

# 福建海岸带水稻土物质类型的模糊聚类分析

吴德斌 连育青

(福建农学院土化系)

**内容提要** 本文应用模糊聚类分析方法对福建海岸带32个土壤样品进行了多指标的分类。研究结果表明,供试32个样品可分为六个土壤类型。对六类土壤的有机质、全氮、全磷、全钾、物理性粘粒、pH值,代换量及含盐量八项主要特性指标进行方差分析的结果,除了全钾、含盐量未达到类型间F值测验显著水平外,其他各项指标均达显著或极显著水平。该方法可作为水稻土基层分类的重要依据。

七十年代以来,土壤数值分类已被各国土壤学界所重视。模糊聚类分析是对自然界中的模糊现象进行多指标的综合分类,目前已在许多科学技术领域中广泛应用。本文拟就福建省海岸带水稻土物质类型进行模糊聚类分析初探。

## 一、材料与方 法

本文以1982—1984年福建海岸带土壤资次调查的数据为基础,取水稻土耕层标本32个设8项土壤指标列于表1。原始数据经标准化后按如下步骤计算:

### 1. 计算样品之间的相关系数矩阵 $R = (r_{ij})$

表1 福建海岸带32个水稻土的理化性质

编号	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	物理粘粒 (%)	pH	代换量*	含盐量 (%)	编号	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	物理粘粒 (%)	pH	代换量*	含盐量 (%)
1	1.49	0.089	0.067	2.17	42.9	5.5	5.03	0.00	17	2.67	0.121	0.084	1.60	49.6	6.9	9.94	0.09
2	2.15	0.097	0.106	1.29	30.2	5.2	8.07	0.09	18	1.05	0.132	0.101	2.02	57.9	6.7	9.37	0.11
3	1.54	0.081	0.072	2.02	45.2	5.2	5.26	0.09	19	1.55	0.075	0.062	1.35	38.7	4.7	5.51	0.00
4	1.73	0.093	0.042	1.85	53.8	5.3	6.89	0.00	20	2.97	0.152	0.122	1.53	67.4	6.2	15.06	0.00
5	2.28	0.118	0.102	1.08	25.4	5.8	7.50	0.00	21	5.18	0.108	0.118	1.89	23.4	6.0	7.11	0.00
6	1.74	0.101	0.084	2.57	47.2	5.3	6.16	0.00	22	1.70	0.101	0.127	2.58	31.5	5.3	7.95	0.00
7	1.20	0.089	0.067	2.17	22.9	4.5	4.08	0.00	23	2.35	0.132	0.096	2.85	61.7	6.7	9.44	0.00
8	0.84	0.053	0.036	2.79	17.1	4.3	2.60	0.00	24	2.91	0.172	0.133	1.67	67.2	7.0	14.65	0.26
9	3.52	0.198	0.161	2.69	60.7	6.7	20.43	0.00	25	3.05	0.167	0.167	3.30	56.1	6.7	17.91	0.00
10	3.91	0.242	0.169	2.07	53.6	6.8	19.06	0.00	26	2.94	0.212	0.155	2.70	51.7	7.8	15.18	0.00
11	1.06	0.071	0.059	1.93	24.7	4.8	4.29	0.00	27	2.66	0.158	0.173	1.32	67.3	5.9	10.04	0.00
12	1.84	0.106	0.130	3.02	25.9	5.4	9.83	0.00	28	2.52	0.112	0.098	2.50	53.9	6.3	9.98	0.00
13	1.78	0.085	0.088	2.89	28.7	4.8	8.52	0.00	29	2.90	0.204	0.162	2.20	61.9	7.0	14.40	0.06
14	2.89	0.171	0.161	1.56	53.6	5.8	11.37	0.00	30	2.45	0.131	0.119	2.30	69.3	7.1	11.06	0.17
15	1.14	0.072	0.069	2.05	25.6	4.6	4.87	0.00	31	2.75	0.151	0.129	2.36	69.8	7.1	13.41	0.24
16	1.70	0.094	0.056	1.84	55.1	4.8	7.02	0.00	32	2.77	0.147	0.131	2.46	78.6	6.9	14.82	0.22

注:代换量单位为me/100g土,物理粘粒粒径为<0.01mm。

造,公式为 $r'_{ij} = r_{ij}/2 + 0.5$ ,使 $r'_{ij}$ 值落在(0,1)之间。若 $r_{ij}$ 值在(0,1)之间,可直接建立论域U上的模糊相容矩阵R:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{12} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^m (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}$$

( $i, j = 1, 2, \dots, n$ )

式中 $x_{ik}$ 和 $x_{jk}$ 分别表示第 $i, j$ 个样品的第 $k$ 指标值,  $m$ 是指标总个数,  $n$ 是样品总个数。

若 $r_{ij}$ 值在(-1, 1)之间, 则必须对 $r_{ij}$ 值进行改

R矩阵必须满足条件:(1)自反性,  $r_{ij} = 1$ , (2)对称性,  $r_{ij} = r_{ji}$ , 其中 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 。

### 2. 基于模糊等价关系上的聚类。

计算 $R \cdot R$ 看其能否满足 $R \cdot R \subseteq R$ 的关系, 如不满足再自乘 $R^2, R^2 = R^4$ , 如此继续下去, 至某步出现 $R^2 = R^4$ , 至此, 则 $R^2$ 便是一个模糊等价关系, 然后由

大到小（从1到0），取不同的 $\lambda$ 值，而 $0 \leq \lambda \leq 1$ ，除模糊等价矩阵各元素值，定义：

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

这样可以得到由若干个0.1组成的矩阵，将1.0出现次数和位置相同的合并为一类。依次连结，成为模糊系统聚类分析图，再根据实际分类问题的要求，在

图上取一个适当的 $\lambda$ 值水平集线，即可得到一种合理的分类结果。

## 二、结果与讨论

32个样品经过上述运算，当 $R^{32} = R^{14}$ 时，得模糊等价矩阵，然后选入不同的 $\lambda$ 值，则得图1表示的

表 2 土壤类型间主要特性指标的差异方差分析

主要指标	变 异 来 源				F	差异显著性	
	类 型 间		误 差			F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
	平方和	均 方	平方和	均 方			
有机质(%)	12.30	1.89	2.81	0.101	18.71	—	**
全 氮(%)	0.057	0.011	3.12 × 10 <sup>-3</sup>	5.15 × 10 <sup>-4</sup>	21.34	—	**
全 磷(%)	0.031	10.1 × 10 <sup>-3</sup>	5.07 × 10 <sup>-3</sup>	4.50 × 10 <sup>-4</sup>	11.27	—	**
全 钾(%)	0.672	0.172	9.72	0.190	0.906	—	—
物理性粘粒	7126.82	1725.34	792.02	15.59	50.81	—	**
pH 值	5.64	1.72	5.09	0.29	5.74	•	—
代换量	418.35	107.26	83.12	3.88	27.53	—	**
含盐量(%)	0.047	0.014	0.153	5.71 × 10 <sup>-3</sup>	2.45	—	—

注：(1)根据表1数据计算而来，n=32 DF总=31 DF类间=5 DF误差=26  
(2)F<sub>0.05</sub>和F<sub>0.01</sub>的显著性水准分别为4.50和9.38

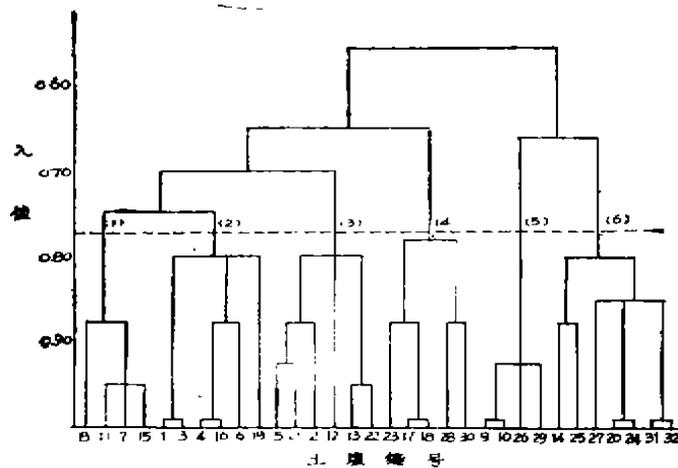


图 1 土壤样本模糊聚类图

模糊聚类图，如从该图中取 $\lambda$ 值为0.775时，可将32个水稻土区分为六个物质类型。对这六类土壤的8项主要特性指标类型间差异进行方差分析的结果（表2）表明，除全钾，含盐量未达到类型间F值测验显著水平外，pH值达F<sub>0.05</sub>显著水平，其它五项指标均达到F<sub>0.01</sub>的极显著水平。这表明五类土壤理化性状间存在着明显可辨的差异。

表3列出了这六个类型水稻土各项指标观测值的平均值和标准差。现将按图1划分的六类土壤分述如

下：

1. **低肥力砂质型水稻土** 主要由砂质渗育型水稻土构成，本类土壤主要处于低丘台地，多系花岗岩红壤性母质发育的红泥沙田，黄泥沙田，并包含沙质田及风沙田。养分贮存量及阳离子交换量在各类水稻土中最低，而物理性砂粒含量最高，PH值呈酸性至强酸性反应。

2. **低肥力粘壤质型水稻土** 主要是由处于低丘台地的粘壤质渗育型水稻土构成，如黄泥田，红土

表 3

六个类型水稻土特性的平均值(X)和标准差(S)

物质类型	土壤个数	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	pH值	物理性粘粒 (%)	代换量 (me/100g土)	含盐量 %
低肥力 砂质型	4	1.06±	0.066±	0.058±	2.23±	4.6±	32.6±	4.21±	0.00±
		0.136	0.008	0.012	0.341	0.18	3.31	0.451	0.00
低肥力 粘壤质型	6	1.63±	0.089±	0.061±	1.97±	5.1±	47.1±	6.16±	0.00±
		0.101	0.008	0.009	0.349	0.29	5.78	0.57	0.00
中肥力 砂质型	6	2.01±	0.104±	0.112±	2.13±	5.4±	25.9±	8.17±	0.00±
		0.210	0.008	0.015	0.757	0.39	4.65	0.859	0.00
中肥力 粘壤质型	5	2.53±	0.126±	0.100±	2.25±	5.7±	58.5±	9.96±	0.074±
		0.121	0.081	0.011	0.424	0.27	6.75	0.605	0.066
高肥力型	4	3.02±	0.214±	0.162±	2.43±	7.0±	57.1±	17.43±	0.015±
		0.421	0.017	0.005	0.284	0.43	4.40	2.43	0.026
潜在肥 力型	7	2.99±	0.160±	0.144±	2.03±	6.5±	64.6±	13.86±	0.144±
		0.291	0.0095	0.019	0.681	0.50	6.31	2.62	0.116

田,并包含局部洼地的铤水田,土壤质地较粘重,养分贮存量及阳离子交换量比低肥力砂质型水稻土略高,但均显著低于其它各类型水稻土,pH值呈酸性反应。

3. **中肥力砂质型水稻土** 由花岗岩红壤性母质的灰黄泥田等潜育型水稻土及平原较高处或靠近河谷两岸的潮沙田,灰沙泥田等潜育型水稻土构成,养分贮存量及阳离子交换量中等,物理性粘粒含量与低肥力砂质型水稻土相近。

4. **中肥力粘壤质型水稻土** 主要是轻度盐渍型水稻土及部分潜育型水稻土,地处滨海平原及近丘陵的交接洼地,养分贮存量及阳离子代换量中等,酸碱度适中,质地较粘重。

5. **高肥力型水稻土** 主要是潜育型水稻土,还有部分土壤肥力高,水耕熟化时间较长的轻度盐渍型水稻土。分布于河谷平原中部及滨海河谷平原交汇处,地下水位适中,集约化水平较高,酸碱度适中,物理性粘粒含量较高,也是各类型中养分贮量和阳离

子代换量最高的土壤。高肥力型水稻土是福建省海岸带地区最肥沃的水稻土物质类型。

6. **潜在肥力型水稻土** 由丘陵洼地、平原低地的潜育型水稻土及滨海平原、河口三角洲近滨海处地下水位高的盐渍型水稻土构成。土壤养分贮量和阳离子交换量与高肥力型水稻土相近,物理性粘粒含量显著高于其它各类型。由于地势较低,排水不畅,潜育作用强烈,盐渍型水稻土尚受中度的盐渍化作用,故养分贮量较高,而其有效性甚差。

上述的物质分类可作为划分分类单元,特别是划分基层分类单元的主要依据。

#### 参 考 文 献

- [1] 汪培庄,1980,模糊数学简介,数学的实践与认识,第二期,45—49
- [2] 贺仲雄,1985,模糊数学及其应用,天津科技出版社。
- [3] 刘多森,1980,聚类分析在太湖地区水稻土物质分类中的应用,土壤学报,第17卷,4期,374—381页。

(上接第32页)而是锌有助于叶部磷向籽粒转移,与对照相比提高近一倍。

#### 参 考 文 献

- [1] Chapman, H.D. and A.F. Vanslow, 1937: Relation between nitrogen and zinc in Crop nutrition, J. Agr. Res, 55, 365—379.
- [2] Wallace, A. et al., 1976: Zinc induced iron ipfecieny in soybeans. Communication in

Soil Science and plant Analysis, 7(1), 37—41.

- [3] 邢恩荣,1985江西褐土锌肥肥效及锌磷效应的研究,辽宁农业科学。(1)。
- [4] 加藤善正(陈崇敏译),1983:大豆生长及氮素运转,国外农学——大豆2:27—37。
- [5] 吴明才,1983:微量元素对大豆氮代谢的影响,大豆科学,2卷4期305—310页。