

# 气象因素与早稻产量\*

侯 贛 生

(广西农学院)

## 提 要

如何评价气象因素对早稻产量的影响? 如何对诸种提高产量的农枝措施作出估计与决策? 本文采用模糊数学与数理统计相结合的方法, 对广西玉林县早稻产量的试验, 取得了一些有意义的结果。

## 一、早稻产量及其气象因素的评语集合

影响早稻产量的因素是多种多样的, 其中主要有气象因素、土壤及其肥力、早稻品种、稻田水利条件、稻田地理位置以及农作措施等等。从一个县来说, 大多数因素易为人们所调节, 它们的变化就具有系统性。如玉林县自从 1965 年开始普遍采用珍珠矮与广选三号早稻良种以后, 逐年产量就在比以前要高的水平上变化。从影响一个县的早稻产量来说, 随机波动性大的主要的是气象因素。为此, 我们将玉林县各年全县平均早稻亩产 ( $y$ ), 分解成二个组成部分  $y = y_1 + y_2$ 。其中  $y_1$  系由具系统性变化的多个因素综合影响而成的, 它反映按当年早稻生产水平所具有的产量值。对  $y_2$  我们则处理成  $y_2 = y - y_1$ , 即按各年生产水平而随机上下波动的产量差额, 主要反映了各年气象因素影响的结果。也就是说  $y_2$  这个差值, 主要受制于气象条件按当年生产水平而言的实际产量的增减量, 故特称之为气象产量。

我们对  $y_1$  是以年份为自变量用正交多项式去进行数值模拟的。为消除因品种更新所带来的明显的系统变化中的品种因素部分, 我们将该县早稻产量数据, 分为两个时期分别进行正交多项式模拟, 即 1953—1964 年为前一时期, 而 1965—1980 年则为后一时期。经模拟各年  $y_1$  为年份的线性代数方程

$$y_1 = \begin{cases} 182.1 + 6.6 t, & 1 \leq t \leq 12 \quad (1953-1964); \\ 342.2 + 13.6 t, & 1 \leq t \leq 16 \quad (1965-1980). \end{cases}$$

这两个方程, 均系在最小二乘意义上且置信水平为 0.99 下显著的。各年的气象产量则由  $y_2 = y - y_1$ , 也是分别按二个时期计算而得。

### 1. 产量与因素的标准变量序列

从早稻栽培生理对气象因素的要求, 广西玉林县早稻生产季节特点与该地气候背景等等的考虑, 选择了以下六个气象因素:

\* 1982 年 2 月 25 日收到, 1982 年 12 月 5 日收到修改稿。

$u_1$ : 当年 3 月至 6 月日均温达  $12^{\circ}\text{C}$  以上的有效积温, 为早稻播种至灌浆的主要生育期的热量条件, 评语简称为热。

$u_2$ : 当年 4 月至 6 月总雨量 (mm), 为早稻移植至灌浆的主要生育期的水分供应条件, 简称为水;

$u_3$ : 当年 3 月至 6 月总日照时数(小时), 为早稻苗期至灌浆期光合作用所需光能供应条件, 简称为光;

$u_4$ : 当年 3 月上旬日均温达  $12^{\circ}\text{C}$  以上的有效积温, 这是早稻秧苗生长所必需的热量条件, 简称为秧温;

$u_5$ : 当年 5 月下旬日均温达  $20^{\circ}\text{C}$  以上的有效积温, 这时期恰值抽穗开花对低温的敏感期, 简称为穗温;

$u_6$ : 当年 3 月下旬至 4 月中旬总雨量, 此时期正处于早稻移植至返青阶段, 简称为苗水。

由于玉林自 1954 年开始有正规气象观测资料, 故上述产量与因素数据皆为 1954 年至 1980 年, 样本序列长度为  $n=27$ 。将其实测数据一概按公式  $I_x = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$  进行标准化处理, 得标准变量  $I_{y_2}$  与  $I_{u_i}$  序列(表略)。其中  $\bar{x}$  为样本均值,  $\sigma_x$  为样本标准差。

## 2. 产量与因素的评语序列

由产量与因素的标准变量, 按表 1 分级定义评语词句。

表 1  $y_2$  与  $u_i$  评语定义表

$I_{y_2}$	$y_2$	$I_{u_i}$	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	$u_5$	$u_6$
$I > 1.5$	高 产	$I \geq 2$	热	涝	多	热	热	涝
$1.5 \geq I > 0.75$	增 产	$2 > I > 1$	温	湿	稍余	温	温	湿
$0.75 \geq I \geq -0.75$	平 产	$1 \geq I \geq -1$	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜	适宜
$-0.75 > I > -1.5$	减 产	$-1 > I > -2$	凉	干	少	凉	凉	干
$I \leq -1.5$	歉 收	$I \leq -2$	冷	旱	欠缺	冷	冷	旱

根据表 1 的定义, 将 1954—1980 年各年的  $y_2$  与  $u_i$  的标准变量值, 转换成评语序列(表略)。

## 3. 产量与因素的模糊集合

如上所述, 我们用气象产量来表示当年早稻实际增、减产的情况。因此, 我们从产量的评语序列表中, 可提取出产量的弗晰<sup>1)</sup>评语集合

$$V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6)$$

= (高产稳产, 高而不稳, 平产稳产, 平而不稳, 低产, 连年歉收)。

所谓高产稳产是指某年属增产或高产, 接着第二年又获高产或增产的情况。平产稳产则是指连续两年或以上皆为平产的。低产是指减产或年份不连续的歉收。而所谓连年

1) “弗晰”一词系 Fuzzy 的音译, 中译为“模糊”、“不分明”等。

歉收则是指连续两年或以上皆为歉收年份的。所以，“稳产”与“连年”具有连续性，而“不稳”则具间断性。

六个气象因素的弗晰评语集合

$$\begin{aligned} U &= (u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6) \\ &= (\text{热, 水, 光, 秧温, 穗温, 苗水}) \end{aligned}$$

它们的弗晰评语子集，分别为

$$\begin{aligned} u_1 &= (u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}) \\ &= (\text{热, 温, 适宜, 凉, 冷}); \\ u_2 &= (u_{21}, u_{22}, u_{23}, u_{24}, u_{25}) \\ &= (\text{涝, 湿, 适宜, 干, 旱}); \\ u_3 &= (u_{31}, u_{32}, u_{33}, u_{34}, u_{35}) \\ &= (\text{多, 稍余, 适宜, 少, 欠缺}); \\ u_4 &= (u_{41}, u_{42}, u_{43}, u_{44}, u_{45}) \\ &= (\text{热, 温, 适宜, 凉, 冷}); \\ u_5 &= (u_{51}, u_{52}, u_{53}, u_{54}, u_{55}) \\ &= (\text{热, 温, 适宜, 凉, 冷}); \\ u_6 &= (u_{61}, u_{62}, u_{63}, u_{64}, u_{65}) \\ &= (\text{涝, 湿, 适宜, 干, 旱}). \end{aligned}$$

## 二、早稻产量气象构成的弗晰评价

### 1. 因素与产量的对应关系

按照产量的评语集合与各气象因素的评语子集，由评语序列表 ( $n = 27$ )，可按列联表统计得对应关系频数表，见表 2。

### 2. 六个因素对产量影响的权重分配

由因素的评语子集与产量集的对应关系频数(表 2)，即易计算出统计参数  $\chi^2$  的数值，根据  $\chi^2$  值的大小即可衡量该因素对产量影响的程度。这是由于  $\chi^2$  值的大小表明了两个随机变量间关系密切与否和显著程度。

$\chi^2$  值系按公式  $\chi^2 = \sum \frac{(x - x_0)^2}{x_0}$  计算的， $x$  为实测频数， $x_0$  为在  $u_i$  与  $y_2$  不相关假设条件下的理论频数。经统计结果为

因 素	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	$u_5$	$u_6$
$\chi^2$	13.4413	6.6471	11.4735	16.4249	16.6676	8.1582

再施行归一化处理，可得六个因素对产量影响的权重分配

$$A_0 = (0.1846, 0.0913, 0.1576, 0.2256, 0.2289, 0.1113).$$

这是因素的一个模糊子集(权重数)，表明从影响产量的角度来说，对玉林县实际具备



的六个气象因素影响产量程度的评价。如生育期热量条件  $u_1$  对产量的影响程度达 18.46%，在六个因素中占第三位。

### 3. 因素与产量的模糊关系

现在的问题是各个因素对于按照产量的评语而言,其影响程度又如何? 比如因素  $u_1$  对高产稳产  $v_1$  的影响有多大? 关于这个问题,我们要从二个方面来考虑,一是因素与产量皆按评语集合的对应频率(可由表 2 求得),另一是因素按本身的评语子集频率(也是由表 2 去求算的)。

例如因素  $u_1$  按本身评语子集的频率分配为

$$(0.037, 0.1111, 0.6296, 0.2222, 0),$$

而  $u_1$  与  $V$  皆按评语集合的对应频率分配为

$$\begin{array}{cccccc} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 \\ \left[ \begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 0.037 & 0 & 0 & 0 \\ 0.037 & 0.037 & 0 & 0 & 0 & 0.037 \\ 0.037 & 0.0741 & 0.2593 & 0.1481 & 0.0741 & 0.037 \\ 0 & 0.0741 & 0.1111 & 0 & 0.037 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right. & \begin{array}{l} u_{11} \\ u_{12} \\ u_{13} \\ u_{14} \\ u_{15} \end{array} \end{array}$$

按照线性代数中矩阵的乘法运算,就可得到因素  $u_1$  按产量评语对产量影响的模糊关系向量

$$V/u_1 = (v_1/u_1, v_2/u_1, v_3/u_1, v_4/u_1, v_5/u_1, v_6/u_1),$$

即

$$(0.037 \ 0.1111 \ 0.6296 \ 0.2222 \ 0) \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.037 & 0 & 0 & 0 \\ 0.037 & 0.037 & 0 & 0 & 0 & 0.037 \\ 0.037 & 0.0741 & 0.2593 & 0.1481 & 0.0741 & 0.037 \\ 0 & 0.0741 & 0.1111 & 0 & 0.037 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= (0.0274, 0.0672, 0.3248, 0.0932, 0.0549, 0.0274).$$

再施行归一化,得用权重数表示的  $u_1$  与  $V$  间的模糊关系向量

$$V/u_1 = (0.046, 0.113, 0.546, 0.1567, 0.0923, 0.046).$$

其它五个因素与产量间模糊关系向量(权重数),均照上面办法分别计算。将这六个向量按因素评语集合排列,就可获得六个因素与产量之间的模糊关系矩阵(矩阵中元素均为权重数)

$$R_0 = U \times V = \begin{array}{cccccc} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 \\ \left. \begin{array}{cccccc} 0.046 & 0.113 & 0.546 & 0.1567 & 0.0923 & 0.046 \\ 0.1004 & 0.18 & 0.41 & 0.1299 & 0.1503 & 0.0294 \\ 0.0984 & 0.1685 & 0.4093 & 0.1555 & 0.1088 & 0.0595 \\ 0.0613 & 0.1637 & 0.4629 & 0.1126 & 0.1458 & 0.0537 \\ 0.0568 & 0.1654 & 0.5014 & 0.1112 & 0.1085 & 0.0567 \\ 0.1004 & 0.1572 & 0.3778 & 0.1472 & 0.117 & 0.1004 \end{array} \right\} \begin{array}{l} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{array} \end{array}$$

这个模糊关系矩阵，表明了玉林县所具备的气象条件与早稻产量之间实际存在的对应关系。

#### 4. 对玉林县早稻产量气象构成的弗晰评价

上面我们已经得到因素集  $U$  上的一个模糊子集  $A_0$ ，又得到因素与产量间模糊关系集  $R$  上的一个模糊子集  $R_0$ ，根据模糊数学关于弗晰矩阵的复合运算，使  $A_0$  通过  $R_0$  的变换，即可得到产量集  $V$  上的模糊子集  $B_0$ ，即

$$B_0 = A_0 \cdot R_0 = \bigvee_{i,j=1}^6 (u_i \wedge v_j) \\ = (0.1004, 0.1654, 0.2289, 0.1567, 0.1458, 0.1004),$$

再归一化后，得早稻产量评语权重分配

$$B_0 = (\text{高产稳产, 高而不稳, 平产稳产, 平而不稳, 低产, 连年歉收}) \\ = (0.1119, 0.1843, 0.25, 0.1746, 0.1624, 0.1118).$$

也就是说，根据玉林县所具备的气象条件，能够获得高产稳产的概率为 11.19%，获得增产的概率为 29.62%，约为三年一迁。而获得平产的为 42.96%，比重还不算小。以上几个数字归纳起来，可以说明玉林县的气象条件对于早稻生产是有利的，而夺取高产的潜力还是不小的。然而要冒减产歉收风险的概率为 27.42%，接近于四年一迁。因此，在挖掘潜力，充分利用有利条件，争取能够高产与稳产丰收的同时，还必须加强对气象灾害的预报预防工作。否则一旦预报预防不及时，就将有可能使增产保收的计划落空。

### 三、早稻产量气象构成的弗晰决策

#### 1. 对一些为提高产量，改革农技措施的方案的可能结果的估计

对下述一些为提高产量对农技措施实行改革，通过对影响因素的趋利避害，可获得一系列因素的模糊子集  $A_i$  与模糊关系子集  $R_i$ ，特称为方案集合。

方案一、兴修农田水利，加强稻田用水管理，严格按照早稻栽培生理要求适时排灌，使之成为旱涝保收，则期望能使主要生育期水分供应  $u_2$  与苗期水分供应  $u_6$  皆为适宜的，为夺取高产和平产稳产创造条件。而此方案对其它因素则可认为无影响或影响甚小。照前面所采用的分析计算方法，可得权重分配分别为

六个因素对产量的影响即因素模糊子集

$$A_1 = (0.1716, 0.1064, 0.1465, 0.2097, 0.2128, 0.153),$$

与模糊关系子集

$$R_1 = \begin{pmatrix} 0.046 & 0.113 & 0.546 & 0.1567 & 0.0923 & 0.046 \\ 0.1666 & 0.2507 & 0.5833 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0984 & 0.1685 & 0.4093 & 0.1555 & 0.1088 & 0.0595 \\ 0.0613 & 0.1637 & 0.4629 & 0.1126 & 0.1458 & 0.0537 \\ 0.0568 & 0.1654 & 0.5014 & 0.1112 & 0.1085 & 0.0567 \\ 0.2223 & 0.2223 & 0.5554 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

据弗晰矩阵复合运算，今由因素子集  $A_1$  通过关系子集  $R_1$  变换，即得产量子集权重分

配

$$B_1 = A_1 \cdot R_1 = (0.1716, 0.1836, 0.2387, 0.1758, 0.1635, 0.0667).$$

产量子集  $B_1$ , 就是对方案一所作评价的结果。我们从  $B_1$  中的高产与平产稳产这三项的权重合计来看, 已达 0.5939, 比原来  $B_0$  中的 0.5512, 其概率值约提高 8%。  $B_1$  中的减产歉收的为 0.2302, 比原来  $B_0$  中的 0.2742, 其概率值约减小 16%。这就说明兴修水利, 确是提高早稻产量的一项重要措施。此处兴修水利, 建设旱涝保收田, 应理解为是在全县范围内进行的, 而且不再有所谓“望天田”那种依靠风调雨顺搞早稻生产的被动局面。

方案二、采用矮秆良种, 适当密植与补充光照等等提高光能利用率的措施。期望能够即使迁光照不足的年份, 仍然能够满足早稻生育要求, 则可望有

$$A_2 = (0.181, 0.0895, 0.1742, 0.2211, 0.2244, 0.1098),$$

与

$$R_2 = \begin{pmatrix} 0.046 & 0.113 & 0.546 & 0.1567 & 0.0923 & 0.046 \\ 0.1004 & 0.18 & 0.41 & 0.1299 & 0.1503 & 0.0294 \\ 0.1496 & 0.2472 & 0.6032 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0613 & 0.1637 & 0.4629 & 0.1126 & 0.1458 & 0.0537 \\ 0.0568 & 0.1654 & 0.5014 & 0.1112 & 0.1085 & 0.0567 \\ 0.1004 & 0.1572 & 0.3778 & 0.1472 & 0.117 & 0.1004 \end{pmatrix}$$

经变换得

$$B_2 = A_2 \cdot R_2 = (0.1574, 0.1832, 0.2359, 0.1646, 0.1533, 0.1056),$$

$B_2$  中高产和平产稳定三项、低产歉收两项, 它们的概率分别为 0.5765 与 0.2589。比  $B_0$  中同类的, 前者约提高 5%, 后者约减小 6%。说明提高对光能的利用率, 也是提高产量的一项重要措施。按我们这个方案中所设想的, 与由实测样本所估计的情况加以比较, 则所提高的光能利用率, 须在现有基数上约提高 11% 才行。提高光能利用率的问题, 是个牵涉面广的问题, 它不仅是农业生物学 (如遗传学) 也是农业气象学等学科的一个难度颇大的课题, 看来有待逐步解决。

方案三、采用先进的控制育秧温度的设置等等, 做到既能防止低温烂秧又能防止高温灼伤, 以保秧苗齐壮, 为提高产量打下物质基础, 则可望有权重分配

$$A_3 = (0.1981, 0.098, 0.1691, 0.1688, 0.2457, 0.1203),$$

与

$$R_3 = \begin{pmatrix} 0.046 & 0.113 & 0.546 & 0.1567 & 0.0923 & 0.046 \\ 0.1004 & 0.18 & 0.41 & 0.1299 & 0.1503 & 0.0294 \\ 0.0984 & 0.1685 & 0.4093 & 0.1555 & 0.1088 & 0.0595 \\ 0.0763 & 0.2354 & 0.6883 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0568 & 0.1654 & 0.5014 & 0.1112 & 0.1085 & 0.0567 \\ 0.1004 & 0.1572 & 0.3778 & 0.1472 & 0.117 & 0.1004 \end{pmatrix}$$

经变换得

$$B_3 = A_3 \cdot R_3 = (0.1129, 0.1899, 0.2764, 0.1763, 0.1316, 0.1129).$$

$B_3$  中高产与平产稳产三项、低产歉收两项，它们的概率值分别为 0.5792 与 0.2445，比  $B_0$  中同类的，前者约提高 5%，后者约减小 11%。可见改进育秧技术，是早稻生产中为提高产量的一个重要环节。近几年来，秧田薄膜复盖，工厂化室内控温育秧等先进育秧技术设置的广泛应用，从农业技术上使本方案易于实现。现在的问题是控制秧苗生长速度的问题，这就要求加强对育秧期间天气预报及适宜移植期预报服务工作，也就成为我们农业气象如何配合的问题。

方案四、密切注意防御早稻穗期低温冷害，促进顺利开花授粉，以减少空壳秕粒，提高单产，则分别有

$$A_4 = (0.1968, 0.0973, 0.1678, 0.2402, 0.1785, 0.1194),$$

与

$$R_4 = \begin{Bmatrix} 0.046 & 0.113 & 0.546 & 0.1567 & 0.0923 & 0.046 \\ 0.1004 & 0.18 & 0.41 & 0.1299 & 0.1503 & 0.0294 \\ 0.0984 & 0.1685 & 0.4093 & 0.1555 & 0.1088 & 0.0595 \\ 0.0613 & 0.1637 & 0.4629 & 0.1126 & 0.1458 & 0.0537 \\ 0.0799 & 0.2198 & 0.7003 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1004 & 0.1572 & 0.3778 & 0.1472 & 0.117 & 0.1004 \end{Bmatrix}$$

经变换得

$$B_4 = A_4 \cdot R_4 = (0.1089, 0.1936, 0.2605, 0.17, 0.1581, 0.1089).$$

$B_4$  中高产与平产稳定三项，低产歉收两项分别为 0.563 与 0.267，比  $B_0$  中同类的，前者提高 2%，后者降低 3%。看来本方案增产的效果比前面三个方案要差些。但还是说明了防御穗期低温冷害，对增加产量仍然具有重要意义。本方案比前面三个方案的增产效果为什么会差些，这是有它的气候背景的。经我们初步估算，玉林县早稻出现穗期低温冷害天气的气候概率约为 4%，也就是说接近 25 年一迁。由于穗期低温冷害天气的概率小，加上大面积的防御工作也不易进行（无疑会增加早稻生产成本数），所以如何实施，是个难题。

方案五、采用早熟高产良种，改革耕作制度等等措施。由于早熟则全生育期缩短，就能充分利用当地热量资源，即是遇到热量不足的年份，也不致于受到不利影响，为增产创造条件，则可望有

$$A_5 = (0.2162, 0.0878, 0.1515, 0.2618, 0.22, 0.1077),$$

与

$$R_5 = \begin{Bmatrix} 0.1139 & 0.2097 & 0.6764 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1004 & 0.18 & 0.41 & 0.1299 & 0.1503 & 0.0294 \\ 0.0984 & 0.1685 & 0.4093 & 0.1555 & 0.1088 & 0.0595 \\ 0.0613 & 0.1637 & 0.4629 & 0.1126 & 0.1458 & 0.0537 \\ 0.0568 & 0.1654 & 0.5014 & 0.1112 & 0.1085 & 0.0567 \\ 0.1004 & 0.1572 & 0.3774 & 0.1472 & 0.117 & 0.1004 \end{Bmatrix}$$

经变换得

$$B_5 = A_5 \cdot R_5 = (0.1211, 0.2224, 0.2338, 0.161, 0.155, 0.1067).$$

$B_6$  中高产与平产稳定三项, 低产歉收两项, 分别达 0.5773 与 0.2617, 比  $B_0$  中同类的, 前者提高约为 5%, 后者降低约为 5%。可见, 采取有力措施, 充分挖掘与利用当地热量资源, 也是提高产量的一个重要途径。

以上五个方案, 基本上都属单项改革的, 我们在农业生产中通常总是采取综合治理的。下面进一步提出综合改革的设想。

方案六、将方案三、四与五结合实施, 总的原则是, 充分利用当地热量资源, 加强对低温冷害的防御。则可望有

$$A_6 = (0.247, 0.1003, 0.173, 0.1727, 0.184, 0.123),$$

与

$$R_6 = \begin{Bmatrix} 0.1139 & 0.2097 & 0.6764 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1004 & 0.18 & 0.41 & 0.1299 & 0.1503 & 0.0294 \\ 0.0984 & 0.1685 & 0.4093 & 0.1555 & 0.1088 & 0.0595 \\ 0.0763 & 0.2354 & 0.6883 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0799 & 0.2198 & 0.7003 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1004 & 0.1572 & 0.3774 & 0.1472 & 0.117 & 0.1004 \end{Bmatrix}$$

且变换得

$$B_6 = A_6 \cdot R_6 = (0.1207, 0.2223, 0.2618, 0.1648, 0.124, 0.1064)。$$

$B_6$  中高产与平产稳产三项, 低产歉收两项, 分别为 0.6048 与 0.2304, 比  $B_0$  中同类的, 前者提高约为 10%, 后者降低约为 16%。说明本方案虽然是部分综合治理, 但其效果确比单项改革方案要好, 增产幅度将大些。

方案七、对热、光与水等采取全面综合治理, 也就是前述五个单项改革方案一并实施。

则可望有

$$A_7 = (0.2234, 0.1137, 0.1766, 0.1563, 0.1664, 0.1636),$$

与

$$R_7 = \begin{Bmatrix} 0.1139 & 0.2097 & 0.6764 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1666 & 0.2501 & 0.5833 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1496 & 0.2472 & 0.6032 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0763 & 0.2354 & 0.6883 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0799 & 0.2198 & 0.7003 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2223 & 0.2223 & 0.5554 & 0 & 0 & 0 \end{Bmatrix}$$

经变换得

$$B_7 = A_7 \cdot R_7 = (0.2747, 0.3514, 0.3744, 0, 0, 0)。$$

$B_7$  中争取高产的概率已达 62.56%, 比  $B_0$  中的 29.62%, 约提高 111%。和前面六个方案的都要高, 提高的程度分别为 76%, 84%, 107%, 107%, 82% 与 82%。可见, 全面综合治理, 其增产效果的提高尤为显著。

## 2. 对玉林县早稻产量气象构成的弗晰决策

弗晰决策是弗晰评价的逆问题。

前面我们已得到两项结果：

(1) 玉林县早稻产量的实际权重分配

$$B = (0.0741, 0.1852, 0.4074, 0.1481, 0.1111, 0.0741);$$

(2) 玉林县早稻产量气象构成的实际权重分配

$$B_0 = (0.1119, 0.1843, 0.255, 0.1746, 0.1624, 0.1118)。$$

我们从上面二个现有基础出发，提出设想的目标产量为

$$B^* = (0.2, 0.4, 0.4, 0, 0, 0)。$$

也就是说在保持现有平产稳产的水平上，目的在于争取高产。所订指标是否过高了？我们可从目标产量  $B^*$  与实际产量  $B$ ，这两个模糊子集之间的贴近度来看，为

$$\begin{aligned} (B^*, B) &= \frac{1}{2} [B^* \cdot B + (1 - B^* \odot B)] \\ &= 0.6445, \end{aligned}$$

也就是说所订指标  $B^*$  与实际的  $B$  差距并不悬殊。因此我们可认为所订指标并不算太高。再从目标产量  $B^*$  与按气象条件所具备的产量  $B_0$ ，这两个子集的贴近度

$$\begin{aligned} (B^*, B_0) &= \frac{1}{2} [B^* \cdot B_0 + (1 - B^* \odot B_0)] \\ &= 0.5716, \end{aligned}$$

说明所争取的目标与现在所具备的条件仍有较大距离，也即所订指标不算太低，因此争取目标产量  $B^*$  的实现，是件很有意义的事，同时还意味着是要作出一番艰苦努力的。

现在的问题是，要实现这个目标，上述七种改革方案中，那种方案是最佳的？这就是一个弗晰决策的问题。

首先要分别计算目标产量  $B^*$  与各个方案的产量子集  $B_i (i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$  的贴近度

$$(B^*, B_i) = \frac{1}{2} [B^* \cdot B_i + (1 - B^* \odot B_i)],$$

其中内积

$$B^* \cdot B_i = \bigvee_{i=1}^6 (v_i^* \wedge v_{ii});$$

与外积

$$B^* \odot B_i = \bigwedge_{i=1}^6 (v_i^* \vee v_{ii})。$$

今按七个方案分别计算贴近度，结果如下

方 案	一	二	三	四	五	六	七
$(B^*, B_i)$	0.586	0.5651	0.5818	0.5785	0.5636	0.5777	0.6872

再按照择近原则

$$(B^*, B_i) = \max_{1 \leq i \leq 7} (B^*, B_i) = 0.6872,$$

即对应于方案七为最佳方案。这就再次证明,要争取达到高产,必须以采用全面综合治理的方案为上策。

#### 四、讨 论

1. 我们在对产量气象构成的评价中,产量集的评语,都是指相对于当年所具有的生产水平而言的,所用词句是个相对的概念,和人们传统习用的绝对概念大相径庭。如产量模糊集中的“歉收”一词,是指按当年生产水平应获的产量数而实际所得的却少很多。如玉林县 1973 年全县早稻亩产刚刚超出 400 斤,但若按当年生产水平而言,还属歉收年份,也即按当年生产水平而言,实际上少收了 59 斤/亩,少收了 15%。按传统观念“歉收”是和颗粒无收几乎为同义词的。所以我们定义的产量评语词句,可能难以被人们所接受。如何按照传统观念,定义产量的评语,又不失之利于模糊数学运算,还有待于探索。

2. 影响早稻生产的因素是众多的,即是气象因素估计也不只是六个。当然从产量形成角度来说,这六个气象因素是主要的,还是抓住了关键。我们考虑若能够多考虑一些气象因素如穗期积负温(日均温 20°C 以下的积冷值)等。由于多考虑了一些气象因素,所作出的评价就会更为全面和贴切一些。

3. 影响早稻生产的诸因素之间的关系,又是错综复杂的。针对某一种因素施行的改革措施,必然也会对其它因素产生影响。比如兴修水利,能够改善早稻的水分供应条件,同时也将改变稻田小气候环境,引起温湿度的变化,从而也将改变早稻生育的热量条件,不单如此,危害水稻生长的病菌与害虫的发生发展也将不同。所以采用的每项改革,事先都要以全面的观念来衡量其将带来的后果,做到有备无患。然而,尽管我们在对方案所能引起的效应,作的是一些较为简单的设想,但毕竟还是抓住了关键。这点可从方案一到方案七的逐项讨论中看出,其结果都对增产有利。看来,这不会是偶然的。当然从决策来说,以全面综合治理的方案为最佳,这也已由我们三十来年的农业发展历史所证实。

#### 参 考 文 献

[1] 汪培庄,模糊数学简介(I),(II),数学的实践与认识,1980年第2,3期。

## ESTIMATION OF THE INFLUENCES CLIMATIC ELEMENTS ON EARLY RICE YIELD

Hou Gansheng

(Guangxi Agricultural College)

#### Abstract

The influence of climatic elements on Early Rice Yield is discussed by using of fuzzy mathematics and statistics. Some suggestions about agricultural technique steps are proposed for Yulin, Guangxi.