

# GIS 和 SPSS 技术支持下的许昌市 耕作土壤肥力综合评价<sup>①</sup>

刘钦普

(南京晓庄学院地理系 南京 210017)

**摘 要** 本文运用 GIS 和 SPSS 技术,对许昌市主要耕作土壤肥力进行综合评价。作者首先选取与土壤肥力密切相关的 7 个因素,建立综合评价指标体系,并根据各个因素对土壤肥力影响的大小不同,建立判断矩阵,确定其权重。然后,利用聚类分析的方法,对许昌市主要的 12 种耕作土壤的肥力进行类型划分,并确定其等级。最后针对评价结果,提出了土壤合理利用的建议。

**关键词** 许昌; 耕作土壤肥力; 综合评价; 聚类分析

许昌市位于河南省的中部,处在伏牛山余脉与豫东南平原的过渡地带,不同地区 and 地形上的土壤肥力差异很大,尤其是中低产土壤面积较大。科学准确地评价耕作土壤的肥力状况并把握其动态变化,对合理利用和改造土壤促进农业生产的可持续发展有着重要的意义。过去人们评价土壤肥力多从土壤有机质或氮、磷、钾等单方面来评价,不能把握土壤的整体质量特征。本文根据许昌土壤分布的实际情况,运用 GIS (地理信息系统)<sup>[1]</sup> 和 SPSS(统计软件)技术等建立多指标评价体系,对许昌市 12 种主要耕作土壤肥力进行综合评价和快速的信息查询、地图和图表输出等,为土壤的合理利用、开发和科学管理提供依据。

## 1 数据获取和处理技术流程设计

将 GIS 和 SPSS 技术运用于许昌市主要耕作土壤肥力的综合评价,获取数据是重要的第一步。数据的获得主要利用现有的地图资料和土壤分析数据,并结合野外考察、访问等。根据所得到的资料,我们利用 Arc/Info 和 ArcView 等 GIS 软件,对有关地形图、土壤类型图、土壤有机质含量图、土壤养分图等,进行数字化,在统一图形坐标和比例尺下,协调各专题要素分布及界线,按数据的类型和层次建立其空间数据库和属性库。基于 GIS 软件 ArcView 操作方便、可视化强等特点,数据的汇总、统计分析、图形显示和成果输出均在该软件平台下完成<sup>[2]</sup>。通过对 ArcView 中的各个 theme 图形栅格化,可以进行图形叠加、面积求算等空间分析。结合 SPSS 软件,对数据库中的有关数据编辑、计算和聚类分析等,确定各类土壤类型的肥力等级和分布状况。地图面积的计算有多种方法,在利用 Arc/Info 进行数字化的过程中,通过建立拓扑关系,可以较为准确地计算出各类土壤类型的面积;还可以运用 ArcView 中的空间分析功能,利用土壤类型栅格图,对各土壤类型的栅格数目进行统计,计算其面积和比重等。技术路线如图 1。

<sup>①</sup>本文为许昌市 2001 年科技发展攻关项目阶段性成果 (项目编号: 0130023)。

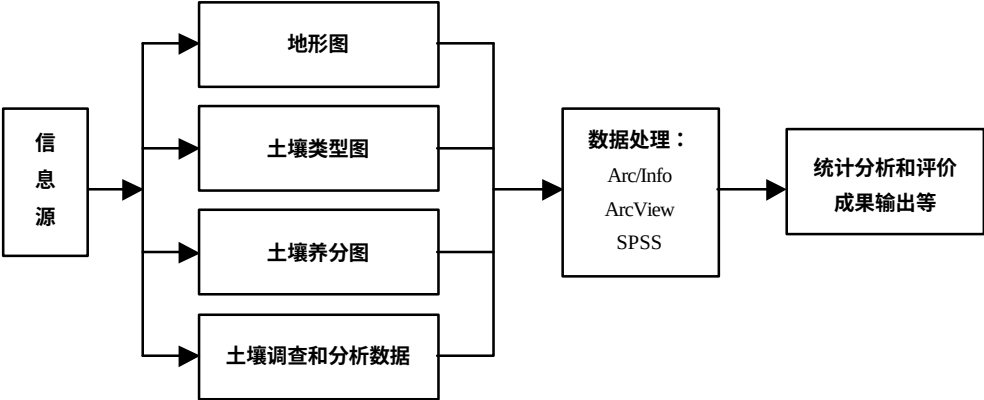


图 1 实验技术流程图

2 评价方法和步骤

2.1 建立评价指标体系

评价指标（或因素）是指参与评定耕作土壤肥力的一种可度量或可测定的土壤属性。正确地选择参评指标，是科学地揭示耕地肥力的前提，直接影响耕地肥力高低评定等级的准确程度。指标的选择应遵循以下原则<sup>[3]</sup>：（1）所选择的参评因素应对耕作土壤的肥力有比较大的影响，且在评价区域内有较明显的变异；（2）对于不同用途或适宜性的耕地，应分别选择相应的参评因素，并根据地区的特点有所侧重；（3）在评价过程中，应选择稳定性高的因素作参评因素，以便使评价成果和资料在较长的一段时间内具有应用价值。对于小区域、大比例尺制图评价工作，可以考虑选择一些稳定性不高，但对当前生产有密切关系的因素；（4）参评因素的选择应与评价范围相结合。小比例尺制图、大范围评价时，环境因素（如气候）应占主导地位；反之，土壤、地貌以及其它因素则应成为影响耕地肥力的主导参评因素。因此，我们根据许昌的区域特点，按照上述原则，选择地貌类型、土壤容重、土壤有机质含量、土壤阳离子代换量、土壤全氮、土壤速效磷和速效钾含量等 7 个因素作为评价指标。根据每一因素在不同土壤中的实际差异状况，确定适合本地的评价指数，建立耕作土壤肥力评价指标体系（见表 1）。

表 1 耕作土壤肥力评价指标体系

| 评价因素                   | 评价指数  |         |         |       |
|------------------------|-------|---------|---------|-------|
|                        | 1     | 2       | 3       | 4     |
| 地貌类型                   | 平地    | 坡地      | 岗地      | 洼地    |
| 有机质(g/kg)              | > 10  | 10~8    | 8~6     | < 6   |
| 容重(g/cm <sup>3</sup> ) | < 1.2 | 1.2~1.3 | 1.4~1.3 | > 1.4 |
| 代换量 (cmol/kg)          | > 20  | 20~15   | 15~10   | < 10  |
| 全氮(g/kg)               | > 0.7 | 0.7~0.6 | 0.6~0.5 | < 0.5 |
| 速效磷(mg/kg)             | > 6   | 6~5     | 5~4     | < 4   |
| 速效钾(mg/kg)             | > 100 | 100~90  | 90~80   | < 80  |

2.2 确定各评价指标的权重

2.2.1 建立判断矩阵 由于各评价指标对土壤肥力所起作用的大小是不同的，所以要确定它们的权重，以便突出主要的项目，压缩次要的项目，避免均衡评判产生的误差，使之更加与实际情况相吻合。根据许昌土壤的实际情况和掌握的专业知识并听取有关专家和有实践经验的技术人员的意见，分别比较各因素的相对重要性，判断它们的权重，得到判断矩阵（见表 2）<sup>[4]</sup>。

表 2 评价指标相对重要性判断矩阵

|      | 地貌类型 | 有机质 | 容重  | 代换量 | 全氮  | 速效磷 | 速效钾 |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 地貌类型 | 1    | 3   | 5   | 9   | 7   | 9   | 11  |
| 有机质  | 1/3  | 1   | 3   | 7   | 5   | 7   | 9   |
| 容重   | 1/5  | 1/3 | 1   | 5   | 3   | 5   | 7   |
| 代换量  | 1/9  | 1/7 | 1/5 | 1   | 1/3 | 1   | 3   |
| 全氮   | 1/7  | 1/5 | 1/3 | 3   | 1   | 3   | 5   |
| 速效磷  | 1/9  | 1/7 | 1/5 | 1   | 1/3 | 1   | 3   |
| 速效钾  | 1/11 | 1/9 | 1/7 | 1/3 | 1/5 | 1/3 | 1   |

判断矩阵建立的方法是: 设  $b_i$  为表 2 行的评价因素,  $b_j$  为表 2 列的评价因素,  $a_{ij} = b_i/b_j = k$ ,  $a_{ji} = b_j/b_i = 1/k$ ,  $k$  为行的因素与列的因素的相对重要度。一般采用  $k=1, 3, 5, 7, \dots$ , 重要程度越大,  $k$  取值越大。若因素  $b_i$  与因素  $b_j$  同等重要, 则  $a_{ij}=a_{ji}=1$ ; 若因素  $b_i$  比因素  $b_j$  稍微重要, 则  $a_{ij}=3$ ;  $a_{ji}=1/3$ ; 若因素  $b_i$  比因素  $b_j$  明显重要, 则  $a_{ij}=5$ ,  $a_{ji}=1/5$ , 若因素  $b_i$  比因素  $b_j$  强烈重要, 则  $a_{ij}=7$ ,  $a_{ji}=1/7$ ; 等等。

2.2.2 计算评价指标的权重值 权重值的计算步骤是: (1) 将判断矩阵的每一列正规化, 即:  $A_{ij} = a_{ij} / \sum a_{ij} (i, j = 1, 2, 3, \dots, 7)$ ; (2) 把每一列都正规化的判断矩阵按行加总, 即:  $W_i = \sum A_{ij} (i, j = 1, 2, 3, \dots, 7)$ ; (3) 对  $W_i$  正规化, 所得即为所求, 即:  $P_i = W_i / \sum W_i (i = 1, 2, 3, \dots, 7)$ 。

利用表 2 判断矩阵中的数字, 按照上述步骤, 计算出 7 个因素权重值。它们分别为:  $P_1$  (地貌类型) = 0.428,  $P_2$  (有机质) = 0.247,  $P_3$  (容重) = 0.144,  $P_4$  (代换量) = 0.040,  $P_5$  (全氮) = 0.080,  $P_6$  (速效磷) = 0.040,  $P_7$  (速效钾) = 0.021。

计算表 2 矩阵的最大特征根, 并进行一致性检验。其一致性指标  $CI$  为 0.067,  $< 0.1$ , 说明判断矩阵具有满意的一致性。

### 2.3 聚类分析

在土壤肥力评价中, 把评价单元(土壤类型)看作聚类分析中的研究样本, 把反映每个评价单元基本特征的各土壤肥力因素看作样本的指标或变量。我们根据许昌市主要耕作土壤的分析资料原始数据(见表 3), 对照表 1 土壤肥力评价指标体系, 得出各个土壤诸评价因素

表 3 12 种土壤的各个因素原始数据(量纲见表 1)及初始评价指数(表中括号内的数字)

| 土壤名称      | 地貌类型   | 有机质      | 全氮       | 速效磷     | 速效钾     | 代换量       | 容重       |
|-----------|--------|----------|----------|---------|---------|-----------|----------|
| 沙质潮土      | 平地 (1) | 7.1 (3)  | 0.48 (4) | 3.8 (4) | 76 (4)  | 9.15 (4)  | 1.45 (4) |
| 壤质潮土      | 平地 (1) | 8.6 (2)  | 0.63 (2) | 5.1 (2) | 92 (2)  | 10.50 (3) | 1.30 (2) |
| 粘质潮土      | 洼地 (4) | 10.8 (1) | 0.80 (1) | 6.4 (1) | 164 (1) | 19.20 (2) | 1.46 (4) |
| 红黄土质褐土    | 岗地 (3) | 11.7 (1) | 0.74 (1) | 3.7 (4) | 113 (1) | 19.56 (2) | 1.40 (4) |
| 洪冲积褐土     | 坡地 (2) | 11.1 (1) | 0.71 (1) | 3.4 (4) | 91 (2)  | 12.48 (3) | 1.12 (1) |
| 潮褐土       | 平地 (1) | 11.4 (1) | 0.72 (1) | 4.8 (3) | 90 (2)  | 13.58 (3) | 1.23 (2) |
| 石灰性砂姜黑土   | 洼地 (4) | 8.9 (2)  | 0.68 (2) | 6.7 (1) | 109 (1) | 19.60 (2) | 1.33 (3) |
| 覆盖石灰性砂姜黑土 | 洼地 (4) | 9.8 (2)  | 0.66 (2) | 1.9 (4) | 108 (1) | 20.50 (1) | 1.38 (3) |
| 黄土质褐土     | 岗地 (3) | 10.5 (1) | 0.67 (2) | 3.4 (4) | 97 (2)  | 11.54 (3) | 1.12 (1) |
| 壤质脱潮土     | 平地 (1) | 9.1 (2)  | 0.62 (2) | 4.8 (3) | 85 (3)  | 9.90 (4)  | 1.30 (2) |
| 砂壤质脱潮土    | 平地 (1) | 7.6 (3)  | 0.51 (3) | 3.8 (4) | 66 (4)  | 9.50 (4)  | 1.45 (4) |
| 石灰性青黑土    | 洼地 (4) | 9.8 (2)  | 0.71 (1) | 6.9 (1) | 104 (1) | 19.10 (2) | 1.34 (3) |

的初始评价指数（见表 3 括号内的数字），将初始评价指数乘以相关的权重，得出 12 种主要土壤各因素的评价指数（表 4）。利用 SPSS 统计软件，把表 4 中的 12 种土壤作为聚类

表 4 12 种主要耕作土壤各因素的评价指数及肥力等级

| 土壤名称      | 地貌类型  | 有机质   | 全氮   | 速效磷  | 速效钾   | 代换量  | 容重    | 等级 |
|-----------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|----|
| 砂质潮土      | 0.428 | 0.741 | 0.32 | 0.16 | 0.084 | 0.16 | 0.576 | 3  |
| 壤质潮土      | 0.428 | 0.494 | 0.16 | 0.08 | 0.042 | 0.12 | 0.288 | 1  |
| 粘质潮土      | 1.712 | 0.247 | 0.08 | 0.04 | 0.021 | 0.08 | 0.576 | 4  |
| 红黄土质褐土    | 1.284 | 0.247 | 0.08 | 0.16 | 0.021 | 0.08 | 0.576 | 2  |
| 洪冲积褐土     | 0.856 | 0.247 | 0.08 | 0.16 | 0.042 | 0.12 | 0.144 | 2  |
| 潮褐土       | 0.428 | 0.247 | 0.08 | 0.12 | 0.042 | 0.12 | 0.288 | 1  |
| 石灰性砂姜黑土   | 1.712 | 0.494 | 0.16 | 0.04 | 0.021 | 0.08 | 0.432 | 4  |
| 覆盖石灰性砂姜黑土 | 1.712 | 0.494 | 0.16 | 0.16 | 0.021 | 0.04 | 0.432 | 4  |
| 黄土质褐土     | 1.284 | 0.247 | 0.16 | 0.16 | 0.042 | 0.12 | 0.144 | 2  |
| 壤质脱潮土     | 0.428 | 0.494 | 0.16 | 0.12 | 0.063 | 0.16 | 0.288 | 1  |
| 砂质脱潮土     | 0.428 | 0.741 | 0.24 | 0.16 | 0.084 | 0.16 | 0.576 | 3  |
| 石灰性青黑土    | 1.712 | 0.494 | 0.08 | 0.04 | 0.021 | 0.08 | 0.432 | 4  |

分析的样本（N），各因素的评价指数作为变量，选择欧氏距离，采用最短距离系统聚类法进行聚类分析，得到最短距离聚类谱系图（图 2）。

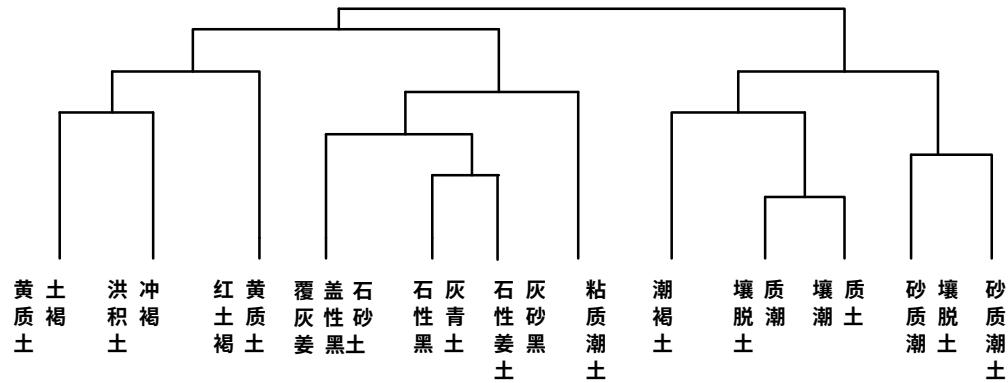


图 2 许昌市 12 种耕作土壤肥力综合评价聚类谱系图

聚类谱系图直观地反映了 12 种土壤肥力水平的相似性和差异性。据图 2 的谱系关系，我们可以把 12 种土壤划分为 4 个组（4 种土壤肥力类型），即从左到右：黄土质褐土、洪冲积褐土和红黄土质褐土为第 1 组；覆盖石灰性砂姜黑土、石灰性青黑土、石灰性砂姜黑土和粘质潮土为第 2 组；褐潮土、壤质脱潮土和壤质潮土为第 3 组；砂壤质脱潮土和砂质潮土为第 4 组。

### 3 评价结果分析

根据土壤质地、土壤有机质和地形条件的对比分析,对聚类分析得出的 4 种土壤肥力类型进行等级划分:第 3 组为一等地,第 1 组为二等地,第 4 组为三等地,第 2 组为四等地。

一等地是潮褐土、壤质潮土和壤质脱潮土,面积分别为 6.1 万  $\text{hm}^2$ 、2.7 万  $\text{hm}^2$  和 7.2 万  $\text{hm}^2$ ,分别占全市土壤面积的 18%、7.8% 和 20.8%。主要分布在冲积平原和岗前平地上。成土母质为洪积冲积物,地势平坦,微有倾斜,排水良好。土壤质地适中,土体水、肥、气、热诸位因素协调,保水供肥性能好,适耕期长,适种作物广。本区水源丰富,井渠灌溉系统配套。由于长期耕种,熟化程度高,耕层厚,多属高产稳产农田。

二等地是黄土质褐土、洪冲积褐土和红黄土质褐土,它们的面积分别是 3.1 万  $\text{hm}^2$ 、3.0 万  $\text{hm}^2$ 、2.5 万  $\text{hm}^2$ ,占全市土壤面积的比例分别是 8.8%、8.7%、7.1%,它们分布在坡地和岗地上,土体深厚,耕作性能较好,生产力较高。存在的问题是地势较高,水源不足,水土流失较严重。保持水土,发展灌溉,保墒防旱,增施有机肥,协调土壤中各种营养元素的比例是今后培肥土壤的中心课题。

三等地主要是砂壤质脱潮土和砂质潮土,面积分别是 0.8 万  $\text{hm}^2$ 、0.6 万  $\text{hm}^2$ 。它们占全市土壤面积的百分比分别是 2.4%、1.7%。这两种土壤主要分布在沿河及古河道两侧,质地粗,易受风害影响,保水能力低,是本市低产土壤之一。多施有机肥,客土掺粘,勤浇水、保墒情,营造农田防护林,是利用改良这类土壤的重点。

四等地是本市土壤肥力最低的土壤,包括本区各类砂姜黑土和粘质潮土,面积占全市土壤面积的 14%,主要分布在地势低洼的地区,土壤障碍因素是涝、渍、旱、瘦,土壤质地粘重,物理性状差,适耕期短。加强排水,排灌结合,多施氮肥、磷肥和有机肥应是改良土壤的主要措施。

### 参 考 文 献

- 1 汤国安,赵牡丹. 地理信息系统. 北京:科学出版社,2000,10~12
- 2 邹亚荣,欧阳二明,陈炳贵. 基于 GIS 的 FUZZY 在土地评价中的应用研究. 国土与自然资源研究, 2000, (4): 46~47
- 3 徐盛荣. 土地资源评价. 北京:中国农业出版社,1997,94~95
- 4 庞志国,吕宪国,李取生. 3S 技术支持下的盐碱化土地现状评价与发展对策研究. 国土与自然资源研究, 2000, (4): 42~45