

黄河三角洲土壤质量自动化评价及指标体系研究*

李新举^{1,2} 刘 宁² 张雯雯² 王霖琳¹ 马小友³

(1. 中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所 北京 100083;

2. 山东农业大学资源与环境学院 泰安 271018; 3. 山东省济宁农业学校 济宁 272000)

摘要 采用 4 种评价方案,利用相关系数法确定指标权重,利用隶属度函数计算指标隶属度,采用综合指数法,在 Arcgis 中进行黄河三角洲土壤质量的自动化评价和比较。结果表明:利用 GIS 自动化评价土壤质量快速准确;基于土壤全量养分和速效养分的评价差异较小,两者可选其一;基于土壤有机质和土壤含盐量指标的评价与土壤质量的全面评价(基于土壤全量、速效养分、有机质、含盐量、地下水埋深及矿化度)之间差异较小,在其他数据有限的前提下,土壤质量可以用土壤有机质和盐分含量指标评价。

关键词 土壤质量 指标体系 GIS 黄河三角洲

Evaluation index systems of soil quality in the Yellow River Delta. LI Xin-Ju^{1,2}, LIU Ning², ZHANG Wen-Wen², WANG Lin-Lin¹, MA Xiao-You³ (1. Research Institute of Land Reclamation & Ecological Restoration, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China; 2. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 3. Jining Agricultural School of Shandong Province, Jining 272000, China), *CJEA*, 2007, 15(1): 145~148

Abstract The soil quality was evaluated by using four schemes with Arcgis, in which the index weight was determined with correlation analysis method, the index membership degree with membership function. Results show that the soil quality evaluation based on GIS is fast and accurate. The difference between the results evaluated by the total contents of soil nutrients and by the soil available nutrients is not obvious and the two index schemes can be used alternatively. The results evaluated by soil organic matter and salt contents present similar outcomes to that by the comprehensive index system including soil total nutrients, available nutrients, organic matter, salt content, groundwater level and mineralization degree. Therefore, the organic matter and salt contents can be used to evaluate the soil quality in the case of limited evaluation data.

Key words Soil quality, Index system, GIS, Yellow River Delta

(Received Dec. 10, 2004; revised Aug. 15, 2005)

20 世纪 90 年代以来,土壤质量问题逐渐成为国际研究热点^[9,10],在土壤质量评价指标体系和评价方法方面开展了大量的研究工作。国内学者初步建立了几种类型地区的评价指标体系^[1~3],包括土壤养分、土壤物理性状、土壤生物、土壤环境 4 大类近 20 个指标^[4,5]。国外学者结合农业的持续利用和土壤持续管理提出了多种指标体系^[11~13]。然而评价方法多为传统方法^[1,4,6,7],随着计算机技术的发展,土壤质量评价逐渐向自动化方向发展^[8]。但目前的研究中往往采用的指标过多,指标的获取难度较大,缺乏统一的评价指标体系,影响了土壤质量的评价。本研究的目的一是探讨应用 GIS 进行土壤质量自动化评价的方法,二是结合黄河三角洲实际,构建可以简便快速准确评价土壤质量的指标体系。

1 资料来源与评价方法

研究区为黄河三角洲最具代表性的区域——垦利县,以全国第二次土壤普查数据作为土壤质量评价的基础数据。应用 Mapgis 对各种图进行矢量化,利用 Arcgis 软件进行图件的栅格化处理和计算,最终实现土壤质量评价的自动化,评价程序见图 1。将评价区的土壤图、地貌图、土壤利用现状图在 Arcgis 中进行叠加,修正后作为土壤评价单元,共划分出 241 个评价单元(见图 2)。参照前人的研究成果^[2,3,5,9,10,14],结合研究

* 山东省教育厅课题“黄河三角洲土壤质量时空演变规律研究”(J04D03)资助

收稿日期:2004-12-10 改回日期:2005-08-15

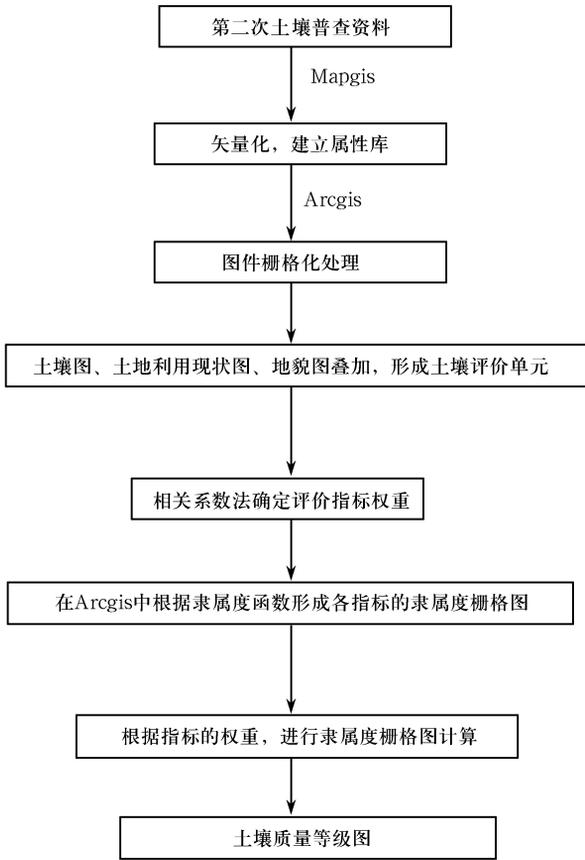


图 1 土壤质量评价流程图

Fig.1 Process of soil quality evaluation

地区的实际情况,采用了 4 种评价指标的选择方案。方案 I 选择土壤有机质、土壤全量及速效养分、含盐量、潜水埋深、矿化度、土体构型作为评价指标;方案 II 选择土壤有机质、土壤全量养分、含盐量;方案 III 选择土壤有机质、土壤速效养分、含盐量;方案 IV 选择土壤有机质、含盐量。

评价因素权重的确定。确定评价因素权重的方法有多种,在以往的研究中,普遍采用人为打分确定,如层次分析法、特尔菲法等^[1,2,4]。为了避免人为主观影响,本研究采用指标之间相关系数确定权重系数^[7]。首先计算单项评价指标之间的相关系数,然后求某评价指标之间相关系数的平均值(\bar{r}),并以该平均值占有所有评价指标相关系数平均值总和($\sum \bar{r}$)的比($\bar{r}/\sum \bar{r}$),作为该单项评价指标的权重,计算结果见表 1。

评价因素隶属度的确定。由于评价因素指标值之间缺乏可比性,因此利用隶属度函数进行归一化处理。根据前人研究经验,结合研究区实际情况,采用 3 种方法确定各指标的隶属度函数。一是戒上型隶属度函数,属于这类函数的评价因素包括土壤有机质、全 N、碱解氮、全 P、速效磷、速效钾和地下水埋深。其函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & x \geq x_2 \\ 0.9(x - x_1)/(x_2 - x_1) + 0.1 & x_1 \leq x < x_2 \\ 0.1 & x < x_1 \end{cases} \quad (1)$$

二是戒下型隶属度函数,属于这类函数的评价因素包括土壤含盐量、地下水矿化度。其函数为:

表 1 评价指标权重系数

Tab.1 Weight value of soil evaluation indexes

评价指标 Evaluation indexes	方案 I Scheme I	方案 II Scheme II	方案 III Scheme III	方案 IV Scheme IV
碱解氮	0.1204		0.2459	
全 N	0.1299	0.2579		
速效磷	0.1122		0.1671	
全 P	0.1267	0.1182		
速效钾	0.1305	0.2945	0.2374	
有机质	0.1383	0.2348	0.2589	0.5
潜水埋深	0.06785			
矿化度	0.06933			
土体构型	0.05638			
含盐量	0.04851	0.09455	0.09066	0.5



图 2 评价单元分布图

Fig.2 Distribution map of evaluation units

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq x_2 \\ 0.9(x_2 - x)/(x_2 - x_1) + 0.1 & x_1 \leq x < x_2 \\ 1.0 & x < x_1 \end{cases} \quad (2)$$

三是经验法量化,土体构型很难用某一函数量化,根据黄河三角洲实际情况,对不同土体构型分别赋予不同的隶属度。结合当地实际,以各指标的最大值和最小值作为指标的转折点 x_1 和 x_2 。根据上述 3 种隶属度函数,在 Arcgis 中运算生成隶属度图。

土壤评价单元综合指标值 (IQI) 计算及评价。根据各指标的隶属度和权重,计算每个土壤评价单元的

综合指标值:

$$IQI = \sum W_i \times N_i \tag{3}$$

式中, W_i 和 N_i 分别代表第 i 指标的隶属度和权重。根据公式(3),在 Arcgis 中进行自动化运算,形成土壤质量等级图(图 3)。

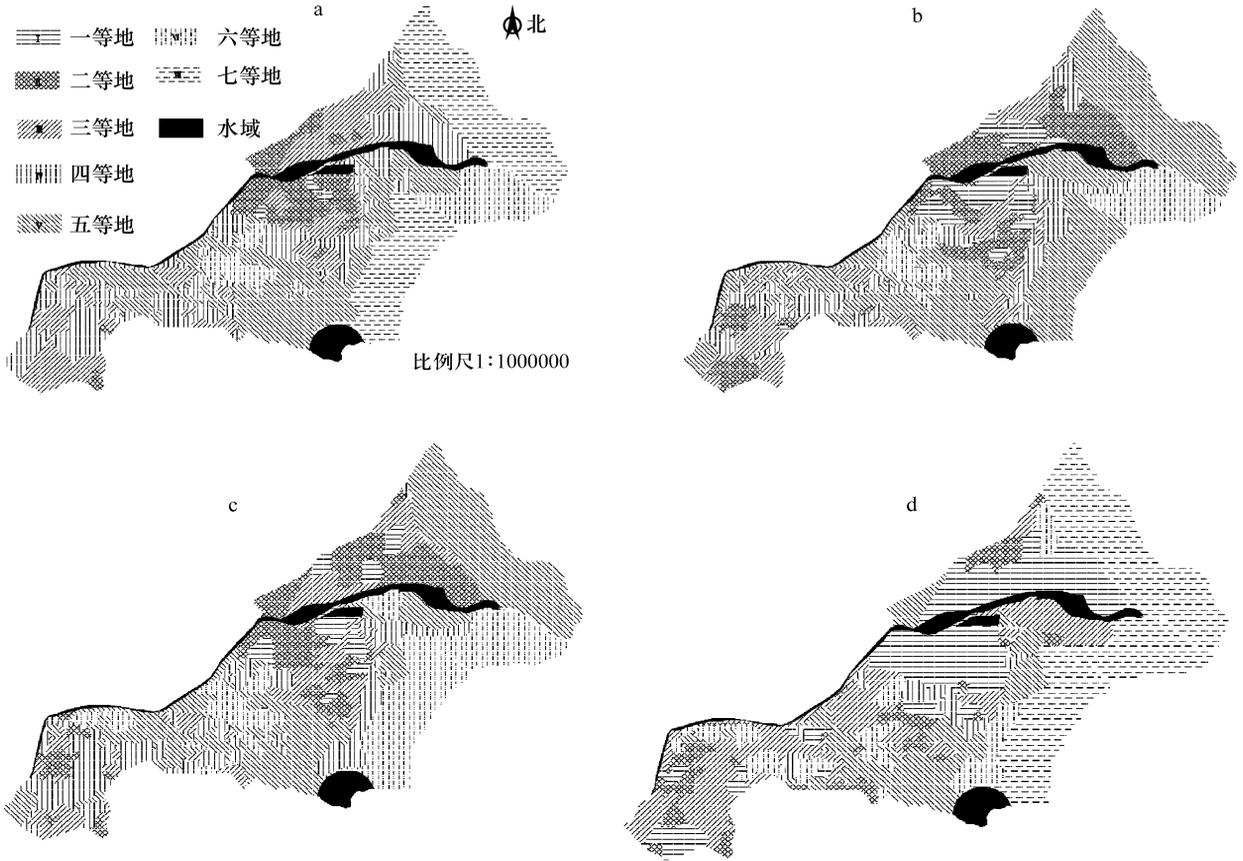


图 3 不同方案的土壤质量等级图,a为方案 I ,b为方案 II ,c为方案 III ,d为方案 IV

Fig.3 Grade maps of soil quality evaluated by different schemes ,a is scheme I ,b is scheme II ,c is scheme III ,d is scheme IV

2 评价方案选择

不同方案之间的相关性分析。从各方案的综合分值相关分析(表 2)可以看出,各方案之间均有较强的相关性,说明各方案之间不是孤立的而是相互关联,通过一种方案可推论另几种方案的结果。

评价面积比较。从 4 种方案的评价结果(图 4)看,各方案之间有一定的差异。除了方案 I 和 IV 中 7 等地较多外,研究区土壤主要集中在 2、3、4、5 等级上,1 等地较少,不同方案评价结果基本一致。

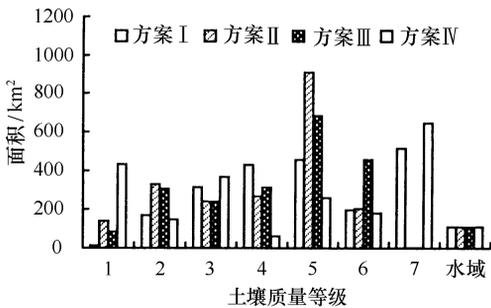


图 4 不同方案土壤质量评价结果

Fig.4 Evaluation results of soil fertility quality evaluated by different schemes

表 2 不同方案综合分值的相关系数

Tab.2 Correlation coefficients of comprehensive results of different schemes

	方案 I Scheme I	方案 II Scheme II	方案 III Scheme III	方案 IV Scheme IV
方案 I	1			
方案 II	0.8298	1		
方案 III	0.8636	0.9134	1	
方案 IV	0.7336	0.7121	0.6712	1

方案选择。在 Arcgis 下,对上述 4 种评价图(图 3)两两之间进行差值计算,结果见表 3。从表 3 可以看出方案 I 和方案 IV 评价结果一致率达 91.07%,其主要原因是土壤有机质可以代表土壤养分,而土壤含盐量与地下水矿化度、埋深及土壤质地、土体构型有关,即土壤含盐量是这 4 种因素的综合反映,因此在黄河三角洲土壤评价中,在其他因素无法获取的情况下,可以用土壤有机质和土壤含盐量评价土壤质量。方案 I 和方案 II 评价结果基本一致,一致率达 85.72%,方案 II 和方案 III 评价结果一致性为 82.16%,这说明在土壤质量评价中,全量养分和速效养分高度相关,而这两种方案又与方案 I 基本一致,因此在指标选取中可以仅选其一。

表 3 不同方案评价结果的一致率
Tab.3 Unanimous rate of different schemes

	方案 I Scheme I	一致率/% 方案 II Scheme II	一致率/% 方案 III Scheme III	一致率/% 方案 IV Scheme IV
方案 I	100			
方案 II	85.72	100		
方案 III	61.03	82.16	100	
方案 IV	91.07	37.20	25.03	100

3 小 结

GIS 的空间分析功能可快速形成土壤评价指标隶属度分布图,结合各指标的相关系数,利用 GIS 进行叠加形成土地质量等级图,从而实现土壤质量评价的自动化。土壤有机质和含盐量是黄河三角洲土壤质量的主要限制因素,基于这 2 种指标的评价与土壤质量的全面评价(基于土壤有机质、全量及速效养分、含盐量、地下水埋深及矿化度、土体构型的评价)具有较高的一致性,因此在其他因素无法获取的情况下可选择这两种因素评价土壤质量。基于土壤全量养分和速效养分的评价基本一致,因此可以仅选择其一进行土壤质量评价。

参 考 文 献

- 吕晓男,陆允甫,王人潮.土壤肥力综合评价初步研究.浙江大学学报(农业与生命科学版),1999,25(4):378~382
- 王玉杰,王 千.主要土壤肥力因素指标的筛选模型.生物数学学报,2000,15(2):163~168
- 章明奎,徐建民.利用方式和土壤类型对土壤质量指标的影响.浙江大学学报(农业与生命科学版),2002,28(3):277~282
- 骆东奇,白 洁,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法.土壤与环境,2002,11(2):202~205
- 周红艺,何毓蓉,张保华.长江上游典型地区 STOER 数据库支持下的土壤肥力评价.山地学报,2002,20(6):748~751
- 刘玉平.干旱区土地退化生态系统的评价方法.干旱区研究,1996,13(1):72~75
- 王军艳,张凤荣,王 茹,等.应用指数和法对潮土农田土壤肥力变化的评价研究.农村生态环境,2001,17(3):13~16,20
- 孔艳玲,郭 鹏,刘洪斌,等.基于 GIS 的土壤肥力综合评价.西南农业大学学报,2003,25(2):176~179
- Doran J.W.,Sarrantonio M.,Liebig M.A. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, 1996, 56:1~54
- Liebig M.A., Doran J.W., Gardner J.C. Evaluation of a field test kit for measuring selected soil quality indicator. *Agron. J.*, 1996, 88(4):683~686
- Carter M.R. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interaction that maintain soil function. *Agronomy Journal*, 2002, 94(1):38~48
- Smith J.L., Doran J.W. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. *Soil Science Society of America, Spec. Publ.* 1996:775~826
- Andrews S.S., Mitchell J.P., Mancinelli R., et al. On-farm assessment of soil quality in California's Central Valley. *Agronomy Journal*, 2002, 94(1):12~23
- Kennedy A.C., Papendick R.I. Microbial characteristics of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1995, 50(3):243~247