

DOI: 10.12357/cjea.20230240

刘明玉, 肖海峰. 农业要素市场化对农业面源污染的影响效应——兼议环境规制的调节作用[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2024, 32(3): 518–528

LIU M Y, XIAO H F. Effect of agricultural factor marketization on agricultural non-point source pollution: the regulatory role of environmental regulation[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2024, 32(3): 518–528

农业要素市场化对农业面源污染的影响效应^{*} ——兼议环境规制的调节作用

刘明玉, 肖海峰^{**}

(中国农业大学经济管理学院 北京 100083)

摘要: 本文探讨了农业市场化改革背景下, 农业要素市场化对农业面源污染的影响效应、作用机制以及环境规制在其中的调节作用。基于 2004—2020 年中国省级(不含港澳台、西藏)面板数据, 构建了动态面板模型, 并运用差分广义矩阵及调节效应模型进行分析。研究结果表明: 1) 农业要素市场化对面源污染呈现倒“U”型的动态演化特征; 2) 机制分析表明, 农业要素市场化通过种植结构效应、化学品投入效应和经营规模效应间接影响面源污染, 具体而言, 农业要素市场化对“非粮化率”和化肥投入强度存在倒“U”型影响, 对人均经营规模的影响在市场化程度较高的后期显著为正; 3) 环境规制在“非粮化率”和化肥投入强度的传导机制中具有显著的负向调节作用, 对经营规模与面源污染之间的传导关系不存在显著调节效应。因此, 本文提出要进一步发挥市场化改革对农业污染治理的长效机制, 立足农业面源污染治理“规模效应”“结构效应”和“投入品效应”的路径依赖, 构建“政府—市场”双轨运行机制, 以实现农业生态环境的改善和农业可持续发展。

关键词: 农业要素市场化; 环境规制; 种植结构; 化学品投入; 经营规模; 农业面源污染

中图分类号: F323.22

Effect of agricultural factor marketization on agricultural non-point source pollution: the regulatory role of environmental regulation^{*}

LIU Mingyu, XIAO Haifeng^{**}

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This study aims to explore possible ways to mitigate agricultural non-point source pollution from the perspective of source management and market-oriented reforms in agriculture. Based on China's provincial-level (excluding Hong Kong, Macao, Taiwan, and Xizang) panel data from 2004 to 2020, a dynamic panel model was constructed, and based on the theory of externality, the differential generalized matrix estimation method was applied to explore the impact effect and transmission mechanism of agricultural factor marketization on non-point source pollution, to further analyze whether there is a moderating role of environmental regulation in the transmission mechanism. Analysis of the impact effects showed the following: 1) The marketization of agricultural factors presented an inverted “U”-shaped dynamic evolution characteristic of non-point source pollution, which initially increased and subsequently decreased. 2) The analysis of the mechanism showed that the marketization of agricultural factors indirectly affected the non-point source pollution through its effects on planting structure, chemical inputs, and the scale of operation. In particular, the ef-

^{*} 农业农村部 and 财政部项目 (CARS-39-22) 资助

^{**} 通信作者: 肖海峰, 主要从事农产品市场与政策研究工作。E-mail: haifengxiao@cau.edu.cn

刘明玉, 主要从事农产品市场与政策研究工作。E-mail: lmy0102@cau.edu.cn

收稿日期: 2023-05-05 接受日期: 2023-10-08

^{*} This study was supported by the Project of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs and the Ministry of Finance (CARS-39-22).

^{**} Corresponding author, E-mail: haifengxiao@cau.edu.cn

Received May 5, 2023; accepted Oct. 8, 2023

fect of marketization of agricultural factors on “non-food rate” and fertilizer input intensity was in an inverted “U” shape, and the effect of the per capita scale of operation exhibited no significant effect on the early stage of marketization but demonstrated a significantly positive effect on the later stage of marketization. 3) The environmental regulation had a significant negative moderating effect on the transmission mechanism of “non-food rate” and fertilizer input intensity and did not exhibit a moderating effect on the transmission relationship between scale of operation and non-point source pollution. Therefore, this study recommends further leveraging the impact of market-oriented reform within the long-term mechanism of agricultural non-point source pollution management. This process is based on the path-dependence of the “scale effect” “structural effect”, and “input effect” of agricultural non-point source pollution management, as well as the role of market-oriented reform within the long-term mechanism of managing agricultural non-point source pollution, based on the path-dependence of the “scale effect” “structural effect” and “input effect”. Based on these parameters, this study appears to further play the role of market-oriented reform on the long-term mechanism of agricultural non-point source pollution management and build a dual-track operation mechanism of “government-market” to improve agro-ecological environment and ensure sustainable agricultural development.

Keywords: Marketization of agricultural factors; Environmental regulation; Planting structure; Chemical input; Scale of operation; Agricultural non-point source pollution

40多年来,中国经历了从高度集中的计划经济向市场经济的转变,并在市场化改革的道路上不断深化。近年来,为构建更加完善的要素市场化配置体制机制,政府相继发布了《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》《关于新时代加快完善社会主义市场经济体制的意见》和《要素市场化配置综合改革试点总体方案》等政策文件,大力推进土地、劳动力和资本等要素的市场化改革。随着农业要素市场化改革的深入推进,农民逐渐获得了更大的土地经营权和流转权,可以更加灵活地配置土地资源。劳动力市场的改革也为农民提供了更多就业机会和收入来源,减轻了农村劳动力过剩的问题。此外,资本市场的开放和金融服务的改善也为农业提供了更多的融资渠道和金融支持,促进了农业现代化和技术创新。

实践证明,以市场为导向的农业生产改革已经取得了显著成效,有效促进了要素和产品的合理流动,提高了农业竞争力,并为农业生产带来了高速增长^[1-3]。1978—2021年间,中国粮食产量从30476.5万t增长到了68284.7万t,增长了1.24倍。然而,农业快速发展的同时也带来了许多环境问题,其中农业面源污染问题尤为突出。据《2021年中国生态环境统计年报》显示,2020年全国废水中化学需氧量排放量为2564.8万t,其中农业源排放量为1593.2万t,占比高达62.1%,成为了影响水环境质量的首要因素。虽然以“量”为代表的农业增长是连续的,但这种增长建立在高投入、高污染的基础上,不可持续问题凸显,亟需改变。因此,全面推行环境友好型农业绿色发展模式,促进农业增长方式转型升级,成为新时代背景下中国农业发展面临的首要难题。

如何有效治理农业面源污染一直是政府和学术

界关注的问题。一方面,农业环境的外部性决定了政府干预的必要性^[4]。中国政府一直很重视农业面源污染的防治工作,党的十八大以来,政府相继出台了《农业面源污染治理与监督指导实施方案(试行)》《“十四五”全国农业绿色发展规划》《农业农村污染治理攻坚战行动方案(2021—2025年)》等一系列相关政策文件,有效推进了农业面源污染的治理,为推进绿色农业发展提供了有力支持。另一方面,随着市场化改革的深入,农业生产方式发生了根本性的改变,对环境也产生了重要影响^[5-6]。众多学者对市场化与环境污染的关系进行了探索,有学者认为,市场机制对要素的配置有利于提升农业资源的配置效率^[7],增强农业经营者的自主性,从而有利于减少农业污染^[8-10]。然而也有学者认为市场机制带来的农业高效生产、规模扩张和资源消耗,导致了“市场失灵+政府失灵”的“双重负外部性”,加剧了环境污染^[11-12]。研究结果的不一致表明市场机制对农业污染的影响是非常复杂的,虽然很难确定哪种结论更为准确,但是农业市场化对农业污染影响的重要作用是不可忽视的。

现有文献为本文的研究奠定了一定的基础,但仍有以下不足。第一,现有文献大都停留在农业市场化这一总体层面^[13-14],农业市场化是指农产品的生产、流通和价格形成等环节逐渐实现市场化运作^[15],农业要素市场化是指农民对土地、劳动力和资本等要素进行市场化配置和运作的过程,它是农业市场化的基础和核心,对农业污染的影响也更为直接^[16-17]。农业要素市场化涉及土地、资金、劳动力等多个维度,由于测度的复杂性以及相关数据获取的困难性,系统深入分析农业要素市场化对农业污染的文献十分缺乏。第二,鲜有研究将市场机制与环境规制纳

入统一框架下分析其对农业污染的影响,现有文献多关注环境规制对污染的防治作用^[18-21],市场机制与环境规制具有互补性,在市场改革深化的背景下,环境规制发挥的效用如何仍有待分析。第三,现有研究多基于微观数据或截面数据对特定区域、特定年份展开研究^[4,8],这样的研究无法揭示宏观层面上的发展规律,也缺乏对时间连续性的考虑。

农业要素市场化与农业面源污染之间的关系,以及环境规制在两者间如何发挥作用,将直接影响到农业的绿色低碳发展。鉴于此,本文尝试在构建农业要素市场化测度指标的基础上,构建动态面板模型,运用差分广义矩阵(GMM)估计方法,探讨农业要素市场化对面源污染的影响效应及传导机制,并基于外部性理论,进一步分析环境规制在传导机制中是否存在调节作用,以期为深化农业发展市场化改革与促进农业绿色转型升级提供理论支撑与政策支持。

1 理论分析与研究假说

1.1 农业要素市场化对面源污染的影响效应分析

农业要素市场化是指通过市场机制对土地、劳动力、资本等要素进行调节和交换的过程。在中国,农业要素市场化改革是农业发展和农村经济转型的重要组成部分,经历了由低到高逐渐完善的过程,对农业生产资源配置效率^[7,19]和农业经营环境^[22-23]都产生了深刻的影响,进而影响农业污染的排放。在较低的农业要素市场化水平下,农民的农业生产活动受到限制和约束,资源配置和生产方式相对固定,在追求短期利益的驱动下,农民通常采用传统的农业生产方式,如大剂量地施用化肥和农药。这些行为可能导致环境问题的恶化,如土壤侵蚀、农药残留和水体污染,进而增加农业面源污染。然而,随着农业要素市场化的发展和提高,资源在农业部门的流通将变得更加充分和高效。农民将获得更多机会和选择权,能够根据市场需求和价格信号优化资源配置,采取更环保的农业生产方式^[24]。较高水平的农业要素市场化将鼓励农民进行技术创新和知识更新,采用更可持续的农业模式,从而减少农业面源污染的排放。故本文提出如下假设:

H1: 农业要素市场化会对面源污染具有显著的倒“U”型影响。

1.2 农业要素市场化对农业面源污染影响的传导机制分析

农业要素市场化会对农业面源污染产生影响,

那么这一影响的传导机制到底如何?根据农户行为理论,农户的行为选择是一个系统化的决策过程,其行为会受到市场经济与资源约束的共同影响。市场化条件下土地、劳动力、资本等要素的流动和配置发生变化,随着生产要素成本和产品市场价格的波动,农户生产约束条件发生了变化,农户会不断修正经营目标与生产行为,以实现经营收益最大化。在农户的生产决策中,首先会考虑“种什么”,这反映在种植结构效应中,其次还会考虑“如何种”,这包括如何投入生产要素以及种多大面积。因此,考虑农户经营决策的不同以及不同经营决策对面源污染的差异性,本文主要从经营规模效应、种植结构效应及投入品效应3方面分析农业要素市场化对农业面源污染影响的传导机制。

1) 经营规模效应。农业要素市场化对经营规模有显著影响。市场机制促进了农业生产要素市场化流动,增强了农民在生产经营中的自主权,提高了土地流转效率和非农就业机会,从而有利于提高农业经营规模^[25]。此外,资本市场化为农民提供了更多的资金支持和灵活运用机会,也有助于扩大经营规模。在大规模农业生产中,农户更加注重投入产出效应,标准化管理可以降低成本、提高效率、减少污染^[22]。同时,规模效率的提升可以提高农业效益,降低农民对粗放式农业生产方式的依赖程度,从而增强农民的环境保护意识。据此,本文提出如下假说:

H2: 农业要素市场化促进经营规模扩大,并降低面源污染。

2) 种植结构效应。市场对农业生产要素的配置还会通过改变种植结构来影响面源污染。粮食作物和非粮食作物的劳动生产率 and 经济效益存在显著差异,在市场价格机制的作用下,大量原本种植粮食的农民,由于受种粮利润或土地流转成本的影响,转入土地后更愿意选择从事瓜、蔬、花、果等非粮作物的生产^[23,26],从而导致粮食种植面积的减少,加速了农业的“非粮化”进程^[21]。蔬菜、水果等非粮化产业较之粮食种植而言,其周期大大缩短,但对化肥、农药、种子、农膜等多类农资的投入需求直线上升^[27],并且导致土地的生态服务能力降低,增加土壤侵蚀和水土流失等问题,加剧农业面源污染的产生^[28]。据此,本文提出如下假说:

H3: 农业要素市场化促使“非粮化率”提高,并加剧面源污染。

3) 化学品投入效应。农业要素市场化会对化学

品投入强度产生影响,而化学品投入是面源污染的主要来源。劳动力市场化提供了大量的非农就业机会,提高了农业劳动的机会成本,使得农业劳动力大量减少,在劳动力数量短缺的情况下,农户逐渐选择种植耗费劳动力较少的作物,而使用化学品可以有效提高这些作物的产量,从而产生化学品替代效应^[29]。此外,土地流转与土地使用成本的增加,可能会导致农户道德风险的增加,农户在使用化学品时往往不愿意考虑土地的长期效应,而更注重短期效应从而加大化学品投入强度^[30]。长期来看,市场化进程有助于推动企业研发和绿色技术的应用,也可能会提高化学品的使用效率,从而降低化学品的投入强度。据此,本文提出如下假设:

H4: 农业要素市场化对化学品投入强度呈倒“U”型关系,并影响面源污染。

1.3 环境规制的调节作用

环境规制会对农业要素市场化与面源污染之间的关系产生调节作用。首先,从环境规制对化学品投入强度的影响来看,环境规制会显著降低化学品的投入强度,如化肥使用量零增长行动就旨在通过

科学施肥、推广生态农业等措施,控制化肥使用量,降低农业生产对环境的负面影响。其次,从对种植结构的影响来看,环境规制同样会对农户种植结构产生引导作用,环境规制政策的实施会加强对农药、化肥、种子等使用的限制和规范,促使农民更加谨慎地选择种植方式,避免使用有害物质,并且鼓励农民通过实行多样种植、轮作套作等方式,达到农业生产的可持续发展目标,从而引导种植结构向更加环保、健康的方向发展。最后,从对经营规模的影响来看,环境规制中对土地使用和灌溉水源开发的限制会提高农业污染治理成本,并抑制农业规模的扩大,进而影响农业污染的排放。据此,本文提出如下假设:

H5: 环境规制会减弱化学品投入强度和“非粮化率”对面源污染的加剧效应,并削弱经营规模对面源污染的减排效应。

总之,农业要素市场化主要通过经营规模、种植结构和化学品投入强度来影响面源污染,并且环境规制在这些影响中可能存在调节作用,核心变量的影响机制如图1所示:

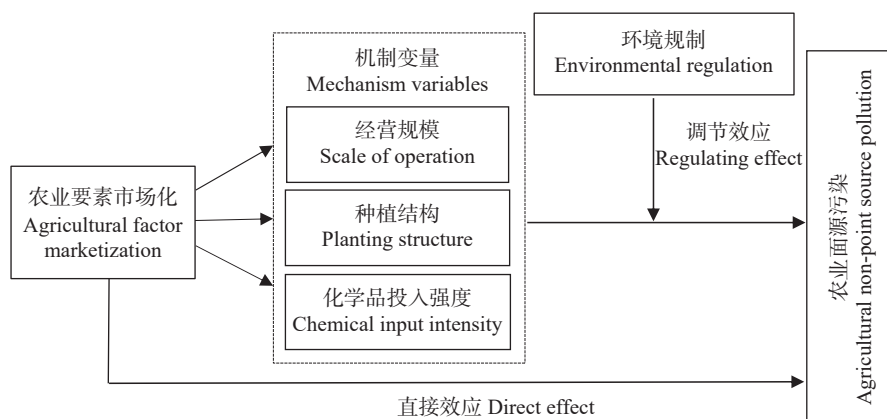


图1 核心变量对农业面源污染的影响机制

Fig. 1 Mechanism of influence of core variables on agricultural non-point source pollution

2 模型设计及变量说明

2.1 模型设计

1) 基准模型设定,考虑到面源污染一般具有显著的“路径依赖^[31]”,建立动态面板模型检验农业要素市场化对农业面源污染的影响。

$$\text{pol}_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \times \text{pol}_{i,t-1} + \alpha_2 \times \text{agr}_{i,t} + \alpha_3 \times \text{agr}_{i,t}^2 + \alpha_4 \times \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: i 和 t 分别表示 i 省和第 t 年; pol 和 agr 分别表示农业面源污染水平和农业要素市场化水平; Control 表示控制变量,考虑到与农业污染较为紧密的影

响因素,加入了农业人均产值、复种指数与农业受灾程度作为控制变量; μ_i 和 $\varepsilon_{i,t}$ 分别表示个体固定效应和随机扰动项; α_0 、 α_1 、 α_2 、 α_3 和 α_4 表示待估参数。

2) 拓展模型设定,根据前文的理论分析,农业要素市场化可以通过经营规模、种植结构和化学品投入强度来影响农业面源污染,且环境规制存在调节作用。设定检验模型如下:

$$M_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{agr}_{i,t} + \beta_2 \times \text{agr}_{i,t}^2 + \beta_3 \times \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\text{pol}_{i,t} = \varphi_0 + \varphi_1 \times \text{pol}_{i,t-1} + \varphi_2 \times \text{agr}_{i,t} + \varphi_3 \times \text{agr}_{i,t}^2 + \varphi_4 \times M_{i,t} + \varphi_5 \times \text{Control}_{i,t} + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中: M_{it} 表示待考察的一组中介变量, 依次为人均种植面积、种植结构和化学品投入强度; env_{it} 表示 i 省第 t 年的环境规制强度; $M_{it} \times env_{it}$ 为中介变量与环境规制的交叉项; β_0 、 β_1 、 β_2 、 β_3 、 φ_0 、 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 、 φ_4 和 φ_5 为待检验参数。

2.2 核心变量测度及说明

1) 因变量: 农业面源污染水平 (pol)。农业生产中所使用的化肥、农药、农用塑料膜等, 是农业面源污染的主要来源。因此, 本文借鉴王宝义等^[32]的研究方法, 采用化肥中的氮磷损失量、农药的无效使用量以及农膜残留量来表征农业面源污染水平。计算方法是相应指标的量乘以相应系数, 相关系数参考《第一次全国污染源普查——农业污染源 肥料流失系数手册》。在核算 3 类农业污染源排放量的基础上, 采用熵值法将 3 类污染指标赋权后加总合并为 1 项综合指标, 并去除单位量纲保证可比性。

另外, 回归模型估计结果的科学性与指标测算密切相关。考虑到熵值法是基于信息熵原理进行赋权的方法, 使用熵值法计算的面源污染水平可能对模型回归的准确性产生潜在影响。为了检验回归结

果的稳健性, 参考姜松等^[33]的研究以及联合国人类发展指数以及经济脆弱度指数的权重处理方式, 对不同层面的农业污染源进行均等赋值, 即用化肥、农药和农用塑料膜等化学要素投入总量的均值来表示农业面源污染的平均水平, 并用于模型的稳健性检验。

2) 核心自变量: 农业要素市场化水平 (agr)。在我国, 农业要素市场化是一个复杂的过程, 涉及到农业土地制度改革、劳动力市场化、金融市场化等多个领域的改革, 其内核是让市场机制自由调节资源配置和价格形成, 促进农业生产效率和竞争力的提高, 推动农业现代化进程的一种经济体制改革。因此, 本文参考戴晓春^[34]、杨肃昌等^[9]的研究构建衡量农业生产要素市场化的指标, 从劳动、资本和土地 3 个方面选取 6 个指标来测度我国农业要素市场化水平 (表 1), 并通过熵值法赋权, 以年份为单位逐年综合测算, 值越大表明该地区农业要素市场化水平越高。考虑到不同程度农业要素市场化水平对面源污染的影响可能不同, 在各模型中引入了该指标及其平方项进行考察。

表 1 农业要素市场化评价指标体系
Table 1 Agricultural factor marketization evaluation index system

一级指标 First-order index	二级指标 Secondary-order index
农业劳动要素市场化 Marketization of agricultural labor elements	主要农作物单位面积雇工天数($d \cdot hm^{-2}$)和工资性收入占农村居民人均可支配收入的比重(%) Days of employment per unit area for major crops ($d \cdot hm^{-2}$) and proportion of wage income per capita to disposable income per capita of rural residents (%)
农业土地要素市场化 Marketization of agricultural land elements	主要农作物单位面积流转地租金 Rent per unit area of transferred land for major crops ($¥ \cdot hm^{-2}$)
农业资本要素市场化 Marketization of agricultural capital elements	农村住户固定资产投资占全社会固定资产投资的比重(%), 主要农作物每亩租赁服务费($¥ \cdot hm^{-2}$)和农林水事务支出占地方财政支出的比重(%) Proportion of fixed asset investment of rural households in total social fixed asset investment (%), rental service fee per unit area of major crops ($¥ \cdot hm^{-2}$), and proportion of expenditure on agriculture, forestry and water conservancy affairs in local government expenditure (%)

主要农作物包括早籼稻(*Oryza sativa* L.)、中籼稻、晚籼稻、粳稻、小麦(*Triticum sativum* L.)、玉米(*Zea mays* L.)、大豆[*Glycine max* (L.) Merr.]、棉花(*Gossypium* spp.)、花生(*Arachis hypogaea* L.)、油菜(*Brassica napus* L.)、苹果(*Malus pumila* Mill.)、柑(*Citrus japonica* Thunb.)和桔(*Citrus reticulata* Blanco.); 租赁服务费包括机械作业费、排灌费和畜力费。Major crops include early indica rice (*Oryza sativa* L.), middle indica rice, late indica rice, japonica rice, wheat (*Triticum sativum* L.), maize (*Zea mays* L.), soybean [*Glycine max* (L.) Merr.], cotton (*Gossypium* spp.), peanut (*Arachis hypogaea* L.), rapeseed (*Brassica napus* L.), apple (*Malus pumila* Mill.), citrus (*Citrus japonica* Thunb.) and mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco.), and the rental service fee includes machinery operation fee, drainage and irrigation fee and animal power fee.

3) 工具变量 (mar)。考虑指标测量方法对估计结果准确性的潜在影响, 本文尝试采用工具变量法缓解由于测量误差带来的偏误。鉴于农业要素市场化指标的综合性及复杂性, 即使更换计算方法, 仍然无法完全避免数据处理中可能存在的“伪回归”问题。农业要素市场化本身是整个市场化改革进程的一部分, 与市场化进程具有高度的相关性, 而市场化进程并不直接影响农业面源污染。因此, 本文参考郭爱君等^[35]研究, 选择了中国市场化指数课题组王小鲁

等测量的全国市场化进程指数及其滞后项作为农业要素市场化水平的工具变量。

4) 农业经营规模 (sca)。选取各地区耕地面积及种植业劳动力人数的比值, 即农业人均耕地面积来反映农业经营规模。

5) 种植结构 (str)。本文选用非粮食作物面积占主要农作物播种面积的比值, 即“非粮化率”的变化来反映农业种植结构的变化。

6) 化学品投入强度 (fer)。化肥、农药、农膜是

面源污染的重要来源。《中国统计年鉴》表明, 2019年中国化肥使用折纯量为6880万t, 农药施用量为360万t, 农膜使用量为230万t, 化肥占3种化学品使用总量的92.10%。此外, 考虑全部化学品投入相关数据获取的困难性, 本文将化肥作为农业化学品代理变量, 并用化肥折纯量与农作物总播种面积比值($t \cdot hm^{-2}$)表示农业化学品投入强度^[36]。

7) 环境规制(env)。由于环境规制强度变量的相关数据难以获得且数据质量相对较差, 学界尚未就该指标的测定方法达成一致。本文重点研究环境规制对面源污染的防治效果, 针对农业面源污染的治理, 主要有源头防控和末端技术治理两种方式^[37]。由于农业面源污染末端排放隐蔽分散, 当前治理的重点是在可控的投入端进行规制^[18]。因此, 本文借鉴已有文献的做法^[18,38], 基于指标完善性和可得性的考虑, 采用当年环境污染治理投资额与地区农业生产总值的比重来衡量环境规制强度。

8) 其他控制变量。在上述核心解释变量的基础上, 本文加入了与农业污染较为紧密的其他变量, 主要为农业受灾率(aff)、人均农业产值(gdp)(以2004年为基期进行消胀处理)、复种指数(mic)。对可能存在的其他遗漏变量, 主要通过差分GMM进行克服。

2.3 数据来源

本文选择了中国30个省份(不包括西藏、香港、澳门、台湾)在2004—2020年间的面板数据。由于2004年是我国农业新政的起始年, 国务院发布了

《中共中央 国务院关于促进农民增收若干政策的意见》, 提出了一系列具体措施, 以促进农业、农村和农民的全面发展, 推进农业现代化和农村经济转型升级, 中国农业从此进入了一个全新的发展阶段, 因此以2004年为起点进行研究比较符合发展背景。数据主要来源于历年《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》等一系列公开数据库, 部分缺失数据用插值法补全。

3 结果与分析

3.1 基准回归及稳健性检验

表2为农业要素市场化对面源污染影响的基准回归及稳健性检验。其中模型1为静态固定效应估计结果, 初步探究要素市场化与农业面源污染的关系。模型2为以市场化进程及其滞后项为工具变量的固定效应估计结果。模型1和模型2的结果均显示, 农业要素市场化在静态模型中对面源污染具有倒“U”型影响。模型3为动态面板差分GMM的估计结果, 该结果表明农业面源污染的滞后项具有显著的正向影响, 说明农业污染确实存在明显的“路径依赖”。模型4为替换被解释变量为均等赋权法测算的面源污染估计结果, 模型5为去除了北京、天津、上海、重庆4个直辖市的估计结果。从5个模型的估计结果来看, 核心变量的系数方向一致, 表明估计结果较稳健, 最终结果分析以模型3为准。

由模型3的回归结果可知, 农业要素市场化对农

表2 农业要素市场化对面源污染影响的基准回归及稳健性检验

Table 2 Benchmark regression and robustness test of the effect of agricultural factor marketization on agricultural non-point source pollution

	模型1 Model 1 (pol)	模型2 Model 2 (pol)	模型3 Model 3 (pol)	模型4 Model 4 (apol)	模型5 Model 5 (pol)
L.pol			1.185*** (4.05)		1.197*** (2.62)
L.apol				0.901*** (885.89)	
agr	0.363*** (4.32)	4.294** (2.15)	1.112** (2.37)	0.378*** (4.61)	1.081*** (2.78)
agr ²	-0.491*** (-4.65)	-5.683* (-1.65)	-0.872* (-1.76)	-0.334*** (-4.36)	-0.949** (-2.00)
控制变量 Control variable	控制 Controlled	控制 Controlled	控制 Controlled	控制 Controlled	控制 Controlled
n	510	510	450	450	390
R ²	0.960	0.963			
拉格朗日乘数检验 Lagrange multiplier test		54.518***			
F		65.666			
自回归滞后2阶检验 Autoregressive lag 2nd order test			0.754	0.138	0.258
萨根检验 Sargan test			0.312	0.281	0.020
汉森检验 Hansen test			0.391	0.401	0.710

括号内为检验的t值或z值; *, **, ***分别表示在10%、5%和1%水平显著; pol和apol分别表示熵权法和均等赋值法测算的农业面源污染水平, L.pol、L.apol分别表示其对应的滞后项; agr和agr²分别表示农业要素市场化水平及其平方; n表示样本数。The corresponding t value or z value is in parentheses; *, ** and *** represent that the test is significant at levels of 10%, 5% and 1%, respectively; pol and apol represent the agricultural non-point source pollution measured by entropy weight and equalization assignment methods, respectively, and L.pol and L.apol are their corresponding lag terms; agr and agr² are agricultural factor marketization and their squared terms, respectively; n represents sample size.

业面源污染的影响具有明显的“倒U”型变化趋势。在市场化初期,农业要素市场化会显著提高农业生产要素的交易便利性,如化肥、农药等,这可能会导致农民在追求高产量的过程中盲目增加化学品的使用量,加剧农业面源污染的产生。同时,在市场化水平较低的情况下,生产者可能会忽视环境污染的外部成本,使得农业污染问题得不到有效治理。但随着市场制度的深化和市场化水平的提高,农业要素市场化对减少农业污染的作用将会逐渐显现。在高水平市场化条件下,生产者将更注重环保和资源节约,因为这些因素将直接影响他们的市场地位和生产效益。农业生产的竞争力取决于生产成本和产品质量,而资源节约是降低生产成本的重要方式,同时

绿色生产方式也能提高产品质量,从而提升农业市场地位和生产效益。此外,农业要素市场化还可以提高资源配置的效率,提高农业生产的竞争力,促进农业向高质量、低污染的生态友好型方向发展,推动农业生产方式的转型升级,并进一步降低农业污染的产生。

3.2 机制分析

由前文理论分析可知,农业要素市场化会通过化学品投入效应、经营规模效应及种植结构效应间接影响面源污染。从表3可以看出,化肥投入强度、人均经营规模、“非粮化率”的滞后项均显著为正,说明农户的生产经营方式同样具有较强的路径依赖。

表3 农业要素市场化对面源污染传导机制的检验结果

Table 3 Test results of the marketization of agricultural factors on the transmission mechanism of agricultural non-point source pollution

	模型6 Model 6 (fer)	模型7 Model 7 (sca)	模型8 Model 8 (str)
L.fer	1.254*** (15.70)		
L.sca		0.001*** (5.67)	
L.str			0.952** (2.16)
agr	1.038** (2.44)	0.040 (0.29)	3.410*** (2.63)
agr ²	-1.226** (-2.28)	0.425*** (3.62)	-4.646*** (-2.94)
控制变量 Control variable	控制 Controlled	控制 Controlled	控制 Controlled
<i>n</i>	450	450	450
自回归滞后2阶检验 Autoregressive lag 2nd order test	0.083	0.010	0.034
萨根检验 Sargan test	0.619	0.405	0.849
汉森检验 Hansen test	0.576	0.176	0.334

括号内为检验的 t 值或 z 值; fer、sca和str分别表示化学投入品强度、农业经营规模和种植结构, L.fer、L.sca和L.str分别表示相应指标的滞后项; agr和agr²分别表示农业要素市场化水平及其平方项; n 表示样本数; **和***分别表示在5%和1%水平显著。The corresponding t value or z value is in parentheses; fer, sca and str represent chemical input intensity, agricultural operation scale, and planting structure, respectively, and L.fer, L.sca, and L.str are lagged terms of chemical input intensity, agricultural operation scale, and planting structure, respectively; agr and agr² are agricultural factor marketization and their squared terms, respectively; n represents sample size; ** and *** represent that the test is significant at levels of 5% and 1%, respectively.

首先,农业要素市场化对化肥投入强度的影响先增后减。在较低水平的市场化条件下,化肥增量效应显著,这主要是因为市场机制让农户获得化肥更为便利,同时农业劳动力的大量转出,化肥的“替代效应”得到验证。但随着市场化程度的增强,农业生产方式也在不断创新,在现代化的农业生产方式中,农户可能采用精准施肥技术、有机肥替代化肥等先进技术手段,有效提高了化肥的利用效率,从而达到了化肥减量的效果。

其次,农业要素市场化对人均经营规模影响并不显著,但其平方项对人均经营规模的影响显著为正。在农业要素市场化刚开始的阶段,由于市场的不成熟以及农民的观念和能力等问题,农业生产要素的流转和配置仍然受到很大的限制,大部分农民仍然以自给自足或小规模的家庭农场为主,人均

经营规模并没有太大的变化。随着市场的逐渐成熟和农民的市场化意识逐渐增强,农业生产要素的流转和配置逐渐加速,农民可以通过市场获得更多的生产要素,如租用土地、招聘劳动力、借贷等等,进而扩大生产规模。

最后,农业要素市场化对“非粮化率”的影响先增后减。市场机制的作用使得土地、劳动力、资本等要素的价格和配置更加灵活和高效,农民更愿意投入生产高附加值、高收益的经济作物,如水果、蔬菜、花卉等,而不是传统的粮食作物,这导致经济作物的种植比例增加。随着市场化水平的提高,经济作物种植面积占比会减少,这可能的原因是随着市场化程度的加深,伴随着经济发展和城市化进程的加速,土地资源的压力也越来越大,促使农业产业结构调整,一些地区可能会逐渐减少经济作物的种植

面积, 转而发展生态农业、有机农业等高附加值的农业产业, 以提高农业的可持续性和竞争力。

3.3 环境规制的调节效应检验

表4模型9~模型11是在其他变量一致的情况下, 依次对环境规制及其与化肥投入强度、人均经营规模、“非粮化率”的交互变量进行检验。从回归结果来看, 在考虑了环境规制在传导机制中的调节作用后, 农业要素市场化对面源污染的影响整体仍呈现倒“U”型趋势。

对环境规制的调节效应分析显示, 环境规制对化肥投入强度和“非粮化率”的影响产生了调节效应, 且

交互项均显著为负。可能的原因在于环境规制一方面直接限制了化肥的使用, 同时也通过鼓励农业生产者采用可持续的农业生产方式(如促进生态种植、增加生态补偿、鼓励轮作休耕等)来影响种植结构。虽然环境规制在农业经营中发挥着重要作用, 但对农户经营规模的调节效应并不明显。这可能是因为环境规制并非直接影响农户经营规模的原因, 农业经营规模的扩大主要受其他经济因素的影响, 例如土地资源、技术水平和市场需求等。因此, 农业要素市场化会通过经营规模对面源污染产生影响, 但环境规制与经营规模的交互项对面源污染的影响并不显著。

表4 环境规制对农业要素市场化影响机制的调节效应检验

Table 4 Test of the moderating effect of environmental regulation on the influence mechanism of agricultural factor marketization

	模型9 Model 9 (pol)	模型10 Model 10 (pol)	模型11 Model 11 (pol)
L.pol	0.844*** (3.31)	1.365*** (8.30)	0.691*** (17.69)
agr	0.127* (1.67)	0.940*** (2.58)	0.865*** (2.64)
agr ²	-0.248*** (-2.74)	-0.919** (-2.27)	-1.139*** (-2.70)
env	-0.023** (-2.30)	0.078 (0.29)	-0.051 (-0.93)
fer	3.793*** (9.68)		
fer×env	-0.033*** (-5.34)		
sca		-0.004** (-2.03)	
sca×env		-0.001 (-0.31)	
str			0.360* (1.90)
str×env			-0.078** (-2.48)
控制变量 Control variable	控制 Controlled	控制 Controlled	控制 Controlled
<i>n</i>	450	450	450
自回归滞后2阶检验 Autoregressive lag 2nd order test	0.468	0.359	0.449
萨根检验 Sargan test	0.915	0.400	0.240
汉森检验 Hansen test	0.999	0.759	0.362

括号内为检验的*t*值或*z*值; pol和L.pol分别表示熵权法测算的农业面源污染水平及其对应的滞后项; agr和agr²分别表示农业要素市场化水平及其平方项; env、fer、sca和str分别表示环境规制、化学品投入强度、农业经营规模和种植结构; fer×env、sca×env、str×env分别表示化学品投入强度、农业经营规模、种植结构与环境规制的交乘项; *n*表示样本数; *, **和***分别表示在10%、5%和1%水平显著。The corresponding *t* value or *z* value is in parentheses; pol and L.pol represent the agricultural non-point source pollution measured by entropy weight and the corresponding lag term; agr and agr² are agricultural factor marketization and their squared terms, respectively; env, fer, sca and str represent environmental regulation, chemical input intensity, agricultural operation scale and planting structure, respectively; fer×env, sca×env and str×env respectively represent the cross term of chemical input intensity, agricultural operation scale, planting structure and environmental regulation, respectively; *n* represents sample size; *, ** and *** represent that the test is significant at levels of 10%, 5% and 1%, respectively.

4 讨论与结论

4.1 讨论

全面推行环境友好型农业绿色发展模式, 有效防治农业面源污染, 不仅是实现乡村振兴战略的重要任务, 也是应对全球气候变化和推动碳达峰与碳中和的关键措施。在农业市场化改革不断深入的背景下, 本文研究了农业要素市场化对农业面源污染的影响效应及其作用路径, 并进一步分析了环境规制对影响机制的调节效应。研究结果表明, 农业要素市场化对农业面源污染的影响呈现先增后减的倒“U”型效应, 在市场化程度较高的后期, 农业要素的

市场化配置对农业减排有显著的促进作用。这一结论可以在杨肃昌等^[9]以及杜雯翠等^[10]学者的研究中得到部分证实。农业要素市场化主要通过“规模效应”“结构效应”和“化学品投入效应”对农业面源污染产生影响, 揭示了农业要素市场化对农业污染排放的影响机制, 这一结论可以从刘琼等^[36]的研究中得到部分证实。此外, 环境规制有助于将环境的外部性问题内部化, 对“非粮化率”和化肥投入强度有显著的调节作用, 能有效缓解其对面源污染的正向关系, 这一结论与王建华等^[4]的研究结论相印证。相较于已有研究, 本研究可能的边际贡献在于: 一是将农

业市场化深入到了农业要素的层面,并揭示了其影响实现的机制。二是基于调节效应模型分析了环境规制在机制变量影响路径上的作用,创新性地分析了市场机制背景下环境规制政策的作用效果。

值得注意的是,从规模效应来看,农业要素市场化在水平较高的后期有助于促进经营规模的扩大,而经营规模的扩大有助于减少农业面源污染。在本文研究中,考虑到机制分析的复杂性和篇幅限制,并没有对经营规模进行二次项分析,因此对于经营规模对农业面源污染影响结果的分析仍需谨慎。虽然已有文献表明规模过大可能会加剧污染,但是在市场机制及环境规制的综合影响下其影响效应如何,仍需要更多的实证研究来深入探讨。从化学品投入强度和种植结构的影响效应来看,农业要素市场化对二者呈现先增后减的影响趋势,而当下环境规制有助于削弱化肥投入强度和“非粮化率”对面源污染的正向影响,同时可以促进农业要素市场化的影响更快地越过拐点,发挥对污染的减排作用。由此可见,政府政策在现有市场机制尚未健全的时期仍然是有效缓和“市场失灵”的手段,协调发挥“看得见的手”与“看不见的手”共同作用,对促进农业绿色转型具有重要意义。此外,本文着重关注的是生产端的要素市场化对农业污染的影响,然而在农业市场化的过程中,农产品流通的市场化也可能是影响面源污染的重要因素。农产品流通的市场化可能会通过市场价格的反向引导来促进生产方式的改革。囿于该因素测度的困难及其影响机制的复杂性,本研究通过控制人均农业产值这一综合性变量,并采用差分 GMM 模型回归,在一定程度上缓解了遗漏变量对估计结果的影响,但在后续的研究中,对这一问题的讨论仍有待深入和完善。

4.2 结论

1) 农业要素市场化对农业面源污染呈现倒“U”型影响,即在市场化程度较低时,农业要素市场化会加剧污染,随着市场化水平的提升,对污染的减排效果逐渐显现。

2) 农业要素市场化通过种植结构、化学品投入强度和经营规模间接影响面源污染。具体而言,农业要素市场化对“非粮化率”及化肥投入强度呈现倒“U”型影响,对人均经营规模的影响在市场化程度较高的后期显著。

3) 环境规制在“非粮化率”和化肥投入强度的影响机制中产生了显著的调节作用,有助于削弱其与面源污染之间的正向关系,环境规制对经营规模和

面源污染之间的关系基本没有影响。

本文的结论可为建设新时期农业绿色发展策略提供以下几点启示。第一,进一步深化要素配置的市场化改革,加快建立全国统一大市场,完善构建统一规范、竞争有序的农业要素市场,引导人力资源、科学技术、金融资本向绿色农业生产方式聚集,发挥市场在农业生产资源配置上的“引擎”功能,充分释放市场机制在提升农业高质量发展中的制度红利。第二,立足农业面源污染治理“规模效应”“结构效应”和“投入品效应”的路径依赖,助力农业面源污染“源头防治”。农业要素市场化有助于促进农业适度规模发展,提高成本控制水平,从规模效率层面降低污染排放;同时,市场化有助于深化人才和资本在农业领域的流通,加强农业领域的信息共享和合作,可以加速农业生产技术的创新和应用,提高农业化学品利用效率;此外,市场具有强有力的竞争机制和流通效应,可以通过消费结构升级的引导作用,推动农业结构优化,让清洁农产品和环保绿色食品成为农业绿色发展的内生动力。第三,构建“政府—市场”双轨运行机制,加强政府的宏观调控和市场机制的有效运作,以实现农业生态环境的改善和可持续发展;在市场化水平并不完善的当下,依然需要充分发挥政府在宏观调控上的优势,通过环境规制加强对种植结构、化学品投入强度等方面的监管,来减少面源污染的产生,并促进农业要素市场化的影响更快地越过“顶点”,以发挥其对农业污染的减排效果。

参考文献 References

- [1] 郭韶伟, 唐成伟, 张昊. 农产品流通市场化与农业收入增长: 理论与实证[J]. *中国流通经济*, 2011, 25(11): 107–112
GUO S W, TANG C W, ZHANG H. The level of agriculture product market and agricultural income growth: the theory and positive analysis[J]. *China Business and Market*, 2011, 25(11): 107–112
- [2] BABECKÝ J, CAMPOS N F. Does reform work? An econometric survey of the reform-growth puzzle[J]. *Journal of Comparative Economics*, 2011, 39(2): 140–158
- [3] NIEHOF A. The significance of diversification for rural livelihood systems[J]. *Food Policy*, 2004, 29(4): 321–338
- [4] 王建华, 钊露露, 王缘. 环境规制政策情境下农业市场化对畜禽养殖废弃物资源化处理行为的影响分析[J]. *中国农村经济*, 2022(1): 93–111
WANG J H, TOU L L, WANG Y. The impact of agricultural marketization on livestock waste resource utilization in the context of environmental regulation policy[J]. *Chinese Rural Economy*, 2022(1): 93–111
- [5] OUEÐRAOGO M, ZOUGMORÉ R, MOUSSA A S, et al. Markets and climate are driving rapid change in farming

- practices in Savannah West Africa[J]. *Regional Environmental Change*, 2017, 17(2): 437-449
- [6] COLMAN D. Ethics and externalities: agricultural stewardship and other behaviour: presidential address[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 1994, 45(3): 299-311
- [7] BANDYOPADHYAY D, KING I, TANG X L. Human capital misallocation, redistributive policies, and TFP[J]. *Journal of Macroeconomics*, 2019, 60: 309-324
- [8] 孙会首, 黄贤金, 钟太洋, 等. 区域农业市场化发展对水土流失的影响——以江西省为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2004, 13(6): 573-578
- SUN H S, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. Farm-household's behavior response and soil and water losses on regional agricultural market liberalization —A case study of Jiangxi Province[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2004, 13(6): 573-578
- [9] 杨肃昌, 范国华. 农业要素市场化对农村生态环境质量的影响效应[J]. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2021, 20(4): 12-23
- YANG S C, FAN G H. The effect of marketization of agricultural factors on the quality of rural eco-environment[J]. *Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition)*, 2021, 20(4): 12-23
- [10] 杜雯翠, 张平淡, 朱松. 农业市场化、农业现代化与环境污染[J]. *北京理工大学学报(社会科学版)*, 2016, 18(1): 1-9
- DU W C, ZHANG P D, ZHU S. Agricultural marketing, agricultural modernization and environmental pollution[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2016, 18(1): 1-9
- [11] 温铁军, 程存旺, 石嫣. 中国农业污染成因及转向路径选择[J]. *环境保护*, 2013, 41(14): 47-51
- WEN T J, CHENG C W, SHI Y. Causes of agricultural pollution in China and the choice of turning path[J]. *Environmental Protection*, 2013, 41(14): 47-51
- [12] 温铁军. 资本过剩与农业污染[J]. *中国党政干部论坛*, 2013(6): 64-67
- WEN T J. Excess capital and agricultural pollution[J]. *Chinese Cadres Tribune*, 2013(6): 64-67
- [13] 高珊, 黄贤金, 钟太洋, 等. 农业市场化对农户种植效益的影响——基于沪苏皖农户调查的实证研究[J]. *地理研究*, 2013, 32(6): 1103-1112
- GAO S, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. Influence of agricultural marketization on farmers' planting benefit: an empirical study of Shanghai, Jiangsu and Anhui[J]. *Geographical Research*, 2013, 32(6): 1103-1112
- [14] 许经勇. 我国农业市场化改革的回顾与思考[J]. *财经问题研究*, 2008(7): 19-23
- XU J Y. Review and reflection on the reform of agricultural marketization in China[J]. *Research on Financial and Economic Issues*, 2008(7): 19-23
- [15] 陈宗胜, 陈胜. 中国农业市场化进程测度[J]. *经济学家*, 1999(3): 117-119
- CHEN Z S, CHEN S. Measurement of agricultural marketization process in China[J]. *Economist*, 1999(3): 117-119
- [16] 侯俊东, 吕军, 尹伟峰. 农户经营行为对农村生态环境影响研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(3): 26-31
- HOU J D, LV J, YIN W F. Effects of farmer households' production and operation behaviors on rural eco-environment[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(3): 26-31
- [17] 张兴旺, 孟丽, 杜绍明, 等. 关于信息化影响农业市场化问题研究[J]. *农业经济问题*, 2019, 40(4): 39-45
- ZHANG X W, MENG L, DU S M, et al. Research on informatization affecting agricultural marketization[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019, 40(4): 39-45
- [18] 秦天, 彭珏, 邓宗兵, 等. 环境分权、环境规制对农业面源污染的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(2): 61-70
- QIN T, PENG J, DENG Z B, et al. Environmental decentralization, environmental regulation and agricultural non-point source pollution[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(2): 61-70
- [19] 李谷成, 陈宁陆, 闵锐. 环境规制条件下中国农业全要素生产率增长与分解[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(11): 153-160
- LI G C, CHEN N L, MIN R. Growth and sources of agricultural total factor productivity in China under environmental regulations[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(11): 153-160
- [20] 解春艳, 黄传峰, 徐浩. 环境规制下中国农业技术效率的区域差异与影响因素——基于农业碳排放与农业面源污染双重约束的视角[J]. *科技管理研究*, 2021, 41(15): 184-190
- XIE C Y, HUANG C F, XU H. Regional disparity and influencing factors of agricultural technology efficiency in China: based on dual constraint of agricultural carbon and agricultural non-point source pollution[J]. *Science and Technology Management Research*, 2021, 41(15): 184-190
- [21] 石华平, 易敏利. 环境规制、非农兼业与农业面源污染——以化肥施用为例[J]. *农村经济*, 2020(7): 127-136
- SHI H P, YI M L. Environmental regulation, non-agricultural concurrent work and agricultural non-point source pollution — Taking fertilizer application as an example[J]. *Rural Economy*, 2020(7): 127-136
- [22] 梁志会, 张露, 张俊飏. 土地要素市场化配置对农户化肥用量的影响[J]. *资源科学*, 2022, 44(8): 1533-1544
- LIANG Z H, ZHANG L, ZHANG J B. Impact of the market-based allocation of farmland on farmers' chemical fertilizer input[J]. *Resources Science*, 2022, 44(8): 1533-1544
- [23] 李克乐, 杨宏力. 劳动力转移、土地流转和溢出效应对农户种植结构的影响[J]. *湖南科技大学学报(社会科学版)*, 2021, 24(5): 77-89
- LI K L, YANG H L. The impact of labor transfer, land transfer and spillover effects over the planting structure of farmers[J]. *Journal of Hunan University of Science & Technology (Social Science Edition)*, 2021, 24(5): 77-89
- [24] 张小蒂. 论市场化与环境保护的兼容性[J]. *管理世界*, 2003(2): 138-143
- ZHANG X D. On the compatibility of marketization and environmental protection[J]. *Management World*, 2003(2): 138-143
- [25] 张建雷. 中国农业规模化转型的动力机制及内在困境——

- 基于农民家庭发展的视角[J]. *开放时代*, 2023(1): 189–204, 9
ZHANG J L. The driving mechanism and internal difficulties of transformation to large-scale operation in Chinese agriculture: from the perspective of peasant family development[J]. *Open Times*, 2023(1): 189–204, 9
- [26] 王善高, 雷昊. 土地流转费用上涨对粮食生产的影响研究——基于种植结构调整、农作物品质调整和要素替代的视角[J]. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(7): 58–65
WANG S G, LEI H. The research on the impact of land transference costs rising on grain production—Based on the adjustment of planting structure, adjustment of crops and substitution of production factors[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(7): 58–65
- [27] 薛选登, 谷秀云. 非粮化对粮食绿色全要素生产率门槛效应研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2022, 43(7): 17–26
XUE X D, GU X Y. Research on the threshold effect of non-grain on grain green total factor productivity[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(7): 17–26
- [28] 丘雯文, 钟涨宝, 李兆亮, 等. 中国农业面源污染排放格局的时空特征[J]. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(1): 26–34
QIU W W, ZHONG Z B, LI Z L, et al. Spatial-temporal variations of agricultural non-point source pollution in China[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(1): 26–34
- [29] 胡浩, 杨泳冰. 要素替代视角下农户化肥施用研究——基于全国农村固定观察点农户数据[J]. *农业技术经济*, 2015(3): 84–91
HU H, YANG Y B. Study on chemical fertilizer application of farmers from the perspective of factor substitution — Based on the data of farmers in fixed observation points in rural areas of China[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2015(3): 84–91
- [30] 李博伟. 土地流转契约稳定性对转入土地农户化肥施用强度和环境效率的影响[J]. *自然资源学报*, 2019, 34(11): 2317–2332
LI B W. The effect of the stability of land transfer contract on the fertilization intensity and environmental efficiency of the farmer who transfers in land[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(11): 2317–2332
- [31] 揭昌亮, 王金龙, 庞一楠. 中国农业增长与化肥面源污染: 环境库兹涅茨曲线存在吗?[J]. *农村经济*, 2018(11): 110–117
JIE C L, WANG J L, PANG Y N. Agricultural growth and non-point source pollution of chemical fertilizer in China: does the environmental kuznets curve exist?[J]. *Rural Economy*, 2018(11): 110–117
- [32] 王宝义, 张卫国. 中国农业生态效率的省际差异和影响因素——基于1996–2015年31个省份的面板数据分析[J]. *中国农村经济*, 2018(1): 46–62
WANG B Y, ZHANG W G. Cross-provincial differences in determinants of agricultural eco-efficiency in China: an analysis based on panel data from 31 provinces in 1996–2015[J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(1): 46–62
- [33] 姜松, 周洁, 邱爽. 适度规模经营是否能抑制农业面源污染——基于动态门槛面板模型的实证[J]. *农业技术经济*, 2021(7): 33–48
JIANG S, ZHOU J, QIU S. Can appropriate scale operation restrain agricultural non-point source pollution? —Empirical study based on dynamic threshold panel model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(7): 33–48
- [34] 戴晓春. 我国农业市场化的特征分析[J]. *中国农村经济*, 2004(4): 58–62
DAI X C. Analysis on the characteristics of China's agricultural marketization[J]. *Chinese Rural Economy*, 2004(4): 58–62
- [35] 郭爱君, 张娜. 市场化改革影响绿色发展效率的理论机理与实证检验[J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(8): 118–127
GUO A J, ZHANG N. The effect of market-oriented reform on green development efficiency: a theoretical mechanism and empirical test[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(8): 118–127
- [36] 刘琼, 肖海峰. 农地经营规模与财政支农政策对农业碳排放的影响[J]. *资源科学*, 2020, 42(6): 1063–1073
LIU Q, XIAO H F. The impact of farmland management scale and fiscal policy for supporting agriculture on agricultural carbon emission[J]. *Resources Science*, 2020, 42(6): 1063–1073
- [37] 王一格, 王海燕, 郑永林, 等. 农业面源污染研究方法与控制技术研究进展[J]. *中国农业资源与区划*, 2021, 42(1): 25–33
WANG Y G, WANG H Y, ZHENG Y L, et al. Advances in research methods and control technologies of agricultural non-point source pollution: a review[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2021, 42(1): 25–33
- [38] 展进涛, 徐钰娇. 环境规制、农业绿色生产率与粮食安全[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(3): 167–176
ZHAN J T, XU Y J. Environmental regulation, agricultural green TFP and grain security[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(3): 167–176