

# 基于县域耕地资源管理信息系统的土壤综合肥力评价

张兴嘉<sup>1,2</sup>, 蔡立群<sup>1,2</sup>, 董博<sup>3</sup>

(1. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 兰州 730070;

2. 甘肃农业大学 资源与环境学院, 兰州 730070; 3. 甘肃省农科院, 兰州 730070)

**摘 要:**应用 ArcGIS 9.3, MapGIS 6.7 和县域耕地资源管理信息系统, 综合运用层次分析法、模糊数学法, 将临泽县土壤图、土地利用现状图、行政区划图叠加求交生成评价单元图, 进一步采用层次分析法确定土壤肥力评价因子的权重, 对评价指标建立相应的隶属函数, 通过计算其隶属度, 求得每个评价单元的土壤肥力综合指标值, 并依据综合值确定了土壤肥力等级及其面积。结果表明: 临泽县土壤综合肥力较高的区域占临泽县耕地总面积的 46.51%; 土壤综合肥力中等区域占 18.54%; 土壤综合肥力一般区域占 14.17%; 土壤综合肥力较差区域占 20.68%。利用县域耕地资源管理信息系统与 GIS 可以快速科学地对土壤肥力进行科学评价, 与传统的评价方法相比, 可以节约大量的人力、财力和物力。

**关键词:**土壤肥力; 综合评价; 3S 技术

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)04-0138-04

## The Comprehensive Soil Fertility Evaluation Based on the Arable Land Resources Management Information System of a County

ZHANG Xing-jia<sup>1,2</sup>, CAI Li-qun<sup>1,2</sup>, DONG Bo<sup>3</sup>

(1. Gansu Provincial Key Laboratory of Arid Land Crop Science, Lanzhou 730070, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 3. Gansu Provincial Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** By applying ArcGIS 9.3, MapGIS 6.7 and arable land resources management information system of a county, and synthetically using the analytic hierarchy process, fuzzy mathematics method, and intersecting digitalized the Linze County soil map, present land use map and the administrative map, the evaluation unit map was generated. The weights of evaluation factor of soil fertility were determined through the analytic hierarchy process. And the corresponding membership function for evaluation indices were established by calculating the degree of membership. The integrated soil fertility index value of each assessment unit was acquired and the grades of the soil fertility and its area were determined based on the integrated value. The results showed that the comprehensive high soil fertility area of Linze County accounted for 46.51% of the total arable land area, the medium area accounted for 18.54%, the general region was 14.17%, the area of poor soil fertility accounted for 20.68%. It can be concluded that the use of arable land resources management information system and GIS could evaluate soil fertility more quickly and efficiently compared with the traditional methods, and could also save a lot of labor power, financial resources and material resources.

**Key words:** soil fertility; comprehensive evaluation; 3S technology

土壤是在自然、社会、经济等多项因素综合作用下形成的, 是一个随时间、空间变化的动态系统。其中, 综合肥力是其最重要的属性特征。土壤综合肥力包括两个有机的组成部分: 土壤的营养状况和土壤在

供应植物生理所需物质时所处的环境条件。土壤综合肥力的定量评价与空间表达对于施肥、培肥和环境研究等有着极其重要的意义<sup>[1]</sup>。长期以来, 我国施肥技术一直停留在经验阶段, 不仅没能充分发挥肥料资

收稿日期: 2012-02-10

修回日期: 2012-03-03

资助项目: 甘肃省科技支撑计划(1104NKCA093)

作者简介: 张兴嘉(1986—), 男, 甘肃张掖人, 硕士研究生, 主要研究方向为恢复生态学。E-mail: zhangxj\_52066@126.com

通信作者: 蔡立群(1976—), 男, 博士, 副教授, 主要从事恢复土壤学方面的教学与研究。E-mail: cailq@gsau.edu.cn

源的作用,而且加剧了土壤环境的污染,增加了农业生产成本。进行土壤肥力的综合评价研究,对保持土壤健康,维持农业生态系统生产力,综合治理中、低产土壤,建立高产稳产农田,促进农业持续稳定和协调发展具有重要的意义<sup>[2]</sup>。

本文借助县域耕地资源管理信息系统,应用 GIS 的空间分析技术,研究甘肃省临泽县土壤综合肥力状况及其空间变异特征;将 GIS 与模糊数学和层次分析法相结合引入土壤肥力评价中,通过大量信息的处理,得出反映土壤肥力高低的综合指标,在较大程度上避免评价者主观因素的影响<sup>[3]</sup>。在这些研究的基础上,利用此方法应用县域耕地资源管理信息系统评价临泽县的土壤肥力水平并对临泽县的土壤综合肥力进行分级。以期指导土地使用者在生产过程中调整农业产业结构,合理施肥,从而达到恢复和提高土壤质量的目的。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

临泽县位于甘肃省河西走廊中部,东邻张掖市甘州区,西接高台县,南依祁连山,与肃南裕固族自治县接壤,北毗邻内蒙古自治区阿拉善右旗。东西长 49.5 km,南北宽 77 km,总面积 2 727.29 km<sup>2</sup>。地理坐标东经 99°51′—100°30′,北纬 38°57′—39°42′,辖 5 个镇、2 个乡,具体为:沙河镇、新华镇、蓼泉镇、平川镇、板桥镇、鸭暖乡、倪家营乡,71 个行政村。临泽县地处内陆,属大陆性荒漠草原气候;四季分明,太阳辐射强;年降雨量稀少,蒸发量大,气候干燥,多风。多年平均日照时数为 3 021.6 h,≥10℃ 有效积温 3 185℃,多年平均气温 8.0℃。县境内南北为戈壁及沙漠,中部灌溉绿洲是全县土地主要聚集地,县境内横穿东西的黑河及南北走向的梨园河为农业主要灌溉水源。临泽县土壤分为灌耕土、潮土、草甸土、风沙土、盐土、灰棕漠土、沼泽土、灰钙土 8 个土类,21 个亚类,共计 48 个土种。2010 年底,全县总人口 14.8 万,其中农业人口 3.65 万户,12.7 万人,占总人口的 85.8%,乡村劳动力 7.66 万人,劳动力资源丰富。

1.2 基础数据资料

空间数据包括行政区划图、土地利用现状图、土壤图。综合考虑临泽县的土壤类型状况、土体构型状况、行政区划及土地利用状况进行布点采样,2008 年在临泽县各乡镇及农场采集 0—20 cm 耕层土壤样品 2 863 个,采集区域覆盖全县 7 个乡镇,71 个行政村,695 个村民小组,代表了临泽县 3 大类耕地的土壤养分状况,样点分布见图 1。采样时使用 GPS 定位,详

细记录样点的地理位置、自然条件、生产条件及土壤情况,在 Access 平台建立样品调查信息数据库。土壤样品经过风干、研磨和过筛处理,分析了土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、有机质、pH 值等,测定方法见表 1,在 Access 中建立样品养分数据库。



图 1 土壤肥力普查农化样点点位图

表 1 土壤样品分析项目与方法

测定项目	分析方法
有机质	油浴加热—重铬酸钾容量法
全氮	半微量开氏法
水解性氮	碱解扩散法
全磷	氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法
有效磷	碳酸氢钠提取—钼锑抗比色法
全钾	碱熔—火焰光度法
速效钾	乙酸铵浸提—火焰光度法
土壤 pH 值	电位法

1.3 研究方法

本研究利用 ArcGIS 9.3 和 MapGIS 6.7 等 GIS 软件作为空间数据处理工具,矢量化土地利用现状图、行政区划图、土壤图,并由采样点信息数据库生成样点空间分布图。利用 ArcGIS 9.3 软件的 Geostatistical Analyst 模块,进行土壤养分空间变异研究。通过土地利用现状图、土壤图和行政区划图的叠置求交所产生的最小多边形作为评价单元,通过空间分析 (Spatial Analyst) 模块的区域统计 (Zonal statistics) 把养分栅格图的属性值赋给叠加求交的评价单元图,即用评价单元图中的每个图斑去统计养分栅格图中的属性。运用隶属度函数计算生成评价单元各评价指标的隶属度值,最后采用层次分析法确定评价因子的权重值,运用累积频率曲线法生成临泽县土壤综合肥力综合评价等级图。

## 2 结果与分析

### 2.1 评价单元的确定

本研究根据评价单元划分的原则以及数据结构的特点,将数字化好的临泽县土壤图、土地利用现状图、行政区划图叠加求交生成评价单元图,将临泽县划分为 2 345 个评价单元。此方法生成的评价单元内土壤种类相同,土地利用类型相同,区位、交通、水利条件、经营集约程度等基本一致。评价单元界线由形成耕作地块的线状地物以及权属界线围成<sup>[4]</sup>。这样评价结果不仅可应用于农业结构调整规划、耕地质量保护和建设,还可以用于指导实际的农事操作,开展测土配方施肥服务。

### 2.2 评价指标体系的确定

本文在参考有关资料的基础上,结合研究区域土壤肥力特征,依据参评指标选定的原则<sup>[5-6]</sup>,选取有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、pH、全氮、全磷、全钾、质地、质地构型、耕层厚度 11 个因子作为土壤综合肥力的评价指标,构造评价指标体系的递阶层次结构(图 2)。

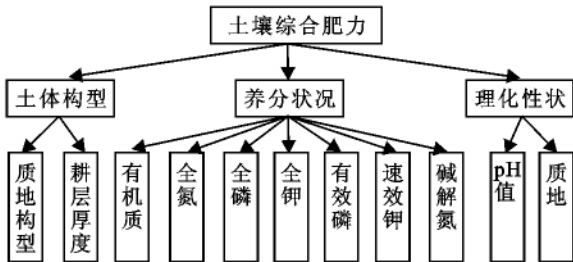


图 2 临泽县土壤综合肥力评价层次结构

### 2.3 单因素评价

采用模糊评价方法评价单因素指标<sup>[7]</sup>,选取的指标分为数值型和概念型。数值型指标采用特尔斐专

表 4 养分状况判断矩阵

养分状况	速效钾	碱解氮	全磷	全钾	全氮	有效磷	有机质	$W_i$
速效钾	1.0000	0.8333	0.6250	0.5263	0.4545	0.4000	0.3571	0.0739
碱解氮	1.2000	1.0000	0.7692	0.7143	0.6250	0.5263	0.4348	0.0935
全磷	1.6000	1.3000	1.0000	0.6897	0.5814	0.5128	0.4167	0.1031
全钾	1.9000	1.4000	1.4500	1.0000	1.0000	0.5000	0.4310	0.1270
全氮	2.2000	1.6000	1.7200	1.0000	1.0000	0.4444	0.4386	0.1353
有效磷	2.5000	1.9000	1.9500	2.0000	2.2500	1.0000	1.0000	0.2229
有机质	2.8000	2.3000	2.4000	2.3200	2.2800	1.0000	1.0000	0.2442

表 5 土壤综合肥力评价因子及权重

指标	质地构型	耕层厚度	速效钾	碱解氮	全磷	全钾	全氮	有效磷	有机质	pH	质地
权重	0.0843	0.1433	0.028	0.0354	0.039	0.0481	0.0512	0.0844	0.0925	0.1515	0.2423

### 3.5 计算土壤综合肥力综合指数

本研究采用加法模型计算各个评价单元的土壤综合肥力综合指数。加法模型是将所有参评因子的单因素评价指数相加得到土壤综合肥力综合指数,其函数关系式为:

家评估法,建立评价指标实际值和代表生产力水平的隶属度(0—1 值)间隶属函数关系,通过建立的函数关系,模糊评价每一个评价单元,详见表 2;概念型指标评价采用专家经验法,直接对评价单元进行模糊评价,详见表 3。

表 2 数值型评价指标隶属函数表

函数类型	项目	函数关系式	C 值	$U_i$ 值
戒上型	耕层厚度	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	31.2171	2
	有机质	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	39.660	7
	有效磷	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	25.5158	9
	全氮	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	0.4612	0.39
	全钾	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	0.0335	20
	全磷	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	9.0278	0.5
	碱解氮	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	0.0002	43
	速效钾	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	8.6299	90
峰型	pH	$y_i = 1/[1+a(u-c)^2]$	7.9709	15.03

表 3 评价指标隶属度

质地构型	隶属度	质地构型	隶属度	质地构型	隶属度
夹壤黏土	0.55	均质中壤	1	砂身轻壤	0.75
夹壤重壤	0.35	均质重壤	0.4	夹砂中壤	0.7
夹壤中壤	0.8	壤身重壤	0.45	夹砂重壤	0.3
夹砂黏土	0.5	砂底轻壤	0.65	均质黏土	0.6
均质砂壤	0.9				
质地		轻壤		砂壤	
隶属度		0.76	0.62	0.89	0.6

### 2.4 确定评价指标权重

依据层次分析法的原则<sup>[8]</sup>,确定各参评指标的层次结构,并列出养分状况参评因子的比较矩阵如表 4 所示。在县域耕地资源管理系统中,系统将直接根据所构建的判别矩阵,首先获得计算出的各判别矩阵的权重值,然后计算同一层次所有因素对于总目标相对排序权值,即进行层次总排序,最终所得到的组合权重即为各耕地地力评价因子的权重值(表 5)。

$$IFI = \sum F_i \times C_i \quad (i=1,2,3,\cdots,n)$$

式中:IFI——土壤综合肥力综合指数; $F_i$ ——第  $i$  个因素评语(隶属度); $C_i$ ——第  $i$  个因素的组合权重,即为该参评因素对土壤综合肥力的贡献率,采用层析分析法结合专家评估法求得<sup>[9]</sup>,IFI 得分见表 6。

表 6 临泽县土壤综合肥力等级划分标准

土壤综合肥力等级	土壤肥力综合指数 (IFI)
较高	$>0.4350$
中等	$0.4200 \sim 0.4350$
一般	$0.3980 \sim 0.4200$
较差	$<0.3980$

2.6 评价结果

应用综合指数法计算出各评价单元的综合评价指标值,各指标值都在 0.0~1.0 之间,最大值为 1.0。显然,综合评价指标值越大,土壤综合肥力越高。其土壤肥力综合评价等级见图 3。

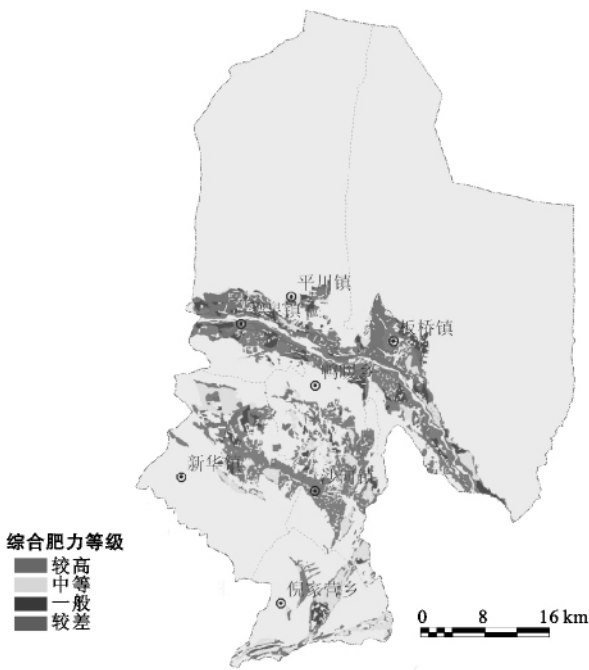


图 3 临泽县土壤综合肥力等级

3 结论与讨论

(1) 评价结果显示:综合评价值大于 0.435 的面积为 8 790.26  $\text{hm}^2$ ,占临泽县耕地面积的 46.51%,属于土壤综合肥力较高的区域,主要分布在黑河流域的二级阶地,以及临泽县南部。此区域地势比较平坦,土壤有灌耕土和部分潮土以及少量的耕种风沙土。此区域耕地集中连片,条田化程度高,光热水资源丰富,农业生产水平高,土壤利用率高,是临泽县光、热、水、土条件最好的区域,也是发展农业生产的重要基地;综合评价值在 0.420~0.435 的面积为 3 496.29  $\text{hm}^2$ ,占临泽县耕地面积的 18.54%,属于土壤综合肥力中等的区域,此区域与土壤肥力较高的区域呈交叉分布态势,此区域地势平坦,土壤肥沃,水源丰富,灌溉比较方便,条田化程度高,光热条件优越,适宜于各类作物生长;综合评价值在 0.398~0.420 的面积为 2 671.59  $\text{hm}^2$ ,占临泽县耕地的 14.17%,属于土壤综合肥力一般的区域,此区域分布于黑河岸

边,水土流失严重,北有风沙地,容易引起土壤沙化,土壤保肥性差;综合评价值小于 0.398 的面积为 3 900.32  $\text{hm}^2$ ,占临泽县耕地的 20.68%,属于土壤综合肥力较差的区域,主要分布在临泽县中北部,此区域靠近山地,且紧邻黑河,山洪暴发,黑河冲刷,吞没良田现象严重,且利用率高,造成土壤肥力下降。

(2) 县域耕地资源管理信息系统与地理信息系统具有强大的空间数据处理和分析功能,可以有效地将空间信息与属性数据结合起来,并能很好地实行双向查询,从而支持土壤肥力综合评价过程、可视化土壤养分和其他属性的空间分布<sup>[10]</sup>。其分布图的可视化一方面可用来指导农田施肥实践,克服传统施肥的主观性和经验性;另一方面可便于长期跟踪农田土壤状况,对土壤质量进行有效的评价和监测,并进行养分分布咨询以及农业决策和适宜性评价,实现土壤资源的可持续利用<sup>[11-12]</sup>。本研究和实地调查表明:利用县域耕地资源管理信息系统与 GIS 可以快速有效地对土壤肥力进行科学评价,与传统的评价方法相比,可以节约大量的人力,财力和物力。

参考文献:

[1] 苏荣瑞,金卫斌,艾天成,等. 县域农田土壤速效养分肥力综合评价[J]. 湖北农业科学,2009,48(1):74-75.

[2] 陈宏金,朱艳,刘小军,等. 基于 GIS 的土壤肥力综合评价研究[J]. 农机化研究,2008,1(1):28-30.

[3] 牛越先. 山西省坝地土壤肥力质量评价[J]. 水土保持学报,2010,24(5):262-264.

[4] 吴立忠,郭世乾,张保田. 基于 GIS 的黄土高原丘陵沟壑区的耕地地力评价研究:以天水市麦积区耕地地力评价为例[J]. 中国农业资源与区划,2009,30(6):142-145.

[5] 李方敏,周治安,艾天成,等. 渍害土壤肥力综合评价研究[J]. 资源科学,2002,24(1):25-29.

[6] 李辉,贺立源,黄魏,等. GIS 支持下农田土壤速效养分评价、分级与推荐施肥[J]. 华中农业大学学报,2004,23(4):412-415.

[7] 龙惠芳,郭熙,赵小敏,等. 基于 GIS 的县域耕地地力评价研究:以江西省乐平市为例[J]. 江西农业大学学报,2009,34(2):359-361.

[8] 燕香梅. 辽宁省辽中县无公害生产项目区土壤养分状况评价与施肥建议[J]. 北京农业:下旬刊,2010(4):50-53.

[9] 陈海生,魏跃伟,刘国顺,等. 河南省烤烟种植区土壤综合肥力评价[J]. 水土保持研究,2011,18(3):131-133.

[10] 邢世和,黄吉,黄河,等. GIS 支持下的区域耕地质量评价[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2002,31(3):378-382.

[11] 胡月明,万洪富. 基于 GIS 的土壤质量模糊变权评价[J]. 土壤学报,2001,38(3):266-273.

[12] 陈蓉蓉,周治国. 农田精确施肥决策支持系统的设计和实现[J]. 中国农业科学,2004,37(4):512-521.