

异质性环境规制工具 是否存在绿色生产的“马太效应”？

——来自规模化与非规模化生猪养殖场的经验证据

周月书 尹梓鉴*

摘要：环境规制带来的融资约束问题会影响其政策效果。本文基于 2020 年江苏省 22 个县(市、区)生猪养殖场的实地问卷调查数据,构建“政府-金融机构-养殖场”的三方演化博弈模型,实证分析约束型和激励型环境规制对不同规模养殖场绿色生产的影响。研究发现,约束型和激励型环境规制可以显著促进养殖场绿色生产,但对不同规模养殖场融资约束的影响存在差异,缓解规模化养殖场的融资约束,加剧非规模化养殖场的融资约束,进而对不同规模养殖场产生绿色生产的“马太效应”。异质性分析表明,约束型和激励型环境规制对不同场龄和不同产业结构地区养殖场绿色生产的影响有显著差异。进一步分析发现,两种工具中约束型环境规制对养殖场绿色生产的影响更大;环境规制政策对养殖场的经济效益和生物安全防控水平均存在提升效应。本文为改善环境规制带来的不平等问题提供了政策启示。

关键词：环境规制;融资约束;养殖业绿色生产;演化博弈;马太效应

中图分类号：F326.3

一、引言

“六畜兴,五谷丰”,养殖业是关系国计民生的重要产业,其高质量发展对乡村振兴起着至关重要的作用。2024 年 3 月 5 日,习近平总书记在参加十四届全国人大二次会议江苏代表团审议时强调,要牢牢把握高质量发展这个首要任务,因地制宜发展新质生产力。从新质生产力的角度来看,绿色发展是高质量发展的底色,新质生产力本身就是绿色生产力。然而,畜禽养殖污染作为农业面源污染的主要来源,其污染问题依然十分严峻。《第二次全国污染源普查公报》显示,畜禽养殖水污染物排放量中化学需氧量、总氮和总磷分别占农业源的 93.76%、42.14%和 56.46%。此外,畜禽养殖产生的氨气和硫化氢等有害气体

* 周月书,南京农业大学金融学院,邮政编码:210095,电子信箱:yszhou@njau.edu.cn;尹梓鉴(通讯作者),南京农业大学金融学院,邮政编码:210095,电子信箱:310653547@qq.com。

本文得到国家自然科学基金面上项目“数字化农业产业链金融运行机制与风险治理研究”(72173064)和中央高校基本科研业务费专项资金(2024SKCX012)的资助。感谢匿名审稿专家及编辑部的宝贵意见,作者文责自负。

体同样导致严重的空气污染问题(Pu et al., 2021)。为促进养殖业高质量发展、培育养殖业新质生产力,关键在于促进养殖业的绿色生产转型,推动养殖业绿色发展。

为控制畜禽养殖污染,促进畜禽养殖绿色转型,我国先后颁布了一系列法律文件。2013年国务院出台了我国首部农业农村环保行政法规《畜禽规模养殖污染防治条例》,指出推进粪污的无害化和资源化处理。2016年,原环境保护部办公厅和农业部办公厅印发《畜禽养殖禁养区划定技术指南》,指导各地划定畜禽养殖禁养区。2017年,《国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》提出到2020年,建立科学规范、权责清晰、约束有力的畜禽养殖废弃物资源化利用制度。“十四五”期间,畜禽养殖业环境规制进一步趋严,基于粪污减量化、资源化和无害化处理原则,对畜禽养殖的水体污染和大气污染减排问题提出了进一步要求。2022年,农业农村部出台《畜牧业“三品一标”提升行动实施方案(2022—2025)》,提出到2025年全国畜禽粪污综合利用率达到80%以上的目标。为实现上述目标,我国对养殖业实行了约束型和激励型的环境规制政策。其中,约束型环境规制政策反映了政府对养殖场环保的刚性约束,具体包括划分禁养区、限养区和适养区,对养殖场进行环保检查,对不符合环保要求的养殖场进行处罚、罚款或责令搬迁、关闭等。激励型环境规制包括对养殖场的绿色生产进行资助、补贴,对养殖场申请土地开展粪污资源化利用活动进行优先审批,以及绿色技术培训等。

然而,环境规制可能加剧养殖场的融资约束,阻碍其绿色转型。环保要求的提高意味着养殖场需要进行清洁技术和清洁设备的投资,融资需求增大。与融资需求扩大相对应的是,约束型环境规制趋严提高了养殖业风险,金融机构对生猪养殖场的新增贷款更加谨慎(张利率等, 2020)。相较于规模化养殖场,约束型环境规制下,非规模化生猪养殖场面临关停、搬迁和罚款的概率更高,使得金融机构对养殖场的信贷存在“规模偏好”,信贷供给排斥小规模养殖场。激励型环境规制中的补贴在一定程度上能缓解生猪养殖场的融资约束,但部分地区存在金融支持、财政补贴等政策的申领门槛设定过高的现象(李鹏程、王明利, 2020),补贴政策亦存在“规模偏好”。上述现实问题在带来环境规制政策效果不确定性的同时,也会对养殖场的绿色生产产生“马太效应”。生猪是中国肉类总量最多的畜种,生猪养殖的环境友好模式是养殖业高质量发展的内涵特征与现实需求(胡浩等, 2022),对于提升养殖业产业链水平、增强产业链竞争力均具有重要意义。那么,养殖业环境规制的政策效果究竟如何?约束型和激励型两种异质性环境规制工具如何影响生猪养殖场的融资约束和绿色生产?不同规模的生猪养殖场面对环境规制政策的冲击时响应是否一致?此问题的探讨,对于改善养殖业从业者的融资状况,促进养殖场的绿色生产以及提升养殖业新质生产力均具有重要意义。

本文的边际贡献如下:第一,相较于已有研究主要集中于养殖业环境规制的整体政策效应,本文更聚焦于异质性环境规制在不同规模养殖场中的政策效应差异。基于融资约束视角,实证检验约束型和激励型两种异质性环境规制工具对规模化和非规模化生猪养殖场绿色生产的影响,为环境规制的研究提供了新的经验证据。第二,构建“政府-金融机构-养殖场”三方演化博弈模型进行理论分析,揭示了异质性环境规制工具对规模化和非规模化生猪养殖场融资约束和绿色生产影响的内在机理。第三,探讨并检验了异质性环境规制工具对养殖场绿色生产的效果差异,进一步分析对养殖场经济效益和生物安全防控等方面的影响,拓宽了环境规制理论发展的微观研究。

二、文献综述

根据庇古等学者的经典理论,环境的公共物品特性及环境污染的负外部性使市场机制的调节作用失灵,从而必须借助政府的宏观调控与公共服务职能,对环境进行规制来减少环境污染。现有研究从前端治理和后端治理两个层面考察了农业源环境规制的影响。前端治理层面,环境规制的政策数量与粮食安全成正相关关系,且对农业绿色全要素生产率的影响存在显著的双重门槛效应(展进涛、徐钰娇,2019;马国群、谭砚文,2021),环保验收项目环保投资额与农业生产总值的比重越高,对农业面源污染的抑制作用越强(秦天等,2021)。末端治理层面多以农户个体对不同类型环境规制政策的感知程度衡量环境规制,研究环境规制对养殖行为的影响。Zeng 等(2024)研究显示,环境规制感知提高了养猪户使用智能技术的概率。朱润等(2021)发现引导型环境规制可以通过环境认知、价值感知等渠道促进规模养猪户的生猪粪便资源化利用决策。除了研究环境规制对粪污资源化处理的直接影响外,张郁和江易华(2016)、王建华等(2022)发现环境规制在风险感知和农业市场化对粪污资源化处理行为的影响中存在调节作用。

环境规制政策促使生产者将环境污染的外部性进行内部化,这一过程也会对生产者的融资环境产生影响。现有关于环境规制对生产者融资的影响研究主要集中于工业企业中约束型环境规制的政策效果。多数研究认为,约束型环境规制带来的融资约束问题是影响工业企业环境绩效的重要因素,融资约束抑制了企业生产和创新的资金投入,不利于环保目标的实现(覃予、王翼虹,2020;陈晓艳等,2021;Xu and Kim,2022;Liu et al.,2023)。具体来看,不同企业生产模式和资源禀赋迥异,约束型环境规制对企业的融资约束存在异质性影响。在减排目标约束下,高污染企业的债务融资成本升高,融资约束加剧(杨冕等,2022);与大企业相比,约束型环境规制显著加剧了中小企业的融资约束,降低了中小企业的生产规模(陈诗一等,2021)。此外,地区层面的差异也会影响企业融资约束。媒体报道越多,污染越严重地区的企业,在约束型环境规制冲击下融资约束加剧程度更大(Xiao and Wang,2020)。与工业企业生产规模大、具有内源融资和外源融资等多种融资渠道不同,农业具有天然弱质性,农业从业者由于收入低、缺乏法定意义上的规范抵押品和担保物,受信贷约束往往更严重(何广文等,2018)。其中,养殖业因畜禽疫病等因素的制约而面临较高的行业风险(张利庠等,2020)。然而,鲜有研究关注环境规制下养殖业的融资约束及其异质性影响。

绿色生产具有促进资源节约和环境保护的特点,有助于提高绿色全要素生产率,促进农业绿色发展(周月书、尹梓鉴,2024)。除环境规制外,已有研究还从生产经营特征、外部情境和心理感知等层面考察了养殖业绿色生产的影响因素。生产经营特征层面,年龄、受教育年限、人均耕地面积和非农劳动比例(潘丹、孔凡斌,2015),以及养猪户养殖培训数量、组织化程度(张郁等,2015)都会促进养殖户选择环境友好型畜禽粪便处理方式。外部情境层面,外部市场化如粪肥市场交易会显著提高环境友好型生猪粪便处理率(潘丹,2016);作为环境规制的补充,非正式制度中的描述性社会规范对提升养殖户粪污资源化利用行为效果具有重要作用(杜红梅、周健,2023)。心理感知层面,养殖户的风险偏好和对环境政策的认知(于婷、于法稳,2019;徐立峰等,2020;He et al.,2022),以及个人价值观和个人规范(Wang et al.,2023)均会影响其环保行为。

综上,已有文献从诸多角度分析了养殖业环境规制对粪污资源化利用的影响以及养殖户绿色生产的影响因素,但仍存在进一步研究的空间。第一,养殖业环境规制的研究多采用

养殖户对不同环境规制政策的主观感受来度量环境规制,缺少对环境政策末端治理水平的客观量化。第二,关于养殖业环境规制政策效果的研究中,对于金融层面的考察尚付阙如。环境规制会对养殖场的融资状况产生冲击,其融资状况不仅影响绿色生产的实现,也影响着中国畜禽产能。第三,关于养殖业环境规制政策效果的研究中,对养殖场的异质性关注不够。不同规模养殖场的生产特征和经营能力相去甚远,环境规制对其融资约束和绿色生产的影响不尽相同,仅从整体看会忽视养殖业环境规制的部分政策效果。因此,本文利用江苏省 22 个县(市、区)生猪养殖场 2020 年的实地问卷调查数据,基于环境规制工具和生猪养殖场规模的双重异质性,研究了约束型和激励型环境规制对不同规模生猪养殖场绿色生产的影响,以及融资约束在其中的作用机制,完善了环境规制对养殖业绿色生产的研究。

三、演化博弈模型构建与研究假设

(一)演化博弈模型构建

资金的可得性在养殖场的绿色生产中起着关键作用。环境规制对养殖场的环保标准提出了更高要求,养殖场需要增加投资以进行绿色生产。养殖场进行绿色生产既受环境规制政策强度(如环保监管和补贴强度等)的直接影响,也受其融资约束情况的制约。从资金的供给端来看,金融机构对养殖场的贷款决策受环境规制政策强度和养殖场绿色生产情况的双重影响。环境规制政策严格时,环保不达标的养殖场受处罚甚至搬迁、关停的概率大大提高,这增加了养殖场贷款的整体违约风险,进而降低金融机构对养殖场的贷款意愿,加剧养殖场的融资约束,影响其绿色生产。而养殖场的绿色生产情况又影响其贷款的个体风险,养殖场不进行绿色生产时会进一步降低金融机构的贷款意愿,加剧其融资约束,影响之后的绿色生产和贷款获得。作用机制如图 1 所示。

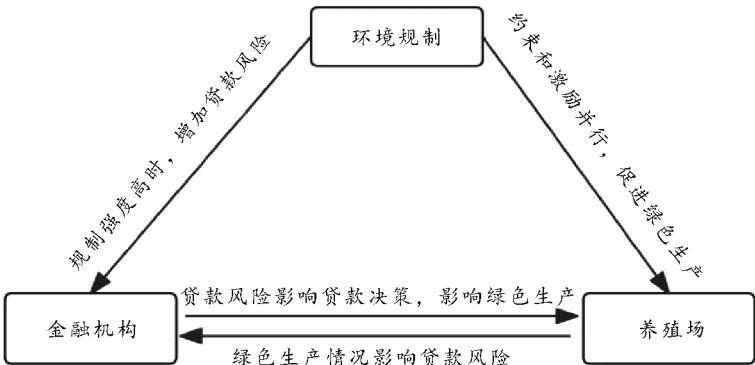


图 1 博弈主体作用机制

基于此,本文参考卞晨等(2022)、朱立龙等(2021)以及叶莉和房颖(2020),构建演化博弈模型。博弈的主要思路是先设定博弈前提假设,通过构建各主体的复制动态方程并求解,进而分析相关变量(如约束型和激励型环境规制以及融资约束)对均衡解的影响。本模型存在三种不同类型的参与者,分别是政府(G)、金融机构(B)和生猪养殖场(E)。生猪养殖场的演化稳定策略为{进行绿色生产,不进行绿色生产};金融机构的演化稳定策略为{贷款,不贷款};政府的演化稳定策略为{严格监管,宽松监管}。在时刻 t, x 代表生猪养殖场选择进行绿色生产的意愿, $1-x$ 代表不进行绿色生产的意愿; y 代表金融机构贷款的意愿, $1-y$ 代表金融机构不贷款的意愿; z 代表政府严格监管的意愿, $1-z$ 代表宽松监管的意愿。演化博弈模型假设如下。

假设 1:生猪养殖场生产的收益为 R_1 ,进行绿色生产的附加收益为 R_2 ,进行绿色生产投入的成本为 C_1 。由于养殖业对资金的敏感度高,未贷到款时,养殖场面临融资约束,影响正常生产和绿色生产的进行。养殖场融资约束程度为 α ,其中 $0<\alpha<1$, α 越小,表示受到融资约束越大。受到融资约束时正常生产的收益为 αR_1 ,对绿色生产的投入为 αC_1 ,产生的附加收益为 αR_2 。严格监管时,政府对养殖场绿色生产的补贴为 L ,养殖场不进行绿色生产会受到政府罚款 P 。

假设 2:金融机构贷款给养殖场的利息收入为 I ,金融机构对养殖场贷款的调查成本为 C_2 ,若养殖场不进行绿色生产,金融机构因风险提高受到损失 D 。金融机构不贷款给养殖场时该笔资金用作其他贷款的收益为 R_3 。

假设 3:政府对环境治理的监管成本为 C_3 。养殖场不受融资约束时,进行绿色生产产生的政府环境收益为 W ;受融资约束时,进行绿色生产产生的政府环境收益为 αW 。政府监管的严格程度为 θ ,其中 $0<\theta<1$, θ 越大,表示监管越严格。政府对养殖场环境问题监管越严格,约束型和激励型政策都加强。在宽松监管时,养殖场进行绿色生产,政府对养殖场绿色生产的补贴为 θL ;养殖场不进行绿色生产,受到罚款为 θP ;政府环境治理的监管成本为 θC_3 ,金融机构监管成本为 θC_2 ,金融机构因养殖场不进行绿色生产引致的风险带来损失为 θD 。

基于上述假设,依次计算并列示不同策略组合下养殖场、金融机构和政府的期望收益,三方博弈支付矩阵见表 1。

表 1 养殖场、金融机构与政府的混合策略博弈矩阵

参与方及策略				养殖场(E)	
				进行绿色生产 x	不进行绿色生产 $1-x$
政府(G)	严格环境 规制 z	金融机构(B)	贷款 y	$R_1+R_2-C_1+L-I$ $I-C_2$ $W-L-C_3$	R_1-P-I $I-C_2-D$ $P-C_3$
			不贷款 $1-y$	$\alpha(R_1+R_2-C_1)+L$ R_3 $\alpha W-L-C_3$	αR_1-P R_3 $P-C_3$
	宽松环境 规制 $1-z$	金融机构(B)	贷款 y	$R_1+R_2-C_1+\theta L-I$ $I-\theta C_2$ $W-\theta L-\theta C_3$	$R_1-\theta P-I$ $I-\theta C_2-\theta D$ $\theta P-\theta C_3$
			不贷款 $1-y$	$\alpha(R_1+R_2-C_1)+\theta L$ R_3 $\alpha W-\theta L-\theta C_3$	$\alpha R_1-\theta P$ R_3 $\theta P-\theta C_3$

(二) 博弈模型分析与假设提出

1. 环境规制与养殖场绿色生产

首先对生猪养殖场的策略稳定性进行分析。养殖场进行绿色生产或不进行绿色生产的期望收益 (U_{E1} 和 U_{E2}) 以及平均期望收益 ($\overline{U_E}$) 分别为:

$$\begin{cases} U_{E1}=zy[(R_1+R_2-C_1)+L-I]+z(1-y)[\alpha(R_1+R_2-C_1)+L]+(1-z)y[(R_1+R_2-C_1)+\theta L-I]+(1-z)(1-y)[\alpha(R_1+R_2-C_1)+\theta L] \\ U_{E2}=zy(R_1-P-I)+z(1-y)(\alpha R_1-P)+(1-z)y(R_1-\theta P-I)+(1-z)(1-y)(\alpha R_1-\theta P) \\ \overline{U_E}=xU_{E1}+(1-x)U_{E2} \end{cases}$$

(1)

养殖场策略选择的复制动态方程为:

$$F(x)=\frac{dx}{dt}=x(U_{E_1}-\overline{U_E})=x(1-x)[(1-\theta)(L+P)z+(1-\alpha)(R_2-C_1)y+\alpha(R_2-C_1)+\theta(L+P)] \tag{2}$$

x 的一阶导数为:

$$\frac{d(F(x))}{dx}=(1-2x)[(1-\theta)(L+P)z+(1-\alpha)(R_2-C_1)y+\alpha(R_2-C_1)+\theta(L+P)] \tag{3}$$

设 $G(y)$ 为:

$$G(y)=(1-\theta)(L+P)z+(1-\alpha)(R_2-C_1)y+\alpha(R_2-C_1)+\theta(L+P) \tag{4}$$

根据微分方程稳定性定理,养殖场选择进行绿色生产的概率处于稳定状态必须满足:
 $F(x)=0$ 且 $d(F(x))/dx<0$ 。令 $G(y)=0$,得:

$$y^*=\frac{(1-\theta)(L+P)z+\alpha(R_2-C_1)+\theta(L+P)}{(\alpha-1)(R_2-C_1)} \tag{5}$$

当 $y=y^*$ 时, $d(F(x))/dx=0$,养殖场不能确定稳定策略。因为 $\partial G(y)/\partial y<0$,故 $G(y)$ 为关于 y 的减函数。所以当 $y<y^*$ 时, $x=1$ 为养殖场的演化稳定策略 (Evolutionarily Stable Strategy, ESS); 当 $y>y^*$ 时, $x=0$ 为养殖场的演化稳定策略。图 2 为生猪养殖场的策略演化相位图,其中养殖场选择进行绿色生产概率为 E_1 的体积 V_{E1} ,养殖场选择不进行绿色生产的概率为 E_2 的体积 V_{E2} 。

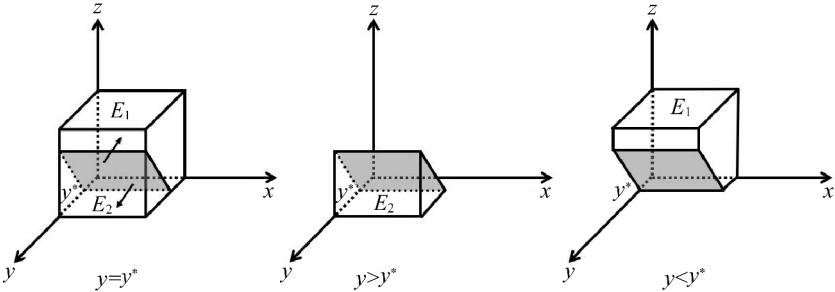


图 2 生猪养殖场策略演化相位图

从整体上看,约束型和激励型环境规制均能促进养殖场进行绿色生产。约束型环境规制借助法律法规、罚款机制、监管执法等手段,对养殖场的环保行为提出了刚性要求,从而实现养殖场和政府环保目标上的一致性。根据威慑理论,个人是否遵守法律法规取决于违法带来的利益与惩罚的可能性和严重程度之间的权衡 (Kaine et al., 2010)。对养殖场而言,环保检查不合格带来的处罚、搬迁抑或关停的经济后果远大于其不进行绿色生产所节约的成本,因而约束型环境规制能够通过威慑这一直接效应促进养殖场进行绿色生产。激励型政策兼具经济补偿和技术扩散功能,由于绿色生产是具有正外部性的行为,政府的经济激励有助于养殖场的边际成本曲线向社会边际成本曲线重合,达到帕累托最优。同时,政府对养殖场的清洁技术培训加快了先进技术的扩散,通过激励效应促进养殖场进行绿色生产。因此,从整体上看,约束型和激励型环境规制均促进养殖场进行绿色生产。根据(5)式,有 $\partial y^*/\partial \theta>0$ 、 $\partial y^*/\partial (L+P)>0$,故当政府环境监管趋严以及对养殖场绿色生产的补贴提高,即

约束型和激励型政策加强时,会导致 V_{E1} 变大、 V_{E2} 变小,养殖场选择进行绿色生产的概率提高。基于此,提出研究假说:

H1:整体上,约束型和激励型环境规制均能促进养殖场进行绿色生产。

2.环境规制与养殖场融资约束

首先,对金融机构的策略稳定性进行分析。金融机构选择贷款或不贷款的期望收益 (U_{B1} 和 U_{B2}) 以及平均期望收益 ($\overline{U_B}$) 分别为:

$$\begin{cases} U_{B1} = zx(I - C_2) + z(1-x)(I - C_2 - D) + (1-z)x(I - \theta C_2) + (1-z)(1-x)(I - \theta C_2 - \theta D) \\ U_{B2} = zxR_3 + z(1-x)R_3 + (1-z)xR_3 + (1-z)(1-x)R_3 \\ \overline{U_B} = yU_{B1} + (1-y)U_{B2} \end{cases} \quad (6)$$

金融机构策略选择的复制动态方程为:

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(U_{B1} - \overline{U_B}) = y(1-y) \{ [(1-\theta) \cdot D]zx + (\theta-1)(C_2+D)z + (\theta D)x + [I - \theta(C_2+D) - R_3] \} \quad (7)$$

y 的一阶导数为:

$$\frac{d(F(y))}{dy} = (1-2y) \{ [(1-\theta) \cdot D]zx + (\theta-1)(C_2+D)z + (\theta D)x + [I - \theta(C_2+D) - R_3] \} \quad (8)$$

设 $J(z)$ 为:

$$J(z) = [(1-\theta) \cdot D]zx + (\theta-1)(C_2+D)z + (\theta D)x + [I - \theta(C_2+D) - R_3] \quad (9)$$

根据微分方程稳定性定理,金融机构选择贷款的概率处于稳定状态必须满足: $F(y) = 0$ 且 $d(F(y))/dy < 0$ 。令 $J(z) = 0$, 得:

$$z^* = \frac{R_3 + \theta(C_2+D) - I - \theta Dx}{(1-\theta)(Dx - C_2 - D)} \quad (10)$$

当 $z = z^*$ 时, $d(F(y))/dy = 0$, 金融机构不能确定稳定策略。由 $\partial J(z)/\partial z < 0$, 故 $J(z)$ 为关于 z 的减函数。所以当 $z < z^*$ 时, $y = 1$ 为金融机构的演化稳定策略(ESS); 当 $z > z^*$ 时, $y = 0$ 为金融机构的演化稳定策略。图 3 为金融机构的策略演化相位图, 其中金融机构选择贷款的概率为 B_1 的体积 V_{B1} , 选择不贷款的概率为 B_2 的体积 V_{B2} 。

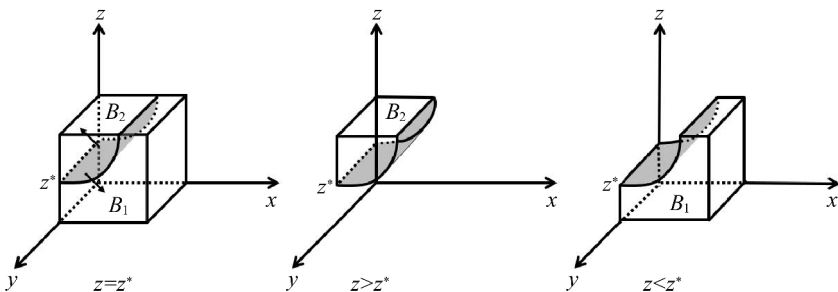


图 3 金融机构策略演化相位图

从整体上看,约束型环境规制加剧了养殖场的融资约束。第一,基于信息不对称理论,金融机构往往难以获得关于养殖场环境责任和污染风险的完整信息。环境规制趋严时环保标准和处罚力度提高,即约束型环境规制加强可能会增加养殖场的环境合规成本,

但金融机构难以准确评估这些风险,因此可能会更加谨慎地对待养殖场的贷款申请。第二,基于风险管理理论,金融机构在考虑向养殖场提供贷款时会考虑到包括环境风险在内的诸多风险。约束型环境规制可能会增加养殖场的经营成本,降低其盈利能力,从而增加了贷款违约的风险。随着约束型环境规制加强,金融机构对排污企业持有环境风险上升和经营绩效下降的预期(陈诗一等,2021),使得对养殖场的信贷供给下降。第三,从养殖场的角度,约束型环境规制是将养殖场的负外部性内部化的过程,这需要养殖场额外投入资金进行环保设备的升级,对正常生产产生挤出效应(史永东等,2022)。生产能力的下降降低了养殖场的贷款偿还能力,影响其贷款获得,加剧其融资约束。化简(10)式,当 $R_3 > I - C_2 - D(1-x)$ 时,有 $\partial z^* / \partial \theta < 0$,即当金融机构贷款的机会成本大于金融机构贷款给养殖场的期望收益时,环境监管趋严时约束型环境规制加强,会导致 V_{B2} 变大、 V_{B1} 变小,即金融机构贷款给养殖场的概率降低,加剧养殖场融资约束。根据(10)式有 $\partial z^* / \partial C_2 < 0$,约束型环境规制对金融机构贷款的调查成本 C_2 的提高,也会进一步降低金融机构贷款意愿。从整体上看,激励型环境规制有助于缓解养殖场的融资约束。环境监管(θ)趋严时,激励型环境规制也会加强,这有助于养殖场进行绿色生产,缓解与金融机构之间的信息不对称,进而缓解养殖场的融资约束。

具体来看,约束型和激励型环境规制对不同规模养殖场的融资约束存在异质性影响,产生融资约束的“马太效应”。环境规制压力下,非规模化生猪养殖场面临的风险剧增,金融机构对非规模化养殖场贷款的期望收益较低,较易满足 $R_3 > I - C_2 - D(1-x)$ 的假设。随着约束型环境规制加强, z^* 下移压缩 V_{B2} ,降低金融机构贷款给非规模化养殖场的概率。而规模化养殖场抗风险能力强,金融机构贷款给规模化养殖场的期望收益可能等于或大于其机会成本,即满足 $R_3 \leq I - C_2 - D(1-x)$ 。随着约束型环境规制加强, z^* 可能向上移或不变,不会降低金融机构贷款给规模化养殖场的概率。因此,约束型环境规制加强主要影响金融机构对非规模化养殖场贷款的意愿,加剧其融资约束。非规模化养殖场较少能获得激励型环境规制中的补贴,激励型环境规制对融资约束的缓解作用主要集中于规模化养殖场。因此,激励型环境规制缓解了规模化养殖场的融资约束。

基于此,提出研究假说:

H2:约束型和激励型环境规制对不同规模养殖场的融资约束存在异质性影响,加剧非规模化养殖场的融资约束,缓解规模化养殖场的融资约束,产生融资约束的“马太效应”。

3.环境规制、融资约束与不同规模养殖场绿色生产

约束型和激励型环境规制对不同规模养殖场融资约束的影响存在差异,导致其对养殖场的绿色生产也存在异质性影响,从而产生养殖场绿色生产的“马太效应”。对于规模化养殖场来说,其融资约束程度可能不会加剧,约束型环境规制的“倒逼”机制与激励型环境规制的激励机制均能促进其绿色生产。然而,约束型环境规制加强会加剧非规模化养殖场的融资约束。根据Cochrane(1958)提出的“农业技术跑步机”理论,通过负债获取新技术是农户追逐生产利润的最关键一环。信贷渠道的阻塞加剧了非规模化养殖场的融资约束,使其生产技术难以更新,极大削弱了约束型环境规制对绿色生产的直接威慑作用。同时根据(5)式有 $\partial y^* / \partial \alpha > 0$,融资约束程度提高会降低非规模化养殖场进行绿色生产的概率;此外,非规模化养殖场融资约束程度越高,意味着其被排斥在正规信贷市场的程度越高,其通过其他渠道获取资金的成本增加,即进行绿色生产的成本 C_1 更大。根据(5)式有 $\partial y^* / \partial (R_2 - C_1) > 0$, C_1

提高也会降低非规模化养殖场进行绿色生产的概率,削弱约束型环境规制对非规模化养殖场绿色生产的直接威慑作用,进而导致对非规模化养殖场的绿色生产没有或仅有较小影响。激励型环境规制主要缓解了规模化养殖场的融资约束,由(5)式可得 $\partial y^*/\partial \alpha > 0$,规模化养殖场融资约束缓解时,其进行绿色生产的概率会提高。由于激励型环境规制对非规模化养殖场融资约束的缓解作用有限,其对非规模化养殖场绿色生产的影响亦有限。基于此,提出研究假说:

H3:约束型和激励型环境规制通过对不同规模养殖场融资约束的异质性影响,促进规模化养殖场进行绿色生产,而对非规模化养殖场的绿色生产没有或有较小影响,产生对养殖场绿色生产的“马太效应”。

(三) 数值模拟

本文应用 MATLAB 软件通过数值仿真来展示各博弈主体相互作用时系统的演化轨迹以及各主体的策略选择,并分析参数的敏感性。结果表明:环境规制政策和金融机构贷款意愿对养殖场绿色生产的策略选择具有直接影响;约束型和激励型环境规制能够提高养殖场绿色生产意愿;金融机构对养殖场贷款意愿降低会减少养殖场绿色生产意愿;约束型和激励型环境规制对金融机构向规模化与非规模化养殖场贷款的意愿产生差异影响,带来养殖场融资约束的异质性,进而产生绿色生产的“马太效应”。仿真结果进一步印证了前文的研究假说。

参考相关文献(周肖肖等,2023)和经济现实数据,本文“校准”各参数的取值,对于可得性相对较好的数据,取实际值或者在不考虑量纲的情况下根据实际值估算出适当值。具体而言,参考《关于印发 2024 年畜牧业经营主体贷款贴息等项目实施方案的通知》,设定养殖场贷款利率为 4%,设定金融机构贷款给养殖场的机会成本时选取利率 5%。养殖场在转型为绿色生产时,初始投资在数万元到十几万元不等,本文选取中间值 5 作为养殖场绿色生产的成本 C_1 。参考根据《畜禽规模养殖污染防治条例》对养殖场环保处罚的要求,以及本文样本情况,设定罚款金额 $P=4$,环保补贴 $L=3$ 。参考卞晨等(2022),设定环境监管的严格程度 $\theta=0.5$,融资约束情况 $\alpha=0.5$ 。由于养殖场绿色生产的收益有滞后性,选取养殖场进行绿色生产所增加的利润 $R_2=0.1$ 。结合调查成本等现实情况,将金融机构对单个养殖场贷款的调查成本 C_2 ,以及政府对单个养殖场环境治理的监管成本 C_3 均设定为 0.05。

图 4 表示当 $x=0.3、0.5、0.7$, y 和 z 的初始值均为 0.5 时,养殖场不同策略选择概率变化下三群体相互作用的演化轨迹。当 y 值不变时,随着 z 值增加, x 将加快收敛速度,养殖场达到策略稳定状态的周期缩短。当 z 值不变时, x 的收敛速度随着 y 值增加而加快。可以看出,养殖场的策略选择会受到政府和金融机构的策略影响,两者的策略均衡状态是养殖场策略选择的重要影响因素。这表明环境规制强度提升以及金融机构贷款意愿增加将促进养殖场进行绿色生产。

图 5 表示当 $y=0.3、0.5、0.7$, x 和 z 的初始值均为 0.5 时,金融机构不同策略选择概率变化下三群体相互作用的演化轨迹。当 x 值不变时,随着 z 值增加, y 将加快收敛速度,金融机构达到策略稳定状态的周期缩短。当 z 值不变时, y 的收敛速度随着 x 值增加而减慢。可以看出,金融机构的策略选择会受到政府和养殖场的策略影响,两者的策略均衡状态是金融机构策略选择的重要影响因素。这表明环境规制强度降低以及养殖场进行绿色生产意愿增加将促进金融机构对养殖场贷款。

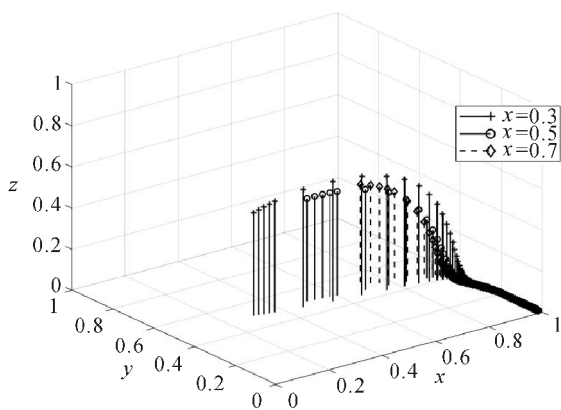


图 4 养殖场行为策略概率变化的演化轨迹

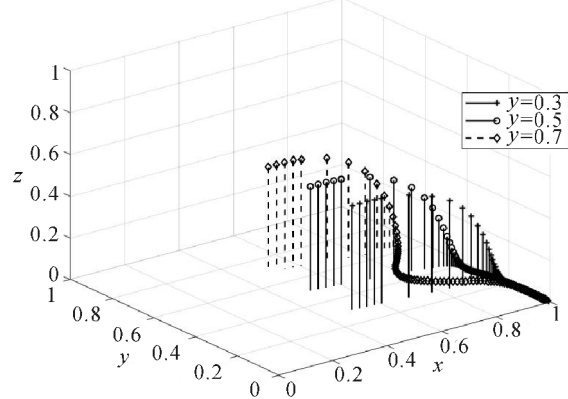


图 5 金融机构行为策略概率变化的演化轨迹

进一步分析参数变化对各主体演化稳定策略的影响,采用单一变量法对相关参数进行敏感性分析,各主体的初始概率为 0.5。从政府的角度出发,对约束型环境规制的罚款金额变化进行分析。如图 6 所示(图 6、7、8 中的小图形为以 x 和 y 为坐标轴的视角图),随着罚款金额 P 增加,即约束型环境规制增强,养殖场选择进行绿色生产的概率提升。

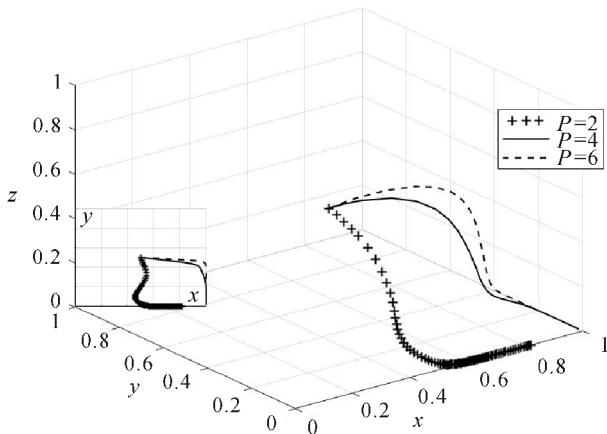


图 6 约束型环境规制的影响

从政府的角度出发,对激励型环境规制的补贴金额变化进行分析。如图 7 所示,随着补

贴金额 L 增加,即激励型环境规制增强,养殖场选择进行绿色生产的概率提升。

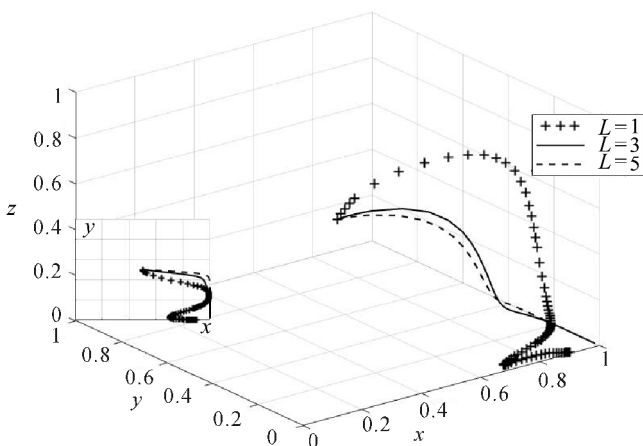


图 7 激励型环境规制的影响

基于非规模化与规模化养殖场面临的假设前提不同(规模化养殖场满足 $R_3 \leq I - C_2 - D(1-x)$;非规模化养殖场满足 $R_3 > I - C_2 - D(1-x)$)。进一步,通过改变 R_3 的取值($R_3 = 0.15$ 表示规模化养殖场, $R_3 = 0.25, 0.35$ 表示非规模化养殖场),刻画规模化与非规模化养殖场行为策略概率变化的演化轨迹。如图 8 所示,处于稳定点时,金融机构仍有对规模化养殖场的贷款意愿,而对非规模化养殖场的贷款意愿为零。由图 4 的分析可知,金融机构贷款意愿增加将促进养殖场进行绿色生产,反之,金融机构贷款意愿降低将减慢养殖场策略选择的收敛速度。因此,环境规制带来的规模化与非规模化养殖场融资约束的差异,将产生养殖场绿色生产的“马太效应”。

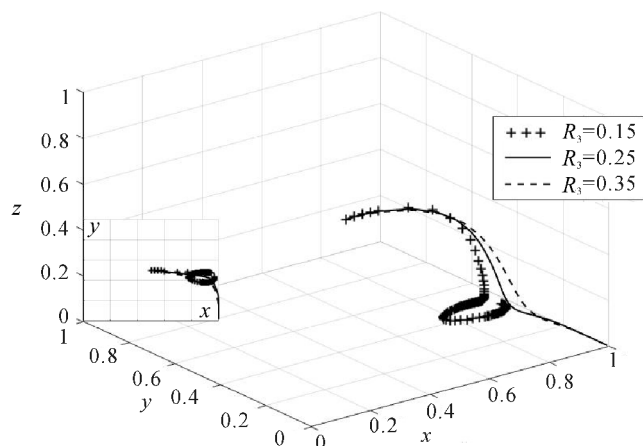


图 8 规模化与非规模化养殖场的效应分化

四、研究设计

(一) 模型设定

由于被解释变量“是否进行绿色生产”是典型的二值变量,本文参考王修华和赵亚雄(2022),采用面板 Probit 模型进行估计。由于面板 Probit 模型无法控制固定效应,本文参考

戈阳(2022)的方法,将地区虚拟变量和时间虚拟变量加入控制变量中进行回归,形式如下:

$$GT_{it}=\alpha_0+\alpha_jEnv_{ijt}+\varphi\sum X_{it}+\varepsilon_{it}\tag{11}$$

机制分析中被解释变量为连续变量,因此采用线性回归模型进行估计,形式如下:

$$Fin_{it}=\beta_0+\beta_jEnv_{ijt}+\gamma\sum X_{it}+\varepsilon_{it}\tag{12}$$

(11)、(12)式中: GT_{it} 是核心被解释变量养殖场绿色生产的虚拟变量, Fin_{it} 是机制分析中的被解释变量,为养殖场融资约束水平。 Env_{ijt} 是核心解释变量,表示第*i*个养殖场在*t*年所面临的第*j*种环境规制工具情况, $j=1,2$ 。 X_{it} 为各个控制变量; ε_{it} 为潜在的随机误差项。

(二)数据来源与样本描述

本文所使用的数据来源于课题组于2020年7—8月对江苏省10个设区市的22个县(市、区)开展的养殖场调研。选取江苏省作为样本省份的原因在于:江苏省是中国的畜牧大省和经济强省,是中国畜禽养殖环境管理最严格的省份之一,也是中国首批整省推进畜禽粪污资源化利用的试点省份之一,以江苏省作为样本点具有典型意义。本文采用两阶段分层随机抽样的方法选取样本。首先,本课题组根据各县(市、区)生猪出栏量,随机选择22个样本县(市、区)。其次,课题组走访了各县(市、区)的畜牧兽医站,根据全县(市、区)生猪养殖场名单,按照不同养殖规模,每个县(市、区)随机抽取10—25个生猪养殖场,共计获得360份养殖场问卷。调研采用回溯性方法,在问卷访谈中养殖户被要求回忆他们在2016年和2019年环境政策的实施情况以及生产经营情况。选择2016年和2019年两个政策回溯节点的原因是:2017年2月起江苏省开始实施《“两减六治三提升”专项行动方案》,标志着江苏省畜禽养殖环境规制的全面推进(戈阳,2022)。因此,本文在2017年前后分别选择了2016年和2019年两个节点,以更好地进行政策强化前后的比较分析。

考虑到环境规制及非洲猪瘟对养殖规模的影响可能会对本文的因果分析带来干扰,本文根据问卷中“养殖场满负荷生产时年出栏生猪数量”进行非规模化养殖场(年出栏500头以下)和规模化养殖场(年出栏500头及以上)的分组,分组标准来源于《中国畜牧兽医年鉴》以及《全国现代农业发展规划(2011—2015年)》。从养殖场最大养殖能力来看,调查样本中,23.61%的养殖场为非规模化养殖场,76.39%为规模化养殖场。融资约束方面,53.61%的养殖场面临融资约束(存在融资缺口)。其中,非规模化和规模化养殖场中,面临融资约束的养殖场所占比重分别为70.00%和48.91%,养殖场面临融资约束的情况普遍存在。

(三)变量选取

1.被解释变量:养殖场绿色生产行为

畜禽养殖废弃物合理利用不仅是乡村振兴的重要产业命题,也是推进碳达峰与碳中和的重要举措(王建华等,2022),畜禽粪便资源化利用属于生猪绿色生产中的末端治理环节,是循环农业未来发展的重要内容,是实现农业清洁生产和农业可持续发展的重要途径(尹昌斌等,2013)。此外,过程控制环节中的清洁清粪对生猪绿色生产同样重要,有助于减少猪舍污染并减少后续资源化处理难度。因此,本文对绿色生产行为的界定包括养殖场清洁清粪和粪污无害化处理。其中,清洁清粪具体包括干清粪、原位发酵床等技术;粪污无害化处理具体包括生产沼气、生产有机肥、生产垫料和第三方处理等方式。有上述绿色生产行为之一的,变量值取1,反之取0。机制分析中,被解释变量为融资约束,以养殖场当年融资缺口占总资金需求的比重度量。

2.核心解释变量:约束型和激励型环境规制

研究环境规制对生产单位的政策效果时,对环境规制的度量主要有三种方法:一是基于前端治理层面,以政府出台的环境规制政策和环境支出等进行量化(展进涛、徐钰娇,2019;马国群、谭砚文,2021;陈诗一等,2021);二是基于末端治理层面,关注生产单位对不同环境规制工具的感知程度,采用李克特 5 级量表打分(张郁、江易华,2016;朱润等,2021);三是基于末端治理层面,以环境规制政策的具体内容如环保税(排污税)和补贴金额等量化(李青原、肖泽华,2020)。基于数据可得性以及量化的客观性,本文以末端治理层面环境规制的具体内容对养殖业环境规制进行量化。其中,约束型环境规制以养殖场所在村庄累计开展的环保检查次数度量,因为不仅是养殖场自身,村内其他养殖场如果受到环保检查同样会给该养殖场带来环保压力。环保检查频率体现了政府对畜禽养殖污染治理的重视程度,环保检查频繁的地区环保处罚也越严格。环保检查会重点对养殖场的环境行为和污染排放情况进行达标考核,对不达标的养殖场进行处罚或勒令关停整顿,体现了环境政策对养殖场环保情况的刚性要求。

养殖业激励型环境规制具体包括环保补贴和绿色技术培训等激励措施。从经济学含义看,对养殖场绿色生产的补贴类似于庇古补贴,使养殖场的边际成本曲线与社会边际成本曲线重合,促进资源配置的帕累托最优。因此,激励型环境规制以养殖场获得的环保补贴金额度量。养殖场获得的补贴包括畜禽养殖粪污资源化利用项目补贴和环保设施购置补贴以及沼气工程补助等,考虑到非规模化养殖场参与沼气工程意愿较低,本文的环保补贴主要指畜禽养殖粪污资源化利用项目补贴。

3.控制变量

参考朱润等(2021)、王建华等(2022),本文选取养殖场主的年龄、受教育程度、政治面貌以及是否为村干部作为其个人特征的控制变量,选取养殖技术培训次数与产业链参与情况为经营特征变量。由于技术和管理水平会对绿色生产产生影响,本文选取问卷中“您的养猪场设有下列哪些建筑设施? 1=饲料加工车间;2=保育舍;3=育肥舍;4=产床”这一问题,对设施拥有情况进行赋值以度量养殖场的技术水平和管理能力。考虑到生猪养殖场绿色生产情况也和与村庄的距离相关,本文还控制了生猪养殖场与村庄的距离。此外,苏南、苏中和苏北的地理资源、社会经济条件和畜禽养殖政策方面都存在较大差异,以及 2018 年爆发的“非洲猪瘟”对生猪养殖场的生产经营产生一定冲击,本文还引入了地区虚拟变量和时间虚拟变量以控制上述问题的影响。

各变量描述性统计见表 2。

表 2 描述性统计

变量	定义	均值	标准差	最小值	最大值
绿色生产	养殖场是否有绿色生产行为(1=是;0=否)	0.847	0.360	0	1
约束型环境规制	养殖场所在村庄年度累计开展的环保检查次数(次)	4.032	7.650	0	50
激励型环境规制	养殖场获得政府环保补贴(万元)	3.649	12.100	0	150
融资约束	融资缺口/资金需求	0.300	0.446	0	1
年龄	养殖场场主年龄(周岁)	47.731	9.432	19	82
受教育程度	养殖场场主受教育程度(1=小学一至六年级;2=初中一至三年级;3=高中一至三年级;4=中专一至三年级;5=大专或大学一至四年级;6=研究生及以上)	2.625	1.208	0	6

续表 2		描述性统计			
变量	定义	均值	标准差	最小值	最大值
政治面貌	养殖场场主政治面貌(1=党员;0=其他)	0.186	0.389	0	1
是否为村干部	养殖场场主是否为村干部(1=是;0=否)	0.078	0.268	0	1
养殖技术培训	养殖场场主参加生猪养殖技术培训总次数(次)	24.283	25.462	0	160
产业链参与	养殖场是否加入了产业链组织(1=加入生猪产业联盟/协会/合作社/与龙头企业合作/生猪产业互联网平台;0=否)	0.300	0.459	0	1
与村庄距离	养猪场与最近村庄的距离(千米)	0.750	3.288	0	60
技术设施	养殖场技术设施拥有情况	2.811	1.350	0	4
时间虚拟变量	当期所在年份(1=2019 年;0=2016 年)	0.500	0.500	0	1
地区虚拟变量	养殖场所在地区(1=苏南;2=苏中;3=苏北)	2.636	0.653	1	3

五、实证分析

(一) 基准回归

本部分采用 Probit 模型检验了约束型环境规制和激励型环境规制对生猪养殖场绿色生产的影响,基准回归结果见表 3。

表 3 环境规制对养殖场绿色生产影响回归结果

变量	绿色生产					
	全样本		非规模化		规模化	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
约束型环境规制	0.039*** (0.014)		0.021 (0.016)		0.072** (0.029)	
激励型环境规制		0.015* (0.009)		0.892 (1.207)		0.014* (0.008)
年龄	-0.001 (0.007)	0.001 (0.007)	-0.001 (0.015)	-0.002 (0.015)	0.004 (0.009)	0.007 (0.009)
受教育程度	-0.034 (0.055)	-0.068 (0.054)	0.077 (0.147)	0.048 (0.149)	-0.066 (0.063)	-0.097 (0.062)
政治面貌	-0.010 (0.178)	-0.034 (0.177)	-0.792* (0.414)	-0.722* (0.417)	0.278 (0.217)	0.242 (0.214)
是否为村干部	-0.396* (0.222)	-0.344 (0.217)	0.498 (0.570)	0.597 (0.557)	-0.818*** (0.262)	-0.793*** (0.258)
养殖技术培训	-0.004 (0.002)	-0.003 (0.002)	-0.002 (0.005)	-0.001 (0.005)	-0.006** (0.003)	-0.006** (0.003)
产业链参与	0.479*** (0.146)	0.477*** (0.145)	0.251 (0.446)	0.289 (0.437)	0.603*** (0.177)	0.636*** (0.175)
与村庄距离	0.014 (0.026)	0.003 (0.028)	0.289 (0.307)	0.270 (0.287)	0.015 (0.026)	0.003 (0.026)
技术设施	0.216*** (0.045)	0.190*** (0.044)	0.003 (0.091)	-0.033 (0.090)	0.315*** (0.061)	0.323*** (0.060)
时间虚拟变量	0.085 (0.128)	0.099 (0.126)	-0.022 (0.251)	0.026 (0.249)	0.077 (0.154)	0.078 (0.153)
地区虚拟变量	0.013 (0.102)	-0.079 (0.098)	0.028 (0.226)	-0.114 (0.204)	-0.000 (0.123)	-0.015 (0.122)
常数项	0.370 (0.516)	0.754 (0.501)	0.583 (1.238)	1.157 (1.152)	-0.054 (0.600)	0.075 (0.595)
观测值	720	720	170	170	550	550
Pseudo R ²	0.080	0.068	0.061	0.063	0.143	0.134

注：*、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著,括号内为标准误,后表同。

从表 3 第(1)一(2)列看,核心解释变量约束型和激励型环境规制系数均显著为正。整体上,约束型和激励型环境规制都显著提高了养殖场进行绿色生产的概率,假说 H1 得证。从第(3)一(4)列看,非规模化养殖场中,约束型和激励型环境规制系数均为正,但不显著。从第(5)一(6)列看,规模化养殖场中,约束型和激励型环境规制系数分别在 5%和 10%的统计水平上显著为正。上述结果表明,两种环境规制工具对规模化养殖场的绿色生产发挥了显著的促进作用,而对非规模化养殖场的绿色生产没有显著影响,约束型和激励型环境规制的“马太效应”明显。长期来看,环境规制会加深不同规模养殖场绿色生产水平的差距,对非规模化养殖场产生挤出效应。

(二) 融资约束的机制分析

理论分析表明,环境规制通过融资约束机制影响养殖场绿色生产。本部分以养殖场的融资缺口占资金需求的比例衡量其融资约束状况,基于整体和分样本将约束型和激励型环境规制对养殖场融资约束进行回归^①。

表 4 汇报了机制分析的结果。从表 4 第(1)一(2)列看,整体上,约束型环境规制加剧了养殖场融资约束,激励型环境规制缓解了养殖场融资约束,符合演化博弈的结果。从第(3)一(4)列看,约束型环境规制显著加剧了非规模化养殖场的融资约束程度,而激励型环境规制对非规模化养殖场融资约束的缓解作用并不显著。从第(5)一(6)列看,约束型环境规制对规模化养殖场的融资约束的影响并不显著,而激励型环境规制显著缓解了规模化养殖场的融资约束,假说 H2 得证。

表 4 机制检验

变量	融资约束					
	全样本		非规模化		规模化	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
约束型环境规制	0.005** (0.002)		0.012*** (0.004)		-0.001 (0.003)	
激励型环境规制		-0.003* (0.001)		-0.003 (0.013)		-0.003* (0.001)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	720	720	170	170	550	550
R ²	0.046	0.045	0.165	0.122	0.025	0.031

结合对绿色生产的影响来看,约束型环境规制会加剧非规模化养殖场的融资约束,阻碍其绿色技术和设备的更新,削弱威慑效果,导致对非规模化养殖场绿色生产的促进作用并不显著。而激励型环境规制主要缓解规模化养殖场的融资约束,促进规模化养殖场的绿色生产。上述结果表明^②,约束型和激励型环境规制对不同规模养殖场融资约束的异质性影响,

①环境规制下,养殖场受到融资约束往往先于绿色生产决策,且绿色生产的投入具有周期长和前期收益低的特征(陈诗一等,2021),绿色生产对养殖场融资约束状况的改善具有时间滞后性,在一定程度上机制变量与被解释变量的反向因果关系较弱。本文也对融资约束与养殖场绿色生产进行了工具变量法检验,支持了机制变量的有效性。

②由于融资约束变量的很多观测值被压缩在一个点上,呈现出归并数据(Censored Data)的特征,此时,若直接采用经典最小二乘法进行估计,可能导致参数估计有偏和不一致。为解决此问题,本文也采用了Tobit 模型将两种环境规制工具对融资约束进行回归,结果同样稳健。

是对不同规模养殖场的政策效果产生分化的重要原因,假说 H3 得证。

(三) 内生性检验

1. 工具变量法

理论上,环境规制对于生产者是对外生的政策冲击,但用具体政策内容来度量环境规制时,可能会存在反向因果问题。一方面,环保检查频率和补贴金额的增加会促进养殖场的绿色生产;另一方面,养殖场进行绿色生产后可能会影响其受到环保检查的频率和补贴金额。接下来本文拟采用工具变量法对可能存在的内生性问题予以处理。选取的工具变量要满足与替代的内生变量高度相关,但与被解释变量不直接相关。城市河流密度作为自然地理条件,并不会对养殖场的绿色生产决策产生直接影响,因而符合工具变量外生性的要求。生猪养殖场会产生大量含氮、磷和病原体的废弃物,若处理不当,会通过雨水径流、渗漏等方式进入附近的水体,导致水质恶化。为保护水源、控制污染,地区的河流密度越大,地方的环境规制强度可能越高,满足工具变量相关性的要求。为将其应用于面板数据,本文将所选工具变量与除本村外同县(市、区)其他村养殖场环保检查的均值和除本养殖场外同县(市、区)其他养殖场补贴金额的均值进行交互,以构建具有时间变异性的工具变量。因此,选取合适的工具变量后,本文对全样本进行工具变量检验。

表 5 汇报了加入工具变量后约束型和激励型环境规制对养殖场绿色生产的回归结果。首先需要关注工具变量的有效性,从回归结果来看,工具变量的 Cragg-Donald Wald F 值均大于 15%的临界值,选取的工具变量不存在弱工具变量问题。从回归结果可以看出,在修正了内生性偏误之后,研究结论依然稳健。

表 5 内生性检验 I :工具变量法

变量	第一阶段		第二阶段	
	约束型环境规制	激励型环境规制	绿色生产	
	(1)	(2)	(3)	(4)
约束型 IV	2.081 *** (0.081)		0.007 *** (0.003)	
约束型环境规制				
激励型 IV		-1.836 *** (0.576)		
激励型环境规制				0.027 ** (0.012)
控制变量	控制	控制	控制	控制
Cragg-Donald Wald F 值	662.552	10.163	662.552	10.163
观测值	720	720	720	720

2. 考虑其他政策工具的影响

约束型环境规制政策实施中,地方政府还通过划定禁养区、限养区和适养区控制养殖业污染。其中,禁养区范围内不得建设养殖场,地方政府责令已有养殖场迁出或停业;限养区范围内养殖户饲养规模受到严格限制,不得建设规模养殖场,同时其环保标准也更加严格。考虑到禁、限养区的划分对该区域内的整体环境规制强度影响大、作用强,为解决可能带来的遗漏变量问题,此部分进一步控制了禁、限养区的划分(1=位于适养区;2=位于限养区;3=位于禁养区)。从表 6 回归结果看,在修正了内生性偏误之后,全样本和规模化养殖场中约束型环境规制和激励型环境规制变量均正向显著,支持了基准回归结论。

表 6 内生性检验 II :考虑其他政策工具的影响

变量	绿色生产					
	全样本		非规模化		规模化	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
约束型环境规制	0.040 ^{***} (0.015)		0.021 (0.016)		0.072 ^{**} (0.029)	
激励型环境规制		0.015 [*] (0.009)		0.892 (1.209)		0.014 [*] (0.008)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	720	720	170	170	550	550
Pseudo R ²	0.080	0.068	0.061	0.063	0.143	0.134

(四) 稳健性检验

为了防止某些不可控因素导致的估计偏误使基准回归的结论缺乏说服力,本文进一步通过以下 5 种方法开展稳健性检验^①。

1.考虑其他补贴的影响

激励型环境规制中另一个比较常见的环保补贴是沼气设施建设补贴。由于沼气设施建设补贴通常为沼气设施建设当年的一次性补贴,直接计入当年环保补贴总额中可能会影响估计的准确性。基于此,本文将沼气设施建设补贴占沼气设施建设投入的比例作为核心解释变量,考察沼气设施建设补贴对养殖场绿色生产的影响。回归结果显示,沼气设施建设补贴比例对绿色生产的影响在全样本和规模化养殖场中正向显著,与上文激励型环境规制的影响一致,本文结论具有稳健性。

2.替换核心解释变量

仅用环保检查次数和环保补贴金额度量约束型环境规制和激励型环境规制可能不够全面,本文试图从更多的维度对两种环境规制工具进行度量。约束型环境规制还包括禁限养区划分、对养殖场的处罚罚款和搬迁。由于 2016—2019 年间,禁限养区范围在缩小,以及样本中仅有少部分养殖场受到环境处罚,直接将解释变量约束型环境规制替换成是否位于禁限养区或是否因环境问题受到处罚、罚款或关停可能并不合适。因此,本部分用熵权法将约束型环境规制的各个指标合成为约束强度变量。同理,将激励型环境政策中的补贴金额、养殖场申请土地开展粪污资源化利用活动时是否获得优先审批、生猪粪污治理培训次数合成为激励强度变量。回归结果显示,约束强度和激励强度均显著提高了规模化养殖场绿色生产的概率,本文结论具有稳健性。

3.进一步控制地区差异

由于各地区政府对环境规制实施强度存在差异,以及一些地区特征会对养殖场生产行为产生影响(朱润等,2021),在研究环境规制对养殖场绿色生产的影响时,有必要控制地区层面的固定效应。在基准回归中,本文控制了苏南、苏中和苏北的地区虚拟变量,但可能相对粗糙,本部分将地区虚拟变量替换为市级和县级层面的虚拟变量,结果依然稳健。

4.倾向得分匹配

考虑到不是所有的养殖场都受到过环保检查和环保补贴,本文借鉴李青原和肖泽华

①稳健性检验因版面所限,结果备索。

(2020),采用PSM倾向得分匹配方法进行稳健性检验。具体思路大致为:对是否受到环保检查和环保补贴分别生成虚拟变量,采用Logit模型,将所有特征变量分别对该虚拟变量进行回归,计算倾向得分值,对满足共同支撑假设的样本重新检验。本文对两种环境规制工具分别采用核匹配(Kernel Matching)和马氏矩阵配比法(Mahalanobis Metric Matching)两种方法进行匹配,结论仍具有稳健性。

5.对核心解释变量缩尾

本文样本中养殖场的养殖规模迥异,受到环境规制的约束和激励情况不尽相同,为排除核心解释变量中极端值的影响,本文对约束型和激励型环境规制变量进行1%的双侧缩尾,结论仍具有稳健性。

(五)异质性分析

根据前文的分析,约束型和激励型环境规制对生猪养殖场绿色生产的影响存在规模上的异质性。为更全面分析两种环境规制工具的政策效果,本部分从生猪养殖场的场龄和所在县(市、区)的产业结构两个维度进行异质性分析。

1.养殖场场龄

一方面,随着环保要求不断严格,政府加强了对新建养殖场的环境方案审核以及日常监管,为规避约束型环境规制可能带来的惩罚,新建养殖场受约束型环境规制工具的威慑效应更强;另一方面,对新建养殖场环保的高要求降低了银行对其贷款的风险,银行对新建养殖场贷款存在偏好(李鹏程、王明利,2020),新建养殖场受激励型环境规制工具的影响也更强,融资约束程度更低,有利于进行绿色生产。本文根据养殖场场龄的中位数将样本划分为场龄较小、较大两组,进行分组检验。表7第(1)—(4)列结果显示,约束型和激励型环境规制对养殖场绿色生产的促进作用在养殖场场龄较小的组别中显著,在养殖场场龄较大的组别中不显著。上述结果表明,两种环境规制工具对新建养殖场绿色生产的影响更显著,金融机构贷款和环保补贴均存在对新建养殖场的偏好。

表7 异质性分析 I :养殖场场龄

变量	绿色生产			
	场龄较小组		场龄较大组	
	(1)	(2)	(3)	(4)
约束型环境规制	0.088 *** (0.032)		0.017 (0.015)	
激励型环境规制		0.036 ** (0.018)		0.005 (0.011)
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测值	336	336	384	384
Pseudo R ²	0.159	0.138	0.084	0.080

2.所在县(市、区)产业结构

养殖业环境政策的实施力度也与当地产业结构有关。由于生猪养殖产生的臭气污染对地区环境影响较大,养殖场所在县(市、区)的旅游业越重要,环境规制强度可能越大。本文根据养殖场所在县(市、区)第三产业增加值与GDP比重的中位数,将样本划分为第三产业占比较低、较高两组,进行分组检验,具体数据来自《中国县域统计年鉴》。表8第(1)—(2)

列的结果显示,养殖场所在县(市、区)第三产业占比较低的组别中,激励型环境规制对养殖场绿色生产的促进作用正向显著,约束型环境规制正向不显著。所在县(市、区)第三产业重要性越低,第一产业重要性可能越高,为保障生猪产能和地方经济发展,约束型环境规制强度可能较低,激励型环境规制强度可能较高。表 8 第(3)—(4)列的结果显示,养殖场所在县(市、区)第三产业占比较高的组别中,约束型环境规制对养殖场绿色生产的促进作用正向显著,激励型环境规制正向不显著。该结果表明,养殖场所在县(市、区)的第三产业越重要,约束型环境规制作用越强。

表 8 异质性分析 II :所在县(市、区)产业结构

变量	绿色生产			
	第三产业占比较低组		第三产业占比较高组	
	(1)	(2)	(3)	(4)
约束型环境规制	0.016 (0.015)		0.055 * (0.031)	
激励型环境规制		0.216 *** (0.064)		0.005 (0.009)
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测值	358	358	362	362
Pseudo R ²	0.135	0.192	0.127	0.116

六、进一步分析

前文分析发现,整体上,约束型环境规制和激励型环境规制工具均有助于促进生猪养殖场的绿色生产。那么,养殖业现有的“胡萝卜加大棒”的环境规制政策中,哪一种工具对养殖场绿色生产的影响更强?除绿色生产外,环境规制还对养殖业产生了哪些积极影响?本部分将对上述问题进行进一步检验。

(一) 两种环境规制工具的影响比较

约束型和激励型环境规制孰更有效是世界各国设计环境政策时关注的重点。约束型环境规制在控制污染方面见效快、可靠性强,一直以来是 OECD 国家环境规制工具的首要选择(赵玉民等,2009)。一方面,根据威慑理论,养殖场环保检查不合格带来的处罚、搬迁抑或关停的经济后果远大于其不进行绿色生产所节约的成本,养殖场会选择遵从环境要求进行绿色生产。另一方面,根据前景理论,更多的风险厌恶型农户在生产决策中更倾向于最小化损失而不是最大化利润(Duan et al., 2021),这也有助于解释为何约束型环境规制在养殖业环境规制政策中起主要作用。根据哈维茨的激励相容理论,存在道德风险的情况下,如何保证拥有信息优势的一方(代理人)按照契约的另一方(委托人)的意愿行动,从而使双方都能趋向于效用最大化是设计激励模式的核心问题。激励型环境规制直接缩减了养殖场进行绿色生产的成本,有助于政府和养殖场的环保目标一致化。但现实中,逆向选择和道德风险以及激励不相容问题难以解决,一定程度上限制了激励型环境规制的效果。

为比较两种环境规制工具的效果,首先,借鉴李青原和肖泽华(2020)的方法,在分别检验两种环境规制工具对被解释变量的影响后,将两个核心解释变量放入同一个方程中再进

行回归。进一步地,对约束型环境规制和激励型环境规制进行 Wald 检验。结果如表 9 第(1)列所示,两种政策工具的系数均正向显著,Wald 检验的 p 值为 0.006。该结果表明,两个核心解释变量对养殖场绿色生产的影响存在显著差异,且约束型环境规制的影响更大。上述结果表明,养殖业环境规制中,约束型环境规制的效果更好,印证了既有关于环境规制工具有效性的论断。

(二)对养殖场经济效益的影响

关于环境规制政策经济效应的研究存在两种相反的观点:一种是污染天堂假说,该假说认为严格的环境规制削弱了发展中国家通过增强污染密集型产品而带来的竞争优势,阻碍经济增长。另一种是波特假说,认为合理的环境规制可以激励企业进行技术创新,通过创新补偿效应促进经济增长。从养殖业看,一方面,环境规制冲击了养殖业既有的粗放增长模式,可能带来负向的经济效益;另一方面,环境规制也能促进养殖业的绿色生产,产生创新补偿效应,提高经济效益。本文选取养殖场年营业收入作为经济效益的代理变量进行检验,结果如表 9 第(2)—(3)列所示,约束型和激励型环境规制的系数均正向显著。该结果表明,现行的环境政策提高了养殖业的经济效益,支持了微观层面的波特假说。

(三)对养殖场生物安全防控的影响

非洲猪瘟疫情常态化下养殖业生物安全风险剧增,生物安全防护的重要性日益凸显(胡浩等,2022)。环境规制对养殖场绿色生产的高要求也影响着生物安全的防控:一方面,养殖场产生的粪污可能携带各种病原体,通过进行有效的粪污无害化处理,可以减少病原体的数量,从而降低动物和人类接触到致病微生物的风险;另一方面,环保检查会对养殖场周边的水源和土壤环境质量进行不定期的抽查,有助于维护周围生态系统的健康,减少对水源和土壤的污染,从而降低潜在的生物安全风险。本文选取养殖场育肥舍每周清洗消杀的次数作为生物安全防护水平的代理变量进行检验,结果如表 9 第(4)—(5)列所示,两种环境规制工具中,约束型环境规制显著提高了养殖场的生物安全防护水平。

表 9 进一步分析的回归结果

变量	绿色生产	经济效益		生物安全防护	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
约束型环境规制	0.038 *** (0.014)	0.133 *** (0.048)		0.048 ** (0.019)	
激励型环境规制	0.015 * (0.009)		0.278 *** (0.027)		0.012 (0.011)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
Wald 检验 p 值	0.006	—	—	—	—
观测值	720	720	720	720	720
$Pseudo R^2/R^2$	0.087	0.055	0.165	0.118	0.111

七、结论与政策启示

全面认识环境规制的政策效果,对于缓解环境规制的“马太效应”具有重要意义。本文基于 2020 年江苏省 22 个县(市、区)生猪养殖场的实地问卷调查数据,构建“政府-金融机构-养殖场”的三方演化博弈模型,实证分析了约束型和激励型环境规制对养殖场绿色生产

的影响。研究发现:第一,约束型和激励型环境规制可以显著促进养殖场绿色生产,但存在“马太效应”,显著促进了规模化养殖场的绿色生产,对非规模化养殖场绿色生产的影响并不显著。第二,约束型和激励型环境规制通过对不同规模养殖场融资约束的异质性影响产生绿色生产的“马太效应”。约束型环境规制带来的融资约束会削弱其促进养殖场绿色生产的直接威慑效应,该削弱效果主要体现在非规模化养殖场中;激励型环境规制通过融资约束缓解效应促进养殖场进行绿色生产,该促进效果主要体现在规模化养殖场中。第三,约束型和激励型环境规制对养殖场绿色生产的影响在不同场龄和不同产业结构地区的样本中存在差异。养殖场的场龄越小、所在县(市、区)第三产业占比越高,约束型环境规制对绿色生产的促进作用越强;养殖场的场龄越小、所在县(市、区)第三产业占比越低,激励型环境规制对绿色生产的促进作用越强。第四,两种工具中约束型环境规制对养殖场绿色生产的影响更大,环境规制政策对养殖场的经济效益和生物安全防控水平均存在提升效应,支持了微观层面的波特假说。

为缓解异质性环境规制对养殖场绿色生产的“马太效应”,促进生猪养殖业高质量发展,本文政策启示如下:

第一,兼顾效率和公平,制定差异化的环境规制政策。对于约束型环境规制,可根据规模化与非规模化养殖场的实际污染排放情况,实施分级监管,以确保其在促进养殖场绿色生产方面发挥应有的威慑效应。对于激励型环境规制,可以适度减少补贴政策的“规模偏好”,尝试以绿色生产意愿、效果等实际情况作为补贴标准,提高非规模化养殖场的补贴可得性。同时,完善环保补贴的考核机制,提高对规模化与非规模化养殖场的补贴效率,缓解异质性环境规制对绿色生产的“马太效应”。

第二,因地制宜,优化约束型和激励型环境规制政策组合。环境规制政策的实施需要符合当地经济发展水平和产业结构,针对不同地区养殖场的特点和养殖业发展情况,可以调整约束型和激励型环境规制强度,优化两种环境规制政策的组合。对于第三产业占比高的地区,可以加大约束型政策的力度;而对于第三产业占比低的地区,更应加强激励型政策的力度,以更好地促进绿色生产。

第三,加强对养殖场的融资支持与技术帮扶,促进生猪养殖体系多元化。鉴于非规模化养殖场面临的融资约束问题,可以设立专门的融资支持计划,为非规模化养殖场提供低息贷款或财政支持,降低其进行绿色生产的资金门槛。此外,可加强养殖场绿色生产技术的培训,鼓励规模化养殖场与非规模化养殖场进行经验分享和合作,促使整个行业更好地适应环保要求,促进生猪养殖体系多元化协调发展,提升养殖业的新质生产力。

参考文献:

- 1.卞晨、初钊鹏、孙正林,2022:《环境规制、绿色信贷与企业绿色技术创新的政策仿真——基于政府干预的演化博弈视角》,《管理评论》第10期。
- 2.陈诗一、张建鹏、刘朝良,2021:《环境规制、融资约束与企业污染减排——来自排污费标准调整的证据》,《金融研究》第9期。
- 3.陈晓艳、肖华、张国清,2021:《环境处罚促进企业环境治理了吗?——基于过程和结果双重维度的分析》,《经济管理》第6期。
- 4.杜红梅、周健,2023:《正式制度、非正式制度与养殖户粪污资源化利用行为——基于NCA与QCA的复合研究》,《华中农业大学学报(社会科学版)》第3期。
- 5.戈阳,2022:《环境规制对生猪养殖户绿色生产行为的影响研究》,南京农业大学博士学位论文。

- 6.何广文、何婧、郭沛,2018:《再议农户信贷需求及其信贷可得性》,《农业经济问题》第2期。
- 7.胡浩、江光辉、戈阳,2022:《中国生猪养殖业高质量发展的现实需求、内涵特征与路径选择》,《农业经济问题》第12期。
- 8.李鹏程、王明利,2020:《环保和非洲猪瘟疫情双重夹击下生猪生产如何恢复——基于八省的调研》,《农业经济问题》第6期。
- 9.李青原、肖泽华,2020:《异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据》,《经济研究》第9期。
- 10.马国群、谭砚文,2021:《环境规制对农业绿色全要素生产率的影响研究——基于面板门槛模型的分析》,《农业技术经济》,第5期。
- 11.潘丹,2016:《基于农户偏好的牲畜粪便污染治理政策选择——以生猪养殖为例》,《中国农村观察》第2期。
- 12.潘丹、孔凡斌,2015:《养殖户环境友好型畜禽粪便处理方式选择行为分析——以生猪养殖为例》,《中国农村经济》第9期。
- 13.秦天、彭珏、邓宗兵、王炬,2021:《环境分权、环境规制对农业面源污染的影响》,《中国人口·资源与环境》第2期。
- 14.覃予、王翼虹,2020:《环境规制、融资约束与重污染企业绿色化投资路径选择》,《财经论丛》第10期。
- 15.史永东、陈火亮、宋明勇,2022:《环境规制影响企业融资约束吗?——基于新<环保法>的准自然实验》,《证券市场导报》第8期。
- 16.王建华、抖露露、王缘,2022:《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》,《中国农村经济》第1期。
- 17.王修华、赵亚雄,2022:《数字金融发展与城乡家庭金融可得性差异》,《中国农村经济》第1期。
- 18.徐立峰、金卫东、陈珂,2020:《风险偏好、信息获取与生猪养殖污染暴露行为——基于8省1489个生猪养殖户的实证分析》,《中国农村观察》第4期。
- 19.杨冕、袁亦宁、万攀兵,2022:《环境规制、银行业竞争与企业债务融资成本——来自“十一五”减排政策的证据》,《经济评论》第2期。
- 20.叶莉、房颖,2020:《政府环境规制、企业环境治理与银行利率定价——基于演化博弈的理论分析与实证检验》,《工业技术经济》第11期。
- 21.尹昌斌、周颖、刘利花,2013:《我国循环农业发展理论与实践》,《中国生态农业学报》第1期。
- 22.于婷、于法稳,2019:《环境规制政策情境下畜禽养殖废弃物资源化利用认知对养殖户参与意愿的影响分析》,《中国农村经济》第8期。
- 23.展进涛、徐钰娇,2019:《环境规制、农业绿色生产率与粮食安全》,《中国人口·资源与环境》第3期。
- 24.张利庠、罗千峰、韩磊,2020:《构建中国生猪产业可持续发展的长效机制研究》,《农业经济问题》第12期。
- 25.张郁、江易华,2016:《环境规制政策情境下环境风险感知对养猪户环境行为影响——基于湖北省280户规模养殖户的调查》,《农业技术经济》第11期。
- 26.张郁、齐振宏、孟祥海等,2015:《生态补偿政策情境下家庭资源禀赋对养猪户环境行为影响——基于湖北省248个专业养殖户(场)的调查研究》,《农业经济问题》第6期。
- 27.赵玉民、朱方明、贺立龙,2009:《环境规制的界定、分类与演进研究》,《中国人口·资源与环境》第6期。
- 28.周肖肖、贾梦雨、赵鑫,2023:《绿色金融助推企业绿色技术创新的演化博弈动态分析和实证研究》,《中国工业经济》第6期。
- 29.周月书、尹梓鉴,2024:《农业保险是否促进了中国农业绿色发展?》,《华中农业大学学报(社会科学版)》第1期。
- 30.朱立龙、荣俊美、张思意,2021:《政府奖惩机制下药品安全质量监管三方演化博弈及仿真分析》,《中国管理科学》第11期。
- 31.朱润、何可、张俊飏,2021:《环境规制如何影响规模养猪户的生猪粪便资源化利用决策——基于规模养猪户感知视角》,《中国农村观察》第6期。
- 32.Cochrane, W. 1958. *Farm Prices: Myth and Reality*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- 33.Duan, W., J. Shen, N. Hogarth, and Q. Chen. 2021. "Risk Preferences Significantly Affect Household Investment in Timber Forestry: Empirical Evidence from Fujian, China." *Forest Policy and Economics* 125, 102421.

- 34.He, K., L. Ye, F. Li, H. Chang, A. Wang, S. Luo, and J. Zhang. 2022. "Using Cognition and Risk to Explain the Intention-behavior Gap on Bioenergy Production: Based on Machine Learning Logistic Regression Method." *Energy Economics* 108, 105885.
- 35.Kaine, G., H. Murdoch, R. Lourey, and D. Bewsell. 2010. "A Framework for Understanding Individual Response to Regulation." *Food Policy* 35(6):531-537.
- 36.Liu, A., S. Dai, and Z. Wang. 2023. "Environmental Protection Tax on Enterprise Environmental, Social and Governance Performance: A Multi-perspective Analysis Based on Financing Constraints." *Journal of Asian Economics* 89, 101671.
- 37.Pu, S., X. Rong, J. Zhu, Y. Zeng, J. Yue, T. Lim, and D. Long. 2021. "Short-term Aerial Pollutant Concentrations in a Southwestern China Pig-fattening House." *Atmosphere* 12(1):103.
- 38.Wang, M., S. Gong, L. Liang, L. Bai, Z. Weng, and J. Tang. 2023. "Norms Triumph over Self-interest! The Role of Perceived Values and Different Norms on Sustainable Agricultural Practices." *Land Use Policy* 129, 106619.
- 39.Xiao, H., and K. Wang. 2020. "Does Environmental Labeling Exacerbate Heavily Polluting Firms' Financial Constraints? Evidence from China." *China Journal of Accounting Research* 13(2):147-174.
- 40.Xu, Q., and T. Kim. 2022. "Financial Constraints and Corporate Environmental Policies." *The Review of Financial Studies* 35(2):576-635.
- 41.Zeng, Y., K. He, J. Zhang, and P. Li. 2024. "Impacts of Environmental Regulation Perceptions on Farmers' Intentions to Adopt Multiple Smart Hog Breeding Technologies: Evidence from Rural Hubei, China." *Journal of Cleaner Production* 469, 143223.

Do Heterogeneous Environmental Regulatory Tools Exist a "Matthew Effect" in Green Production? Empirical Evidence from Scaled and Non-scaled Pig Farms

Zhou Yueshu and Yin Zijian

(School of Finance, Nanjing Agricultural University)

Abstract: The financing constraint brought by environmental regulation will affect its policy effect. Based on the field survey data of pig farms in 22 counties (cities, districts) of Jiangsu Province in 2020, this paper constructs a tripartite evolutionary game model of "government-financial institutions-farms", and empirically analyzes the influence of binding and incentive environmental regulations on green production of farms of different scales. The results show that binding and incentive environmental regulations can significantly promote the green production of farms, but they have different effects on the financing constraints of farms of different scales, alleviating the financing constraints of large-scale farms and intensifying the financing constraints of non-scale farms, thus generating the "Matthew effect" of green production for farms of different scales. Heterogeneity analysis found that there are significant differences in the impact of binding and incentive environmental regulations on green production in farms of different ages and industrial structures in regions. Further analysis indicates that binding environmental regulations exert a greater influence on green production compared to incentive-based measures. Additionally, the environmental regulation policy has a promotion effect on the economic benefit and biological safety prevention and control level of farms. This paper provides policy enlightenment for improving the inequality caused by environmental regulation.

Keywords: Environmental Regulation, Financing Constraints, Green Production of Husbandry, Evolution Game, Matthew Effect

JEL Classification: O13, Q14

(责任编辑:陈永清)