候相似年的气候影响值。

2.3 最佳积分回归模式

首先分析正常气候条件对作物生长最适气候条件的动态供需分布,就是作物生长过程中各生育期时段所需的最适气候条件与所对应的各旬多年气候平均值的差值分布。例如沈阳市正常气温和降水对玉米生长最适气候条件的动态供需分布如表1。玉米生长的各生育期所需最适温度和降水是选自农业气象手册,正常气温和降水量是沈阳市1961—1990年5—9月各旬的平均值,表内数据是其差值。

表1 沈阳正常气候对玉米生长最适气候的动态供需分布

时序	5月	6月			7月			8月			9月
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	
气温/℃	4	3	2	0	-1	-1	-2	-2	0	2	5
降水/mm	14	10	12	6	-4	-19	-22	-20	-10	-6	13

从表1可知,5月至6月中旬和8月下旬至9月,正常气温都不能满足玉米生长的

最佳需要,这时气温偏高有利玉米生长而增产,气温对产量的影响应是正贡献;7月上旬

至8月上旬,气温的影响应是负贡献。降水是5至6月和9月,正常降水量都不能满足玉米生长的最佳需要,这时降水量偏多对玉米产量应是正贡献;而7至8月是负贡献。

其次在积分回归运算中,我们考虑到气候因子的影响有一定的滞后性,还对逐旬气候因子进行了2旬滚动平均处理,与原气候要素值分别进行积分回归运算,还采用2-3个不同信度的 F 值进行逐步回归筛选,可建立多个积分回归方程。最佳积分回归模式就是在众多能通过显著性检验的积分回归方程中,选取各气候要素的逐旬影响系数 $a(t)$ 分布曲线与正常气候值对作物生长最适气候动态供需分布的正负贡献最一致的积分回归方程。这样选取的最佳积分回归模式就有了明确的生物学意义,使气候影响动态评价有了科学依据,这也是我们所选的最佳积分回归模式与以往用回归方程准确率最高为最佳模式的本质区别。

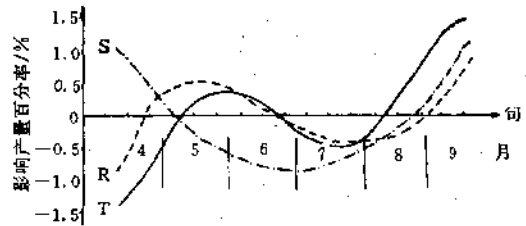
2.4 沈阳市动态统计气候影响评价模式

我们采用沈阳市1961—1990年的玉米、水稻、粮豆的平均亩产资料,在产量的特殊影响因子诊断分析基础上,用10点直线滑动平均的方法,求出历年气候影响的相对产量,然后根据作物生育期,运用4月中旬至9月中旬共16旬的气温、降水、日照值,采取最佳积分回归方法求得气温、降水、日照三要素逐旬

对玉米、水稻、粮豆的动态统计影响模式,再将气候要素距平值代入方程,可得沈阳动态统计气候影响评价模式:

$$y_w = \sum_{t=1}^{16} a_{T_t} \Delta T_t + \sum_{t=1}^{16} a_{R_t} \Delta R_t + \sum_{t=1}^{16} a_{S_t} \Delta S_t$$

式中 a_{T_t} 、 a_{R_t} 、 a_{S_t} 的影响系数如附图(水稻、粮豆略), ΔT_t 、 ΔR_t 、 ΔS_t 为历年4月中旬至9月中旬的气温、降水、日照的逐旬距平值。从附图可知,气温和降水逐旬影响玉米产量的正负贡献与表1基本一致。



附图 气温(实线)/℃、降水(虚线)10mm、日照(点划线)10h 对玉米产量的影响系数

3 动态统计气候影响评价模式可提供的服务产品

3.1 动态气候影响评价服务产品

气温、降水、日照逐旬变化对玉米、水稻、粮豆等主要作物产量形成的影响百分率。1993年沈阳市气候变化对玉米产量逐旬影响情况如表2。

表2 沈阳市1993年气候逐旬变化对玉米产量影响的百分率/%

时序	4月			5月			6月			7月			8月			9月			合计
	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	
气温影响	-2.74	1.43	0.21	0.40	0.71	-0.28	0.06	0.10	0	0.43	1.10	0.21	-0.24	-0.35	0.73	1.85	3.62		
降水影响	0.62	0.04	0.10	-0.88	-0.22	0.83	0.05	0.12	0.80	-0.60	0.65	-2.63	0.61	-0.08	-0.82	-0.42	-1.83		
日照影响	2.15	-0.81	-0.11	-0.21	-1.62	0.76	0.26	1.29	0.36	0.86	2.27	-0.67	0.04	0.29	1.37	-0.56	7.01		
旬 计	0.03	0.66	0.20	-0.69	-1.13	1.31	0.37	1.51	1.16	0.69	4.02	-1.75	0.41	-0.14	1.28	0.87	8.80		

运用逐旬各要素的影响值可以累加月、季或任一时段的影响情况而进行评价。由表2可知,沈阳市4、6、7、9月的气候变化对玉米产量是正贡献,5月少雨多日照,8月低温和上旬多雨是负贡献,全生育期是8.8%的正贡献,属气候丰产年。

3.2 及时的预测评价服务产品

将中期(旬、月)天气预报结果代入动态

统计评价模式,可预测未来旬(月)的气候变化对作物产量形成的影响情况。将气候变化的前期影响结果和未来影响预测加以分析评价,就能使气候影响评价及时连续的为农业生产进行跟踪服务。

3.3 区域性的气候影响评价实时业务

由于气候影响产量采用相对百分率,具有不同地域的可比性,如将全省各市(县)的

逐旬影响情况和预测情况汇总在图上,就可进行全省或区域性的气候影响评价分析服务,可使实时的气候影响评价服务工作业务化。

4 应用情况与验证

沈阳市的气候影响动态统计评价模式,1992年进行了回代验证,1993年进行了使用验证,均取得了较满意的结果。

4.1 1992年气候变化对粮豆的综合影响为 -1.5% ,属气候影响正常年,1993年对粮豆的影响为 2.4% ,属气候影响平丰年。动态统计的评价结果与非动态统计评价结果基本一致。走访农户普遍反映,1993年的气象条件比1992年好,庄稼长的比1992年强,表明动态统计评价模式是可用的。

4.2 1993年的实际应用验证中,计算的气候对玉米产量的影响为 8.8% ,对水稻产量的影响为 -1.6% ,对粮豆的综合影响为 2.4% ,评价结果为玉米是气候影响丰产年,水稻为气候影响平产年,粮豆为气候影响平丰年。1993年10月13日沈阳日报报导:今年粮豆总产310多万吨,仍是一个丰收年,其中玉米平均亩产近500公斤,创造了我市玉米单产历史最高记录。表明动态统计评价结果是正确的。

4.3 气候影响的动态统计评价模式,只是提供了气候变化对作物产量的影响值,它不能完全反映产量的波动情况,所以不是产量预

报。如前所述,我们的产量预报是三项式模型,它更符合生产实际。

5 结 语

5.1 运用最佳积分回归方法建立气候变化对作物产量影响的动态统计评价模式是可行的。动态统计评价模式可及时连续的为农业生产进行跟踪服务,使气候影响评价服务工作上升到一个新的台阶,可产生直接的社会经济效益。

5.2 在作物产量预报和气候影响评价中引进产量的三项式模型和特殊影响因子的诊断分析方法是必要的,可使预测和评价更符合实际。3年对比试验表明,三项式比以往两项式的产量预报准确率提高 4.5% 。

5.3 动态统计评价模式仍是一种统计模式,统计方法注重揭露气候变化与作物产量共变的统计事实,一般对因果关系注意不够,所以建立动态统计评价模式时,一定要注意 $a_T(t)$ 、 $a_R(t)$ 、 $a_L(t)$ 分布曲线的合理性,采用最佳模式应用于业务,并要在实践中逐步改进完善。

参考文献

- 1 杨永峻. 农业气象中的统计方法. 北京:气象出版社, 1983年.
- 2 顾节经等. 粮食产量的三项式模型及综合预报方法. 辽宁气象, 1994年3期.
- 3 信迺途等. 气候变化与作物产量. 北京:中国农业科技出版社, 1992年.

A Dynamic-Statistical Model for the Assessment of Effects of Climatic Change on Crop Yield

Gu Jiejing

(Climate Center of Liaoning Province, Shenyang, 110015)

Abstract

According to principles of integral regression, a dynamic statistical model is developed for the effects of climatic change on crop yield in the time scale of 10 days. The mode opens a new way for agricultural service of climatic influence assessment, because of its continuation and promptness. In order to make the model more suitable for practical use, the following methods are used during its establishment: three term crop yield forecast model, diagnostic analysis for special factors, and choice of best integral regression equation. And satisfactory results are achieved in model test.

Key Words: climatic change crop yield assessment model