

基于 GIS 的滨海集约农区耕地生态环境评价研究

唐秀美¹, 赵庚星^{1*}, 路庆斌²

(1. 山东农业大学资源与环境学院, 泰安 271018; 2. 南京农业大学资源与环境学院, 南京 210095)

摘要: 该文以山东广饶县为例, 进行了滨海集约农区耕地生态环境的评价研究。采用土壤图和土地利用现状图的叠置方法划分评价单元, 系统聚类与 Delphi 法结合筛选参评因素, 层次分析法(AHP)确定其权重, 模糊评判法确定耕地生态环境等级。结果显示, 广饶县耕地生态环境总体良好, 一、二等地占总面积的 39.92%; 三、四等地占总面积 45.75%; 五、六等级仅占 14.33%。耕地生态环境等级由东北沿海向西南部的过渡, 与耕地的集约利用程度呈现明显的反向关系, 同时受不同的耕地利用方式影响明显。该研究探索了滨海集约农区耕地生态环境的评价技术方法, 分析了耕地集约利用对其生态环境的影响, 对集约农区耕地资源的持续利用和环境保护有积极意义。

关键词: GIS; 滨海集约农区; 耕地; 生态环境评价

中图分类号: F323.211

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)5-0069-06

唐秀美, 赵庚星, 路庆斌. 基于 GIS 的滨海集约农区耕地生态环境评价研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 69-74.

Tang Xiumei, Zhao Gengxing, Lu Qingbin. Ecological environment evaluation of cultivated land in coastal intensive agricultural areas by GIS[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5): 69-74. (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着社会经济的快速发展, 人们越来越关注生态环境问题, 生态环境评价也越来越引起人们的重视^[1], 目前国内外利用 3S 技术进行的相关研究较多^[2-6]。区域性的生态环境评价是当前研究的重点, 如王思远^[7]、芦彩梅^[8]、孟波^[9]等分别对湖北省、山西省和滇池流域的生态环境进行的评价; 刘俊^[10]、刘鲁军^[11]等从县域角度出发, 对县域土地的生态环境进行的评价等。耕地是农业发展的基础, 良好的耕地生态环境是农业稳定发展的前提, 对社会经济的发展影响重大。目前, 国内对耕地的评价大多针对耕地资源利用的某一方面, 如耕地肥力评价、耕地经济评价、耕地承载力评价、耕地可持续性评价等^[12-17], 从生态的角度针对耕地环境, 特别是对集约农区的耕地生态环境进行系统研究的较少。集约农区的土地利用表现为高投入、高产出特征, 受人为干预较大, 及时了解 and 掌握集约农区耕地的生态环境状况, 对耕地保护、食品安全有重要意义。广饶县作为一个拥有较大面积集约农区的滨海农业大县, 其耕地生态环境具有较强的代表性。本文结合该县 2006 年耕地地力调查分析资

料, 运用地理信息系统(GIS)和统计分析软件, 对其耕地生态环境状况进行了综合评价, 旨在探索耕地生态环境评价方法, 了解滨海集约农区耕地生态环境特征。

1 研究区概况

广饶县地处鲁北平原, 黄河三角洲南部。地势西南高东北低, 地面高程多在 3~20 m 之间, 坡降 0.48。气候属暖温带季风气候, 年均温 12.3℃, 平均降水量 627.7 mm, 大于 10℃积温为 4603.3℃。土壤类型有潮土、盐土、褐土、砂姜黑土 4 种, 东部沿海有 11.86 km 海岸线, 部分土壤受盐渍化威胁。

广饶县是一个以种植业为主的农业大县。总人口 46.24 万人, 农业人口占总人口的 91.1%。由于区内土地类型多样, 土层深厚, 土质肥沃, 光热资源充足, 适宜农业多层次、高效开发, 是中国黄淮海平原中低产田开发和黄河三角洲粮棉基地建设重点地区, 具有巨大的农业生产潜力。粮食作物以小麦、玉米、大豆为主, 经济作物主要为棉花和蔬菜。全县土地总面积 113787.9 hm², 其中农业用地占全县土地总面积的 66.92%。耕地面积 62305.5 hm², 占全县农业用地总面积的 54.76%, 其中水浇地 47401.6 hm², 占耕地总面积的 76.08%, 旱地 13382.74 hm², 占耕地总面积的 21.48%, 菜地 1506.2 hm², 占耕地总面积的 2.42%。随着经济的快速发展, 广饶县的耕地利用越来越趋向集约化, 耕地的利用方式发生了很大变化, 人工投入较大, 耕地自然生态环境受到较大影响。

收稿日期: 2006-07-19 修订日期: 2007-02-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40571160)

作者简介: 唐秀美(1982-), 女, 山东莱芜人, 从事土地资源信息技术研究。泰安 山东农业大学资源与环境学院, 271018。

Email: xiumeitang6@126.com

*通讯作者: 赵庚星(1964-), 男, 山东东营人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地(土壤)资源信息技术的研究。泰安 山东农业大学资源与环境学院, 271018。Email: zhaogx@sdau.edu.cn

2 评价信息获取及评价单元划分

2.1 评价信息获取

耕地生态环境评价是以耕地的各性状要素为基础的,因此必须广泛地收集与评价有关的各类自然和社会经济因素资料。本研究所采用的数据主要来源于2006年农业部组织的广饶县耕地地力评价项目调查分析数据和该县统计年鉴资料。收集获取的资料主要包括以下几个方面。

1) 耕地基础条件

结合耕地地力调查,从野外调查点获取,主要包括地形地貌、土壤母质、水文、土层厚度、表层质地、耕地利用现状、灌排条件、作物长势产量、管理措施水平等。

2) 土壤理化性质

包括有机质、全氮、全磷、速效钾等大量养分含量,交换性钙、镁等中量养分含量,有效锌、硼、钼等微量养分含量,以及pH值、全盐、土壤污染元素含量等。

3) 社会经济统计

以行政区划为基本单位的人口、土地面积、作物及蔬菜瓜果面积,以及各类投入产出等社会经济指标数据。

4) 基础及专题图件

1:5万比例尺地形图、行政区划图、土地利用现状图、地貌图、土壤图等。

2.2 数据处理分析

为了采用定量化的评价方法和自动化的评价手段,需要对其中的定性因素进行量化处理,根据因素的级别状况赋予其相应的分值或数值,本研究采用专家打分法对各指标进行了分级和量化处理。

1) 土壤表层质地:各粒级土粒在土壤表层中的相对比例(质量百分数)称为土壤表层质地。考虑不同质地类型的土壤肥力特征,以及与植物生长发育的关系,赋予不同质地类别以相应的分值(表1)。

表1 土壤表层质地的量化

Table 1 Quantification of soil surface texture of cultivated land

质地类别	中壤	轻壤	重壤	砂壤	砂土
分值	100	95	80	70	55

2) 土体构型:土体构型是指各土壤发生层有规律的组合、有序的排列状况,也称为土壤剖面构型,是土壤剖面最重要特征。首先以土层质地类别和其在土体中的部位对各类土体构型进行归纳,然后根据不同的土体构型对植物生长发育的影响,赋予不同土体构型以相应的分值(表2)。

表2 土体构型的量化

Table 2 Quantification of soil construct of cultivated land

土体构型	壤均质	壤质黏心	黏质壤心	砂质壤心	黏均质	砂质黏心	壤质砂心	砂均质
分值	100	90	87	80	77	70	65	58

3) 地貌类型:根据不同的地貌类型对耕地生态环境及作物生长的影响,赋予其相应的分值(表3)。

表3 地貌类型的量化

Table 3 Quantification of landform types of cultivated land

地貌类型	缓平坡地	湖沼平原	岗地	洼地	滨海平地
分值	100	89	80	78	70

4) 地下水矿化度:矿化度是用于评价水中总含盐量的指标,是农田灌溉用水适用性评价的主要指标之一,地下水矿化度严重影响土地利用,对耕地生态环境有反向作用。根据不同的矿化度程度对耕地生态环境及作物生长的影响,赋予其相应的分值(表4)。

表4 地下水矿化度的量化

Table 4 Quantification of groundwater mineralization of cultivated land

矿化度	< 0.5	0.5~2	2~5	> 5
分值	100	90	65	40

5) 盐渍化程度:土壤盐渍化是指易溶性盐分在土壤表层积累的现象或过程。土壤盐渍化严重影响土地利用,根据其对耕地生态环境的影响程度进行量化处理,将盐渍化程度化分为不同的等级(表5)。

表5 土壤盐渍化程度的量化

Table 5 Quantification of salinization degree of cultivated land

盐渍化程度	无	轻度	中度	重度	盐土
分值	100	85	70	50	30

6) 土壤重金属污染程度:结合广饶县耕地重金属污染的情况,选择汞、砷、镉、铅4种重金属作为评价因子,把广饶县耕地重金属的自然背景值:汞0.1 mg/kg,砷18 mg/kg,镉0.2 mg/kg,铅25 mg/kg作为评价标准,计算耕地土壤单因子的污染指数 P_i

$$P_i = C_i/S_i \quad (1)$$

式中 C_i ——土壤中污染物 i 的实测浓度; S_i ——污染物 i 的评价标准。

在获得土壤中汞、砷、镉、铅4种元素的单因子污染指数后,以Nemerow^[18]公式计算广饶县耕地的综合污染指数 P

$$P = \sqrt{\frac{\bar{P}^2 + P_{\max}^2}{2}} \quad (2)$$

式中 \bar{P} ——各单项污染指数 (P_i) 的平均值;
 P_{\max} ——各单项污染指数中的最大值。然后对其进行量化处理(表 6)。

表 6 土壤重金属污染程度的量化

Table 6 Quantification of soil heavy metal pollution degree of cultivated land

重金属污染指数 P	< 0.7	0.7~1	1~2	2~3	≥ 3
污染程度	安全	警戒	轻污染	中度污染	重污染
分值	100	90	70	40	10

7) 耕地利用程度: 根据广饶县耕地利用的实际情况, 利用程度从高到低的顺序为: 设施菜地 > 露天菜地 > 大田, 大田中水浇地 > 旱地。因此, 根据利用类型, 将广饶县的耕地利用程度分为 4 等, 并进行量化处理(表 7)。

表 7 耕地利用程度的量化

Table 7 Quantification of utilization degree of cultivated land

利用程度	低(旱地)	中等(水浇地)	较高(露天菜地)	高(日光温室)
分值	100	80	60	50

8) 化肥农药施用量: 根据广饶县的统计数据, 得到各类耕地化肥农药的施用量, 总体看, 化肥农药的施用量遵循下列规律: 设施菜地 > 露天菜地 > 大田, 大田中水浇地 > 旱地。因此将耕地化肥农药的施用量情况分为 4 个等级, 并进行量化处理(表 8)。

表 8 耕地化肥农药施用量的量化

Table 8 Quantification of fertilizer and pesticide consumption of cultivated land

化肥农药施用量	低(旱地)	中等(水浇地)	较高(露天菜地)	高(日光温室)
分值	100	80	60	50

经处理后的各类图件、数据在 GIS 支持下输入计算机, 建立评价信息库。

2.3 评价单元划分

考虑广饶县耕地生态环境的主要影响因素, 采用土壤图、土地利用现状图的叠置方法划分评价单元。将广饶县 1:5 万的土地利用现状图、土壤图进行数字化和空间叠加分析, 经拓扑运算生成评价单元图。其中土壤类型划分到土种, 土地利用现状类型划分到二级利用类型经归并和检索, 将广饶县耕地生态环境划分为 2052 个评价单元。

3 评价指标选取及权重的确定

影响耕地生态环境的因子是多方面的, 为了科学合

理的进行评价, 应选取重要的影响因子, 建立耕地生态环境评价的指标体系。

3.1 评价指标选取

基于“压力-状态-响应”(PSR) 模型理念, 分析耕地生态环境所受到的压力、状态及其响应。将全部评价因素归纳为以下方面:

1) 耕地自然环境状况指标: 包括耕地所处的地形地貌条件、水文地质条件、成土母质条件以及土地利用状况等。

2) 耕地土壤理化性状指标: 包括土壤剖面与土体构型、耕层厚度、质地、容重等物理性状; 有机质、N、P、K 等主要养分、微量元素、pH 值、交换量等化学性状指标。

3) 耕地人类活动影响指标: 包括耕地的利用程度、灌排条件、水土保持工程建设、培肥管理条件等。

4) 耕地污染状况指标: 选取了耕地的汞、砷、镉、铅 4 种重金属污染指标, 在确定每个指标污染指数的基础上, 测定耕地污染情况的综合指数。

根据广饶县的区域特点, 遵循主导因素、差异性、稳定性和敏感性原则, 采用定量和定性结合的方法, 进行参评因素的选取。采用系统聚类方法筛选影响耕地生态环境的土壤理化性质等定量指标, 将类似的指标进行归并, 选取相对独立的主导因子。用 Delphi 法进行影响耕地生态环境的立地条件、物理性状等定性指标的筛选。综合两种方法的选取结果, 最终确定了参评的指标。

3.2 评价因素权重的确定

本评价中采用层次分析法(AHP)来确定各参评因素的权重。主要步骤如下:

1) 建立指标层次结构: 耕地生态环境为目标层, 影响耕地生态环境的立地条件、物理性状、化学性状、污染状况为准则层, 再将影响准则层中各具体指标作为指标层, 形成评价指标层次结构。

2) 构造判断矩阵: 根据专家经验, 分别确定准则层对目标层和指标层对准则层的相对重要程度, 构成判断矩阵。

3) 层次单排序及一致性检验: 即求取指标层对准则层的权数值, 可归结为计算判断矩阵的最大特征根对应的特征向量。

4) 层次总排序及一致性检验: 经层次总排序, 并进行一致性检验, 结果为 $CI < 0.1$, $CR < 0.1$, 具有满意的一致性, 最后计算指标层对目标层的组合权数值。

通过层次分析法得到了各参评因素的权重, 广饶县耕地生态环境评价指标体系及其权重如表 9 所示。

表9 广饶县耕地生态环境评价指标体系及其权重
Table 9 Index system and weights for cultivated land ecological environment evaluation in Guangrao County

一级指标	一级系数	二级指标	二级系数	综合权重
自然环境条件	0.16	地貌类型	0.35	0.056
		地下水矿化度	0.40	0.064
		地下水埋深	0.25	0.040
土壤条件	0.30	耕层质地	0.18	0.054
		土体构型	0.15	0.045
		盐渍化程度	0.10	0.030
		有机质含量	0.20	0.060
		有效磷含量	0.12	0.036
		速效钾含量	0.11	0.033
		有效硼含量	0.08	0.024
		有效锌含量	0.06	0.018
		灌溉保护率	0.40	0.112
人类活动影响	0.28	耕地利用程度	0.35	0.098
		化肥、农药施用量	0.25	0.070
土壤污染	0.26	土壤重金属污染	0.26	0.260

表10 参评因素类型及其隶属函数

Table 10 Types and membership function of the valuation factors

函数类型	参评因素	隶属函数	a	c
戒上型	有机质含量/%	$y = 1/(1 + a \times (x - c)^2)$	0.54299	1.82197
戒上型	有效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	$y = 1/(1 + a \times (x - c)^2)$	$< 110 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.000099
			$> 110 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	80.159
戒上型	速效钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	$y = 1/(1 + a \times (x - c)^2)$	0.0000076	327.836
戒上型	有效锌/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	$y = 1/(1 + a \times (x - c)^2)$	0.249	1.885
戒上型	有效硼/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	$y = 1/(1 + a \times (x - c)^2)$	0.251	1.879
直线型	灌溉保证率/%	$y = a \times x + c$	1.294	-0.0054
正直线型	矿化度	$y = a + c \times x$	0	1
正直线型	地下水埋深/m	$y = a + c \times x$	0	1
概念型	污染情况	$y = a \times x$	0.01	-
概念型	土体构型	$y = a \times x$	0.01	-
概念型	利用程度	$y = a \times x$	0.01	-
概念型	化肥农药	$y = a \times x$	0.01	-
概念型	耕层质地	$y = a \times x$	0.01	-
概念型	盐渍化	$y = a \times x$	0.01	-
概念型	地貌类型	$y = a \times x$	0.01	-

注: y 代表评价因素分值; x 代表评价因素实际数值或将定性评价因素量化处理后得分; a、c 代表隶属函数的系数。

4.2 广饶县耕地生态环境等级确定

用指数和法确定耕地生态环境的综合指数, 公式为

$$I = \sum F_i \times M_i \quad (3)$$

式中 I ——耕地生态环境综合指数; F_i ——表9中第 i 个评价因素通过表10计算得到的因素分值; M_i ——表9中第 i 个因素的综合权重。

采用累积曲线分级法, 根据曲线斜率的突变点(拐点)来确定等级的数目和划分综合指数的临界点, 临界点前后的综合指数有显著变化, 从而能保证划分出的等级之间有明显差异。将广饶县耕地生态环境共划分为6级

4 参评因素隶属函数建立及耕地生态环境等级确定

4.1 参评因素隶属函数建立

各因素对耕地生态环境的影响程度是一个模糊的概念, 同样作为耕地生态环境的分级标准也具模糊性。因此采用模糊综合评判方法, 建立各指标隶属函数。首先以 Delphi 法根据一组分布均匀的实测值评估出对应的一组隶属度, 然后在计算机中绘制这两组数值的散点图, 再根据散点图进行曲线模拟, 寻求参评因素实际值与隶属度关系方程从而建立起隶属函数。通过模拟共得到正直线型、直线型、戒上型、概念型4种类型的隶属函数, 其中有效磷、速效钾等属于戒上型隶属函数, 矿化度、地下水埋深属于正直线型隶属函数, 灌溉保证率属于直线型隶属函数, 土体构型、耕层质地、盐渍化等描述性因素属于概念型隶属函数。各参评因素类型及其隶属函数如表10所示。

(图1), 各等级耕地生态环境综合指数见表11。

表11 广饶县耕地生态环境等级综合指数

Table 11 Integrated indexes of cultivated land ecological environment grades in Guangrao County

I	> 0.9372	0.9192~ 0.9372	0.9001~ 0.9192	0.8774~ 0.9001	0.8586~ 0.8774	< 0.8586
耕地生态环境等级	一等	二等	三等	四等	五等	六等

5 结果分析

5.1 生态环境等级面积与分布

广饶县耕地生态环境等级分布图见图1, 对评价图

属性库进行操作, 统计耕地生态环境各等级面积(见表 12)。

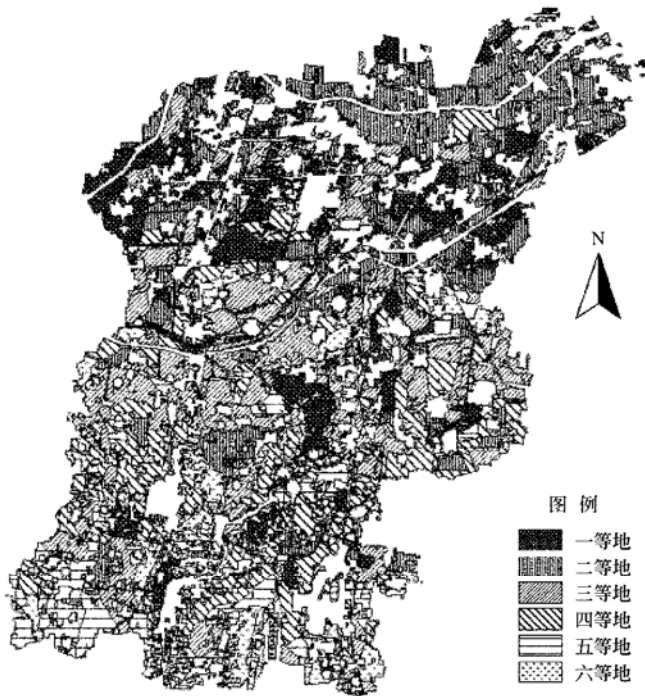


图 1 广饶县耕地生态环境等级分布图

Fig. 1 Distribution map of ecological environment grades of cultivated land in Guangrao County

表 12 广饶县耕地生态环境评价结果

Table 12 Ecological environment evaluation result of cultivated land in Guangrao County

等级	一等地	二等地	三等地	四等地	五等地	六等地	总计
面积 /hm ²	11660.92	13243.94	17778.31	10762.74	4846.34	4097.12	62389.37
所占比例/%	18.70	21.22	28.50	17.25	7.76	6.57	100

可以看出, 广饶县耕地生态环境状况总体较好, 一、二等面积达 24904.85 hm², 占耕地总面积的 39.93%; 三、四等面积 28541.05 hm², 占 45.75%。从图 2 看出, 生态环境较好的一、二等耕地大部分分布在北部沿海地区, 生态环境中等的三、四等级耕地主要分布在中部地区, 西南部地区的耕地生态环境质量较差, 多为五、六等地。耕地的生态环境等级与耕地的集约利用程度呈现出明显的反向关系, 随着从东北沿海向西南部的过渡, 人口密度递增, 耕地集约利用程度增大, 人为污染增多, 耕地的生态环境等级递减。

5.2 各等级耕地生态环境状况

分析各等级耕地生态环境状况, 一、二等地为生态环境良好级, 该区域自然环境条件良好, 土壤养分含量

较高, 灌排条件好, 盐渍化程度小, 利用程度低, 化肥农药施用量较小, 基本没有污染, 较好保持了耕地的原始性状, 利用类型主要为旱地和水浇地。三、四等地为生态环境较好级, 该区域化肥农药施用量相对较大, 影响了耕地的自然生态环境, 部分耕地的盐渍化程度较高。灌排条件相对良好, 土壤养分含量中等, 利用类型多为水浇地和菜地。五等地和六等地为生态环境较差级, 该区域耕地利用程度较高, 人工投入较大, 化肥农药施用过多, 土壤污染情况相对严重, 有不同程度的土壤盐渍化, 土壤的养分含量高, 利用类型主要为露天菜地和日光温室。可以看出, 耕地人类活动影响和土壤的重金属污染是影响耕地自然生态环境的重要因素。

5.3 耕地利用方式与耕地生态环境状况关系

图 3 为不同生态环境等级中的耕地利用类型统计, 可以看出, 耕地利用方式与耕地的生态环境状况有很大关系。耕地生态环境一等地、二等地和三等地中, 主要的耕地利用方式是旱地和水浇地, 而四、五、六等地的主要耕地利用方式则以日光温室等设施菜地为主。这主要是因为, 一方面, 在设施菜地中, 化肥农药的投入量较大, 对土壤造成了很大的影响, 而且土壤的重金属污染情况比较旱地和水浇地也相对严重。另一方面, 设施菜地的利用程度较高, 改变了土壤的原始性状, 对耕地的生态环境造成了不利影响。

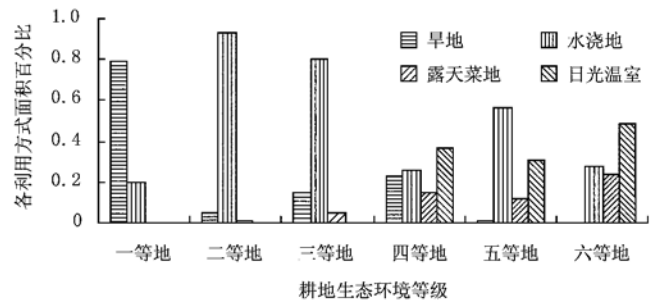


图 3 广饶县各耕地生态环境等级下不同耕地利用方式面积统计

Fig. 3 Area statistics of different cultivated land use types in each ecological environment grade in Guangrao County

6 结论

保持一定面积的生态环境良好的耕地对区域经济社会的健康持续发展有重要意义。广饶县由于农业开发历史悠久, 人口密度较大, 土地垦殖率、农药化肥施用强度较高, 农业生态环境受人类活动的影响程度较深。本研究通过对该县耕地生态环境的评价, 取得了理想的研究结果: 一方面探索了 GIS 技术应用与滨海集约农区耕地生态环境的评价技术方法, 为科学评价耕地的生态环境质量状况提供了一种思路与方法; 另一方面得到了

整个县域耕地生态环境分布状况和各等级耕地的限制条件,摸清了耕地集约利用对其生态环境的影响,为以后保护和利用耕地打下了良好的基础。针对广饶县耕地生态环境的现状,应采取积极措施,保护现有生态环境良好的耕地,综合治理生态环境受到破坏的耕地。最大限度的减少污水、废气和固体废弃物排放造成的农田污染,加强化肥、农药等农用化学品的监管,避免过量施用导致的土壤污染,加大有机肥的施用,大力推广绿肥、秸秆还田。逐步实现集约农区耕地清洁生产,保障耕地土壤环境及其农产品安全。

[参 考 文 献]

- [1] 强虹,刘增文,彭少兵. 生态环境质量评价研究[J]. 干旱环境监测, 2003, 17(4): 200-203.
- [2] 刘建军,李春来,邹永廖. GIS支持下的农业土地资源评价研究[J]. 矿物学报, 2001, 21(1): 73-79.
- [3] 郑新奇,王爱萍. 基于RS与GIS的区域生态环境质量综合评价研究——以山东省为例[J]. 环境科学学报, 2000, 20(4): 489-493.
- [4] 徐志平. GIS支持下的区域耕地土壤环境质量评价[J]. 福建农业学报, 19(3): 169-173.
- [5] Gao Xing. Review of several scientific issues of resources and environmental research [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2000, 15(3): 321-327.
- [6] Li Ping, Li Xiubin, Liu Xuejun. Macro-analysis on the driving forces of the land use change in China [J]. *Geographical Research*, 2000, 20(2): 129-138.
- [7] 王思远,张增详,赵晓丽,等. 遥感与GIS支持下的湖北省生态环境综合分析[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 426-432.
- [8] 芦彩梅,郝永红,王丽平. 山西省生态环境质量动态评价研究[J]. 中国水土保持, 2004, 1(1): 16-20.
- [9] 孟波. 滇池流域生态环境质量评价[J]. 云南环境科学, 1998, 17(1): 46-51.
- [10] 刘俊,陈红. 新平县生态环境现状调查及评价[J]. 云南环境科学, 2001, 20(2): 18-21.
- [11] 刘鲁君,叶亚平. 县域生态环境质量评价研究[J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(4): 13-18.
- [12] 许树辉. 地块尺度耕地质量评价与方法探讨[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(1): 47-53.
- [13] Caroline M J Ducros, Chris B. Joyce field-based evaluation tool for riparian buffer zones in agricultural catchments [J]. *Environmental Management*, 2003, 32(9): 252-267.
- [14] 温仲明,焦峰,赫晓慧,等. 纸坊沟流域黄土丘陵区土地生产力变化与生态环境改善[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 91-94.
- [15] Marco Trevisan. No point-source agricultural hazard index: a case study of the province of cremona [J]. *Environmental Management*, 2000, 26(5): 577-584.
- [16] Matthew A, Luck G. Darrel jendrdtte the urban funnel mode land the spatially heterogeneous ecological footprint [J]. *Ecosystems*, 2001, 4(8): 782-796.
- [17] Qi Haowen. Modeling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS [J]. *Environmental Management*, 2001, 28(6): 737-748.
- [18] 郦桂芬. 环境质量评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 102-103.

Ecological environment evaluation of cultivated land in coastal intensive agricultural areas by GIS

Tang Xiumei¹, Zhao Gengxing^{1*}, Lu Qingbin²

(1. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;

2. College of Resources and Environment, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Taking Guangrao County of Shandong Province as a case, the ecological environment evaluation of cultivated land in coastal intensive agricultural area was explored. Overlay method between soil map and land use map was adopted to produce evaluation units, evaluation factors were chosen by Delphi approach and cluster analysis with their weights determined by AHP method. Finally the ecological environment grades of cultivated land were evaluated by fuzzy discrimination method. The results show that the ecological environment of cultivated land in Guangrao County is good in general. The area of the first and the second grades is 39.93% of the total area. That of the third and the fourth grades is 45.75%, and that of the fifth and the sixth grades is only 14.33% of the total area. Ecological environment grades have an obvious reverse relationship with the intensification of cultivated land use according to their gradual spatial transition from northeastern coastal area to southwestern area, in addition, the ecological environment grades are obviously affected by different cultivated land using types. This study explored the technical methods of the ecological environment evaluation in coastal intensive agricultural area and delineated the influence of the intensive land use to the ecological environment; therefore, this study has noticeable significance to the sustainable use of cultivated land resources and its environmental protection for intensive agricultural area.

Key words: GIS; coastal intensive agricultural area; cultivated land; ecological environment evaluation