

# Verification and Analysis of Environmental Kuznets Fitting Curve of Agricultural Non-Point Source Pollution

—A Province in Northwest China Is Taken as an Example

Qingxiu Dai<sup>1</sup>, Pengcheng Wang<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Xinjiang Institute of Technology, Aksu Xinjiang

<sup>2</sup>College of Economics and Management, Tarim University, Alaer Xinjiang

<sup>3</sup>Institute of Research on Southern Xinjiang Economic and Social Development, Tarim University, Alaer Xinjiang  
Email: 1442178577@qq.com, pengchengw@126.com

Received: June 20<sup>th</sup>, 2019; accepted: July 5<sup>th</sup>, 2019; published: July 12<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In order to have a more comprehensive understanding of the characteristics of agricultural non-point source pollution in a province in northwest China, the application intensity of fertilizer, the application intensity of pesticide, the density of agricultural film, the total discharge of chemical pollutants in livestock and poultry breeding, and the annual domestic garbage of rural residents were selected as the main evaluation indexes of agricultural non-point source pollution. Combined with the first national census data of pollution sources, five agricultural non-point source pollution indexes were calculated based on the basic data of statistical yearbook. The results show that the overall trend of agricultural non-point source pollution is increasing year by year. From the EKC fitting curve test of agricultural non-point source pollution and per capita agricultural, forestry, animal husbandry and fishery output value, it can be seen that the intensity of fertilizer application, the density of agricultural film use and per capita agricultural, forestry, animal husbandry and fishery output value have a significant inverted u-shaped relationship. There was a positive n-type relationship between the total discharge of chemical pollutants and the per capita output value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery. However, the intensity of pesticide application, the total annual household garbage of rural residents and the per capita output value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery showed a linear increase, which did not conform to the Kuznets curve. Combined with the results of empirical analysis, the paper puts forward some suggestions and measures to improve the situation of non-point source pollution in agriculture, increase agricultural economic growth and promote coordinated green development of agricultural environmental protection.

## Keywords

Agricultural Non-Point Source Pollution, Agricultural Economic Growth, Environmental Kuznets Curve, Relationship between Validations

---

\*通讯作者。

# 农业面源污染的环境库兹涅茨拟合曲线验证与分析

——以中国西北地区某省为例

戴清秀<sup>1</sup>, 王鹏程<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>新疆理工学院, 新疆 阿克苏

<sup>2</sup>塔里木大学经济与管理学院, 新疆 阿拉尔

<sup>3</sup>塔里木大学南疆经济社会发展研究院, 新疆 阿拉尔

Email: 1442178577@qq.com, pengchengw@126.com

收稿日期: 2019年6月20日; 录用日期: 2019年7月5日; 发布日期: 2019年7月12日

## 摘要

为了更加全面地了解中国西北地区某省的农业面源污染特征, 选取化肥施用强度、农药施用强度、农膜使用密度、畜禽养殖化学污染物排泄总量、农村居民年生活垃圾量作为农业面源污染的主要评测指标, 结合第一次全国污染源普查数据, 根据统计年鉴基础数据资料核算出五类农业面源污染指标, 对人均农林牧渔产值与农业面源污染的环境库兹涅茨拟合曲线(EKC)进行关系验证。结果表明: 研究时段内, 该地区农业面源污染整体上呈逐年上升趋势。从农业面源污染与人均农林牧渔产值的EKC拟合曲线检验可以看出, 化肥施用强度、农膜使用密度与人均农林牧渔业产值呈较为显著的倒“U”型关系; 畜禽养殖化学污染物排泄总量与人均农林牧渔产值之间呈正“N”型关系; 而农药施用强度、农村居民年生活垃圾总量与人均农林牧渔业产值呈线性上升关系, 不符合库兹涅茨曲线。结合实证分析结果, 提出有益于改善农业面源污染状况, 提高农业经济增长, 促进农业环境保护协调绿色发展的建议与措施。

## 关键词

农业面源污染, 农业经济增长, 环境库兹涅茨曲线, 关系验证

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

党的十九大报告中将建设生态文明提升到新的高度, 关乎着中华民族的永续发展, 首次把建设美丽中国作为新时代中国特色社会主义建设的重要目标, 报告中提出要着力解决突出环境问题, 加强农业面源污染防治[1]。近年来, 随着经济发展水平的提高, 对农业资源的需求愈加强烈, 与农业资源的稀缺性之间的矛盾日益加深。现代农业的发展离不开化肥、农药、农膜等生产要素的广泛使用, 在提高畜禽养殖业规模化水平和生产总量的同时, 势必会造成一定程度的农田生态系统破坏, 农村污染物也随之增多, 污染源范围也越来越大。资源禀赋的差异化使得农业生产的压力各有不同, 经济发展对农业环境污染的程度也不尽相同, 这一现象严重威胁着农业经济的绿色、稳定、可持续发展, 阻碍了我国生态文明建设

的道路发展,使人们对优美的生态环境,良好的空气环境质量更加重视。

关于经济增长与环境污染方面的国内外研究已经取得不少成就和显著成果,其中最有代表性的是环境库兹涅茨曲线(EKC)。1991年 Grossman 和 Krueger 提出了环境库兹涅茨曲线(EKC),即认为人均 GDP 水平较低时,环境污染程度随着人均 GDP 水平的上升而不断恶化,人均 GDP 水平继续上升,达到一定程度后,环境污染程度则随着人均 GDP 水平的进一步上升而得到改善,环境污染程度得到有效控制,呈现“倒 U 型”的关系[2]。吴其勉等基于库兹涅茨理论,实证分析了福建省 1995~2011 年农业面源污染与经济增长的关系,发现化肥施用量、农药使用量、禽畜养殖产污量与实际农业生产总值之间的关系符合环境库兹涅茨理论,但农膜使用量与实际农业生产总值之间并不存在显著的倒“U”型曲线,且经济增长值对农业面源污染具有负向冲击和影响[3]。史磊分析了山东省 1992 年至 2013 年三类农业非点源污染排放指标和农业经济增长之间的关系,两者之间存在显著的格兰杰因果关系,且呈现出显著的正“N”关系[4]。徐丽萍等人在根据 GIS 技术对新疆地区农业面源污染进行空间分异研究,按轻重程度将其划分为四个污染区[5]。周晓琴等人以新疆养殖业与种植业为研究对象,分析了各个地区农业面源污染的空间分布差异,认为农牧业污染源具备地域一致性,新疆地区面源污染的关键要素是总氮和 COD,且牛养殖是 COD 的主要来源[6]。吴义根等人利用探索性空间数据分析方法讨论了我国农业面源污染的时空分异与动态演进,认为畜禽养殖的贡献最大,存在较大的区域差异性和严重的极化现象[7]。谢文宝等人采用 Tapio 模型对新疆面源污染排放与农业经济增长之间的脱钩关系进行实证分析,对各污染物排放的时序变化进行因素分解[8]。

综上所述,对农业面源污染与经济增长之间关系的研究主要集中于证明二者之间的关系是否符合环境库兹涅茨拟合曲线的倒“U”型特征上,得出的结论基本上符合该特征,但由于不同地区之间的农业生产、地域特征等方面存在较大差异性,污染物指标的选取和其他相关因素之间均存在不确定性。虽然近年来国内各学者对农业面源污染与经济发展的研究取得不少成果,大多集中在化肥、农药、农膜、畜禽粪便排放量的测度上,或研究农业面源污染物的空间分布特征,且以单项的影响关系评估为主;此外,已有研究多侧重放在各类农业面源污染的化学需氧量(COD)、总氮(TN)、氨氮、总磷(TP)的总和上,但针对有地方生产特色的新疆地区,对于将化肥施用强度、农药施用强度、农膜使用密度、畜禽养殖过程中产生的化学污染物排泄量、农村居民年生活垃圾量等五大类面源污染相结合进行库兹涅茨曲线验证的相关研究较少,还有进一步拓展的空间。

本文将基于环境库兹涅茨理论,根据 1996~2017 年新疆地区 5 种相关农业面源污染的时序数据,对新疆农业面源污染与农业经济增长之间的 EKC 拟合关系进行验证,并根据结论制定出更具针对性的政策建议,对提高新疆地区农业面源污染防控能力,保障农业经济长期稳定增长,实现两型农业和生态循环农业发展具有重要意义。

## 2. 材料与研究方法

### 2.1. 研究区概况

位于中国西北地区的新疆维吾尔自治区是我国重要的农业生产地区之一,以天山山脉为界划分为南、北疆,包括喀什地区、巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、和田地区、昌吉回族自治州、塔城等 13 个地区、自治州。新疆地区的地形以盆地为主,截至 2017 年,现有耕地面积 5123.06 千  $\text{hm}^2$ ,人均耕地面积为 0.2095  $\text{hm}^2$ ,在人口较为稀少的内陆干旱区,人均耕地面积达 0.133~0.267  $\text{hm}^2$ 。新疆地区不仅现有耕地相对充裕,而且耕地后备土地资源也较为丰富,2017 年新疆地区农作物种植面积为 5886.96 千  $\text{hm}^2$ ,农林牧渔总产值高达 3054.9177 亿元。此外,新疆地区是我国主要的山地牧区,截止 2017 年,畜禽年底总出栏数高达 16,770.5 万头(万只)。除了畜牧业外,在新疆地区人们利用河水和高山冰雪融水,发展灌溉农业和立体农业,例如发展花卉、水果等特色农业。此外,新疆地区也是典型的灌溉农业,农业经济的

发展离不开化肥、农药、农膜的使用, 这样一来势必会对农村的环境, 甚至整个生态系统造成较严重的环境污染, 农业面源污染正在成为制约新疆农业可持续发展和实现“两型农业”的瓶颈之一。

## 2.2. 指标选择与数据来源

根据新疆地区农业生产的特征, 农业面源污染主要来源于农业生产过程中产生的化肥、农药的施用、农用薄膜的使用、农作物秸秆、畜禽养殖化学污染物排泄、农村居民生活垃圾等。鉴于新疆地区的农作物秸秆种类繁多且数量难以统计, 原始数据资料有限, 因此, 本文农作物秸秆资源带来的环境污染对农业经济的影响程度不在核算与研究范围内。其余相关数据, 即农林牧渔生产总值、年末乡村人口数、农作物总播种面积、化肥施用折纯量、农药施用量、农膜使用量、畜禽年末出栏数量(猪、牛、羊、家禽)年末出栏量等数据均来源于《新疆统计年鉴(1997~2018)》、《中国统计年鉴(1997~2018)》。

## 2.3. 数据处理方法

为剔除居民消费价格指数变动对人均农林牧渔业产值的影响, 本文根据 1996~2017 年农林牧渔产值及农村居民消费价格指数计算出实际的人均农林牧渔业产值。对于化肥、农药、农膜、畜禽养殖等农业污染源排放量指标, 用单位面积投放的强度和密度表示(投入强度、密度 = 总投入量/总耕种面积) [9]。另需说明本文中设定解释变量为人均农林牧渔业产值( $RNGDP_i$ ), 化肥施用强度为( $E_1$ ), 农药施用强度为( $E_2$ ), 农膜使用密度为( $E_3$ ), 畜禽养殖化学污染物排泄总量为( $E_4$ ), 和农村居民年生活垃圾量( $E_5$ )为被解释变量,  $E_5$  按照每人每天 0.8 kg/人·d 计算; 化肥施用强度、农药施用强度、农膜使用密度、农村居民年生活垃圾量等指标单位计算方式如下:

$$E_1 \text{ 化肥施用强度(kg/hm}^2\text{)} = \text{折纯后的化肥施用总量(万 t)/耕地总面积(千 hm}^2\text{);}$$

$$E_2 \text{ 农药施用强度(kg/hm}^2\text{)} = \text{农药施用总量(万 t)/耕地总面积(千 hm}^2\text{);}$$

$$E_3 \text{ 地膜施用密度(kg/hm}^2\text{)} = \text{地膜施用量(万 t)/地膜覆盖面积(千 hm}^2\text{);}$$

$$E_5 \text{ 农村居民年生活垃圾量(万 t)} = \text{年末乡村人口数(万人)} \times 0.80 \text{ kg/人} \cdot \text{d} \times 365 \text{ d}.$$

畜禽养殖化学污染物排泄总量的核算根据统计年鉴中新疆猪、牛、羊、家禽的年末出栏数(万头/只)的数量, 分别根据其年排污系数[kg·头(只) $\cdot$ a $\cdot$ 1]估算出畜禽养殖过程中化学需氧量 COD、总氮 TN、氨氮、总磷 TP 污染排放量之和[10], 即畜禽养殖化学污染物排泄总量  $E_4$ , 单位(万 t), 其计算公式如下:

$$\text{养殖猪的化学污染物排泄总量: } H_1 = \sum K_1 \times \theta_i \times (1 - 47\%) \times 15\%$$

$$\text{养殖牛的化学污染物排泄总量: } H_2 = \sum K_2 \times \theta_i \times (1 - 41\%) \times 15\%$$

$$\text{养殖羊的化学污染物排泄总量: } H_3 = \sum K_3 \times \theta_i \times (1 - 38\%) \times 15\%$$

$$\text{养殖家禽的化学污染物排泄总量: } H_4 = \sum K_4 \times \theta_i \times (1 - 46\%) \times 15\%$$

$$\text{畜禽养殖化学污染物排泄总量: } E_4 = H_1 + H_2 + H_3 + H_4.$$

式中,  $H_1 \sim H_4$  表示猪、牛、羊、家禽养殖的化学污染物排泄量,  $K_1 \sim K_4$  表示猪、牛、羊、家禽的年末出栏数量(万头/只),  $\theta_i$  表示不同化学污染物排泄系数[kg·头(只) $\cdot$ a $\cdot$ 1] [6], 详见表 1。查阅相关文献资料, 本文中猪、牛、羊、家禽的粪便排泄系数分别设定为 47%、41%、38%、46% [6], 新疆地区畜禽粪便的处理利用率为 15% [11]。

**Table 1.** Excretion coefficient of all kinds of livestock and poultry feces

**表 1.** 各类畜禽粪便排泄系数[kg·头(只) $\cdot$ a $\cdot$ 1]

畜禽种类	猪	牛	羊	家禽
化学需氧量 COD	64.17	955	4.40	4.90
总氮 TN	6.60	48.43	2.28	0.41

Continued

氨氮	1.40	1.96	0.57	0.29
总磷 TP	0.86	4.58	0.45	0.13

## 2.4. 模型构建

依据现有相关研究, 国内外学者在对 EKC 的形式设立上都进行过不同的尝试, 本文建立的新疆农业面源污染与农业经济增长水平的库兹涅茨曲线计量模型为:

$$E_i = \beta_0 + \beta_1 \text{RNGDP} + \beta_2 \text{RNGDP}^2 + \beta_3 \text{RNGDP}^3 + \mu_i$$

式中  $E_i$  为新疆地区第  $i$  种面源污染物的指标量, 不同面源污染物采用不同的数量单位表示; 本文中采取消除价格指数后的实际人均农林牧渔产值作为衡量指标, RNGDP 为新疆地区第  $i$  年人均农林牧渔产值(元);  $\beta_0$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$  为参数值;  $\mu_i$  为随机扰动项。

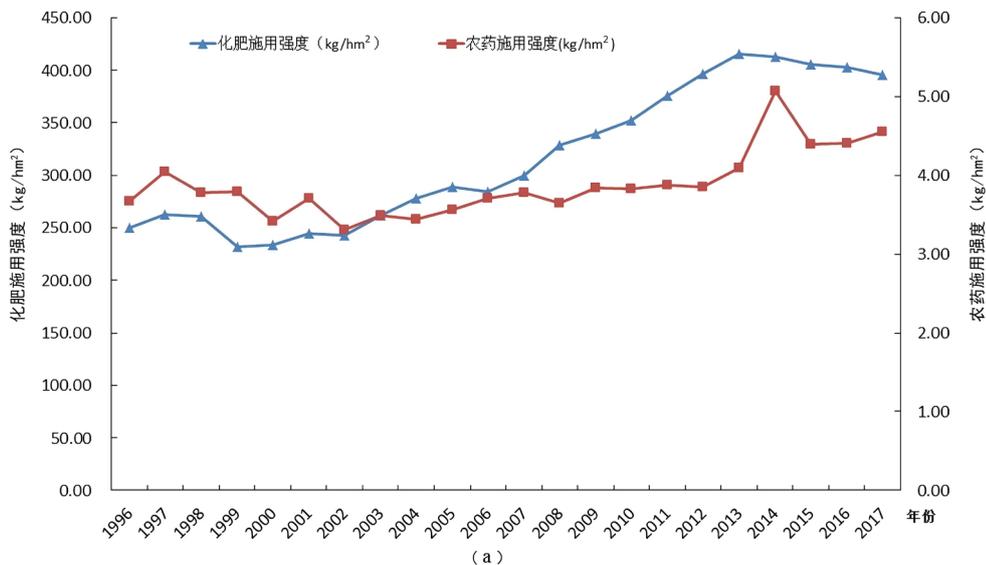
当  $\beta_1 \neq 0$ ,  $\beta_2 = 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈线性关系; 当  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 = 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈线性上升关系; 当  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 = 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈线性下降关系; 当  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$ ,  $\beta_3 = 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈正“U”型; 当  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$ ,  $\beta_3 = 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈倒“U”型; 当  $\beta_1 > 0$ ,  $\beta_2 < 0$ ,  $\beta_3 > 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈正“N”型; 当  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 > 0$ ,  $\beta_3 < 0$  时, 说明  $E_i$  与 RNGDP 之间呈倒“N”型。

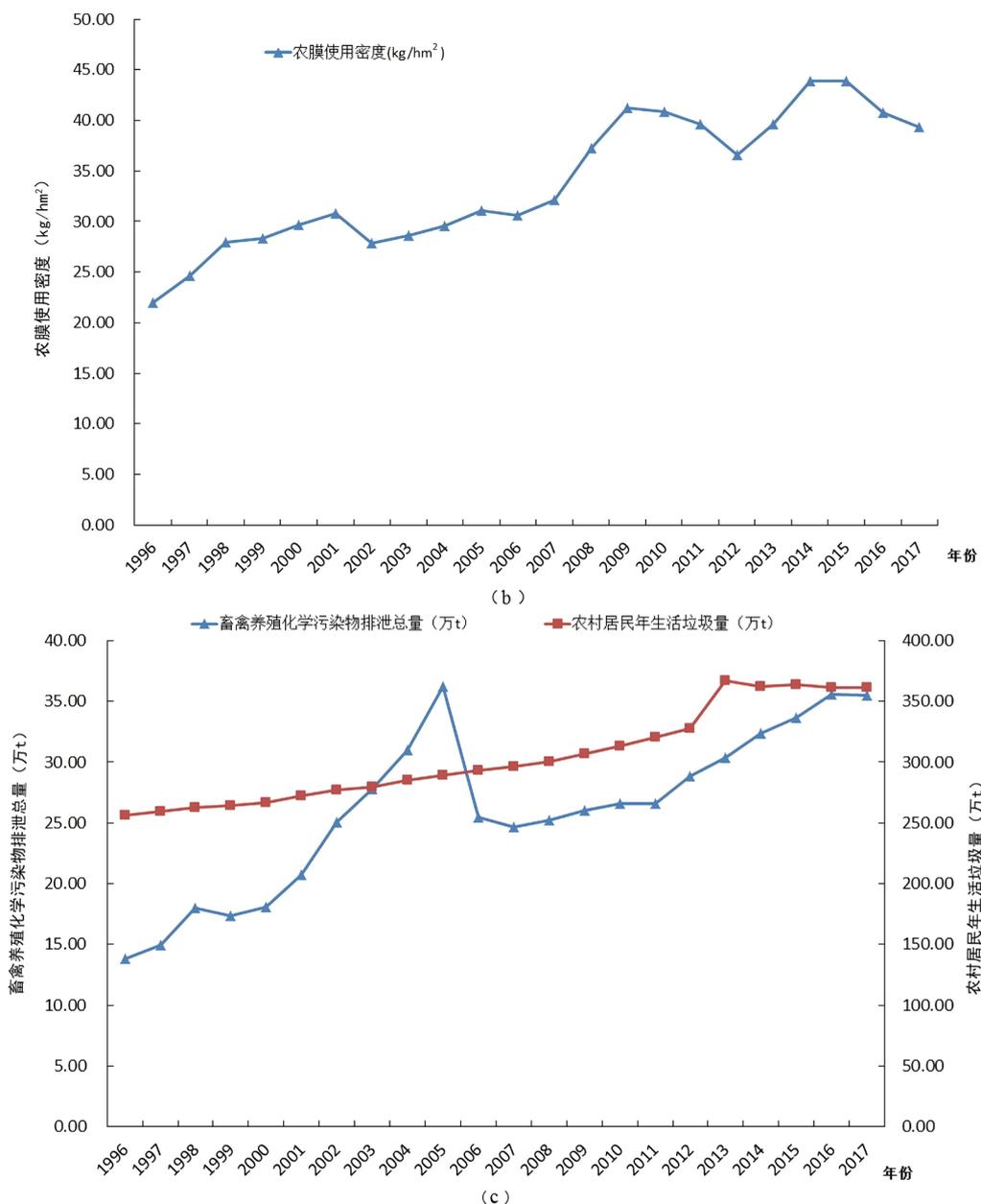
根据该模型, 运用 SPSS19.0 与 Eviews6.0 对模型进行估计并确定回归方程, 可根据  $y = \beta_1/\beta_2$  求拐点值[10], 以进一步探究新疆地区农业面源污染与农业经济增长之间的关系。

## 3. 新疆地区农业面源污染与农业经济增长的实证分析

### 3.1. 新疆农业面源污染的增长趋势分析

从图 1(a)中可看出, 1996~2017 年新疆地区化肥施用强度整体上呈逐年上升趋势, 2003 年达到最高值 415.37 kg/hm<sup>2</sup>, 至此往后几年呈逐年递减趋势; 农药施用强度在 2002 年以前呈逐年递减趋势, 而在 2002 年以后有逐年小幅度上升趋势, 且 2014 年达到最高值 5.07 kg/hm<sup>2</sup>。从图 1(b)中可看出, 新疆地区农膜使用密度整体上呈逐年上升趋势, 2008~2017 年期间有明显起伏, 2015 年达到最高值 43.89 kg/hm<sup>2</sup>,





**Figure 1.** Growth trend of indicators of agricultural non-point source pollution in Xinjiang from 1996 to 2017  
**图 1.** 1996~2017 年新疆地区农业面源污染各指标增长趋势图

随后两年逐年递减。从图 1(c)中可看出, 畜禽养殖化学污染物排泄总量 1996~2005 年逐年增长幅度较大, 波动明显, 2005 年达到最高值 36.24 kg/hm<sup>2</sup>, 2006~2017 年其增长幅度减缓, 但均未超过最高值 36.24 kg/hm<sup>2</sup>。可能的原因是, 近年来新疆地区逐步推进牲畜良种化, 加强规模化养殖与规范化生产, 完善动物防疫技术与体制, 同时, 不断加强了畜禽养殖废弃物污染防控工作, 逐步推进畜禽粪污的资源化综合利用效率, 使得畜禽养殖业的污染排放量增长趋势减缓。

### 3.2. 新疆地区农业面源污染物与农业经济增长之间的 EKC 拟合验证

本文采用 1996~2017 年新疆地区的时间序列数据对(1)式进行拟合, 以检验人均农林牧渔产值与各类

农业面源污染物的影响关系。根据上述计算方法核算出 5 种面源污染指标数据, 运用 Eviews6.0 软件进行最小二乘法检验, 提取相关数值进行汇总, 得到以下回归结果(见表 2)。

**Table 2.** OLS regression results of agricultural non-point source pollution indicators and per capita agricultural, forestry, animal husbandry and fishery output value

**表 2.** 农业面源污染各指标与人均农林牧渔产值之间的 OLS 回归结果

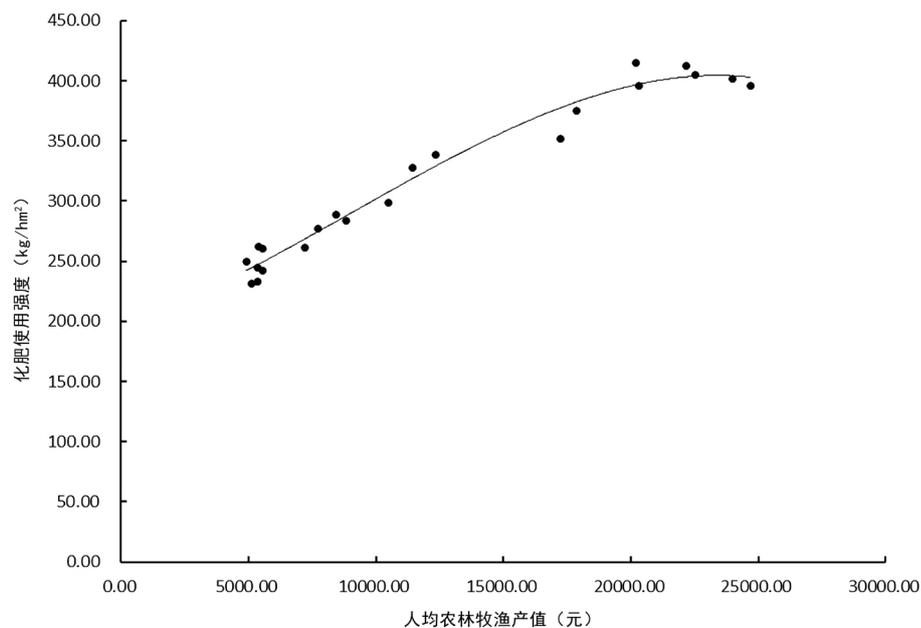
变量	系数	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$
		化肥施用强度	农药施用强度	农膜使用密度	畜禽养殖化学污染物排放总量	农村居民年生活垃圾总量
常数项	$\beta_0$	159.2337	3.3217	14.5867	-15.7299	240.4916
RNGDP	$\beta_1$	0.0178	4.46E-05	0.0026	0.0098	0.0051
RNGDP <sup>2</sup>	$\beta_2$	-3.09E-07	0	-6.48E-08	-6.91E-07	0
RNGDP <sup>3</sup>	$\beta_3$	0	0	0	1.55E-11	0
$R^2$		0.9724	0.5965	0.8357	0.7264	0.9417
$\bar{R}^2$		0.9695	0.5763	0.8184	0.6808	0.9388
DW 值		1.2549	1.4269	0.9486	0.8089	1.3896
F 值		334.7146	29.5631	48.3293	15.9289	322.8939
拐点		28,802.59 元	-	20,061.73 元	11,426.73 元 17,835.76 元	-
曲线形状		倒“U”型	不符合	“U”型	“N”型	不符合

### 3.2.1. 化肥施用强度与人均农林牧渔产值 EKC 拟合分析

根据表 2 的回归结果可知关于化肥施用强度的回归方程为:

$$E_1 = 159.2337 - 0.0178\text{RNGDP} - 3.09 \times 10^{-7} \text{RNGDP}^2 + \mu_i$$

由表 2 和图 2, 可以发现人均农林牧渔产值与化肥施用强度之间具有倒“U”型关系, 符合环境库兹



**Figure 2.** Fitting condition of fertilizer application intensity

**图 2.** 化肥施用强度的拟合情况

涅茨假说,进一步可计算出人均农林牧渔产值的拐点为 28,802.59 元。即说明在改研究时段内,结合新疆地区的农业发展现状来看,当人均农林牧渔产值超过 28,802.59 元时,新疆地区化肥年施用水平已达最高值,随着人均农林牧渔产值的增加,化肥施用强度呈下降趋势。即随着人均农林牧渔产值的进一步上升,化肥施用强度将减少。然而,对于人均农林牧渔产值低于 28,802.59 元拐点的年份,化肥施用强度和人均农林牧渔产值之间具有上升趋势,即随着人均 GDP 的进一步上升,化肥施用强度将同时增加。

化肥施用强度的 EKC 拟合模型呈现倒“U”型,可能的原因是,在经济发展的上升阶段,农业生产能力较弱,增加化肥的施用量有助于提高单位面积粮食产量,而农民为了获得最大化的经济效益,增加化肥施用量使得环境压力逐渐增大。随着近年来,我国出台的各项环境保护政策在全面范围内实行,使得农民的环保意识逐渐增强,测土配方的不断完善与定位施肥技术的逐步推广,也使得传统农民逐渐向新型农民转变,因此,随着农村经济的增长,化肥面源污染在一定程度上得到控制,呈现出先增加后减小的趋势。

### 3.2.2. 农药施用密度与人均农林牧渔产值的 EKC 拟合分析

根据表 2 的回归结果可知关于农药施用强度的回归方程为:

$$E_2 = 3.3217 + 4.46 * 10^{-5} \text{RNGDP} + \mu_i$$

农业经济的发展离开农药的使用和推广,减少病虫害对农作物的危害,而过度使用农药势必会造成严重的环境污染。由表 2 回归结果来看,一次函数是描述农药使用密度与人均农林牧渔产值拟合关系的最佳模型,系数对应的 sig 值通过 5% 的显著性检验。由图 3 显示,新疆地区农药施用强度与人均农林牧渔产值之间不符合倒“U”型关系,且不存在拐点,即新疆地区农药污染程度随农业经济增长而呈上升趋势。近年来,新疆地区逐步建立示范区,逐步推广新农药、新农械、新技术的使用,全区加快培育重

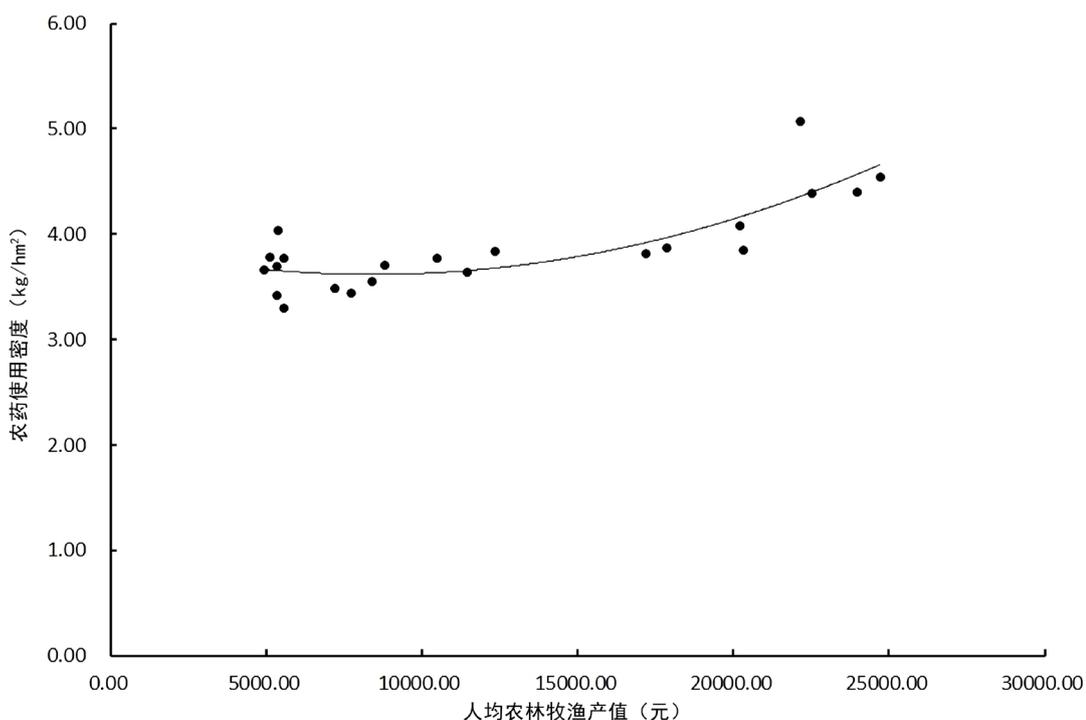


Figure 3. Fitting of pesticide application density

图 3. 农药使用密度的拟合情况

大病虫害专业化防治新型主体, 成立专业化服务组织, 推进农药的减量化使用, 逐步推广高效、低毒害的农药, 虽然这些措施有助于提升农产品产量与质量, 但对环境的影响依旧存在, 因此, 需要进一步加强环保教育宣传, 最强农户环保意识, 保障农业经济增长、保障食品安全的同时, 降低农药残留对环境的危害。

### 3.2.3. 农膜使用密度与人均农林牧渔产值的 EKC 拟合分析

根据表 2 的回归结果可知关于农膜使用密度的回归方程为:

$$E_3 = 14.5867 + 0.0026RNGDP - 6.48 * 10^{-8} RNGDP^2 + \mu_i$$

对新疆地区的农膜使用强度与人均农林牧渔产值之间的关系进行 OLS 估计, 并由图 4 可知, 新疆地区农药施用强度与人均农林牧渔产值之间存在倒“U”型关系, 回归方程的可决系数为 0.8357, 系数对应的 sig 值通过 5% 的显著性检验, 符合环境库兹涅茨假说。EKC 拟合曲线的拐点为 20,061.73 元, 这表明, 在人均农林牧渔产值达到 20,061.73 元之前, 农膜使用密度随人均农林牧渔产值的增加呈上升趋势, 环境质量较差; 当人均农林牧渔产值大于 20,061.73 元时, 农膜使用密度随人均农林牧渔产值减少呈下降趋势, 环境质量较差。农用薄膜具有保温保湿的效果, 为农作物的生长创造适宜的温度和湿度条件, 2017 年, 农业部发布了《土壤污染防治行动计划》的实施意见, 意见中指出要强化废旧地膜的回收与综合利用, 开展可降解地膜示范区和清洁生产项目, 因此, 在未来一段时间内, 农膜使用密度会随着农业经济的增长呈逐年下降趋势。

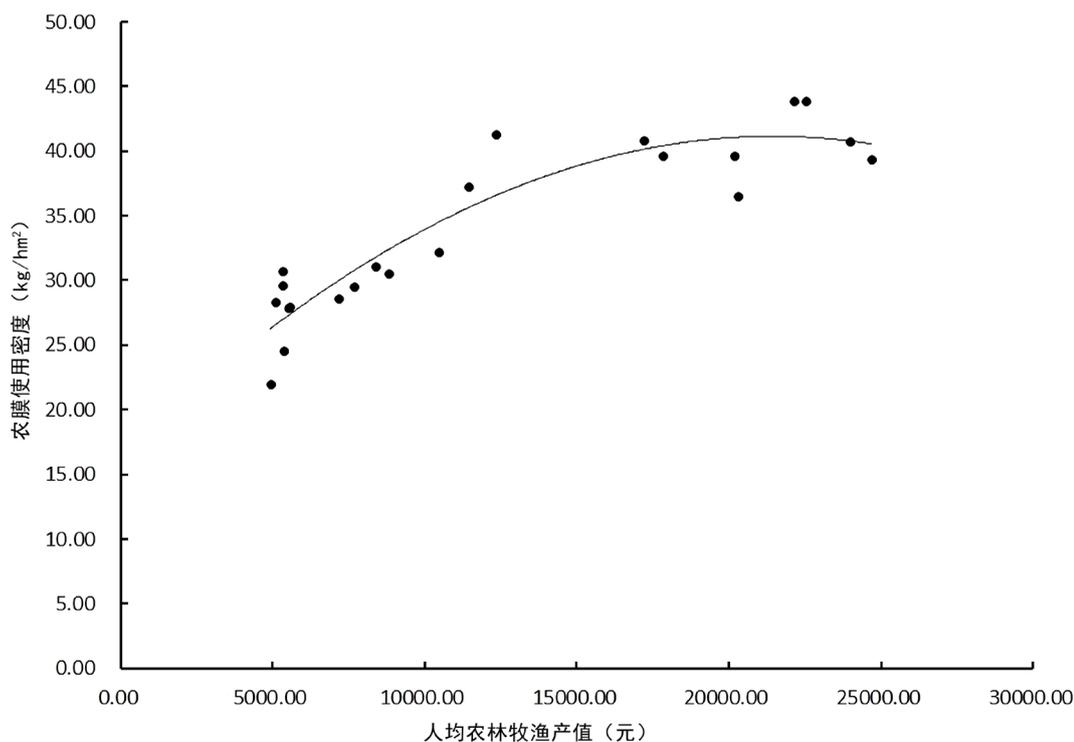


Figure 4. Fitting of density of agricultural film use

图 4. 农膜使用密度的拟合情况

### 3.2.4. 畜禽养殖化学污染物排泄总量与人均农林牧渔产值的 EKC 拟合分析

根据表 2 的回归结果可知关于畜禽养殖化学污染物排泄总量的回归方程为:

$$E_4 = -15.7299 + 0.0098RNGDP - 6.91 * 10^{-7} RNGDP^2 + 1.55 * 10^{-11} RNGDP^3 + \mu_i$$

根据表 2 回归结果来看, 畜禽养殖化学污染物排泄总量与人均农林牧渔产值之间的三次函数的拟合结果最好, 系数对应的 sig 值均通过 5% 的显著性检验, 结合图 5 所示, 两者之间的拟合曲线呈正“N”型, 且存在两个拐点, 符合环境库兹涅茨假说。进一步可计算出其 EKC 拟合曲线的拐点为 11,426.73 元、17,835.76 元。在第一个拐点左侧, 畜禽养殖化学污染物排泄总量随人均农林牧渔产值增长而呈上升趋势, 通过第一个拐点后则呈明显下降趋势, 通过第二个拐点后则呈上升趋势, 由此说明, 在今后一段时间内, 随着农业经济的增长, 畜禽养殖化学污染物将有逐年上升趋势, 如不采取措施加以治理, 将使得环境污染问题极可能愈加恶化。可能的原因是, 近年来, 国家针对畜牧规模化养殖、畜牧良种、动物防疫等方面提供各项优惠补贴政策, 畜禽养殖业的发展使得粪尿污染物排量增加, 不利于环境保护进程。

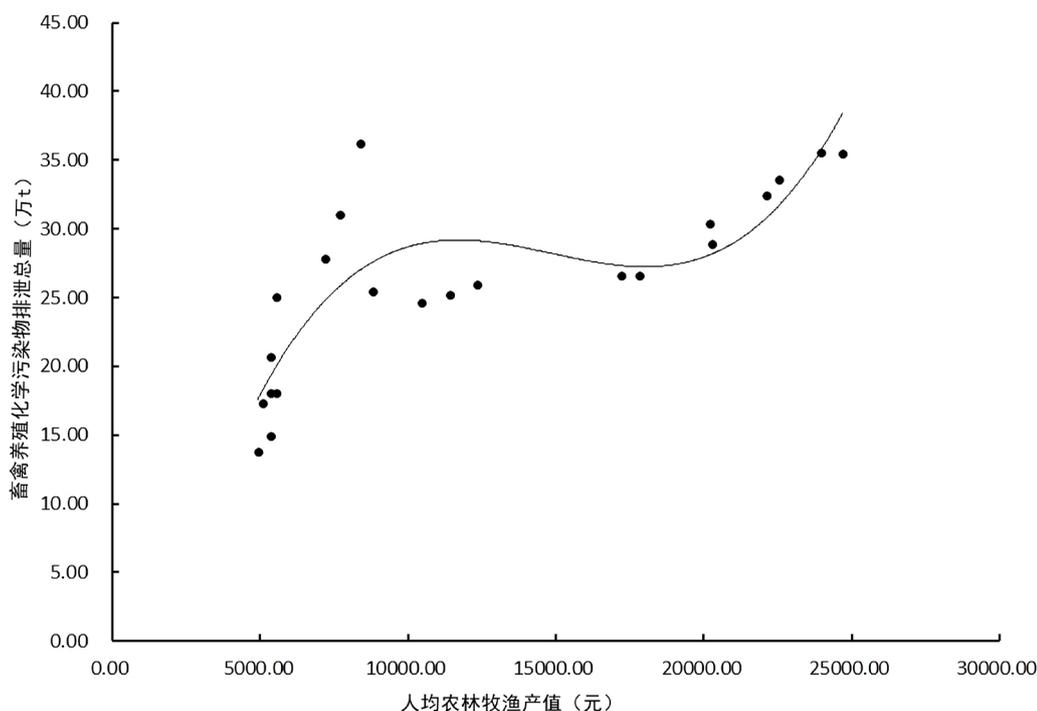


Figure 5. Fitting situation of total discharge of chemical pollutants in livestock and poultry breeding  
图 5. 畜禽养殖化学污染物排泄总量的拟合情况

### 3.2.5. 农村居民生活垃圾总量与人均农林牧渔产值的 EKC 拟合分析

根据表 2 的回归结果可知关于农村居民生活垃圾总量的回归方程为:

$$E_5 = 240.4916 + 0.0051RNGDP + \mu_i$$

农业经济的发展推动着人们生活水平的提高, 与此相伴而生的是大量的农村生活垃圾, 除了可回收利用的生活垃圾以外, 仍然有大量的生活垃圾被丢弃或焚烧, 使大气、土壤、地表水或地下水均遭受严重污染, 恶化人类的生存环境。结合表 2 和图 6 结果来看, 农村居民生活垃圾总量与人均农林牧渔产值之间不符合倒“U”型曲线关系, 且不存在拐点, 其一次函数回归方程的拟合情况良好, sig 值通过 5% 的显著性检验, 即新疆地区农村居民生活垃圾总量随农业经济的增长而呈上升趋势。为此, 解决农村生活垃圾的面源污染问题刻不容缓, 而推行生活垃圾的无害化处理, 实现资源化利用是解决这类面源污染的有效路径之一。

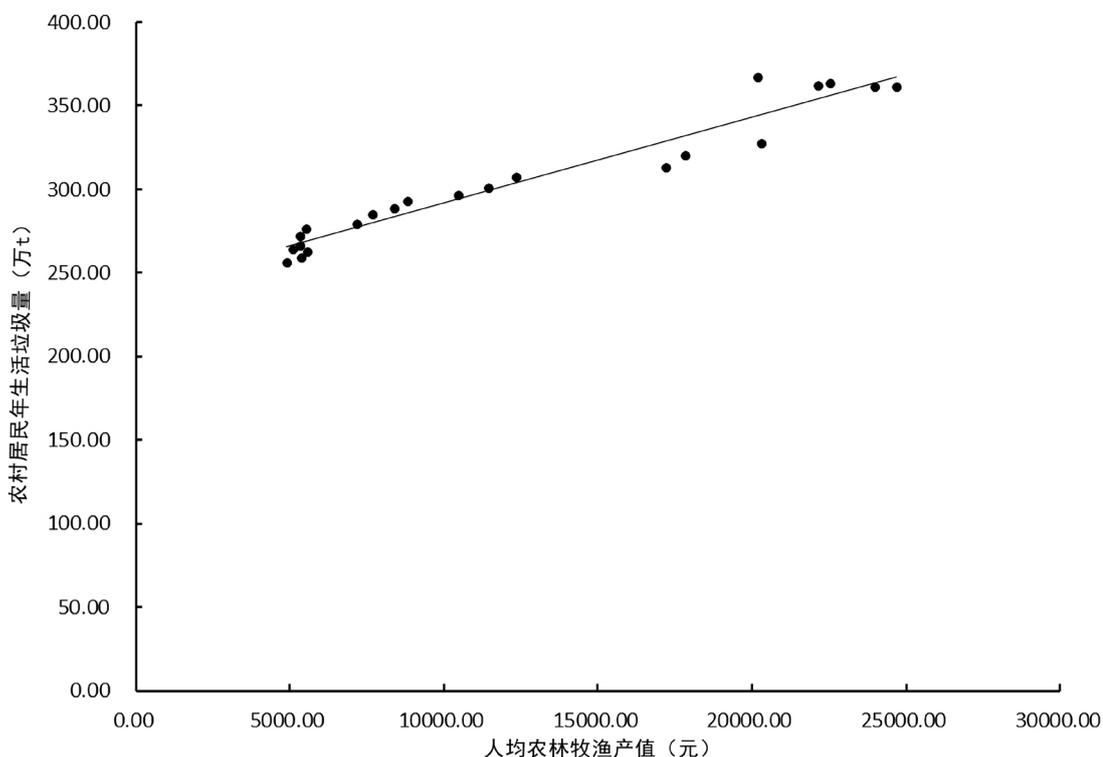


Figure 6. Fitting situation of the total amount of household garbage of rural residents

图 6. 农村居民生活垃圾总量的拟合情况

#### 4. 结论及对策

基于环境库兹涅茨理论, 通过对新疆地区农业面源污染各项指标与农业经济增长的 EKC 拟合验证, 得到如下结论: 研究时段内, 新疆农业面源污染各项指标虽有不同程度的起伏, 但整体上来看呈逐年上升趋势。从农业面源污染与人均农林牧渔产值的 EKC 拟合曲线检验可以看出, 新疆地区农业面源污染, 即化肥施用强度、农膜使用密度与人均农林牧渔业产值呈较为显著的倒“U”型关系; 畜禽养殖化学污染物排泄总量与人均农林牧渔产值之间呈正“N”型关系; 而农药施用强度、农村居民年生活垃圾总量与人均农林牧渔业产值呈线性上升关系, 不符合库兹涅茨曲线。因化肥、农膜及畜牧养殖造成的农业面源污染已进入转折期, 这证明新疆地区农业经济的发展并没有摆脱“先污染后治理、边治理边污染”的状况。

农业面源污染的 EKC 拟合曲线虽然呈现出倒“U”型和正“N”型, 但这并不表明随着农业经济的增长, 农业面源污染便会自动的消失, 农业经济的发展不能以牺牲环境为代价, 农业经济发展进程中必须把减轻和治理农业面源污染放在重中之重的位置, 当农业面源污染达到极限时必然会制约经济的增长。为此, 针对以上研究结果为新疆地区农业环境保护和农业经济的绿色可持续发展提出以下建议: 首先, 政府部门在原有基础上, 继续加大测土配方施肥技术的推广效果, 增加有机肥使用量; 对化肥、农药等化学品的新技术研发给予扶持和补贴, 保障单位面积农作物产量的同时降低化肥、农药使用量, 继续加强废旧地膜回收工作, 加强可降解地膜示范区作用。其次, 不断加大畜牧业的生态化和规范化养殖, 加大养殖业总体规划, 可加强畜牧部门与环保部门的合作, 不断完善相关法律法规, 加强对畜牧养殖场粪污的科学管控与监督, 科学处理畜禽养殖废弃物, 政府部门可对妥善处理畜禽粪污或达到国家排放标准的主体单位或个人给予一定奖励, 反之则收取一定养殖业排污税收, 以推进畜禽粪污的资源化利用进程。

再次, 完善农业科技推广体系, 以加强先进农业技术传播的方式提高农户环保意识, 不定期组织环保工作人员和科技人员下乡举办专题讲座或环保教育活动。最后, 政府可进一步加强农业技术扶持, 引导社会资源积极参与到农业资源保护和环境治理进程中, 推进生态修复工程与环境治理项目, 逐步完善农村地区生态环境预警机制建设, 既要金山银山, 又要绿水青山, 避免继续走先污染后治理的道路。

## 参考文献

- [1] 习近平. 决胜全面建成小康社会, 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[J]. 党建, 2017(11): 15-34.
- [2] Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1991) Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. NBER Working Paper Series No. 3914.
- [3] 吴其勉, 林卿. 农业面源污染与经济增长的动态关系研究——基于 1995-2011 年福建省数据分析[J]. 江西农业大学学报(社会科学版), 2013, 12(4): 445-452.
- [4] 史磊, 井晓文. 农业面源污染与农业经济增长关系的实证研究——基于山东省 1992-2013 年数据的分析[J]. 新疆农垦经济, 2016(1): 8-13.
- [5] 徐丽萍, 杨其军, 王玲, 等. 新疆地区农业面源污染空间分异研究[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 150-153+158.
- [6] 周晓琴, 杨乐, 杨令飞. 新疆农业面源污染物排放量估算及分析[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(7): 1300-1307.
- [7] 吴义根, 冯开文, 李谷成. 我国农业面源污染的时空分异与动态演进[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(7): 186-199.
- [8] 谢文宝, 陈彤, 刘国勇. 新疆农业面源污染与农业经济增长的关系——基于脱钩模型和 LMDI 模型的实证分析[J]. 资源与产业, 2018, 20(1): 68-75.
- [9] 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.
- [10] 孟祥海, 周海川, 张俊飏. 中国畜禽污染时空特征分析与环境库兹涅茨曲线验证[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(11): 104-108.
- [11] 马国霞, 於方, 曹东, 等. 中国农业面源污染物排放量计算及中长期预测[J]. 环境科学学报, 2012, 32(2): 489-497.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7540, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [sd@hanspub.org](mailto:sd@hanspub.org)