·经济学与管理学研究·

中国农药使用与经济增长关系研究

——基于环境库兹涅茨曲线的检验

金书秦,周 芳

(农业部农村经济研究中心,北京 100810;西藏农牧学院,西藏 林芝 860000)

[摘 要]农药减量控害迫在眉睫,有利于防治农业面源污染,保障农业生产安全、农产品质量安全和生态环境安全,促进农业可持续发展。基于环境库兹涅茨理论,本文利用2000—2013年国家层面的时间序列数据,验证我国农药使用量与经济增长的环境库兹涅茨曲线,分析农药使用量增加的原因,以期为实现农药减量和农业可持续发展提供依据。研究结果表明,农药使用量与人均GDP和人均农业总产值表征的经济增长之间都存在着显著的倒U型曲线关系,即随着经济增长,农药使用量先上升后下降。目前我国仍处于EKC的左半段,表明农药使用量还处于上升阶段。要实现我国农药使用量的零增长甚至负增长,需要加强农药减量控害的相关政策创设以及加大减药增效技术的推广力度。

[关键词]农药;经济增长;环境库兹涅茨曲线(EKC)

[中图分类号]F323 [文献标识码]A [文章编号]1671-3842(2016)06-0087-06

一、引言

新世纪以来,我国农业农村经济快速发展,粮食生产实现“十二连增”,农民增收保持“十二连快”,为国民经济平稳运行作出重要贡献。研究表明,农药、化肥等化学品投入对农作物稳产高产和农业经济增长具有重要作用①②。我国已经成为世界上最大的农药、化肥生产国和消费国,但其利用率比发达国家低15%—20%。其中,农药使用量由2000年的128万吨增加到2013年的180万吨,年均增长2.7%;农药使用强度由2000年的8千克/公顷增加到2013年的11千克/公顷,年均增长2.3%。但是,农药使用量大、施药方法不科学、利用率低的问题日益严重,造成农业面源污染,影响农产品质量安全,危害人体健康,威胁农业可持续发展。农药减量控害迫在眉睫,有利于防治农业面源污染,保障农业生产安全、农产品质量安全和生态环境安全,促进农业可持续发展,具有显著的经济效益、环境效益和社会效益。

关于环境污染与经济增长之间关系的研究,最具代表性的为环境库兹涅茨曲线(EKC)。环境

[基金项目]本文系国家重点研发计划“化学肥料和农药减施增效综合技术研究”专项之“化肥农药减施增效技术应用及评估研究项目”课题四“化肥农药减施增效管理政策创设研究”(项目编号:2016ZY0600374704)的阶段性成果。

[作者简介]金书秦,农业部农村经济研究中心可持续发展研究室副主任、副研究员,经济学博士;周芳,西藏大学农牧学院讲师,经济学博士。

①Wang Q B, Halbrendt C, Johnson S R. Grain production and environmental management in China's fertilizer economy. Journal of Environmental Management. 1996,47(3):283-296.

②王祖力,肖海峰:《化肥施用对粮食产量增长的作用分析》,《农业经济问题》,2008年第8期。

库兹涅茨曲线由 Crossman 和 Krueger 在 1992 年提出,他们对 42 个国家的环境与经济数据进行分析后发现,经济增长与环境污染之间存在类似于倒 U 型的曲线关系,即在经济增长的初期,资源消耗和污染排放随着收入的增加而增大;随着经济的持续增长,当收入水平达到一定高度后,资源消耗和污染排放随着收入的增加而下降①。此后,国内外学者运用不同国家或部门的数据,采用不同的方法,验证化学需氧量、二氧化硫、二氧化碳等各类污染物指标与收入之间 EKC 的存在性②③④⑤⑥⑦,探讨拐点的位置⑧⑨,并分析 EKC 曲线形成的驱动因素⑩⑪⑫。但是,现有研究主要关注工业领域和城市层面,农业领域的 EKC 相关研究相对较少。刘扬等以化肥为例,对我国农业 EKC 进行了验证,发现我国化肥施用量与人均农业总产值存在着 EKC 关系⑬。张晖、胡浩对江苏省经济发展水平与过剩氮污染的 EKC 进行验证,发现二者存在显著的倒 U 型关系⑭。李太平等对我国化肥投入面源污染的 EKC 进行验证,并对其驱动因素进行定性和定量分析,研究发现我国化肥投入面源污染与经济增长之间存在典型的倒 U 型曲线关系⑮。沈能、张斌从生产率的角度考察农业增长与农业环境的关系,研究发现农业额增长与环境生产率之间存在稳定的正 U 型曲线关系⑯。这些研究主要以化肥为对象验证农业 EKC 是否存在,对农药使用与经济增长之间关系的研究较为缺乏。本文验证我国农药使用量与经济增长之间的 EKC 关系,并分析其驱动因素,以期为实现农药减量控害和农业可持续发展提供依据。

---

①rossman GM, Krueger A B. Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement. Woodrow Wilson School, Princeton, NT. 1992.

②Crossman, G. M., Krueger, A. B. Economic Growth and the Environment. Quarterly journal of Economics. 1995, 110(2):353 – 377.

③Seldon, T. M., D. Song. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emission? Journal of Environmental Economics and Management. 1994, 27(2):147 – 162.

④Dinda, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. Ecological Economics. 2004, 49(4):431 – 455.

⑤Iwata H, Okada, k, Samreth, S. Empirical Study on the Environmental Kuznets Curve for CO2 in France: The Role of Nuclear Energy. Energy Policy. 2010, 38(8):4057 – 4063.

⑥李海鹏,叶慧,张俊飚:《中国收入差距与环境质量关系的实证检验——基于对环境库兹涅茨曲线的扩展》,《中国人口·资源与环境》,2006 年第 2 期。

⑦林伯强,蒋竺均:《中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素》,《管理世界》,2009 年第 4 期。

⑧周静,杨桂山,戴胡爽:《经济发展与环境退化的动态演进——环境库兹涅茨曲线研究进展》,《长江流域资源与环境》,2007 年第 4 期。

⑨蒋萍,余厚强:《EKC 拐点类型、形成过程及影响因素》,《财经问题研究》,2010 年第 6 期。

⑩Elisabetta magnani. The Environmental Kuznets Curve: development path or policy result? Environmental Modelling & Software. 2001, (16):157 – 165.

⑪杨林,高宏霞:《经济增长是否能自动解决环境问题——倒 U 型环境库兹涅茨曲线是内生机制还是外部控制结果》,《中国人口·资源与环境》,2008 年第 8 期。

⑫侯景,新沈,沈博文:《经济增长与环境治理的 EKC 模型分析》,《区域经济评论》,2015 年第 4 期。

⑬刘扬,陈劭锋,张云芳:《中国农业 EKC 研究——以化肥为例》,《中国农学通报》,2009 年第 16 期。

⑭张晖,胡浩:《农业面源污染的环境库兹涅茨曲线验证——基于江苏省时序数据的分析》,《中国农村经济》,2009 年第 4 期。

⑮李太平,张锋,胡浩:《中国化肥面源污染 EKC 验证及其驱动因素》,《中国人口·资源与环境》,2011 年第 11 期。

⑯沈能,张斌:《农业增长能改善环境生产率吗? ——有条件"环境库兹涅茨曲线"的实证检验》,《中国农村经济》,2015 年第 7 期。

二、模型与数据

(一)模型设定

根据环境库兹涅茨曲线(EKC)相关理论,本文设定模型时以农药使用量作为被解释变量,以人均国内生产总值(人均 GDP)和人均农业总产值分别表征经济增长作为解释变量。EKC 曲线可能存在 U 型、倒 U 型、N 型和倒 N 型等多种形式,设定模型的基本函数形式如下:

$$PE_t = c + \beta_1 PGDP_t + \beta_2 PGDP_t^2 + \beta_3 PGDP_t^3 + \varepsilon_t \quad t = 1,2,\cdots,14 \tag{1}$$

$$PE_t = c + \beta_1 PAGO_t + \beta_2 PAGO_t^2 + \beta_3 AGO_t^3 + \varepsilon_t \quad t = 1,2,\cdots,14 \tag{2}$$

上式中,PE_t 为我国第 t 年的农药使用量;$PGDP_t$ 为第 t 年的人均 GDP,$PAGO_t$ 为第 t 年的人均农业总产值,这两个变量分别作为解释变量,用来衡量经济增长;c 为常数项;β_1、β_2、β_3 为模型参数;ε_t 为随机扰动项。模型估计时,分别估计包含与不包含三次项的方程,以便选择拟合优度更好的方程形式。

可以根据模型参数的符号对农药使用量与人均 GDP 的关系进行判定:若 $\beta_1 \neq 0, \beta_2 = \beta_3 = 0$,则二者呈现线性关系;若 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 = 0$,则二者呈现倒 U 型二次曲线关系;若 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 = 0$,则二者呈现 U 型二次曲线关系;若 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0, \beta_3 > 0$,则二者呈现 N 型三次曲线关系;若 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 < 0$,则二者呈现倒 N 型三次曲线关系;若 $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ 时,则二者无关。

根据式(1)和式(2),可以计算出倒 U 型曲线的拐点是:

$$PGDP^* = PAGO^* = -\beta_1 / 2\beta_2 \tag{3}$$

可以计算出倒 N 型曲线的拐点是:

$$PGDP^* = PAGO^* = \frac{-2\beta_1 2 \pm \sqrt{(2\beta_2)^2 - 12\beta_1\beta_3}}{6\beta_3} \tag{4}$$

(二)数据来源

本文选取 2000—2013 年我国农药使用量、人均 GDP 和人均农业总产值的时间序列数据对农药使用与经济增长的环境库兹涅茨曲线(EKC)进行验证。之所以选择人均 GDP 和人均农业总产值,而非总量值,是因为人均值更能反映真实收入水平变化以及对环境质量的需求偏好。其中,我国农药使用量数据来自《中国环境统计年鉴》,人均 GDP 和人均农业总产值的数据来自《中国统计年鉴》。由于统计年鉴中人均 GDP 和人均农业总产值的数据都按当年价格计算,为了消除通货膨胀的影响,需要利用人均国内生产总值和农业总产值进行处理,将其折算成以 2000 年为基期的不变价。

(三)结果与分析

本文采用 Eviews7.0 软件对 2000—2013 年我国农药使用量与人均 GDP 以及农药使用量与人均农业总产值之间的关系分别进行了计量模型估计。

1. 农药使用量与人均 GDP 的估计结果

由表 1 可见,农药使用量与人均 GDP 的二次和三次模型拟合程度相似,原因可能在于时间序列较短。由于三次模型的一次项系数不显著,最终选择二次模型。估计结果显示,农药使用量与人均 GDP 之间存在显著的倒 U 型曲线关系,R^2 和调整后 R^2 均高于 0.99,各系数都通过了 1% 的显著性检验,对 EKC 具有充分的解释力。也即,我国农药使用与经济增长的 EKC 确实存在。该模型的拟合方程为:

$$PE = 64.80907 + 0.008773GDP - 1.64E-07GDP^2 \tag{5}$$

表1　2000—2013年我国农药使用量与人均GDP的估计结果

		二次回归		三次回归	
	变量	系数	t值	系数	t值
参数估计	c	64.80907***	12.52028	104.0418***	7.827636
	PGDP	0.008773***	12.43754	0.000403	0.146014
	PGDP2	-1.64E-07***	-7.555098	3.84E-07*	2.154336
	PGDP3	-	-	-1.12E-11**	-3.086493
模型检验	R^2	0.991694		0.995747	
	调整后 R^2	0.990184		0.994470	
	F值	656.7068		780.3356	
	DW统计量	0.822878		1.137090	

注:***、**、*分别代表1%、5%和10%的显著性水平。

根据式(3)可以计算出该倒U型曲线的拐点出现在人均GDP为26747元处。这说明人均GDP达到26747元之前,农药使用量随着经济增长而增加;当人均GDP达到并超过26747元之后,农药使用量随着经济增长而减少。2000—2013年,我国人均GDP(2000年不变价)由7857.7元增加到25089.6元,均低于26747元。因此,我国尚未达到倒U型曲线的拐点,仍处于EKC的左半段(图1)。但是,2013年我国人均GDP已经接近拐点值。按照2000—2013年人均GDP的平均增速9.4%计算,2014年我国人均GDP(2000年可比价)为27437元,已经超过倒U型曲线的拐点。也即2014年之后我国的农药使用量已经随着人均GDP的增加下降。

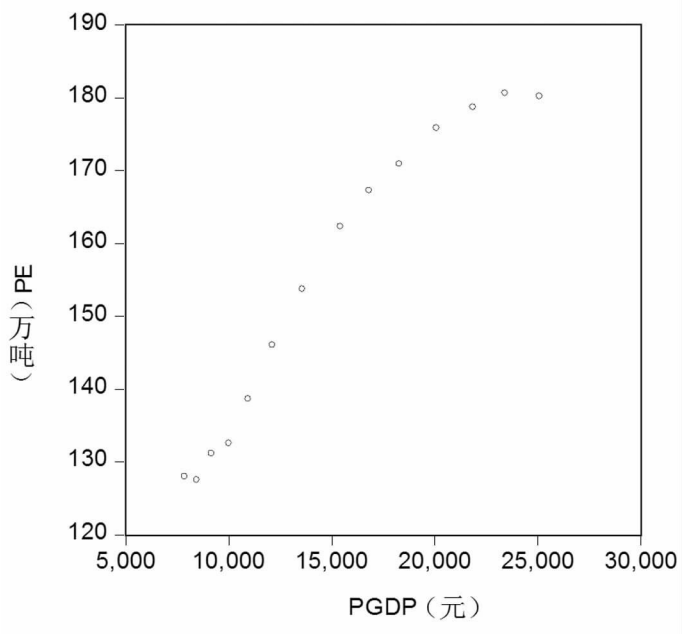


图1　2000—2013年我国农药使用量与人均GDP散点图

2.农药使用量与人均农业总产值的估计结果

由表2可见,农药使用量与人均农业总产值的二次和三次模型拟合程度也基本相似,R^2都在0.98以上。但是,三次模型的一次项系数未通过显著性检验,最终选择二次模型。估计结果显示,农药使用量与人均农业总产值之间存在显著的倒U型曲线关系,R^2和调整后R^2均高于0.98,各系数都通过了1%的显著性检验,对EKC具有充分的解释力。也即,我国农药使用与农业经济增长的EKC存在。该模型的拟合方程为:

$$PE = -137.1085 + 0.330069GDP - 8.44E-05GDP^2 \quad (6)$$

表 2　2000—2013 年我国农药使用量与人均农业总产值的估计结果

		二次回归		三次回归	
	变量	系数	t 值	系数	t 值
参数估计	c	-137.1085***	-3.607601	772.0746***	4.617964
	PGDP	0.330069***	6.069794	-1.625763	-0.538327
	PGDP2	-8.44E-05***	-4.424768	0.001298***	5.138700
	PGDP3	-	-	-3.21E-07***	-5.477099
模型检验	R^2	0.983285		0.995821	
	调整后 R^2	0.980245		0.994567	
	F 值	323.5376		794.3059	
	DW 统计量	1.002974		1.935698	

注：***代表 1% 的显著性水平。

根据式(3)可以计算出该倒 U 型曲线的拐点出现在人均农业总产值 1955 元处。这说明人均农业总产值达到 1955 元之前，农药使用量随着农业经济增长而增加；当人均农业总产值达到并超过 1955 元之后，农药使用量随着农业经济增长而减少。2000—2013 年，我国人均农业总产值(2000 年不变价)由 1094.6 元增加到 1779.7 元，均低于 1955 元。因此，我国尚未达到倒 U 型曲线的拐点，仍处于 EKC 的左半段(图 2)。但是，2013 年我国人均农业总产值都已经接近拐点值。按照 2000—2013 年人均农业总产值的平均增速 3.8% 计算，2017 年我国人均农业总产值(2000 年可比价)为 2068 元，将超过倒 U 型曲线的拐点。也即 2017 年之后我国的农药使用量将随着人均 GDP 的增加下降。

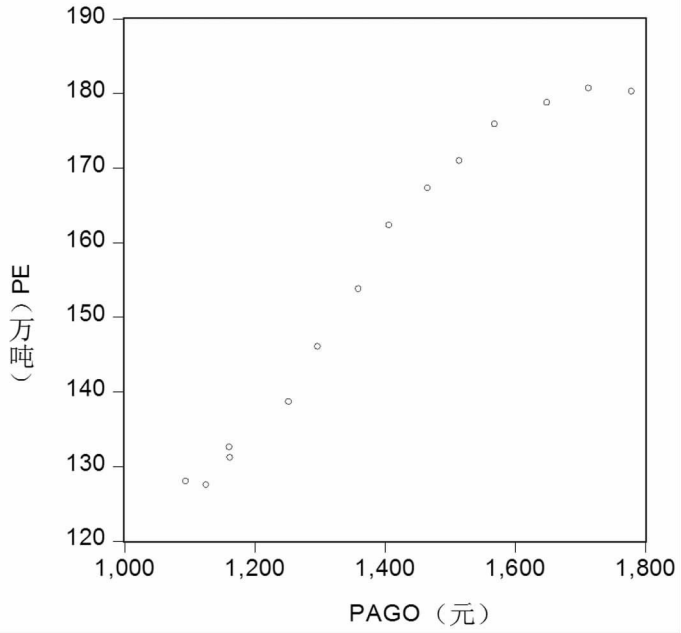


图 2　2000—2013 年我国农药使用量与人均农业总产值散点图

(三)结果分析与讨论

2000—2013 年我国农药使用量、人均 GDP、人均农业总产值的实证分析表明，我国化肥使用量与人均 GDP 和人均农业总产值表征的经济增长之间都存在着典型的倒 U 型曲线关系，即 EKC 关系存在。并且我国仍处于 EKC 的左半段，表明农药使用量还处于上升阶段，但是上升趋势已趋于平稳。需要注意的是，尽管按照 2000—2013 年人均 GDP 和人均农业总产值的平均增速计算，2014

年和2017年我国分别达到倒U型曲线的拐点,但是并不意味着我国已经进入或即将进入EKC的右半段。一方面,EKC及其拐点的估计值仅仅是对经验数据的描述而非预测;另一方面,农药使用量随着经济增长而下降也不会自动发生,农业生产活动、环境政策和施药技术等都会对EKC的形状和趋势产生影响。此外,气候变化导致病虫害多发、粮价下跌导致经济作物种植面积扩大等不确定性都可能引起农药用量的上升。2014年我国农药使用量184.3万吨,比2013年增加2.3%,已经表明我国农药使用量不会完全按照EKC曲线预测的那样进入拐点。我国农药减量之路任重道远。

我国农药使用量随着经济增长而增加的原因众多,主要包括:(1)耕地复种指数高。随着我国人口总量增加、城镇人口比重上升、居民消费水平提高和农产品工业用途拓展,我国农产品需求呈现刚性增长态势。受资源约束和供求压力,我国土地复种指数高,南方地区一年多熟、黄淮海地区一年两熟、长城以北一年一熟。为了实现农产品增产,只能多使用农药。(2)用药多的蔬菜、果树及设施农业的种植面积增加。2000—2013年,我国蔬菜、茶园、果园的种植面积由2526万公顷增加到3574万公顷,占农作物总播种面积的比重由16.2%增加到21.7%。与粮食作物相比,蔬菜瓜果类作物对农药的依赖性更大。这些作物的大面积种植使得我国农药使用量不断增加。(3)高效用药技术推广受限。受杀虫效果不佳、农民生产习惯等因素影响,统防统治、精准施药、绿色防控等高效施药技术推广难,农药超范围、超剂量使用问题仍然大量存在。近年来,我国先后禁用了甲胺磷等33种高毒农药,提出了农药使用量零增长目标,使得农药使用量上升势头趋缓。

四、结论与启示

基于环境库兹涅茨理论,本文利用2000—2013年国家层面的时间序列数据,验证我国农药使用量与经济增长的环境库兹涅茨曲线,分析农药使用量增加的原因。研究结果表明,农药使用量与人均GDP和人均农业总产值表征的经济增长之间都存在着典型的倒U型曲线关系,也即随着经济增长,农药使用量先上升后下降。按照2000—2013年人均GDP和人均农业总产值的平均增速计算,2014年和2017年我国分别达到农药使用量与经济增长倒U型曲线的拐点,但这不能成为农业经济发展"先污染,后治理"的借口。这是因为农药过量使用导致农业面源污染和生态环境破坏,面源污染治理和生态环境修复的成本很高,而且有些环境污染和退化不可逆,付出高昂的成本也无法治理和恢复。

要实现我国农药使用量的零增长甚至负增长,需要加强农药减量控害的相关政策创设以及加大减药增效技术的推广力度。一方面,加大重大病虫统防统治、低毒生物农药使用、防治组织植保机械的补贴力度,建设覆盖重点区域、重点作物的病虫监测网络;另一方面,推广高效低毒低残留农药和新型高效植保机械,推进绿色防控和统防统治,采用静电喷雾等先进施药技术,科学使用农药,提高农药利用率。此外,还应该结合各地区的资源禀赋,调整各农作物的种植结构和各地区的农业结构。

[责任编辑:文　惠　jdxbwenhui@163.com]