

基于 WebGIS 技术的耕地质量 动态监测信息系统研究

密长林^{1,2}, 马爱功², 张晓东³

(1. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 2. 临沂市国土资源局, 山东 临沂 276000; 3. 宁夏回族自治区地质调查院, 宁夏 银川 750021)

摘要:结合国内外有关耕地质量动态监测的相关研究理论, 设置了耕地质量动态监测的监测指标, 研究了监测样点的选取和耕地质量综合指数的计算, 并结合 WebGIS 技术, 对耕地质量动态监测系统的结构、功能进行了初步设计, 提出了系统的总体框架, 并阐述了系统实现的关键技术, 建立了基于 WebGIS 的耕地质量监测系统对耕地质量进行长期定位监测, 以期为区域耕地质量保护工作提供一个可视化、便捷式系统实现方案。

关键词:土地利用; 耕地质量; 动态监测; 信息系统

中图分类号: F323. 211

文献标识码: B

耕地资源的可持续性利用是维持区域可持续发展的关键因素, 其核心是保证区域耕地总量的动态平衡。在认识到耕地总量动态平衡重要性的同时, 仅谈耕地数量保护难以对耕地资源面临的严峻形势有清晰的认识, 只有结合耕地质量才能综合反映“人口—耕地”供需系统中耕地的供给水平^[1-5]。该文结合 WebGIS 技术, 对耕地质量动态监测系统的结构、功能进行了初步设计, 提出了系统的总体框架, 并阐述了系统实现的关键技术, 以期为区域耕地质量保护工作提供一个可视化、便捷式系统实现方案。

1 内涵界定

基于耕地为人们提供必须的粮食保证这一基础功能和作用, 界定该研究的耕地质量由耕地土壤的综合生产能力和生态环境两部分共同反映。综合生产能力的高低主要与耕地自然质量(土壤)有很大的关系; 生态环境质量主要是耕地受污染的程度^[6]。

耕地自然质量主要是指土壤质量, 反映土壤的理化性状和养分状况, 主要包括: 理化性状, 如: pH, CEC, 土壤质地等; 肥力指标, 如: 有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾等。

耕地的生态质量主要指耕地受污染的程度。主要的污染物包括: 无机污染物(如: 重金属、酸、盐等), 有机农药(如: 杀虫剂、除莠剂等), 有机废弃物(如: 生物可降解或难降解的有机废物等), 化肥, 污泥, 矿渣和粉煤灰, 放射性物质, 寄生虫, 病原菌等。

2 监测指标的设置

2.1 监测指标选取的原则

(1) 区域性和主导性原则: 不同区域的自然禀赋条件、社会经济条件、种植习惯等方面的特征形成了耕地质量的区域差异性, 而且耕地质量和土地利用方式与土地利用者的社会经济状况息息相关。所以在设置指标时要反映这些差异性, 应具有针对性。同时, 根据影响因素种类及作用的差异, 选择区域内对耕地质量水平起控制作用的主导因素。

(2) 全面性和易获得性原则: 监测指标应能全面反映耕地质量的现状, 包括耕地自然质量和生态质量指标。指标的设置要注意指标数据的可得性, 而且指标要具有可测性和可比性, 易于量化。在现有技术条件下, 保证指标数据准确、及时。

* 收稿日期: 2011-11-16; 修订日期: 2011-11-28; 编辑: 程光锁

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项经费项目(201011015-8)

作者简介: 密长林(1973—), 男, 山东临沂人, 高级工程师, 主要从事国土资源管理信息化及评价研究; E-mail: 76369@126.com。

(3)生产性和敏感性原则:监测指标应对农业生产有指导作用,为下一步农业利用的方式提供参考。同时,在农业生产过程中,选择的指标监测间隔对于农业利用方式具有较高的敏感性。

2.2 监测指标的确定

在耕地质量监测指标确定过程中应充分了解引起耕地土壤质量变化的各种影响因素。指标选取时应更多的考虑以下几个方面内容:

(1)耕地自然质量指标为耕地土壤主要养分指标和主要理化性状。影响耕地自然质量的指标很多,影响力也存在很大差异,对于耕地质量动态监测来说,是一个长期的过程,所以应该考虑对耕地质量影响较大的因素,在充分实现耕地质量动态变化监测的同时,降低耕地质量动态监测成本。

(2)耕地生态质量指标为耕地土壤主要污染物。土壤中污染物的类别也较多,大多污染物并没有超过安全级别,在一定含量水平界限下不会对人体产生危害,所以在进行耕地质量监测时应考虑对人体危害大且容易累积的土壤污染物。

(3)各指标年际间变化趋势明显。耕地质量各指标在时间上变化幅度也千差万别,由于不同作物对土壤养分的选择性吸收,导致土壤中各养分要素的年际变化幅度之间形成了较大差异,土壤中植物所需大量元素减少多,中量次之,微量更少,所以在指标选取时应考虑各指标的年际变化,选取变化幅度大的指标,更能反映耕地质量变化的状况。

(4)监测指标可定量且易于检测。耕地质量的定性指标大多可以通过常规的观察加以判别,大多有经验的农民都可以实现简单的判读,并可以通过判读结果做出相应的决策和改良措施。对于长期的耕地质量动态监测来说,应该选取一些需要通过一定的化学实验才能达到的结果进行判读,根据判读结果相关分析实现耕地质量的预警和耕地质量保护决策。

在分析耕地质量要素影响大小的基础上,根据耕地质量和耕地质量动态监测内涵界定的内容,考虑耕地质量监测的长期性和永久性,对比第二次土壤普查、全国耕地地力调查与质量评价和测土配方施肥的主要土壤质量监测指标内容(表 1),设置耕地质量动态监测的指标体系。主要监测内容包括耕地自然质量指标、耕地生态质量指标。

耕地自然质量指标:是指反映土壤质量高低的各项量化指标。主要监测指标有:土壤质地、有机

质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、pH、CEC。

耕地生态质量指标:随着无公害农产品生产观念的不断深入人心,土壤生态质量建设也将列入耕地质量管理的重要内容。土壤环境质量检测项目主要有:镉、汞、砷、铅、铬。

表 1 土壤农化性状主要检测指标对比

名称	土壤自然质量							土壤生态质量			
第二次土壤普查	有机质	pH	全氮	碱解氮	全磷	有效磷	全钾	速效钾	机械组成	—	—
耕地地力调查和质量评价	有机质	pH	全氮	碱解氮	—	有效磷	—	速效钾	—	CEC	铅镉汞砷铜锌
测土配方施肥	有机质	pH	全氮	—	—	有效磷	—	速效钾	机械组成	—	铜锌铁锰硼

3 监测样点的选取及样品分析

3.1 监测样点的设置

首先结合待监测区域行政面积确定坐标网格大小,将耕地现状图和土壤图进行叠加,充分考虑耕地的空间分布、区域污染源区位和其他影响耕地质量的影响因素,进行耕地质量动态监测布点,并遵循以下几条原则:①具有广泛的代表性,各种土种类型尽可能兼顾;②兼顾均匀性,尽可能考虑样点的位置分布、耕作制度、面积大小等;③具有典型性,避免耕种非调查因素的影响;④与第二次土壤普查、耕地地力调查和质量评价、测土配方施肥布点相兼顾。

监测点空间布局上主要考虑以下内容:①尽量涵盖主要的耕地土壤类型;②对重点耕作区的土壤进行监测;③对近污染区土壤进行监测;④兼顾不同地力水平的土壤;⑤涵盖有代表性的主要耕作制度。

3.2 样品的采集和分析

(1)样品的采集。根据所布置样地的位置,结合当地实际用 GPS 获取实际坐标,采样时间为每个采样周期的作物收获后;采样周期一般为 5 年采集一次;采样路线采用“X”法,尽量避免施肥和耕作等的误差;采样深度为 0~20 cm 耕层土壤,5 个点混合为一个土样,共采集 39 个土样。所有样品经风干、剔除杂质、研磨,分别过 80 目和 100 目尼龙筛后,进行相关检测分析。

(2)样品的分析。鉴于耕地质量动态监测的长期性和永久性,增加数据的可比性,土壤样品的测试方法必须统一,测试方法如表 2。

表 2 样品的分析项目和方法

分析项目	分析方法
有机质	重铬酸钾—外加加热法
全氮	开氏定氮法
碱解氮	1.2mol/L 碱解扩散法
有效磷	碳酸氢铵或氟化铵—盐酸浸提—钼锑抗比色法
速效钾	乙酸铵浸提—火焰光度法
土壤质地	比重计法
pH	pH 计法(1:5)
CEC	EDTA—乙酸铵盐交换法
镉	石墨炉原子吸收光谱法(GB/T17141)
汞	冷原子吸收分光光度法(GB7468)
砷	原子荧光光谱法
铅	石墨炉原子吸收光谱法(GB/T17141)
铬	原子吸收石墨炉法(GB/T17137)

4 耕地质量综合指数的计算

4.1 耕地自然质量综合指标计算

在借鉴相关理论和咨询相关领域专家的基础上,耕地自然质量综合指数能反映耕地质量变化情况的综合性指标,同时作为耕地自然质量预警系统的警情指标,其计算公式如下:

$$S = \sum S_i W_i; S_i = \frac{S_{\text{测定值}}}{S_{\text{max}}}$$

式中 S 为耕地自然质量综合指数; S_i 为耕地质量评价单元内各个评价因子的标准值; W_i 为耕地质量评价单元内各个评价因子相对应的权重; $S_{\text{测定值}}$ 为监测点的实际测定值; S_{max} 为样本的最大值。

此次评价工作为了避免过多的人为因素干扰,选择了层次分析法作为权重的确定方法,并采用层次分析法软件 yaahp0.5.1 进行分析,得出各评价指标的权重值(表 3)。

表 3 耕地质量动态监测指标体系各指标权重

因素	因子	权重
耕地自然质量指标	有机质	0.2024
	全氮	0.1383
	碱解氮	0.1223
	有效磷	0.1047
	速效钾	0.1149
	土壤质地	0.0994
	pH	0.1080
	CEC	0.1100

4.2 耕地生态质量综合指标计算

由于单因子指数只能反映各个污染物的污染程

度,不能全面、综合地反映土壤的污染情况,而综合污染指数兼顾了单因子污染指数平均值和最高值,可以突出污染较重的污染物的作用,耕地生态质量综合指标计算采用内梅罗综合污染指数法,计算方法如下:

$$P = \sqrt{\frac{P_{i\text{平均}}^2 + P_{i\text{max}}^2}{2}}; P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中: P 为综合污染指数; $P_{i\text{平均}}$ 为各单项污染指数的平均值; $P_{i\text{max}}$ 为各单项污染指数的最大值; P_i 为 i 污染物的污染指数; C_i 为污染物实测值; S_i 为污染物评价标准值,可参照《土壤环境质量标准(GB15618-1995)》(表 4)。

表 4 土壤环境背景值

因素	因子	标准值
耕地生态质量指标	镉	0.20
	汞	0.15
	砷	15.00
	铅	35.00
	铬	90.00

5 警度判定模型设计及警度划分

5.1 警度判定模型设计

耕地质量预警是要预报耕地质量警情与警兆的警度,而警情警度则通过警情警限(L)来判别,警兆警度则依据警兆警区(R)来判定。先利用区间分析、历史分析、数学方法等综合确定耕地质量警情的无警、轻警、中警、重警、巨警的警限 L,再根据 L 来确定对应的耕地质量警兆变量的无警、轻警、中警、重警、巨警的警区 $R^{[1]}$ 。

5.2 警度划分

采用前文所述的警度划分方法,确定警情指标与警兆指标的警度需要先确定警情警限(L),亦即要先确定耕地质量综合指数变化率的警限。我国实行世界上最严格的耕地保护政策,因此,在该研究中,耕地质量一下降就预报警度,参照相关研究^[2],按照负数原则,警情警限(L)划分应用耕地自然质量综合指数和生态质量综合指数进行耕地质量预警,耕地质量监测警区警度划分结果见表 5。

表 5 耕地质量警情与警兆指标的警度划分结果(%)

指标变量	无警警区	轻警警区	中警警区	重警警区	巨警警区
自然质量指数变化率	≥ 0	0~ -5	-5~-10	-10~-15	< -15
生态质量指数变化率	≤ 0	0~ -5	5~10	10~15	>15

6 基于 WebGIS 技术的耕地动态监测系统初步设计

6.1 系统设计目标

开发耕地质量动态监测系统的主要目的是希望其能够模拟区域耕地的时序演变,体现耕地质量的变化规律,并根据区域土地利用现状及其结构的变化趋势,指导区域耕地利用结构调整和耕地保护工作,为区域耕地资源保护提供宏观决策支持,也就是及时准确掌握耕地质量变化,为农业生产和环境保护服务。在系统中能够提供以下功能:

(1)系统基本功能:①操作简单、功能强大的查询功能。应包括图查属性、属性查图、SQL 查询、模糊查询等功能;②对地图基本的操作功能。诸如缩放、漫游、编辑功能等等。

(2)数据录入及维护模块:提供各种图形和属性数据的维护。包括增加、移动、删除图形或增加、删除和修改属性数据。此模块提供给局域网内的系统高级用户使用,各个用户可通过远程方式将编辑情况反映到服务器中,以保证数据库中图形和属性数据的时效性和准确性。

(3)成果查询及其应用分析功能:根据需要对数据进行统计分析,并将结果以图形的形式显示和输出(图 1)。将统计结果以统计图、统计表和专题图形式显示并可输出打印。并提供字段统计功能,例如统计某一区域的耕地面积等。

(4)耕地质量动态变化预警决策系统:此模块提供耕地质量变化预警等。通过选取耕地预警警兆指标,建立耕地预警模型,从耕地质量入手,分析引起耕地质量变化及发展势态的各种相关因素,预报耕地质量升降超越临界值的危险状况,并按照无警、轻警、中警、重警、巨警 5 个等级对警情进行判定。针对在预警模型应用模块中的警情判定,为耕地保护工作提出对应的决策支持^[6]。

6.2 系统总体结构

其中 C/S 模式主要用于系统的管理人员和高级用户。系统管理人员主要负责系统的管理和维护,并建立预警模型;系统高级用户主要负责系统的数据更新、预警决策以及预警信息的发布。

B/S 模式主要用于系统的一般用户,对于系统的一般用户而言主要是使用该系统进行查询、数据统计分析以及制图输出等。

7 结语

通过对耕地质量及耕地质量动态监测内涵界定,选取了较为合理的检测指标,在样品的采集和分析的基础上,计算耕地自然质量综合指标,建立警度判定模型,实现基于 WebGIS 技术的耕地动态监测系统以为区域耕地质量保护工作提供一个可视化、便捷式系统实现方案。

参考文献:

[1] 彭补拙,魏金梯,张燕.城市边缘区耕地预警系统的研究——以温州市为例[J].经济地理,2001,21(6):714-718.
 [2] 吴延熊,郭仁鉴,周国模.区域森林资源预警的警度划分[J].浙江林学院学报,1999,16(1):70-75.
 [3] 徐彬彬,李德成.保护耕地必须既重数量又重质量[J].土壤,1999,8(1):8-12.
 [4] 叶忱,黄贤金.江苏省人口、耕地与经济发展关系的研究[J].中国人口、资源与环境,2000,10(4):71-73.
 [5] 沈斌强.县域农用地标准样地体系构建与耕地质量监控研究[D].硕士论文,2007.
 [6] 张鸿辉,刘友兆,曾永年,等.耕地质量预警系统设计与实证[J].农业工程学报,2008,24(8):74-79.

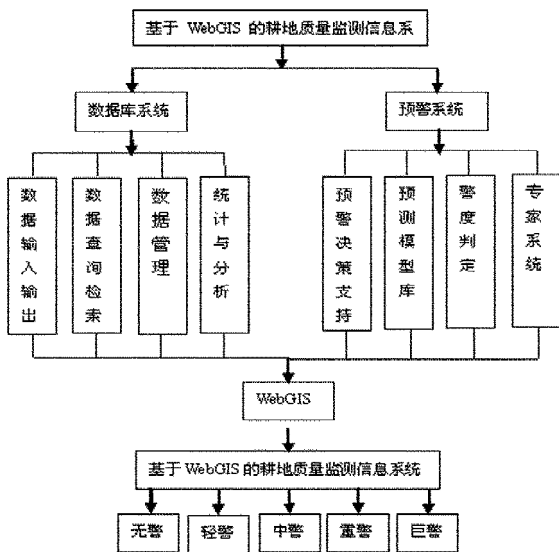


图 1 基于 WebGIS 的耕地质量监测信息系统总体结构图

Study on Dynamic Monitoring Information System of Land Quality Based on WebGIS

MI Changlin^{1,2}, MA Aigong², ZHANG Xiaodong³

(1. Management and Economics School of Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Linyi Bureau of Land and Resources, Shandong Linyi 276000, China; 3. Geological Surveying Institute in Ningxia Hui Autonomous Region, Ningxia Yinchuan 750021, China)

Abstract: Combining with domestic and international research on dynamic monitoring of cultivated land quality, dynamic monitoring indicators of land quality have been set up, and selection of monitoring samples and calculations of monitoring of land quality factors have been studied. Combining with WebGIS technology, structure and function of dynamic monitoring system of cultivated quality have been designed primarily, the overall framework is put forward, and the role technologies of system implementation have been introduced. Land quality monitoring system based on WebGIS for long term monitoring of land quality has been established in order to provide a visual and easy implementation scheme for regional land quality protection.

Key words: Land use; land quality; dynamic monitoring; information system