

# 模糊聚类法在陇中黄绵土马铃薯推荐 施肥中的应用初探

田 耿 智

(甘肃省平凉地区土肥站 744000)

## 1 前 言

推荐施肥是针对土壤供肥能力和作物需肥特性进行的一种精度较高的计量施肥方法。近年来,国内外在其它作物和土类上研究较多,而针对马铃薯在黄绵土上进行推荐施肥的研究资料报道还比较少。而从八十年代开始,国内采用FAO推荐的肥料多点分散试验方法,到目前为止在一定区域内虽已有诸多试验资料,但对这些结果如何科学的归类、汇总分析得出反映各类肥料效应规律的应用函数,是当前国内推荐施肥的一项重要技术。而推荐施肥的分类通常采用无肥区产量,但应分几类,各类的范围怎样确定则是一个比较困难的问题。为此,我们根据农业系统中肥料效应的综合性,推荐施肥分类过程中存在的模糊性,应用模糊聚类法,研究陇中黄绵土马铃薯推荐施肥试验资料的聚类问题,探讨不同土壤肥力条件下氮磷肥料的增产效应,从而确定经济合理施肥量,以指导陇中黄绵土区大面积马铃薯科学施肥。

## 2 试验内容和方法

试验设计采用联合国粮农组织(FAO)推荐的 $3 \times 3$ 全实施方案。处理为: $N_0P_0$ 、 $N_0P_3$ 、 $N_0P_6$ 、 $N_5P_0$ 、 $N_5P_3$ 、 $N_5P_6$ 、 $N_{10}P_0$ 、 $N_{10}P_3$ 、 $N_{10}P_6$ (N、P下标

值分别为纯N和 $P_2O_5$ 的亩施用量,下同)。采取多点分散试验,一次重复,小区面积0.05亩,随机排列。

试验地均不施农肥,氮、磷肥作种肥一次施入窝内,与土混均匀,挖窝点种。供试品种为青薯168,播种密度4000株/亩。播前取各试验地0~20厘米耕层混合土样,分析有效磷(Olsen法),碱解氮(扩散法)和有机质(重铬酸钾容量法)。

1991~1993年共进行该项试验17点次。试验点分布在庄浪柳梁、卧龙、白堡乡和静宁县的高界镇、七里乡不同土壤养分含量梯度的梯田黄绵土上。

## 3 结果分析与讨论

### 3.1 施肥模型的建立

以 $y = B_0 + B_1N + B_2P + B_3NP + B_4N^2 + B_5P^2$ 为数学模型,建立产量与N、P肥料用量之间的函数关系。式中y为产量, $B_0$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$ 为回归系数,其中 $B_0$ 反映无肥区产量(地力产量)水平, $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_4$ 、 $B_5$ 反映N、P肥料的主效应, $B_3$ 反映N、P肥料的交互效应。

17个回归设计田间试验结果经电子计算机处理,获得相应施肥效应方程,其中F值达到显著或极显著水准的方法13个(表1)。

### 3.2 分类指标的确定

农作物产量是土壤肥力、施肥效应、降雨、气温等因素综合作用的结果, 由于无肥区产量是在某自然生态条件下各相关因素的综合效应, 所以它可作为分类依据。由于各方程的  $B_0$  值为无肥区的理论产量, 与实际产量十分相近, 相对误差大部分不超过 5% (表 1)。因此  $B_0$  值做为不同生态、土壤类区多点试验结果归类的综合指标, 符合于生产实际。但在一个试验中无肥区位置的改变将会使无肥区质量有所变化。这种变化主要来源于土壤肥力的不均匀性, 所以只简单地用无肥区产量分类就比较粗。如果把耕层土壤混合样测得的土壤有机质、碱解氮、有效磷与地力产量同时做为分类的指标, 就可以

弥补单凭地力产量进行分类的不足。地力产量与耕层土壤有机质、碱解氮、有效磷的相关分析结果表明 (表 2): 地力产量与耕层土壤有机质、碱解氮、有效磷都呈显著或极显著的正相关关系, 相关模型和相关系数如下:

$$y_s = -187.6354 + 96.8805O_s,$$

$$(r = 0.5980^{**} \quad n = 13)$$

$$y_s = 1000N_s / (70.35205 - 0.02514N_s),$$

$$(r = 0.6822^{**} \quad n = 13)$$

$$y_s = 153.7299P_s^{0.77469}$$

$$(r = 0.8274^{**} \quad n = 11)$$

(式中  $y_s$ 、 $O_s$ 、 $N_s$ 、 $P_s$  分别代表地力产量、土壤有机质、碱解氮、有效磷)

表 1 各方程的  $F$  值、 $R^2$  值、 $B_0$  值和相应的实际地力产量 ( $Y$ )

序号	$F$	$R^2$	$B_0$	$y$	$B_0$ 对 $y$ 的相对误差 (%)
1	17.65**	0.9671	552.2	570.0	3.1
2	9.00*	0.9374	480.3	492.3	2.4
3	8.92*	0.9368	1198.6	1263.0	5.0
4	96.20**	0.9936	1218.8	1236.0	1.4
5	6.10*	0.9103	797.3	864.0	7.7
6	20.91**	0.9720	1121.6	1100.0	2.0
7	41.07**	0.9854	1294.6	1328.0	2.5
8	33.18**	0.9821	559.5	627.4	10.8
9	22.45**	0.9740	1262.2	1280.0	1.4
10	20.51**	0.9714	1527.8	1520.0	0.5
11	26.32**	0.9775	1346.6	1364.0	1.3
12	9.38*	0.9397	1424.5	1477.0	3.6
13	29.01**	0.9797	805.4	866.7	7.1

表 2 各试点地力产量、土壤有机质、碱解氮、有效磷结果

序号	地力产量( $Y_s$ ) (kg/亩)	有机质( $O_s$ ) (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮( $N_s$ ) (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷( $P_s$ ) (mg·kg <sup>-1</sup> )
1	552.2	9.86	61	16.0
2	480.3	7.28	35	8.2
3	1198.6	13.10	76	5.0
4	1218.8	13.40	78	18.0
5	797.3	13.70	71	9.0
6	1121.6	11.20	50	12.6
7	1294.6	11.08	83	19.5
8	559.5	13.45	62	5.7
9	1262.2	14.82	64	12.1
10	1527.8	13.83	72	16.8
11	1346.6	14.81	74	12.6
12	1424.5	14.60	86	14.2
13	805.4	13.20	47	6.1

由以上分析可知: 黄绵土马铃薯推荐施肥试验资料的聚类汇总, 应用地力产量、土壤有机质、碱解氮、有效磷同时做为分类指标(表2)综合分析, 得出的分类结果才有可能符合生产实际。而模糊聚类法正是一种利用各种指标综合分类的方法。

### 3.3 模糊聚类分析

#### 3.3.1 数据处理

将表2中的数据  $x_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,13$  试点编号,  $j=1,2,3,4$  个指标), 用式(1)进行标准化处理。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (1)$$

式中  $x'_{ij}$ ——标准化值,

$$\bar{x}_j = \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} x_{ij}$$

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{13} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{13-1}}$$

#### 3.3.2 计算相似系数, 建立相似矩阵

用式(1)标准化后的值尚存在负号, 为得到模糊相似矩阵, 采用绝对差数法(绝对值减法)计算各相似系数( $r'_{ij}$ ), 并建立相似矩阵  $R'$ 。

$$r'_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当 } i=j \text{ 时, } i,j=1,2,\dots,13 \\ 1 - C \sum_{k=1}^4 |x_{ik} - x_{jk}| & \text{当 } i \neq j \text{ 时} \end{cases} \quad (2)$$

$C$  为适当选取的常数, 使  $0 \leq r'_{ij} \leq 1$ , (这里选  $C=0.08$ )

$$R' = \begin{bmatrix} r'_{1,1} & r'_{1,2} & \dots & r'_{1,13} \\ r'_{2,1} & r'_{2,2} & \dots & r'_{2,13} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r'_{13,1} & r'_{13,2} & \dots & r'_{13,13} \end{bmatrix}$$

#### 3.3.3 建立模糊矩阵

令  $r_{ij} = 0.5 + \frac{r'_{ij}}{2}$ , 将相似系数压缩到 0, 1 之间, 即  $0 \leq r_{ij} \leq 1$ , 并以  $r_{ij}$  建立

模糊矩阵  $R$ 。

$$R = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \dots & r_{1,13} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \dots & r_{2,13} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{13,1} & r_{13,2} & \dots & r_{13,13} \end{bmatrix}$$

#### 3.3.4 建立模糊等价矩阵

模糊矩阵  $R$  具有自反性和对称性, 但一般不具有传递性。为了使模糊矩阵获得传递性, 就要对模糊矩阵进行褶积运算改造为模糊等价矩阵。需计算  $R_2 = R \cdot R$ ,  $R^4 = R^2 \cdot R^2$ ,  $R^8 = R^4 \cdot R^4 \dots$ , 一直计算到  $R^{2k} = R^k$  为止, 将模糊矩阵  $R$  改造为模糊等价矩阵  $R^*$ 。

$$R^* = \begin{bmatrix} r_{1,1}^* & r_{1,2}^* & \dots & r_{1,13}^* \\ r_{2,1}^* & r_{2,2}^* & \dots & r_{2,13}^* \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ r_{13,1}^* & r_{13,2}^* & \dots & r_{13,13}^* \end{bmatrix}$$

从计算相似系数到建立模糊等价矩阵的计算量很大, 需要在电子计算机上进行。

#### 3.3.5 进行聚类

将模糊等价矩阵  $R^*$  中的  $r_{ij}^*$  由大到小排列, 依次取  $\lambda$  值, 并定义:

$$r_{ij}^* = \begin{cases} 1 & r_{ij}^* \geq \lambda \\ 0 & r_{ij}^* < \lambda \end{cases}$$

从矩阵  $R^*$  元素中同一行或同一列为 1 者应划分为同一类, 然后再取  $\lambda$  值, 再进地聚类, 其步骤完全同上。逐步取  $\lambda$  值, 逐步归类, 最后得聚类结果如图 1。

从模糊聚类的分析结果(图1)看, 在  $\lambda=0.796$  时, 13 个试验点被聚为 5 类。即: I: {4, 7, 9, 10, 11, 12} 共 6 个点; II: {6} 1 个点; III: {3, 5, 8, 13} 4 个点; IV: {1} 1 个点; V: {2} 1 个点。

#### 3.4 不同类区聚类肥效方程的建立

由模糊聚类结果可以根据表 2 计算出不同类区分类指标的平均值(表 3)。

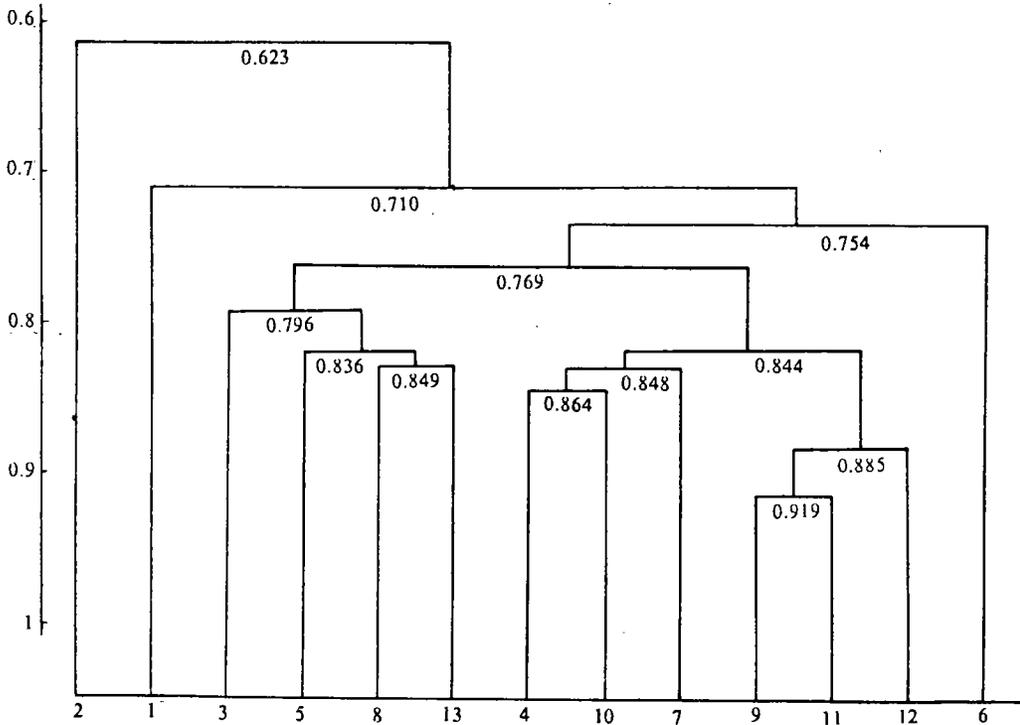


图 1 陇中黄绵土马铃薯推荐施肥试验资料模糊聚类图

表 3 不同类区地力产量、土壤有机质、碱解氮、有效磷平均值

类区	点次	地力产量 (kg/亩)	有机质 (g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮 (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷 (mg·kg <sup>-1</sup> )
I	6	1345.8	13.76	76	15.5
II	1	1121.6	11.20	50	12.6
III	4	840.2	13.36	64	6.4
IV	1	552.2	9.86	61	16.0
V	1	480.3	7.28	35	8.2

用每一类试验资料相同肥料处理产量结果平均值求得对应类区的肥料效应方程 (表 4), 由肥料效应方程计算得到经济最佳施肥量 (表 5)。

表 4 不同类区推荐施肥效应方程

类区	推荐施肥效应方程	F	R <sup>2</sup>
I	$\hat{y} = 1340.00 + 117.11N + 88.88P - 0.9266NP - 8.1379N^2 - 5.7777P^2$	64.153**	0.9906
II	$\hat{y} = 1121.61 + 101.72N + 135.92P - 0.7054NP - 6.8927N^2 - 14.605P^2$	20.910**	0.9720
III	$\hat{y} = 840.17 + 128.56N + 110.53P + 2.9793NP - 9.2874N^2 - 9.477P^2$	17.970**	0.9677
IV	$\hat{y} = 552.22 + 58.33N + 38.33P - 1.3333NP - 2.7333N^2 - 3.141P^2$	17.646**	0.9671
V	$\hat{y} = 480.28 + 26.67N + 35.38P + 0.0683NP - 1.9833N^2 - 5.7648P^2$	8.998*	0.9374

# 间作对马铃薯生长及产量的影响

郭华春 他理才

(云南农业大学农学院 昆明 650201)

## 1 前言

马铃薯与玉米间套作是云南旱地作物的主要种植方式之一, 目前播种面积达200多万亩。间套作对玉米生长及产量的影响已有不少报道<sup>(1,2)</sup>, 但对马铃薯生长的影响及其产量效应的有关报道还不多。为了给生产提供理论依据, 我们近年对间作下马铃薯的生长特性及产量表现作了一些研究。

## 2 试验材料与与方法

所选马铃薯品种为 Huinckul 和 CFK69.1, 玉米品种为丹玉15。马铃薯于4月29日播种, 6月9日达出苗期; 玉米于5月18日播种在营养袋中, 6月5日移栽。采用南北行向, 2:2行比, 玉米带宽0.6m, 株行距0.15m×0.3m, 马铃薯带宽1.2米, 株行距0.3m×0.6m, 每小区2行24株, 4次重复, 亩施复合肥50kg (N:P

表5 不同类区经济最佳施肥量及效益分析\*

类区	最佳施肥量(kg/亩)		产量(kg/亩)	增产量(kg/亩)	肥料成本(元/亩)	利润(元/亩)	产投比
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
I	6.40	6.21	2048.5	708.5	28.66	148.46	5.2
II	6.53	4.11	1785.1	663.4	23.05	142.80	6.2
III	7.57	6.43	1745.8	905.6	31.35	195.05	6.2
IV	8.46	2.52	898.4	346.2	22.06	64.49	2.9
V	4.57	2.13	610.7	130.4	14.06	18.54	1.3

\* 马铃薯价格0.25元/公斤; 氮素价格1.78元/公斤; 磷素价格2.78元/公斤。

## 4 小结

a. 对多年多点氮磷肥料试验资料进行模糊聚类分析时, 分类指标考虑选用地力产量、土壤有机质、碱解氮、有效磷四项为宜。

b. 陇中黄绵土马铃薯推荐施肥试验资料的模糊聚类分析, 关键参数: = 0.796。

c. 比较符合生产实际的第I、III类的肥料效应方程可以用来指导陇中黄绵土马铃薯

薯大面积推荐施肥。而第II、IV、V类由于只有一个点的试验资料, 只能在应用中参考, 有待进一步验证。

## 参 考 文 献

- 1 杨义群. 回归设计及多元分析——在农业中的应用. 天则出版社, 1990
- 2 肖位枢. 模糊数学基础及应用. 航空工业出版社, 1992
- 3 刘菊生. 数值分类方法在推荐施肥中的应用. 土壤肥料, 1992, 1
- 4 冯立孝. 模糊聚类法在陕南黄棕壤. 黄褐土分类上的应用. 土壤通报, 1992, 3