

河北省近 20 年耕地生态安全动态变化及阻力分析

王燕辉¹, 陈卓¹, 曹禹¹, 张俊梅², 苏刚¹

(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:耕地的生态安全关系到粮食安全及区域可持续发展。运用 PSR 模型,选取耕地生态系统压力、耕地生态系统状态和耕地生态系统响应 3 个准则层,人口自然增长率、土地垦殖率和农民人均纯收入等 17 个指标层,构建河北省耕地生态安全指标体系,并采用熵值法和阻力诊断模型,对 1991—2010 年河北省耕地生态安全状况进行了评价分析。结果表明:(1) 1991—2010 年河北省耕地生态安全状态经历了“不安全—较不安全—临界安全”的变化阶段。(2) 从单项指标变化趋势上看,1991—2010 年河北省单位耕地化肥负荷、单位耕地农膜负荷、单位耕地农药负荷等指标阻力度上升幅度较大。系统压力和系统状态的阻力度呈上升趋势,而系统响应的阻力度呈下降态势。因此,在耕地利用过程中应注重对农药和化肥使用的管理,防止耕地生态环境的持续恶化,以保护耕地生态安全。

关键词:耕地; 生态安全; PSR 模型; 河北省; 阻力

中图分类号:F323.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)01-0194-06

Analysis on the Dynamic Change and Resistance of Cultivated Land Ecological Security in the Past 20 Years in Hebei Province

WANG Yanhui¹, CHEN Zhuo¹, CAO Yu¹, ZHANG Junmei², SU Gang¹

(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: Cultivated land ecological security is related to food security and regional sustainable development. We used the PSR model to construct the cultivated land ecological security index system in Hebei Province by choosing the cultivated land ecological system pressure, status ecological system pressure, status and response as three criterion layers, and selecting 17 indicators layers such as the natural population growth rate, land reclamation rate, per capita net income of peasant. Then we adopted information entropy method and resistance diagnosis model to make an analysis of the cultivated land ecological security situation from 1991 to 2010 in Hebei Province. The results showed that: (1) from 1991 to 2010, cultivated land ecological security situation in Hebei Province had experienced ‘unsafely’, ‘less safety’, ‘criticality safety’; (2) from the view of single indicator change trend, the rise of the indicator of resistance degree was larger such as the unit of cultivated land fertilizer load, agricultural load and pesticide load from 1991 to 2010 in Hebei Province. The system pressure and the degree of resistance of the system state rose, but the response of the system resistance degree presented the downward trend. Therefore, in order to protect the cultivated land ecological security, the attention should be paid to the management of pesticide and fertilizer use, prevention of the cultivated land ecological environment worsening in the cultivated land utilization process.

Keywords: cultivated land; ecological security; PSR model; Hebei Province; resistance

耕地生态安全问题与人民的生活关系密切,耕地生态安全能够保障社会发展促进生态平衡^[1-2]。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逐渐引起重视。李超等^[3]通过 TOPSIS 模

型和主成分分析法对河北省 1991—2010 年耕地生态安全和驱动力进行了分析研究。张锐等^[4]通过熵权可拓物元模型对四川省 2000—2008 年耕地生态安全状况进行了评价;王耕等^[5]通过对生态安全演变的问题进行了总结分析,并提出进一步解决生态安全问题的方

收稿日期:2015-08-24

修回日期:2015-10-14

资助项目:国土资源部公益性行业项目“环渤海盐碱土地景观整治与植物修复技术集成”(201311060)

第一作者:王燕辉(1988—),男,河北邯郸人,在读硕士,研究方向为土地利用及规划。E-mail:34461310@qq.com

通信作者:张俊梅(1963—),女,河北保定人,教授,主要从事土地资源可持续利用研究。E-mail:254157642@qq.com

法。肖笃宁等^[6]认为区域生态安全主要方面是通过生态系统稳定性、完整性、连续性来分析研究的。张祥义等^[7]综合自然、经济、社会因素 3 方面来选取生态安全指标对肥乡县 2001—2010 年近 10 年间耕地生态状况和耕地生态安全进行了评价分析研究。张燕^[8]、高长波^[9]等通过构建了评价指标体系来评价不同的区域生态安全状况和可持续发展。郜红娟等^[10]采用能值分析方法对 2000—2010 年贵州省近 10 年的耕地生态存在的问题和安全状况进行评价分析;近年来,国外关于耕地生态安全方面的研究大多数是通过构建模型来预测土地利用变化和耕地质量变化以评定耕地生态安全^[11-12]。我国对于耕地生态安全研究起步较晚,现阶段虽然有大部分学者开始研究,但是还存在许多不足之处。分析已有研究可知,现阶段关于耕地生态安全评价指标选取和评价方法尚不成熟,评价方法体系也尚未统一,且鲜有对耕地生态安全阻力值进行分析研究。

现今国际上对生态安全问题越来越重视。随着对生态环境的重视各种评价方法相继出现,但 PSR 模型是最为常用的模型之一,经济合作发展组织、联合国环境组织在 20 世纪 80 年代提出“压力—状态—响应”PSR 模型概念^[13],与其他生态模型相比 PSR 模型有综合性、灵活性等优点,鉴于其最为常用且优点较多迅速成为生态安全领域当中最常用模型,该模型为我国的土地可持续发展提供理论依据^[14-15]。鉴于此,本文在 PSR 模型的基础上,从“压力—状态—响应”3 方面分别对河北省耕地生态安全展开评价,选取人口自然增长率、土地垦殖率和农民人均纯收入等 17 个评价指标构建评价指标体系;为克服主观权重赋值法的随意性,本文采用熵权法^[16]计算各指标的权重,这样计算的权重值能避免人为的干扰,保证其客观性,使评价结果更符合实际^[17-18]。并运用阻力诊断模型,对 1991—2010 年河北省耕地生态安全阻力度进行计算,找出近年来阻碍耕地生态安全改善的主要阻力因素,以期为保护区域耕地生态安全提供参考借鉴。

1 研究区概况

河北省位于东经 113°04′—119°53′,北纬 36°01′—42°37′,地形地貌复杂多样,高原、山地、丘陵、盆地、平原等地貌类型齐全,内环京津,东临渤海,总面积 18.88 万 km²,是京津地区的重要生态屏障,为典型的生态脆弱区。“十二五”以来,河北省进入了快速发展的时期,工业化、城镇化水平快速提高,大量的耕地被占有,并且随着人口的增多,人地矛盾日益尖锐,耕地生态环境

逐渐恶化。2010 年全省耕地面积为 5.9×10^6 hm²,占全国耕地总面积的 4.85%,人均耕地 9.85×10^{-2} hm²,分别比 1991 年减少了 9.69%和 10.53%,水土流失面积 7.13×10^6 hm²,占全省国土面积的 37.96%。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文数据主要来源于河北省经济年鉴、河北省水土保持监测公报及水利厅相关资料、河北省农村统计年鉴、河北省国土厅土地调查统计年鉴和政府网站公布土地利用相关数据等。

2.2 评价方法

2.2.1 评价指标体系构建 评价指标体系是一个融合各个方面的复合系统包括生态安全所具有的各个特性如生态的系统性、交错性等特点。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的影响还要考虑关于生态的现状问题^[16](表 1)。

2.2.2 指标标准化处理 由于评价指标数值不同而且评价指标所属不同的量纲,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,这样做有利于统一指标量纲和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。

对于正向指标,数值越大表明耕地生态越安全:

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

对于负向指标,数值越大表明该地区的耕地生态状况越不稳定和越不安全:

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

式中: A_{ij} 为标准化后的值; X_{ij} 为标准化前的原始值。

通过对数值的标准化计算得到标准化矩阵为: $A = (r_{ij})_{nm}$ 。

2.2.3 指标权重的确定 指标的权重对于耕地生态安全评价至关重要。熵权法根据各个指标所反映的信息,并在此基础上综合考虑进行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^[19]。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:

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

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

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

式中: i, j 分别为评价指标和评价年份; 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 $j, \cdots, n; f_{ij}$ 为第 i 项指标下第 j 年指

标的标准化值在整个评价年份中的比重,当 $f_{ij}=0$ 时, $f_{ij} \ln f_{ij}=0$; H_i 为第 i 项指标的熵; w_i 为第 i 项指标的权重值。根据以上公式可以得到指标的权重值。

表 1 河北省耕地生态安全指标体系

准则层	权重	指标层	安全趋向	相对权重	总权重
耕地生态 系统压力	0.3424	C ₁ 人口自然增长率(%)	—	0.0882	0.0302
		C ₂ 城市化水平(%)	+	0.1216	0.0416
		C ₃ 单位耕地化肥负荷(kg/hm ²)	—	0.2345	0.0803
		C ₄ 单位耕地农药负荷(kg/hm ²)	—	0.2036	0.0697
		C ₅ 单位耕地农膜负荷(kg/hm ²)	—	0.2278	0.0780
		C ₆ 耕地压力指数(%)	—	0.1242	0.0425
耕地生态 系统状态	0.4393	C ₇ 土地垦殖率(%)	+	0.1826	0.0802
		C ₈ 耕地补充系数(%)	+	0.2768	0.1216
		C ₉ 人均耕地面积(hm ² /人)	+	0.1258	0.0553
		C ₁₀ 人均粮食占有量(kg/人)	+	0.1058	0.0465
		C ₁₁ 灾害指数(%)	—	0.0858	0.0377
		C ₁₂ 旱涝保收率(%)	+	0.1235	0.0543
耕地生态 系统响应	0.2184	C ₁₃ 森林覆盖率(%)	+	0.0996	0.0437
		C ₁₄ 农民人均纯收入(元/人)	+	0.2815	0.0615
		C ₁₅ 水土流失治理率(%)	+	0.2198	0.0480
		C ₁₆ 农业机械化水平(kW/hm ²)	+	0.2575	0.0562
		C ₁₇ 有效灌溉面积比(%)	+	0.2412	0.0527

注:耕地补充系数=耕地补充面积(hm²)/耕地减少面积(hm²)×100%。

(1) 耕地生态系统压力。耕地生态系统压力表示人类对耕地资源的利用,包括人类对化肥、农药等利用,这些因素会对耕地资源产生较好或较坏的影响。选取人口自然增长率、城市化水平、单位耕地化肥负荷、单位耕地农药负荷、单位耕地农膜负荷、耕地压力指数 6 个指标来评判耕地生态压力分值。

(2) 耕地生态系统状态。在耕地生态系统的压力下,人类利用耕地强度增大或减少、效率高或低等情况对耕地生态安全状况产生的影响即为耕地生态系统状态。耕地生态环境状态选取土地垦殖率、耕地补充系数、人均耕地面积、人均粮食占有量、灾害指数、旱涝保收率、森林覆盖率 7 个指标来评判耕地生态状态分值。

(3) 耕地生态系统响应。耕地生态安全在压力、状态下所作反应即为耕地生态系统响应。对于耕地生态系统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、水土流失治理率 4 个指标来评判耕地生态响应分值。

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安全程度的,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安全。具体公式如下:

$$F=\sum_{j=1}^n\omega_jX_{ij}$$

(6)

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

(7)

式中: F_m 为系统中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 为统耕地生态安全综合指数; ω_j 为第 j 项指标总权重; W_j 代表 j 项指标的权重值。 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,表示耕地生态安全不安全,程度越低。

2.2.5 耕地生态安全分级标准 参考前人进行研究的相关文献^[3]并结合河北省实际情况,根据计算所得河北省的综合安全值,建立了河北省耕地生态安全综合标准评判表见表 2。

2.2.6 耕地生态安全阻力指数计算 为有效提高耕地生态安全水平,有必要对单项指标和分类指标的阻力大小进行评估,寻找出阻碍耕地生态安全的主要阻力因素,阻力因素分析一般采用阻力诊断模型,其公式为:

$$A_j=p_{ij}\omega_j/\sum_{j=1}^m(p_{ij}\omega_j)\times100\%$$

(8)

式中: $p_{ij}=1-X_{ij}$; X_{ij} 为单项指标的标准化值; ω_j 为评价指标的总权重。

3 结果与分析

3.1 河北省耕地生态安全压力、状态、响应动态变化特征

由图 1 可见,河北省 1991—2010 年耕地生态安全压力指数为 0.219 2~0.708 3,按表 1 标准,即耕地压力安全程度处于“较安全—临界安全—较不安全—不安全”水平,呈现出逐渐下降的态势;状态指数

为 0.256 6~0.656 2,即状态安全程度处于“不安
全—较不安全—临界安全”;响应指数为 0.018 7~
0.940 0,即压力安全程度处于“不安全—较不安全—
临界安全—较安全—安全”水平。

表 2 耕地生态安全等级分类

F	等级	特征
$F \geq 0.9$	安全(N_1)	耕地生态系统的结构较完整,功能强,耕地生态环境没有受到干扰破坏,农业无污染,土地肥沃,无碱化、沙化现象,植被覆盖率高,生态问题不显著
$0.7 \leq F < 0.9$	较安全(N_2)	耕地生态系统的结构尚完整,功能尚强,耕地生态环境受到干扰,农业污染较少,土地肥沃,土地利用程度较高,生态问题不显著
$0.5 \leq F < 0.7$	临界安全(N_3)	耕地生态系统的结构已经有了恶化趋势,维持基本的功能,耕地生态环境受到破坏,土地肥力下降,盐碱化程度较高,生态问题显现
$0.4 \leq F < 0.5$	较不安全(N_4)	耕地生态系统的结构恶化严重,功能不全,耕地生态环境受到较大破坏,盐碱化程度高,治理相对困难,生态灾害较多,生态问题较多
$F < 0.4$	不安全(N_5)	耕地生态系统的结构残缺不全,功能低,耕地生态环境在很大程度上遭到破坏,耕地发生退化性的变化,表现为无耕地的光板地,生态灾害严重

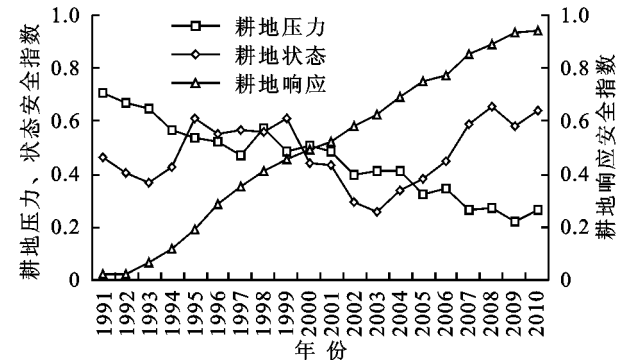


图 1 河北省 1991—2010 年耕地压力、状态、
响应安全指数动态变化

3.1.1 耕地压力系统安全评价 1991—2010 年河北省耕地压力系统生态安全的等级由最初的“较安全”状态转变为最终“不安全”,评价指数整体呈下降趋势。1991—1997 年河北省生态安全极剧下降,首次下降到临界安全状态,1997—2002 年首次下降到不安全水平,2003—2004 年河北省处于较不安全水平,2005—2010 年耕地的压力状况一直处于不安全水平,总体上河北省耕地生态压力指数处于下降的态势。

2002 年以来,河北省正在进行大规模的发展,人口不断增加、城市化水平扩张、工业化发展迅速崛起、大量的工厂建立等,城镇化水平不断提高导致大量耕地被占用。河北省耕地安全下降导致耕地的质量水平降低,主要来源于农民大量使用化肥、农药和地膜。1991—2010 年化肥使用量、农膜使用率、农药的用量呈直线上升。化肥施用量由 1991 年 245.37 kg/hm² 到 2010 年的 539.01 kg/hm²,2010 年比 1991 年增加了 293.64 kg/hm²,比 1991 年的 1 倍还要多。化肥、农膜等大量的使用不仅给耕地造成了巨大的压力,而且还是造成农业面源污染的主要原因。

3.1.2 耕地状态系统生态安全评价 河北省耕地状态的生态安全指数由 1991 年的 0.461 6 提高到 2010 年的 0.638 9,状态安全等级由较不安全状态上升到临界安全状态。时间序列上 1991—1993 年呈下降,

1994—1999 年上升,2000—2003 年下降,2004—2010 年呈上升趋势。

1991—1993 年、2000—2003 年耕地状态环境下降主要原因为经济快速的发展导致大量耕地占用且速度较快,土地的开垦面积较少,促使人均耕地面积逐渐减少,为在人均耕地较少时产生高产必须使用大量的有害农药来促进农业的发展,从而造成了耕地的污染。人均耕地面积从 1991 年的 0.105 3 hm² 减少到 2003 年的 0.088 5 hm²。2004—2010 年呈上升趋势主要原因为灾害指数、森林覆盖率提高、旱涝保收率的面积越来越大,其中森林覆盖率由 1991 年的 14.06% 上升到 26.10%,旱涝保收的面积由 280.237 万 hm² 增加到 356.832 万 hm²。2004 年以后随着工业的发展,污染越来越严重,人们逐渐意识到污染的危害,随着人们对环境意识的改善,促使人们植树造林,使得森林覆盖率逐渐增高。

3.1.3 耕地响应系统生态安全评价 1999—2010 年,河北省的耕地响应生态安全指数呈现出逐渐上升的态势,由 1991 年的不安全水平逐渐提升到 2010 年的安全水平。这几年随着污染问题的加剧,造成的环境问题越来越严重,人们逐渐意识到环境的污染对日常生活带来了严重的损害,并且针对造成污染的原因,采取相应的应对措施。1991—2010 年河北省灌溉耕地有效灌溉面积显著增加,农业机械化水平不断提高,水土流失治理程度越来越高,有效灌溉面积比由 1999 年的 58.6% 增加到 2010 年的 78.6%。近 20 年间,河北省农民人均纯收入由 1991 年的 657.38 元增长到 2010 年的 5 957.08 元。

3.2 河北省耕地生态安全综合性评价

河北省 1991—2010 年耕地生态综合等级评价如图 2 所示,河北省耕地生态安全的综合指数为 0.391 9~0.588 7,生态安全等级变化经历“不安全—较不安全—临界安全”的过程,整体上呈现生态安全逐渐好转的态势。1991—1993 年耕地状况下降,1994—

1999 年耕地状况出现好转,2000—2003 年下降,2004—2010 年耕地生态安全又出现逐渐好转的态势。其中,1994—2004 年生态综合值在 2003 年达到最低为 0.391 9,2002 年次之为 0.393 6,耕地生态安全状态均处于不安全状态。2004 年以后耕地生态指数逐渐上升,2010 年到达最高值 0.588 7,处于临界安全状态。这是由于近年来,河北省采取了一系列积极措施减轻耕地生态压力、缓和耕地生态安全形势,但效果仍不明显,在压力系统的影响下,状态系统难以发生大的转变,耕地生态安全指数难以大幅度上升。

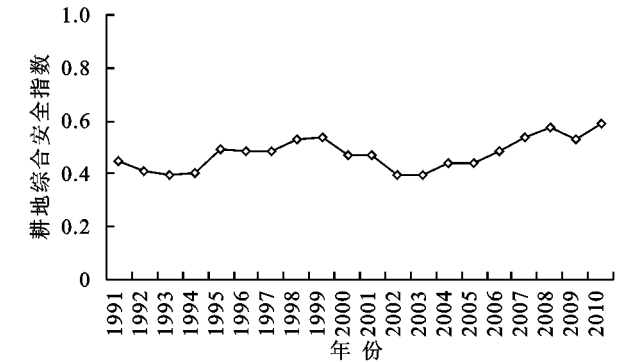


图 2 河北省 1991—2010 年耕地综合安全指数动态变化

3.3 河北省耕地生态安全阻力分析

根据耕地生态安全阻力诊断计算方法,对 1991 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年河北省耕地生态安全阻力度进行计算,见表 3。1991 年阻碍耕地生态安全改善的阻力因素主要集中在系统状态和系统响应两方面,涵盖了耕地补充系数、农民人均收入、农业机械化水平、旱涝保收率、有效灌溉面积 5 方面;1995 年阻碍耕地生态安全状况改善的阻力主要集中在系统状态、系统响应方面,主要包括耕地补充系数、农民人均纯收入、农业机械化水平、有效灌溉面积等;2000 年阻碍耕地生态安全状况改善的因素主要体现在系统压力、系统状态和系统响应方面,主要包括耕地补充系数、单位耕地农药负荷、农民人均纯收入、耕地压力指数等。2005 年阻碍耕地生态安全状况改善的因素主要集中在系统压力、系统状态、系统响应方面,主要是耕地补充系数、单位耕地农膜负荷、单位耕地化肥负荷、单位耕地农药负荷等 5 方面的影响。2010 年阻碍耕地生态安全状况改善的因素主要集中在系统压力和系统状态两方面,主要是单位耕地化肥负荷、单位耕地农膜负荷、土地垦殖率、单位耕地农药负荷 4 方面因素共同作用的结果。

表 3 河北省不同年份耕地生态安全阻力度因素排序

年份	位序	1	2	3	4	5	6	7	8
1991	阻力因素	C ₈	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₂	C ₁₇	C ₁₅	C ₁₃	C ₁₀
	阻力度/%	12.95	11.08	10.14	9.78	9.49	8.65	7.88	6.94
1995	阻力因素	C ₈	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₂	C ₄	C ₁₅	C ₁₃
	阻力度/%	11.23	9.85	9.13	8.66	8.41	8.11	7.31	6.54
2000	阻力因素	C ₈	C ₄	C ₁₄	C ₆	C ₁₆	C ₁₂	C ₁₇	C ₁₃
	阻力度/%	21.05	7.95	7.67	5.95	5.28	5.21	4.65	4.56
2005	阻力因素	C ₈	C ₅	C ₃	C ₄	C ₉	C ₁₀	C ₁₄	C ₁₆
	阻力度/%	19.54	13.49	12.82	10.78	7.69	5.64	5.15	2.35
2010	阻力因素	C ₃	C ₅	C ₇	C ₄	C ₉	C ₆	C ₁₀	C ₁
	阻力度/%	19.52	18.86	18.55	16.25	13.44	4.04	3.59	2.75

从单项指标变化趋势上看,1991—2010 年河北省的阻力因素,单位耕地化肥负荷、单位耕地农膜负荷、单位耕地农药负荷等指标阻力度上升幅度较大。这是由于随着经济社会的发展,人民对物质的需求上升,导致人们大量使用化肥等有害物质来促进作物产生高产,导致耕地农药负荷阻力度增大并且严重影响了耕地生态安全状况。2005 年以前耕地补充系数阻力一直较大,主要原因为补充面积远远小于耕地的补充面积。耕地减小面积变化幅度较大从 1991 年的 8 700 hm² 到 2005 年 53 368 hm²,耕地的补充面积变化幅度较小从 1991 年的 4 300 hm² 到 2005 年 8 104 hm²,耕地补充面积远远小于耕地减少面积,所以导致该项指标阻力值较大,并且一直对耕地生态安全状况影响较大。但在 2005—2010 年河北省对大量的未利用土地进行开发,并且严格控制占有耕地,使耕地得到了补充,所以时间段耕地补充系数

阻力度较以前下降幅度较大。从阻力度分析中可以看出,系统压力和系统状态的阻力度呈上升趋势,而系统响应的阻力度呈下降态势。

从长远的角度出发,由于人们长期施用化肥、农膜、农药,影响耕地生态安全的首要因素将会逐渐变为系统压力。由图 3 可以看出,化肥、农膜、农药、阻力值在 1991—2010 年随着年份的增加而逐渐上升,可知 1991—2010 年内河北省单位耕地面积的农药、化肥、农用地膜的负荷逐年增加,农药使用量从 1991 年 6.17 kg/hm² 到 2010 年增加到 14.30 kg/hm²;化肥使用量在 1991 年为 245.37 kg/hm²,2010 年为 539.04 kg/hm²;农膜使用量 1991 年为 3.18 kg/hm²,2010 年为 20.05 kg/hm²,农药、化肥和农膜与 1991 年相比有较大幅度的增长。随着其使用量增大导致耕地生态环境持续恶化,相应的阻力值也越来越大。

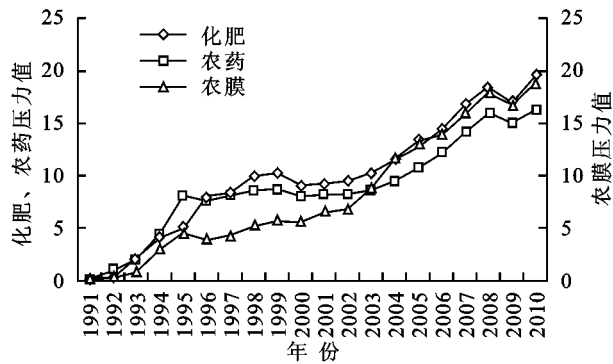


图3 河北省1991—2010年耕地化肥、农药、农膜阻力值动态变化

3.4 政策建议

3.4.1 控制农地的污染 从河北省耕地生态安全的评价和分析结果可以看出,对农用地的农药和化肥的使用,也会使得农用地的生态承载力降低因此,要提高河北省人民的环保意识,主要包括3个方面:(1)推广秸秆还田技术、采用绿肥种植,应该加大对农民使用有机肥料的补贴。有机肥料能增加土壤有机质及各个营养元素的含量,以达到改良土壤环境及质地的结构;(2)控制高毒农药使用量,以减轻农药对土壤污染;(3)控制化肥的使用,以减少化肥对土壤的危害;(4)提高河北省人民的总体环保意识。如果做到以上4点,对于控制农用地污染,提高耕地质量有着巨大的促进作用。

3.4.2 完善耕地保护制度 避免建设用地占用耕地,增加对建设用地的控制和引导,保证耕地数量使其不占或少占。对于基本农田保护区范围内的耕地进行保护,不得随意侵占,并建立规范相应的补偿制度和监管制度。学习和借鉴国外的农业补贴的相关经验,建立基本农田保护补偿制度,属于农村集体的基本农田,可以给予相应的奖励和补贴,用以提高农民的种植积极性,使农民及政府成为耕地保护的主体,来提高耕地质量。对农村集体土地进行权属登记发证工作,严格落实基本农田保护制度,明确农民个人的权利和责任。

3.4.3 加大土地整治 对农村土地进行综合整治,同时保证对耕地生态环境进行保护,对农用地积极整理,使耕地的数量增加并提高质量。另外,对后备耕地资源进行合理的开发利用。在基本农田水利建设方面,适当加大投入,对水利灌排设施进行改善,使有效灌溉面积得到增加,来提高耕地的质量等级。

4 结论

(1) 1991—2010年河北省耕地压力系统生态安全的等级由最初的“较安全”状态转变为最终“不安全”,评价指数整体呈下降趋势;1991—2010年河北

省耕地状态系统生态安全等级由“较不安全”变为“临界安全”,状态系统生态安全指数虽然处于波动不稳定状态,但总体上是上升的;1991—2010年河北省的耕地响应系统生态安全指数呈逐渐上升态势,等级则由最初的“不安全”转变为最终的“安全”状态;(2)河北省耕地生态安全等级变化经历了“不安全—较不安全—临界安全”;(3)1991年、1995年阻碍耕地生态安全改善的阻力主要集中在系统状态和系统响应两方面,2000年、2005年阻碍耕地生态安全状况改善的因素较多涉及系统压力、系统状态和系统响应3方面因素,2010年阻碍耕地生态安全状况改善的因素主要体现在系统压力和系统状态两方面;(4)从单项指标变化趋势上看,1991—2010年单位耕地化肥负荷、单位耕地农膜负荷、单位耕地农药负荷等指标阻力度上升幅度较大。系统压力和系统状态的阻力度呈上升趋势,而系统响应的阻力度呈下降态势。因此,在耕地利用过程中应注重对农药和化肥使用的管理,防止耕地生态环境的持续恶化,以保护耕地生态安全。

目前我国对耕地生态研究还有许多不足之处,如评价指标体系、评价等级的确定、评价方法的选择等,没有一个统一标准和相关政策不完善等,以及对一些严重的污染问题认识不深入导致耕地生态环境日益下降,对于那些制约我国耕地生态安全因素我们要时常反思并提高自己的觉悟。

参考文献:

- [1] 何蓓蓓. 区域耕地资源安全研究:以江苏省为例[D]. 南京:南京农业大学,2009.
- [2] 宋伟,陈百明,史文娇,等. 2007年中国耕地资源安全评价[J]. 地理科学进展,2011,30(11):1449-1455.
- [3] 李超,张祥义,张海涛,等. 河北省近20年耕地资源安全动态变化及驱动力分析[J]. 中国农业科技导报,2014,16(1):131-138.
- [4] 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.
- [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] 肖笃宁,陈文波,郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容[J]. 应用生态学报,2002,13(3):354-358.
- [7] 张祥义,许峰,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] 张燕,吴玉鸣. 西南岩溶区生态安全评价研究:以广西为例[J]. 中国人口·资源与环境,2006,16(4):129-133.
- [9] 高长波,张世喜,莫创荣,等. 广东省生态可持续发展定量研究:生态足迹时间维动态分析[J]. 生态环境学报,2005,14(1):57-62.

获、刈割和换茬等方式可以延续利用植被系统的净化能力,选择生物量较大、富集污染元素较强的植被,也是提高植被系统净化能力和人工湿地净化效果的关键措施。对于人工湿地选用净化污水能力较强的植被,一方面可以提高人工湿地对污染物的去除效率;另一方面可以减少引用外来植被的投资成本,但现实生活中人工湿地植被的构建不是靠单一类型的植被,建议依据湿地生态系统植被多样性及其协同净化作用原理来提高系统的净化能力,构建各种植被组合的人工湿地充分发挥其各成分的协同作用以提高净化污水能力,而在选择和利用的基础上,各种湿地植被间的生态效应和物种变异将是构建人工湿地的难点。

参考文献:

- [1] Mander Ü, Maddison M, Soosaar K, et al. The impact of a pulsing water table on wastewater purification and greenhouse gas emission in a horizontal subsurface flow constructed wetland[J]. *Ecological Engineering*, 2015, 80:69-78.
- [2] Zhang T, Xu D, He F, et al. Application of constructed wetland for water pollution control in China during 1990—2010[J]. *Ecological Engineering*, 2012, 47(5): 189-197.
- [3] Nölvak H, Truu M, Tiirik K, et al. Dynamics of antibiotic resistance genes and their relationships with system treatment efficiency in a horizontal subsurface flow constructed wetland[J]. *Science of the Total Environment*, 2013, 461/462(7):636-644.
- [4] Cui L, Ying O, Gu W, et al. Evaluation of nutrient removal efficiency and microbial enzyme activity in a baffled subsurface-flow constructed wetland system[J]. *Bioresource Technology*, 2013, 146(10):656-662.

- [5] 宋颖,黄玉婷,葛川,等.多介质土壤滤层系统(MSL)与潜流式人工湿地技术处理海水养殖废水的效能比较[J]. *环境科学*, 2014(9):3436-3442.
- [6] 林吉东,欧阳琰,张兴赢,等.不同组合垂直潜流式人工湿地对高碳或氮污水的净化效果[J]. *环境工程学报*, 2013, 7(8):3065-3072.
- [7] 于少鹏,王海霞,万忠娟,等.人工湿地污水处理技术及其在我国发展的现状与前景[J]. *地理科学进展*, 2004, 23(1):22-29.
- [8] 袁东海,景丽洁,张孟群,等.几种人工湿地基质净化磷素的机理[J]. *中国环境科学*, 2004, 24(5):614-617.
- [9] 曹琪,李敏,杨航,等.野鸭湖湿地挺水植物磷素截留量动态变化分析[J]. *环境科学学报*, 2012, 32(8):1874-1881.
- [10] 聂志丹,年跃刚,金相灿,等.3种类型人工湿地处理富营养化水体中试比较研究[J]. *环境科学*, 2007, 28(8): 1675-1680.
- [11] 李涛,周律.湿地植物对污水中氮、磷去除效果的试验研究[J]. *环境工程*, 2009, 27(4):25-28.
- [12] 孙井梅,李阳,李志杰,等.垂直潜流人工湿地净化北方微污染水体试验研究[J]. *生态环境学报*, 2012, 21(10):1711-1716.
- [13] 袁东海,高士祥,任全进,等.几种挺水植物净化生活污水总氮和总磷效果的研究[J]. *水土保持学报*, 2004, 18(4):77-80.
- [14] 郭建,栗志芬,朱琼璐,等.生态塘—人工湿地—生态塘复合系统对城市河水中氮的去除效果[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(2):191-195.
- [15] 王振,刘超翔,李鹏宇,等.废砖块作为人工湿地填料的除磷能力研究[J]. *环境科学*, 2012, 33(12):4373-4379.
- [16] 刘慎坦,王国芳,谢祥峰,等.不同基质对人工湿地脱氮效果和硝化及反硝化细菌分布的影响[J]. *东南大学学报:自然科学版*, 2011, 41(2):400-405.

(上接第199页)

- [10] 郜红娟,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.
- [11] Msangi J P. Land Degradation Management in Southern Africa [M] // *Climate and Land Degradation*. Springer:Berlin, 2007.
- [12] Jongschaap R E E. Run-time calibration of simulation models by integrating remote sensing estimates of leaf area index and canopy nitrogen[J]. *European Journal of Agronomy*, 2006, 24(4):316-324.
- [13] 李中才,刘林德,孙玉峰,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.
- [14] 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, 35(1):2-7.

- [15] 刘力,邱道持,栗辉,等.城市土地集约利用评价[J]. *西南师范大学学报:自然科学版*, 2004, 29(5):887-890.
- [16] 陈志凡,李勤奋,赵焱.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.
- [17] 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.
- [18] 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(2/3): 223-230.
- [19] 尹娟,邱道持,潘娟.基于PSR模型的小城镇用地生态安全评价:以潼南县22个小城镇为例[J]. *西南师范大学学报:自然科学版*, 2012, 37(2):126-130.