

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.10.016

华北平原县域耕地质量综合评价^①

陈朝¹, 吕昌河², 邓南荣¹, 陈进栋¹, 王永梅¹, 刘婷¹

1. 广东省生态环境技术研究所 广东省农业环境综合治理重点实验室, 广州 510650;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

摘要: 基于采样、观测和统计数据, 从耕地自然质量、经济质量和生态质量属性视角构建了耕地质量评价指标体系, 运用隶属度函数、主成分分析、栅格采样和综合指数模型, 对华北平原禹城市耕地质量进行了综合评价与分析. 评价结果表明: 2009 年禹城市耕地自然质量、生态质量和经济质量分别以一、二、三等, 二、三、四等和一、三、五等为主, 且分别呈现耕地质量等级由中部、南部, 中北、中南部和东部向周边区域降低的空间分异格局, 区域耕地自然、生态和经济条件差异与耕地质量格局分异密切相关.

关键词: GIS; 耕地质量; 评价指标; 综合指数; 禹城市

中图分类号: P964

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)10-0110-07

国内外不同组织和学者已对土地质量进行了多视角的内涵界定^[1-3], 根据耕地质量属性将其内涵归结为耕地自然质量、生态质量和经济质量, 其中耕地自然质量侧重耕地土壤功能与肥力基础, 生态质量侧重耕地健康状况和环境影响, 经济质量侧重耕地利用强度和生产能力^[4]. 现有的区域尺度耕地质量评价研究多是从耕地的本底(肥力)质量、耕地经济质量或生态质量属性角度单方面展开, 由于耕地质量具有多重属性, 区域耕地质量评价不能只基于传统的自然(或本底)生产力, 而应是综合自然肥力、生态安全及可持续性的多层次、多目标评价^[5], 基于耕地自然、生态和经济质量综合属性的多层次评价方法有助于实现对耕地质量“人地一体化”的资源价值管理评价^[2].

华北平原是全国重要的粮食产区. 近年来, 随着经济快速发展和华北粮仓农业基础地位不断增强, 粮食安全和生态安全保障策略促使区域农业生态环境和耕地利用有了很大变化, 同时也影响着区域耕地质量. 因此, 有必要开展耕地质量综合评价, 深入认识华北平原耕地资源利用特点, 加强对耕地的合理利用和管理. 本研究尝试从耕地的自然质量、生态质量和经济质量角度, 综合评价华北平原典型县禹城市的耕地质量, 旨在为区域耕地质量提升提供借鉴与探讨案例.

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区概况

禹城市位于华北平原山东省西北部(图 1), 黄河冲积平原地貌, 土壤以潮土和盐化潮土为主, 属暖温带大陆季风气候, 多年平均气温 13.1 ℃, 降雨量 582 mm, 雨热同期, 农业生产条件和区位优势. 禹城市土地利用具有平原农区的典型特征, 在土地利用结构中耕地比例最高, 土地复种指数高、农业投入大,

① 收稿日期: 2015-07-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071063); 国家重点基础研究发展计划项目(2012CB955304); 广东省科学院青年科学基金项目(qnjj201305).

作者简介: 陈朝(1978-), 男, 湖北广水人, 助理研究员, 博士, 主要从事土地利用与农业生态研究.

通信作者: 吕昌河.

村庄数量多、布局散、用地规模大^[6],农户土地经营模式多样,农业结构已从单一粮棉生产模式转向种植业和养殖业为代表的农牧结合模式.

1.2 数据来源

禹城市乡镇行政区划数据来源于地球系统科学数据共享网提供的 1:25 万全国乡镇界线数据(如图 1);耕地利用数据来源于 2009 年禹城市土地利用现状详查变更数据库;社会经济数据来源于《禹城市国民经济统计资料》(2001 年—2010 年),其中道路数据来源于中国科学院禹城试验站(<http://222.133.63.115:8080/ycan/index.jsp>);土体构型(0~150 cm)、表土(0~20 cm)土壤质地来自禹城市土壤二次普查数据,地下水埋深数据来源于禹城市水利局提供的 2001 年—2009 年 21 个长期观测站点数据,土壤有机质与含盐量数据来源于中国科学院禹城试验站和禹城市农业局提供的 2001 年—2009 年土壤采样数据,土壤采样调查共设 674 个样地(图 1),采集了 2 252 个 0~20 cm 耕层土样,土样的室内分析采用通用的国标方法测定^[7].为保证各类数据时效一致性,各部门数据统一选取时段为 2001 年—2009 年.

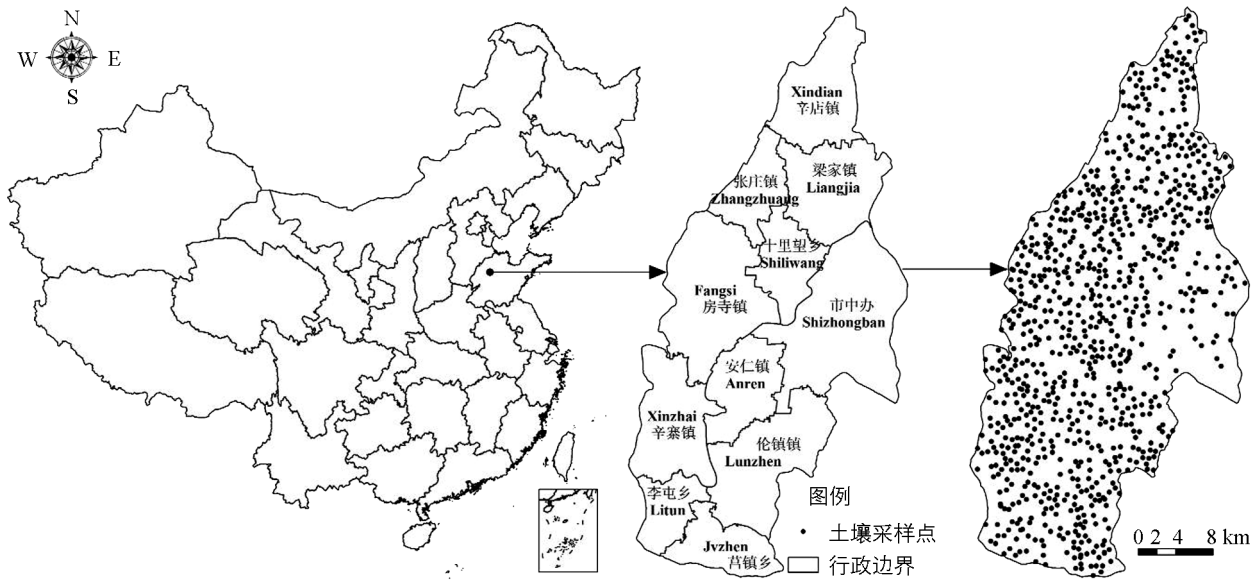


图 1 研究区位置与土壤采样点分布

2 耕地质量综合评价方法与过程

2.1 耕地质量评价指标体系构建

根据禹城市耕地利用特点,遵循耕地质量综合评价指标选取的稳定性、主导性、生产性、空间变异性 and 区域性原则^[8],构建禹城市耕地自然质量、生态质量和经济质量综合评价指标体系,各选取指标意义及说明详见表 1.其中,耕地土壤稳定性指标(土壤质地、土体构型和有机质含量)根据土壤特征响应时间(Characteristic Response Time, CRT)(一般 CRT>10 年的土壤性质具有一定的稳定性, CRT<10 年的土壤性质被认为是相对易变的)^[9]和最小数据集方法(Minimum Data Set, MDS)^[10]确定,表土含盐量、地下水埋深用实测值表示,其余指标按照相关文献方法处理^[4,11].

2.2 单要素图层形成

为使评价结果具有高精度的空间变化连续性,本研究的评价单元基于像元栅格.对于土壤质地和土体构型,按图斑属性直接转化为 30 m×30 m 栅格图;对于表土有机质、含盐量、地下水埋深等点位数据取历年均值,并采用确定性插值反距离权重(IDW)方法将上述要素插值成 30 m×30 m 栅格.对于水资源保证率、农药污染指数、种植结构指数、土壤养分平衡指数、复种指数、收益指数和机械化程度指标,采用 2001 年—2009 年近十年禹城市各乡镇社会经济统计数据的平均值,以降低各指标年度波动的不稳定性,与村镇行政区划数据空间连接后,再转换成 30 m×30 m 栅格.

表 1 禹城市耕地质量综合评价指标体系

目标层	因子层	指标内涵	指标说明
自然质量(A1)	耕层质地(B1)	土壤物理性质	土壤二次普查
	土体构型(B2)	土壤物理性质	土壤二次普查
	表土有机质含量(B3)	土壤养分状况	实测
	水资源保证率(B4)	水资源配置程度	灌溉面积/耕地面积
生态质量(A2)	农药污染指数(B5)	污染状况	农药施用量/耕地面积
	表土含盐量(B6)	盐渍化水平	实测
	地下水埋深(B7)	地下水资源过耗程度	实测
	种植结构指数(B8)	耕地利用多样性水平	香农结构指数
	土壤养分平衡指数(B9)	营养健康状况	N,P,K 投入/作物吸收
经济质量(A3)	复种指数(B10)	耕地利用程度	播种面积/耕地面积
	收益指数(B11)	投入产出水平	农业总产值/生产总投入
	机械化程度(B12)	农业科技水平	机耕面积/耕地面积
	道路通达度(B13)	区位条件	到最近道路距离

2.3 评价要素标准化

本文采用 Delphi 法结合隶属度函数拟合方法确定研究区隶属度函数^[12],见表 2. 其中,土壤肥力指标的隶属度函数临界参数的确定参考了潮土土壤基准建议值^[10],概念型指标土壤质地和土体构型采用 Delphi 法直接赋值,见表 3.

表 2 禹城耕地质量评价指标隶属函数

函数类型	参评指标	隶属函数
概念型	耕层质地	$Y = X *$
概念型	土体构型	$Y = X *$
戒上型	有机质含量	$Y = \begin{cases} 1 & X \geq 20 \\ 0.1 + 0.9(X - 5)/15 & 5 < X < 20 \\ 0.1 & X \leq 5 \end{cases}$
戒上型	水资源保证率	$Y = X/X_{\max}$
戒上型	种植结构指数	$Y = X/X_{\max}$
戒上型	复种指数	$Y = X/X_{\max}$
戒上型	收益指数	$Y = X/X_{\max}$
戒上型	机械化程度	$Y = X/X_{\max}$
戒下型	表土含盐量	$Y = \begin{cases} 0.1 & X \geq 0.6 \\ 1 - 0.9(X - 0.1)/0.5 & 0.1 < X < 0.6 \\ 1 & X \leq 0.1 \end{cases}$
戒下型	地下水埋深	$Y = X_{\min}/X$
戒下型	农药污染指数	$Y = X_{\min}/X$
戒下型	道路通达度	$Y = X_{\min}/X$
峰型	土壤养分平衡指数	$Y = \begin{cases} 1/X & X > 1 \\ 1 & X = 1 \\ X & X < 1 \end{cases}$

注: Y 为参评指标隶属度函数值; X 为指标实际值; X* 为指标量化值; X_{max}, X_{min} 分别为指标实际最大和最小值.

表 3 概念型参评因素隶属度

耕层质地	轻壤	中壤	砂壤	重壤	紧砂	松砂	
隶属度	1	0.95	0.8	0.7	0.55	0.4	
土体构型	轻壤质粘夹	轻壤均质	轻壤质砂夹	中壤质粘夹	中壤质砂夹	砂壤质粘夹	
隶属度	1	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	
土体构型	砂壤均质	砂壤质砂夹	重壤质粘夹	重壤均质	重壤质砂夹	砂质粘夹	砂均质
隶属度	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4

注：研究区耕层土壤质地采用苏联制的重壤、中壤、轻壤、砂壤、紧砂和松砂类型分别对应国际制的壤粘土、粘壤土、壤土(粉砂壤土)、砂壤土、壤砂土和砂土，表土质地和土体构型按照《GB/T 28407—2012 农用地质量分等规程》^[13] 指标分级及其分值来赋分。

2.4 权重确定

对禹城 11 个乡镇统计计算的 13 个评价指标值构建 13×11 维矩阵 $(Y_{1,1}, Y_{1,2}, \dots, Y_{13,11})$ ，进行主成分分析，根据方差贡献率 $\geq 85\%$ 的标准提取 n 个主成分，用各主成分的特征向量的绝对值计算各变量的权重系数。

$$\beta_j = \sum_{k=1}^n (|U_{kj}| \times C_k)$$
$$U_{kj} = \frac{A_{kj}}{\sqrt{\lambda_k}}$$
$$C_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{k=1}^n \lambda_k}$$

式中： β_j 为第 j 个变量的权系数； U_{kj} 为第 k 个主成分的特征向量在第 j 个变量的分量； A_{kj} 为第 k 个主成分在第 j 个变量的载荷值； λ_k 为第 k 个主成分的特征根； n 为提取的主成分数； C_k 为第 k 个主成分的方差相对贡献率。

对上述权重系数再进行分层归一化处理，可得到不同层次的耕地质量评价指标权重：

$$W_{ij} = \frac{\beta_{ij}}{\sum_{j=1}^n \beta_{ij}}$$

式中： W_{ij} 为第 i 个目标层第 j 个单项指标的权重； β_{ij} 为第 i 个目标层中第 j 个指标权系数的绝对值； n 为第 i 个目标层的指标个数。

2.5 评价模型

采用多目标线性加权函数构成的综合指数模型进行测算，模型如下：

$$S = \sum_{j=1}^n P_j \times W_j$$

式中： S 为区域耕地质量综合指数； P_j 为第 j 个单项指标量化值； W_j 为第 j 个单项指标的权重。

运用自然断点法对禹城市耕地自然质量、经济质量、生态质量进行分等。根据 2009 年禹城土地利用现状边界，提取 2009 年禹城耕地资源质量评价数据。

3 结果与分析

3.1 耕地质量现状

从不同等级质量耕地面积来看(见表 4)，2009 年禹城市耕地自然质量以一、二、三等为主，3 者占比为 81.74%，说明研究区自然本底质量较高，综合考虑自然质量单因素评价指标和对应的指标权重发

现,这主要与区域耕地土壤质地构型以壤质夹层为主,耕地土壤通气、保水、保肥能力较好,以及潮土土壤有机质含量普遍较高有关;耕地生态质量以二、三、四等为主,3者占比达到79.56%,考察生态质量单因素指标与对应的权重发现,这主要与区域较广泛的地下水过度利用、一定的表土含盐量和农药施用量以及农作物种类普遍单一有关;耕地经济质量以一、三、五等为主,3者占比为76.66%,说明区域大部分耕地经济质量偏低,经济质量单因素指标和对应权重揭示了研究区耕地投入产出水平、机械化程度和道路通达等情况有待改善.

表 4 2009 年禹城耕地自然质量、生态质量与经济质量评价结果统计

耕地质量分等	自然质量		生态质量		经济质量	
	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%
I	126.17	17.61	90.92	12.69	165.71	23.13
II	249.09	34.77	153.10	21.37	47.54	6.64
III	210.37	29.36	248.59	34.70	206.71	28.85
IV	101.71	14.20	168.38	23.50	119.69	16.71
V	29.16	4.07	55.50	7.75	176.85	24.68
总计	716.49	100.00	716.49	100.00	716.49	100.00

3.2 耕地质量空间分异特征

3.2.1 耕地自然质量空间分异特征

禹城市耕地自然质量等级呈现由中、南部向东部、北部降低的分异格局(图 2a),统计各乡镇数据可知,市中办和辛店镇主要以三、四、五等地为主,其他乡镇多集中分布一、二、三等地.市中办为禹城市中心城镇,经济发展较快,有限的耕地资源在高强度利用下耗损了较多的耕地土壤养分,显示出较低的耕地自然质量本底;辛店镇由于耕层土壤质地主要为砂壤,土体构型偏砂夹,本身自然质量较低;而其他乡镇远离中心城镇,耕地利用强度较低,耕层土壤肥力较高、质地构型良好、灌溉保证率稳定,因而耕地自然质量本底较高.

3.2.2 耕地生态质量空间分异特征

禹城市耕地生态质量等级由中北、中南部向北部、中部和南部降低(如图 2b).统计数据显示,中北部的十里望乡、梁家镇和张庄镇以及中南部的伦镇和李屯乡集中分布一、二等地,这些乡镇本身耕层土壤含盐量较低,近年来由于发展生态养殖和生态农业园区,农药化肥施用较少,蔬菜等经济作物面积有所增加,地下水资源利用合理,因而耕地生态质量较高;而其他乡镇尤其是市中办、莒镇乡、房寺镇和辛寨镇多分布三、四、五等地,这些地区耕层本底含盐量较高,或多或少存在农药、化肥污染、地下水超采和种植结构单一方面的问题,耕地生态质量低下现状应引起重视.

3.2.3 耕地经济质量空间分异特征

禹城市耕地经济质量等级呈现由东部向北部、西部和南部降低的格局(图 2c),根据统计分析,市中办、十里望乡、房寺镇、张庄镇、辛店镇以及道路廊道沿线一、二、三等地分布广泛,这些乡镇经济发展较快,农业生产条件优越,耕地复种、投入产出、农业科技水平较高,交通通达,耕地区位条件较好,耕地经济质量普遍较高;而其他乡镇多分布四、五等地,由于经济相对落后,这些乡镇在耕地投入产出、复种强度和农业科技普及方面水平较低,因而耕地整体经济质量偏低.

4 结论与讨论

4.1 结 论

基于采样数据、监测数据和统计数据,运用 GIS 技术,结合综合指数法测算的禹城市耕地质量综合评价结果表明:

1) 2009 年耕地自然质量、生态质量和经济质量分别以一、二、三等、二、三、四等和一、三、五等为

主,良好的耕地表土肥力、质地构型状况与较高的耕地自然本底质量密切相关;地下水过采,化肥、农药过施等是影响耕地生态质量的重要因素;较低的经济效益、农业科技水平和区位条件制约了耕地经济质量。

2) 2009 年耕地自然质量、生态质量和经济质量等级分别由中部、南部,中北部、中南部和东部向周边区域降低,其主要控制因子分别为耕地表土肥力、构型、水资源条件,表土含盐量、农药污染程度、地下水资源、种植结构多样化程度和耕地复种指数、产投比、区位条件。

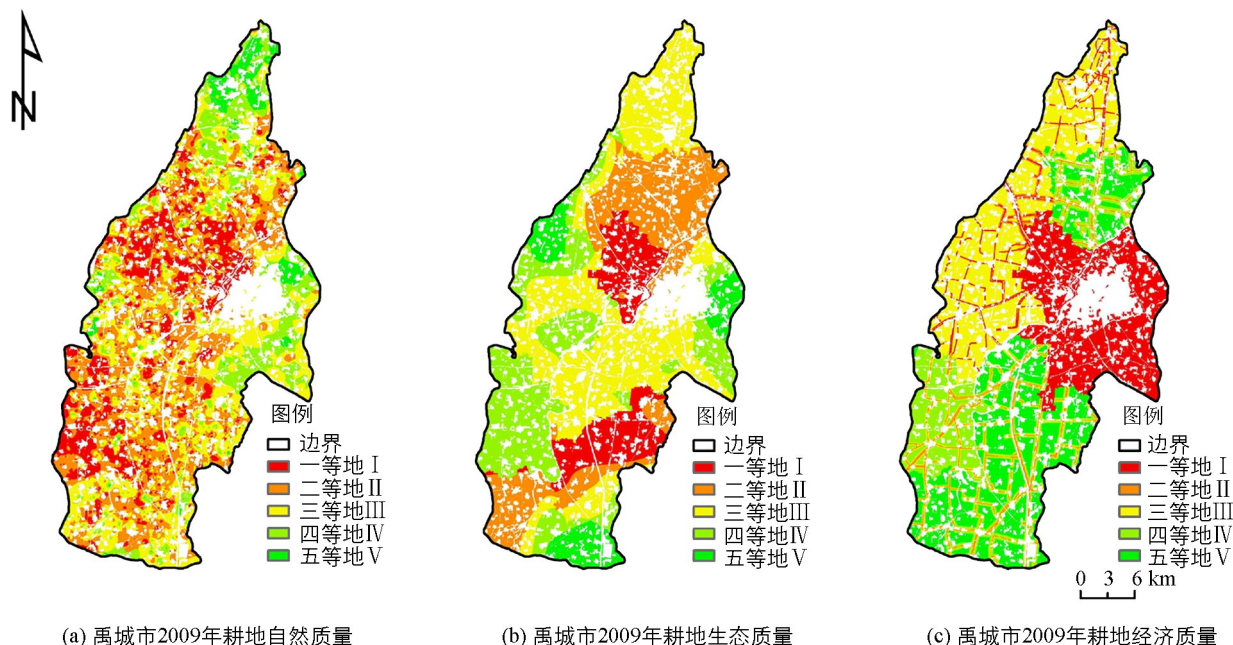


图 2 禹城市耕地质量分级格局图

4.2 讨 论

1) 鉴于耕地质量属性的多重性,耕地质量的社会属性指标如撂荒率、乡村农业从业人员数量、农业补贴政策等也会对耕地质量产生直接或间接的影响,但这方面的数据难以获取与量化,本文未考虑耕地质量的社会属性.科学量化的实地问卷设计与调查可能是解决这类问题的有效途径,基于耕地质量综合属性拓展的评价研究有待深入。

2) 耕地质量评价需要考虑到时空尺度.本文的区域耕地质量评价目的是为了了解区域耕地质量赋存状况,属于基于时间节点的静态评价范畴,以后研究中可利用多时相数据进行耕地质量动态综合评价.另外,本文的评价指标数据多是基于县域尺度,而地块尺度下的灌溉、排水条件可能会对耕地的质量与产能有更大影响,基于详尽地块尺度数据的耕地质量综合评价研究将是今后的研究方向。

参考文献:

- [1] FAO. A Framework for Land Evaluation [R]. Rome, Italy: FAO Soil Bulletin 32, 1976.
- [2] DUMANSKI J, PIERI C. Land Quality Indicators: Research Plan [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2000, 81(2): 93-102.
- [3] 陈百明,张凤荣.中国土地可持续利用指标体系的理论与方法 [J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 197-203.
- [4] 陈朝,吕昌河.基于综合指数的湖北省耕地质量变化分析 [J]. 自然资源学报, 2010, 25(12): 2018-2029.
- [5] 付国珍,摆万奇.耕地质量评价研究进展及发展趋势 [J]. 资源科学, 2015, 37(2): 226-236.
- [6] 陈玉福,孙虎,刘彦随.中国典型农区空心村综合整治模式 [J]. 地理学报, 2010, 65(6): 727-735.
- [7] 刘光崧.中国生态系统研究网络观测与分析标准方法:土壤理化分析与剖面描述 [M]. 北京:中国标准出版社, 1996.
- [8] 张凤荣,安萍莉,王军艳,等.耕地分等中的土壤质量指标体系与分等方法 [J]. 资源科学, 2002, 24(2): 71-75.
- [9] 李保国.土壤变化及其过程的定量化 [J]. 土壤学进展, 1995, 23(2): 33-42.

[10] 徐建明, 张甘霖, 谢正苗, 等. 土壤质量指标与评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[11] 陈朝, 邓南荣, 范兰, 等. 华北平原禹城市耕地质量动态评价 [J]. 中国农学通报, 2015, 31(36): 226—236.

[12] 曹志洪, 周健民. 中国土壤质量 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.

[13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 28407—2012 农用地质量分等规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

Farmland Comprehensive Quality Evaluation and Analysis of County Areas in the North China Plain

CHEN Zhao¹, LV Chang-he², DENG Nan-rong¹,
CHEN Jin-dong¹, WANG Yong-mei¹, LIU Ting¹

1. Guangdong Key Laboratory of Agricultural Environment Pollution Integrated Control, Guangdong Institute of Eco-Environmental and Soil Sciences, Guangzhou 510650, China;
2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China

Abstract: Taking Yucheng County in the North China Plain as an example, a comprehensive evaluation index system was constructed in terms of the farmland natural, economic and ecological quality based on the data from sampling, observation and statistics. The methods of subordinate functions, principal component analysis and composite index evaluation model were selected to perform a comprehensive evaluation on farmland quality. The evaluation results revealed that farmland quality in Yucheng County in 2009 could be divided into five grades, farmland natural, ecological and economic quality were dominated by first, second, third grades; second, third, fourth grades and first, third, fifth grades. Farmland natural quality grades had an obvious decreasing distribution from the center, south to surrounding region, while the northern-center and southern-center to surrounding region for ecological quality and the east to surrounding region for economic quality, which were closely related with the regional natural, ecological and economic factors.

Key words: GIS; farmland quality; evaluation indicators; composite index; Yucheng County

责任编辑 崔玉洁

