

陈莫凡. 基于微分博弈的“农超对接”质量安全投入问题[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13): 340–347.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.079

基于微分博弈的“农超对接”质量安全投入问题

陈莫凡

(福州大学经济与管理学院, 福建福州 350108)

摘要:针对频发的农产品质量问题,以供应链上的质量安全投入为切入点,运用微分博弈方法分析对比了农民专业合作社与超市在 3 种不同的“农超对接”博弈情形下最优质量安全投入水平、农产品最优质量轨迹及各自的利润最优值函数。研究表明,在满足一定约束条件下,对合作社与超市的农产品质量安全投入水平、农产品质量水平及整个供应链系统来说,从无成本分担到成本分担契约再到纵向协作“农超对接”情形都是一种帕累托改进。最后,通过算例对模型进行了验证,并对相关参数进行了灵敏度分析。

关键词:农超对接;质量安全投入;微分博弈;契约;最优质量安全投入水平;最优质量轨迹

中图分类号: F224.32; F304.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0340-07

农业生产不仅是人们获取热能、营养的重要手段,也是国民经济发展的主轴,而提高农产品质量是发展现代农业生产的内在要求;我国政府非常重视农产品质量问题,自十八大以来,我国政府多次明确指出,要以更大力度保障农产品质量,提升农产品质量安全,将切实提高农产品质量水平作为农业供给侧结构性改革的首要要求。但近 10 年来,频频曝出了一系列农产品及食品质量问题,2006 年上海发生药物残留超标的“多宝鱼”事件;2010 年引起社会广泛关注的海南“毒豇豆”事件;2012 年湖南稻米镉含量超标问题;2013 年曝光的山东硫磺熏制“毒生姜”事件;以及 2015 年发生的“僵尸肉”事件,都对农产品供应链条质量管理提出了新的挑战。在这种背景下,开展“农超对接”“实现农产品供应链条优化,引导大型连锁超市直接与合作社或农户对接以减少流通环节及成本,进而稳定产销、提高农产品质量^[1]”成为我国现代农业发展新的着力点。

1 研究性状

作为一种重要的新兴农产品流通模式,“农超对接”模式是对传统农产品供应链的优化,能够激发农户生产积极性,减少损耗成本,进而实现农产品从田间到餐桌的质量控制^[2]。Miyata 等对生鲜农产品供应链进行研究后发现,超市的检测与准入标准将对生鲜农产品的质量提出更高要求^[3]。Reardon 等通过对不同地区的乡镇调研发现,超市有就单一农产品与整个村庄农户签订农产品购销协议的倾向^[4]。Boselie 在对比发展中国家农产品采购模式后发现,发展中国家的农产品采购模式正呈现出集中采购、统一配送的特征,认为未来超市还将逐步加大对专业供应商采购比例^[5]。Cevriye 等通过对土耳其鲜活农产品市场的调查,发现通过削减农产

品供应链中间渠道商的数量能有效降低鲜活农产品的价格,并提高零售商的收益^[6]。Rao 等认为,在超市直接与农户签订合约模式下,超市的特定标准将带来农产品采后处理的需求,这一需求将会增加劳动力的雇佣数量,进而成为解决贫困问题的手段^[7]。Sigrid 等认为,农户+超市的模式是提升农产品质量的保障,通过对越南河内地区鲜活农产品市场的调研发现,要彻底解决农产品质量问题还必须发展出多种模式共存的体系^[8]。目前,我国“农超对接”模式仍处于探索阶段,超市和农户间利益偏好及承担角色不一致,对接双方关系松散、缺乏长期规划且尚未形成有效的价值增值和利益分配机制^[9],因此在我国“农超对接”模式实践中始终存在机会主义、信誉风险等问题,由此引起的参与双方围绕利益追逐所产生的双重边际效应将直接影响到农产品质量水平的稳定性^[10]。如何进行供应链中各主体利益分配以促进农户与超市间的质量安全投入水平,从而更好地提升农产品质量是“农超对接”模式良好发展的前提和基础。

契约可以有效地减小供应链质量控制过程中的双重边际效应,而在契约达成前后,农户、合作社与超市间一直存在着博弈关系,郭红梅等在考虑成本声誉的基础上研究供应链的动态激励契约,并提出了一种供应链动态契约模式使得供应链的整体收益得到优化^[11]。Chen 等定义了一个效用函数并运用博弈方法研究了由供应商及零售商组成的多渠道供应链系统,研究表明,合作契约下销售渠道增多对产品质量提高的作用更大^[12]。刘磊等应用 Stackelberg 模型及合作博弈模型研究了农超对接模式下超市与合作社在竞争、合作时农产品的质量水平,研究发现,合作比对抗更有利于提高农产品的质量水平^[13]。Yao 等研究了由一个供应商及零售商组成的供应链,认为整合转移支付契约、回购契约与收益分享契约能对供应链起到有效的协调作用^[14]。Xie 等研究了双渠道模式下的闭环供应链,认为纵向协作型协作更有利于降低产品价格并提高产品质量,而收益分享契约能够在一定程度上消除双重边际效用^[15]。岳柳青等基于微分博弈方法研究了由产商及零售商组成的生鲜双渠道供应链的契约机制,认为存在一定的收益分配比例使得参与双方的保鲜度投入处于更高水

收稿日期:2017-02-13

基金项目:国家社会科学基金一般项目(编号:13BGL059)。

作者简介:陈莫凡(1991—),男,福建福州人,硕士研究生;研究方向为农产品供应链管理、博弈论与优化。E-mail:576531855@qq.com。

平,进而提高了鲜活农产品的质量水平^[16]。Shang 等研究了存在风险偏好的双渠道三阶段供应链的契约协调问题,认为供应链参与企业的风险偏好将对契约协调效果产生影响,并发现在三阶段供应链中,尽管存在供应链间参与企业两两结盟的可能性,但若参与企业的谈判能力相同,则参与企业将平分超额利润^[17]。

近年来,众多学者对供应链上的质量安全投入问题进行了有益探讨,许民利等在考虑二级供应链参与企业间存在公平偏好因数的基础上分析了参与企业的质量安全投入问题,研究认为,核心企业的质量安全投入与其公平偏好无关^[18]。Trail 认为,超市在与规模较小的合作社或小散农户谈判过程中拥有绝对的话语权,因此,作为弱势一方的农户极易面临大型超市“敲竹杠”风险,这种状态抑制了农户的质量安全投入意愿^[19]。Iannarelli 指出,农户的弱势地位往往导致在签订订单农业合约过程中出现不平等条款,使得在实际运作中农户对长期努力生产的投入处于风险规避状态,认为渠道商合理的风险分担合同可以增加农户的质量安全投入度并提升参与成员利益^[20]。Tang 等建立了公司与农户间的 Stackelberg 博弈模型,表明 Barilla 公司的 PGP 最低收购价格保障合同能够降低农户的风险,提高农户质量安全投入意愿,使企业与农户处于双赢的局面^[21]。Fewell 等应用回归模型分析如何提升农户采用纤维素生物燃料进行生产的意愿,研究结果表明,缩短合同年限、提供保险与分担成本都能增强农户使用生物能源进行生产投入意愿^[22]。高阔运用演化博弈模型研究了农产品供应链中的质量安全投入问题,认为农产品质量安全投入的收益比率对博弈主体的农产品质量安全投入策略选择有决定性影响^[23]。

相关研究认为,考虑到农产品的易腐特质以及消费者对农产品存在的质量偏好,在“农超对接”供应链长期动态环境下如何使得博弈主体的质量安全投入水平实现 Pareto 改进等一系列重要问题尚未得到充分解决,从研究方法上看,相关研究通常考虑的是单次质量安全投入对供应链决策的影响,这样得出的结论是局部最优解,而无法保证整个供应链系统的最优,因此笔者从长期动态的角度结合生鲜农产品质量自然衰减特征,研究由超市主导的单个超市与合作社组成的二级“农超对接”供应链,建立合作社与超市间的微分博弈模型,系统探讨多种“农超对接”博弈情形下博弈主体的质量安全投入水平、农产品质量水平及博弈主体的收益,研究如何提高博弈主体的质量安全投入水平,实现农产品质量的 Pareto 改进,并挖掘出影响农产品质量安全投入及质量水平的因素,为有关部门制订相关政策提供参考。

2 问题描述与模型假设

2.1 问题描述

借鉴文献相关的研究方法^[13],将农民专业合作社与农户看成整体,从“合作社+超市”2 级供应链着手研究,考虑超市主导的由单个合作社 N 及单个超市 S 组成的具有长期合作关系的二级供应链。随着消费者对农产品质量问题关注程度的增加,超市希望通过农产品质量水平的提升来获得消费者认可,树立良好企业形象、提高企业竞争力,这不仅要求超市在运输、包装加工过程中进行质量安全投入,也要求合作社在

生产过程中进行相应的质量安全投入,因此消费者所购买的农产品的最终质量同时取决于超市和合作社的质量安全投入水平。

2.2 符号说明

模型中符号的设定及其涵义见表 1。

表 1 模型中符号及符号含义

符号	涵义
π_N	合作社的边际利润(常量)
π_S	超市的边际利润(常量)
$Z_N(t)$	t 时刻合作社质量安全投入水平(决策变量)
$Z_S(t)$	t 时刻超市质量安全投入水平(决策变量)
$x(t)$	t 时刻农产品的质量水平
$\varphi(t)$	t 时刻对合作社成本分担比例, $0 < \varphi(t) \leq 1$
J_N	非合作时合作社长期(无限时区内)总利润
J_S	非合作时超市长期(无限时区内)总利润

2.3 基本假设

假设 1:假设合作社与超市质量安全投入的成本是关于质量安全投入水平的凸函数,借鉴文献[24]的研究认为, t 时刻合作社与超市的成本可分别表示为 $C[Z_N(t)] = \frac{\lambda}{2} Z_N^2(t)$, $C[Z_S(t)] = \frac{k}{2} Z_S^2(t)$ 。 λ 和 k 分别是合作社与超市的成本系数,且均为大于 0 的常数。

假设 2:消费者所购买农产品质量安全水平同时取决于当期合作社与超市间质量安全投入的水平,参考文献[16]可用式(1)所示的微分方程表示农产品质量安全水平的变化过程

$$x(t) = \partial Z_N(t) + \beta Z_S(t) - \theta x(t)。(1)$$

式中: $x(t)$ 表示 t 时刻农产品的质量,且初始值 $x(0)$ 表示合作社及超市未进行质量安全投入时农产品质量安全水平, $x(0) = x_0 \geq 0$; ∂, β 均为大于 0 的常数,分别表示合作社与超市各种的质量安全投入对农产品质量水平的影响系数, $\theta > 0$ 为农产品质量的自然衰减率。

假设 3:参照相关文献的研究^[25-26],可假设合作社与超市不清楚彼此的成本函数,但农产品质量水平能通过市场检测机制反映出来,而这种检测可以是国家公共部门实施的,也可以是超市施行的,还可以是二者相互合作共同实施的。

假设 4:农产品的需求受产品质量的影响,参考文献[16]中消费者环保意识对产品需求影响的函数形式,认为需求函数可以表示为

$$D[x(t), t] = D_0 + \varepsilon \cdot x(t)。(2)$$

式中: D_0, ε 均为大于 0 的常数,分别表示农产品初始需求以及农产品质量对农产品需求的影响程度。

假设 5:借鉴相关文献的研究,认为在无限时间长度内,合作社与超市在任一时刻均拥有相同时刻期限的贴现因子 ρ 且 $\rho > 0$,合作社与超市均于无限时区内寻求使其自身利益最大化的策略^[27]。

假设 6:合作社和超市均为追求自身利益最大化的理性个体;不计天气、价格、库存等因素对农产品需求的影响,不考虑途中的损失;模型中所有参数均为与时间无关的常数;为书写方便,下文不再列出时间 t 。

3 模型构建和分析

3.1 无成本分担情形

在无成本分担情况下,超市依靠合作社作为第一车间稳定地提供初级农产品,合作社则依托超市将其生产出来的农产品销售出去。超市负责运输、包装的质量安全投入,而合作社不再直接面对市场,主要负责生产的质量安全投入,此时合作社与超市独自决策以最大化各自的利润。在无成本分担的“农超对接”情形下超市处于强势地位并在供应链中处于主导地位,因而合作社与超市进行 Stackelberg 微分博弈。合作社和超市的决策问题为:

$$\max_{Z_N} J_N^*(x, t) = \int_0^\infty e^{-\rho t} \{ \pi_N D[x(t), t] - C_N(Z_N) \} dt; \quad (3)$$

$$\max_{Z_S} J_S^*(x, t) = \int_0^\infty e^{-\rho t} \{ \pi_S D[x(t), t] - C_S(Z_S) \} dt. \quad (4)$$

命题 1: 在无成本分担“农超对接”情形下,合作社和超市的微分质量安全投入策略为 Z_N^* 和 Z_S^* , 其中, $Z_N^* = \frac{\pi_N \varepsilon \partial}{\lambda(\rho + \theta)}$, $Z_S^* = \frac{\pi_S \varepsilon \beta}{k(\rho + \theta)}$ 。

证明: 利用逆向归纳法求解, 首先求解合作社的单方最优控制问题, 记 t 时刻之后合作社的总利润现值最优函数为 $J_N^*(x, t) = e^{-\rho t} V_N^*(x)$ 。 $V_N^*(x)$ 对所有的 $x \geq 0$ 必须满足如下 HJB 方程

$$\rho V_N(x) = \max_{Z_N} \{ \pi_N (D_0 + \varepsilon x) - \frac{\lambda}{2} Z_N^2 + V_N^*(x) (\partial Z_N + \beta Z_S - \theta x) \}. \quad (5)$$

易知公式(5)是关于 Z_N 凹函数, 由一阶条件可得合作社的最优质量安全投入策略为

$$Z_N = \frac{V_N^*(x) \partial}{\lambda}. \quad (6)$$

超市根据合作社的最优反应策略确定自己的最优质量安全投入策略。记 t 时刻之后超市的总利润现值最优函数为 $J_S^*(x, t) = e^{-\rho t} V_S^*(x)$ 。 $V_S^*(x)$ 对所有的 $x \geq 0$ 必须满足如下 HJB 方程:

$$\rho V_S(x) = \max_{Z_S} \{ \pi_S (D_0 + \varepsilon x) - \frac{k}{2} Z_S^2 + V_S^*(x) (\partial Z_N + \beta Z_S - \theta x) \}. \quad (7)$$

将公式(7)代入公式(6), 易知公式(7)是关于 Z_S 凹函数, 由一阶条件得超市最优质量安全投入策略为

$$Z_S = \frac{V_S^*(x) \beta}{k}. \quad (9)$$

由公式(6)及公式(9)可知, 合作社(超市)的质量安全投入水平均随其质量安全投入对农产品最终质量影响程度的增加而提高; 双方质量努力投入均随自身成本系数的增大而下降。

将公式(6)及公式(9)代入公式(5)和公式(7)整理后即得到:

$$\rho V_N^*(x) = [\pi_N \varepsilon - V_N^*(x) \theta] x + \frac{[V_N^*(x) \partial]^2}{2\lambda} + \frac{V_N^*(x) V_S^* \beta^2}{k} + \pi_N D_0; \quad (10)$$

$$\rho V_S^*(x) = [\pi_S \varepsilon - V_S^*(x) \theta] x + \frac{[V_S^*(x) \beta]^2}{2k} +$$

$$\frac{V_S^{N*}(x) V_N^{N*} \partial^2}{\lambda} + \pi_S D_0. \quad (11)$$

由公式(10)及公式(11)微分方程的特点, 可推测 HJB 方程的解是关于 x 的线性最优值函数, 为:

$$V_N^*(x) = a_1 x + b_1, V_S^*(x) = a_2 x + b_2. \quad (12)$$

式中: a_1, a_2, b_1, b_2 均为未知常数。将公式(12)分别代入公式(11)和公式(10)整理对比同类型系数即得到关于系数的约束方程, 解此方程组可得命题中约束, 代入公式(12)可得 $V_N^*(x)$ 与 $V_S^*(x)$ 的函数表达式分别为:

$$V_N^*(x) = a_1^* x + b_1^*, V_S^*(x) = a_2^* x + b_2^*. \quad (13)$$

$$\text{其中} \begin{cases} a_1^* = \frac{\pi_N \varepsilon}{\rho + \theta}, b_1^* = \frac{(\pi_N \varepsilon \partial)^2}{2\lambda \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_N \pi_S \varepsilon^2 \beta^2}{k \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_N D_0}{\rho} \\ a_2^* = \frac{\pi_S \varepsilon}{\rho + \theta}, b_2^* = \frac{(\pi_S \varepsilon \beta)^2}{2k \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_N \pi_S \varepsilon^2 \partial^2}{\lambda \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_S D_0}{\rho} \end{cases} \quad (14)$$

将公式(13)及其一阶导数代入公式(6)及公式(9)可得合作社与超市的最优质量安全投入水平, 即命题 1 所示, 将公式(14)代入博弈双方的最优值函数 $J_N^*(x, t) = e^{-\rho t} V_N^*(x)$ 、 $J_S^*(x, t) = e^{-\rho t} V_S^*(x)$ 即得到供应链参与双方的最优支付水平。将 Z_N^* 及 Z_S^* 代入公式(1), 立即得到无成本分担情形下“农超对接”中农产品质量水平的最优轨迹:

$$x(t) = \frac{\pi_S \varepsilon \beta^2}{\theta k (\rho + \theta)} + \frac{\partial^2 \pi_N \varepsilon}{\theta \lambda (\rho + \theta)} - \left[\frac{\pi_S \varepsilon \beta^2}{\theta k (\rho + \theta)} + \frac{\partial^2 \pi_N \varepsilon}{\theta \lambda (\rho + \theta)} - x_0 \right] e^{-\theta \cdot t}. \quad (15)$$

3.2 成本分担契约情形

成本分担“农超对接”契约规定, 超市可以对合作社的质量安全投入行为进行补贴, 如提供资金或农药、化肥、种子来对合作社的生产成本进行一定程度的分担。但值得注意的是, 农产品从田间到餐桌的各个环节都存在不同程度的信息不对称问题, 加上合作社契约意识差, 成本分担契约有产生道德风险问题的可能性, 如劣质农产品在销售中获得超额价格补偿。此种情况下合作社的实际决策问题为:

$$\max_{Z_N} J_N^Y(x, t) = \int_0^\infty e^{-\rho t} \{ \pi_N D[x(t), t] - (1 - \varphi) C_N(Z_N) \} dt. \quad (16)$$

合作社的公开决策问题为:

$$\max_{Z_S} J_{N1}^Y(x, t) = \int_0^\infty e^{-\rho t} \{ \pi_N D[x(t), t] - (1 - \varphi) \eta C_N(Z_N) \} dt. \quad (17)$$

公式(17)中 η 为成本谎报因子, $\eta > 1$ 表示合作社高报自己的生产成本; $\eta = 1$ 表示不谎报; $\eta < 1$ 表示低报。在此基础上, 超市选择相信合作社所公开的成本信息并作出决策, 超市的决策问题为:

$$\max_{Z_S, \varphi} J_S^Y(x, t) = \int_0^\infty e^{-\rho t} \{ \pi_S D[x(t), t] - C_S(Z_S) - \varphi \eta C_N(Z_N) \} dt. \quad (18)$$

命题 2: 在成本分担“农超对接”模式下, 合作社和超市的微分博弈均衡策略为 Z_N^{Y*} 、 Z_S^{Y*} 和 φ^* , 其中 $Z_N^{Y*} = \frac{(2\pi_S + \pi_N) \varepsilon \alpha}{2\lambda(\rho + \theta)}$,

$$Z_S^{Y*} = \frac{\pi_S \varepsilon \beta}{k(\rho + \theta)}, \varphi^* = \begin{cases} \frac{2\pi_S - \pi_N}{2\pi_S + \pi_N}, & \text{若 } 2\pi_S \geq \pi_N \\ 0, & \text{若 } 2\pi_S < \pi_N \end{cases}, \text{且合作社最优谎报因子 } \eta^* = 1。$$

证明:利用逆向归纳法求解,首先求解合作社的单方最优控制问题,记 t 时刻之后合作社的公开总利润现值最优函数为 $J_N^{Y*}(x, t) = e^{-\rho t} V_N^Y(x)$ 。 $V_N^Y(x)$ 对所有的 $x \geq 0$ 必须满足如下 HJB 方程:

$$\rho V_N^Y = \max_{Z_N} \left[\pi_N (D_0 + \varepsilon x) - \frac{\lambda \eta (1 - \varphi)}{2} Z_N^2 + V_N^{Y*} (\partial Z_N + \beta Z_S - \theta x) \right]。 \quad (20)$$

易知公式(20)是关于 Z_N 凹函数,根据一阶条件立即得到:

$$\rho V_N^Y = \max_{Z_N, \varphi} \left\{ \pi_N (D_0 + \varepsilon x) - \frac{k}{2} Z_N^2 - \frac{\varphi [V_N^{Y*}(x) \partial]^2}{2\lambda (1 - \varphi)^2 \eta} + V_N^{Y*}(x) \left(\partial \frac{V_N^{Y*}(x) \partial^2}{\lambda (1 - \varphi) \eta} + \beta Z_S - \theta x \right) \right\}。 \quad (22)$$

易知公式(22)是关于 Z_S 及 φ 凹函数,根据最大化的一阶条件立即得到:

$$Z_S = \frac{V_S^{Y*}(x) \beta}{k}, \varphi = \frac{2V_S^{Y*}(x) - V_N^{Y*}(x)}{2V_S^{Y*}(x) + V_N^{Y*}(x)}。 \quad (23)$$

将公式(21)及公式(23)代入公式(22)及公式(20),整理即可得:

$$\rho V_N^{Y*}(x) = [\pi_N \theta - \theta V_N^{Y*}(x)] x + \pi_N D_0 + V_N^{Y*}(x) [2V_S^{Y*}(x) + V_N^{Y*}(x)] \frac{\partial^2}{4\lambda \eta} + \frac{V_N^{Y*}(x) V_S^{Y*}(x) \beta^2}{k}; \quad (24)$$

$$\rho V_S^{Y*}(x) = [\pi_N \varepsilon - \theta V_S^{Y*}(x)] x + \pi_N D_0 + \frac{[2V_S^{Y*}(x) \partial + V_N^{Y*}(x) \partial]^2}{8\lambda \eta} + \frac{[V_S^{Y*}(x) \beta]^2}{2k}。 \quad (25)$$

根据公式(24)及公式(25)微分方程的特点,可推测 HJB 方程的解是关于 x 的线性最优值函数,为:

$$V_N^Y(x) = a_5 x + b_5, V_S^Y(x) = a_6 x + b_6。 \quad (26)$$

其中: a_5 、 a_6 、 b_5 、 b_6 均为未知常数。将公式(26)分别代入公式(24)和公式(25)整理对比同类型系数立即得到关于系数的约束方程,解此方程组可得

$$\begin{cases} a_5^* = \frac{\pi_N \varepsilon}{\rho + \theta}, b_5^* = \frac{\varepsilon^2 \partial^2 \pi_N (\pi_N + 2\pi_S)}{4\lambda \eta \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_N \pi_S \varepsilon^2 \beta^2}{k \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_N D_0}{\rho} \\ a_6^* = \frac{\pi_S \varepsilon}{\rho + \theta}, b_6^* = \frac{(\pi_S \varepsilon \beta)^2}{2k \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{(2\pi_S \varepsilon \partial + \pi_N \varepsilon \partial)^2}{8\lambda \eta \rho (\rho + \theta)^2} + \frac{\pi_S D_0}{\rho} \end{cases}, \text{代}$$

入公式(26)可得 $V_N^Y(x)$ 与 $V_S^Y(x)$ 的函数表达式,分别为:

$$V_N^Y(x) = a_5^* x + b_5^*, V_S^Y(x) = a_6^* x + b_6^*。 \quad (27)$$

将公式(27)及其一阶导数分别代入公式(21)及公式(23)立即得到此时合作社与超市均衡解为:

$$Z_N = \frac{(2\pi_S + \pi_N) \varepsilon \partial}{2\lambda (\rho + \theta) \eta}, Z_S = \frac{\pi_S \varepsilon \beta}{k (\rho + \theta)}, \varphi = \begin{cases} \frac{2\pi_S - \pi_N}{2\pi_S + \pi_N}, & \text{若 } 2\pi_S \geq \pi_N \\ 0, & \text{若 } 2\pi_S < \pi_N \end{cases}。 \quad (28)$$

将公式(28)代入公式(16),记 t 时刻后合作社实际总利润现值最优函数为 $J_N^{Y*}(x, t) = e^{-\rho t} V_N^Y(x)$ 。 $V_N^Y(x)$ 对所有的 $x \geq 0$ 必须满足如下 HJB 方程:

$$\rho V_N^Y(x) = \pi_N (D_0 + \varepsilon x) - \frac{(2\pi_S + \pi_N) \pi_N \varepsilon^2 \partial^2}{4(\rho + \theta)^2 \lambda \eta^2} + V_N^{Y*}(x) \left[\frac{(2\pi_S + \pi_N) \varepsilon \partial^2}{2(\rho + \theta) \lambda \eta} + \frac{\pi_S \varepsilon \beta^2}{k(\rho + \theta)} - \theta x \right]。 \quad (29)$$

由一阶条件立即得到关于 η 的最优值为:

$$\eta = \frac{\pi_N \varepsilon}{(\rho + \theta) V_N^{Y*}}。 \quad (30)$$

$$Z_N = \frac{V_N^{Y*}(x) \partial}{\lambda (1 - \varphi) \eta}。 \quad (21)$$

合作社的反应函数表明,合作社质量安全投入 Z_N 随超市为其分摊的成本比例 φ 、合作社投入程度对农产品质量影响程度系数 ∂ 的上升而增加,随生产投入的成本系数 λ 及其谎报因子的增加而降低 η 。

将合作社的反应函数公式(21)代入超市的决策函数公式(18)中,展开立即可得:

将公式(30)代入公式(29)整理立即得到:

$$\rho V_N^{Y*}(x) = \rho [\pi_N \varepsilon - V_N^{Y*}(x) \theta] x - \frac{(2\pi_S + \pi_N) \pi_N \varepsilon^2 \partial^2}{4(\rho + \theta)^2 \lambda \eta^2} + \frac{V_N^{Y*}(x) (2\pi_S + \pi_N) \varepsilon \partial^2}{2(\rho + \theta) \lambda \eta} + \frac{V_N^{Y*}(x) \pi_S \varepsilon \beta^2}{k(\rho + \theta)} + \pi_N D_0。 \quad (31)$$

立即解得

$$V_N^{Y*}(x) = a_7^* x + b_7^*。 \quad (32)$$

$$\text{其中: } a_7^* = \frac{\pi_N \varepsilon}{\rho + \theta}, b_7^* = \frac{\pi_N \varepsilon^2 [2\lambda \eta \pi_S \beta^2 + (4\pi_S + 2\pi_N) \partial^2 \eta k - (2\pi_S + \pi_N) \partial^2 k]}{4(\rho + \theta)^2 \lambda \rho \eta^2 k} + \frac{\pi_N D_0}{\rho}。$$

将公式(32)的一阶导数代入公式(30)得:

$$\eta^* = 1。 \quad (33)$$

由公式(22)、公式(30)及公式(31)不难知,虽然在成本分担“农超对接”契约下合作社高报自己的生产成本能减少其质量安全投入,即谎报因子 η 的增加能减少合作社的质量安全投入,但合作社的利润却与农产品质量水平紧密相关,即若检测机制有效,则农产品的真实质量水平能够准确地被反馈出来,这种情况下合作社的投机行为无法替代应有的质量安全投入行为,因而合作社的投机行为将导致自身利润的下降;由公式(33)可知,在这种情况下,合作社将不会采取投机行为以获取超额补贴。

将公式(33)代入公式(28)即可得到合作社及超市的微分博弈均衡策略,即如命题2所示;将 $V_N^Y(x)$ 及 $V_S^Y(x)$ 代入双方最优值函数,将 Z_N^{Y*} 及 Z_S^{Y*} 代入式(1),立即得到“成本分担”契约模式下农产品质量水平最优轨迹为:

$$x(t) = \frac{\pi_S \varepsilon \beta^2}{\theta k (\rho + \theta)} + \frac{\partial^2 (2\pi_S + \pi_N) \varepsilon}{2\theta \lambda (\rho + \theta)} - \left[\frac{\pi_S \varepsilon \beta^2}{\theta k (\rho + \theta)} + \frac{\partial^2 (2\pi_S + \pi_N) \varepsilon}{2\theta \lambda (\rho + \theta)} - x_0 \right] e^{-\theta \cdot t}。 \quad (34)$$

推论1:对比“无成本分担”情形,当 $2\pi_S > \pi_N$ 时,“成本分担”契约模式能在不减少超市质量安全投入水平的情况下促进合作社的质量投入安全水平,且满足参与约束条件,因而对于无成本分担情形是一种 Pareto 改进。

证明:当 $2\pi_S > \pi_N$ 时,无成本分担与成本分担农超对接契约下合作社质量安全投入及利润差值为:

$$J_N^{Y*} - J_N^{N*} = \frac{(2\pi_S - \pi_N)}{2(\rho + \theta) \lambda} > 0; \quad (35)$$

$$J_N^{Y*}(x, t) - J_N^{N*}(x, t) = e^{-\rho t} \frac{\pi_N \varepsilon^2 \partial^2 (2\pi_S - \pi_N)}{4\rho (\rho + \theta)^2 \lambda} > 0。 \quad (36)$$

当 $2\pi_S > \pi_N$ 时,无成本分担与成本分担农超对接契约下超市质量安全投入及利润的差值为:

$$Z_S^{Y*} - Z_S^{N*} = 0; \quad (37)$$

$$J_S^{Y*}(x, t) - J_S^{N*}(x, t) = e^{-\rho t} \frac{(2\pi_S \varepsilon \partial - \pi_N \varepsilon \partial)^2}{8\rho(\rho + \theta)^2 \lambda} > 0. \quad (38)$$

由推论 1 可知, 当 $2\pi_S > \pi_N$ 时, 由于超市分担了合作社部分质量安全投入成本, 合作社将以更高质量安全投入水平进行生产, 并使双方最终的利润都能得到 Pareto 改进; 成本分担农超对接契约对合作社质量安全投入的激励效果与超市和合作社的边际利润差值 $(2\pi_S - \pi_N)$ 呈正相关, 与合作社生产成本系数呈负相关; 成本分担契约下, 合作社与超市所得到的利润增量均随合作社成本系数的增加而下降, 随农产品质量对农产品需求的影响程度、合作社的努力投入对农产品质量的影响系数的上升而增加; 约束条件 $2\pi_S > \pi_N$ 蕴含一定的管理意义, 表明只有相较于合作社经营能力, 超市本身必须具备一定程度规模实力, 成本分担契约模式才能有效运作。

3.3 纵向协作“农超对接”情形

纵向协作“农超对接”情形下, 合作社与超市形成了一个合作体, 规定供应链参与双方以农产品供应链系统利润最优为首要原则, 共同对质量安全投入水平 Z_N^C 、 Z_S^C 值进行决策, 并将供应链所得收益值以一定比例在二者间进行共享分配。此时决策问题为:

$$\max_{Z_N, Z_S} J_{SC}^C = \int_0^\infty e^{-\rho t} [(\pi_N + \pi_S)D(x(t), t) - C_N(Z_N) - C_S(Z_S)] dt. \quad (39)$$

命题 3: 在纵向协作“农超对接”情形下合作社和超市的质量安全投入均衡策略为 Z_N^{C*} 和 Z_S^{C*} , 其中, $Z_N^{C*} = \frac{(\pi_N + \pi_S)\varepsilon\partial}{\lambda(\rho + \theta)}$, $Z_S^{C*} = \frac{(\pi_S + \pi_N)\varepsilon\beta}{k(\rho + \theta)}$ 。

证明: 根据最优控制理论, 记 t 时刻之后系统的最优利润现值函数为 $J_S^{C*}C(x, t) = e^{-\rho t} V_{SC}^C(x)$ 。 $V_{SC}^C(x)$ 对所有的 $x \geq 0$ 必须满足如下 HJB 方程:

$$\rho V_{SC}^C(x) = \max_{Z_N, Z_S} [(\pi_N + \pi_S)(D_0 + \varepsilon x) - \frac{\lambda}{2} Z_N^2 - \frac{k}{2} Z_S^2 + V_{SC}^{C'}(\partial Z_N + \beta Z_S - \theta x)]. \quad (40)$$

易知公式(40)是关于 Z_N 及 Z_S 凹函数, 根据最大化的一阶条件立即得到:

$$Z_N = \frac{V_{SC}^{C'}(x)}{\lambda}, Z_S = \frac{V_{SC}^{C'}(x)}{k}. \quad (41)$$

将公式(41)代入公式(40)整理后即得

$$\rho V_{SC}^C(x) = [(\pi_N + \pi_S)\varepsilon - V_{SC}^{C'}(x)\theta]x + (\pi_N + \pi_S)D_0 + \frac{[V_{SC}^{C'}(x)\partial^2]}{2\lambda} + \frac{[V_{SC}^{C'}(x)\beta^2]}{2k}. \quad (42)$$

由公式(42)微分方程的特点, 可推测 HJB 方程的解是关于 x 的线性最优值函数, 为:

$$V_{SC}^C(x) = a_8 x + b_8. \quad (43)$$

解方程组得 a_8^* 、 b_8^* , 其中 $a_8^* = \frac{\pi_N + \pi_S}{\rho + \theta} \varepsilon$, $b_8^* = \frac{(\pi_N + \pi_S)^2 \varepsilon^2 \beta^2}{2k\rho(\rho + \theta)^2} + \frac{(\pi_N + \pi_S)D_0}{\rho}$, 代入公式(43)后再代入公式(41)即为命题 3 所示。

将 Z_N^{C*} 及 Z_S^{C*} 代入公式(1), 立即得到纵向协作型“农超对接”情形下农产品质量水平最优轨迹为:

$$x(t) = \left(\frac{(\pi_S + \pi_N)\varepsilon\beta^2}{\theta k(\rho + \theta)} + \frac{\partial^2(\pi_N + \pi_S)\varepsilon}{\theta \lambda(\rho + \theta)} - \left[\frac{(\pi_S + \pi_N)\varepsilon\beta^2}{\theta k(\rho + \theta)} + \frac{\partial^2(\pi_N + \pi_S)\varepsilon}{\theta \lambda(\rho + \theta)} - x_0 \right] e^{-\theta \cdot t} \right). \quad (44)$$

推论 2: 纵向协作“农超对接”情形下, 合作社与超市的质量安全投入水平均高于成本分担“农超对接”契约模式下的对应值, 因而实现了博弈主体质量安全投入水平的 Pareto 改进; 供应链系统的总利润值也高于成本分担“农超对接”契约模式下的对应值, 进而对供应链利润实现了 Pareto 改进。

证明: 由命题 2、命题 3 可得

$$Z_N^{SC*} - Z_N^{Y*} = \frac{\pi_N \varepsilon \partial}{2\lambda(\rho + \theta)} > 0; \quad (45)$$

$$Z_S^{SC*} - Z_S^{Y*} = \frac{\pi_N \varepsilon \beta}{k(\rho + \theta)} > 0; \quad (46)$$

$$J_{SC}^C(x, t) - [J_N^{Y*}(x, t) + J_S^{Y*}(x, t)] = e^{-\rho t} \frac{\pi_N \varepsilon^2 (4\beta^2 \lambda + \partial^2 k)}{8\rho \lambda k(\rho + \theta)^2} > 0. \quad (47)$$

由推论 2 知, 相比成本分担“农超对接”契约模式, 纵向协作“农超对接”情形下双方进行质量安全投入的水平更高; 且消费者对农产品质量的需求越高, 纵向协作“农超对接”情形下获利优势性越显著。

结合推论 1 可知, 当 $2\pi_S > \pi_N$ 时, 3 种情形从无成本分担到成本分担再到协作型“农超对接”情形下, 农户的质量安全投入水平都分别实现了 Pareto 改进; 超市在前 2 种情形下质量安全投入相同, 而“协作型”情形下超市的质量安全投入要高于前 2 种情形, 该结论反映了超市在缺少外部因素激励的情况下, 在前 2 种情形中质量安全投入水平不会因为模式的不同而改变, 但是, 在协作情形下, 由于合作社和制造商作为一个整体, 从而他们之间的质量安全投入行为存在互补性, 这就会使得超市增大投入; 但值得注意的是, 只有合作社与超市在协作情形下对供应链的利润进行合理分配共享, 即各自所获利润均大于无成本分担及成本分担情形下各自所获利润时, 协作情形才具有稳定性, 即必须满足参与约束。

推论 3: 当 $2\pi_S > \pi_N$ 且纵向协作“农超对接”情形下参与双方利润分配比例 λ 满足条件 $\frac{V_{SC}^{Y*}}{V_{SC}^{C*}} < \lambda < \frac{V_{SC}^{C*} - V_S^{Y*}}{V_{SC}^{C*}}$ 时, 对于合作社和超市的利润来说, 纵向协作情形具有稳定性, 此时纵向协作“农超对接”情形即能实现推论 2 中的 Pareto 改进。

证明: 当 $2\pi_S > \pi_N$ 时, 由推论 1 可知, 相较于无成本分担情形, 成本分担契约模式供应链系统能实现 Pareto 改进。此时, 在协作情形下, 合作社和超市若按照 λ 和 $(1 - \lambda)$ 的比例分配供应链总体利润, 则可得到:

$$V_N^C = \lambda \left[\frac{(\pi_N + \pi_S)\varepsilon}{\rho + \theta} x + \frac{(\pi_N + \pi_S)D_0}{\rho} + \frac{(\pi_N + \pi_S)^2 \varepsilon^2 \partial^2}{2\lambda\rho(\rho + \theta)^2} + \frac{(\pi_N + \pi_S)^2 \varepsilon^2 \beta^2}{2k\rho(\rho + \theta)^2} \right]; \quad (48)$$

$$V_S^C = (1 - \lambda) \left[\frac{(\pi_N + \pi_S)\varepsilon}{\rho + \theta} x + \frac{(\pi_N + \pi_S)D_0}{\rho} + \frac{(\pi_N + \pi_S)^2 \varepsilon^2 \partial^2}{2\lambda\rho(\rho + \theta)^2} + \frac{(\pi_N + \pi_S)^2 \varepsilon^2 \beta^2}{2k\rho(\rho + \theta)^2} \right]. \quad (49)$$

若要使协作情形得以稳定, 协作情形下合作社与超市必须同时满足如下约束:

$$\begin{cases} \lambda C_{SC}^{C*} - V_N^{Y*} > 0 \\ (1 - \lambda) V_{SC}^{C*} - V_S^{Y*} > 0 \end{cases} \quad (50)$$

又因 $\frac{V_{SC}^{C*} - V_N^{Y*} - V_S^{Y*}}{V_{SC}^{C*}} > 0$, 故解公式 (50) 得推论 3, 即可以

通过设置利润分配系数来实现 Pareto 改进。

根据推论 3 可知, 分配系数 λ 的取值范围取决于参数 π_N 、 π_S 、 λ 、 k 、 ϑ 和 β 的大小及其关系; 而分配系数 λ 的具体值取决于合作社与超市的讨价还价能力。

由推论 1、推论 2、推论 3 可知, 当满足条件 $2\pi_S > \pi_N$ 且 $\frac{V_N^{Y*}}{V_{SC}^{C*}} < \lambda < \frac{V_{SC}^{C*} - V_S^{Y*}}{V_{SC}^{C*}}$ 时, 从无成本分担情形到成本分担契约模式最后到协作情形, 无论是对供应链上农产品质量安全投入水平, 亦是对供应链系统而言都是一种 Pareto 改进。

4 算例分析

为了进一步对上节结论进行验证, 并挖掘出影响农产品质量安全投入及农产品质量水平的因素, 对合作社及超市间 3 种“农超对接”情形下的质量安全投入水平及农产品质量水平轨迹分别进行算例分析, 并在纵向协作型“农超对接”情形下对影响农产品质量的有关参数进行的灵敏度分析, 基准参数设置为:

$\pi_N = 60$, $\pi_S = 90$, $\lambda = 12$, $k = 15$, $\vartheta = 0.6$, $\beta = 0.4$, $\varepsilon = 5$, $\theta = 0.2$, $D_0 = 20$, $x_0 = 20$, $\rho = 0.9$ 。

设定参数满足条件, 通过计算可以得出 3 种情形下的质量安全投入水平, 结果见表 2。

表 2 3 种情形下质量安全投入水平

“农超对接”类型	决策变量	质量安全投入水平				
		$\varepsilon = 1$	$\varepsilon = 3$	$\varepsilon = 5$	$\varepsilon = 7$	$\varepsilon = 9$
无成本分担情形	Z_N	2.73	8.18	13.64	19.09	24.55
	Z_S	2.18	6.55	10.91	15.27	19.64
成本分担契约	Z_N	5.45	16.36	27.27	38.18	40.09
	Z_S	2.18	6.55	10.91	15.27	19.64
纵向协作情形	Z_N	6.82	20.45	34.09	47.73	61.36
	Z_S	3.64	10.91	18.18	25.45	32.73

从表 2 可以看出, 保持其他参数不变, 仅改变农产品质量对农产品需求影响程度 ε 的值, 随着 ε 值的升高, 3 种情形下合作社及超市的质量安全投入水平均有提高, 说明消费者对农产品质量需求的增加对合作社及超市的质量安全投入能起到促进作用; 在每一 ε 值下, 从无成本分担情形到成本分担契约模式再到纵向协作型情形, 合作社及超市的质量安全投入水平均为单调不减, 且总投入水平增加, 验证了本研究上节结论。

3 种情形下农产品质量水平的最优轨迹曲线见图 1。从图 1 可以看出, 随时间逐渐变化, 农产品质量水平逐步增加并趋于稳定 (收敛), 表明长期动态契约下“农超对接”农产品质量是可控的, 且在每一个时间点上从无成本分担情形到成本分担情形最后到协作型情形, 农产品质量都能实现 Pareto 改进, 并且协作情形能够在最短的时间内使得农产品质量达到较高水平, 这不仅论证了上节结论的正确性, 也充分说明了当满足一定条件时相较于前 2 种情形, 协作情形对农产品质量提升效果更大, 对博弈主体的质量安全投入水平促进效果更好。

为了对影响农产品质量水平最优轨迹的参数进行灵敏度分析, 本研究选取质量对农产品需求的影响程度 ε , 合作社与超市的质量安全投入对农产品质量的影响系数 ϑ 、 β , 合作社

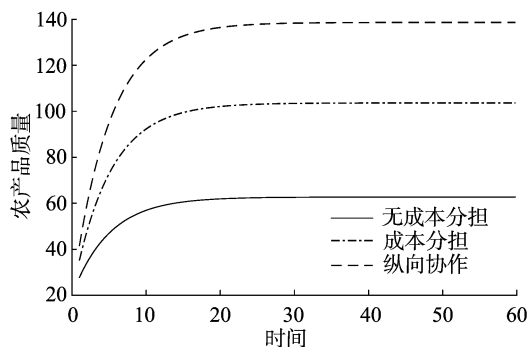


图 1 3 种情形下农产品质量水平轨迹

的成本系数 λ 4 个参数, 分析结果见图 2、图 3、图 4、图 5, 其他参数的灵敏度分析也可类似得出。

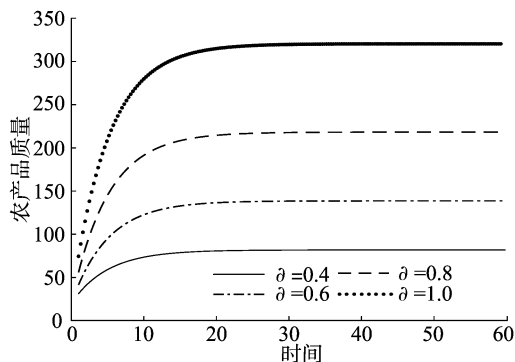


图 2 ϑ 对农产品质量水平轨迹的影响

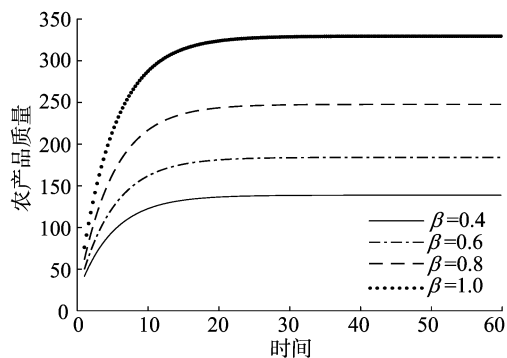


图 3 β 对农产品质量水平轨迹的影响

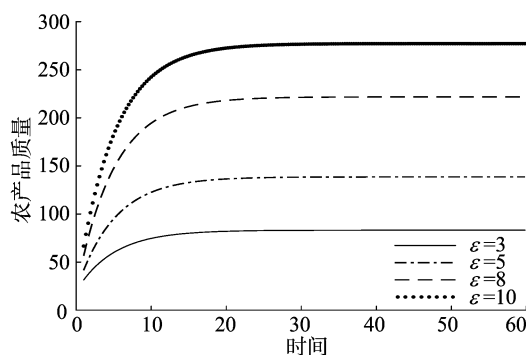


图 4 ε 对农产品质量水平轨迹的影响

从图 3、图 4 可以看出, 随合作社与超市质量安全投入对农产品质量影响系数 ϑ 、 β 的上升, 农产品质量水平轨迹的斜率逐渐增大 (同一时间点上) 即对农产品质量的 Pareto 改进效果越明显, 表明合作社 (超市) 质量安全投入水平越敏感, 农产品质量提升效果越好; 也说明合作社 (超市) 的质量安全

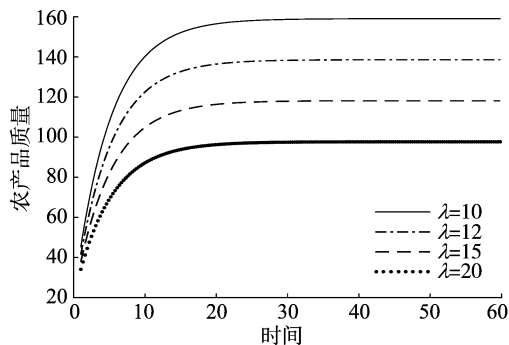


图5 λ 对农产品质量水平轨迹的影响

投入转化为农产品质量的转化率越高,协作对农产品质量提升效果越明显。

从图4可以看出,随农产品质量对农产品需求的影响程度 ε 的上升,在同一时刻上农产品质量水平轨迹的斜率逐渐增大,即实现了 Pareto 改进,表明随着人们收入水平提高与消费升级,消费者倾向于购买健康农产品的行为(ε 增大)是促进农产品质量提升的关键因素之一。

从图5可以看出,随合作社的成本系数 λ 的上升,农产品质量水平轨迹在同一时刻点的斜率逐渐减小。表明合作社生产成本系数越大,合作社的质量安全投入所须付出的成本越高,农产品的质量水平就越低,协作的效益就越差。因此,农业科技技术创新是提升农民质量安全投入行为积极性、促进农产品质量提升的关键性因素。

5 结论

随着人们生活水平的不断提高,消费者对农产品质量有了更高要求,笔者考虑时间因素,构建了“农超对接”微分博弈模型,分析了3种情形下博弈主体质量安全投入水平共同影响合作社(超市)收益的微分博弈模型,可为超市的管理模式改进提供优化路径,并得到如下主要结论:(1)在满足一定约束条件下,从无成本分担情形到成本分担契约模式再到纵向协作情形,对合作社(超市)的质量安全投入水平、合作社(超市)的收益及农产品质量都能实现 Pareto 改进;但若不满足限制条件,则无法实现 Pareto 改进,如当超市经营规模能力较差时选择成本分担契约,将会使其利润下降,进而抑制参与主体的质量安全投入水平;如当纵向协作情形下参与双方中的一方较为强势导致供应链的收益分配系数不合理,损害了另一方的机会收益时,也无法实现供应链系统的 Pareto 改进。(2)合作社(超市)质量安全投入的成本系数越小或合作社(超市)质量安全投入对农产品质量的影响系数越高,则质量安全投入水平越高,农产品质量水平越高。表明可以通过提高合作社的农业种植水平、进行机械化和智能化等技术创新提高劳动投入的转化率,进而提升“农超对接”模式下合作社(超市)生产加工时的质量安全投入水平,以期提升农产品质量。

参考文献:

[1] Hu D H, Reardon T, Rozelle S, et al. The emergence of supermarkets with Chinese characteristics: challenges and opportunities for China's agricultural development[J]. Development Policy Review, 2004, 22(5): 557-586.

[2] Blandon J, Henson S, Islam T. Marketing preferences of small scale farmers in the context of new agrifood systems: a stated choice model[J]. Agribusiness, 2009, 25(2): 251-267.

[3] Miyata S, Minot N, Hu D H. Impact of contract farming on income: linking small farmers, packers, and supermarkets in China[J]. World Development, 2009, 37(11): 1781-1790.

[4] Reardon T, Swinnen, M J F. Agrifood sector liberalization and the rise of supermarkets in former state controlled, economies: a comparative overview[J]. Development Policy Review, 2004, 22(9): 515-523.

[5] Boselie D. Business case description: TOPS supply chain project, Thailand[R]. Agrichain Competence Center Den Bosch, KLL CT International Agricultural - Supply Chain Development Program, 2002.

[6] Aysoy C, Kirli D H, Tumen S. How does a shoeter supply chain affect pricing of fresh food? Evidence from a natural experiment[J]. Food Policy, 2015, 57: 104-113.

[7] Rao E J, Qaim M. Supermarkets and agricultural labor demand in Kenya: a gendered perspective[J]. Food Policy, 2013, 38(5): 165-176.

[8] Wertheim - Heck S C O, Vellema S, Spaargaren G. Food safety and urban food markets in Vietnam: the need for flexible and customized retail modernization policies[J]. Food Policy, 2015, 54: 95-106.

[9] 浦徐进, 范旺达, 吴亚. 渠道模式、努力投入与生鲜农产品供应链运作效率研究[J]. 中国管理科学, 2015, 23(12): 105-112.

[10] 解东川. 基于演化博弈的“农超对接”供应链稳定性与协调研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2015.

[11] 郭红梅, 汪贤裕, 王新辉. 考虑成本声誉的动态供应链激励契约[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(11): 2483-2492.

[12] Chen J X, Liang L, Yao D Q, et al. Price and quality decisions in dual-channel supply chains[J]. European Journal of Operational Research, 2017, 259(3): 935-948.

[13] 刘磊, 乔忠, 刘畅. 农超对接模式中的合作博弈问题研究[J]. 管理工程学报, 2012, 26(4): 100-106.

[14] Yao Z, Xu X, Luan J. Impact of the downside risk of retailer on the supply chain coordination[J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 102(7): 340-350.

[15] Xie J P, Liang L, Liu L H, et al. Coordination contracts of dual-channel with cooperation advertising in closed-loop supply chains[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 183: 528-538.

[16] 岳柳青, 刘咏梅, 朱桂菊. 零售商主导的生鲜双渠道供应链协调契约研究[J]. 软科学, 2016, 30(8): 123-128, 144.

[17] Shang W F, Yang L. Contract negotiation and risk preferences in dual-channel supply chain coordination[J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(16): 4837-4856.

[18] 许民利, 沈家静. 公平偏好下制造商收益分享与供应商质量投入研究[J]. 系统管理学报, 2014, 23(1): 30-35, 41.

[19] Trail W B. The rapid rise of supermarkets? [J]. Development Policy Review, 2006, 24(2): 163-174.

[20] Iannarelli A. Contractual frameworks and inter-firm cooperation in the agricultural sector[J]. Uniform Law Review Revue, 2012, 17(1/2): 247-262.

[21] Tang C S, Sodhi M S, Formentini M. An analysis of partially-guaranteed-price contracts between farmers and agri-food companies[J]. European Journal of Operational Research, 2016, 254(3): 1063-1073.

谭莹,胡洪涛,周建军. 地区环境规制对生猪养殖生产的影响机制[J]. 江苏农业科学,2018,46(13):347-352.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.080

地区环境规制对生猪养殖生产的影响机制

谭莹,胡洪涛,周建军

(华南农业大学经济管理学院,广东广州 510642)

摘要:基于 2005—2015 年 30 个省(市、区)的面板数据,通过构造环境规制评价体系结合时序全局主成分分析方法,对各省份的环境规制水平进行评价;并运用系统广义矩估计和动态面板门限模型对地区环境规制水平与生猪养殖的影响机制进行实证分析。结果表明,我国生猪养殖行业正向环境规制较弱的地区转移,存在“污染天堂”效应;环境规制强度、经济发展水平、污染治理投资水平对环境规制效果存在门限效应和空间异质性,各地区发展水平处于不同的门槛区间。针对各地区的差异性应采取适宜且多样化的环境规制措施以利于生猪养殖行业的良性发展和生态保护。

关键词:环境规制;系统广义矩估计;生猪养殖;污染天堂;门限效应;空间异质性

中图分类号:F326.3;X322 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)13-0347-06

随着我国经济的发展,农业污染问题日益显现。据《第一次全国污染源普查公报》公布的数据统计,我国农业污染排放占总污染排放量的 30% 左右。猪肉作为主要的肉类消费品,占我国肉类消费的 62.1%,以生猪养殖为代表的养殖行业产生的主要污染物是我国农业污染源中的主体部分,化学需氧量、总氮、总磷、铜、锌分别占农业源总污染量的 95.8%、37.9%、56.3%、97.8%、97.8%。部分养殖户在监管薄弱的情况下,甚至直接向江河湖泊中排放未经处理的粪便、尿液及病死猪,造成污染的扩大和蔓延。

近 10 年间,各级政府出台了许多环境治理的法律法规,并取得了一定的效果。地区环境规制的差异性,可能会导致养殖业向环境规制弱的地区转移,即“污染天堂”效应^[1]。但环境规制作用效果还会受到地区发展水平和污染治理投资水平的制约,存在区域差异性,因此,如何制订合适的环境规制政策是重要的研究课题。针对环境规制对产业影响的研究主要集中于 2 个方面,一是环境规制是否会对产业带来区域转移,即是否存在“污染天堂”效应;二是环境规制对产业调整

的作用效果和机制。环境规制作用的理论分析框架如图 1 所示。

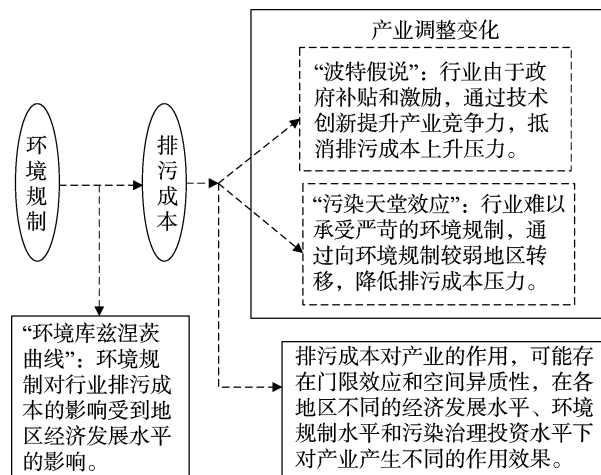


图1 环境规制作用的理论分析框架

环境规制对产业带来的影响主要有 2 种不同观点,一种认为严格的环境规制会让产业向环境规制较弱的地区转移,Copeland 等将这种现象定义为“污染天堂”效应^[1];另一种为 Porter 等提出的“波特假说”,认为合理的环境规制可以促进企业技术创新,减低排污成本压力,对产业转移影响不明显^[2]。Levinson 等实证检验了不同环境规制强度,污染密集型产业将向环境规制强度弱的地区转移,证实了“污染天堂”

收稿日期:2017-10-23

基金项目:国家自然科学基金青年项目(编号:71503086);国家自然科学基金(编号:14BJY122)。

作者简介:谭莹(1976—),女,河南驻马店人,博士,教授,主要从事农业政策分析研究,E-mail:crystal2005@163.com;胡洪涛(1993—),男,湖北洪湖人,硕士研究生,主要从事农业政策分析研究,E-mail:hht19930909@foxmail.com。

- [22] Fewell J E, Bergtold J S, Williams J R. Farmers' willingness to contract switchgrass as a cellulosic bioenergy crop in Kansas[J]. Energy Economics, 2016, 55(3): 292-302.
- [23] 高阔. 农产品供应链中质量安全投入的动态分析及政府调控研究[J]. 华东经济管理, 2016, 30(8): 108-114.
- [24] Ouadghighia F E. Supply quality management with wholesale price and revenue - sharing contracts under horizontal competition[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 206(2): 329-

340.

- [25] 牛若峰. 农业产业化经营发展的观察和评论[J]. 粮食科技与经济, 2006, 31(3): 20-25.
- [26] 洪银兴, 郑江淮. 反哺农业的产业组织与市场组织——基于农产品价值链的分析[J]. 管理世界, 2009, 25(5): 67-67.
- [27] Laroche M, Bergeron J, Barbaro - Forleo G. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products [J]. Journal of Consumer Marketing, 2001, 18(6): 503-520.