

廖琪,袁兰,胡小飞,等. 基于 P-S-R 模型的农业生态安全定量评价——以佛山市顺德区为例[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):415-418.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.127

基于 P-S-R 模型的农业生态安全定量评价 ——以佛山市顺德区为例

廖琪¹,袁兰^{1,2,3},胡小飞¹,蒋雪冰¹,胡月明^{1,2,3,4}

(1. 华南农业大学信息学院,广东广州 510642; 2. 国土资源部建设用地再开发重点实验室,广东广州 510642;

3. 广东省土地利用与整治重点实验室,广东广州 510642; 4. 青海大学农牧学院,青海西宁 810016)

摘要:运用 P-S-R 概念模型,从农业生态环境压力、状态和响应 3 方面探索性地构建了广东省佛山市顺德区农业生态安全评价指标体系,并采用熵权法确定指标权重,对其农业生态安全进行时间序列上定量综合评价。结果表明:在本研究期间,顺德区的农业生态安全状况从安全状态走向了较不安全状态,农业生态安全综合指数随压力指数的增大而增大,其中 2007 年与 2009 年的农业生态处于安全状态、2008 年处于较安全状态、2010—2012 年的农业生态处于较不安全状态,压力指数与综合指数在 2007 年最低、2011 年达到最高。就发展趋势而言,压力指数呈逐步波动上升趋势,状态指数呈现下降态势。快速发展下的小城镇农业生态安全已面临着极大的威胁与挑战,本研究结果将为促进区域农业生态安全研究提供参考。

关键词:P-S-R;顺德区;农业生态安全;熵权法

中图分类号:S181,X826 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0415-04

自 20 世纪 60 年代初,资源危机与环境退化问题已在全球开始蔓延,随着人口快速增长、工业化和城市化飞速发展,

收稿日期:2014-11-28

基金项目:广东省科技计划(编号:2012B090600052、2012B091100484)。

作者简介:廖琪(1988—),男,湖南衡阳人,硕士研究生,主要从事 3S 技术与土地利用研究。E-mail:scnu2012gis@163.com。

通信作者:胡月明(1964—),男,湖南益阳人,博士,教授,主要从事地理信息系统应用与土地资源管理研究。E-mail:ymhu163@163.com。

了更大压力,只能在日益趋紧的资源约束和难以承受的环境容量下谋划农业发展,使农业可持续发展面临巨大压力。

4.1 加强宣传并提高认识

通过科普、大众媒体加强教育和培训,提高基层干群对农业面源污染防治工作重要性的认识,以及自觉参与防治的意识,引导和规范农民的生产生活行为方式,鼓励企业、农民采取环境友好技术。

4.2 增加农业面源污染防治的投入

农业面源污染的治理不仅造福当代人,也惠及子孙后代,建议各级政府将农业面源污染防治经费纳入财政预算,确保防治工作顺利进行。同时,本着“谁污染谁治理”的原则,对农药、化肥生产经营企业和规模化畜禽水产养殖大户征收污染补偿费,建立农业面源污染防治基金,用于开展各地农业面源污染的监测与防治工作。规范畜禽养殖场的建设,对新建的养殖场科学选址、合理投放和布局,按照“环评制度”、“三同时制度”的要求建设“三分离”处理系统,即雨污分离、干湿分离、固液分离。对于无法实现“三分离”的老旧养殖场必须配套建设沼气工程,以减轻畜禽污染。实现“三分离”的畜禽

生态环境恶化日益严重,温室效应、臭氧层破坏、水土流失、酸雨、食物安全、生物多样性减少等生态环境安全问题持续阻碍着全球可持续发展,生态环境的剧变引起的全球变化不断加速,当前许多国家已把生态安全与经济发展、国防安全、政治安全等放在同等重要的战略位置^[1]。

生态安全研究已成为国内外研究的热点,国外对生态安全的研究始于 20 世纪 70 年代末,1977 年最早将环境变化含义明确引入安全概念的 Lesiter 提出要对国家安全加以重新界定,并在 1981 年提出了人与自然的安全威胁多于国家与国家之间的安全威胁^[2];1992 年,William 提出“生态足迹”概念

养殖场才可申报部、省项目,享受畜禽养殖业的补助和扶持。

4.3 建设高素质农业面源污染防治队伍

适应农业面源污染防治的需要,加大对农业环境监测的扶持力度,增加投入,更新、配备农业环境监测所需的仪器和设备。加强人员培训,提高现有监测人员的整体业务水平。

4.4 提高农业面源污染治理技术水平

进一步推广生态种养技术,努力扩大物理防治。推广应用性诱剂杀虫灯、防虫网、生物农药等,切实减少农药用量。推广测土配方施肥技术、无公害养殖技术、秸秆还田技术。推广以沼气为纽带将种植与养殖相结合的循环农业技术,提高农村资源综合利用率。

参考文献:

- [1] 黄绍平,姚月华,吴常青,等. 我国农业面源污染研究进展[J]. 现代农业科技,2011(11):264-265.
- [2] 赵永宏,邓祥征,战金艳,等. 我国农业面源污染的现状与控制技术研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(5):2548-2552.
- [3] 李伟华,袁仲,张慎举. 农业面源污染现状与控制措施[J]. 安徽农业科学,2007(33):10784-10786.

及模型丰富了生态安全评价方法^[2];2002 年,Kondratyev 等对拉多加湖及其流域水资源进行了生态安全评价^[3]。国内的生态安全研究始于 20 世纪 90 年代,目前研究尚处于起步阶段,理论与实践研究都有待深入,如王振祥等运用 P-S-R 模型对安徽沿淮地区进行了生态安全评价^[4];万利等采用 GIS 和 RS 技术从景观格局角度进行北京郊区的生态安全动态评价^[5];邓楚雄等采用相关数学法与计量模型对上海市农业生态安全进行了定量综合评价^[6];任小凤采用 P-S-R 模型以及多目标决策和模糊理论对张掖市进行了农业生态安全评价^[7]。2000 年,我国首次明确提出“维护国家生态安全环境安全”的目标,而农业生态安全作为整体生态安全的重要组成部分,在国内也越来越受到关注,农业生态是个开放系统,其安全是农业可持续发展的核心和基础^[8-9],是农业赖以发展的自然资源、生态环境处于健康、平衡的状态,衡量指标是农业资源的质和量,质的约束条件是环境容量,量的约束条件是资源的保有量和利用率,两者均决定于人口、资源、环境结构尤其是人的活动^[8,10]。随着经济规模的扩大,人口与资源、环境的矛盾日渐突出,农业生态安全建设已成为必须面对的新形势之一。

本研究在国内外已有研究基础上,采用 P-S-R 概念模型,构建 4 层次结构的农业生态安全评价指标体系,运用熵权法计算各层各指标的权重得到研究区 2007—2012 年农业生态安全定量评价,分析时间序列上农业生态安全状况的动态变化趋势,以期为促进区域农业生态安全研究提供理论参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况与数据来源

顺德区隶属佛山市,位于广东省中南部,身处珠江三角洲腹地,东连广州市番禺区,西与江门市和佛山市南海区接壤,北接佛山市禅城区,南界中山市,毗邻港澳。介于 113°1'9"~113°23'13" E、22°40'34"~23°2'39" N,土地总面积 806.57 km²,全区现辖 4 街道(大良、容桂、伦教和勒流)、6 个镇(杏坛、龙江、北滘、均安、乐从和陈村),共含 108 个村委会、93 个居委会。2012 年底全区总人口为 124.790 2 万人,人口密度为 1 541 人/km²,人均耕地面积为 0.006 hm²,全区生产总值(GDP)为 2 338.79 亿元,第一、二、三产业结构比值为 1.8:53.8:44.4,年均气温为 23.3℃,年总降水量 1 892.4 mm。农业生产主要以水产养殖业、畜牧业以及种植业为主,其中水产养殖面积占总面积的 59.4%,种植业以花卉、蔬菜、香大蕉为主[以上数据来自《顺德年鉴(2013)》]。

本研究数据包含 2007—2012 年土地利用变更资料以及生态环境资料,基础数据包括 2008—2013 年的《顺德年鉴》以及 2007—2012 年的生态环境数据。

1.2 研究方法

1.2.1 P-S-R 模型 P-S-R(压力-状态-响应)模型是 20 世纪 80 年代末联合国经济合作和开发组织(OECD)与联合国环境规划署(UN-EP)共同提出的定量测度生态环境的概念模型。其中“压力”代表人类活动对生态环境造成的压力负荷;“状态”代表环境质量、自然资源与生态系统的状态;“响应”代表在上述压力下人类所采取的对策与措施,即压力响应。P-S-R 模型将自然资源、社会经济有效地联系

起来,能反映人类社会与生态环境系统的关系,模型的优点在于能将生态环境和社会经济状况有机地统一起来,以此来说明人与地理环境这个综合而又复杂的生态系统中各因素间的相互作用和因果联系,另一方面也可以反映生态安全系统中自然环境、经济发展、社会状况等因素之间的相互关系^[11-12]。

1.2.2 评价指标体系的构建 农业生态安全评价指标体系应遵循农业生态环境的安全性和可持续性原则、农业生态系统的完整性与识别性原则、可行性和可操作性原则,满足指标的科学性以及生态经济系统的动态性,本研究在借鉴国内外有关农业生态安全指标体系^[9,13-14]的基础上结合顺德区农业发展特色与实际并广泛咨询相关专家意见,根据 P-S-R 模型框架构建了 4 层次涵盖 20 项指标的顺德区农业生态安全评价指标体系。第 1 层次是目标层,即农业生态安全综合指数;第 2 层次是准则层,包括生态环境压力、生态环境状态和生态环境响应;第 3 层次是评价因素层,即决定每个评价准则的因素;第 4 层次是指标层,即每 1 个评价因素具体指标表达(表 1)。

1.2.3 原始数据标准化处理 上述所构建的评价指标体系中,各指标间存在量纲上的差异且指标体系中包含正向相关性与负向相关性不同的指标,本研究采用极差标准化法^[6]对原始数据进行无量纲化处理得到标准化的指标值。

当因子对于结果的影响是正向影响时,其数据标准化原理如下:

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

当因子对于结果的影响是负向影响时,其数据标准化原理如下:

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

式中: A 为指标的标准化值; A_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的实际值; $A_{j\min}$ 为第 j 项指标的最小值; $A_{j\max}$ 为第 j 项指标的最大值。

1.2.4 指标权重的确定 应用综合评价法的关键是在评价模型确定的前提下,确定评价指标的权重。目前常用的评价指标权重的确定方法有主观赋权法(专家评分法、德尔菲法、层次分析法、二项系数加权法等)、客观赋权法(主成分分析法、因子分析法、均方差法、最优权法、熵权法等)。这 2 类赋权法各有优缺点:应用主观赋权法确定评价指标的权重时,会因决策者凭经验主观判断评判不同而不同,具有主观性和偏向性,不能真实体现研究对象的客观性;应用客观赋权法确定评价指标的权重时,依据客观原始信息以及指标间的关联度来确定权重,客观性强。综合考虑这 2 种赋权方法的优缺点,本研究采用客观赋权法进行农业生态安全指标权重的确定。

本研究所选的农业生态安全评价指标综合性强,包含信息量复杂。因此,采用客观法中的熵权法来确定各单项指标的权重,可有效减少人为主观因素对指标权重赋值的影响。在信息论中信息熵是信息无序的度量,信息是系统有序程度的度量,2 者的绝对值相等,符号相反。信息熵越小,信息的无序度越低,其信息的效用值越大,指标的权重也越大;反之,信息熵越大,信息的效用值越小^[15]。

熵权法确定指标权重的原理为:对有 m 个评价指标, n 个评价对象的问题构建其原始矩阵,并标准化,以此定义第 i 个

表 1 顺德区农业生态安全评价指标体系

目标层	准则层	因素层	指标层	相关性
农业生态安全综合指数 A	生态环境压力 B1	人口压力	人口密度(C1)	-
			人口自然增长率(C2)	-
		资源压力	人均耕地面积(C3)	+
			人均农业用地面积(C4)	+
		环境压力	工业废水排放量(C5)	-
			大气污染综合指数(C6)	-
			酸雨率(C7)	-
	生态环境状态 B2	气候状态	年总降水量(C8)	-
			年平均气温(C9)	-
		环境状态	园林绿化面积(C10)	+
			化肥施用量(C11)	-
	生态环境响应 B3	经济响应	自然灾害成灾率(C12)	-
			农业增加值(C13)	+
			渔牧业产值(C14)	+
			人均 GDP(C15)	+
			农民人均纯收入(C16)	+
		社会响应	城镇居民人均可支配收入(C17)	+
			全体居民消费水平(C18)	+
			专业技术人员比重(C19)	+
			在校学生比(C20)	+

注：“+”表示正向指标；“-”表示负向指标。

指标的熵：

$$H_i = K \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}, i = 1, 2, \cdots, m。$$
 (3)

式中： $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}$ ，当 $f_{ij} = 0$ 时，令 $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ ； $K = \frac{1}{\ln n}$ ；其中 r_{ij} 为第*j*个评价对象在第*i*个评价指标上的标准值， f_{ij} 为指标标准化值占总标准化值的比值。

根据上式求出第*i*个指标的熵权值：

$$W_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}, 0 \leq W_i \leq 1, \sum_{i=1}^m W_i = 1, i = 1, 2, \cdots, m。$$
 (4)

式中： W_i 为第*i*项指标熵权值。

将本研究采用的数据依上述方法进行标准化处理以及权重计算,结果见表 2。

1.2.5 农业生态安全综合指数的计算 农业生态安全系统具有层次性和复杂性,单个评价指标只能从侧面反映农业生态安全状况,将各单项指标相应的权重逐层计算,综合计算得出生态安全度指数。参考国内其他学者所构建的模型^[6,16]得出以下生态安全度计算公式：

$$Q = \sum_{i=1}^m W_i \times P_i。$$
 (5)

式中： Q 为农业生态安全综合指数， W_i 、 P_i 分别为各指标权重与归一化值； m 为指标项数。

评价结果等级划分标准是评价结果优劣的衡量尺度,由于区域自然生态条件的差异以及社会经济水平发展的不平衡,很难用统一的标准去评价不同区域的农业生态安全,本研究根据研究区特点,同时参考其他学者的研究成果^[9,11-12,17],并咨询相关专家确定农业生态安全分级标准(表 3)。运用农业生态安全评价指标体系与综合评价模型,得到农业生态安全变化综合评价指数(表 4)。

表 2 农业生态安全评价指标项权重以及标准化值

指标项	权重 W	标准化值					
		2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
C1	0.001	1.000	0.792	0.597	0.403	0.194	0.000
C2	0.032	0.563	1.000	0.704	0.307	0.041	0.000
C3	0.560	0.001	0.000	0.000	1.000	0.898	0.932
C4	0.004	1.000	0.833	0.667	0.333	0.167	0.000
C5	0.017	0.320	0.344	0.075	0.000	0.657	1.000
C6	0.007	0.000	0.056	0.944	0.833	1.000	0.944
C7	0.065	0.000	0.063	0.367	0.473	1.000	0.527
C8	0.027	0.633	0.000	0.724	0.418	1.000	0.432
C9	0.001	0.000	1.000	0.250	0.750	0.875	0.625
C10	0.002	0.000	0.306	0.542	0.624	0.782	1.000
C11	0.001	0.865	1.000	0.324	0.000	0.527	0.223
C12	0.196	0.214	1.000	0.143	0.143	0.071	0.000
C13	0.007	0.000	0.349	0.158	0.414	0.786	1.000
C14	0.009	0.000	0.539	0.262	0.505	0.828	1.000
C15	0.022	0.000	0.222	0.386	0.663	0.853	1.000
C16	0.013	0.000	0.100	0.224	0.351	0.647	1.000
C17	0.015	0.000	0.138	0.277	0.431	0.686	1.000
C18	0.003	1.000	0.095	0.000	0.518	0.518	0.404
C19	0.001	0.000	0.220	0.352	0.453	0.616	1.000
C20	0.015	0.000	0.058	0.661	0.271	1.032	1.000

2 结果与分析

由表 4 可以看出,研究期间顺德区的农业生态安全状况从安全状态走向了较不安全状态,其中,2010—2012 年的农业生态安全指数介于 0.5~0.75 之间,处于较不安全状态;2007、2009 年的农业生态安全指数介于 0~0.25 之间,处于安全状态;2008 年处于较安全状态。综合指数随压力指数的

表 3 农业生态安全分级及其特征描述

安全等级	综合评价指数	特征描述
安全(Ⅰ)	0~0.25	农业生态环境基本未受到干扰破坏,系统结构完整,功能性强,系统恢复再生能力强,生态问题不明显
较安全(Ⅱ)	0.25~0.5	农业生态环境较少受到破坏,系统结构较完整,功能尚好,一般干扰下可恢复,生态问题不明显
较不安全(Ⅲ)	0.5~0.75	农业生态环境受到一定破坏,系统结构发生变化,但尚可维持基本功能,受干扰后易恶化,生态问题显现
不安全(Ⅳ)	0.75~1	农业生态环境受到严重破坏,系统结构残缺不全,功能接近或者已经丧失,生态恢复与重建很困难,生态环境问题很严重

表 4 农业生态安全评价结果表

指数	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
压力指数	0.029	0.046	0.057	0.608	0.589	0.580
状态指数	0.060	0.199	0.050	0.042	0.045	0.015
响应指数	0.003	0.017	0.029	0.039	0.068	0.084
综合指数	0.092	0.262	0.136	0.689	0.702	0.679
安全级别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

增大而增大,压力指数与综合指数在 2007 年为最低、2011 年达到最高。总体上,研究区农业生态安全综合指数呈波动上升的趋势,综合指数由 2007 年的 0.092 上升到 2012 年的 0.679,反映了研究区随着社会发展,农业生态安全系统逐渐呈现不安全态势,其中压力指数呈逐步波动上升趋势,状态指数呈现下降的态势,响应指数呈现持续上升的趋势。在本研究期间,压力指数从 2007 年的 0.029 增加到 2012 年的 0.58,压力指数增加了 19 倍,表明农业生态系统压力越来越大。而农业生态安全的状态指数越来越差,状态指数下降了 75%。本研究表明,快速发展下的小城镇农业生态安全已面临着极大的威胁与挑战。

3 讨论

研究区工业发达,对农业生态安全重视度不够,在发展工业时产生的工业废水、废气都会引发严重的水与空气污染,对于生态农业而言都是负面的影响。在农药化肥施用上,农户为增产以及节约劳动力常常会施用过多的化肥,会引发严重的面源污染^[18-19];同时,畜牧业的发展对草场林地资源过度需求也会使生态环境进一步恶化,会威胁到水体、大气和生物多样性甚至生存环境。目前,水土流失、草地退化、森林覆盖率减少等生态环境日益遭到破坏,生态资源日渐不能满足快速发展的社会需求。为此,需要从多方面开展相关工作:第一,加大生态环境保护力度,调整农业系统结构比例,积极发展循环经济,转变经济发展方式,提高经济增长的质量与效益,林草种植业、畜牧业及水产业等多元化产业协调发展,使农林牧土地利用结构日趋合理化,大力发展生态农业和特色

农业;第二,加强农户农业生产安全引导,保护森林与草地,适度砍伐与植被复种合理进行,安全适量施肥,提升生态农业附加值,发展绿色农业;第三,加强农业生态安全财政投资及监管,大力提升基本农田保护补贴、水利投资,加强污水、废气治理监管,构建和完善农业生态安全预警机制。因此,立足于生态农业的发展,因地制宜地制定区域长远发展规划对于经济发达地区有着重要的意义。

参考文献:

[1]章家恩,骆世明. 农业生态安全及其生态管理对策探讨[J]. 生态学杂志,2004,23(6):59-62.

[2]崔胜辉,洪华生,黄云凤,等. 生态安全研究进展[J]. 生态学报,2005,25(4):861-868.

[3]Kondratyev S, Gronskaya T, Ignatieva N, et al. Assessment of present state of water resources of Lake Ladoga and its drainage basin using sustainable development indicators[J]. Ecological Indicators,2002,2(1/2):79-92.

[4]王振祥,朱晓东,石磊,等. 安徽省沿淮地区生态安全评价模型和指标体系[J]. 应用生态学报,2006,17(12):2431-2435.

[5]万利,陈佑启,谭靖,等. 北京郊区生态安全动态评价与分析[J]. 地理科学进展,2009,28(2):238-244.

[6]邓楚雄,谢炳庚,吴永兴,等. 上海都市农业生态安全定量综合评价[J]. 地理研究,2011,30(4):645-654.

[7]任小凤. 基于 P-S-R 模型的绿洲农业生态安全评价——以甘肃张掖为例[J]. 环境研究与监测,2014,27(2):59-64.

[8]张亚芬. 对我国农业生态安全问题的思考[J]. 中国统计,2008(5):55-56.

[9]许联芳,王克林,刘新平,等. 洞庭湖区农业生态安全评价[J]. 水土保持学报,2006,20(2):183-187.

[10]马亚兰,刘普幸,王枫叶. 金塔绿洲近 20 年来农业生态安全动态评价与对策研究[J]. 土壤,2010,42(2):184-189.

[11]冯旭芳,刘晶妹,赵丽娟. 基于 P-S-R 模型的县域生态安全评价研究——以山西省宁武县为例[J]. 中国农学通报,2013,29(35):127-131.

[12]裴婷婷,陈英,赵亚南,等. 基于 P-S-R 模型的白银市土地生态安全评价[J]. 中国农学通报,2014,30(2):215-221.

[13]肖薇薇,谢永生,王继军. 黄土丘陵区农业生态安全评价指标体系的建立[J]. 水土保持通报,2007,27(2):146-149.

[14]周上游. 农业生态安全与评估体系研究[D]. 长沙:中南林学院,2004.

[15]王靖,张金锁. 综合评价中确定权重向量的几种方法比较[J]. 河北工业大学学报,2001,30(2):52-57.

[16]李芬,王继军. 黄土丘陵区纸坊流域近 70 年农业生态安全评价[J]. 生态学报,2008,28(5):2380-2388.

[17]杨冬梅,任志远,赵昕. 生态脆弱区的县域生态安全评价——以神木县为例[J]. 江西农业学报,2007,19(2):98-101,105.

[18]石美玲. 农业面源污染与经济增长的关系[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):477-479.

[19]刘钦普. 江苏省农田化肥使用环境风险评价及影响因素[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):310-312.