

作物旱灾的概率规律及其成果应用初探

朱景武, 于海荣

(吉林省水利科学研究所, 吉林 长春 130022)

摘要:提出以受旱作物欠收幅度表示的旱灾的计算方法、概率分布规律,并用该方法对吉林省西部干旱地区进行旱灾测算、干旱经济分区及灌溉定额设计,给出了灌溉效益分析公式。

关键词:旱灾;欠收幅度;概率规律;干旱经济分区

中图分类号:S11+3

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)02-0043-03

1 作物受旱欠收幅度计算

旱灾是由于长期没有降水或降水很少而又缺乏灌溉,影响作物正常生长或使作物枯死,造成大量减产的灾害。这说明干旱主要是针对缺乏灌溉条件的农业而言的,同时指出对旱灾损失也就是干旱程度应以减产(欠收,以下同)情况表示才能明确区分轻重。在这一点上,对受旱灾地区的直接统计资料进行分析是无法做到的,因为此前,在这些地区往往没有灌溉,根本无法知道与灾年同等气候条件下不受缺水影响的作物产量是多少,所进行的对比几乎都是以历史上丰收年景的产量作参照,即使全部的农业生产条件(包括农艺技术、耕作措施、肥力因素等)完全一样,仅是年际间的气候差异一项就将带来无法让人等同看待的结果,更何况干旱之年的光热条件又要相对优越一些,年际之间没有可比性,资料就无法纳入同一系列进行干旱情况分析。因此,想对干旱程度进行区域上或系列方面的分析研究,所需要的作物受旱欠收幅度资料只能通过科学的计算方法计算分析获得。

1979年,联合国粮农组织提出如下的关系式^[1]:

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (1)$$

式中: Y_a , Y_m 分别为作物实际和最高收获产量; ET_a , ET_m 分别为作物实际和最高(正常)蒸散量; K_y 为作物的产量反映系数。

对于受旱作物而言,式(1)左侧表示相对欠收量,式(1)右侧括号中表示蒸散相对不足量。当以 β 表示作物受旱欠收幅度时,则有:

$$\beta = 100K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (2)$$

式中: K_y 为试验常数,吉林省的玉米取 $K_y = 1.25$ 。 ET_a 主要取决于当地的有效降雨量、土壤水利用量及地下水补给量,根据当地实际情况分析确定^[2]。 ET_m 可利用气象资料,按联合国粮农组织推荐的彭曼法^[3]求得。

如此便确定了受旱作物欠收幅度的计算方法,即缺水法^[4]。

现将吉林省各地多年实测的作物受旱欠收幅度试验值,与采用各地对应年有关气象等资料以缺水法计算数值进行比较,结果见表1。

表1 缺水法计算精度检验 %

代表站	作物	欠收幅度		计算误差	
		实测值	计算值	绝对值	相对值
白城所	玉米	60.7	61.0	0.3	0.5
白城所	小麦	74.1	72.5	-1.6	-2.2
同建乡	小麦	69.7	68.8	-0.9	-1.3
毛都站	小麦	70.2	63.6	-6.6	-9.4
梨树站	玉米	25.4	25.0	-0.4	-1.5
梨树站	小麦	47.7	51.8	4.1	8.6
余字乡	玉米	49.7	52.0	2.3	4.6
大布苏	小麦	50.8	52.2	1.4	3.8
农科院	小麦	43.6	46.1	-2.5	-5.7

表1中九个站点的比较结果表明,用缺水法计算的作物受旱欠收幅度值与试验实测值很接近,其中的绝对误差与相对误差均不超过9.4%。全等对照分析还表明,对应值点都比较均匀地分布在45°全等线的两侧,说明缺水法计算结果可靠,无系统偏差。

2 作物受旱欠收幅度的概率分布规律

所谓作物受旱欠收幅度的概率,是指受旱作物

某一欠收幅度值在这一地区发生的概率,或者说是使某一作物受旱造成的欠收幅度达到某一程度时的干旱发生概率.依照式(2)对某地有土壤含水量、地下水利用量等资料的年份,逐年计算玉米受旱欠收幅度值,并从概率的基本概念出发,以 $F(X < \beta)$ 表示,则可将 $F(\beta)$ 用直线表示.从理论上分析也不难得出,作物受旱的欠收幅度最小值只能以零为下限(即不干旱的情况),最大值不会超过绝收情况下的100%.所以,当将某地某作物受旱欠收幅度的最小值以 a 表示,最大值以 b 表示时,依直线关系,变量 β (欠收幅度)的概率分布函数^[5]可表示为

$$F(\beta) = \frac{\beta - a}{b - a} \quad a \leq \beta \leq b \quad (3)$$

对上式求导得连续分布函数的概率密度为

$$f(\beta) = \frac{1}{b - a} \quad a \leq \beta \leq b \quad (4)$$

式(3)和式(4)说明,连续随机变量 β 出现在区间 $[a, b]$ 之内,其过程结果的概率和区间的长度 $(b - a)$ 成反比.这个过程恰好为区间 $[a, b]$ 以内的均匀分布.

由此,可将作物受旱欠收幅度的频率表示为

$$P(\beta) = 1 - F(\beta) \quad (5)$$

考虑有些地区并非年年都发生干旱,设干旱发生率即发生干旱(作物有因旱欠收情况)的年数占统计年数的百分数为 K ,根据概率的乘法定理有

$$P(\beta) = (1 - F(\beta))K \quad (6)$$

$$P(\beta) = \frac{b - \beta}{b - a} K \quad (7)$$

若引入重现期 i ,则某受旱作物典型年的欠收幅度 β_i 应表示为

$$\beta_i = b - \frac{b - a}{iK} \quad (8)$$

3 受旱作物欠收幅度特征值计算分析

3.1 受旱作物最大欠收幅度值

分析吉林省几个代表站的玉米最大受旱欠收幅度值,与对应站作物生育期的多年平均参照作物腾发量 ET_0 及降雨量 P_a 的关系,可将吉林省玉米最大受旱欠收幅度表示为

$$b = 3.33 + 93.63 \ln \frac{ET_0}{P_a} \quad (9)$$

其相关系数 $R = 0.981$,测验值 $F = 77.5$,均达到了极显著的程度.

3.2 受旱作物缺水水量

分析式(1)可知,受旱作物缺水水量 ΔE 的表达式为

$$\Delta E = ET_m - ET_a \quad (10)$$

将各代表站逐年的作物缺水水量 ΔE 与对应年作

物的欠收幅度 β 建立关系.

$$\Delta E = 3.167\beta^{1.09} \quad (11)$$

当以式(11)表示时,相关系数 $R = 0.996$,检验值 $F = 7480.0$,相关关系密切.

3.3 受旱作物最小欠收幅度及多年平均欠收幅度

根据均匀分布的基本特征,受旱作物的多年平均欠收幅度可表示为

$$\bar{\beta} = (b - a)K/2 \quad (12)$$

当干旱发生率 $K = 1$ 时, $a \geq 0$.由式(12)可推得某地受旱作物的最小欠收幅度为

$$a = 2\bar{\beta}_0 - b \quad (13)$$

其中, $\bar{\beta}_0$ 值可首先根据当地多年平均气候等资料推得参考结果^[4].

干旱发生率 $K < 1$ 时,取 $a = 0$.这种情况下,在该地区这种作物的多年平均受旱欠收幅度应取为

$$\bar{\beta} = bK/2 \quad (14)$$

4 成果应用与分析

4.1 旱区农作物旱灾情况测算

地点取吉林省中西部,包括白城、松原、四平、长春、吉林、辽源等6个市,作物以玉米为例,资料采用10~36a不等,主要是考虑了有土壤水分的年份.

经初步计算、分析,吉林省西部的白城、松原两市和长春市的农安、四平市的双辽两县等地区,干旱发生率 $K = 1$;其它地区的干旱发生率 $K = 0.58$.

4.2 干旱经济分区

4.2.1 干旱经济分区标准

干旱经济分区标准为:①视作物受旱欠收幅度达80%以上时为绝收;②以受旱作物最小欠收幅度 $a = 0$ 且干旱发生率 $K = 1$ 定旱情;③以作物多年平均受旱欠收幅度为10%,来划分是否干旱.

将受旱作物最大欠收幅度 b 值填绘于地图上,可内插得 $b = 80\%$ 的等值线,即吉林省玉米旱灾定性线,这里称之为干旱绝收线;将受旱作物最小欠收幅度 a 值填于地图上,可描绘出 $a = 0$ 且 $K = 1$ 的等值线,吉林省玉米遭受旱灾的轻重至此分明,这里称之为旱情线;同理可勾绘出作物多年平均受旱欠收幅度为10%的等值线,吉林省玉米等作物干旱与否由此划界,这里称为干旱分界线.

4.2.2 干旱经济分区原则与评价

以受旱作物的相对欠收幅度作为划区的经济参数.

称 $\bar{\beta} \leq 10\%$ (对于吉林省即干旱分界线以东)的区域为相对不旱区,或叫雨养农业区.在该区内的旱田以旱作为主,不宜常备抗旱灌溉设备.称 $\bar{\beta} > 10\%$ (对于吉林省即干旱分界线以西)的区域为干旱区.

其中:①干旱分界线至旱情线之间,为易旱区。在易旱区内,作物易遭受干旱袭击,作物受旱欠收幅度的多年平均值一般小于30%,而且并非年年发生旱灾。所以,处在这一范围内的地区应以发展抗旱灌溉农业为主,有条件的地方可集中在乡镇水管站常备适量的抗旱灌溉设备以便抗旱应急。②干旱发生率 $K=1$ (或 $\alpha \geq 0$)的区域为常旱区。常旱区内的作物年年都将遇到干旱的影响,只是灾害的轻重有别,不过成灾减产不会低于最小欠收幅度 α 。在常旱区中,绝收线与旱情线之间(也即 $b < 80\% \sim \alpha = 0$ 且 $K = 1$)的区域范围称作轻灾区。轻灾区内的作物在遭遇最大干旱时,一般不会绝收,但多年平均受旱欠收幅度要在30%~50%之间,所以在该区域内应考虑发展灌溉农业;而位于绝收线以西(即 $b > 80\%$)的区域,为重灾区。在重灾区内的作物,干旱可能带来绝收的重大损失,多年平均因旱造成的欠收幅度要在50%以上,在该区内的高产、优质、高效农业,必须建立在灌溉的基础之上。

干旱经济分区标准及分区结果详见表2。

表2 吉林省西部玉米干旱分区标准

参 数	易旱区	常旱区	
		轻灾区	重灾区
最小欠收值	$\alpha < 0$	$\alpha \leq 0$	$\alpha > 0$
最大欠收值	$b < 65\%$	$65\% \leq b < 80\%$	$b \geq 80\%$
平均欠收值	$\bar{\beta} < 30\%$	$30\% \leq \bar{\beta} < 50\%$	$\bar{\beta} \geq 50\%$
干旱发生率	$K < 1$	$K = 1$	$K = 1$
区域范围	包括榆树、德惠、九台、长春、公主岭、梨树、四平等市的东南部分	包括扶余、农安、前郭与长岭县东南部、双辽县东的大部分及公主岭和梨树两市的西北部	包括白城市全部、乾安、前郭和长岭县的西北部分及双辽县以西少部分

4.2.3 吉林省干旱经济分区结果

长春市除农安县、四平市除双辽县及公主岭和梨树两市的西部以外,其它市区均处在易旱区之内。长春市的农安、四平市的的双辽西部及松原和白城等地均处在常旱区内。其中农安、双辽东部、公主岭和梨树两市、松原市从松原至长岭镇以东部分,均位于轻灾区之内。白城市、松原市西半部分、双辽县以西的小部分处在重灾区,1997年发生在吉林省西部的大旱所造成的绝收面积均出现在该区之内。

因此,在吉林省西部发展以玉米为主的旱田灌溉,首先应立足于白城,其次开发松原,适当兼顾长春、四平西部,而在长春、四平的中部一带只能集中在水管站常备一部分抗旱灌溉设备以便抗旱应急。

4.3 灌溉定额设计与灌溉效益分析

4.3.1 灌溉定额设计

通常的灌溉定额设计,是根据设计典型年的气

象资料依水量平衡法计算出来的。其中的典型年是以代表站历年的降雨量资料为参数用频率法进行统计分析认定,如将降雨量频率为50%的年份称作中等年,将降雨量频率为75%的年份称作中等干旱年,将降雨量频率为90%的年份称作干旱年等。这一方法,一是没考虑降雨量的分布情况,有效雨量是多少不得而知;二是没考虑诸如气温、光照、风速等气象因子的组合效果,所以由此决定的当年作物蒸散量情况又不够清楚;三是没有考虑设计代表站当年的地下水补给及土壤水可利用情况,即天上地下水对作物的总补给量与作物消耗量的关系如何也不明了。因此,依代表站资料设计的灌溉定额成果与相应保证率下干旱年的作物缺水很难吻合。然而,直接以受旱作物缺水量与对应缺水量下的作物受旱减产幅度为参数分析确定相应的干旱年,便克服了上述不足。

依受旱作物减产幅度的概率分布规律,不同程度干旱年的作物缺水量可根据式(8)和式(11)推算。该缺水量即为所求地区及作物的灌溉定额,其灌水定额根据当地的土质和作物不同生育期的根系层深度计算,灌水时间依作物生长发育需要科学灵活掌握。

4.3.2 灌溉效益分析

当以 γ 表示灌溉增产幅度时,依增产幅度与减产幅度之间的算术关系不难推得

$$\gamma = \frac{\beta}{1 - \beta} \quad (15)$$

有关表示欠收幅度的成果,均可视为灌溉增产幅度的另一种表达。至此,只要将某一地区无灌溉的作物多年平均产量乘以计算频率年同一作物的受旱减产幅度,即求得了这一地区该作物的多年平均灌溉增产产量,分析步骤同原方法。

参考文献:

- [1] J·杜林博斯.产量与水的关系.罗马:联合国粮农组织,1979.
- [2] 朱景武.吉林省旱田降雨有效利用率探讨[J].吉林水利,1994(2):16~18.
- [3] A·H·卡萨姆.作物需水量.罗马:联合国粮农组织,1979.
- [4] 朱景武.旱作物的旱灾估测方法初探[J].农田水利与小水电,1995(9):9~11.
- [5] 华东水利学院.水文学的概率统计基础[M].北京:水利电力出版社,1980.

(收稿日期:1999-08-31 编辑:张志琴)