

旱涝灾害对华南地区粮食生产影响的模糊评价^{*}

邹小明, 梁必骐

(中山大学大气科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 根据华南地区 1966~1995 年的粮食气象单产和降水量资料, 利用模糊数学方法评价了华南地区旱涝灾害对粮食生产的影响并计算了减产率. 结果表明, 夏涝和春涝对华南地区粮食生产的影响最大, 所造成的减产率均占粮食气象产量的一半以上.

关键词: 旱涝灾害; 粮食生产; 模糊评价

中图分类号: P444 **文献标识码:** A

干旱、雨涝和低温冷害等气象灾害常造成农业大幅度减产, 因此分析气象灾害及其对农业生产的影响程度, 有着重要的经济意义. 运用模糊集原理^[1]划分灾害类型及建立影响程度的量化关系, 不但方法简捷而且可收到相当满意的结果^[2].

本文根据 1966~1995 年华南地区粮食气象单产和降水量划分旱涝年型并计算减产率.

1 计算公式

1.1 确定作物产量的隶属度和丰产年份

模糊集论是研究和处理客观世界中存在的模糊现象的^[3]. 模糊集是用隶属函数来描述的, 隶属函数的指派要反映划分对象各元素对集合的隶属程度. 一般认为可以主观地设计隶属函数, 只要这种隶属函数能很好地解决客观问题就是一个好的隶属函数.

设 y_t 表示第 t 年的扣除趋势产量的气象单产, 隶属度公式指派为

$$\mu_t = \frac{y_t - \min(y_t)}{\max(y_t) - \min(y_t)} \quad t = t_1, t_2, \dots, t_n \quad (1)$$

n 为总年数, 即样本大小. 按历年资料提供的信息和专家经验确定界限水平 $\alpha_1, \alpha_2 \in [0, 1]$, $\alpha_1 > \alpha_2$, 则丰年集为 $T_F = \{t \mid \mu_t \geq \alpha_1\}$

T_F 中计有 n_1 个元素. 歉年集为 $T_Q = \{t \mid \mu_t < \alpha_2\}$; T_Q 中计有 n_3 个元素. 显然平年集为 $T_P = T - T_F - T_Q$; T_P 中有 $n_2 = n - n_1 - n_3$ 个元素.

1.2 计算丰年集中气象因子的合理均值

根据农作物自身的生物学特征及其与气象条件的关系, 将生长季节分为 K 段. 记气象因子如温度、降水等为 X , 对各季节段计算丰年集样品的气象因子的合理均值, 即

$$X_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_1-2} X_{ij}}{n_1-2} \quad j = 1, 2, \dots, K \quad X_{ij} \neq \max X_{ij}, \min X_{ij}$$

* 基金项目: 国家“九五”科技攻关资助项目 (96-908-03-03)

收稿日期: 1999-09-09; 作者简介: 邹小明 (1973~), 女, 工程师, 现在民航中南空管局气象中心工作

所谓合理均值是将序列中的最大值和最小值去掉后算得的均值，所以上式求和号中只有 n_1-2 个元素。

1.3 计算气象因子的隶属度

由于原始的产量数据为气象单产，理所当然地认为丰年的气象条件适宜于作物生长发育及形成产量，因此我们用丰年集的气象因子的合理均值作为标准指派隶属度

$$\mu(X_{ij}) = \frac{\min(X_j, X_{ij})}{\max(X_j, X_{ij})} \quad i = 1, 2, \cdots, n \quad j = 1, 2, \cdots, k$$

经验地确定界限水平 β ，则灾年集为

$$D_j = \{t \mid \mu(X_{ij}) \leq \beta\} \quad j = 1, 2, \cdots, K$$

从隶属度公式可知，当气象因子观测值小于合理均值时，隶属度是观测值的线性函数；当气象因子大于合理均值时，隶属度是合理均值除以气象因子值，随着气象因子值的增大，隶属度呈双曲线减少。

1.4 计算作物的气象灾害减产率

当发生第 i 种灾害时灾年集的作物产量均值

$$\bar{y}_i = \sum_{j=1}^{S_i} \frac{y_{ij}}{S_i} \quad i = 1, 2, \cdots, I$$

式中， $\bar{y}_i$ 表示在发生第 i 种灾害时，作物受害的 S_i 年的产量均值； I 表示共有 I 种灾害； S_i 为发生第 i 种气象灾害的灾年集的元素个数。

丰年集的产量均值
$$\bar{y}_F = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{y_i}{n_i} \quad i = 1, 2, \cdots, I$$

由第 i 种气象灾害造成的作物减产率
$$Q_i = \frac{\bar{y}_F - \bar{y}_i}{\bar{y}_F - \min_t(y_t)} \times 100\% \quad i = 1, 2, \cdots, I$$

2 华南地区旱涝年型的划分和减产率的计算

2.1 确定丰年集

粮食气象单产 y_t 的原始数据和根据公式（1）计算所得到的隶属度列在表 1，选定 $\alpha_1 = 0.75$ ，则丰年集为 $T_F = \{t \mid \mu_t \geq 0.75\} = \{t_1, t_2, t_{12}, t_{15}, t_{17}, t_{22}, t_{27}\}$ 。

表 1 华南地区粮食单产和隶属度

Tah 1 The crop production per unit and subordinate level in South China (15 kg·hm⁻²)

T	y_t	μ_t	T	y_t	μ_t	T	y_t	μ_t
t_1	6.9	0.84	t_{11}	-7	0.29	t_{21}	-9.3	0.20
t_2	5	0.76	t_{12}	5	0.76	t_{22}	6.7	0.83
t_3	0	0.57	t_{13}	-5.9	0.33	t_{23}	-8.7	0.22
t_4	4	0.72	t_{14}	-2.4	0.47	t_{24}	1.4	0.62
t_5	2.9	0.68	t_{15}	6.9	0.84	t_{25}	4.1	0.73
t_6	3.8	0.72	t_{16}	-4.8	0.38	t_{26}	1.8	0.64
t_7	-0.4	0.55	t_{17}	11	1.00	t_{27}	6.5	0.82
t_8	-8.7	0.22	t_{18}	3.7	0.71	t_{28}	1.1	0.61
t_9	-3	0.45	t_{19}	-2.3	0.48	t_{29}	-14.4	0.00
t_{10}	-8.4	0.24	t_{20}	1.3	0.62	t_{30}	-2	0.49

2.2 旱涝灾害年的划分

将粮食生长季节分为冬季段（1~3 月）、春季段（4~6 月）、夏季段（7~9 月）和秋季段（10~12 月），4 段雨量分别记为 X_{i1} 、 X_{i2} 、 X_{i3} 和 X_{i4} ，对丰年集而言， $i = 1, 2, \cdots, 7$ ，雨量值列在表 2。根据公式

$$\mu(X_{i1}) = \min(191.0, X_{i1})/\max(191.0, X_{i1})$$
$$\mu(X_{i2}) = \min(651.8, X_{i2})/\max(651.8, X_{i2})$$
$$\mu(X_{i3}) = \min(521.2, X_{i3})/\max(521.2, X_{i3})$$
$$\mu(X_{i4}) = \min(138.9, X_{i4})/\max(138.9, X_{i4})$$

$i = 1, 2, \cdots, 30$

表 2 华南地区各季段雨量
Tab 2 The rainfall of each season part in South China

T_F	X_{i1}/mm	X_{i2}/mm	X_{i3}/mm	X_{i4}/mm
t_1	167.9	707.1	440.7	142.5
t_2	172.2	556.4	540.7	99.8
t_{12}	102.3	631.5	508.2	154.9
t_{15}	204.0	654.2	553.3	125.8
t_{17}	198.0	610.8	520.0	266.3
t_{22}	213.1	655.5	552.1	171.5
t_{27}	456.7	724.6	484.8	80.1
合理均值	191.0	651.8	521.2	138.9

计算冬、春、夏、秋季段雨量的隶属度（见表 3），根据旱涝灾害知识和隶属度的实际数值，确定界限水平 $\beta_1 = 0.65, \beta_2 = 0.85, \beta_3 = 0.85, \beta_4 = 0.65$ 。

表 3 各季段雨量的隶属度
Tab 3 Subordinate level of the rainfall of each season part

T	$\mu(X_{i1})$	$\mu(X_{i2})$	$\mu(X_{i3})$	$\mu(X_{i4})$	T	$\mu(X_{i1})$	$\mu(X_{i2})$	$\mu(X_{i3})$	$\mu(X_{i4})$
t_1	0.88	0.92	0.85	0.97	t_{16}	0.90	0.86	0.89	0.68
t_2	0.90	0.85	0.96	0.72	t_{17}	0.96	0.94	1.00	0.52
t_3	0.86	0.83	0.98	0.79	t_{18}	0.31	0.97	0.92	0.93
t_4	0.66	0.91	0.88	0.82	t_{19}	0.68	0.89	0.94	0.62
t_5	0.97	0.96	0.89	0.70	t_{20}	0.56	0.76	0.81	0.71
t_6	0.46	0.93	0.93	0.95	t_{21}	0.99	0.97	0.86	0.80
t_7	0.61	0.94	0.90	0.51	t_{22}	0.90	0.99	0.94	0.81
t_8	0.87	0.72	0.73	0.93	t_{23}	0.85	0.90	0.99	0.80
t_9	0.73	0.99	0.99	0.62	t_{24}	0.90	0.98	0.75	0.78
t_{10}	0.66	0.81	0.99	0.57	t_{25}	0.59	0.95	0.88	0.63
t_{11}	0.68	0.95	0.87	0.80	t_{26}	0.94	0.80	0.87	0.84
t_{12}	0.54	0.97	0.98	0.90	t_{27}	0.42	0.90	0.93	0.58
t_{13}	0.85	0.84	0.89	0.83	t_{28}	1.00	0.76	0.95	0.91
t_{14}	0.81	0.96	0.94	0.23	t_{29}	0.95	0.89	0.64	0.69
t_{15}	0.94	1.00	0.94	0.91	t_{30}	0.83	0.89	0.89	0.71

由 $D_1 = \{t \mid \mu(X_{i1}) \leq 0.65\}$ 划分出冬季灾害集, 由 $D_2 = \{t \mid \mu(X_{i2}) \leq 0.85\}$ 划分出春季灾害集, 由 $D_3 = \{t \mid \mu(X_{i3}) \leq 0.85\}$ 划分出夏季灾害集, 由 $D_4 = \{t \mid \mu(X_{i4}) \leq 0.65\}$ 划分出秋季灾害集.

进一步, 若实测雨量 $X_1 < 191.0 \text{ mm}$, $X_2 < 651.8 \text{ mm}$, $X_3 < 521.2 \text{ mm}$ 或 $X_4 < 138.9 \text{ mm}$, 则该样品归入旱灾集, 否则为涝灾集. 具体划分结果见表 4, 隶属度函数曲线见图 1. 图中, 水平 0.65 或 0.85 与隶属曲线的交点截出旱灾集、常年集和涝灾集. 该方法划分出的旱、涝灾集与文献 [4] 利用 Z 指数确定的大旱大涝年份十分一致.

表 4 灾害集及减产率
Tab 4 Disaster set and reduction rate

灾害类型	<i>i</i>	样品个数	样 品	灾、丰年集平均值/ $(\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2})$	$Q_i/\%$
冬旱	1	3	t_6, t_7, t_{12}	42.0	19.2
春旱	2	3	t_3, t_{20}, t_{26}	40.5	19.7
夏旱	3	2	t_1, t_{24}	63.0	12.7
秋旱	4	3	t_{14}, t_{19}, t_{27}	9.0	29.6
冬涝	5	4	$t_{18}, t_{20}, t_{25}, t_{27}$	78.0	8.0
春涝	6	5	$t_3, t_8, t_{10}, t_{13}, t_{28}$	— 66.0	53.1
夏涝	7	3	t_8, t_{20}, t_{29}	— 109.5	66.7
秋涝	8	5	$t_7, t_9, t_{10}, t_{17}, t_{25}$	10.5	29.1
丰年		7		103.5	

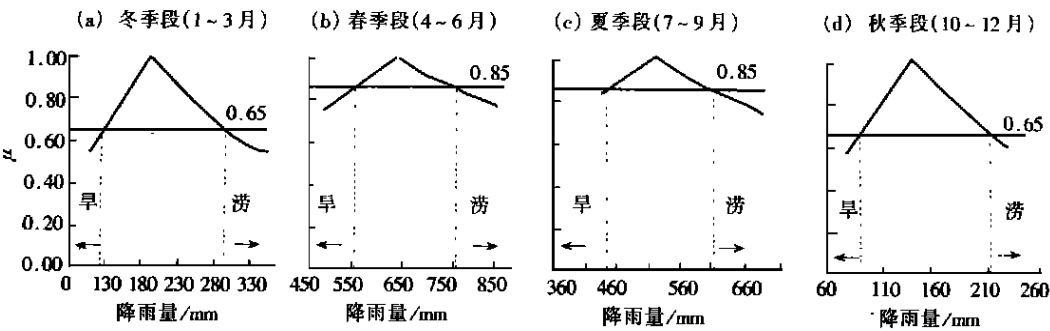


图 1 不同季段雨量的隶属曲线
Fig.1 Subordinate curve of the rainfall of different season part

2.3 旱灾和涝灾造成的粮食减产率

由表 4 可知: 华南地区不同季节的旱涝灾害造成的粮食气象产量减产率差别较大, 其中以夏涝和春涝对粮食产量的影响最为明显, 分别占气象产量的 66.7%和 53.1%; 秋旱和秋涝的影响次之, 分别占 29.6%和 29.1%; 冬旱、春旱和夏旱的影响较小, 都不超过 20%; 冬涝的影响最小, 只占 8%. 以上分析结果与实际情况相符^[5], 这充分说明了旱涝灾害是造成华南地区粮食单产波动的主要灾害, 而涝灾的影响大于旱灾, 尤其是夏涝和春涝是粮食减产的主要原因.

3 结 论

利用模糊数学方法评价华南地区旱涝灾害对粮食生产的影响, 结果表明, 夏涝和春涝对华南地区粮食生产的影响最为明显, 由此造成的减产占气象产量的一半以上; 秋旱和秋涝造成的减产率近 30%; 其它各季旱涝的影响都比较小, 冬涝影响最小. 该结果与文献 [4] 所得大体相同, 这表明用该方法评价旱涝灾害对粮食生产的影响是有意义的.

参考文献:

- [1] 梁荣欣. 农业气象灾害的 Fuzzy 分析[J]. 模糊数学, 1984(1): 101 ~ 106.
- [2] LIANG Bi-qi, FAN Qi. A fuzzy mathematics evaluation of the disaster by tropical cyclones[J]. J Tropical Meteorology, 2000, 6(1): 94 ~ 99.
- [3] 汪培庄. 模糊集合论及其应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983. 55 ~ 86.
- [4] 邹小明, 梁必骐. 旱涝灾害对华南地区粮食生产的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1999, 38(增2): 70 ~ 79.
- [5] 鹿世瑾. 华南气候[M]. 北京: 气象出版社, 1990. 8 ~ 16.

A Fuzzy Evaluation of the Impact of Drought and Flood Disasters on Crop Production in South China

ZOU Xiao-ming^{*}, LIANG Bi-qi

Abstract: The impact of drought based on the data set of crop yield and rainfall in South China from 1966 to 1995, and flood disasters on crop production in South China was evaluated by the method of fuzzy set theory. The reduction rate of meteorological yield was also calculated. The result shows that summer flood and spring flood have maximal impact on crop production in South China, and the reduction rates they cause are over half of the crop meteorological yield.

Keywords: drought and flood disasters; crop production; fuzzy evaluation

^{*} Department of Atmosphere Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China