

四川省农业面源污染与农业增长的实证分析

于骥 蒲实 周灵

【摘要】农业面源污染对农业经济可持续发展造成极大破坏,如何合理利用农业资源,减少追求经济快速增长对农业生态环境的破坏,促进农业生产转型升级成为亟待解决的问题。本文选取四川省1997~2014年农业方面的相关数据,运用环境库兹涅茨曲线分析农村面源污染要素与农业经济增长之间的内在耦合关系,得出化肥、农用薄膜和农药的面源污染与农业生产总值符合EKC曲线的拟合结果,并得出农业面源污染2011~2012年间达到拐点,说明四川省传统农业向现代农业的转型已经进入新阶段,但仍未形成面源污染与农业发展的脱钩关系。根据实证检验结果,择定具有针对性的农业面源污染的规制政策,通过技术创新和制度创新的双轮驱动,实现四川省农业经济增长与环境质量之间的协调发展。

【关键词】农业 面源污染 环境 库兹涅茨曲线 环境规制

【中图分类号】F323.22 **【文献标识码】**A

【文章编号】1003—7470(2016)—09—0056(05)

【作者】于骥 副教授中国民航飞行学院四川广汉 618307

蒲实 副研究员国家行政学院北京市 100089

周灵 副研究员成都市社会科学院四川成都 610023

随着我国农村经济的迅速发展,农业产业化进程的加快,农村生态系统不断遭到破坏,农业的污染问题也日益显现。农业生产活动造成的环境污染主要是由于农业生产过程中不合理的农药、化肥和农膜过量施用,形成从地下水、地表水、土壤到空气的立体交叉污染,对环境质量、气候变化和人体健康产生严重危害,这种污染源广泛分散、没有明确位置,被称为面源污染,对农业面源污染的控制比对畜禽粪便排放、农田废弃物处置所形成位置明确的点源污染的控制更加困难。我国的农业面源污染主要来自于化肥、农用薄膜和农药三个方面,大量的施用既带来了农业增产、推动了农业生产化的快速发展,也造成农业面源污染愈发严重,直接关系到农业乃至整个社会的经济可持续发展。我国在化肥投入方面普遍存在忽略化肥施用时间和方式、不考虑土壤状况、不了解不同农作物的需求,导致施肥过高、肥料流失严重等问题;农用薄膜属于有机化学聚合物,自然条件下难以降解,大量的农膜在土壤中积累,造成土壤硬化,阻碍了农作物正常生长造成减产;农药的大量施用与流失,导致农作物受到污染,特别是其残留会留到水体中,对水环境造成极大破坏。广泛的面源污染造成农业资源与环境严重破坏,直接影响农产品质量和农民收入,同时也破坏了农村居住环境,影响了农业可持续发展的基础。如何合理利用农业资源,减少追求经济快速增长对农业生态环境的破坏,促进农业生产

转型升级成为亟待解决的问题。本文对农业面源污染与农业经济增长的关系进行分析，以四川省作为研究对象，挖掘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，准确把握四川经济增长过程中的农业面源污染演变规律，从而择定具有针对性的农业面源污染的规制政策。

一、相关理论综述

关于农业面源污染与农业经济增长之间关系研究是基于环境与经济增长关系理论研究基础之上的。从 20 世纪 70 年代中期开始，以 Stiglitz(1974)、Solow(1974)、Baumol(1986) 等为代表的众多学者，在 Solow 的新古典经济增长模型中引入自然资源环境要素，将环境因素纳入经济增长的投入要素，以分析在资源环境约束下，经济增长能够可持续的条件。20 世纪 90 年代开始，Shafik and Bandyopadhyay(1992)、Panayotou(1993) 等人在通过对经济增长速度与环境污染程度的实证研究后，认为经济增长与环境污染水平之间呈倒 U 形关系。普林斯顿的经济学家 Grossman and Krueger(1995) 在对 66 个国家的污染物 12 年的变动情况进行研究时，发现大多数污染物的变动趋势与人均收入水平的变动趋势呈倒 U 型关系，因此在 1995 年他们发表的文章中提出了环境库兹涅茨 (EKC) 的假说。环境库兹涅茨曲线假说提出后，众多研究者从多个视角对该曲线进行解释，Lopez(1994)、Chichilinsky(1994)、Bovenberg & Smulders(1995) 等人将环境作为生产要素的新古典增长模型考察在生产过程中最优增长问题，从供给方面来探讨资源可耗竭性对经济增长的制约性；Selden & Song 使用 Forster(1973) 的增长污染模型，认为人们的消费水平和环境污染程度之间存在倒 U 型曲线关系，只有社会资本增长到一定水平后，才会对控制环境污染进行投资。由于经济高速增长引起的严重的环境污染，需加速增加控制环境污染的投资，抵消经济增长造成的环境污染。

关于面源污染与经济增长的关系的理论研究多集中于工业面源污染方面，大量实证研究显示二者呈现倒 U 型的环境库兹涅茨关系，近年来的研究开始涉足农业面源污染与经济增长之间的关系。

Selden(1994)、Antler(1995)、Holtz-Eakin(1995)、McConnell(1997)、Chapman(1998) 等人从理论与实证分析得出农业面源污染与经济发展之间具有显著的倒 U 型曲线关系。国内学者也对农业面源污染与农业经济增长做了全面的研究，刘扬(2009) 以 31 个省市的化肥施用债，杜江，刘渝(2009) 以农用化学品（农药和化肥）投入，李海鹏(2009) 选取各省化肥投入密度、农药投入密度、畜禽粪尿排泄物密度，贾卫国(2010) 以化肥施用世、农用塑料薄膜作为度量农业面源污染排放的指标，对我国农业面源污染与经济增长关系进行了实证分析，研究结果总体符合“倒 U 型”的环境库兹涅茨曲线关系。在此基础上，葛继红、周曙东运用江苏省 1978~2009 年数据对农业面源污染的经济影响因素进行实证分析，研究表明农业经济规模扩大、农业结构中养殖业比重上升和种植业比重下降等因素会增加农业面源污染物排放 M，但农业技术进步以及农业面源污染治理政策的实施却能够有效降低农业面源污染物排放量。这说明农业经济增长与环境质量相互协调是可以实现的。

综上，关于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是否符合环境库兹涅茨曲线的倒 U 型特征上，结论多符合此特征，但由于地区特征、污染物指标选择和其他投入要素影响也存在一定的不确定性。因此，本文将基于环境库兹涅茨理论构建模型，以四川省的相关农业面源污染要素

作为污染排放最指标，研究四川省农业面源污染与经济增长之间的函数关系，并根据结果制定更具针对性的政策建议。

二、模型与数据

1. 模型建立

国内外学者在对 EKC 的形式设立上都进行过不同的尝试，大多数研究都证明环境污染与经济增长存在二次多项式的函数关系，即指环境压力随着人均收入的提高而增加到一定水平后，环境压力随着收入提高而下降。根据已有研究，本文的基本计量模型设定为：

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 Y_t + \beta_2 Y_t^2 + \mu_t \quad (1)$$

(1) 式中 P_t 为研究区第 t 年各类面源环污染物数量，不同污染物采用不同数量单位表示； Y_t 为研究区第 t 年农业经济发展水平，本文采用农业总产值衡量； β_0 、 β_1 分别为参数， μ_t 为随机误差量。当 $\beta_1 \neq 0, \beta_2 = 0$ 时，表明农业面源污染与农业经济增长之间呈线性关系；当 $\beta_1 > 0, \beta_2 < 0$ 时，表明农业面源污染与农业经济增长之间呈“倒 U 型”曲线关系，即符合环境库兹涅茨假说；当 $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0$ 时，表明农业面源污染与农业经济增长之间呈“正 U 型”曲线关系。倒“U”型曲线转折点（即污染物数量达到极大值时所对应的农业发展水平）可以通过对 (1) 式一阶求导得到：

$$Y_t = -\beta_1 / 2\beta_2 \quad (2)$$

(2) 式中 Y_t 为农业环境污染达到转折点时所对应的农业经济发展水平，本文用地区农业生产总值来衡量。

2. 指标选择与数据来源

本文使用时间序列数据对(1)式进行拟合,以验证四川省农业生产是否符合环境库兹涅茨假说,根据我国农业生产的特征,农业面源污染主要来源于农业生产中的化肥、农用塑料薄膜和农药的使用。化肥、农膜、农药的过景施用造成的农产品安全问题日显突出,严重影响了人们生活以及农产品出口,制约了农业产业的快速健康发展。为了分析四川省农业环境污染与经济增长的关系,本文选取农业实际生产总值(以1997年为基准)作为反映该地区农业经济增长的指标,选取化肥、农用塑料薄膜和农药的使用量作为反映环境污染强度的指标。数据来源于1997~2014年《中国统计年鉴》和《中国农业统计年鉴》。农业经济增长变量和各农业污染变M的单位及表示符号为:Y代表实际农业生产总值,单位为亿元;HF表示化肥施用撤,笨位为万吨;BM表示农用塑料薄膜使用《,单位为万吨;NY表示农药使用*,单位为万吨。

三、实证研究结果分析

利用四川省1997~2014年间农业生产和农业污染物数据,利用stata软件分别对(1)式进行(OLS)回归,结果如表1所示。

表1 回归结果

变 量	系 数	(1)	(2)	(3)
		化肥使用量	薄膜使用量	农药使用量
常数项	β_0	151.3398	1.606608	4.468668
Y	β_1	0.0885064*** (9.06)	0.0083036*** (5.77)	0.0017086*** (4.88)
Y ²	β_2	-0.0000187*** (-6.90)	-1.53e-06** (-4.19)	-4.12e-07*** (-4.98)
R ²		0.94	0.87	0.51
DW 值		0.75	0.31	1.18
F 值		175.84	93.2	12.63

注:()内为t值,*表示在10%的水平上显著,**表示在5%的水平上显著,***表示在1%的水平上显著。

1. 化肥使用量与农业经济增长的EKC验证对四川省化肥使用M和农业实际生产总值之间关系进行OLS估计,回归结果(1)显示农业实际生产总值的一次项系数为正,并在1%的水平上显著,其二次项系数为负,并在1%的显著性水平上拒绝了系数为零的假说,说明四川省农业化肥使用量与农业经济增长之间存在“倒U型”关系(如图1所示),符合环境库兹涅茨假说。这表明随着农业总产值的增加

，化肥的使用 M 也在增加，但是每单位产出所需的化肥 M 增加的幅度是递减的，即化肥的对产出的边际贡献是递减的，这一推论符合库兹涅茨环境倒 U 型假说，也与四川省的实际相符合。

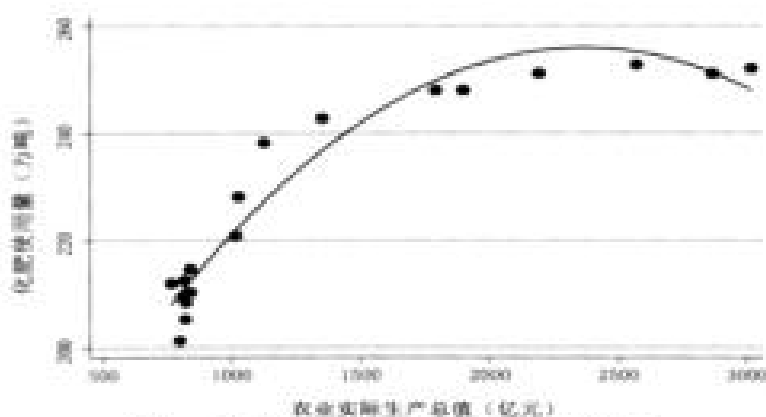


图1 四川省农业实际生产总值与
化肥施用量的拟合图

根据 (2) 式可以计算出倒“U”型曲线转折点，即化肥施用量达到极大值所对应的四川省农业实际生产总值：

$$Y_1 = -\beta_1 / 2\beta_2 = 2366.48$$

2010 年四川雀的农业实际生产总值为 2069.33 亿元，2011 年的农业生产总值为 2454.26 亿元，可见化肥的施用量在 2011 年已达到转折点，即四川化肥施用 M 和农业生产总值之间存在 2011 年后出现下降，即随着农业生产总值的进一步上升，化肥施用量开始减少的趋势。

2. 农用塑料薄膜使用量与农业经济增长的 EKC 验证

对四川省农用塑料薄膜使用量和农业实际生产总值之间关系进行 OLS 估计，回归结果 (2) 显示农业实际生产总值的一次项系数为正，二次项系数为负，且都在 5% 的水平上显著。其二次项系数为负，并在 5% 的显著性水平上拒绝了系数为零的假说，说明四川省农用薄膜与农业经济增长之间存在“倒 U 型”关系（如图 2 所示），符合环境库兹涅茨假说。这表明随着农业总产值的增加，化肥的使用 M 也在增加，但是每单位产出所需的化肥 M 增加的幅度是递减的。

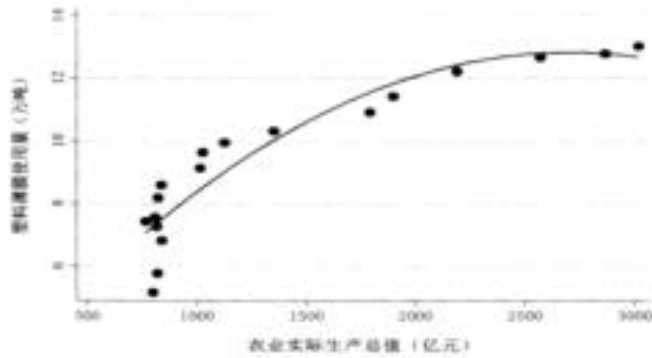


图2 四川省农业实际生产总值与农用塑料薄膜使用量拟合图

根据(2)式可以计算出倒“U”型曲线转折点，即农膜施用量达到极大值所对应的四川省农业实际生产总值：

$$Y_1 = -\beta_1 / 2\beta_2 = 2713.59$$

2011年四川省的农业实际生产总值为2454.26亿元，2012年为2764.90亿元，农膜EKC的转折点为2713.59亿元，可见在2012年末农膜污染已到最高污染量，2012年后出现下降，即随着农业生产总值的进一步上升，农膜使用量开始减少的趋势。

3. 农药使用量与农业经济增长的EKC验证以四川省农药使用量为因变M，以四川省农业实际生产总值为自变量，对(1)式进行OLS回归，回归结果(1)显示农业实际生产总值的一次项系数为正，并在1%的水平上显著，其二次项系数为负，并在1%的显著性水平上拒绝了系数为零的假说，说明四川省农业农药使用M与农业经济增长之间存在“倒U型”关系(如图3所示)，符合环境库兹涅茨假说。这表明随着农业总产值的增加，农药的使用量也在增加，但是每单位产出所需的农药增加的幅度是递减的，即化肥的对产出的边际贡献是递减的，这一推论符合库兹涅茨环境倒U型假说，也与四川省的实际相符合。

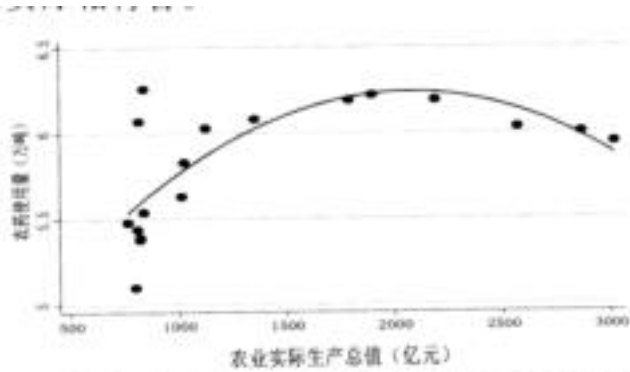


图3 四川省农业实际生产总值与农药使用量的拟合图

根据(2)式可以计算出倒“U”型曲线转折点，即农药施用量达到极大值所对应的四川省农业实际生产总值：

$$Y_1 = -\beta_1 / 2\beta_2 = 2073.54$$

2010年四川省的农业实际生产总值为2069.33亿元，2011年为2454.26亿元，农药EKC的转折点为2073.54亿元，可见在2011年农药的污染已到最高污染量，四川省因农药使用而引起的农业面源污染开始呈减少趋势。

四、结论与政策建议

从四川省农业发展与农业面源污染EKC曲线拟合结果看，化肥、农膜和农药的使用M与农业经济发展的相关系数均为0.94、0.87和0.51，表明经济发展—农业面源污染EKC曲线的模拟结果较好，农业生产过程中的面源污染排放量与经济增长呈现显著的倒U型关系，随着农业经济的发展，农业面源污染的水平增速趋缓并逐步得到改善。2010年之前，化肥、农膜和农药的高强度投入在推动农业经济快速增长的同时，农业面源污染的水平也越来越高，污染在很长时间内保持继续上升的趋势，面源污染日趋严重，存在着超过农业生态阈值的风险，如不加强有效规制，农业面源污染会日趋严重。随着政府环境政策的干预力度的加强、农户的环境保护意识提高，以及相应的环境技术创新的采用，在2011~2012年间，四川省的三种主要的农业面源污染水平达到了峰值，随后出现了随着农业生产总值的提高面源污染水平呈现缓慢下降的态势。EKC曲线的模拟结果表明四川省农业面源污染水平已经超越拐点处于倒U曲线左侧，说明四川由传统农业生产方式向现代农业生产方式的转型已经进入新阶段，长期依赖污染品大量投入的增长方式初步得到改变，绿色农业发展迈开了新步伐。但数据显示，污染水平的下降速度缓慢，经济发展与面源污染水平还存在明显相关性，政府还需制定相关环境规制政策来控制农业面源污染，通过可选择规制政策，激励并转变农业生产者改变原有造成面源污染的生产生活方式，促使经济增长与农业面源污染朝着脱钩方向发展，保证农业生产总值增加的同时降低农业对化学用品的依赖性环境规制政策的根本目标。因此要解决我国农业面源环境污染的问题，必须从单纯的

减少污染物排放本身转向为兼顾环境质量改善与农业产出增长双重目标，这不仅需要宏观机制上加快农业结构的调整，同时也需要从微观机制上将农业污染的外部影响内部化，改变传统农业生产模式，提高农资使用效率，通过技术创新和制度创新的双轮驱动，实现降低面源污染与农业增长相互协调的目的。

针对四川省农业发展面临着转型升级，具体政策建议如下：

一是宏观上，加快农业产业结构调整.推进农业产业升级，改变传统通过增加农产品数和提高农产品价格来增加农户和农业企业收入的方式，适应农产品消费结构的变化，提高农产品质量和档次，发展名特优新产品，在不增加农业面源污染的情况下，提高农业生产的经济效益；建立健全生态环境补偿机制，加大对农业环境保护的财政支持，积极筹措资金，重点落实相关环境转移支付和专项转移支付补助政策，提高对农业环境保护的支持力度；构建完备的农业面源污染管控体系，明确污染阈值，加强监测，确定以经济激励为主、行政管制为辅的管控方式，推进社会参与机制，完善农业面源污染控制法规建设。

二是微观上，积极发挥政府的作用，借鉴发达国家经验，控制设计有效的农业面源污染的政策工具，较为严重的面源污染通过命令控制型工具进行管控，小而分散的面源污染通过市场激励型工具进行引导。加强环境友好型农业技术的研发与推广工作，鼓励科研院所提高环境技术创新能力及创新产品转化.推广成熟的农药化肥的使用技术，提高施用效率，鼓励采用高效、长效、低残留的化肥、农药产品，建立相应的农用残膜回收机构、残膜处理加工厂，大力推广废旧塑料制品的综合利用技术。通过相关协会或专业组织对农民进行农业技术培训、环保意识教育，对采用先进环保技术的农民实施财政补贴，使外部性被权责化。

参考文献:

(1) Shafik N, Bandyopadhyay S. Economic Growth and Environmental Quality: Time —Series and Cross —Country Evidence [R]. World Bank Policy Research Working Paper- No. 904, 1992.

(2) Panayotou T. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development [R]. ILO Technology and Employment Program Working Paper, No. 238, 1993.

(3) Grossman G, Krueger A. Economic Growth and the Environment [J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, (02).

(4) Forster, B. A. Optimal capital accumulation in a Polluted Environment [J]• Southern

Economy, 1973, (04).

(5) 葛继红, 周曙东·农业面源污染的经济影响因素分析——基于 1978~2009 年的江苏省数据 [J]·中国农村经济, 2011, (05).