

干旱对内蒙古粮食产量的影响 及其评估方法的建立

陈素华

(内蒙古气象科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:介绍了无干旱时“期望产量”的确定方法,并据此可以求出历年干旱对内蒙古粮食产量的损失量值,依据农作物不同生长期所发生的干旱的强度、范围以及作物对干旱的敏感度等关系,建立了干旱损失量的统计评估模式。并在2000~2003年赤峰市粮食产量评估中进行应用,效果较好。

关键词:期望产量;粮食产量;干旱

中图分类号:S165.27;S114

文献标识码:A

文章编号:1000-7091(2004)S1-0081-04

干旱是内蒙古发生最为频繁的气象灾害,其特点是出现频率高、持续时间长、影响范围广,对农业生产造成极大的影响,严重的干旱少雨之年常使农业大幅度减产,甚至绝收。据统计,自1951年以来,干旱出现的规律大体上是十年九旱,三年一大旱。如何准确评价干旱对内蒙古粮食产量所造成的损失,至今没有一个客观定量的方法,这主要是因为干旱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干旱的强度、范围、作物不同发育期对旱灾的敏感度以及社会生产力水平等因素入手,建立简单实用的干旱对内蒙古粮食产量损失的结构型统计评估模式。

1 材料和方法

该文所用有关气象方面的材料全部来源于内蒙古气象观测站;粮食产量来源于内蒙古农村牧区调查队。所用方法为数理统计法。

2 结果和分析

2.1 干旱对内蒙古粮食产量的影响

农业生产是在自然条件下进行的物质生产过程,直接受气象、土壤、作物品种、农业技术措施等因素影响。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粮食产量预报模型时,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”

收稿日期:2004-12-30

基金项目:内蒙古科学技术厅科研项目

作者简介:陈素华(1964-),女,内蒙古赤峰人,高级工程师,在读硕士,主要从事农业气象研究工作。

三大类,在略去影响不大的“噪声”之后,农业气象的粮食产量预报就可简化成为:

$$Y = Y_t + Y_w \quad (1)$$

式中 Y 为农作物实际产量, Y_t 为趋势产量,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,代表着气象变化之外的所有自然和非自然因素对产量的影响,其变化缓慢并且有一定规律,可以认为是粮食产量稳定增长的因素。 Y_w 为气象产量,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,在粮食产量年际变化中起着重要的作用。

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,其中也包含着干旱的影响。内蒙古地区干旱连续3年发生的几率就相当高,最长曾连续7年出现干旱,所以干旱对粮食产量的影响,既包含在气象产量部分里,又包含在趋势产量里,即在现行的粮食产量预报方法中,并没有单独考虑干旱的影响,自然也就不能用它来评估干旱的损失情况。要评估干旱对粮食产量造成的损失,必须建立新的方法、新的概念,彻底将干旱对粮食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干旱的条件下,由影响农作物生长的其他因素所决定的粮食产量是多少,再从这种无干旱气象条件下应具有产量中减去实际产量,便得到了由干旱所造成的粮食损失量(以下简称为干旱损失量)。

就内蒙古农业生产的总体来说,由于长期的自然选择结果,各地都形成了一套与当地自然环境相适应的农业生态系统。在这个系统里,粮食产量主要决定于社会生产力水平和干旱情况,当然有时也会受到雨涝、冰雹、霜冻等气象灾害及某些随机“噪声”(如病虫害)的影响,但雨涝、冰雹灾害仅仅对局部地区农业生产造成影响,相对干旱的影响这些气象灾害对农业生产所造成的损失微不足道;霜冻一旦发生,对农业生产影响较大,但是随着气候变暖,发生几率越来越小,自20世纪90年代以来,仅仅在1997年,赤峰市出现过一次有影响的初霜冻,在干旱评估中可将这样的年份剔除。而“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:

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

式中 $Y_D(x)$ 为干旱损失量, $Y_h(x)$ 为期望产量, $Y(x)$ 为农作物实际产量, x 为具体年份。

所谓期望产量是指在作物生长的每一个阶段雨水充沛,完全可以满足各种作物的需要,特别是在作物关键生育期降水在适宜范围内所形成的作物产量。

2.2 期望产量的确定

通过无干旱年份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,对于内蒙古这样的干旱和半干旱地区来讲,完全没有干旱的年份并不多见,通常只能找出为数不多的基本无干旱年,如果将基本无干旱年的产量作为相应年份的“期望产量”,使之成为反映基本无干旱情况下产量状态的基准点,于是便得到了无干旱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 是基本无干旱年,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他年份的期望产量 $Y_h(X)$,

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

按内蒙古地区干旱评估标准^[4]统计,在 1951~2003 年的 53 年中,内蒙古自治区仅 1958、1976、1985、1990 和 1996 年是基本无旱年,这 5 年对应的粮食产量被看作是相应年份的期望产量,以时间序列为自变量,以这几个无灾年的实际产量为基点,利用式(3)可求出其他年份的期望产量。

2.3 干旱损失量的计算

求出历年的期望产量后,利用 $Y_D(x) = Y_n(x) - Y(x)$ 可计算出历年干旱造成的损失量。

对于单个气象观测站代表的某一地域的干旱损失量评估,可直接利用上述模型进行计算;将单点损失评估结果相加,便可得到内蒙古自治区干旱损失评估。然而,内蒙古全区有 100 多个气象台站,不可能逐一计算,可根据各地气候的异同,按盟(市)分片,并选择代表站进行评估。

2.4 干旱损失量评估模型的建立

在 1996 年以前由于热量条件有限,内蒙古粮食作物生长季热量条件对其产量形成关系比较密切,而随着气候增暖,生长季热量条件大幅度增加,热量条件完全可以满足各种作物生长发育所需。而水分条件对作物产量形成的限制作用却越来越突出,即使在同样的降水条件下,其受旱程度和产量损失都明显高于 1998 年以前。为此,我们对作物生长季 4~9 月蒸发量与 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温进行对比分析发现, $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温越高,蒸发量越大,土壤含水量越低。而且随着热量条件的增多,作物蒸腾系数也随之增大,双方面共同作用,势必导致土壤干旱化加剧,作物缺水日益严重。为此,用蒸发量距平(用 ΔM 表示)和降水量亏缺比(用 ΔR 表示)之积(用 dy 表示)与减产量进行相关普查,这时式(4)便是反映了年内干旱造成粮食产量损失量的综合评估模式。 $Y_D(x) = b \times dy$ (4)

其中: $\Delta R = (\text{无旱年平均降水量} - \text{当年降水量}) / \text{无旱年平均降水量}$;

式中: b 为系数,在不同的地区其值不同。

内蒙古地区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 月下旬至 5 月下旬为大田作物的春播期或出苗期,6 月上旬至 7 月上旬为大田作物的营养生育期,7 月中旬至 8 月中旬为生殖生育期,8 月下旬至 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,设作物在这 4 个生长季中的受灾敏感度分别为 a_1, a_2, a_3, a_4 。且 $a_1, a_2, a_3, a_4 > 0$ $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$

令 $dy = a_1 \times dy_1 + a_2 \times dy_2 + a_3 \times dy_3 + a_4 \times dy_4$

式中 dy 是鉴定对象, dy_1, dy_2, dy_3, dy_4 分别代表 4 个生长季的旱情(蒸发量距平与降水量亏缺比之积),分别对满足上述条件的 a_1, a_2, a_3, a_4 进行各种组合所组成的 dy 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 4 个生长季干旱的影响权重分别为: 0.2, 0.3, 0.4 和 0.1。于是 dy 的计算公式为: $dy = 0.2 \times \Delta M_1 \times \Delta R_1 + 0.3 \times \Delta M_2 \times \Delta R_2 + 0.4 \times \Delta M_3 \times \Delta R_3 + 0.1 \times \Delta M_4 \times \Delta R_4$

设: 当 $\Delta R_i (i=1, 2, 3, 4)$ 全部 ≥ 0 时, 则 $dy = 0$, 说明基本没有干旱。

3 干旱损失量在粮食产量评估中的应用

从评估干旱对内蒙古粮食产量所造成的损失入手,根据干旱的强度、影响范围以及作物的受灾敏感度等,建立了干旱损失量评估模式,同时提出了以基本无干旱年的产量为基准点确定期望产量的方法。而期望产量与干旱损失量之差,便是对实际产量的估计值。以内蒙古东部地区的赤峰市为例,该地区粮食播种面积超过 70 万 hm^2 ,90%以上为旱作农业区,受降水量变化的影响,粮食产量年际间波动幅度达 20%~40%,个别年份高达 50%以上,为此评估干旱对粮食所造成的损失量意义重大。利用 1961~2003 年的 40 多年降水资料,寻找出作物生长季基本无干旱的年份为 1970、1985 和 1998 年,这 3 年对应的粮食单位产量分别为 $1287\text{kg}/\text{hm}^2$, $1995\text{kg}/\text{hm}^2$, $3637\text{kg}/\text{hm}^2$,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 个无旱年的实际产量为基点,利用(3)式可求出其他年份的期望产量。例如 2001~2004 年赤峰市连续 4 年干旱,其期望产量计算过程为: $x_1=1970$, $x_2=1985$, $x_3=1998$ $Y_1=1287$, $Y_2=1995$, $Y_3=3637$

于是第 x 年的期望产量为: $Y_h(x)=\frac{(x-x_2)(x-x_3)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)}Y_1+\frac{(x-x_1)(x-x_3)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)}Y_2+\frac{(X-X_1)(X-X_2)}{(X_3-X_1)(X_3-X_2)}Y_3$

将相应的值及 x 代表的年序代入上式,可得到 2001~2004 年的期望产量。

选择赤峰市的喀喇沁旗、松山区、翁牛特旗和林西县 4 个气象观测站的平均资料作为代表,用损失量评估模型(4),可得到干旱损失量方程为: $Y_n(x)=1.385 \times dy$ 。代入相应年份的 dy 资料,计算结果见表 1。

表 1 赤峰市 2001~2004 年期望产量和干旱损失量评估结果

年份	2000	2001	2002	2003
期望产量(kg/hm^2)	3792	3851	3917	3991
干旱损失量(kg/hm^2)	2054	1058	542	363
评估产量(kg/hm^2)	1838	2793	3375	3628
实际产量(kg/hm^2)	1982	2742	3453	3454
评估误差(%)	-8.2	1.9	-2.3	5.0

从表 1 可以看出,利用上述模型对 2001~2004 年进行评估,4 年中有 3 年误差小于或等于 5%,仅 2000 年误差百分率达到-8.2%。由此,证明了运用干旱损失评估方法,可以评估出干旱对粮食产量的损失量,从而评估出内蒙古的实际粮食产量。

参考文献:

- [1] 刘树洋,张岩铭,蓝鸿第.作物产量预报方法[M].北京:气象出版社,1997.11-30.
- [2] 龚绍先.粮食作物与气象[M].北京:北京农业大学出版社,1988.1-15.
- [3] 王馥棠,李郁竹,王石立.农业产量气象模拟与模型引论[M].北京:科学出版社,1990.50-58.
- [4] 吴宏宾.内蒙古自治区主要气象灾害分析[M].北京:气象出版社,1990.18-64.

Effect On The Grain Yield For The Drought And Establish The Model In Inner Mongolia

CHEN Su-hua

(Inner Mongolia Meteorological Sciences Research Institute, Huhhot 010051, China)

Abstract:Based on the expected yield without drought,a loss estimation method of grain yield for drought was introduced. By analyzing the relationship between the yield reduction and several factors including arid intensity,influenced area, and crop sensitivity to drought,a constructure-based statistical model to estimate the yield reduction by drought was established. Using this model in ChiFeng region in 2000-2003,the result was very exact.

Key words: Expected yield;Grain yield;Drought