

主成分分析、聚类分析在土地评价中的应用^①

——以福建沙县夏茂镇水稻土为主要评价对象

陈加兵 曾从盛

(福建师大地理科学学院 福州 350007)

摘 要 本文采用主成分分析法,对福建省沙县夏茂镇的9种水稻土土类进行综合评分,后用欧氏距离最短距离法对其进行聚类,分析了这9种土类存在的主要问题,在此基础上提出了利用和改良这9种土类的一些设想和基本措施。

关键词 主成分分析; 聚类分析; 水稻土类; 利用与改良

1 确定评定指标和采集原始数据

以水稻田为评价对象,采用自然地块为评价单元,选出了10个评价指标^[1,2],原始数据见表1。

表1 夏茂镇土种评价指标原始数据

| 主要土种名称 | 有机质 (%) | 碱解氮 ($\mu\text{g/g}$) | 速效磷 ($\mu\text{g/g}$) | 速效钾 ($\mu\text{g/g}$) | pH 值 | 耕层厚度 (cm) | 质地 | 水源保证 | 排水状况 | 障碍因素 |
|--------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|-----------|------|------|------|------|
| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| 灰黄泥田 | 2.87 | 192.5 | 14.1 | 0.75 | 5.2 | 14.5 | 3.4 | 3 | 4 | 3.5 |
| 乌泥田 | 3.72 | 212 | 18 | 1.53 | 6.4 | 18 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 灰泥田 | 3.78 | 212 | 25.8 | 0.92 | 5.2 | 18 | 3.87 | 4 | 4 | 4 |
| 青底灰泥田 | 4.32 | 190 | 5.6 | 0.78 | 5.1 | 14 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 黄底灰泥田 | 2.98 | 189 | 20.6 | 0.39 | 5.2 | 16 | 3.87 | 2.55 | 4 | 4 |
| 灰砂田 | 1.9 | 171 | 14 | 0.64 | 5.4 | 14 | 2.6 | 4 | 2.77 | 2 |
| 青泥田 | 4.63 | 216.5 | 0.5 | 0.84 | 4.95 | 15 | 3.25 | 4 | 2 | 2 |
| 冷水田 | 3.89 | 191 | 4.5 | 1.08 | 4.95 | 14 | 2.5 | 4 | 1 | 1 |
| 浅脚烂泥田 | 4.86 | 160 | 4.8 | 0.98 | 5.1 | 15 | 2 | 4 | 1 | 1 |

2 主成分分析

由于指标过多,并且指标之间彼此有一定的相关性,因而所得的统计数据反映的信息在一定程度上有重叠,给运算和分析问题带来不必要的麻烦,还可能存在主观片面性,不能很好地抓住事物的主要矛盾,而主成分分析正是解决这一问题的理想工具^[3,4]。

其计算步骤可归纳为如下几点。

(1)对原始数据进行标准化,以消除各指标量纲不同和量级差异的影响(表2)。

① 本文承福建师大数学系陈宗洵教授的悉心指导,在此表示衷心感谢

表 2 夏茂镇土种评价指标标准化数据

| 主要土种 名称 | 有机质 | 碱解氮 | 速效磷 | 速效钾 | pH 值 | 耕层厚 度(cm) | 质地 | 水源 保证 | 排水 状况 | 障碍 因素 |
|------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--------------|--------|----------|----------|----------|
| | (%) | ($\mu\text{g/g}$) | ($\mu\text{g/g}$) | ($\mu\text{g/g}$) | | | | | | |
| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
| 灰黄泥田 | -0.841 | -0.009 | 0.246 | -0.408 | -0.176 | -0.550 | 0.336 | -1.319 | 0.896 | 0.621 |
| 乌泥田 | 0.063 | 1.020 | 0.700 | 2.059 | 2.533 | 1.616 | 1.195 | 0.493 | 0.896 | 1.020 |
| 灰泥田 | 0.126 | 1.020 | 1.608 | 0.130 | -0.176 | 1.616 | 1.009 | 0.493 | 0.896 | 1.020 |
| 青底灰泥田 | 0.701 | -0.141 | -0.744 | -0.313 | -0.401 | -0.860 | -0.237 | 0.493 | 0.108 | 0.222 |
| 黄底灰泥田 | -0.724 | -0.193 | 1.003 | -1.546 | -0.176 | 0.378 | 1.009 | -2.135 | 0.896 | 1.020 |
| 灰砂田 | -1.873 | -1.143 | 0.234 | -0.755 | 0.276 | -0.860 | -0.810 | 0.493 | -0.074 | -0.577 |
| 青泥田 | 1.031 | 1.257 | -1.338 | -0.123 | -0.740 | -0.241 | 0.121 | 0.493 | -0.680 | -0.577 |
| 冷水田 | 0.243 | -0.088 | -0.872 | 0.636 | -0.740 | -0.860 | -0.953 | 0.493 | -1.468 | -1.375 |
| 浅脚烂泥田 | 1.275 | -1.723 | -0.837 | 0.320 | -0.401 | -0.241 | -1.669 | 0.493 | -1.468 | -1.375 |

(2)计算各指标的相关系数矩阵(表 3)。

表 3 各指标的相关系数矩阵

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X1 | 1.000 | .182 | -.538 | .405 | -.230 | .092 | -.212 | .429 | -.494 | -.314 |
| X2 | .182 | 1.000 | .229 | .335 | .251 | .565 | .765 | .066 | .440 | .534 |
| X3 | -.538 | .229 | 1.000 | -.075 | .451 | .711 | .701 | -.385 | .813 | .794 |
| X4 | .405 | .335 | -.075 | 1.000 | .618 | .438 | .053 | .600 | -.136 | -.059 |
| X5 | -.230 | .251 | .451 | .618 | 1.000 | .607 | .471 | .097 | .489 | .483 |
| X6 | .092 | .565 | .711 | .438 | .607 | 1.000 | .731 | .000 | .561 | .662 |
| X7 | -.212 | .765 | .701 | .053 | .471 | .731 | 1.000 | -.408 | .873 | .929 |
| X8 | .429 | .066 | -.385 | .600 | .097 | .000 | -.408 | 1.000 | -.497 | -.476 |
| X9 | -.494 | .440 | .813 | -.136 | .489 | .561 | .873 | -.497 | 1.000 | .974 |
| X10 | -.314 | .534 | .794 | -.059 | .483 | .662 | .929 | -.476 | .974 | 1.000 |

(3)计算特征值(从大到小排列)和特值向量(见表 4)。

(4)计算贡献率和累积贡献率(见表 4),并提取主成分。

提取主成分的个数一般要求累积贡献率要超过 85%。据此本文提取了 5 个主成分,各主成分的方差贡献率分别为 50.724%、25.034%、11.461%、5.174%和 4.303%,累积贡献率达 96.679%,它们已代表了水稻田质量 96.697%的信息。

由表 4 可知第 1 成分中 X7、X9、X10 所占的比重远大于其它指标的系数,所以第 1 主成分是水稻土通气透水性能的综合反映。第 2 主成分以 X4 所占的比重最大,它反映了水稻田养分活化的程度。第 3 主成分 X5 的系数为负数(-0.532),对第 3 主成分起明显的减值作用,另外 X1、X2 所占比重也比较大,突出地反映了水稻土养分状况。第 4 主成分主要是水稻土耕层厚度的反映。第 5 个主成分以 X8 所占的比例最大,远大于其它各指标,它是水稻田供水状况的反映。

(5)计算主成分得分(见表5)^①

表4 主成分分析表

| 指标 | 主成分1 | 主成分2 | 主成分3 | 主成分4 | 主成分5 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X1 | -0.167 | 0.398 | 0.495 | 0.489 | -0.259 |
| X2 | 0.258 | 0.288 | 0.502 | -0.507 | 0.157 |
| X3 | 0.382 | -0.121 | -0.221 | 0.370 | 0.428 |
| X4 | 0.034 | 0.580 | -0.247 | -0.057 | -0.244 |
| X5 | 0.269 | 0.281 | -0.532 | -0.139 | -0.422 |
| X6 | 0.345 | 0.292 | 0.010 | 0.517 | 0.192 |
| X7 | 0.421 | 0.034 | 0.259 | -0.143 | -0.065 |
| X8 | -0.181 | 0.466 | -0.175 | -0.203 | 0.662 |
| X9 | 0.418 | -0.142 | -0.008 | -0.123 | -0.020 |
| X10 | 0.426 | -0.067 | 0.114 | 0.018 | -0.086 |
| 特征值 | 5.072 | 2.503 | 1.146 | 0.517 | 0.430 |
| 贡献率(%) | 50.724 | 25.034 | 11.461 | 5.174 | 4.303 |
| 累积贡献率(%) | 50.724 | 75.759 | 87.220 | 92.394 | 96.697 |

表5 各主成分得分表

| 主成分得分 | 主成分1 | 主成分2 | 主成分3 | 主成分4 | 主成分5 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 灰黄泥田 | 2.254 | -2.508 | 0.101 | -0.311 | -0.377 |
| 乌泥田 | 6.879 | 4.251 | -1.197 | -0.161 | -0.442 |
| 灰泥田 | 5.668 | 1.134 | 0.620 | 0.471 | 0.869 |
| 青底灰泥田 | -2.034 | -0.039 | 0.642 | -0.221 | -0.079 |
| 黄底灰泥田 | 4.742 | -3.886 | 0.582 | 0.445 | -0.309 |
| 灰砂田 | -1.909 | -2.317 | -2.015 | -0.486 | 0.484 |
| 青泥田 | -2.734 | 1.510 | 1.866 | -0.494 | 0.023 |
| 冷水田 | -5.769 | 0.925 | 0.020 | -0.247 | 0.050 |
| 浅脚烂泥田 | -7.097 | 0.930 | -0.620 | 1.005 | -0.219 |

(6)计算各土类的综合得分^[4]并排列肥力等级(见表6)。

表6 各类田综合得分情况表

| 田类 | 灰黄泥田 | 乌泥田 | 灰泥田 | 青底灰泥田 | 黄底灰泥田 | 灰砂田 | 青泥田 | 冷水田 | 浅脚烂泥田 |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| 综合得分 | 0.494738 | 4.388969 | 3.291503 | -0.98282 | 1.509065 | -1.7834 | -0.81955 | -2.70289 | -3.39562 |
| 肥力等级 | 4 | 1 | 2 | 5 | 3 | 7 | 6 | 8 | 9 |

3 聚类分析

以各土类的主成分得分(见表5),作为评价其肥力的新指标,以欧氏距离作为衡量各水稻土肥力差异大小,采用最短距离法对各土类进行系统聚类^[3],聚类图见图1。

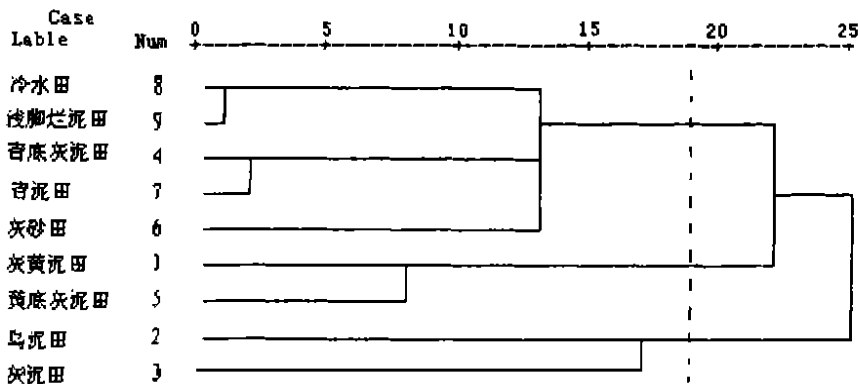


图1 系统聚类图

① 在表5、表6中的各主成分因子得分和各类田综合得分中,有很多土类得分出现负数,但这并不是说该水稻土类的不适宜种植水稻,这里的正负数表示与水稻田综合肥力平均水平的位置关系,这是整个过程数据标准化的结果。

4 结论与分析

从表 6 可知:就水稻田的实际肥力而言是乌泥田> 灰泥田> 黄底灰泥田> 灰黄泥田> 青底灰泥田> 青泥田> 灰砂田> 冷水田> 浅脚烂泥田。

从系统聚类图来看,我们可把夏茂镇的水稻田分为 3 类,其结果如下:

高产田={乌泥田、灰泥田};

中产田={灰黄泥田、黄底灰泥田};

低产田={青底灰泥田、灰砂田、青泥田、冷水田、浅脚烂泥田}。

乌泥田:水耕历史悠久,经营集约,施肥量多,土壤熟化程度高。耕作层深厚绵软,一般厚达 15~20cm,有良好结构,犁底层紧而不硬,松软适中,具有良好的保水保肥性能,又有适当的渗透性,作物根系容易伸长,无障碍性因素,属高产田。

灰泥田:土层深厚,水源充足,灌溉方便,地下水位适中,保水爽水,种稻历史悠久,熟化度较高,肥力中等以上。

灰黄泥田:水源充足,排灌方便,但距村较远,经营集约程度不是很高,熟化度中等,矿质营养成分较缺,属中产土壤类型。

黄底灰泥田:地势较灰泥田高,排水条件较好,地下水位在 100~150cm,无渍涝威胁,宜耕期长,适种性广,但有有机质矿化作用较强,潜在肥力不如灰泥田。

青底灰泥田:所处地势低平,土质粘重,地下水位在 50~70cm,土体湿润,有渍害威胁,丰水年尤为突出。渍害是本土种主要障碍因素。

灰砂田:有机质含量不高,质地偏砂,保肥性差,矿质养分贫乏,潜在肥力低,基础肥力中等偏低。

青泥田:所处地势低洼,质地较粘重,地下水位较高,一般在 30~50cm 左右,有机质含量丰富,但分解缓慢,潜在肥力较高。由于所处环境条件较差,土质粘重,水分过多,养分释放缓慢,早春地温低影响苗期生长,产量不高,属低产土壤。

冷水田:所处地形蔽阴,水温地温较低。耕作有机质含量虽较为丰富,但矿质养分较贫乏。有效性铜、锌、钼、硼均低于营养临界值。

浅脚烂泥田:主要分布在山垄泉水溢出带。烂泥层较薄,一般不超过 30cm,人畜尚可下田耕作。但烂泥层粘粒分散,土体糊烂,作物扎根不稳,易浮秧倒伏。

5 利用与改良

对乌泥田,必须注意用地与养地相结合。实行粮、蔗、肥、菜水旱轮作;积极发展立体农业,提高土地利用率和生产力;在增施有机肥的基础上积极调整化肥结构,提倡控氮补增钾,适施锌、硼等微肥,以协调土壤养分平衡,满足作物高产优质的需要。

对灰泥田、青底灰泥田、黄底灰泥田,要注意用地养地相结合,因地制宜建立合理轮作制及各种形式的立体农业结构。

对灰黄泥田,在利作和改良上,应重视改善生产条件,首先加强水利建设,完善灌排系统,逐步改串灌为轮灌。其次,普及先进技术,推广合理的配套栽培技术,合理品种布局和调整耕作制度。适当深耕,加厚耕层,扩大养分库容量^[5]。

(下转第 256 页)

高农业生产资源的使用效率。

表 3 资本生产率及其增长率

| 年份 | 每千瓦农机动力的创造的 农业总产值 | | 每千瓦时农村用电提供的 农村社会产值(元) | | 每吨化肥施用量提供的 农业产值(万元) | | 每吨化肥施用量提供的 粮食产量 | |
|------|----------------------|-------|--------------------------|------|------------------------|-------|--------------------|-------|
| | 90 不变价 | 增长率 | 当年价 | 增长率 | 90 不变价 | 增长率 | 吨 | 增长率 |
| 1985 | 4229 | | 11.80 | | 3.08 | | 29.54 | |
| 1986 | 4144 | -2.0 | 13.82 | 17.1 | 2.93 | -4.9 | 27.55 | -6.7 |
| 1987 | 3726 | -10.1 | 12.90 | -6.7 | 2.34 | -20.1 | 21.27 | -22.8 |
| 1988 | 3976 | 6.7 | 15.64 | 21.2 | 2.43 | 3.9 | 21.59 | 1.5 |
| 1989 | 3753 | -5.6 | 18.20 | 16.4 | 2.28 | -6.2 | 20.34 | -5.8 |
| 1990 | 4099 | 9.2 | 16.41 | -9.8 | 2.00 | -12.3 | 18.02 | -11.4 |
| 1991 | 4118 | 0.5 | 16.90 | 3.0 | 1.86 | -7.0 | 16.82 | -6.7 |
| 1992 | 4464 | 8.4 | 17.01 | 0.7 | 1.86 | 0.0 | 16.78 | -0.2 |
| 1993 | 3933 | -11.9 | | | 1.89 | 1.6 | 18.89 | 12.6 |
| 1994 | 5060 | 28.7 | | | 2.01 | 6.4 | 17.99 | -4.8 |
| 1995 | 5277 | 4.3 | | | 2.19 | 9.0 | 17.57 | -2.3 |
| 1996 | 5405 | 2.4 | | | 2.41 | 10.1 | 17.96 | 2.2 |
| 1997 | 5049 | -6.6 | | | 2.46 | 2.1 | 17.95 | -0.0 |
| 1998 | 4801 | -4.9 | | | 2.62 | 6.5 | 17.59 | -2.0 |

资料来源: 同表 1

参 考 文 献

- 1 Upton M. Agricultural Production Economics and Resource—use. London W. I: Oxford university press 1976, 3~35
- 2 厉以宁. 非均衡条件下经济增长与波动的若干理论问题. 见: 彭建松编. 厉以宁九十年代文选. 北京: 北京大学出版社, 1998, 1~34



(上接第 246 页)

对灰砂田, 应加强防洪排涝设施, 防止洪涝灾害改善土壤的物理性状, 提高土壤保肥供肥能力, 因地制宜, 发展豆料绿肥, 实行稻、豆、瓜、菜轮作, 用地养地, 提高地力。

对青泥田, 应以水改为中心, 做好开沟排水降低地下水位这一根本措施。在此基础上实行水旱轮作, 冬翻晒垡, 加速土壤养分转化, 降低有毒还原物质含量, 防止水稻坐苗和败根早衰^[5]。

对冷水田、浅脚烂泥田, 在改良利用上, 应以治水为中心, 抓好开沟排水降低地下水位这一根本措施。根据山垄地形和土壤渍水程度, 因地制宜开好“三沟”(即防洪沟、排水沟、灌溉沟)^[5]。

参 考 文 献

- 1 胡伟. 灰色关联度分析在土地评价中的应用. 自然地理学与中国区域开发, 武汉: 湖北教育出版社, 1990
- 2 倪绍祥. 土地类型与土地评价概论. 北京: 高等教育出版社, 1999, 256~307
- 3 方开泰. 实用多元统计分析. 上海: 华东师范大学出版社, 1989, 291~302, 215~223
- 4 何晓群. 现代统计分析方法与应用. 北京: 中国人民大学出版社, 1998, 281~315
- 5 福建省土壤普查办公室编. 福建土壤. 福州: 福建科学技术出版社, 1991