

# 基于 GIS 宁夏引黄灌区农地土壤综合养分状况评价

肖连刚, 张建明

(兰州大学 资源环境学院, 兰州 730000)

**摘要:** 精准农业是未来农业的发展方向, 查清田块内部的土壤性状与生产力空间变异, 是精准农业的基础研究内容。以宁夏引黄灌区灵武农场的农地为例, 运用 ArcGIS 进行空间数据采集、处理、分析, 并采用主成分分析法确定评价因素的权重值, 运用模糊数学方法建立各个评价因子对土壤养分状况的隶属函数, 最后计算了综合养分状况的评分并利用指数和法得到最终的土壤养分状况评价结果, 根据综合评价结果划分土壤养分状况等级, 利用 ArcGIS 软件进行克里格插值得到最终土壤综合养分状况评价图。从具体评价结果可以看出, 土壤综合养分状况由西北向东南降低的趋势明显。西角北角为两个极端高值区域, 东角南角为两个极端低值区域。

**关键词:** 土壤养分; 综合评价; 地理信息系统

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0273-04

## Assessment of Soil Comprehensive Nutrients Status in Irrigation District of Yellow River Based on GIS

XIAO Lian-gang, ZHANG Jian-ming

(The Earth and Environmental Science College, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The precision agriculture is the development direction of the future agriculture and investigating the soil properties and the spatial variability of the productivity is the basic research content of the precision agriculture. In this paper, soil fertility evaluation was conducted for the farmlands in Lingwu farm which is located in irrigation district of Yellow river based on the techniques of Geographic Information System (GIS). ArcGIS software was adopted for spatial data collection, processing and analysis. PCA was applied to judge the weight of each evaluation factor, based on the method of fuzzy mathematics, membership functions were set up to calculate the value of all evaluation factors. Soil comprehensive nutrient level was graded according to the comprehensive assessment values. The evaluation results were mapped according to Kriging method using ArcGIS software. The maps show that the soil comprehensive fertility decreases obviously from north and west corners which are the two extreme high value area to south east corner which are the extreme low value area.

**Key words:** soil nutrient; comprehensive evaluation; GIS

为了高效地利用农业资源, 实现优化经营的目标, 必须查清土地内部的土壤性状与生产力空间变异, 并对这些结果进行综合分析和评价<sup>[1]</sup>。目前国内、外土壤质量等级评价基本方法主要包括聚类分析法、因子分析法、内梅罗指数法、判别分析法、模糊数学法、因子加权综合法等。土壤肥力评价方法直接影响着评价结果的正确性、客观性和指导性。因此, 在进行土壤肥力评价时, 选择的评价方法应最大地减少人

为主观性<sup>[2]</sup>。Fuzzy 综合评判法, 首先是建立隶属度函数, 其次是确定每个评价单元的隶属度值, 然后建立权重矩阵, 最后计算评价矩阵。Fuzzy 综合评判法, 虽然计算繁琐, 但借助于计算机处理, 可操作性强。评价时只需要将数量化值(标准值和实测值)输入计算机, 便可快速得到准确的土壤肥力综合评价结果, 有较强的应用价值<sup>[3-4]</sup>, 并且有许多学者将这一方法应用到了不同的区域, 取得了较好的效果<sup>[5-8]</sup>。宁

收稿日期: 2010-07-20

资助项目: 国家青年自然科学基金(40901021)

作者简介: 肖连刚(1985-), 男, 硕士, 山东济南人, 主要研究方向: 土壤学。E-mail: liangang1985@163.com

夏平原作为西北地区一个重要的农业基地,自古以来都有着重要地位。研究其土壤养分状况并对其进行土壤养分状况综合评价对于指导当地科学合理施肥乃至今后精准农业的发展都具有重要的理论意义和实际意义。以宁夏灵武农场的一块试验田为研究对象,利用 280 多个采样点数据,运用模糊数学评价方法,考虑了多个养分指标对田块尺度的养分状况进行综合评价,并且利用 GIS 技术绘制综合肥力评价图。

## 1 研究区概况

研究区位于宁夏回族自治区银川平原灵武农场的一块试验田。灵武农场位于宁夏回族自治区灵武市灵武优良品种繁育场,地处东经  $106^{\circ}11' - 106^{\circ}51'$ 、北纬  $37^{\circ}30' - 38^{\circ}38'$ ,海拔 1 120 m。灵武灌区年平均降水量 213 mm,其中 7—9 月三个月的降水量占全年降水量的 63%,年蒸发量 2 005 mm,年平均气温  $8.8^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$  有效积温  $3\,351^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 145 d。这里灌排便利,稻麦轮作,农业生产发展水平较高,水稻单产 750 kg 左右,为宁夏引黄灌区较具代表性的高产地区。宁夏平原南起青铜峡,北止石嘴山,西依贺兰山,东临鄂尔多斯台地,南北长约 160 km,东西宽 40~50 km,面积  $7\,998\text{ km}^2$ ,海拔 1 100~1 200 m,是宁夏地势最低之处。在气候方面,灌区地处欧亚大陆内陆,我国东部季风区的西缘,冬季受蒙古高压控制,为寒冷气流南下之要冲,夏季处在东南季风西行的末梢,形成了较典型的中温带干旱大陆性气候。平均年降水 200 mm,降水量集中在 7—9 月,占全年降水量的 70%~80%,蒸发量为 1 776 mm,无霜期大约 170 d,风向以偏北风为主。

## 2 样品采集及分析方法

在作物播种前对研究区土壤进行网格不规则取样。在 1:10 000 的地形图上选 4~5 个控制点,在田间利用 GPS 确定控制点位置,选其中 2 个定位控制点作为基准点,采用不规则采样法,采集 10 钻耕层土壤(0~20 cm)样品,混合均匀后风干送往北京中国农科院植物营养实验室。灵武农场取土样 286 个,见图 1。

样品分析采用土壤养分状况系统研究法(ASI)。该方法由美国国际农化服务公司 Dr. Hunter 提出,通过中国—加拿大钾肥合作项目引进我国,该方法在对土壤养分状况作出评价时全面考虑了作物必需的大量、中量和微量元素,本次测定指标主要包括速效 N、速效 P、速效 K、有效 Fe、有效 Mn、有效 Zn、有效 Cu。

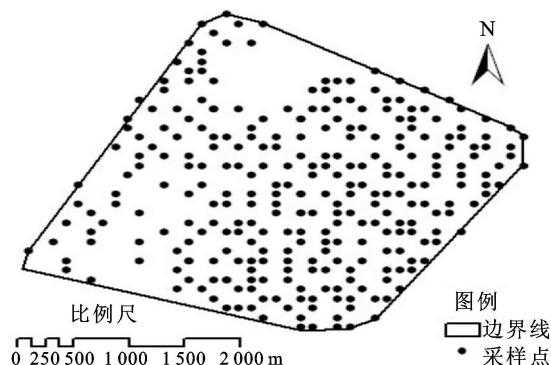


图 1 采样点示意图

## 3 土壤肥力的综合评价方法

在研究土壤肥力时,利用多元统计分析原理,建立了一个综合评价土壤肥力的方法。利用该方法求出土壤肥力综合评价指标值,并对各种单项的肥力现状及总体综合肥力进行评价。

### 3.1 单项指标评价建立土壤养分隶属度函数

(1) 土壤营养元素如 N, P, K, 其指标越高,表明评价对象质量越好,但到一定临界值之后,其效用也趋于恒定。该类指标的作物效应曲线为 S 型,所以隶属度函数也采用 S 型,并把曲线型函数转化为相应的折线型函数,以利于计算。相应的隶属度函数折线如图 2 所示,隶属度函数为

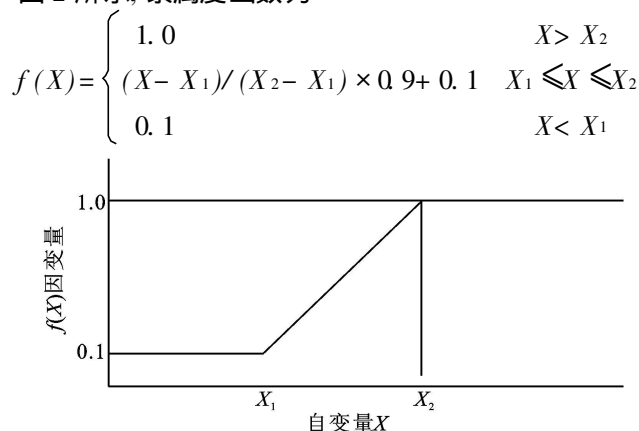


图 2 S 型隶属度函数曲线

(2) 抛物线型(梯形)隶属度函数(图 3)。属于这种类型的因子,其指标在一定范围内,评价对象质量最好,高于或低于该范围则变差,如土壤微量元素属于这种类型的因子其隶属度函数为

$$f(X) = \begin{cases} 0.9 \times (X - X_3) / (X_4 - X_3) + 0.1 & X_3 \leq X < X_4 \\ 1.0 & X_2 < X < X_3 \\ 0.9 \times (X - X_1) / (X_2 - X_1) + 0.1 & X_1 < X \leq X_2 \\ 0.1 & X \leq X_1 \text{ 或 } X \geq X_4 \end{cases}$$

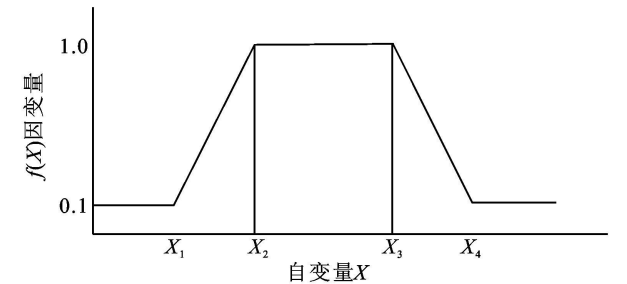


图 3 抛物线型隶属度函数曲线

根据已有的研究资料<sup>[5,9]</sup>以及本区土壤在水旱轮作不同利用方式下的肥力特征,并主要根据参考文献确定曲线中转折点的相应取值(表 1)。

表 1 土壤养分临界值表 mg/ kg

评价因素	临界值			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
速效 N	40.00	100.00		
速效 P	2.50	10.00		
速效 K	30.00	100.00		
有效 Cu	0.10	1.00	1.80	25.00
有效 Fe	2.50	10.00	20.00	225.00
有效 Mn	1.00	15.00	30.00	250.00
有效 Zn	0.30	1.50	2.00	25.00

3.2 综合评价指标值

多因子综合研究利用多元统计分析中的因子分析法确定权重,采用统计软件(SPSS 17.0)进行分析,求出反映肥力状况和各因子主成分的特征值和贡献率如表 2。通过相应的载荷矩阵求出各肥力指标的公因子方差,其大小表示了该项肥力指标对总体肥力状况变异的贡献,最终由方差值计算各项肥力指标的权重如表 3,再将不同养分的权重与隶属度值乘积相加,所求的和就是综合评价指标值。综合性指标值 INDI(Integrated Nutrient Depletion Index),其公式如下:

$$INDI = \sum W_i \cdot N_i \times 100$$

式中:  $N_i$  ——表示第  $i$  种肥力状况指标的隶属度值;  
 $W_i$  ——表示第  $i$  种肥力状况指标的权重。综合评价指标标准,综合评价指标值 0~ 60 较差、60~ 75 中等、75~ 85 良好、85~ 100 优等。

表 2 肥力因子主成分的特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率/ %	累计贡献率/ %
N	3.308	47.258	47.258
K	1.425	20.353	67.611
P	0.893	12.756	80.367
Zn	0.503	7.181	87.549
Cu	0.435	6.217	93.766
Mn	0.272	3.886	97.652
Fe	0.164	2.348	100.000

表 3 各项肥力指标的公因子方差和权重值

指标名称	公因子方差	权重值
Zn	0.695	0.146
K	0.799	0.169
N	0.834	0.211
Fe	0.492	0.104
Cu	0.687	0.145
P	0.700	0.148
Mn	0.526	0.111

按照上述步骤本文对灵武农场的土壤养分状况进行综合评价,根据评价计算结果利用 ArcGIS 软件对其进行克里格插值,所得结果如图 4 所示。

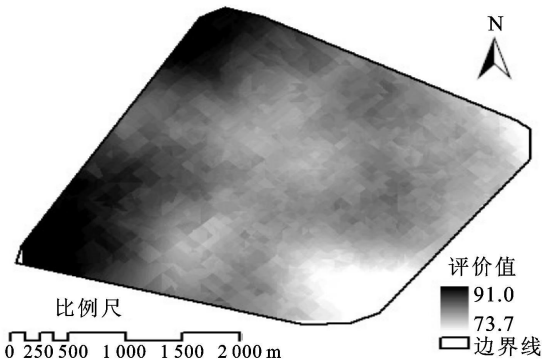


图 4 土壤肥力综合评价图

4 结论与讨论

通过对研究区土壤综合养分状况水平的计算,研究区土壤综合养分水平较高,大部分为优良状况。其中,综合评价指标值为优等状态的采样点数量占 35.54%,良好状态的样点数占 46.69%,中等状态的样点数占 17.42%,较差状态为 0。可以看出,研究区土壤综合养分状况水平较高的优良样点总数达到总采样点的 82.58%。

从养分综合状况等级分布情况来看,研究小区的四个角为养分状况的极端区域。其中北角和西角为土壤综合水平较高的区域,南角和东角为养分水平状况较低的区域,而中间则为养分状况水平较为平均的区域,而且土壤综合养分状况水平由西北侧向东南侧递减的趋势。

综上,不论是极端值还是趋势值,土壤养分状况都是西北侧高于东南侧的原因可能有以下几个方面:第一,地形因素的影响。地形对土壤养分的迁移具有重要的影响作用,研究区地势西北部略高于东南部,造成了土壤养分由西北向东南部的递减,虽然人为施肥因素可能抵消掉一部分地形因素所造成的差异,但是人工施肥主要是氮肥和钾肥,很少使用磷肥与微量元素,因此在进行土壤综合养分状况评价时,人为施

肥因素并不足以完全覆盖掉土壤养分的自然差异。第二,土壤综合养分状况较高的研究区西北边是引黄灌渠经过的地方,水量较为充沛可能是土壤养分状况较好的另一个原因。

(1)从评价结果来看,样区土壤养分状况水平处于优良二级的占 82.58%,普遍水平较高,这与该地为黄河灌淤土壤类型以及农业集约化水平较高等因素有密切联系。

(2)土壤综合养分状况由西北向东南降低的趋势明显。西角北角为两个极端高值区域,东角南角为两个极端低值区域。

(3)应用主成分分析、模糊数学分析等方法,并与 GIS 技术相结合开展土壤肥力评价的优点是:能综合影响肥力的各类因素与因子,可降低评价过程中的人为干预;评价结果更准确且形象直观,易于理解,可直接作为土壤改良和农业结构布局调整的依据。

(4)当然,计算出的土壤养分状况水平主要是由土壤主要养分和微量养分所构成的指标体系得出的结果,并未考虑到土壤质量等物理性状指标,由于土壤综合肥力是由水肥气热四大指标所形成的综合体系,因此该结果仅仅反映了研究区的土壤养分综合状

况。因此,土壤肥力水平与其养分状况水平之间往往存在差距,这也是下一步工作需要补充完善的地方。

参考文献:

- [1] 侯文广,江聪世,熊庆文,等.基于 GIS 的土壤质量评价研究[J].武汉大学学报,2003,28(1):60-64.
- [2] 骆东奇,白洁,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法[J].土壤与环境,2002,11(2):202-205.
- [3] 郑立臣,宇万太,马强,等.农田肥力综合评价研究进展[J].生态学杂志,2004,23(5):156-161.
- [4] 唐晓平.四川紫色土肥力的 Fuzzy 综合评判[J].土壤通报 1997,28(3):107-109.
- [5] 孙波,张桃林,赵其国.我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J].土壤学报,1995,32(4):362-369.
- [6] 胡月明,章家恩,吴谷丰,等.基于 GIS 长春市郊农地土壤肥力综合评价[J].生态科学,2003,22(1):18-20.
- [7] 吴敏,何鹏,韦家少.海南岛胶园土壤肥力的综合评价[J].中国土壤与肥料,2009(2):1-5.
- [8] 刘世平,陈厚庆,聂新涛,等.稻麦两熟制不同耕作方式与秸秆还田土壤肥力的综合评价[J].农业工程学报,2008,24(5):51-56.
- [9] 沈汉,邹国元.菜地土壤评价中参评因素的选定与分级指标的划分[J].土壤通报,2004,35(5):553-557.

## 欢迎订阅 2011 年《中国水土保持》杂志

《中国水土保持》是水利部主管、黄河水利委员会主办的全国性水土保持业务与技术综合性期刊,全国中文核心期刊、全国水利系统优秀科技期刊、河南省第一届自然科学二十佳期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊。本刊紧密围绕全国水土保持中心工作,贯彻水土保持方针政策,报道水土保持科技成果,推广生态建设新鲜经验,剖析监督执法案例,介绍开发建设项目生态恢复技术,探讨水土保持监测方法,普及水土保持基础知识,提供水土保持动态信息。近 30 年来,杂志形成了融政策性、技术性、新闻性和实用性为一体的独特风格,开设了 20 多个栏目,深受读者欢迎。读者对象为从事水土保持管理、规划、设计、施工与科研的业务人员,有关农林、水、牧、地理、生态行业的管理者与科研、教学人员,以及关心我国水土保持生态建设的社会各界人士。

本刊为大 16 开,每月 5 日在郑州出版,每册定价 8.00 元,全年定价 96.00 元。本刊为杂志社自办发行(请直接汇款到杂志社),订阅款可电汇也可邮汇。

电汇开户行:郑州交行政二街支行; 银行户名:黄河水利委员会新闻宣传出版中心

账号:411060200010149028852

邮汇地址:郑州市金水路 11 号; 收款人:《中国水土保持》杂志社; 邮政编码:450003

联系电话:0371-66022619、66022338(含传真)

E-mail:swcc2000@sina.com QQ:838347450