

宋振江,杨俊,李争. 长江中下游粮食主产区耕地生态安全评价——基于省级面板数据[J]. 江苏农业科学,2017,45(20):290-294.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.20.072

长江中下游粮食主产区耕地生态安全评价

——基于省级面板数据

宋振江^{1,2}, 杨俊^{1,2}, 李争³

(1. 东华理工大学测绘工程学院, 江西南昌 330013; 2. 流域生态与地理环境监测国家测绘地理信息局重点实验室, 江西南昌 330013;
3. 东华理工大学经济与管理学院, 江西南昌 330013)

摘要:通过测算当前长江中下游粮食主产区耕地生态安全评价价值,以评价该区域的耕地生态安全状况,构造PSR评价模型。选取单位耕地面积农药施用量、单位耕地面积化肥施用量、森林覆盖率等20个评价指标,构建综合度测算方程与协调度测算方程,以求出最终研究区域的耕地生态安全评价价值。结果表明,江苏省耕地生态安全综合评价位于流域5省之首,湖南与湖北2省位列其次也超过区域平均水平;江西与安徽2省的耕地生态安全压力较大,安徽与湖北2省的耕地生态安全状态相对堪忧,湖南、湖北及安徽3省的耕地生态安全响应系统相对薄弱,尚存改善空间。

关键词:长江中下游;粮食主产区;PSR模型;耕地生态安全

中图分类号:F301.24 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)20-0290-05

党的十八大将生态文明建设提升到“五位一体”的国家战略层面,在深化生态文明体制建设、合理开发国土资源的背景下保护耕地红线、维护耕地生态安全、促进耕地可持续利用愈发受到各方关注。对于耕地生态安全的学理定义发端于对生态安全的研究,国内学者在这一领域做了丰富的探索性研究,发现耕地生态安全是一种使耕地资源的利用,既能满足人类当期利用需求,又能够作为子孙后代持续利用的健康状态^[1-4]。目前,国内学者主要从粮食安全角度对耕地生态安全加以探讨,对耕地生态安全主要从耕地的可持续人口供养能力^[5-6]、耕地质量与可持续利用路径^[7-8]、农药化肥对耕地生态的正负效应^[9-10]、复种指数^[11-12]、机械化问题^[13-14]、合理的种植结构^[15]等指标加以刻画。综合看来,当前相关领域学者对耕地生态安全评价体系的核心点存在差异,研究方法多基于通过调研数据、面板数据加以分析、探讨,从多方领域融合角度思考尚少,所以本研究在当前耕地生态安全研究基础上,结合粮食安全、耕地利用经济安全问题的研究,融合多方相关数据资料,基于“压力-状态-响应”(pressure-state-response,简称PSR)模型构造长江中下游5个粮食主产区的耕地生态安全评价指标体系,对区域总体状况及子体系状况予以定量评价,以诊断这一农耕历史悠久区域的耕地

生态安全状况,为耕地资源的修复、合理利用提供指导,以期对改善耕地利用生态系统安全状况、协调人地矛盾、促进流域耕地可持续利用提供有益的参考。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域概况

长江中下游粮食主产区为江苏、安徽、湖北、湖南、江西等5省,其划分依据来源于13个粮主产区范畴与长江中下游覆盖地区范畴。该流域国土总面积80.68万km²,耕地面积217746km²,占国土面积26.99%,常住人口30981.04万人(2013年末),农业人口比重高于三江平原、辽河平原等粮食主产区。长江中下游粮食主产区是我国构建长江经济的重点建设区域,区内地形复杂、土壤种类众多、耕地保护问题种类繁多、各省省情差异相对较大,耕地生态安全问题长期成为该地区农业发展的瓶颈,因而长久以来成为学界探讨的焦点地带,因此选取这一区域作为研究区域具有典型意义^[35]。

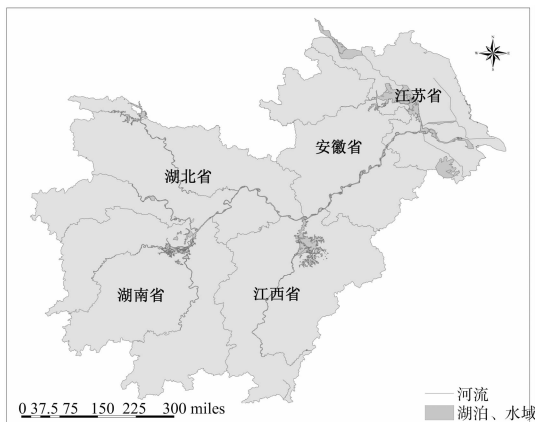


图1 长江中下游粮食主产区

1.2 数据来源

本研究长江中下游粮食主产区5个省域的环境、经济、社

收稿日期:2016-05-07

基金项目:国家自然科学基金(编号:41201118);教育部人文社会科学研究项目(编号:14YJC630077);江西省高校人文社会科学研究项目(编号:GL1416);江西省社会科学规划项目(编号14GL25);测绘地理信息江西省研究生创新教育基地资助。

作者信息:宋振江(1991—),男,辽宁鞍山人,硕士研究生,主要从事土地利用与管理研究。E-mail: tgsongzhenjiang@126.com。

通信作者:杨俊,博士,讲师,主要从事土地利用与管理研究, E-mail: yjun@ecit.com;李争,博士,讲师,主要从事农户经济、资源经济研究。

会层面影响数据来源于中国统计年鉴(2003—2014)、长江中下游粮食主产区各省统计年鉴(2003—2014)、中国农村统计年鉴(2003—2014)、中国环境统计年鉴(2003—2014)、各省统计年鉴、各省各专项统计报告等,主要涉及指标有单位耕地面积农药施用量、单位耕地面积化肥施用量、有效灌溉面积变化率、除涝面积变化率、森林面积增长率、生态治理投资占 GDP 比重、流域防护林工程投入变化率等。

2 研究方法

2.1 数据处理方法

2.1.1 数据标准化 数据标准化的目的在于统一各个指标的单位与量纲,对各指标数据采用标准差方式进行标准化处理,其公式为:

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\delta_j} \text{ 或 } X_{ij} = \frac{\bar{x}_j - x_{ij}}{\delta_j} \quad (1)$$

式中: X_{ij} 、 x_{ij} 、 \bar{x}_j 、 δ_j 分别表示第 i 个省第 j 个指标的标准化值、原始值以及第 j 个指标的算术平均值、标准差。

2.1.2 指标权重计算 指标权重计算公式为:

$$CV = \frac{SD}{MN}; \quad (2)$$

$$W_j = \frac{CV}{\sum_{j=1}^n CV} \quad (3)$$

式中: CV 为每个指标的变异系数; W_j 为第 j 个指标的权重; SD 、 MN 分别为指标值的标准差与平均值。

2.2 指标体系构建

PSR 模型是 20 世纪 70 年代有经济合作与发展组织(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)基于“原因-效益-反应”原理而共同提出的生态评价模型^[16]。该模型中,P 为压力、S 为状态、R 为相应,主要调节 what、why、how 此 3 个问题^[17]。自 90 年代以来,PSR 模型在生态研究领域广为利用,冷疏影等基于 PSR 模型构建土地质量指标体系^[18],殷克东等通过增添经济、环境、行为者变量以修正 PSR 模型^[19],李争等基于 PSR 模型进行生态文明建设^[20]。颜利等通过建立流域生态系统健康评价的指标体系和 PSR 框架评价模型对流域生态健康予以研究^[21]。本研究在前人研究的基础上构造基于 PSR 的评价指标体系(表 1),以探索流域耕地生态安全问题,因而本研究所构建的 PSR 模型框架存在 3 个子系统。

2.2.1 压力系统 农药与化肥的施用、人口非农化、人口增长、耕地地力等带来的环境、社会压力构成了耕地生态安全压力系统。农药、化肥投入对粮食产出具有边际报酬递减效应,当农药、化肥用量在科学合理的范围时,对耕地利用经济安全具有正效应,而超过均衡点,则呈现出负效应。过量使用化学农药与肥料、存在一些化学性质不利于土壤生态的农药和肥料会造成土壤板结、土壤肥力流失等恶性事件,最终造成土壤盐碱化、荒漠化等恶性后果,威胁耕地生态安全^[10]。人口指标的提出目的在于协同区域差异,以为宏观分析服务。非农人口比例以及单位耕地面积人口供养量是土地人口承载潜力的具体表现,针对耕地生态安全,非农人口比例指向的供养人口数量,单位耕地面积人口供养量指向耕地可持续供养能力,这是对耕地地力、耕地可持续利用的考量^[6]。合理调整复种

指数也是提升耕地质量的有效途径,其对于耕地资源的永续利用具有现实意义,对耕地生态安全起到强有力的保障作用。工业污水排放问题的设置出于对耕地土壤污染情况与农业用水质量的考量。而农田水利渠道硬化指标的选取基于农田生物链系统与耕地生态平衡的视角,硬化沟渠阻隔生物生活与迁徙,对于生物农药、生物肥料、生物对土壤的改良造成一定影响,因而探究耕地生态安全压力问题^[22-23]。

2.2.2 状态系统 状态系统涵盖主要耕作地类比重、有效灌溉面积比重、森林覆盖率、除涝面积比重、粮食产量、农机动力保有率、单位耕地面积产值等指标,其中主要耕作地类比重、粮食产量、单位耕地面积产值指标在于阐释经济发展不平衡区域耕地生态安全可以从协同粮食生产指标角度基于整体性加以衡量^[7,24]。此外,有效灌溉面积比重、除涝面积比重则是从农田保护角度加以探讨^[24-25],农业机械化指标用以评价区域现状对农业生产效率、衍生生态与社会问题所导致的耕地安全正负效应^[13-14,23],森林覆盖率则是对现状下耕地防护林状态的测评^[24-26]。

2.2.3 响应系统 响应系统指标主要指森林面积增长率、生活垃圾清运量、自然灾害救济变化率、水土流失治理面积变化率、生态治理投资占 GDP 比重、流域防护林工程投入变化率等。森林面积增长率、流域防护林工程投入变化率指标用以衡量响应状态耕地生态安全的动态状况,此指标选取归因于林木的生态效益与耕地利用的经济效益的正向关系对于生态和谐与经济共赢起到积极的推动作用^[24-26]。生活垃圾清运量、自然灾害救济变化率、水土流失治理面积变化率、生态治理投资占 GDP 比重指标等基于耕地生态治理与维护角度加以研究,为本研究探索生态和谐问题提供数据基础,也为生态可持续研究砥砺前行^[24-25]。

2.3 PSR 子系统的评价价值转化与协调度测算方法

PSR 子系统的评价价值即通过对标准化后的各指标值进行加权平均。李争等为直观比较各评价单元的差异,将各个子系统的评价价值转化为百分制得分^[20],转化公式为:

$$F_i = \frac{X_k}{X_{kmax} - X_{kmin}} \times 40 + 60. \quad (4)$$

式中: F_i 为进行百分制转化后的评价价值; X_k 、 X_{kmax} 、 X_{kmin} 分别表示各系统的评价价值、最大评价价值及最小评价价值。

2.4 PSR 综合评价价值测算方法

PSR 模型的综合评价价值测算方法为:

$$E_i = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij}. \quad (5)$$

式中: E_i 表示综合评价价值, W_j 、 X_{ij} 分别为第 j 个指标的权重、第 i 省第 j 个指标的标准化值。

2.5 PSR 协调度测算方法

PSR 模型的压力、状态、响应 3 个系统相互关联,因而引入协调度函数予以测算其关联性,其公式为:

$$CI = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{\sqrt{X_1^2 + X_2^2 + X_3^2}}. \quad (6)$$

式中: CI 为协调系数, X_1 、 X_2 、 X_3 分别为压力、状态、响应 3 个子系统的得分,3 个子系统分值愈趋近,则其协调度指数愈趋近 $\sqrt{3}$ 。

表1 粮食主产区耕地生态安全评价指标体系

准则	指标	符号	计算方法	指标类型	权重
压力	单位耕地面积农药施用量	x_{11}	农药施用量/耕地面积(t/hm^2)	逆向	0.035 5
	单位耕地面积化肥施用量	x_{12}	化肥施用量/耕地面积(t/hm^2)	逆向	0.018 3
	非农人口比例	x_{13}	非农人口数量/总人口数量(%)	逆向	0.056 0
	单位耕地面积人口供养量	x_{14}	常住人口数量/耕地面积(人/ hm^2)	逆向	0.059 4
	复种指数	x_{15}	作物播种面积/耕地面积 $\times 100\%$ (%)	逆向	0.015 9
	单位工业产值污水排放量	x_{16}	工业污水排放量/工业总产值($t/元$)	逆向	0.121 2
	农田水利渠道硬化工程比重	x_{17}	农田水利渠道硬化工程面积/耕地面积(%)	逆向	0.106 3
状态	主要耕作地类比重	x_{21}	主要耕作地类面积/耕地面积 $\times 100\%$ (%)	正向	0.028 4
	有效灌溉面积比重	x_{22}	有效灌溉面积/耕地面积 $\times 100\%$ (%)	正向	0.014 2
	森林覆盖率	x_{23}	森林面积/土地总面积 $\times 100\%$ (%)	正向	0.057 8
	除涝面积比重	x_{24}	除涝面积/洪涝面积 $\times 100\%$ (%)	正向	0.008 2
	粮食亩产量	x_{25}	粮食产量/耕地面积(t/hm^2)	正向	0.022 2
	农机动力保有率	x_{26}	农机动力/区域农机动力总量 $\times 100\%$ (%)	正向	0.028 3
	单位耕地面积产值	x_{27}	第一产业产值/耕地面积($元/hm^2$)	正向	0.030 3
反应	森林面积增长率	x_{31}	(本年森林面积 - 上年森林面积)/上年森林面积 $\times 100\%$ (%)	正向	0.082 5
	生活垃圾清运量变化率	x_{32}	(本年生活垃圾清运量 - 上年生活垃圾清运量)/上年生活垃圾清运量 $\times 100\%$ (%)	正向	0.073 1
	自然灾害救济变化率	x_{33}	(本年救济金额 - 上年救济金额)/上年救济金额 $\times 100\%$ (%)	正向	0.084 5
	水土流失治理面积变化率	x_{34}	(本年治理面积 - 上年治理面积)/上年治理面积 $\times 100\%$ (%)	正向	0.036 7
	生态治理投资占 GDP 比重	x_{35}	生态治理投资/GDP(%)	正向	0.068 2
	流域防护林工程投入变化率	x_{36}	(本年投入金额 - 上年投入金额)/上年投入金额 $\times 100\%$ (%)	正向	0.052 8

3 长江中下游粮食主产区耕地生态安全实证研究

3.1 长江中下游粮食主产区耕地生态安全综合评价

由图2、表2可知,江苏省的耕地生态安全综合评价的得分为78.378 5,位列首位。江苏省在全国GDP排名与人均GDP排名中位列前茅,加之中国传统社会2 000多年的农耕开发形成优质水稻土与近百年的现代化进程使工业反哺农业,使得农业生产步入现代化行列,耕地生态安全综合水平优于流域其他省份。与此同时,江苏地区的生态治理优于流域其余4省(如指标中的农药化肥使用情况、工业污水排放情况等),因而综合各项指标的优异度而使综合评价位于区域首位。湖南与湖北综合评价位居其次,其在粮食亩产及产值、森林覆盖率增长、自然灾害应急响应、长江中下游防护林带的建设上的投入相对突出,可见其耕地生态安全综合状况在区域中处于相对优越地位。而江西与安徽的耕地生态安全综合评级值为负,突出其在耕地生态安全“压力-状态-响应”三系统中的问题,根据统计数据测算,问题集中表现在压力与响

应系统中的农药化肥施用、生态治理等方面,从耕地生态安全基数水平上使2省的综合评价价值偏度。整体看来,长江中下游粮食主产区耕地生态安全综合评价平均得分为60,江苏、湖南、湖北的得分在平均分之上,在区域内处于占优地位。

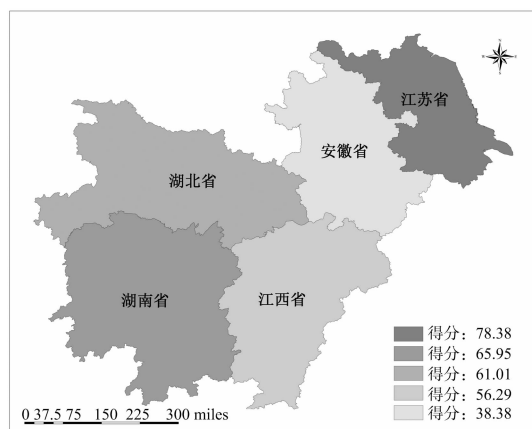


图2 耕地生态安全综合评价

表2 长江中下游粮食主产区耕地生态安全评价

省份	压力系统		状态系统		响应系统		综合评价		协调度		
	评价值	得分	评价值	得分	评价值	得分	评价值	得分	排名	评价值	排名
江苏	0.183 9	76.164 6	-0.034 6	55.056 6	0.211 3	81.453 9	0.360 5	78.378 5	1	1.277 7	1
安徽	-0.159 8	45.949 1	-0.081 7	48.317 7	-0.182 6	41.453 9	-0.424 2	38.378 5	5	-1.656 4	5
湖南	-0.047 1	55.859 7	0.166 9	83.864 6	-0.003 1	59.688 0	0.116 8	65.951 8	2	0.673 1	2
湖北	0.239 0	81.013 3	-0.112 9	43.864 6	-0.106 4	49.191 6	0.019 7	61.005 4	3	0.069 2	3
江西	-0.216 0	41.013 3	0.062 2	68.896 5	0.080 9	63.212 7	-0.072 9	56.285 7	4	-0.305 1	4

3.2 长江中下游粮食主产区耕地生态安全子系统评价

根据表1、表2可知,选取18个指标对长江中下游粮食主产区耕地生态安全加以评价,因而对各个子系统的评价如下。

3.2.1 压力子系统评价 从压力子系统的评价值与得分(图3、表2)看,湖北、江苏占据相对优势地位,其余3省评价值为负且得分偏低。说明湖北、江苏在农药与化肥合理使用压力、人口压力、耕地产出压力、耕地资源可持续利用压力等方面负担偏重,2省在上述领域存在一定问题,耕地生态安全由此受到影响,反观湖南、江西、安徽该领域压力较小。

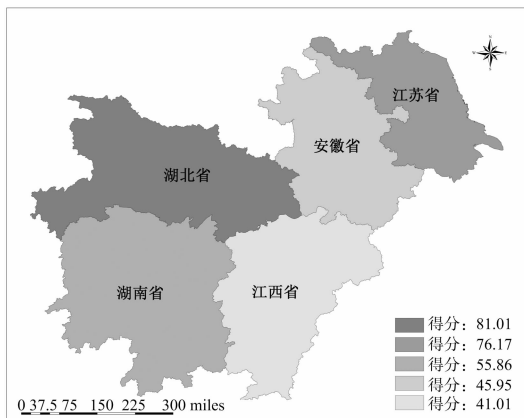


图3 耕地生态安全压力子系统评价

3.2.2 状态子系统评价 从状态子系统的评价值与得分(图4、表2)看,湖南得分为83.8646,其占据首位,江西与江苏分值在50~70,安徽与湖北的分值介于40~50。表明湖南在水田比重、有效灌溉面积比重、森林覆盖、除涝面积比重、粮食产量、农机动力保有率、耕地产值等方面占优,而安徽与湖北需在新增耕地、提升有效灌溉面积、保护林木、及时除涝、提高耕地利用效率以及农业生产现代化方面加以改善。

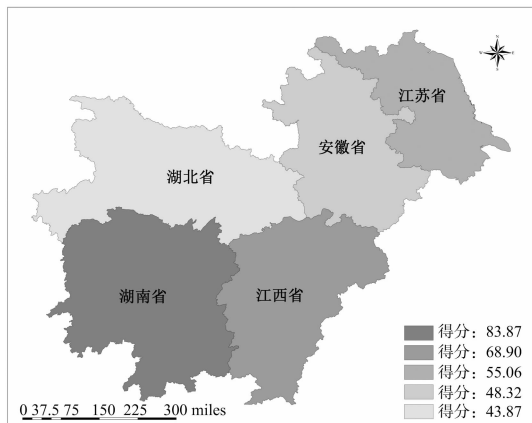


图4 耕地生态安全状态子系统评价

3.2.3 响应子系统评价 从响应子系统的评价值与得分(图5、表2)看,江苏省的评价值与得分分别为0.2113、81.4539,排在5省首位,其次为得分63.2127的江西省,湖北、湖南的得分均在49.1916~59.6880,而安徽省的排名为最末。耕地生态安全响应能力取决于林木覆盖程度、生态与污染治理程度、灾害应急响应程度等,上述分值与得分表明江苏省对于耕地生态问题的响应程度在区内占优,湖南次之,湖北、江西、安徽在该领域相对薄弱,应加强农田防护林、水土污

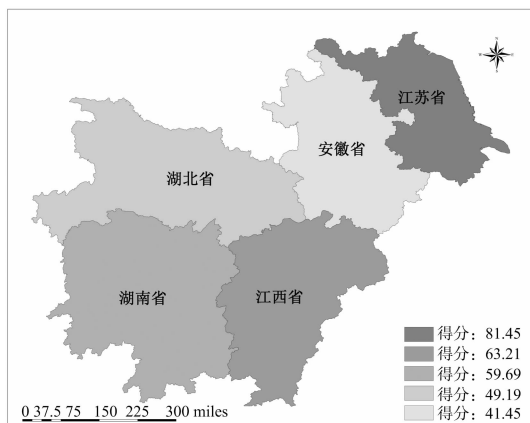


图5 耕地生态安全响应子系统评价

染治理、灾害响应等方面的治理投入以维护耕地生态安全。

3.3 长江中下游粮食主产区耕地生态安全子系统的协调度评价

PSR模型的协调度即为压力、状态、响应3个系统相互关联,该评价价值愈高,则表明该省在耕地生态安全问题上PSR的3个子系统间距与离散程度占优。由表2可测算知,长江中下游粮食主产区5省耕地生态安全子系统协调度排序为江苏(1.2777)、湖南(0.6731)、湖北(0.0692)、江西(-0.3051)、安徽(-1.6564)。江苏省在综合得分与协调度同列首位,既表明江苏省的耕地生态安全水平高,又表明其综合评价得分与子系统协调度呈正相关。安徽省综合评价与子系统协调度皆为末位,这表明该省耕地生态面临巨大挑战。湖南、湖北、江西3省的综合指数与协调度处于低水平状态,基本呈正相关态势,且协调度排名与综合评价排名相同,显现出在着力推动耕地生态治理的同时也应积极兼顾多方影响因素,应着力推进影响耕地生态安全的各个要素在治理中得以充分考虑,以此进一步优化这些省份耕地生态安全评价子系统的协调度。

4 结论与建议

4.1 结论

由长江中下游耕地生态安全综合评价看,江苏省位于流域5省耕地生态安全之首,湖南与湖北2省位列其次,也超过区域平均水平。由P-S-R对应子系统评价看,江西与安徽2省的耕地生态安全压力较大,安徽与湖北两省的耕地生态安全状态相对堪忧,湖南、湖北及安徽3省的耕地生态安全响应系统相对薄弱。由协调度可知,安徽、江西耕地生态安全协调性较差,在协调度与综合指数的关系上同步,因而就上述实证数据分析可得出如下结论:

(1) 江苏省在长江中下游粮食主产区耕地生态安全领域占据绝对优势地位,且协调度亦稳居榜首,其表明经济发展水平、劳动力素质、科技水平等因素对于耕地生态安全具有促进作用,主要表现在资本反哺农业以支持生态农业与农业现代化发展、劳动力受教育程度与农业技能提升、农业科技研发力度与推广并举。

(2) 湖北省与湖南省耕地受到经济发展不均衡、地理因素、人口因素等多方面的影响导致耕地生态安全压力较大、状态不佳、响应偏差的状况,这些问题对耕地生态安全的影响体

现在经济欠发达地区对耕地掠夺式开发、耕地细碎化致使在机会成本博弈下致使耕地抛荒、人口激增对耕地承载力的挑战,其暴露出中东部欠发达省份经济高速发展过程中对耕地可持续利用上的问题。

(3) 安徽省与江西省属于典型的中部欠发达省份,工业发展相对滞后,但污染相对较大(以江西省典型矿粮复合区铅山永平铜矿、丰城丰矿地区为例,掠夺性矿产资源开发致使影响区耕地塌陷、渗水、重金属与酸碱度严重超标,导致耕地弃耕、抛荒),而生态补偿方兴未艾,致使耕地生态安全濒临警戒,协调度差又导致恶性循环。

4.2 建议

首先,各省应因地制宜设置耕地生态缓解目标方案,诸如林木指标应结合已有植被覆盖率状况加以制定,而指标的设定应朝着“多归融合”方向思考,与经济发展规划、土地利用规划相协调,以此协同治理,提高治理效率,实现耕地资源的可持续利用。

其次,耕地生态安全状况良好的省份应积极保持当前水平,并稳步弥补不足,进一步升华耕地经济经营模式升华,力促各方人民群众提高耕地生态安全保护意识,实现耕地资源的永续利用。

再次,经济欠发达省份应着力推进土地整治项目的开展,对已污染耕地给予治理、对耕地占补平衡区域加以有效修复、对耕地细碎区进行平整以为规模经营和农业现代化,这些工程性措施有助于提升耕地质量与耕地生态安全。

最后,政府应充分贯彻生态文明建设与“去产能”方针的要旨,淘汰旧有资源消耗型、环境污染型产能,在保障质量的前提下确保1.2亿 hm^2 耕地红线不缩水,走绿色发展道路,实现耕地生态安全的有效提高。

基于上述宏观建议,从具体层面,江苏应在保障现有耕地生态安全水平的基础上进一步提升耕地生态安全水平,做区域的楷模,而湖北与安徽在大力发展经济的同时应实现“供给侧改革”与“去产能”以降低耕地污染,湖南与江西应兼顾经济建设与耕地生态安全,“既要金山银山,也要绿水青山”,加大耕地保护投入、提升污染治理能力、激发人类环保意识。

参考文献:

[1] 宋振江,杨俊,李争. 基于层次分析法的矿粮复合区生态环境影响评价[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2015, 33(3): 355-360.

[2] 崔明哲,杨凤海,李佳. 基于组合赋权法的哈尔滨市耕地生态安全评价[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 184-187, 192.

[3] 蔡海生,张学玲,周丙娟. 生态环境脆弱性动态评价的理论与方法[J]. 中国水土保持, 2009(2): 18-22.

[4] 蔡海生,陈美球,赵小敏. 脆弱生态环境脆弱度评价研究进展

[J]. 江西农业大学学报(自然科学版), 2003, 25(2): 270-275.

[5] 宋小青,欧阳竹. 1999—2007年中国粮食安全的关键影响因素[J]. 地理学报, 2012, 67(6): 793-803.

[6] 谢平,文倩,孙水娟,等. 基于人粮关系的湖南省耕地资源人口承载力研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 274-277.

[7] 王静,黄晓宇,郑振源,等. 提高耕地质量对保障粮食安全更为重要[J]. 中国土地科学, 2011, 25(5): 35-38.

[8] 余振国,胡小平. 我国粮食安全与耕地的数量和质量关系研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 45-49.

[9] 周喜应. 浅谈我国的农药与粮食安全[J]. 农药科学与管理, 2014, 35(8): 5-8.

[10] 曾靖,常春华,王雅鹏. 基于粮食安全的我国化肥投入研究[J]. 农业经济问题, 2010(5): 66-70.

[11] 金妹兰,侯立春,徐磊. 长江中下游地区耕地复种指数变化与国家粮食安全[J]. 中国农学通报, 2011, 27(17): 208-212.

[12] 谢花林,刘桂英. 1998—2012年中国耕地复种指数时空差异及动因[J]. 地理学报, 2015, 70(4): 604-614.

[13] 刘红,何蒲明. 农业机械化对我国粮食安全的影响研究[J]. 农业经济, 2014(5): 3-5.

[14] 张宗毅,刘小伟,张萌. 劳动力转移背景下农业机械化对粮食生产贡献研究[J]. 农林经济管理学报, 2014, 13(6): 595-603.

[15] 刘乃全,刘学华. 劳动力流动,农业种植结构调整与粮食安全[J]. 南方经济, 2009(6): 15-24.

[16] 毕安平,朱鹤健. 基于PSR模型的水土流失区生态-经济系统耦合研究——以朱溪河流域为例[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(8): 1023-1030.

[17] 叶文虎,全川. 联合国可持续发展指标体系述评[J]. 中国人口·资源与环境, 1997, 7(3): 83-87.

[18] 冷疏影,李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展[J]. 地理学报, 1999, 54(2): 177-185.

[19] 殷克东,赵昕,薛俊波. 基于PSR模型的可持续发展研究[J]. 软科学, 2002, 16(5): 62-66.

[20] 李争,朱青,花明,等. 基于PSR模型的江西省生态文明建设评价[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(12): 249-252, 258.

[21] 颜利,王金坑,黄浩. 基于PSR框架模型的东溪流域生态系统健康评价[J]. 资源科学, 2008, 30(1): 107-113.

[22] 左丽君,张增祥,董婷婷,等. 耕地复种指数研究的国内外进展[J]. 自然资源学报, 2009, 24(3): 553-560.

[23] 黄伟生,彭佩钦,苏以荣. 洞庭湖区耕地利用方式对土壤活性有机碳的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(3): 756-760.

[24] 赵宏波,马延吉. 东北粮食主产区耕地生态安全的时空格局及障碍因子——以吉林省为例[J]. 应用生态学报, 2014, 25(2): 515-524.

[25] 王千,金晓斌,周寅康. 河北省耕地生态安全及空间聚集格局[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 338-344.

[26] 徐辉,雷国平,崔登攀,等. 耕地生态安全评价研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(6): 180-189.

更正 《江苏农业科学》2017年第45卷第4期227-230页刊登的刘德锋等的论文《基于全球定位系统(GIS)的云南省铁皮石斛种植适宜性区划》,题名、摘要、关键词中的“全球定位系统(GIS)”更正为“地理信息系统(GIS)”。特此更正,并向作者和读者致歉。

《江苏农业科学》编辑部
2017年10月