

农业气象灾害损失评估方法及其在 产量预报中的应用*

宫德吉

陈素华

(内蒙古气候中心,呼和浩特 010051) (内蒙古农牧气象中心,呼和浩特 010051)

提 要

该文提出了以无气象灾害时农作物应当达到的期望产量为基础来评估农业气象灾害损失的问题.介绍了期望产量和因灾减产量的确定方法,依据因灾减产量与相应年份农作物不同生长期所发生的气象灾害的强度、覆盖度以及作物对灾害的敏感度等关系,建立起因灾减产量的结构型统计评估模式.

关键词: 期望产量 灾害覆盖度 敏感度 损失评估 产量预报

引 言

地处半干旱地区的内蒙古自治区的农业生产,几乎每年都会受到程度不同的旱、涝、风、霜、雹等气象灾害的影响,造成一定的损失.但如何准确评价农业气象灾害所造成的损失,至今没有一个客观定量的方法.这主要是因为农业气象灾害与最终造成的损失之间有一个过程,它受致灾程度、作物承灾能力及人们的救灾活动等因素的影响,关系比较复杂.本文介绍一种从考虑农业气象灾害的强度、灾害的覆盖度、受灾时作物对灾害的敏感度以及社会生产力水平等因素入手,建立简单实用的农业气象灾害损失的结构型统计评估模式.

1 农业气象灾害对作物产量的影响

气候、土壤、作物品种、农业技术措施等是农作物产量的重要影响因素.这些因素与作物产量之间存在着许多线性和非线性的相互作用^[1,2],要单独把气象对作物的影响分离出来,并非易事.国内外许多研究者在建立农业产量预报模型时,大都将影响农作物产量的因素按性质和时间尺度划分为农业技术措施、气象条件和随机“噪声”三大类.在略去通常影响不大的“噪声”之后,农业气象的产量预报就可简化成为:

$$\hat{Y} = \hat{Y}_t + \hat{Y}_w \quad (1)$$

式中 \hat{Y} 为农作物产量, \hat{Y}_t 为技术趋势产量, \hat{Y}_w 为气象产量.这里技术趋势产量(简称趋势产量),是作物在正常天气条件下,农技措施没有明显变化时的基本产量特征,代表着气象

* 1997-08-28 收到,1997-12-02 收到修改稿.

变化之外的所有自然和非自然因素对产量的影响. 而气象产量代表气象因素对产量的影响, 也包括了某些气象灾害的影响. 由于现行的趋势产量模拟方法都是直接对原产量序列进行模拟^[3], 在趋势产量的模拟中所滤掉的只是高频气象年际变化对产量影响的部分, 而低频气象变化的影响仍保留下来, 其中也包含着某些气象灾害的影响. 一个地区连续数年出现某些气象灾害的现象是很多的. 在内蒙古仅旱灾一项, 连续 3 年发生的机率就相当高, 最长曾连续 7 年出现旱灾. 如果再加上其它气象灾害, 那么一个地区连续 10 余年都有灾并不罕见. 所以气象灾害对农作物产量的影响, 既包含在气象产量部分里, 又包含在趋势产量里. 即在现行的农作物产量预报方法中, 并没有单独考虑气象灾害的影响, 自然也就不能用它来评估气象灾害的损失情况. 要评估农业气象灾害对作物产量造成的损失, 必须建立新的方法、新的概念, 彻底将气象灾害对农作物产量的影响与其他因素对产量的影响分离开. 从理论上讲, 只要能确定出在没有气象灾害的条件下, 由影响农作物生长的其它因素所决定的农作物产量是多少, 再从这种无灾气象条件下应具有产量中减去实际产量, 便得到了气象灾害的损失量.

就农业生产的总体来说, 由于长期的自然选择过程和各种调适过程, 各地都形成了一套与当地自然环境相适应的生态系统. 在这个系统里, 农作物的产量主要决定于社会生产力水平和气象灾害情况. 当然有时也会受到某些随机“噪声”(如病虫害等)的影响. 但“噪声”因素往往是可以控制的, 为了求解, 假定可以忽略不计. 于是:

$$Y_D = Y_h - Y \quad (2)$$

式中 Y_D 为农业气象灾害减产量, Y_h 为期望产量, Y 为农作物实际产量.

所谓期望产量是指在作物生长的各阶段气候均正常, 无旱涝、冷害、冰雹、大风和霜冻等气象灾害发生, 特别是在作物关键生育期气象条件在适宜范围内时的作物产量.

2 期望产量的确定

通过无灾年的产量变化来考察它所反映的社会生产力的变化情况. 事实上, 理想的气象条件并不多见. 通常只能找出为数不多的基本无灾年. 如果将基本无灾年的产量作为相应年份的“期望产量”, 使之成为反映基本无灾情况下产量状态的基准点, 于是便得到了无灾条件下产量的参照基础.

设某地区先后出现的 x_1, x_2, \dots, x_n 是基本无灾年, 对应的农作物产量 Y_1, Y_2, \dots, Y_n 可以被看作是相应年份的期望产量. 以此为基准点, 用拉格朗日插值方法可以得到其它年份的期望产量. 其中, 第 i 年的期望产量 $Y_h(x)$ 可以表示为:

$$Y_h(x) = \sum_{i=1}^n Y_i \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x - x_j}{x_i - x_j} \quad (3)$$

式(3)中 \prod 的含义是累乘, $\prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n$ 表示乘积遍取 j 从 1 到 n 的全部数值, 但要除去 $j=i$.

例如 1951~1990 年的 40 年中, 内蒙古自治区仅 1956、1976 和 1990 年是基本无灾年, 这 3 年对应的粮食单产量分别是 931.7、1244 和 2528 kg, 它们被看作是相应年份的

期望产量. 以时间序列为自变量, 以 3 个无灾年的实际产量为基点, 利用式(3)可求出其它年份(如 1980 年和 1991 年)的期望产量.

这时 $x_1 = 1956$, $x_2 = 1976$, $x_3 = 1990$

$Y_1 = 931.7$, $Y_2 = 1244$, $Y_3 = 2528$

于是第 x 年的期望产量为:

$$Y_A(x) = \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} \cdot Y_1 + \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)} \cdot Y_2 + \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)} \cdot Y_3$$

将相应的值及 x 代表的年序代入上式, 就可以得到有关年份的期望产量. 如 1980 年的期望产量为 1521 kg, 1991 年的期望产量为 2653 kg.

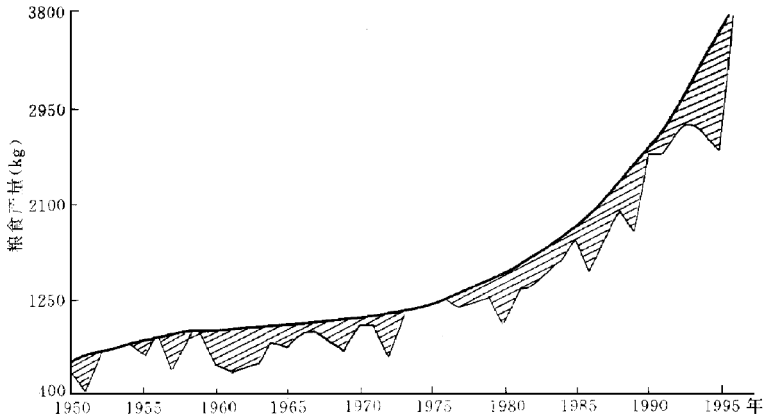


图 1 内蒙古 1950~1996 年粮食的期望产量(粗线)、
因灾减产量(阴影)和实际产量(细线)

图 1 表示内蒙古 1950~1996 年粮食的期望产量和因灾减产量. 它表明内蒙古自治区近 50 年中社会生产力的变化状况, 1956 年之前提高较快, 其后直到文化大革命结束为止, 提高缓慢; 此后特别是 80 年代以后, 社会生产力出现了迅速提高的态势. 总的看来, 近 50 年来内蒙古自治区生产力水平呈连续的上升状态. 这些都是与实际情况相符的. 可以看到, 虽然只能找到少数的基本无灾年, 但是由此构造出的期望产量对社会生产力变化的描述却是相当准确而合理的.

3 农业气象灾害损失评估模型

3.1 农业气象灾害的主要成灾因素

(1) 灾害强度

灾害影响范围的大小与灾害的强烈程度(简称灾害强度)有关. 当地气候条件下适种作物, 气象灾害的强度反映了气候异常的程度, 通常它跟相应气象要素的距平值的大小有

密切关系.

(2) 受灾敏感度

不同的农作物对同样的气象灾害的反应是不同的. 而且, 同样的气象灾害发生在作物的不同生育期, 对产量的影响也是不同的. 例如, 作物孕穗灌浆期的干旱远远大于作物小苗期的干旱对产量的影响. 通常, 作物在生殖生育期受灾敏感度最大, 而苗期和成熟期受灾敏感度较小. 不同生育期受灾敏感度的大小, 可根据该生育期的灾害对产量影响的大小来确定. 一般来说, 仅仅在某个生长阶段受到某种气象灾害的影响, 其减产量多数不大于总产量的 4 成到 5 成. 我们可用不同生育阶段受灾对产量的最大影响程度来代表该生育期的受灾敏感度.

(3) 灾害覆盖度

气象灾害影响的大小, 除与其强度有关外, 还与它自身的尺度, 即对一个地区的覆盖程度有关, 覆盖面积越大, 影响就越大. 我们以灾害的覆盖度来描写不同气象灾害的影响在区域面积中所占的百分比.

3.2 灾害损失评估模型

(1) 单站模型

先考察单个气象测站代表的地域的灾害损失评估问题. 其模型为:

$$D = f(K, C, H) \quad (4)$$

式中 D 为减产量, K 为受灾敏感度, C 为灾害的覆盖度, H 为气象灾害的强度.

在建立模式之前, 因各种灾害强度的量纲不同, 因此首先需要对各种灾害序列分别进行标准化处理. 即先对原灾害序列作如下变换:

$$H = \frac{h - \bar{h}}{S_h} \quad (5)$$

式中 H 为标准化后的灾害强度变量, h 为原变量, \bar{h} 为原变量的平均值, S_h 为原变量的标准差.

第二步是将作物在同一生育期的不同气象灾害的强度与覆盖度分别相乘, 然后相加, 使之成为该生育期的综合气象灾害. 即:

$$x = \sum_{j=1}^n C_j H_j \quad (6)$$

式中 x 代表作物在一个生育期内的综合气象灾害; C_j 、 H_j 分别代表该生育期第 j 种气象灾害的覆盖度和强度.

第三步, 对作物不同生育期的综合气象灾害分别给予不同的权重, 并且相加, 合成为年综合气象灾害. 再将它与历年的因灾减产量进行相关普查, 用协调权重系数的办法来确定不同生育期的受灾敏感度. 内蒙古地区无霜期短, 一年只能生长一季作物. 如果将本区作物主要生长期 4~9 月划分为 4 个生育阶段, 则 4 月下旬~5 月下旬为大田作物的春播期或春苗期, 6 月上旬~7 月上旬为大田作物的营养生育期, 7 月中旬~8 月中旬为生殖生育期, 8 月下旬~9 月下旬为成熟期. 它们分别对应着内蒙古的春、初夏、盛夏和秋 4 个自然生长季. 设作物在 4 个生长季中的受灾敏感度分别为 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 .

$$a_1, a_2, a_3, a_4 > 0$$

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$$

并令

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 \quad (7)$$

式中 Y 是鉴定对象, x_1, x_2, x_3, x_4 分别代表春、初夏、盛夏、秋 4 个生长季的综合气象灾害。分别对

$$a_1 = 0.1; a_2 = 0.1, 0.2, \dots, 0.7; a_3 = 0.1, 0.2, \dots, 0.7; a_4 = 0.7, 0.6, \dots, 0.1;$$

$$a_1 = 0.2; a_2 = 0.1, 0.2, \dots, 0.6; a_3 = 0.1, 0.2, \dots, 0.6; a_4 = 0.6, 0.5, \dots, 0.1;$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$a_1 = 0.7; a_2 = 0.1; a_3 = 0.1; a_4 = 0.1$$

所组成的 Y 的各种组合与减产量进行相关普查, 以相关系数绝对值最大, 并且稳定时的组合为最终鉴定结果, 从而确定出作物不同生长季灾害的影响权重。这时式(7)所给出的序列, 便是反映了年内各种灾害影响的综合序列。

此例只是一个精确到十分位的灾害敏感度系数的求法。同理, 也可用此法求得精确到百分位(甚至千分位)的灾害敏感度系数。

最终得到一个能反映受灾敏感度、地域覆盖度以及灾害强度的综合序列:

$$X = \sum_{i=1}^4 K_i \sum_{j=1}^m C_{ij} H_{ij} \quad (8)$$

式中 X 是年综合气象灾害变量, K 是不同阶段的受灾敏感度, C 是灾害覆盖度, H 为灾害强度。这个综合序列与减产量序列之间的直线回归方程 $D=f(x)$ 就是所要建立的灾害损失评估模式。

(2) 区域模型

将单站的灾害损失评估逐点相加, 便可以得到区域的灾害损失评估。然而, 内蒙古全区有 100 多个台站, 逐一做起来太麻烦。只需根据各地天气气候的异同, 将全区分成有限几片(通常以盟为片), 并普查出每一片历年在作物同一生育阶段所受到的各种气象灾害的不同强度和相应的覆盖度, 以及不同生育阶段的受灾敏感度。最后将各片的灾害损失评估结果相加便成为全区模型。与单站灾害损失评估不同的是区域评估要考虑每片的面积。因此区域模型可表示为:

$$D = f(S, K, C, H) \quad (9)$$

其中 S 代表面积。

而区域综合变量为:

$$X = \sum_{j=1}^n (S_j/S) \sum_{i=1}^4 K_i \sum_{k=1}^m C_{ijk} H_{ijk} \quad (10)$$

式中 S_j/S 为第 j 片的面积系数, 其余符号与单站模型一致。于是, 与前面的建模形式一样, 可建立起区域评估模式。

4 损失评估在产量预报中的应用

从评估气象灾害对农业造成的损失入手, 根据灾害的强度、影响范围或覆盖度以及作物的受灾敏感度等, 建立了灾害损失评估模式, 同时提出了以基本无灾年的产量为基准点

确定期望产量的方法,而期望产量与因灾减产之差,便是对实际产量的估计值。例如,1996年春季在内蒙古西部部分地区出现了一定旱情,夏季在哲盟等地出现了轻旱,还有个别地点遭受了雹灾。因春苗期作物的敏感度较小,所以本区西部的春旱未造成什么影响。虽然夏季作物的受灾敏感度达到0.5,但因哲盟的水浇地比例高,对旱灾强度进行15%的人工补水订正后,已属无灾级。灾损评估模式的计算表明,1996年内蒙古的因灾减产仅为期望产量的2%,已在预报误差之内,为基本无灾年。而以1956、1976和1990年3个基本无灾年为基准点,算得1996年内蒙古全区的期望产量为148亿kg;若将受灾较少的1985年稍作订正也作为一个基准点,则算得1996年期望产量为158亿kg。在此之前内蒙古的最高粮食产量是1993年的123亿kg,而1994~1995年,因灾产量下降,1995年内蒙古粮食总产仅105亿kg。用灾害损失评估方法所报出的1996年内蒙古粮食总产量即使按预报下限148亿kg再向下进行10%的最大预报误差订正,也应在132亿kg以上,仍比传统产量预报方法的预报值高5%。于是在9月中旬我们向有关领导报告内蒙古当年粮食产量为132亿kg以上,有可能达到150亿kg以上,属空前特大丰收。10月份内蒙古农业厅公布的产量为130亿kg,11月初内蒙古统计局正式公布的全区粮食总产量为153.53亿kg,与我们在8月底作出的产量预报完全一致。由此证明了灾害损失评估方法,可以预报出无灾时粮食产量的极值。

参 考 文 献

- 1 刘树泽,张岩铭,蓝鸿第.作物产量预报方法.北京:气象出版社,1997.11~30.
- 2 冯秀藻,陶炳炎.农业气象学原理.北京:气象出版社,1991.56~279.
- 3 王馥棠,李郁竹,王石立.农业产量气象模拟与模型引论.北京:科学出版社,1990.50~58.

A LOSS ESTIMATION METHOD FOR AGROMETEOROLOGICAL DISASTERS AND ITS APPLICATION IN YIELD PREDICTION

Gong Deji

(Inner Mongolia Climatic Center, Hohhot 010051)

Chen Suhua

(Inner Mongolia Agrometeorological Center, Hohhot 010051)

Abstract

Based on the expected yield without meteorological damages, a loss estimation method for agrometeorological disasters was introduced. The determinations of expected yield and its reduction by disasters were also discussed. By analysing the relationship between the yield reduction and several factors including intensity of disasters, influenced area and crop sensitivity to disasters, a constructure-based statistical model to estimate the yield reduction by damages was established.

Key words: Expected yield Disaster influenced area Sensitivity Loss estimation
Yield prediction