

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.026

陕西省农业面源污染与农业经济发展关系实证研究

张鑫傲,康健,张亚晴

(安康学院陕南生态经济研究中心,陕西 安康 725000)

摘要: 选用 2009—2020 年陕西省统计年鉴相关数据,基于库兹涅茨曲线进一步实证分析陕西省农业面源污染与农业经济增长的关系。结果表明,化肥、农用塑料薄膜和农药面源污染与农业人均收入符合 EKC 曲线的拟合结果,并得出陕西省农业面源污染并未达到拐点,农业经济发展和农业面源污染还存在同步增长的趋势,但其总磷、总氮排放量及污染占比均大幅下降,说明通过现代农业生产方式转型、政府环境政策干预力度加强、农业面源污染检测水平提升、农户环境保护意识提高等会使拐点提前达到,并很快进入反向的发展阶段。

关键词: 农业面源污染;农业经济发展;库兹涅茨曲线;陕西省

中图分类号:X53;F307 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)03-0143-05

引文格式:张鑫傲,康健,张亚晴. 陕西省农业面源污染与农业经济发展关系实证研究[J]. 林业调查规划,2023,48(3):143-147,152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.026

ZHANG Hejing, KANG Jian, ZHANG Yaqing. Empirical Study on Relationship between Agricultural Non-point Source Pollution and Agricultural Economic Development in Shaanxi Province[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(3): 143-147, 152. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.03.026

Empirical Study on Relationship between Agricultural Non-point Source Pollution and Agricultural Economic Development in Shaanxi Province

ZHANG Hejing, KANG Jian, ZHANG Yaqing

(Shaannan Eco-economy Research Center, Ankang University, Ankang, Shaanxi 725000, China)

Abstract: Based on the relevant data of *Shaanxi Statistical Yearbook 2009—2020*, this paper further empirically analyzed the relationship between agricultural non-point source pollution and agricultural economic growth in Shaanxi Province with the Kuznets curve. The results showed that the non-point source pollution of chemical fertilizers, agricultural plastic films and pesticides and the per capita income of agriculture were in line with the fitting results of the EKC curve, and the agricultural non-point source pollution in Shaanxi Province had not reached the turning point, and the agricultural economic development and agricultural non-point source pollution were still synchronized. However, the proportion of total phosphorus and total nitrogen emissions and pollution had dropped significantly, indicating that the transformation of modern agricultural production methods, the strengthening of government environmental policy interventions, the improvement of the detection level and the improvement of farmers' awareness of environmental protection would make the turning point reach ahead of schedule and quickly enter the reverse development stage.

收稿日期:2021-12-30.

基金项目:陕西省教育厅哲学社会科学重点研究基地项目(20JZ004);陕西省教育厅项目(21JK0002);安康市科技局项目(AK2021-SF-03).

第一作者:张鑫傲(1987-),男,甘肃会宁人,硕士研究生,讲师.主要从事区域经济研究工作. Email:623617820@qq.com

责任作者:康健(1984-),男,陕西汉中,博士,讲师.研究方向为农村与区域发展.

Key words: agricultural non-point source pollution; agricultural economy development; Kuznets curve; Shaanxi Province

随着科学技术的不断推进,农业技术的大规模投入使得农业经济发展突飞猛进,但各种各样的农业环境问题也日益突出。大量施用化肥、农药等既带来了农业增产、推动了农业生产化的快速发展,同时也破坏了土壤及地下水资源环境,影响了农业经济可持续发展的基础。农业面源污染问题已经严重阻碍了农村生态环境与农业经济的可持续发展。党的十八大将生态文明建设与经济、政治、社会、文化建设摆在了同等重要位置,对治理农业面源污染高度重视,要求打好农业面源污染防治攻坚战。党的十九大报告提出实施乡村振兴战略,重点强调治理农村的环境。2019年中央一号文件《中共中央国务院关于坚持农业农村优先发展做好“三农”工作的若干意见》中强调“加强农村污染治理和生态环境保护”。依据《国家乡村振兴战略规划(2018—2022年)》和地区特点,陕西省如何推进农业面源污染防治和农业经济可持续发展,已经成为乡村振兴战略实施过程中发展农业经济亟待解决的问题。以陕西省为研究对象,分析其农村面源污染要素与农业经济发展之间的内在关系,进一步把握农业面源污染与农业经济发展的变化规律,从而为制定有效防范农业面源污染的政策奠定良好的基础。

1 研究现状

面源污染分为农业面源、农村生活面源、城市面源污染(表1)。农业面源污染是指农业生产活动造成的环境污染,主要原因包括农业生产过程中化肥、农膜和农药的不合理使用。对土壤元素含量、农作物对不同元素的需求不了解而导致化肥使用过量;大量使用农膜但未及时回收,造成农膜在土壤中的积累,使得土壤硬化,不利于农作物的生长;农药的大量使用导致农作物受污染、残留物随雨水渗入土壤等,这种污染没有固定污染排放点,通过降雨和地表径流,将污染物带入受纳水体、土壤,对生态环境、人体健康产生严重危害。

农业面源污染防控长期而复杂,治理涉及的技术手段、推广体系和政策法规因自然和社会条件影响有所差异。这决定了农业面源污染防控不单纯是一个技术问题,更是一个耦合政策、经济、社会等多因素的系统工程^[1]。

表 1 面源污染 3 种类型比较

Tab. 1 Comparison of three types of non-point source pollution

污染类型	污染源	特征	常见治理方式
农业面源污染	农药、化肥、地膜、畜禽粪便、水产养殖等	与农业种养方式相关,污染源分散、隐蔽、不易监测、难以定量,且累积性和复杂性强,潜伏周期长,修复难	测土配方技术、生物农药、分等级养殖区监管等
农村生活面源污染	农村生活污水、生活垃圾等	与农村生活方式相关,具有随机性、分散性	建设污水管网系统和污水处理系统,集中处理生活垃圾等
城市面源污染	建筑垃圾、城市垃圾和生活污水等	与雨量、城市排水管网相关,具有突发性、高流量和重污染的特征	建设雨污分流系统、人工湿地滞留系统等

对农业面源污染与农业经济发展关系方面的研究文献较多,国外研究较早,而国内学者研究稍晚,近几年主要涉及农业面源污染和农业经济发展关系研究。其中利用环境库兹涅茨曲线理论研究某一地域农业面源污染与农业经济关系的有:贾卫国^[2]研究江苏省农村面源污染要素投放量与农业经济增长之间的关系;石美玲^[3]探讨河南省农村面源污染与经济增长的关系;刘志欣等^[4]分析据重庆市农业面源污染与农业经济增长的关系;于骥等^[5]分析四川省农村面源污染要素与农业经济增长之间的内在耦合关系;尚杰等^[6]对黑龙江省人均农业总产值与农业面源污染的关系进行验证。从国内学者对不同地区农业面源污染与经济增长关系的长期研究结果来看,EKC曲线形状可能呈现倒“U”型、倒“N”型、“N”型等,可见我国农业面源污染与经济发展之间也会因发展阶段、地域、污染指标选取等差异而呈现不同形状。

除了利用环境库兹涅茨曲线理论,还有学者运用其他方法进行分析,如梁伟健等^[7]运用空间联立方程模型分析农业面源污染与农业经济增长的空间互动效应,农业经济增长与农业结构对农业面源污染的冲击影响较小,但农业面源污染对农业经济增长的冲击影响较大;孙大元等^[8]利用时间序列验证广东省农业面源污染 EKC 倒“U”型曲线,并运用 VAR 模型进一步考察其动态演进关系;杨军等^[9]在

根据曲劳(Truog)的养分平衡法理论测算农业面源污染主要来源过剩氮总量的基础上,考察了福建省1998—2017年农业经济增长、农业面源污染、农业结构间的关系;彭甲超等^[10]研究长江经济带农业废水中氨氮、化学需氧量、总磷、总氮排放量与农业经济增长的脱钩关系及其演化趋势。

从研究对象上看,现有研究主要集中在经济发展水平高的地区,而对于西部黄土高原地区、秦巴山区等研究较少,对陕西省的农业面源污染与农业经济发展关系的研究还处于空白。

2 陕西省农业面源污染及经济发展现状

2.1 研究区概况

陕西省位于东经105°29′~111°15′,北纬31°42′~39°35′,总面积20.56万km²,地势呈南北高、中间低,由高原、山地、平原和盆地等多种地貌构成,按照地貌大致分为陕北、关中和陕南3部分,南北自然环境差别较大。其中陕北主要位于黄土高原地区,占全省土地面积的40%,大部分属于黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区;陕南位于秦岭以南,大部分属于秦巴生物多样性生态功能区。陕西省南北经济的发展以保护生态为优先,对生态保护提出更高的

要求。

2.2 陕西省农业面源污染状况

2010年,原环境保护部、国家统计局、原农业部公布了《第一次全国污染源普查公报》,普查的标准时点为2007年12月31日,简称“一污普”。首次将农业面源污染纳入环境统计中,标志着农业面源污染控制逐渐进入国家重要事项之列。2020年6月8日,生态环境部、国家统计局、农业农村部联合发布了《第二次全国污染源普查公报》,普查的标准时点为2017年12月31日,简称“二污普”。

根据《全国污染源普查条例》和《国务院关于开展第二次全国污染源普查的通知》(国发〔2016〕59号),普查对象包括工业污染源、农业污染源、生活污染源、集中式污染治理设施。

根据两次普查结果显示,全国工业污染源、农业污染源和生活污染源总体均大幅度增加。从横向来看,不管是全国还是陕西省,两次普查中农业污染源数量最大,但陕西省生活污染源占全国的比重最大,农业污染源比重次之,工业污染源比重最小。从纵向来看,工业污染源数量增大,而生活污染源数量减少,但由于第二次普查中农业污染普查口径不一致,无法比较农业污染源变化(表2)。

表2 2007年和2017年全国和陕西省部分污染普查结果比较

Tab. 2 Comparison of pollution census partial results between China and Shaanxi Province in 2007 and 2017

项目	范围	工业污染源		农业污染源		生活污染源		集中式污染治理设施/个
		总数/个	占比/%	总数/个	占比/%	总数/个	占比/%	
一污普	陕西	15963	1.01	49636	1.71	36406	2.52	61
	全国	1575504	—	2899638	—	1445644	—	4790
二污普	陕西	25548	1.03	8380*	2.21*	26347	4.12	1796
	全国	2477400	—	378800*	—	639500	—	84000

注:数据来源于国家统计局网站;*表示畜禽规模养殖场。

从种植业污染物排放量来看,总磷和总氮排放量均在下降,并且下降幅度较大,如全国总氮和总磷排放量下降幅度分别为54.97%、29.9%,陕西省总氮和总磷排放量下降幅度分别为84.24%、71.88%,下降幅度远超全国水平。从占比来看,陕西省总氮和总磷占全国的比重也分别下降2.02、1.76个百分点,陕西省在农业污染方面占比较大(表3)。

2.3 陕西省农业经济发展及增长状况

两次污染源普查相隔10年,期间陕西省经济高速发展,农业现代化程度高,农业生产总值由2007

年594.69亿元增至2017年1380.77亿元,增长了132%,全国农林牧渔业总产值由48652亿元增至109332亿元,增长了约125%,陕西省农业经济增长水平较高(表4)。

3 陕西省农业面源污染与经济关系的 EKC 分析

3.1 数据来源及指标选取

采用的数据来源于《陕西统计年鉴》(2009—2020年),通过时间序列数据验证陕西省农业生产

表 3 2007 年和 2017 年全国和陕西省种植业污染排放量
Tab. 3 Pollution emissions of plantation industry in China and Shaanxi Province in 2007 and 2017

项目	范围	主要污染物排放量				重点流域排放量	
		总氮 /万 t	占比 /%	总磷 /万 t	占比 /%	总氮 /万 t	总磷 /万 t
一污普	陕西	4.95	3.10	0.32	2.94	4.95	0.32
	全国	159.78	—	10.87	—	71.04	3.69
二污普	陕西	0.78	1.08	0.09	1.18	—	—
	全国	71.95	—	7.62	—	—	—

注:数据来源于国家统计局网站。

是否符合环境库兹涅茨假说。由于仅针对农业面源污染进行研究,所以只选取化肥使用量(HFL)、农用

塑料薄膜使用量(NML)、农药使用量(NYL)3个农业面源污染指标,农业经济发展选用农业人均收入(NRJS)。其中化肥使用量单位为“万t”,农用塑料薄膜使用量和农药使用量单位为“t”,农业人均收入为“元”。

3.2 陕西省 EKC 模型构建

根据国内外 EKC 研究成果证明,环境污染与经济增长存在二次多项式的函数关系,将农业面源污染(P)与农业经济发展(E)的模型确定为:

$$P_t = \alpha_0 + \alpha_1 E_t + \alpha_2 E_t^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

式中: P_t 为研究区第t年各类农业面源污染物数量,污染物全部采用“t”表示数量单位; E_t 为研究区第t年农业经济发展水平; α_0 、 α_1 、 α_2 分别为参数; ε_t 为随机误差量。

表 4 2007 年和 2017 年全国和陕西省农业经济水平

Tab. 4 Agricultural economic levels of China and Shaanxi Province in 2007 and 2017

范围	年份	农业生产总值		粮食产量		油料产量		蔬菜产量		水果产量	
		产值 /亿元	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%	产量 /万 t	增长率 /%
陕西	2007	594.69	—	1194.40	—	44.20	—	1022.40	—	1125.00	—
	2017	1380.77	132	1226.31	2.67	61.67	39.53	1808.79	76.91	1566.01	138.2
全国	2007	48652.00	—	50150.00	—	2461.00	—	*	—	*	—
	2017	109332.00	125	61791.00	31.00	3732.00	25.00	*	20.00	*	43.0

注:数据来源于国家统计局《中国统计年鉴》和陕西省统计局《陕西省统计年鉴》;*表示当年统计数据缺失。

根据其取值不同可反映面源污染状况与经济发展之间的关系,具体关系类型有以下几类:

1) $\alpha_1 \neq 0, \alpha_2 = 0$ 时,表明农业面源污染与农业经济发展之间呈线性关系;

2) $\alpha_1 > 0, \alpha_2 < 0$ 时,表明农业面源污染与农业经济发展之间呈倒“U”关系;

3) $\alpha_1 < 0, \alpha_2 > 0$ 时,表明农业面源污染与农业经济发展之间呈正“U”关系;

对于倒“U”型曲线转折点(即面源污染数量达到极大值时所对应的农业人均收入)可以通过对(1)式一阶求导得到:

$$E_t = -\alpha_1 / \alpha_2 \quad (2)$$

3.3 研究结果与分析

通过利用陕西省 2009—2020 年化肥使用量、农用塑料薄膜使用量、农药使用量以及农业人均收入,用 Stata 软件对(1)式进行回归分析。

3.3.1 化肥使用量的模型拟合与评价

根据以化肥施用量为因变量、农业人均收入为

自变量回归的结果可以将二者关系大致表示为:

$$P_t = -20.71 + 0.27E_t - 0.0000686E_t^2 \quad (3)$$

一次项系数约为 0.27,并在 1%的水平上显著。二次项系数为-0.0000686,并且在 1%的水平上显著。说明陕西省化肥施用量和农业人均收入之间的关系为倒“U”型,符合 EKC 理论的假设(表 5)。

根据参数带入(2)式,计算结果为:

$$E_t = -\alpha_1 / \alpha_2 = 3856.72 \quad (4)$$

表 5 化肥使用量的回归结果

Tab. 5 Regression results of fertilizer usage

HFL	Coef.	Std. Err.	t	P > t
α_1	0.2645708	0.0471287	5.61 ***	0.000
α_2	-0.0000686	0.0000125	-5.47 ***	0.000
α_0	-20.71315	42.53619	-0.49 ***	0.638

注:***表示在 1%的水平上显著,下同。

陕西省 2009 年农业人均收入为 1 050 元,2020

年农业人均收入 2 706.9 元,根据回归结果确定的拐点水平为 3 856.72 元,说明陕西省化肥使用量与农业人均收入二者还处于同步增长期,不过化肥使用量的增幅会逐渐小于农业人均收入。

3.3.2 农用塑料薄膜使用量的模型拟合与评价

根据以农用塑料薄膜使用量为因变量、农业人均收入为自变量回归的结果可以将二者关系大致表示为:

$$P_t = 16216.43 + 21.4798E_t - 0.0040044E_t^2 \quad (5)$$

一次项系数约为 21.4798,并在 1%的水平上显著。二次项系数为-0.004,并且在 1%的水平上显著。说明陕西省农用塑料薄膜使用量和农业人均收入之间的关系也为倒“U”型,同样符合 EKC 理论的假设(表 6)。

表 6 农用塑料薄膜使用量的回归结果
Tab.6 Regression results of agricultural plastic films usage

NML	Coef.	Std. Err.	t	P> t
α_1	21.4798	2.730881	7.87***	0.000
α_2	-0.0040044	0.0007268	-5.51***	0.000
α_0	16216.43	2464.766	6.58***	0.000

根据参数带入(2)式,计算结果为:

$$E_t = -\alpha_1/\alpha_2 = 5364.05 \quad (6)$$

根据回归结果确定的拐点水平为 5 364.05 元,说明陕西省农用塑料薄膜使用量与农业人均收入二者也还处于同步增长期。

3.3.3 农药使用量的模型拟合与评价

根据农药使用量为因变量、农业人均收入为自变量回归的结果可以将二者关系大致表示为:

$$P_t = 9153.128 + 11.534E_t - 0.0037226E_t^2 \quad (7)$$

一次项系数约为 11.534,并在 1%的水平上显著。二次项系数为-0.0037226,并且在 1%的水平上显著。说明陕西省农药使用量和农业人均收入之间的关系也为倒“U”型,符合 EKC 理论的假设(表 7)。

表 7 农药使用量的回归结果
Tab.7 Regression results of pesticide usage

NYL	Coef.	Std. Err.	t	P> t
α_1	11.53401	3.7179	2.12***	0.041
α_2	-0.0037226	0.0007878	-2.56***	0.030
α_0	9153.128	6063.263	1.51***	0.165

根据参数带入(2)式,计算结果为:

$$E_t = -\alpha_1/\alpha_2 = 3098.37 \quad (8)$$

根据回归结果确定的拐点水平为 3 098.37 元,说明陕西省农药使用量与农业人均收入二者还处于同步增长期,不过化肥使用量的增幅也会逐渐小于农业人均收入,最终达到极大值。

4 讨论与结论

上述模拟分析结果可以看出,化肥、农用塑料薄膜和农药面源污染与农业人均收入符合 EKC 曲线的拟合结果,从 t 检验结果可以看出拟合效果较好,经济发展与面源污染水平还存在明显相关性,并且农业人均收入二次项系数均为负值,面源污染与农业人均收入关系呈倒“U”型。另外,根据回归结果确定的参数计算模型拐点,化肥、农用塑料薄膜和农药对应的农业人均收入分别为 3 856.72、5 364.05、3 098.37 元,但根据《陕西省统计年鉴》2009—2020 年农业人均收入为 1 050~2 750 元,并没有达到拐点值,目前正处于倒“U”曲线左侧并逐渐向拐点靠近,说明陕西省农业经济发展过程中仍然会导致农业面源污染不断加重,依赖化肥、农药等污染品的大量投入促进农业经济发展的现状依然存在,农业经济发展和农业面源污染还存在同步增长的趋势。

陕西省农业面源污染总量及占比近几年均大幅下降,说明通过现代农业生产方式转型、政府环境政策干预力度加强、农业面源污染检测水平提升、农户环境保护意识提高等会使拐点提前达到,并很快进入反向的发展阶段。但陕西省在农村经济发展过程中,由农膜、农药等带来的环境污染会持续,所以政府还需进一步加大农业面源污染治理力度,通过多途径、多手段解决农业面源污染问题,从单纯地实现降低农业面源污染目标转向兼顾污染防治与促进农业经济发展,不断提升农民收入的双重目标,从而真正实现农业现代化,推动乡村振兴战略的实现。

参考文献:

- [1] 刘坤,任天志,吴文良,等. 英国农业面源污染防治对我国的启示[J]. 农业环境科学学报,2016,35(5):817-823.
- [2] 贾卫国. 农业面源污染与农业经济增长——以江苏省数据为考察对象[J]. 求索,2010(9):31-32,82.
- [3] 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.

- 2016,45(2):180-185.
- [12] 周晓果,左晓庆,温远光,等. 除草剂对桉树人工林下植物及土壤微生物群落的影响[J]. 生态学报,2021,41(17):6749-6763.
- [13] 左晓庆. 除草剂对桉树人工林植物—土壤—微生物的影响[D]. 南宁:广西大学,2020.
- [14] 温远光,左晓庆,周晓果,等. 除草剂对桉树人工林生物量和碳储量的影响[J]. 广西科学,2020,27(2):128-135.
- [15] 陈绩源,徐泽炜,桂路露,等. 除草剂草甘膦研究进展[J]. 农业工程,2016,6(6):142-144.
- [16] 陈虎保,朱惠香,陈国海. 草甘膦的作用机理及部位[J]. 林业科技通讯,1997(1):23-25.
- [17] SU X P, LI S J, WAN X H, et al. Understory vegetation dynamics of *Chinese fir* plantations and natural secondary forests in subtropical China[J]. Forest Ecology and Management, 2020, 483: 118750.
- [18] 杨承栋,焦如珍,屠星南,等. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学,1995,31(3):276-283.
- [19] YANG Y, ZHANG X Y, WANG H M, et al. How understory vegetation affects the catalytic properties of soil extracellular hydrolases in a Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) forest[J]. European Journal of Soil Biology, 2019, 90: 15-21.
- [20] 郭琦,王新杰. 不同混交模式杉木人工林林下植被生物量与土壤物理性质研究[J]. 中南林业科技大学学报,2014,34(5):70-74.
- [21] 李朝婷,周晓果,温远光,等. 桉树高代次连栽对林下植物、土壤肥力和酶活性的影响[J]. 广西科学,2019,26(2):176-187.
- [22] VANHA-MAJAMAA I, SHORHOVA E, KUSHNEVSKAYA H, et al. Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests—A ten-year perspective [J]. Forest Ecology and Management, 2017, 393: 12-28.
- [23] 朱育锋,肖智华,彭晚霞,等. 广西不同龄级桉树人工林植物多样性和群落结构动态变化特征[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(12):38-44.
- [24] AHMAD B, WANG Y H, HAO J, et al. Optimizing stand structure for tradeoffs between overstory and understory vegetation biomass in a larch plantation of Liupan Mountains, Northwest China[J]. Forest Ecology and Management, 2019, 443: 43-50.
- [25] 李志育. 桉树造林技术要点及造林效益提升策略[J]. 南方农业,2021,15(6):86-87.
- [26] 吴庆标,张雨蒙,陶日志,等. 广西桉树人工林高产稳产影响因素及调控对策[J]. 安徽农业科学,2020,48(18):125-130.
- [27] ZHOU X G, ZHU H G, WEN Y G, et al. Effects of understory management on trade-offs and synergies between biomass carbon stock, plant diversity and timber production in eucalyptus plantations[J]. Forest Ecology and Management, 2018, 410: 164-173.
- [28] RADHAKRISHNAN R, ALQARAWI A, ALLAH E F. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2018, 158: 131-138.
- [29] 刘壮. 草舒对尾巨桉幼苗生长及生理的影响[D]. 南宁:广西大学,2016.
- [30] 谢东红. 除草剂对桉树伐桩处理及幼林去除杂草抚育的影响分析[J]. 南方农业,2019,13(8):146-148.
- [31] RIEMENS M, SØNDERSKOV M, MOONEN A, et al. An integrated weed management framework: A pan-European perspective [J]. European Journal of Agronomy, 2022, 133: 126443.

责任编辑:刘平书

(上接第 147 页)

- [4] 刘志欣,邵景安,李阳兵. 重庆市农业面源污染源的 EKC 实证分析[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(11): 94-101.
- [5] 于骥,蒲实,周灵. 四川省农业面源污染与农业增长的实证分析[J]. 农村经济,2016(9):56-60.
- [6] 尚杰,李新,邓雁云. 基于 EKC 的农业经济增长与农业面源污染的关系分析——以黑龙江省为例[J]. 生态经济,2017,33(6):157-160,166.
- [7] 梁伟健,江华,廖文玉,等. 农业面源污染与农业经济增长的空间互动效应[J]. 江淮论坛,2018(3):34-42.
- [8] 孙大元,杨祁云,张景欣,等. 广东省农业面源污染与农业经济发展的关系[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(S1):102-105.
- [9] 杨军,李建琴. 福建省农业经济增长、农业结构与面源污染关系研究[J]. 中国生态农业学报,2020,28(8):1277-1284.
- [10] 彭甲超,肖建忠,李纲,等. 长江经济带农业废水面源污染与农业经济增长的脱钩关系[J]. 中国环境科学,2020,40(6):2770-2784.

责任编辑:杨焱熔