

供应链框架下规模养猪户绿色养殖模式演化机理分析

左志平^{1,2} 齐振宏²

(1. 武汉学院 工商管理系, 武汉 430079; 2. 华中农业大学 经济管理学院, 武汉 430070)

摘要 为了解目前我国规模养猪带来的环境面源污染和猪肉质量安全等问题,提出规模养猪户绿色养殖模式。通过规模养猪户绿色养殖模式驱动机理的分析,建立了市场机制和政府监管条件下规模养猪户绿色养殖模式演化博弈模型。在分析政府和规模养猪户不同策略下各自的成本和收益基础上,进一步分析了政府监管与规模养猪户绿色养殖模式选择的博弈关系。研究结果表明:在完全市场机制作用下,规模养猪户难以实现绿色运营模式的自我演化,政府的规制对规模养猪户绿色养殖模式的演化具有较强的推动作用,而且演化博弈结果受到消费者绿色消费偏好系数,猪肉的环境质量系数,养猪户废弃物转化环保投资,政府的监管成本、环境排污收费和绿色补贴等参数的影响。

关键词 供应链;规模养猪户;绿色养殖模式;演化机理

中图分类号 F 326.34

文章编号 1007-4333(2016)03-0131-10

文献标志码 A

Analysis on evolution mechanism of scaled pig farmers' green operating mode under the framework of supply chain

ZUO Zhi-ping^{1,2}, QI Zhen-hong²

(1. Department of Business Administration, Wuhan College, Wuhan 430079, China;

2. College of Economics and Management, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract Focused on environment pollution and pork safety problems in China caused by scaled pig raising, a green operating mode for scaled pig farmers was proposed in this study. Through analysis on the driving mechanism of scaled pig farmers' green operating mode, an evolution game model of scaled pig farmers' green operating mode under the conditions of marketing mechanism and government supervision was built up. Based on the analysis of the costs and benefits under government's and scaled pig farmers' different strategies, this study further analyzed the game relation between government supervision and scaled pig farmers' choice of green operating mode. The results showed that: Under the function of free market mechanism, it was difficult for scaled pig farmers to promote the green operating mode and government supervision played a strong driving role in the evolution of scaled pig farmers' green operating mode. Moreover, the results of evolution game were affected by the coefficient of consumers' green consumption preference and pork environmental quality, the environmental investment of pig farmers' waste conversion, the costs of government supervision, the charges for environment pollution and the green subsidies. According to the results obtained above, relevant policy recommendations were put forward.

Keywords supply chain; scale pig farmers; green operation; evolution mechanism

养猪业规模化、产业化、组织化发展带来的环境面源污染、猪肉质量安全等问题日益突出,严重制约了我国养猪业的可持续发展^[1]。构建以规模养猪户(场)为供应商,以大中型生猪屠宰加工企业为核心

企业,以超市为零售商,以冷链物流为支持的生猪绿色供应链管理模式,是解决目前规模化养猪业带来的环境污染和猪肉质量安全问题的有效途径^[2-3]。

在生猪供应链中,下游的大型零售商与大中型

收稿日期: 2015-07-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171436); 国家社科基金重点项目(14AZD002)

第一作者: 左志平, 讲师, 博士研究生, 主要从事农产品供应链管理、生态经济研究, E-mail: zuolu0523@sina.com

通讯作者: 齐振宏, 教授, 主要从事循环经济与企业可持续发展研究, E-mail: qizhh@mail.hzau.edu.cn

的生猪屠宰加工企业通过加盟、合同等方式建立了稳定的纵向垂直合作关系,在一定程度上保障了猪肉的质量安全^[4]。但是,由于上游的中小规模养猪户与生猪屠宰加工企业尚未建立长期、紧密的合作关系,大多数合作还是维持传统的市场交易模式,这种合作模式不仅给屠宰加工企业带来了供应数量、价格和质的不确定性,也给养猪户带来生产、销售决策上的风险,加上养猪户规模小、分布广、监管难,致使生猪养殖过程中造成的环境污染和猪肉质量安全等问题不能从源头得到有效控制^[5-6]。因此,养猪户绿色养殖模式是生猪绿色供应链管理的关键,是绿色优质猪肉生产的关键。

如何实现规模养猪户绿色养殖模式的自我演化?促进规模养猪户绿色养殖行为的驱动因素有哪些?国内外学者从不同角度给出了解释。Mary等^[7],虞伟等^[8]运用农户经济学理论,从生产者角度揭示了养殖户绿色养殖行为的根本原因,认为对于以私人效用最大化为目标的养殖户来说,绿色养殖能否带来直接的经济效益是养殖户采取不同养殖行为的根本原因。由于绿色养殖行为并不能产生直接的经济效益,因此,养殖户不会自发选择绿色养殖模式;而闵继胜等^[9]认为随着养猪户养殖规模的扩大,产生的规模经济和范围经济能够降低单位产品的环保投资成本,规模养猪户采用沼气池等绿色养殖模式的动力会增强。Enneking^[10],Van等^[11],Ingrid等^[12],Atsushi等^[13]等学者运用试验研究方法和实证研究方法,从需求者视角分析了消费者绿色消费意愿对养殖户绿色养殖行为的影响,研究结果表明:随着人们生活质量普遍提高,绿色环保意识不断加强,80%以上的消费者愿意为优质猪肉支付更高的费用,消费者的绿色环保偏好激励了规模养猪户的绿色环保行为。而Ortega等^[14]和William^[15]实证研究表明,在经济欠发达地区,消费市场对于优质猪肉的需求动力则不足,为了推动生猪养殖户绿色养殖模式的发展,外部环境主体,特别是政府的作用显得尤为重要。李鹏等^[16],邬兰娅等^[17]分别运用博弈论和实证分析方法,研究了政府的激励措施对养猪户绿色养殖行为的影响,研究指出政府的补贴政策是促进我国规模养猪户实施绿色养殖模式的重要激励因素;彭玉珊等^[18]运用双种群博弈理论,分析了生猪供应链内部成员间的监管和惩罚力度对生猪供应链质量安全行为的影响。

以上研究成果对本研究具有借鉴参考价值,但

也存在一些不足:1)大多数文献认为养殖户的养殖成本/收益、规模,消费者的环保意愿及政府的环境政策对养殖户绿色养殖模式选择具有重要的影响,但这些影响因素对养殖户绿色养殖模式选择的影响机理缺乏关注;2)在研究方法方面,主要以定性描述、理论解释为主,定量研究大多采用试验研究、实证研究和静态博弈方法,而采用动态博弈理论的研究成果相对较少。考虑到养猪业是农业面源污染的主要来源,规模养猪户正成为畜牧业新型养殖主体,规模养猪户对不同养殖模式的选择将决定农业环境污染控制的成效。另外,由于规模养猪户绿色养殖模式的实施是一个不断学习、不断调整从低级向高级逐渐演进的过程,而演化博弈理论很好的描述了有限博弈群体之间长期反复博弈过程中策略的调整过程及其局部动态均衡性^[19]。因此,选择规模养猪户作为研究对象,运用演化博弈理论,综合考虑政府奖惩政策、猪肉产品的绿色度水平和消费者环保意识对规模养殖户绿色养殖模式演化的影响机理,探讨了不同机制条件下规模养猪户与政府博弈的演化过程,提出了规模养猪户绿色养殖模式演化的路径及前提条件,以期为我国规模养猪户绿色化养殖和政府政策制定提供参考建议。

1 规模养猪户绿色养殖模式的内涵与驱动机理

1.1 规模养猪户绿色养殖模式的内涵

规模养猪户绿色养殖模式,是指具备一定养殖规模的养猪户(场)或养猪企业,为实现养殖过程的高资源利用率和低环境污染率的双重目标,根据绿色猪肉市场上消费者的环保需求,在生猪生产经营活动中始终保持与环境和谐相容的养殖模式^[3,20]。

如图1中虚线内的内容所示,规模养猪户绿色养殖模式从绿色采购、绿色设计、绿色养殖、绿色消费和绿色回收的全过程考虑了环境整体效益的最优化。绿色设计贯穿于绿色养殖模式的全过程,该环节规模养猪户综合考虑生猪产品的绿色功能、猪肉质量、养殖周期和养殖成本,在绿色养殖的各个环节设计一套科学合理的养殖方案,确保整个绿色养殖过程中始终保持与环境和谐相容;绿色采购环节养猪户选用安全、环保的绿色饲料和优品猪仔,从源头保障生猪和猪肉的安全质量;绿色养殖环节养猪户严格按照环境管理ISO14000系列标准,在生猪用水、饲料供给、卫生防疫、安全监管、病死猪和养殖场

废弃物无公害处理等方面进行标准化处理,实现养殖污染的“零排放”;绿色回收环节中规模养猪户对饲料采购、仔猪哺育、生猪养殖、猪肉销售配送以及最终消费过程中所产生的废弃物回收再利用,实现了废弃物处理的 3R(即减量化原则(Reduce)、再使用原则(Reuse)和再循环原则(Recycle));绿色物流以冷链物流为支持体系,尽量减少运输、仓储、流通加工、包装等物流活动对生猪和猪肉质量的影响,保证生猪流通过程中不被污染,保证猪肉产品的安全供应。规模养猪户绿色养殖模式实现了农户、社会、环境效益的协调优化,是实现我国养猪业可持续发展的重要举措。

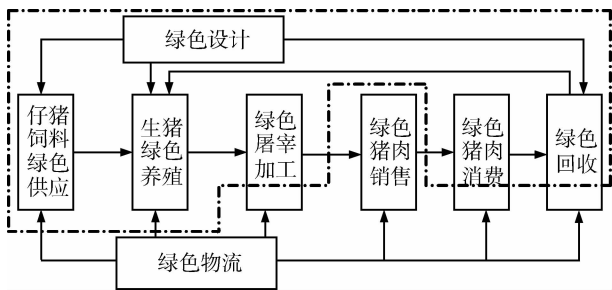


图 1 供应链框架下养猪户绿色养殖模式

Fig. 1 Scaled pig farmers’ green operating mode under the framework of supply chain

1.2 规模养猪户绿色养殖模式的驱动因素

从利益相关者的角度来看,规模养猪户绿色养殖模式实施主要受到了政府、供应商、其他养猪户和消费者等外部行为主体的环境压力影响。随着政府对生猪养殖监管法规、猪肉质量安全追溯体系的不断完善,规模养猪户在环境保护方面压力将越来越大。面对政策法规压力,供应链下游的供应商对生

猪质量安全方面的要求越来越严格,规模养猪户为了确保生猪生产质量,开始寻求与规模大、资金雄厚、技术水平高的下游屠宰企业在养殖废弃物转化、市场信息共享、绿色技术指导等方面开展绿色合作;同时,随着消费者绿色消费、安全消费意识的不断提高,绿色猪肉产品的需求不断扩大,率先实施绿色养殖模式的规模养猪户在市场上通过产品环境质量差异化获得竞争优势,也将迫使其他规模养猪户选择绿色养殖模式。

从现实角度来看,规模养猪户实施绿色养殖模式内在动力主要是追求经济利益和降低养殖风险。政府在加大环境监管力度的同时,也逐步出台了相关的补偿政策来激励规模养猪户开展养殖废弃物资源化再利用项目。如通过高温堆腐和生物发酵技术将废弃物高值转化为无污染、高肥效和宜运输的优质有机肥;通过热喷、发酵和干燥加工处理产生优质的有机饲料;通过热解技术处理,产生清洁气体燃料,在实现经济效益的同时,也产生了环境效益。为了降低规模养猪户环保投资形成的资产专有性增加的养殖风险,养猪户通过不断调整养殖规模,获取规模养殖效益,来降低单位产品的环保投资成本;尽管规模化养殖在一定程度上增加了废弃物的排放量,但从经济角度看,也为废弃物规模化、集中化治理提供了经济性基础。

1.3 规模养猪户绿色养殖模式的驱动机理

通过以上分析,可以看出,规模养猪户绿色养殖模式的驱动机理是由外部环境压力和内在动力在一定的机制下发生作用,形成了规模养猪户绿色养殖模式的驱动力。驱动机理如图 2 所示。当驱动力作用在规模养猪户绿色运营系统上时,促成规模养猪

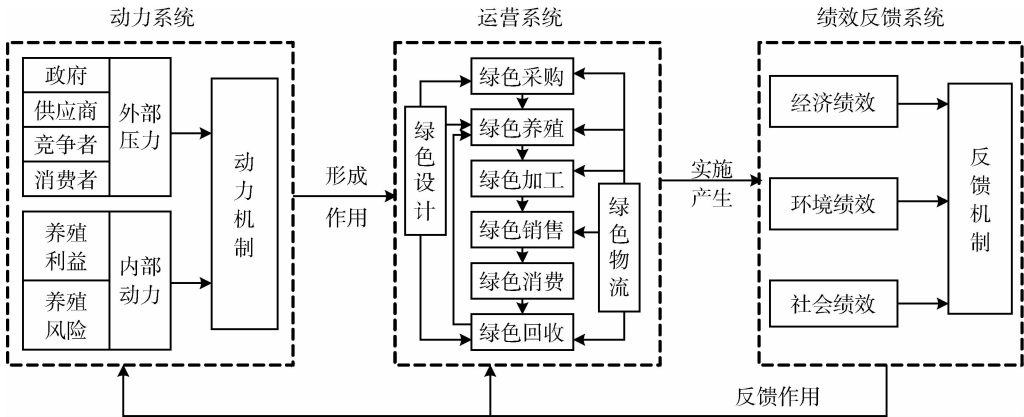


图 2 养猪户绿色养殖模式驱动机理

Fig. 2 Driving mechanism of pig farmers green operating mode

户在绿色采购、绿色设计、绿色养殖、绿色消费和绿色回收的供应链全过程实施绿色养殖模式。绿色养殖模式实施,产生了经济效益、环境效益和社会效益,这些效益对规模养猪户绿色养殖模式实施和驱动也产生了反馈作用,最终形成了一个闭环的、不断调整的、不断演化的绿色运营系统。

2 市场机制下规模养猪户绿色运营模式的演化机理分析

2.1 演化博弈模型构建

为便于演化机理分析,进行如下基本假定:1)假定在双寡头市场上,有两类规模养猪户群体,群体1采用绿色养殖模式生产绿色猪肉(绿色养猪户),群体2采用非绿色运营模式生产普通猪肉(普通养猪户),两类猪肉产品功能相同但具不完全可替代性;2)假定规模养猪户根据生猪生产销售周期,将养殖过程划分为多个阶段,每一阶段内,养猪户可以根据市场需求情况,调整后面的运营模式及产量;3)假定市场上同一消费者对绿色猪肉和非绿色猪肉具有不同偏好,消费者存在效用异质性,即同一猪肉产品对

于不同消费者,其效用存在差异,消费者的效用函数为: $U(\theta, g) = \theta g - p$ (购买绿色度为 g 的猪肉产品;否则 $U(\theta, g) = 0$),其中, θ_i 表示消费者对不同产品的偏好系数^[21-22], θ_i 服从 $[0, 1]$ 内均匀分布, $\bar{\theta}$ 表示消费者最大的环境满意度,表示消费者均倾向于购买绿色猪肉产品; g 表示猪肉产品的绿色度,表示猪肉产品的有毒有害物资含量、可回收性、使用能耗水平和养殖废弃物转化利用等水平^[21, 23],绿色度越高,产品的环境质量越高,设 $g_i (i = 0, 1)$ 分别表示非绿色养殖模式和绿色养殖模式下猪肉产品的绿色度, $g_1 > g_0 > 0$; 设 p_i 为不同养殖模式下猪肉产品售价 ($p_1 > p_0 > 0$); c_i 表示不同绿色度猪肉产品的边际生产成本 ($c_1 > c_0 > 0$); I 为规模养猪户某一生产周期内实施绿色养殖模式投入的固定成本(猪场建设、治污设施投资等), π_1^G, π_1^{NG} , 分别表示不同的规模养猪户群体成员均采用绿色养殖模式、均采用非绿色养殖模式的收益, π_0^G, π_0^{NG} 表示分别采用不同养殖模式下的收益^①;不考虑政府机构等外部主体的影响,在纯粹市场机制下规模养猪户绿色运营模式演化收益矩阵如表1所示。

表1 规模养猪户绿色养殖模式演化收益矩阵
Table 1 Game matrix on scale pig farmers green operating mode

规模养猪户 群体2 Scale farmers 2	规模养猪户群体1 Scale farmers 1		
	状态 (概率)	绿色养殖模式 (x)	非绿色养殖模式 ($1-x$)
	绿色养殖模式 (x)	$(\pi_1^G - I, \pi_1^G - I)$	$(\pi_0^G - I, \pi_0^{NG})$
	非绿色养殖模式 ($1-x$)	$(\pi_0^{NG}, \pi_0^G - I)$	(π_1^{NG}, π_1^{NG})

2.2 演化路径及影响因素分析

由于规模养猪户的市场对称性,对规模养猪户绿色运营模式演化做单边分析。假设在博弈的初期,规模养猪户群体中实施“绿色养殖模式”的概率为 x ,实施“非绿色养殖模式”的概率为 $1-x$ 。 $E_1^S, E_1^{NS}, \bar{E}_1$ 分别为规模养猪户选择“绿色养殖模式”与

“非绿色养殖模式”的期望收益和群体平均收益。则规模养猪户群体选择“绿色养殖模式”动态微分方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_1^S - \bar{E}_1) = x(1-x)[(\pi_0^G - \pi_1^{NG}) - x(\pi_0^G + \pi_0^{NG} - \pi_1^G - \pi_1^{NG})]$$

注①根据对消费者效用函数和消费者消费偏好 θ 服从 $[0, 1]$ 内均匀分布的假设,计算得:

$\pi_1^G = 2(\bar{\theta}g_1 - c_1)^2/9g_1; \pi_1^{NG} = 2(g_0 - c_0)^2/9g_0;$
 $\pi_0^{NG} = (2\bar{\theta}g_1^2 - 2\bar{\theta}g_0g_1 - 2g_1c_1 + g_0c_1 + g_1c_0)^2/(g_1 - g_0)(4g_1 - g_0)^2;$
 $\pi_0^G = g_1(\bar{\theta}g_0g_1 - \bar{\theta}g_0^2 + g_0c_0 + g_0c_1 - 2g_1c_0)^2/g_0(g_1 - g_0)(4g_1 - g_0)^2。$

令 $F(x) = 0$, 得 $x = 0$, $x = 1$ 或 $x^* = \frac{\pi_0^G - \pi_1^{NG}}{(\pi_0^G + \pi_0^{NG} - \pi_1^G - \pi_1^{NG})}$;

1) 当 $\pi_0^G - \pi_1^{NG} > 0$ 且 $\pi_0^{NG} - \pi_1^G \leq 0$ 时, 由微分方程相关性质可知, $x = 1$ 是博弈的演化稳定策略, 其演化路径如图 3(a) 所示, 规模养猪户最终全部演化为“绿色养殖模式”。现实意义为: 规模养猪户一方采取绿色养殖模式的收益大于双方均采取非绿色养殖模式的收益, 而且另一方采取非绿色养殖模式的收益小于双方均采取绿色养殖模式的收益时, 最终所有的规模养猪户都会选择绿色养殖模式。进一步分析可以得到: 当规模养猪户单位生产成本的投入获得的产出较高, 且绿色度达到一定值时, 规模养猪户采取绿色养殖模式与非绿色养殖模式的收益差将随 g_1 的变大会增加^①, 最终规模养猪户将全部演化为“绿色养殖模式”。另外, 规模养猪户实施绿色养殖模式的成本越高, 其收益会随之增加, 规模养猪户追求利益最大化, 规模养猪户也将趋于采取绿色养殖模式; 同时消费者的绿色消费偏好系数 $\bar{\theta}$ 越大,

绿色猪肉和普通猪肉的价格均会逐步增加, 普通养猪户和绿色养猪户的利润也不断增加, 绿色养猪户猪肉价格和利润较普通养猪户增加更快, 规模养猪户越趋于采取绿色养殖模式^②。

2) 当 $\pi_0^G - \pi_1^{NG} \leq 0$ 且 $\pi_0^{NG} - \pi_1^G > 0$ 时, 由微分方程相关性质可知, $x = 0$ 是博弈的演化稳定策略, 其演化路径如图 3(b) 所示, 规模养猪户最终全部演化为“非绿色养殖模式”。现实意义为: 现实意义为: 规模养猪户一方采取绿色养殖模式的收益小于双方均采取非绿色养殖模式的收益, 而且另一方采取非绿色养殖模式的收益大于双方均采取绿色养殖模式的收益时, 最终所有的规模养猪户都会放弃绿色养殖模式。

3) 当 $\pi_0^G - \pi_1^{NG} \leq 0$ 且 $\pi_0^{NG} - \pi_1^G \leq 0$ 时, 由微分方程相关性质可知, $x = 0$, $x = 1$ 均为博弈的演化稳定策略, 其演化路径如图 3(c) 所示, 规模养猪户可能演化为“绿色养殖模式”, 也可能演化为“非绿色养殖模式”。现实意义为: 规模养猪户一方采取绿色养殖模式的收益小于双方均采取非绿色养殖模式的收

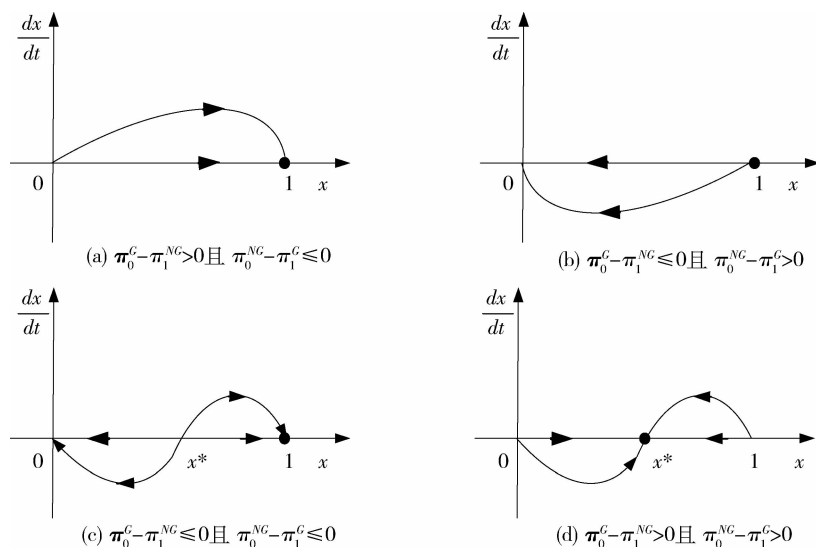


图3 规模养猪户绿色养殖模式演化的路径图

Fig. 3 Evolution path diagram of scale pig farmers green operating mode

注① 设 $f(g_1) = \pi_0^G - \pi_1^{NG}$, 则 $\frac{\partial f(g_1)}{\partial g_1} = \frac{(p_1 - p_0)[(p_1 - p_0) - (c_1 - c_0)]}{(g_1 - g_0)^2}$, 当 $p_1 - p_0 > c_1 - c_0$ 时, $f(g_1)$ 为增函数; 由逆向归纳法求得 $\pi_0^G - \pi_0^{NG} = (g_1 - c_1)^2 / 9g_1 - (g_0 - c_0)^2 / 9g_0 \geq 0$, 有 $g_1^2 - (2c_1 + A)g_1 + c_1^2 \geq 0$, 其中, $A = (g_0 - c_0)^2 / g_0$ (常数), 求得 $g_1 \geq [(2c_1 + A) + \sqrt{4Ac_1 + A^2}] / 2$ 。表明, 当规模养猪户单位生产成本的投入获得的产出较高, 且绿色度 $g_1 \geq [(2c_1 + A) + \sqrt{4Ac_1 + A^2}] / 2$ 时, 规模养猪户采取绿色养殖模式与非绿色养殖模式的收益差越大。规模养猪户最终将全部演化为“绿色养殖模式”。

② 对 π_0^G 求关于 c_1 、 c_0 的一阶导数, 知 $\partial \pi_0^G / \partial c_0 < 0$, $\partial \pi_0^G / \partial c_1 > 0$, 经计算得到, $(\partial p_1 / \partial \bar{\theta} - \partial p_0 / \partial \bar{\theta}) > 0$, $(\partial \pi_0^G / \partial \bar{\theta} - \partial \pi_0^{NG} / \partial \bar{\theta}) > 0$ 表明: 规模养猪户选择绿色养殖模式的成本越高, 其收益随之增加, 规模养猪户追求利益最大化, 将趋于采取绿色养殖模式; 同时消费者的绿色消费偏好系数 $\bar{\theta}$ 越大, 规模养猪户也将趋于采取绿色养殖模式。

益,而且另一方采取非绿色养殖模式的收益小于双方均采取绿色养殖模式的收益时,规模养猪户既有可能选择“绿色养殖模式”,也可能选择“非绿色养殖模式”。

4)当 $\pi_0^G - \pi_1^{NG} > 0$ 且 $\pi_0^{NG} - \pi_1^G > 0$ 时, $x^* = \frac{\pi_0^G - \pi_1^{NG}}{(\pi_0^G + \pi_0^{NG} - \pi_1^G - \pi_1^{NG})}$ 为博弈的演化稳定策略,其演化路径如图 3(d)所示,规模养猪户可能演化为“绿色养殖模式”,也可能演化为“非绿色养殖模式”,并且 $\pi_0^G - \pi_1^{NG}$ 的值越大,绿色养殖模式的概率 x^* 越大, $\pi_0^{NG} - \pi_1^G$ 的值越大,绿色养殖模式的概率越小。现实意义为:规模养猪户一方采取绿色养殖模式的收益大于双方均采取非绿色养殖模式的收益,而且另一方采取非绿色养殖模式的收益大于双方均采取绿色养殖模式的收益时,市场上选择“绿色养殖模式”和选择“非绿色养殖模式”的规模养猪户均存在,

并且当规模养猪户一方采取绿色养殖模式的收益与双方均采取非绿色养殖模式的收益差值越大,规模养猪户采取“绿色养殖模式”的概率就越大;当另一方采取非绿色养殖模式的收益与均采取绿色养殖模式的收益差值越大,规模养猪户采取“绿色养殖模式”的概率就越小。

3 政府监管下规模养猪户绿色养殖模式的演化机理分析

3.1 演化博弈模型构建

为了督促规模养猪户实施绿色养殖模式,政府机构(如环保部门、农业部门)对规模养殖户群体的养殖行为进行监管。假设政府部门选择“监管”的概率为 y (y 也可以理解为政府群体中选择监管的比例),选择“不监管”的概率为 $1-y$ 。政府监管与规模养猪户绿色养殖模式演化博弈策略组合,如表 2 所示。

表 2 政府监管与规模养猪户绿色经营模式演化博弈收益矩阵

Table 2 Game matrix on the government regulation and the scale pig farmers green breeding model

政府策略 Government strategy	养猪户策略 Pig farmers strategy		
	状态 (概率)	绿色养殖模式 (x)	非绿色养殖模式 ($1-x$)
	监管 (y)	$(\omega I - C - B, \pi_1^G + B - I)$	$(W - C - R, \pi_0^G - W)$
	不监管 ($1-y$)	$(\omega I, \pi_1^G - I)$	$(-R, \pi_0^G)$

由于规模养猪户绿色养殖的固定投入 I 具有正外部性效应,政府的收益可以表示为规模养猪户绿色养殖固定投入所带给社会的好处,用 ωI 表示, $\omega > 0$; C 为政府监督规模养猪户采用绿色养殖模式发生的监管费用(如环境监管、安全检测等费用); B 为养猪户采用绿色养殖模式政府给予一定奖励(如差额补贴、优先贷款等); W 为养猪户没有采用绿色养殖模式,造成环境面源污染给予一定罚金(如排污费)。 R 为政府对环境的污染和破坏治理费用。

根据收益矩阵,规模养猪户群体实施绿色养殖模式演化复制动态微分方程 $F_1(x)$ 和政府监管的演化复制动态微分方程 $F_1(y)$ 分别为:

$$F_1(x) = \frac{dx}{dt} =$$

$$x(1-x)[y(W+B) - (\pi_0^G - \pi_1^G + I)] \quad (1)$$

$$F_1(y) = \frac{dy}{dt} = y(1-y)[(W-C) - x(W+B)] \quad (2)$$

联立方程 $F_1(x) = 0$ 和 $F_1(y) = 0$,得到五个均衡点 $A(0,0)$ 、 $B(1,0)$ 、 $C(0,1)$ 、 $D(1,1)$ 和 $H(x^*, y^*)$, 其中, $x^* = \frac{W-C}{W+B}$, $y^* = \frac{\pi_0^G + I - \pi_1^G}{W+B}$, 且 $0 \leq x^* \leq 1, 0 \leq y^* \leq 1$ 。

3.2 演化路径与影响因素分析

根据 Friedman 等^[20]提出的方法,政府监管机构与规模养猪户双群体演化系统均衡点的稳定性可由该系统的雅可比矩阵的局部稳定性分析得到。由式(1)、(2)得演化系统的雅可比矩阵 J 为:

$$J = \begin{bmatrix} (1-2y)[(W-C) - x(W+B)] & -y(1-y)(W+B) \\ -x(1-x)(W+B) & (1-2x)[y(W+B) - (\pi_0^G + I - \pi_1^G)] \end{bmatrix}$$

1) 当 $\pi_0^G - (\pi_1^G - I) < 0$ 时, $B(1,0)$ 为系统演化稳定点, 即(绿色养殖模式, 不监管)为系统演化稳定策略, 演化路径如图 4(a)所示。其现实含义为: 当规模养猪户选择绿色养殖模式与选择非绿色养殖模式的收益差大于 0 时, 所有的规模养猪户都会实现绿色养殖模式的自然演化。但是这种情况在经济欠发达地区(比如我国中西部地区)不会出现, 因为在这些地区, 市场上猪肉产品的环境质量水平偏低, 消费者对绿色猪肉产品需求动力不足。加上规模养猪户清洁生产技术、资金等资源的限制, 绿色养殖的投入成本会很高, 所以单位产品的投入获得的产出往往较低, 很难实现规模养猪户绿色养殖模式的自然演化。

2) 当 $W-C < 0$ 且 $\pi_0^G - (\pi_1^G - I) > 0$ 时, $A(0,0)$ 为系统演化稳定点, 即(非绿色养殖模式, 不监管)为演化稳定策略, 演化路径如图 4(b)所示。其现实含义为: 当规模养猪户选择绿色养殖模式与选择非绿色养殖模式的收益差小于 0, 且政府的监管成本大于罚金时, 将导致政府的不作为、规模养猪户放弃绿色养殖模式的不良结果。为了避免这种情况发生, 政府可以加大奖惩的力度(W 变大)或提高监管效率来降低监管成本(C 变小)。

3) 当 $W-C \geq 0$ 且 $\pi_0^G - (\pi_1^G - I) \geq W+B$ 时,

$C(0,1)$ 为系统演化稳定点, 即(非绿色养殖模式, 监管)为演化稳定策略, 演化路径如图 4(c)所示。其现实含义为: 当规模养猪户选择绿色养殖模式与选择非绿色养殖模式的收益差小于政府的罚金和补贴之和时, 即使政府的监管成本小于罚金, 具有持续监管的动力, 但政府监管工作都是徒劳的, 对绿色养殖模式的扩散不会起到作用。这种情况比较符合目前中国国情, 为了避免这种情况的发生, 目前政府机构加大补贴扶持力度(B 变大)比加大处罚的策略更有效。

4) 当 $W-C \geq 0$ 且 $0 < \pi_0^G - (\pi_1^G - I) \leq W+B$ 时, 系统演化无稳定点。演化路径如图 4(d)所示。从图中可以看出, 政府要想推动规模养猪户绿色运作模式的不断扩散($x \rightarrow 1$), 不是一蹴而就就能实现的, 需要分阶段采取不同的策略。首先政府可以加大惩罚和补贴的力度(增加 $W+B$), 并确保监管的概率 $y > \frac{\pi_0^G - (\pi_1^G - I)}{W+B}$, 以此来提高养猪户绿色养殖模式演化的速率; 随着采取绿色养殖模式的养猪户比例不断增加(x 不断变大), 然后政府再缩小罚金与监管成本之间的差距($W-C$), 并降低监管的概率($y \rightarrow 0$), 最终实现(绿色养殖模式, 不监管)的演化结果。

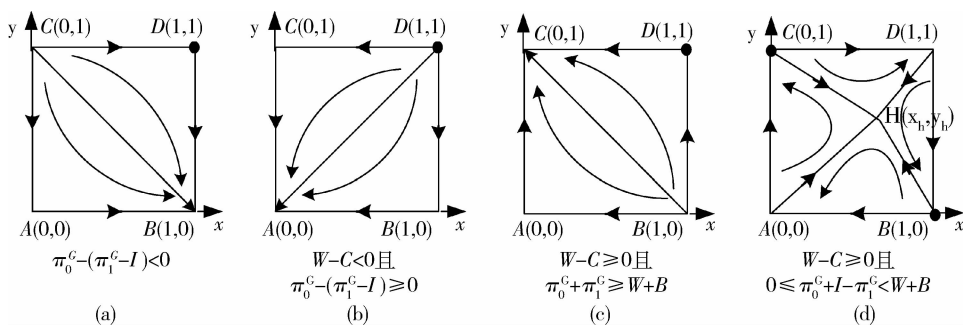


图4 政府监管与规模养猪户绿色养殖模式演化路径图

Fig. 4 Evolution path diagram of government regulation and scale pig farmers green operating mode

通过对以上 4 种均衡情况的比对分析, 可以得到规模养猪户绿色养殖模式的演化路径: 当初始状态是 2) 时, 可以按照 2) → 3) → 4) → 1) 路径发展; 当初始状态是 3) 时, 可以按照 3) → 4) → 1) 路径来发展。

4 结论与政策建议

结合我国国情, 运用演化博弈模型对无政府监管和政府监管下规模养猪户群体绿色养殖模式演化进行了研究, 研究结论如下:

1) 在经济水平相对落后的地区, 由于绿色

市场尚未形成,猪肉产品的绿色度相对较低,在纯粹的市场机制作用下,规模养猪户群体很难实现绿色养殖模式的自我演化;政府的监管措施对规模养猪户群体绿色养殖模式的演化具有一定的推动作用。

2)在政府监管作用下,规模养猪户群体的演化结果既有可能选择“绿色养殖模式”,也有可能选择“非绿色养殖模式”,演化结果取决于绿色养殖模式非绿色养殖模式收益差($\pi_1^G - I - \pi_0^G$)的大小。当($\pi_1^G - \pi_0^G - I > 0$)时,所有的规模养猪户都会选择绿色养殖模式,但是在绿色市场形成初期,由于市场上猪肉的绿色度较低, ($\pi_1^G - \pi_0^G$) 较小,加上规模养猪户绿色养殖资源的限制,绿色养殖的投入成本 I 较高,所以很难实现养猪户绿色养殖模式的扩散;当($\pi_1^G - I - \pi_0^G < 0$)时,政府的奖惩措施对养猪户绿色养殖模式演化具有一定的驱动作用,但是演化的速率受到产品绿色度 g_1 、政府群体的初始有限理性、收益差和政府的奖惩力度大小影响。

3)政府群体的演化结果既有可能选择“监管”,也有可能选择“不监管”。演化结果取决于政府的监管成本 C 与罚金 W 的大小。当 $W - C < 0$ 时,政府没有环境监管的动力;当 $W - C \geq 0$, 政府具有环境监管的动力,政府可以因情况而异,分阶段采取不同的策略:在博弈初期,即使实施绿色养殖模式的规模养猪户很少时,政府通过加大政府的监管力度(即调整 W 与 C 的差值大小),来促进规模养猪户绿色养殖模式的演化;当采取绿色养殖模式的规模养猪户比例不断增加(x 不断变大),政府可以缩小罚金与监管成本之间的差值,并降低监管的概率,最终实现(绿色养殖模式,不监管)的演化结果。

4)消费者的绿色消费偏好可以有效引导规模养猪户的绿色养殖行为。消费者对绿色猪肉的环境满意度越高($\bar{\theta}$ 越大),即消费者越倾向于购买绿色猪肉产品,绿色猪肉和普通猪肉的价格均会逐步增加,普通养猪户和绿色养猪户的利润也不断增加,绿色养猪户猪肉价格和利润较普通养猪户增加更快,绿色猪肉更受消费者青睐,绿色养猪户更加有利可图,规模养猪户越趋于采取绿色养殖模式。

通过以上分析,为了促进规模养猪户绿色养殖模式的演化可采取以下措施:

首先,政府要加大规模养猪户环境管制的力度,增大规模养猪户绿色养殖的空间。目前,我国中小型规模养猪户分布广,监管难度大,现有的法律法规

对农村养殖户环境污染行为的处罚普遍又较轻,而且现有排污费的标准远低于污染的综合治理费用。规模养猪户从成本考虑缺乏绿色养殖的动力。因此,政府要进一步完善环境法制建设,在政策设计时要结合当地养猪业的特点和养殖户的特征,建立不同等级的排污收费标准,降低传统养殖模式的报酬率,为规模养猪户绿色养殖模式演化提供良好、公平的竞争环境,增加规模养猪户绿色养殖的空间。

其次,政府要加大政策扶持力度,提高规模养猪户绿色养殖的积极性。规模养猪户绿色养殖模式的实施会给社会带来显著的环境效益,但由于投入成本 I 较高,而且回收期较长,规模养猪户在整个绿色养殖过程中所获得的环境效益在当前的政策法规条件下不能转换成价值量而计入收益,因此经济性较差并且存在着较大的风险。为此,地方政府一方面要加大生态环保意识的宣传力度,不断强化养猪户的环保责任意识,另一方面也要通过绿色养殖资产投入资金补贴政策、农业废弃物再利用激励政策、农户小额贷款发放政策来提高养猪户绿色养殖的积极性。

再次,政府要加大绿色产品的宣传力度,推动生猪绿色市场的形成。绿色猪肉市场的形成有助于规模养猪户绿色养殖模式的扩散,为了推动国内绿色生猪市场的发展,政府可以发挥网络、媒体的监督、宣传作用。一方面加大食品安全管理体系认证 HACCP、ISO9000 和环境管理 ISO14000 系列的宣传力度,帮助消费者形成健康消费和安全消费的理念;另一方面帮助消费者提高绿色猪肉商标识别能力,进一步提升绿色猪肉购买能力。实际上,网络、媒体的监督,在一定程度上降低了政府监管的成本,促进了规模养猪户绿色养殖模式的演化。

最后,政府要加大绿色养殖技术的推广和指导,为规模养猪户绿色养殖提供技术支持。一方面,政府要通过绿色养殖技术培训与指导,因地制宜,帮助规模养猪户构建“猪-鱼模式”、“农牧一体化模式”和“猪-沼-X(菜、果)模式”等农业废弃物循环利用模式,促进传统养猪模式向绿色养殖模式的转型;另一方面,政府要加快绿色物流技术的推广,加快制定绿色物流标准,包括生猪运输、储存、加工标准,绿色猪肉包装、运输、储存标准等。不断完善规模养猪户绿色养殖模式,推动生猪供应链绿色养殖模式实践。

参 考 文 献

- [1] 仇焕广, 井月, 廖绍攀, 蔡亚庆. 我国畜禽污染现状与治理政策的有效性分析[J]. 中国环境科学, 2013, 33(12): 2268-2273
Qiu H G, Jing Y, Liao S P, Cai Y Q. Environmental pollution of livestock and the effectiveness of different management policies in China [J]. *China Environmental Science*, 2013, 33 (12): 2268-2273 (in Chinese)
- [2] Johannes S C, Wiskerke D R. Constructing a sustainable pork supply chain: a case of techno-institutional innovation [J]. *Environmental Policy & Planning*, 2009(3): 53-74
- [3] 何开伦, 彭铁. 生猪绿色供应链管理模式的实施策略: 以重庆市生猪产业为例[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(4): 440-444
Hei K L, Peng T. Green supply chain management model and its implementation strategy for pig industry: A case of pig industry in chongqing city [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2011, 32(4): 440-444 (in Chinese)
- [4] 孙世民, 彭玉珊. 论优质猪肉供应链中养殖与屠宰加工环节的质量安全行为协调[J]. 农业经济问题, 2012, 33(3): 77-83
Sun S M, Peng Y S. Study on the coordination of quality safety behavior in breeding and slaughtering link with in high quality pork supply chain[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2012, 33(3): 77-83 (in Chinese)
- [5] 应瑞瑶, 薛萃琦, 周力. 基于垂直协作视角的农户清洁生产关键点研究: 以生猪养殖业为例[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 612-619
Ying R Y, Xue L Q, Zhou L. Critical clean production behavior of pig farmers based on vertical coordination angle [J]. *Resources Science*, 2014, 36(3): 612-619 (in Chinese)
- [6] 张跃华, 郭小撑. 食品安全及其管制与养猪户微观行为: 基于养猪户出售病死猪及疫情报告的问卷调查[J]. 中国农村经济, 2012(7): 73-83
Zhang Y H, Wu X C. Food safety and regulation and pig farmers microscopic behavior based on farmers sell dead pigs and epidemic situation report of questionnaire [J]. *Chinese Rural Economy*, 2012(7): 73-83 (in Chinese)
- [7] Mary K, Hendrickson H S, James J R. The ethics of constrained choice: how the industrialization of agriculture impacts farming and farmer behavior [J]. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 2005, 3(18): 269-291
- [8] 虞伟, 张晖, 胡浩. 排污补贴视角下的养殖户环保投资影响因素研究: 基于沪、苏、浙生猪养殖户的调查分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 2(22): 159-163
Yu Y, Zhang H, Hu H. Study on the factors affecting breeding farmers' environmental investment in the perspective of pollution subsidies: Based on the survey of farmers from Shanghai, Jiangsu and Zhejiang [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(2): 159-163 (in Chinese)
- [9] 闵继胜, 周力. 组织化降低了规模养殖户的碳排放了吗: 来自江苏三市 229 个规模养猪户的的证据[J]. 农业经济问题, 2014(9): 35-42
Min J S, Zhou L. Do systematization reduced carbon emissions of scale hog raising households? Evidence from the 229 scale hog raising households of three cities in Jiangsu Province [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2014(9): 35-42 (in Chinese)
- [10] Enneking U. Willingness-to-pay safety improvements in the german meat sector: The case of the Q&S label [J]. *European Review of Agricultural Economics*, 2004, (2): 192-205
- [11] Van R W, Frewer L J, Menozzi D, Faioli G. Consumer perceptions of traceability: A cross-national comparison of the associated benefits [J]. *Food Quality and Preference*, 2008, (19): 452-464
- [12] Olesen I, Alfnes F, Røra M B, Kolstad K. Eliciting consumers' willingness to pay for organic and welfare-labelled salmon in a non-hypothetical choice experiment [J]. *Livestock Science*, 2010, 127(2): 218-226
- [13] Kimura A, Wada Y, Kamada A, Masuda T, Okamoto M, Goto S, Tsuzuki D, Cai D S, Oka T, Dan I. Interactive effects of carbon footprint information and its accessibility on value and subjective qualities of food products [J]. *Appetite*, 2010, 55(2): 271-278
- [14] Ortega D L, Wang H H, Otynk N J, Bai J F, Wu L P. Chinese consumers' demand for food safety attributes: A push for government and industrial regulations [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2012, 94(2): 489-495
- [15] William M. The effectiveness of recycling policy options: Waste diversion or just diversions? [J]. *Waste Management*, 2013(3): 508-518
- [16] 李鹏, 张俊飙, 单海军. 现代农业快速发展背景下的农业生产废弃物管理对策探析: 政府与农户的动态博弈 [J]. 生态环境学报, 2012, 21(6): 1178-1183
Li P, Zhang J B, Shan H J. Agricultural waste management strategy under the background of accelerating the development of modern agriculture: Dynamic game between the government and farmers [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2012, 21(6): 1178-1183 (in Chinese)
- [17] 邹兰娅, 齐振宏, 唐素云, 黄建, 李欣蕊. 养猪户建立生态产业链的影响因素实证研究 [J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(3): 236-242
Wu L Y, Qi Z H, Tang S Y, Huang J, Li X R. An empirical study on the influential factors of pig farmers to establish an eco-industrial chain [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2014, 19(3): 236-242 (in Chinese)
- [18] 彭玉珊, 孙世民, 周霞. 基于进化博弈的优质猪肉供应链质量安全行为协调机制研究 [J]. 运筹与管理, 2011, 20(6): 114-119
Peng Y S, Sun S M, Zhou X. Coordination mechanism of quality safety activities of high quality pork supply chain basing on evolutionary game [J]. *Operations Research and Management Science*, 2011, 20(6): 114-119 (in Chinese)
- [18] Baland J M, Bardhan P, Bowles S. *Inequality Cooperation and Environmental Sustainability* [M]. Princeton: Princeton

University Press,2007

[19] 谢识予. 经济博弈论[M]. 3 版. 上海:复旦大学出版社,2008

Xie S Y. *Economic Game Theory*[M]. 3rd edition. Shanghai: Fudan University Press,2008 (in Chinese)

[20] Baland J M,Bardhan P,Bowles S. *Inequality Cooperation and Environmental Sustainability* [M]. Princeton: Princeton University Press,2007

[21] 江世英,李随成. 考虑产品绿色度的绿色供应链博弈模型及收益共享契约[J]. 中国管理科学,2015,23(6):169-176

Jiang S Y, Li S C. Green Supply Chain game models and revenue sharing contract with product green degree[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2015, 23 (6): 169-176 (in Chinese)

[22] Liu Z G, Anderson T D, Cruz J M. Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 218 (3): 602-613

[23] 陶建宏,王京芳,张蓉. 基于 LCIA 的产品绿色度评价方法及应用[J]. 软科学,2005,19(3):10-13

Tao J H, Wang J F, Zhang R. Evaluation method and application of products green degree based on LCIA[J]. *Soft Science*, 2005, 19(3): 10-13 (in Chinese)

责任编辑：苏燕