

基于 PSR 模型的耕地生态安全时空分异特征研究

——以河北省沧州市为例

曹 瑀¹, 王燕辉¹, 张立强², 王晓晴¹, 康 薇¹, 张俊梅²

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071000; 2. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071000)

摘 要:耕地生态安全评价是促进耕地可持续利用的基础。以河北省沧州市为例, 基于 PSR 模型构建区域耕地生态安全评价模型, 对沧州市 2002—2011 年的耕地生态安全状况进行评价, 并对其时空分异特征进行了分析。结果表明: (1) 从耕地生态安全分区结果来看, 沧州市北部地区和南部吴桥的耕地生态安全处于较安全状态, 其余地区生态状况不容乐观; (2) 2002—2011 年, 沧州市耕地生态安全水平总体上呈现出先上升后下降趋势, 同时具有明显的地域分异性, 耕地生态较安全地区大多集中在沧州北部地区; (3) 2002—2011 年, 沧州市中部、西部、东部地区的耕地生态安全水平一直处于较低水平。研究结果可为区域耕地生态安全时空分异研究提供参考借鉴。

关键词:评价模型; 时空; 耕地; 生态安全; 沧州市

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)06-0290-06

Time and Space Differentiation Characteristics of Ecological Security of Cultivated Land Based on PSR Model

—Take Cangzhou City, Hebei Province as an Example

CAO Yu¹, WANG Yanhui¹, ZHANG Liqiang², WANG Xiaoqing¹, KANG Wei¹, ZHANG Junmei²

(1. College of Resources and Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China; 2. College of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: Evaluation on cultivated land ecological security is the basic of promoting the sustainable utilization of cultivated land. Taking Cangzhou City in Hebei Province as the example, based on PSR model to construct the regional cultivated land ecological security evaluation model, we evaluated the state of cultivated land ecological security and quantitatively analyzed the different features of time and space from 2002 to 2011. The findings suggest the followings. First, cultivated land ecological security is in the safe state in northern and southern Wuqiao in Cangzhou City, but the other regions are not optimistic. Second, from 2002 to 2011, cultivated land ecological security level in Cangzhou City had a trend which went up and then went down and had obvious regional differentiation, the region of cultivated land ecological security mostly concentrated in northern Cangzhou City. Third, from 2002 to 2011, cultivated land ecological security level had been in a low state in the central, western and eastern parts of Cangzhou City. The results of the research can provide reference for time and space differentiation study on cultivated land ecological security.

Keywords: evaluation model; time and space; cultivated land; ecological security; Cangzhou City

我国的粮食安全和可持续发展与耕地的生态状况有着密切的联系。近年来,我国的大量耕地被占用,优质的耕地正在减少,随着我国工业化、城镇化水平的不断提高,人们对物质的需求量增大,化肥、农药和农膜等物质要素施用量过多使农业的面源污染加

重,对农业污染造成严重的后果^[1-2],保护我国耕地的现状首要面临的挑战就是控制污染面源。现今耕地生态安全问题日益凸显,严重威胁着区域耕地生态安全及可持续利用,所以如何提高我国耕地的质量,保持我国耕地的可持续性,加强我国耕地的生态安全是

我国迫切需要解决的。故针对特定区域进行耕地生态安全评价分区时序的研究就显得尤为迫切和重要。

目前,国内有关耕地生态安全方面的研究已经相继展开,学者们从各个方面对耕地生态安全进行评价研究,有关耕地生态方面的问题将会越来越引起我国的重视。杨秋等^[3]构建的耕地生态安全评价指标体系用以研究甘肃省1991—2010年耕地生态安全变化和空间差异。张扬等^[4]建立了正态云模型,对湖北省2000—2010年土地生态安全时序进行了研究。王耕等对生态安全演变问题进行了总结分析,并提出了进一步解决生态安全问题的方法^[5]。在广州市耕地生态安全日益下降的情况下,谢戈力^[6]利用生态足迹方法对广州市2001—2007年的耕地生态安全状况进行了分析研究;张祥义等^[7]综合自然、经济、社会因素三方面来选取生态安全指标,构建生态安全指标体系并结合熵权物元模型对肥乡县2001—2010年近十年间的耕地生态状况和生态安全进行了评价分析。张锐等^[8]将熵权可拓物元模型运用到耕地生态安全评价中,并运用该方法对四川省2000—2008年耕地生态安全状况进行了评价;郜红娟等^[9]在评价耕地生态安全时采用能值分析方法进行综合评价分析,对2000—2010年贵州省近十年耕地生态所存在的问题和安全状况进行了研究;我国对于评价耕地资源安全方面的研究目前还处于刚开始的阶段,对于耕地生态安全评价存在多方面的问题。分析已有研究可知,目前针对耕地生态安全的研究大多是从分区和时间序列尺度进行评价,而针对某一区域时空变化的分析研究较少,且目前的评价指标选取和评价方法尚不成熟,尚未形成统一的评价方法体系。

当前国际上对生态安全问题越来越重视。耕地生态安全评价的模型和方法多种多样,压力—状态—响应的PSR模型概念是由经济合作发展组织,联合国环境组织,在20世纪80年代提出来的^[10],PSR模型与其他生态模型相比具有许多优点,它的综合性和灵活性更加突出,所以它很快成为我国在生态安全领域中最常用的模型,并且该模型还可以为我国土地的可持续发展提供理论依据^[11-12]。鉴于此,本文基于PSR模型,从压力—状态—响应这几方面对耕地生态安全展开评价并且选取15个评价指标构建评价指标体系;本文为克服主观权重赋值法的随意性,采用熵权法^[13]计算各指标的权重,主要依据评价指标值所构成矩阵来确定的,这样计算的权重值能避免人为的干扰,来保证其客观性,使评价结果更符合实际^[14-15]。同时结合沧州市各县市2002—2011年的数据进行耕地生态安全时空变化规律的分析研究,以期对区域耕地生态安全研究提供参考借鉴。

1 研究区概况

沧州市位于平原东部,地势平坦,属典型的暖温带大陆性季风气候,平均气温12.5℃,年平均降雨量581mm,无霜期181d。季节分布明显,而且昼夜气温差别较为明显。随着城镇化的发展和工业化水平的提高,农用地逐渐向非农业化转化,人地矛盾问题日益尖锐。对沧州市进行生态安全评价分区和时序研究,使我们充分认识到关于沧州市不同区域的耕地生态状况。保持耕地的生态安全,协调好人与耕地之间的关系,对于保障区域耕地资源可持续利用具有重要的意义。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文以沧州市14个县市为研究区域,选取2002年为基期年,2011年为终期年,2007年为中间节点年,结合GIS技术,对其2002—2011年近十年的耕地生态安全水平和时空变化规律进行研究。原始数据主要来源于2003—2012年《沧州市社会经济统计年鉴》、2003—2012年《河北省农村统计年鉴》以及沧州市国土部门的相关材料等数据和土地利用变更调查数据等相关资料。

2.2 评价方法

2.2.1 评价指标体系构建 耕地生态安全研究当中生态的安全评价是其非常重要的研究内容,其指标的选取不仅要注意生态安全的潜在影响,还要考虑关于生态的现状问题^[16]。本文基于PSR模型,同时参考前人研究的成果并结合沧州市区域实际情况,选取指标遵循完整性、科学性和可操作性等原则,充分考虑指标间的相互影响,在此基础上构建一套评价土地生态安全的指标体系。造成耕地生态安全恶化和耕地退化的原因即为“压力”;耕地生态安全在压力下所做出的反应即为“状态”;人们在耕地压力和状态下人们对生态状况不好的地区做出应对措施以促进土地的可持续利用为“响应”。

2.2.2 指标标准化处理 由于评价指标数值不同而且所属不同的量纲,所以评价指标数值不能比较分析。为了使指标的数据具有可比性、分析性,各项指标的标准化采用极差标准化法,这样做的原因是为了统一指标量纲,还可以缩小指标之间数量级的差异,使各项指标之间具有可比性和分析性,具体做法主要分为两种:一种为正向指标,该类指标的数值越大表明耕地生态越安全;另一种为负向指标,对于这类负向指标其数值越大表明该地区的耕地生态状况越不

稳定,正向指标和负向指标采用不同的公式分别计算。具体计算公式如下:由沧州市 n 项评价指标和 m 个县构成原始数据矩阵为 $X=(x_{ij})_{m\times n}$, (i 和 j 的取值范围 $i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n$), X_{ij} 表示在第 i 个地区在第 j 个指标上的值。

对于正向指标

$$A_{ij}=\frac{X_{ij}-\min(X_{ij})}{\max(X_{ij})-\min(X_{ij})} \tag{1}$$

对于负向指标

$$A_{ij}=\frac{\max(X_{ij})-X_{ij}}{\max(X_{ij})-\min(X_{ij})} \tag{2}$$

通过对数值的标准化计算得到标准化矩阵为:

$$A=(r_{ij})_{m\times n}$$

2.2.3 指标权重的确定 熵权法主要目的是算出综合指标,它是通过各个指标所提供的信息来综合考虑

而计算的一种数学方法。通过计算客观而准确地反映各指标的权重值,优点为能克服人为主观意识,客观求出各项指标的权重值^[16]。首先对各项指标的原始数据采用标准化处理,然后根据指标数值标准化后的结果计算各项指标的信息熵,计算公式如下:

$$H_i=-\frac{1}{\ln n_j}\sum_{j=1}^n f_{ij}\ln f_{ij} \tag{3}$$

$$f_{ij}=A_{ij}/\sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (i=1,\cdots,m) \tag{4}$$

$$\omega_i=(1-H_i)/(m-\sum_{i=1}^m H_i) \tag{5}$$

式中: A_{ij} 为标准化矩阵表示在 i 项指标,第 j 年标准化数据, i 的取值为 $1,\cdots,m;j$ 的取值为 $j,\cdots,n;i,j$ 分别表示评价指标和评价年份。 P_i 表示在 i 项指标下 j 年在整个评价年份的比重,当 $f_{ij}=0$ 时 $f_{ij}\ln f_{ij}=0$ 。根据以上公式可以得到指标的权重值。

表 1 沧州市耕地生态安全评价指标体系

目标层	准则层	权重	指标层	安全取向	权重
耕地生态 安全评价	耕地生态 环境压力	0.4466	人口密度(人/km ²)	—	0.0902
			单位耕地化肥负荷(kg/hm ²)	—	0.0982
			单位耕地农药负荷(kg/hm ²)	—	0.0972
			城市化水平(%)	+	0.0947
			单位面积耕地农膜负荷(kg/hm ²)	—	0.0663
	耕地生态 环境状态	0.2448	人均耕地面积(hm ² /人)	+	0.055
			土地垦殖率(%)	+	0.0895
			耕地粮食单产(kg/hm ²)	+	0.0279
			灾害指数(%)	—	0.0306
			人均粮食占有量(kg/人)	+	0.0418
			农民人均纯收入(元/人)	+	0.0916
			有效灌溉面积比(%)	+	0.0349
	耕地生态 环境响应	0.3086	农业机械化水平(kW/hm ²)	+	0.0701
			第一产业占 GDP 比重(%)	+	0.0523
			人均 GDP(万元/人)	+	0.0597

(1) 耕地生态环境压力。耕地生态环境压力表示人类对耕地资源的利用,包括人类对化肥、农药等的利用,这些因素会对耕地资源产生较好或较坏的影响。共选取 5 个指标对耕地生态环境压力进行分析评价,主要有单位耕地化肥负荷、单位耕地农药负荷、城市化水平、单位面积耕地农膜负荷和人口密度。其中化肥、农药和农膜过度投入是造成农业面源污染的主要原因,同时也是造成土壤和地下水等农业污染的主要原因,这些污染会使耕地生态环境状况越来越差,同时也给耕地生态环境造成了巨大的压力。

(2) 耕地生态环境状态。在耕地生态环境的压力下,人类利用耕地强度增大或减少、效率高或低这些情况对耕地生态安全状况产生的影响即为耕地生态环境状态。耕地生态环境状态选取人均耕地面积、土地垦殖率、耕地粮食单产、灾害指数和人均粮食占有量 5 个指标,人均耕地面积指每个人所占有的耕地

面积,一般用耕地的总面积除以总人口。土地垦殖率指的是土地总面积除以区域内耕地资源,反映了区域水平和土地利用结构,其安全性趋向值越大,反映出该区域的耕地生态环境越安全。耕地粮食单产是单位耕地面积的粮食产量,一般用粮食总产量除以耕地总面积。灾害指数指该区域成灾面积所占播种的农作物面积的比例,一般用该区域的成灾面积除以该区域播种的农作物面积。粮食总产量除以总人口即为人均粮食占有量。

(3) 耕地生态环境响应。耕地生态安全在压力、状态下所作反应即为耕地生态环境响应。对于耕地生态环境响应方面的因素主要选取农民人均纯收入、有效灌溉面积比、农业机械化水平、第一产业占 GDP 比重和人均 GDP 共 5 个指标来评判耕地生态响应分值,人均 GDP 一般用总产出(即 GDP 总额)除以总人口。农业机械化水平表征维护土地生态安全的科技

水平。一般是将农业机械总动力除以耕地面积所得,其值与耕地利用的科技水平和效益相关,值越大越有利于土地生态安全的维护和土地生态系统的健康运行。农民人均纯收入一般用总收入除以总人口。有效灌溉面积比指有效灌溉面积所占的耕地总面积的比重。一般用有效灌溉面积除以耕地面积。第一产业占 GDP 比重第一产业增加值除以地区总产值。

2.2.4 耕地生态安全综合指数计算 耕地生态安全指数是决定耕地的安全程度,其取值范围为 0~1,区域耕地生态安全与否,主要是采用综合评价,综合评价法依据各项指标、权重、标准值来评价耕地是否是安全的。具体公式如下:

$$F=\sum_{j=1}^n\omega_j\cdot X_{ij}$$

(6)

表 2 沧州市耕地生态安全评价等级分区标准

生态安全级别	生态安全综合指数	土地利用系统生态安全基本特征
I 级(安全)	≥0.8	耕地生态环境良好,可持续发展能力强,生态环境处于稳定状态,耕地生态功能保持良好
II 级(较安全)	0.6≤F<0.8	耕地生态环境较好,可持续发展能力较强,生态环境处于基本稳定状态,耕地生态功能基本完善
III 级(临界安全)	0.5≤F<0.6	耕地生态环境破坏一般,可持续发展能力较弱,生态环境尚且稳定,耕地生态功能基本维持
IV 级(较不安全)	0.4≤F<0.5	耕地生态环境破坏严重,可持续发展能力弱,生态环境不稳定,耕地生态功能退化
V 级(极不安全)	F<0.4	耕地生态环境破坏极其严重,可持续发展能力低下,生态环境极其不稳定,耕地生态功能严重退化

3.2 耕地生态安全综合评价结果

对沧州市耕地生态安全的评价,本文首先运用 PSR 模型构建生态安全评价指标体系,进而通过各个指标和 PSR 模型对区域进行评价,采用具有客观性的熵权法来确定指标权重,综合评价法来确定沧州市 14 个县市的耕地生态安全综合指数分值,从而得出沧州市各个县市的生态安全状况。本文以 2011 年沧州市耕地生态安全评价结果为例,同时参考前人对耕地生态安全已有研究成果,设置沧州市耕地生态安全等级分区标准,根据该模型,可得到沧州市 2011 年耕地生态安全评价分区结果和 2002—2011 年沧州区域的时空分布状况,见表 3。

3.2.1 耕地压力安全评价 从表 3 可以看出,耕地生态压力分值较高的地区分别为青县、海兴县、孟村回族自治县和黄骅市,表现为单位耕地化肥、单位面积耕地农膜、农药施用量较少。东光县和肃宁县的耕地生态安全状况不太理想,主要表现在单位耕地面积农药、化肥施用量和耕地农膜使用较多,由于这些因素的增多对耕地的生态安全状况造成了一定的压力,所以使得这些地区的生态状况不太理想。

3.2.2 耕地状态安全评价 通过表 3 可知,耕地生态状态分值较高地区为东光县、肃宁县、吴桥县,主要表现为人们对土地利用较高,开垦了许多耕地资源、对农业的保护意识增强,使农用地受灾面积减少;东光县的耕地经济状态较好,表现为土地垦殖率较高、

$$F_m=\sum_{j=1}^n\omega_{j1}\cdot X_{ij}$$

(7)

式中: F_m 代表系统种各个指标综合生态安全指数; ω_{j1} 为第 j 项指标相对权重; X_{ij} 为标准值; F 为耕地生态安全综合指数; ω_j 表示第 j 项指标总权重; W_{j1} 代表 j 项指标的的权重值。 F 越趋于 1,表示耕地生态安全越安全、程度越高, F 越趋于 0,表示土耕地生态安全不安全、程度越低。

3 结果与分析

3.1 耕地生态安全分级标准

参考前人进行研究的相关文献并结合沧州市实际情况,根据计算所得沧州市各个区域的综合安全值,建立沧州市耕地生态安全综合标准评判表(表 2)。

人均耕地占有量较大、成灾面积较少;海兴和盐山的耕地状态指数偏低,集中表现为这两地区的耕地粮食单产、人均粮食占有量较少,即经济状态较低。

表 3 沧州市各县生态安全压力、状态、响应及综合指数

各县名称	压力 P	状态 S	响应 R	综合指数	安全等级
沧县	0.4800	0.4539	0.5220	0.4866	IV
青县	0.7424	0.6919	0.6358	0.6972	II
东光县	0.2480	0.7181	0.5453	0.4549	IV
海兴县	0.8430	0.1498	0.1107	0.4473	IV
盐山县	0.6106	0.4102	0.3003	0.4658	IV
肃宁县	0.3329	0.7113	0.6633	0.5275	III
南皮县	0.5643	0.6412	0.4760	0.5559	III
吴桥县	0.4680	0.8915	0.6628	0.6318	II
献县	0.6312	0.4823	0.4937	0.5523	III
孟村回族自治县	0.7126	0.5464	0.2982	0.5440	III
泊头市	0.4672	0.6252	0.4552	0.5022	III
任丘市	0.6541	0.4445	0.7204	0.6232	II
黄骅市	0.7616	0.4237	0.4969	0.6072	II
河间市	0.5888	0.5471	0.4681	0.5413	III

3.2.3 耕地响应安全评价 通过表 3 可知耕地生态响应分值较高地区为青县、肃宁县、吴桥县和任丘市,表现为农民人均 GDP、农业机械化水平、有效灌溉面积都较高。其中任丘市、肃宁县灌溉面积比重较大,第一产业占 GDP 比重较高,在综合因素作用下,这几个地区土地生态安全响应状态较好。

3.2.4 耕地综合生态安全评价及等级分区 通过表 3 可知,沧州市 14 个区域耕地生态安全综合指数为

0.447 3~0.697 2,按表 2 标准,即处于较不安全—临界安全—较安全等级,因此沧州市总体的耕地生态安全水平不是很理想,生态状况需要改善。2011 年沧州市耕地生态安全评价分区结果见图 1。

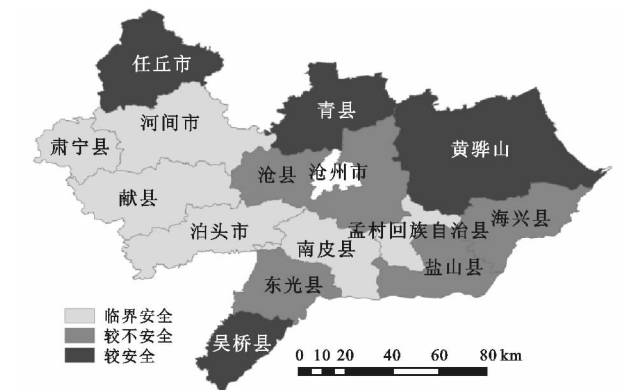


图 1 沧州市 2011 年耕地生态安全评价分区结果

由图 1 可以看出,青县、吴桥、任丘、黄骅耕地生态安全状况处于较安全状态。其中,吴桥耕地状态较高,主要表现在人均耕地面积、人均粮食占有量比较大。青县、黄骅耕地状况较好主要表现在压力较小,人口密度较小,化肥、农药使用料较低。任丘响应分值较高主要是由于人均收入较高、灌溉面积较多、机械化水平较高的缘故。

河间市、肃宁县、献县、泊头市、南皮县、孟村回族

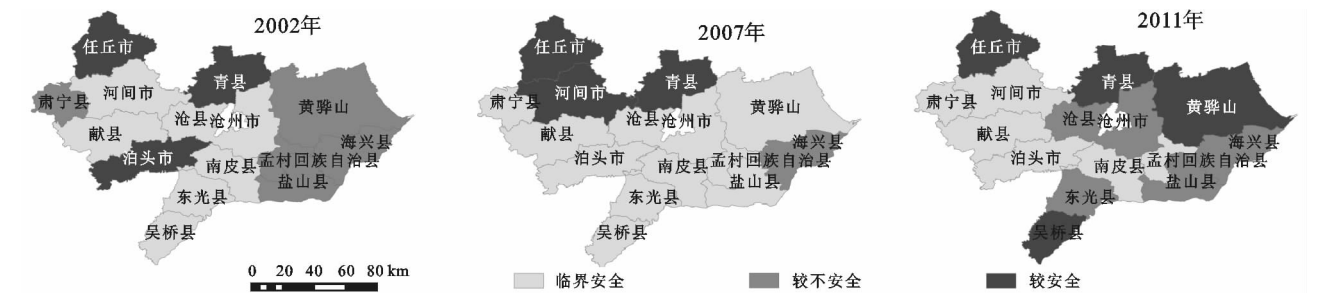


图 2 沧州市 2002—2011 年区域耕地生态安全时序评价分区

3.3.1 沧州市耕地生态安全时空分异结果与分析

(1) 从 2002—2011 年沧州市耕地生态安全统计情况来看,沧州市 2002 年耕地生态安全情况中,较不安全占为 35.71%,临界安全仅占 42.86%,生态较安全级别为 21.43%,没有县市处于极不安全水平;2007 年处于较安全级别的县市占比为 21.43%,临界安全占比为 71.43%,临界安全占比上升了 28.57%,处于较不安全级别的县市占比下降到 7.14%,没有县市处于极不安全水平;2011 年处于较安全级别的县市占比为 28.57%,临界安全占比为 42.86%,较不安全占比为 28.57%,没有县市处于极不安全水平。

(2) 在 2002—2011 年,任丘市和青县耕地生态安全水平比较稳定,一直处于较安全水平,占全部县市的比例为 14.29%;海兴县由于各种因素的影响,耕地生态安全一直处于较不安全水平状态下,而献县

自治县耕地生态安全状态尚处于临界安全状态中,这些地区处于沧州市中部和西部地区,是沧州市的粮食主产区,因此对化肥和农药的使用量相对增加,人口密度较大导致耕地资源压力大,这类地区属耕地生态环境待改善区域。

沧县、东光县、盐山县和海兴县耕地生态安全状况较差,处于较不安全状态,此地区属于耕地生态状况较差地区。沧县由于地处沧州市周边,对农产品需求量较大,单位耕地面积农药和化肥施用量较多;海兴县耕地响应状况比较小,表现为人均收入、农业机械化水平、有效灌溉面积、人均 GDP 较低,对农用地造成了较大的环境压力。这类地区属耕地生态环境重点治理区域。

3.3 耕地生态安全时间序列评价结果与分析

同理,可以得到 2002—2011 年沧州市 14 个县市耕地生态安全等级,耕地生态安全水平分级别统计结果见表 4,时空变化结果见图 2。

表 4 2002—2011 年沧州市 14 个县市耕地生态安全水平统计

年份	生态安全	较安全	临界安全	较不安全	极不安全
2002		3	6	5	
2007		3	10	1	
2011		4	6	4	

和南皮县一直处于临界安全状态下。2002—2007 年属于较安全级别的县市数量呈稳定的态势,其中 2007—2011 年处于较安全级别的县市数量仅增长了 1 个;属于临界安全级别的县市数量呈先增后减的态势;属于不安全级别的县市数量总体上呈先减后增趋势。2002—2011 年,沧州市耕地利用的生态安全状态总体上呈先上升后下降的趋势,总体上看沧州区域的耕地生态安全水平状况不容乐观。

3.3.2 沧州市耕地生态安全时空评价结果与分析

由图 2 可以看出,2002—2011 年,耕地利用处于临界安全和不安全级别的地区最初集中分布在沧州市周边县市及东部、南部、西部地区,沧州北部和西北部县一直处于较安全状态,东北部地区耕地生态安全逐渐好转状态。沧州市耕地利用处于生态较安全级别的县市总体上比较稳定,只有东北部的黄骅市由较不安

全转变为较安全状态;地处沧州市周边的沧县的耕地生态安全水平较低;沧州南部地区的东光县、南皮县耕地生态安全水平较低而吴桥县耕地生态安全由临界安全上升为较安全。沧州东部和东南部地区耕地生态水平处于不太理想的状态。2002—2011年其耕地生态安全状况总体为先上升后下降的态势,同时沧州市耕地安全水平有明显的地域分异性;沧州市西部地区耕地生态安全水平总体上较低。

(1) 2002—2011年,沧州市东部和东南部沿海地区的耕地生态安全一直处于较低水平。这些地区相对于其他区域而言,其农业生产中化肥、农药、农用塑料薄膜使用较多,使得农业污染水平较低,对耕地生态环境的影响较大,耕地利用的生态压力较低,有效灌溉水平较低,抵御自然灾害的能力较弱,所以该地区耕地生态安全水平不高。东北部地区耕地生态安全逐渐上升。由于该地区对农药、化肥等的控制,使其耕地生态安全逐渐上升。

(2) 2002—2011年,位于沧州市滨海地区的海兴县耕地生态安全一直处于较低水平。海兴县土地垦殖率水平较低;经济发展水平较低,农业发展的总体水平较低,农业生产中化肥、农药、农用塑料薄膜投入水平较高;由于耕地生态压力较大,使得该地区的耕地生态安全水平一直较低。2002—2011年,黄骅市由较不安全逐渐上升到临界安全再到较安全水平,黄骅市耕地生态安全上升的原因是黄骅施用化肥用量逐渐降低、农膜使用较少、人均收入逐渐升高、灌溉率得以保证、人均耕地较多、成灾面积较小,这促进了黄骅市耕地生态的好转。

(3) 2002—2011年,沧州市中部的沧县、南皮县、孟村回族自治县的耕地生态安全处于较不安全或临界安全水平,耕地生态安全水平较为低下。这些地区紧邻沧州市市区,经济发展水平较高,相应的农业生产中各种物质要素投入水平较高,耕地利用中的化肥、农药、农用塑料薄膜和农用柴油投入水平较高,使其农业污染严重,对耕地生态环境的影响较大,同时由于其人口较多,导致相应的人均耕地面积较少,耕地利用的生态压力较大,耕地生态安全水平较低,其耕地生态安全状况趋于恶化。

(4) 2002—2011年,沧州市南部的东光县耕地生态安全水平较低,而吴桥县由临界安全转变为较安全。东光县农业生产中化肥、农药等要素的投入水平较高,对耕地生态环境的影响较大;同时由于其耕地利用产出水平较低,粮食安全的压力较大,使耕地生态压力较大。而吴桥县通过降低化肥农药投入,加大对灌水条件的改造提升,使其耕地生态安全有了进一

步的提升。

(5) 2002—2011年,沧州市北部、西北部地区的耕地生态安全水平总体上较高,沧州市西部地区耕地生态安全水平较差。青县、任丘市耕地生态安全水平一直处于较好状态主要是由于该地区农药使用较少、城市化水平较高、农膜使用率较少、人均收入较高使该区域耕地生态一直处于较好的状态。河间市由临界安全到较安全再到临界安全呈现出先上升后下降的变化,主要是由于化肥、农药使用不合理,人均GDP变化等原因造成的。沧州市西南部地区的泊头市耕地生态安全水平呈逐渐下降趋势,其耕地生态安全状况趋于恶化。

4 结论与讨论

本文运用PSR模型,通过熵权法计算来确定评价指标权重,利用综合评价法从影响耕地生态安全的压力—状态—响应3个方面因素选取15个评价指标,构建沧州市耕地生态安全评价指标体系对沧州市耕地生态安全及时空分异进行研究分析,从结果来看,沧州市北部地区和南部吴桥县耕地生态安全处于较安全状态,其余地区生态状况不容乐观。综合分析沧州市耕地生态安全时空分布情况和评价结果,我们可以发现在2002—2011年,沧州市区域的耕地生态安全水平在总体上呈现出先上升后下降的趋势,同时也呈现出较为明显的地域分异性,耕地生态安全处于临界安全和较不安全级别的地区集中分布在沧州市周边及西部、东南部地区;处于耕地生态较安全级别的县市除位于南部的吴桥县外,其余县市均位于北部、东北部和西北部地区。总体来说,沧州市的生态安全状况不太好,需要进行改善。从政策响应上,今后要更加强化其力度,更加重视农村经济结构的优化,促进农村多元化,加大投入,减少污染,要彻底解决耕地的生态安全问题,加强各方面保障措施,从而提高耕地的生态安全水平。

目前我国对于耕地生态安全研究仍处于起步阶段,对一些严重的污染问题认识不深入,并且研究中也存在许多不足之处,还需要在今后的研究之中找出不足并完善耕地生态安全评价的指标体系,为耕地的保护和治理提供科学依据。因此,要进一步研究耕地及土地的生态安全问题,这将是未来研究的重要方向。

参考文献:

- [1] 朱红波.我国耕地资源生态安全的特征与影响因素分析[J].农业现代化研究,2008,29(2):194-197.
- [2] 曲环.农业面源污染控制的补偿理论与途径研究[D].北京:中国农业科学院,2007.

- 国土地科学,2000,14(5):1-5.
- [7] 赵鹏军,彭建.城市土地高效集约化利用及其评价指标体系[J].资源科学,2001,23(5):23-27.
- [8] Lewis G M, Brabec E. Regional land pattern assessment; Development of resource efficiency measurement method [J]. Landscape and Urban Planning, 2005,72(4):281-296.
- [9] 张金萍.城市土地集约利用潜力评价信息系统构建浅析[J].世界科技研究与发展,2006,28(4):65-69.
- [10] 哈尚辰,阿里木江·卡斯木.基于PSR的天山北坡经济带土地集约利用水平的空间差异研究[J].水土保持通报.2015,35(1):230-235.
- [11] Ligmann-Zielinska A, Church R, Jankowski P. Development Density-Based Optimization Modeling of Sustainable Land Use Patterns[C]// Progress in Spatial Data Handling. Springer Berlin Heidelberg, 2005:881-896.
- [12] 刘灵辉,陈银蓉,石伟伟.基于模糊综合评价法的柳州市土地集约利用评价[J].广东土地科学,2007,6(3):25-28.
- [13] 朱永明,赵丽,傅海利,等.石家庄市农村建设用地集约利用水平研究:基于灰色关联确权的综合评价[J].水土保持研究,2012,19(3):237-241.
- [14] 崔娟敏,季文光.基于AHP的土地集约利用水平模糊综合评价[J].水土保持研究,2011,18(4):122-125.
- [15] 曹银贵,袁春,王静,等.1997—2005年区域城市土地集约度变化与影响因子分析[J].地理科学进展,2008,27(3):86-93.
- [16] 钱宏胜,岳汉秋,梁亚红,等.河南省城市土地集约利用与城市化耦合协调性评价[J].水土保持研究,2015,22(4):348-353.
- [17] 郭婧锐,周伟.青海省土地集约利用与经济发展时空差异分析[J].水土保持研究,2014,21(2):194-199.
- [18] 郑华伟,丑建立,刘友兆.江苏省城市土地集约利用与城市化关系的计量分析[J].长江流域资源与环境,2013,22(8):1019-1026.
- [19] 刘浩,张毅,郑文升.城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价:以环渤海地区城市为例[J].地理研究,2011,30(10):1805-1817.
- [20] 彭冲,陈乐一,韩峰.新型城镇化与土地集约利用的时空演变及关系[J].地理研究,2014,33(11):2005-2020.
- [21] 唐宏,夏富强,杨德刚,等.干旱区绿洲城市发展与水资源需求预警分析:以乌鲁木齐市为例[J].资源科学,2014,36(6):1168-1174.
- [22] 张振龙,李少星,张敏.南京市1988—2007年城市扩展空间要素分析[J].城市问题,2007(9):25-31.
- [23] 徐涵秋.利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J].遥感学报,2005,9(5):589-595.
- [24] 阿里木江·卡斯木,唐兵.基于遥感和GIS的新疆绿洲城市扩展时空动态变化分析[J].冰川冻土,2013,35(4):1056-1064.

(上接第295页)

- [3] 杨秋,谢保鹏,蔡立群,等.甘肃省耕地资源生态安全评价[J].甘肃农业大学学报,2012,47(4):122-126.
- [4] 张杨,严金明,江平,等.基于正态云模型的湖北省土地资源生态安全评价[J].农业工程学报,2013,29(22):252-258.
- [5] 王耕,吴伟.区域生态安全演变机制与过程分析[J].中国安全科学学报,2007,17(1):16-21.
- [6] 谢戈力.广州市耕地资源生态安全研究[J].广东农业科学,2011(22):152-154.
- [7] 张祥义,许皞,刘名冲,等.基于熵权物元模型的耕地生态安全评价研究:以河北省肥乡县为例[J].土壤通报,2014,45(1):18-23.
- [8] 张锐,郑华伟,刘友兆.基于熵权可拓物元模型的耕地生态安全评价[J].水土保持通报,2013,33(4):149-154.
- [9] 郇红娟,蔡广鹏,罗绪强,等.基于能值分析的贵州省2000—2010年耕地生态安全预警研究[J].水土保持研究,2013,20(6):307-310.
- [10] 李中才,刘林德,孙正峰,等.基于PSR方法的区域生态安全评价[J].生态学报,2010,30(23):6495-6503.
- [11] 左伟,周慧珍,王桥.区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J].土壤,2003,24(1):2-7.
- [12] 刘力,邱道持,粟辉,等.城市土地集约利用评价[J].西南师范大学:自然科学版,2004,29(5):887-890.
- [13] 陈志凡,李勤奋,赵焯.基于熵权的模糊物元模型在农用地土壤健康评价中的应用[J].中国土地科学,2008,22(11):31-37.
- [14] 喻锋,李晓兵,王宏,等.皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价[J].地理学报,2006,61(6):645-653.
- [15] Lim H S, Lee J S, Chon H T, et al. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au-Ag mine in Korea[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2008,96(2):223-230.
- [16] 尹娟,邱道持,潘娟.基于PSR模型的小城镇用地生态安全评价[J].西南师范大学:自然科学版,2012,37(2):126-130.