

欧盟与中国农业环境评价方法比较

张怀志, 冀宏杰, 孙兆凯, 岳现录

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:随着人口增加、农用化学品投入不断增加等, 农业环境保护在全球范围内受到广泛重视, 构建农业环境评价方法已成为评价农业环境变化的重要工具。为更好地构建中国农业环境评价方法体系以衡量不同区域尺度农业环境变化, 采用比较研究法, 从农业环境影响评价指标选择标准、理论以及指数体系组成、评价模型等方面, 对中国与欧盟农业环境评价研究成果进行了比较。研究表明, 中国在农业环境评价研究方面取得了巨大成果, 但是在建立全国统一的农业环境指数指标选择原则及指标, 创建农业环境数据库, 并在农业环境指数评价模型构建等领域还有待于进一步努力完善, 继续深入开展科学研究工作, 以期评价中国农业环境质量变化以及农业环境政策应用效果等服务。

关键词:农业环境评价; 农业环境指数; 农业环境政策; 中国; 欧盟; 比较

中图分类号: X822

文献标志码: A

论文编号: casb18070020

Agricultural Environment: Comparison of Evaluation Methods Between China and the EU

Zhang Huaizhi, Ji Hongjie, Sun Zhaokai, Yue Xianlu

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: With the increase of the population and agro-chemicals' input, agricultural environmental protection has received growing attention in the world, the establishment of agricultural environment evaluation methods has become an important tool to assess agricultural environment change. To better establish China's agricultural environment evaluation method system for measuring the changes of agricultural environment at different regional scales, we compared the research results of agricultural environment evaluation between China and the EU from the aspects of criteria selection, theory of evaluation index and index system composition, and evaluation models. The results show that: China has made great achievements in the research of agricultural environment evaluation, but still needs to go ahead in the fields of setting unified national principles and indicators for the selection of agricultural environment indexes, establishing agricultural environmental database, and constructing agricultural environmental index assessment model. Therefore, in-depth scientific research should be carried out to provide services for evaluating the agricultural environment quality change and the application effects of agricultural environmental policies in China.

Keywords: evaluation of agricultural environment; agricultural environmental index; agricultural environmental policy; China; EU; comparison

0 引言

农业生产在满足人类对粮食、纤维物质和精神等

各方面需要的同时, 也会对周围的生态资源环境产生影响; 同样地, 周围生态资源环境以及经济条件、科学

基金项目:国家重点研发计划项目“高氮磷残留土壤修复与污染控制技术集成示范”(2016YFD0801006); 公益性行业(农业)科研专项“华北平原中南部两熟区耕地培肥与合理农作制技术集成与示范”(201503121-13)。

第一作者简介:张怀志, 男, 1968年出生, 江苏东海人, 副研究员, 博士, 主要从事蔬菜施肥技术、农业生态环境的研究。通信地址: 100081 北京市海淀区中关村南大街12号 农业资源与农业区划研究所, Tel: 010-82108685, E-mail: zhang_njau@163.com。

通讯作者:冀宏杰, 男, 1971年出生, 河北保定人, 副研究员, 博士, 主要从事作物施肥技术研究。通信地址: 100081 北京市海淀区中关村南大街12号 农业资源与农业区划研究所, Tel: 010-82108685, E-mail: jihongjie@caas.cn。

收稿日期: 2018-07-05, 修回日期: 2019-03-25。

技术水平、农业政策等也影响到农业生产^[1]。Gouet、Chen等认为农业除了具有生产粮食、纤维等功能外,还具有农业景观与休闲、生物多样性保护、气候变化、水环境质量保护、土壤质量保护等多种功能^[2-3]。Robert等建议研究农业生产和生态系统之间的相互作用关系^[4]。自20世纪60年代,世界范围内受农药、化肥等化学投入品大量应用、人口增加、耕地与水资源利用变化等因子影响,农业生产所导致的养分及农药流失、温室气体排放、生物多样性损失、土壤质量退化及水资源污染等环境影响越来越受到公众关注。

为促进农业环境保护和农业经济、农村社会的协调发展,世界贸易组织《农产品协议》同意成员国进行农业环境政策支持^[5]。为此,欧盟、美国、澳大利亚、芬兰等国家支付了数量惊人的农业环境政策补贴资金^[6-8],同时自20世纪80年代末期也开始农业环境变化评价技术方法研究,并形成了较为完善的农业环境评价方法体系,如农业环境指数,包括了农业环境指标选择原则、具体指标、评价模型、应用效果监测评价等^[9-12]。

中国也十分重视农业环境的保护工作,历次制(修)订的《中华人民共和国环境保护法》^[13-15]、《中华人民共和国农业法》^[16]、《中华人民共和国水污染防治法》^[17]等法律法规专设农业环境保护条款,新修订的农业技术推广法也将农业环境保护技术列入农业技术推广范畴^[18]。中国在农业环境评价、农田氮磷流失、土壤重金属污染与治理、持久性有机污染与治理、畜禽粪便污染治理、温室气体排放等领域开展了很多研究。笔者比较研究了国内外农业环境评价方法体系的构建原理、评价指标选取原则及组成、评价模型、环境数据库构建等,梳理分析中国在农业环境评价研究存在的长处与不足,以期构建中国农业环境评价方法提供理

论、方法借鉴,为评价农业环境保护成果、促进生态文明建设服务。

1 欧盟农业环境评价方法研究

国际上应用甚为广泛的农业环境评价方法是欧盟的农业环境指数(Agriculture Environmental Index, AEI)。AEI研究起源于20世纪80年代末期,90年代中后期到21世纪前几年基本完善。截至目前,AEI主要有2种体系:一是经济合作与发展组织(OECD, Organization for Economic Co-operation and Development);其认为AEI方法体系是为环境政策制定者、公众提供农业环境现状及变化信息,帮助政策制定者理解农业生产、农业政策对环境变化的原因及其效果、监测和评价农业政策对农业可持续发展的有效性工具。二是欧盟理事会(EU, European Union)应用的AEI方法体系;其赋予AEI方法体系是用来分析农业与环境两者之间关系,并确定这种关系的变化趋势。2种AEI体系对AEI作用的描述并不一样,但是其用来评价农业、环境、经济、政策等多因素之间相互关系,衡量经济与农业环境保护协调发展程度的工具这一核心本质是相同的。

1.1 农业环境指标选取标准及理论

涉及农业环境的因子有很多,但究竟哪些因子可以作为农业环境评价指标呢? OECD和EU分别给出了其AEI体系的指标选择标准及其理论模型。OECD提出的指标选择标准^[9-10]是:(1)与农业环境保护政策相关;(2)合理性、可靠性;(3)可量化性、数据资料收集费用花费不高、不论是过去或是现在的数据都可以利用;(4)可用性。OECD的AEI方法体系由39个指标组成,各指标可适于不同管理范围,如单项工程、农场、区域乃至国家范围,其应用的理论基础是驱动力-状态-响应分析模型(DSR, Driving force- State- Response

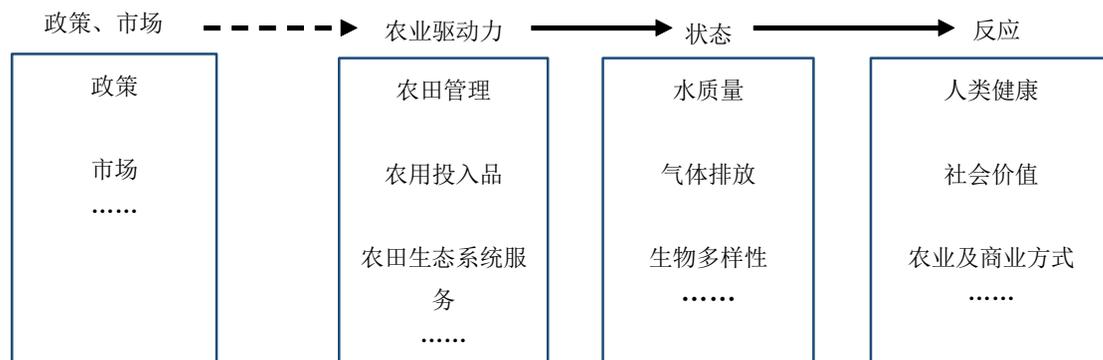


图1 DSR分析模型框架

analysis)^[9](图1)。DSR模型是对压力-状态-响应分析模型(PSR, Pressure- State- Response analysis)的修订。

EU专门成立了由欧盟农业和农村发展指导委员会、欧盟环境保护部等部门联合组成的IRENA (Indicator Reporting on the Integration of Environmental Concerns into Agriculture Policy)组织,负责研究农业环境评价方法。IRENA确定的AEI体系指标选择标准^[9]是:(1)能够考核和评价农业环境

政策、项目,并提供乡村发展连续信息;(2)找出与农业相关的环境主题;(3)帮助涉及农业环境主题的项目;(4)有助于展示农业实践与环境之间关系。IRENA的构建AEI体系共由35个指标组成,其应用的理论基础是驱动力-压力-状态-影响-响应分析模型(DPSIR, Driving forces- Pressure- State- Impact-Response analysis)^[20](图2)。DPSIR模型也是对DSR分析模型的修订。

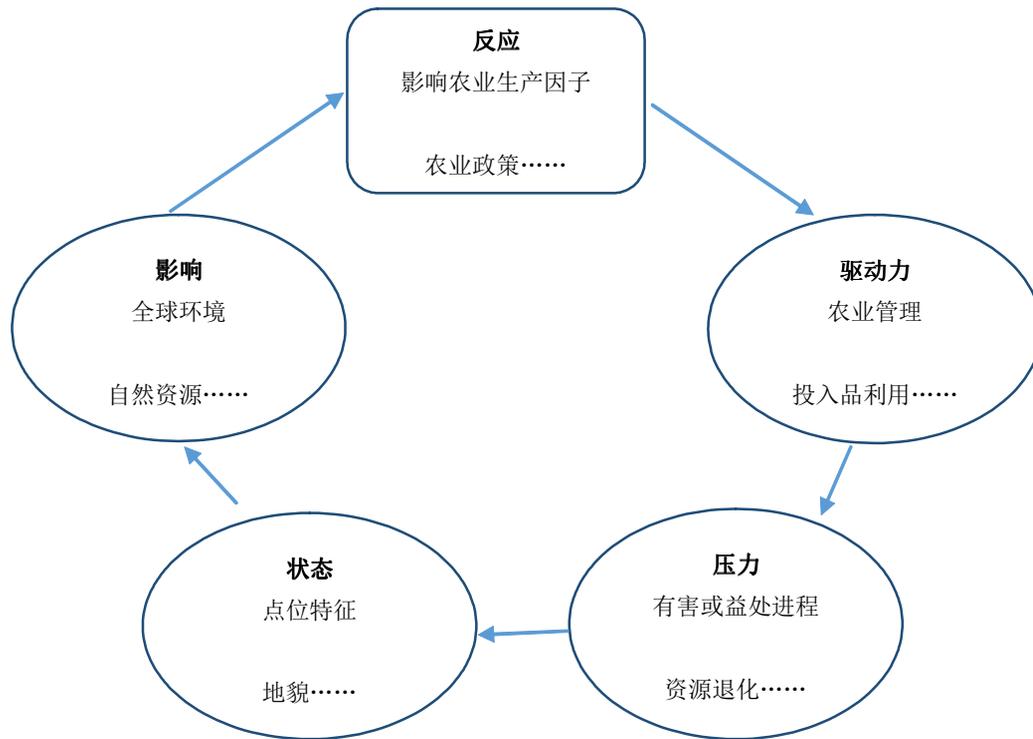


图2 DPSIR分析模型框架

1.2 农业环境评价指标组成

由于农业环境评价指标选择标准及其理论基础的差异,2种AEI体系的指标组成有一定差异(表1)。

OECD根据确定的指标选择标准及DSR模型,从经济、社会和环境背景下的农业,农业田间管理与农业环境,农业投入品用量与自然资源,农业环境影响等要素层构建了含39个指标的评价体系。因为某一要素层可能含有驱动力、压力、状态等指标,因此指标并没有按照模型的逻辑关系列出;应该指出的是,有的指标直接来源于政策制定者认为重要的调查数据或者统计数据,有些指标需经过模型计算才能获得,如氮平衡、温室气体排放量等。

IRENA组织根据确定的指标选择标准及DPSIR模型,选择了水资源利用及环境质量、土地利用及土壤、生物多样性及地形地貌、气候变化及空气质量等要

素层,按照DPSIR模型的逻辑关系,提出了有35项量化指标构成的AEI方法体系(表1)。欧盟环境保护部以此为基础,监测检验环境与农业政策一体化成果,并于2006年出版了农业环境政策应用成果报告^[20]。IRENA体系中的指标即可单独使用也可组合使用,Monica基于指标体系中的农田氮素盈余平衡研究了意大利Po River Plain农田氮管理技术对环境的影响^[21]。

1.3 农业环境评价模型

2种AEI体系的评价模型均可分为2类:一类是对每一项农业环境指标的评价,每项农业环境指标都有各自的评价模型;另一类是区域尺度的农业环境综合评价模型。

在单个指标模型评价方面,有些是可以直接使用的原始数据,而另外一些需建立模型对原始数据进行处理,如农田氮养分盈余计算模型、土壤质量评价模

表1 欧盟2种农业环境指标体系构成

国家或地区	准则层 (要素层)	指标层
OECD(2001) ^[10-11]	农业经济、社会及环境背景	背景信息(农业GDP、农业产出、农场用工、农场主年龄、农场主教育水平、农场数量、农业支持、土地利用情况); 农场经济(农场主收入、农业环境保护费用), 计10项
	农业管理和环境	3 农场管理(有机种植、环境管理规划、养分管理、害虫管理、土壤管理、灌溉及水资源管理), 计6项
	农业投入和自然资源	氮利用(氮平衡、氮利用效率); 农药利用(农药利用、农药风险); 水利用(水分利用强度、水分利用效率、水分胁迫), 计7项
	农业对环境的影响	土壤质量(水蚀风险、风蚀风险); 水质(水质量风险指数、水质量现状指数); 土壤保护(土壤持水力、土壤沉积量); 温室气体排放(农业温室气体排放总量); 生物多样性(基因多样性、物种多样性); 野生动物栖息地(集约化农场农业栖息地、半自然农业栖息地、自然栖息地、栖息发源地); 景观(景观结构、景观管理、景观消费和收益), 计16项
欧盟-15国家 (2006) ^[13]	农业环境政策的反应	1 受农业环境支持的面积; 2 区域良好农业生产水平; 3 区域环境目标水平; 4 自然保护面积; 5.1 有机产品价格即市场份额, 5.2 有机农场主收入; 6 农场主教育水平; 7 有机种植面积
	农业环境变化驱动因子	8 矿质肥料用量; 9 农药用量; 10 水资源利用强度; 11 能源用量; 12 土地利用变化; 13 种植业/畜牧模式; 14.1 农场管理措施-耕作; 14.2 农场管理措施-土壤覆盖; 14.3 农场管理措施-有机肥; 15 强化/粗放; 16 专业化/多元化; 17 边缘化
	农业环境面临压力	18 表观氮平衡; 18-sub 氨排放量; 19 甲烷与氮氧化物排放量; 20 农药污染土壤; 21 污水污泥用量; 22 用水量; 23 土壤侵蚀; 24 土地覆盖变化; 25 遗传多样性; 26 高自然价值农田; 27 可再生能源产量
	农业环境现状	28 农田鸟类数量; 29 土壤质量; 30.1 水中硝酸盐含量; 30.2 水中农药含量; 31 地下水水位; 32 景观状态
	农业环境受到影响	33 对栖息地和生物多样性影响; 34.1 GMG 排放中农业所占比例; 34.2 硝酸盐污染中农业所占比例; 34.3 水应用中农业所占比例; 35 对景观多样性的影响

型、土壤侵蚀力模型等, 以保证对不同国家、区域的农业环境状况进行比较。

在综合评价模型构建方面, OECD 缺乏综合性评价模型, IRENA 构建的 AEI 方法体系建立了相应的评价模型, 每个指标根据其政策相关性、反映敏感性、科学合理性、数据的可获取及量化特性、易理解及应用性和经济可行性等, 分6个一级标准; 根据是否于公共政策目标目的以及立法相符合、指标提供的信息是否于政策决策/行动有关等, 再分为11个二级指标, 并对各二级指标进行了赋值处理, 赋值分0、1、2, 其中有2个二级指标仅为0、1, 故单个指标累计分值范围为0~20, 其中单个指标分值达到14以上定义为有用的、8~14为潜在有用的、0~8为低潜在有用的^[12]。

1.4 农业环境数据库

从农业环境评价模型组成可以看出, 想要充分发挥农业环境指标在表征农业环境与经济协调发展中的作用, 需要来自各个领域的海量数据支撑。为此 OECD、欧盟、联合国粮农组织等都建立了相应的农业环境指标数据库, 如 FAO 2004 年颁布农业环境指标数据收集手册, 确定了农业环境指标收集及发布的技术方法^[22]; 2011 年首次发布了农业环境指标统计数据

库^[11]。

2 中国农业环境评价方法研究

中国科研工作者在农业环境评价领域也做了较多工作, 取得了较好成果。研究人员提出了名称各异的评价指标体系, 如农业生态环境质量^[23]、农村环境质量^[24]等, 这可能与个人研究角度、研究尺度不同有关。但应该指出的是, 农业环境和农村环境还是存在一定差异的, 前者偏重于农业生产环境, 后者偏重于农村居住环境。

2.1 评价指标选择原则方面

有的研究人员提出了评价指标选择原则^[25-26], 有的没有给出原则; 但都给出了评价指标, 不完全统计表明, 已有指标体系中的指标数量达到近百个, 涉及自然条件与气候、生态资源环境、社会经济、农业生产投入、农业环境管理政策、环境保护力度等^[23-31](表2), 表明中国农业环境评价指标选择原则、指标组成等还缺乏统一筛选标准。这可能由于各研究人员对农业资源环境评价角度, 认识水平不一致造成的, 这一方面会导致评价指标区域性突出, 代表性不强, 目前较多的农业环境评价指标多是基于某个区域提出的专有指标; 另一方面评价方法体系片面追求指标覆盖面全, 导致了

指标难以获取、难以量化、难以应用等问题,如外来生物物种入侵对产地环境的影响、农业应对气候变化策略、农业环境政策、农业环境保护力度等。

2.2 建立相应的农业环境评价模型

中国在单个环境因子评价方面,也修订或者创建了较多模型,但应该看到,有关指标的阈值缺乏,导致

表2 中国已有的农业生态环境指标

要素层	指标层
自然条件与气候	年日照时数、年降水量、年平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、全年无霜期、温室气体排放量、极端天气事件、农业应对气候变化策略、干燥指数、灾害面积率、海拔
生态资源环境	土壤侵蚀百分率、水土流失程度、耕地面积占土地面积百分率、林地面积占土地面积百分率、园地面积占土地面积百分率、草地面积占土地面积百分率、地下水开采指数、单位面积地表水资源、单位面积地下水资源、森林覆盖率、自然保护区、受保护地区(湿地)、牧草地面积、耕地面积、建设及居民用地,单位农业产量、物种丰富度、生物多样性、土壤有机质含量、土壤速效氮含量、土壤速效磷含量、土壤速效钾含量、水域指数、水域面积占土地面积百分率、旱涝保收面积占耕地面积百分率、水田面积占耕地面积百分率、林网化率、土壤环境质量、水质、大气环境质量
社会经济条件	总人口、人居增长率、农业产值、粮食产量、人均收入、人均GDP、种植规模、经济效益、机耕水平、规模化程度、农业单位面积产值
农业生产投入	人均耕地量、农田灌溉保证率、环保投资率、土地垦殖指数、农药使用强度、单位面积化肥使用量、水资源开发度、产量与光温潜力比、灌溉保证率、每公顷氮肥用量、每公顷 P_2O_5 用量、每公顷农药用量
污染与生态破坏程度	农药流失强度、氮流失强度、磷流失强度、工业“三废”排放强度、生活污水及废弃物排放强度、农田退化率、水土流失面积、土壤侵蚀模数、农灌水污染指数、大气质量污染指数、生物入侵对产地环境影响
生态环境保护力度	环境污染治理资金投入力度、水土流失治理力度、自然保护力度、森林病虫害防治力度、林业建设资金投入力度、水土流失治理率、退化土地治理率、受保护基本农田面积、村镇饮用水合格率、生物废弃物再利用系数、 SO_2 排放量、COD排放量、BOD排放量
农业环境管理	农业环境管理政策、激励机制、环境监测、信息管理、信息公开

注:对文献[23-31]整理而成。

指标难以应用,如缺少年度或生长季农田氮、磷盈余值,而该指标和农业面源污染潜力、土壤质量变化等有关。目前农业环境评价多采用综合评价法,各个指标权重值的确定采用层次分析法、德费尔法、信息熵等。另外,灰色综合聚类法^[32-33]、投影寻踪模型^[34]、人工神经网络评价模型^[35]、可变模糊集模型^[36]、生命周期法^[37]等也被用来进行农业环境评价;应该看到,所应用的评价模型中,也不能显示出所选择的指标对农业环境是正面影响还是负面影响,综合性评价模型还有对于进一步完善。

前文所述,农业环境评价需要土、水、气、生、社会经济等各个方面数据的支持,但目前中国还缺乏可以采用的环境信息数据库,缺乏统一的数据库构建标准以及数据采集方法、技术要求等。

3 结论与展望

AEI方法体系应用表明,OECD成员国在农业生产能力增加的情况下,农业土地利用面积、氮盈余量、磷盈余量、售卖的农药量、氨排放量都有所降低,其中2000年以后,氮盈余量年平均降低1%以上,磷盈余量

年平均降低5%以上^[38];表明AEI方法体系的建立、推广应用在保护农业环境、促进经济发展方面发挥了较大作用。虽然中国在农业环境保护方面取得了一定成绩,如有机种植面积128.7万 hm^2 ^[39]。但是为了实现资源高效持续利用,监测和评价经济、政策等因素对农业环境的影响,落实中华人民共和国环境保护法有关建立环境资源承载能力监测预警机制要求。根据国内研究工作基础,建议农业环境评价方法研究应重点开展以下主要工作:

(1)建设中国统一的农业环境评价指标体系。现在中国国家层面可供参考的资源环境类评价规范有《生态环境状况评价技术规范》^[40],但该规范没能反映农业化学品投入对环境的影响。目前中国科学家虽已提出农业环境定义,也构建了许多农业生态环境指标体系,并相应的给出了许多指标。但是这些指标中哪些可以用量衡量中国农业环境变化,或者还有哪些内容需要添加到现有农业环境指标中,如气候类指标变化缓慢,是否应该列入指标体系中,应该根据确定后的全国统一农业环境指标的选择标准、理论模型等进

行筛选。建议建立适合中国国情,融合农业环境面临压力、农业环境现状、农业环境政策反应(PSR)等多个要素层于一体的农业环境指标体系,从而为评价农业生产、环境保护、农业政策等农业环境影响提供科学决策依据。

(2)建立农业环境基础数据库。农业环境指标体系作用的发挥离不开成熟的海量数据支持,这些数据不仅对应不同区域尺度,而且数据质量同样也很重要。OECD、欧盟、美国、联合国粮农组织都组建了相应数据库。中国农业环境数据分属于国土资源、农业、环境保护、水资源管理、经济等多个主管部门,经过科研工作者多年努力,已初步构建了中国农业资源信息系统;与OECD、欧盟等情况相似,中国农业资源信息系统也存在着数据需要不断更新、补充、完善。尤其是将来全国统一的农业环境指标体系确定后,根据指标体系组成内容,在已有的资源环境信息^[4]基础上,重点完善中国农业环境指标数据库及相应的数据收集技术体系、标准。

(3)开展农业环境评价模型、方法研究。OECD、欧盟、美国等农业环境评价体系中分别构建了单个指标评价模型,以增强指标的可量化性、可监测性以及易于理解应用等;同时开展了单个指标阈值研究,如氮表观盈余量研究,IRENA组织确定的值为26 kg/hm²。在确定中国统一的农业环境指标体系组成后,应在已取得的农业环境研究成果基础上,整理及补充单个指标的阈值、单个指标评价模型等,同时完善农业环境综合评价模型,最终实现构建的农业环境指标体系既能单独使用也可以综合使用。

参考文献

- [1] Warren J, Clare L, Kenneth B. The Agri- environment[M]. Cambridge University Press,2007:19-42.
- [2] Chen Q Z, Sipilainen T, Sumelius J. Accessment of Agri-environmental externalities at regional levels in Finland[J]. Sustainability,2014,6:3171-3191.
- [3] Gouet J P. Multidimensional analysis of service to agriculture[J]. Cultivar,1984,172:32,34-35.
- [4] Robert H S. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon[J].PNAS.1999,66: 6001-6008.
- [5] 世界贸易组织. 农产品协议[EB/OL].<https://wenku.baidu.com/view/20a4a9a8bb4cf7ec4bfed001.html>,2014-12-17.
- [6] European Environment Agency. Agriculture and the environment in the EU accession countries[EB/OL].http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2004_37,2004-04-27.
- [7] Sandra U, Bettina M. Studies on Agri-environmental measures:A survey of the literature[J].Environment Management,2013,51:251-266.
- [8] Hajkowicz S, Collins K, Cattaneo A. Review of agri-environment indexes and stewardship payments[J].Environment Management, 2009,43:221-236.
- [9] Organization for Economic CO- operation and Development (OECD) [A].Environmental Indicators for Agriculture Volume 1- Concepts and Framework[M].Paris,1999:8-45.
- [10] Organization for Economic CO- operation and Development (OECD) [A].Environmental Indicators for Agriculture Volume 3- Methods and Results[M].Paris,2001:22-397.
- [11] FAO. Agri- Environmental Indicators[EB/OL].<http://www.fao.org/economic/ess/agri-environment/en/>,2015-04-12.
- [12] European Environment Agency. Agriculture and the environment in the EU- 15- The IRENA indicator report[M].Copenhagen,2005: 11-117.
- [13] 中华人民共和国第五届全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国环境保护法(试行)[Z]. 环境保护,1979(5):1-4.
- [14] 中华人民共和国第七届全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国环境保护法[EB/OL].http://www.law-lib.com/law/law_view.asp?id=6229,2015-04-30.
- [15] 中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国环境保护法[EB/OL].http://www.npc.gov.cn/huiyi/lfzt/hjbhfxzaca/2014-04/25/content_1861320.htm,2014-04-25.
- [16] 中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国农业法[EB/OL].http://www.gov.cn/flfg/2012-12/28/content_2305572.htm,2012-12-28.
- [17] 中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国水污染防治法[EB/OL].http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-06/29/content_2024889.htm,2016-06-29.
- [18] 中华人民共和国第十一届全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国农业技术推广法[EB/OL].http://www.npc.gov.cn/wxzl/gongbao/2012-11/12/content_1745243.htm.
- [19] Commission of the European Communities. Development of Agri-environmental indicators for monitoring the integration of environment concerns into the common agriculture policy [SEC (2006) 1136][M].Brussels,2006:1-11.
- [20] European Environment Agency. Integration of Environment into EU Agriculture Policy: The IRENA Indicator- Based Assessment Report[R].Copenhagen,2006:1-60.
- [21] Monica B, Dario S, Laura Z, et al. Nutrient Balance as a Sustainability Indicator of Different Agro-Environments in Italy[J]. Ecological Indicators,2011,11(2):715-723.
- [22] 鲜祖德. 农业环境指标数据收集手册[M]. 北京:中国统计出版社, 2004:1-100.
- [23] 陈惠,王加义,李丽纯,等. 福建省农业生态环境质量指数的时空动态变化[J]. 中国农业气象,2011,32(1):56-60.
- [24] 孙勤芳,赵克勤,朱琳,等. 农村环境质量综合评估指标体系研究[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(1):39-43.
- [25] 俞义,王深法,倪文良,等. 水网平原地区土地农业环境质量评价指标体系及其可行性研究[J]. 农业环境科学学报,2004,23(4): 657-663.

- [26] 路璐,胡胜德. 农业生态环境影响因素分析及评价指标体系的构建[J]. 东北农业大学学报:社会科学版,2012,16(3):11-14.
- [27] 梅旭荣,刘荣乐. 中国农业环境[M]. 北京:科学出版社,2011:1-42.
- [28] 刘世梁,尹艺洁,安南南,等. 有机产业对生态环境影响的全过程分析与评价体系框架构建[J]. 中国生态农业学报,2015,23(7):793-802.
- [29] 高奇,师学义,张琛,等. 县域农业生态环境质量动态评价及预测[J]. 农业工程学报,2014,30(5):228-238.
- [30] 喻建华,张露,高中贵,等. 昆山市农业生态环境质量评价[J]. 中国人口资源与环境,2004,14(5):64-67.
- [31] 王丽梅,孟范平,郑纪勇,等. 黄土高原区域农业生态系统环境质量评价[J]. 应用生态学报,2004,15(3):425-428.
- [32] 李超. 基于GIS与模型的区域农业生态环境与生态经济评价[D]. 南京:南京农业大学,2008.
- [33] 张文红,陈森发. 农业生态环境灰色综合评价及其支持系统[J]. 系统工程理论与实践,2003(11):119-124.
- [34] 王顺久,杨志峰. 区域农业生态境质量综合评价投影寻踪模型研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(1):173-176.
- [35] 李洪义,史舟,沙晋明,等. 基于人工神经网络的生态环境质量遥感评价[J]. 应用生态学报,2006,17(8):1475-1480.
- [36] 苏艳娜,柴春岭,杨亚梅,等. 常熟市农业生态环境质量的可变模糊评价[J]. 农业工程学报,2007,23(11):245-248.
- [37] 张卫红,李玉娥,秦晓波,等. 应用生命周期法评价我国测土配方施肥项目减排效果[J]. 农业环境科学学报,2015,34(7):1422-1428.
- [38] Organization for Economic CO-operation and Development[A]. OECD Compendium of Agri-environmental Indicators[M]. OECD publishing,2013:15-168.
- [39] 顾邵平. 中国有机产业发展报告[R],北京. 中国质检出版社,2014:1-35.
- [40] 环境保护部科技标准司. HJ 192—2015,生态环境状况评价技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2015:3-18.
- [41] 中国科学院地理科学与资源研究所,中国科学院资源环境科学数据中心. 资源环境数据云平台[EB/OL]. [Http://www.resdc.cn/](http://www.resdc.cn/), 2017-10-12.