

# 特色农产品供应链绿色投机行为的演化博弈分析\*

王思秀<sup>1</sup>, 赵丽青<sup>2</sup>

(1. 新疆财经大学 教务处, 新疆 乌鲁木齐 830013; 2. 新疆财经大学 信息管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830013)

**[摘要]** 投机行为滋生仍是滞塞特色农产品供应链绿色建设、威胁农产品质量安全的难题之一。现有研究多以双主体围绕奖惩或利益分配展开探讨, 缺乏对多主体间制衡关系及权责行为的考量。因此, 进一步厘清多主体间行为的演化机制及影响因素, 对减少供应链绿色投机现象、达成特色农产品供应链绿色转型目标具有重要意义。研究基于2023年甘肃省白银市景泰县特色小麦相关数据, 使用演化博弈法以政府、涉农企业和农户为主体构建三方动态演化博弈模型, 分析各方策略选择及系统稳定性, 并探讨各要素对主体决策的影响。结果表明: (1) 生产制造环节事关产品质量安全, 是供应链绿色建设重点。(2) 绿色投入产出影响主体建设意愿, 应降本增收推进供应链绿色建设。(3) 权责不清导致投机行为滋生, 应清晰权责划分, 标准化供应链绿色建设。(4) 目标差异分散建设力量, 应合作共赢实现供应链绿色转型。

**[关键词]** 特色农产品; 绿色供应链; 绿色投机; 演化博弈

**[中图分类号]** F306 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5639(2024)01-0091-16

**DOI:** 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2024.01.010

## 一、引言

特色农产品产业在特定地区依托自然资源禀赋和区位优势形成一定规模, 成为拉动偏远乡村地区经济发展的强劲内生动力。<sup>①</sup>特色农产品供应链以该产业为核心聚合政府、农户、中间商、涉农企业和消费者, 实现了产品从田野至餐桌的价值输送。2020年, 我国绿色食品销售额超过5000亿元, 出口额超过36亿美元;<sup>②</sup>据《2023丰收节——线上农产品消费报告》显示, 2023年1月至8月, 我国农产品销量比2019年同期增长184%。面对当前消费者对农产品需求升级和美丽中国建设要求<sup>③</sup>, 特色农产品供应链绿色建设已成为当前研究热点话题。对此, “十四五”规划强调建设特色农产品优势区, 要完善绿色农业标准体系, 加快发展方式绿色转型。

在需求和政策双重驱动下, 特色农产品供应链绿色建设取得初步成效。2022年8月, 我国重点农产品抽样合格率达97.6%, 较2001年的62.5%有了大幅提升。但该建设任重道远, 我国目前约有10%的粮食、24%的农畜产品和48%的蔬菜仍存在质量问题。<sup>④</sup>众多学者通过文献阅读、调研等方法发现, 主

\* **[作者简介]** 王思秀, 男, 江苏徐州人, 教授, 硕士, 研究方向为智能决策与智能信息处理、信号分析研究; 赵丽青, 女, 重庆大足人, 在读硕士研究生, 研究方向为特色农产品供应链研究。

**[基金项目]** 新疆维吾尔自治区社会科学基金项目“‘东数西算’背景下新疆算力基础设施建设与数字经济发展的关系研究”(22BTQ067)。

① 薛国琴, 鲁大为, 项辛怡. 共同富裕下特色农产品优势区新内生发展机制分析[J]. 农业经济, 2022, (11): 116-118.

② 人民资讯. 新征程再出发[EB/OL]. (2022-01-17). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1722188040350083653&wfr=spider&for=pc>.

③ 冯梦金, 孙雪峰, 张成堂, 等. 政府补贴对农产品供应链绿色生产影响[J]. 河北农业大学学报(社会科学版), 2022, (2): 43-52.

④ 姚锋敏, 鞠佳洋, 李玥, 等. 政府补贴下考虑利他偏好的可追溯农产品供应链定价策略[J]. 管理学报, 2023, (5): 759-768.

体投机行为是恶化农产品质量安全的关键。<sup>①</sup> 特色农产品供应链作为人主导的功能性结构网络,参与主体是推动绿色建设的核心,探究其行为演化,能有效打通建设过程中的痛点、堵点。主体在供应链建设中行为特征如图1所示。

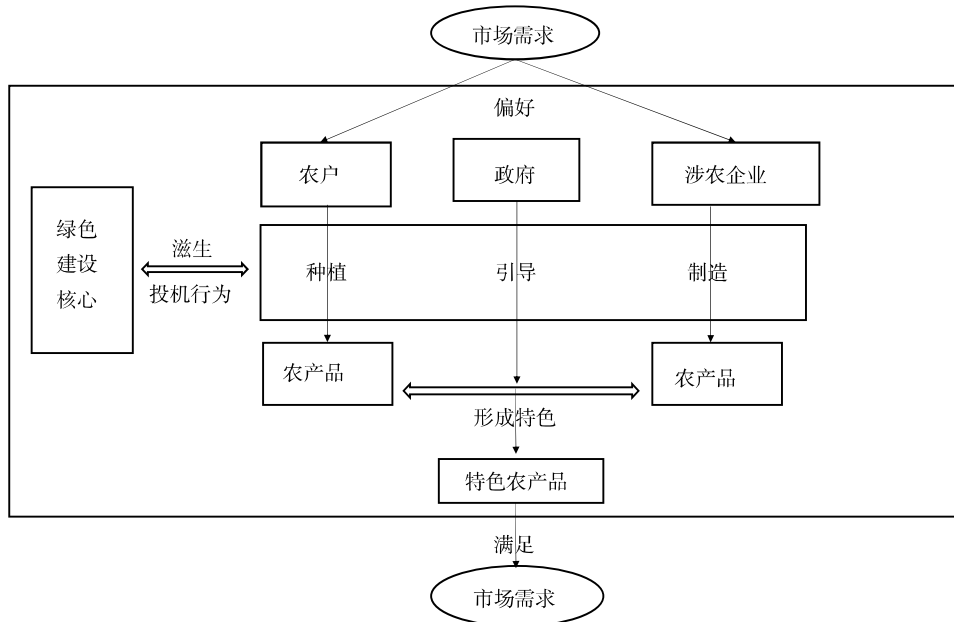


图1 特色农产品供应链绿色建设主体行为

处于供应链上游的农民为满足市场需求<sup>②</sup>,进行农产品偏好种植;涉农企业为迎合消费者需求,进行加工销售等偏好制造<sup>③</sup>;政府在农产品具备比较优势时,进行引导,促使其规模化发展,形成特色。在特色农产品供应链中,主体行为环节作为绿色建设核心,是滋生投机行为的重灾区。现有供应链治理模式研究认为农产品供应链是涉农企业与农户之间“弱连接”建构而成的特定网络结构,<sup>④</sup>农产品供需错配是产生机会主义行为的重要原因;也有学者认为利益联结机制不健全是投机行为产生的主要原因<sup>⑤</sup>。在特色农产品供应链绿色建设中,产品生产加工等环节相较普通农产品对技术资金等方面提出更高要求,投机思想推动主体行为产生向市场提供不合格绿色产品的倾向。本文将该环节产生的投机行为统称绿色投机。为加快推动特色农产品供应链绿色建设,减少存在的道德风险,提高供应链运行效率,主体绿色投机行为关系演化亟待探究。

演化博弈作为供应链主体关系研究的重要工具,<sup>⑥</sup>在供应链治理中围绕政府、农户、涉农企业、消费

① 王梦丹. 基于微分博弈的绿色农产品供应链主体合作策略研究 [D]. 江苏大学硕士论文, 2020.; 申强, 董磊, 庞昌伟, 杨为民, 侯云先. 基于“互联网+”农产品供应链质量监管体系研究 [J]. 农业现代化研究, 2017, (2): 219-225.; 申强, 董磊, 庞昌伟, 杨为民, 侯云先. 基于“互联网+”农产品供应链质量监管体系研究 [J]. 农业现代化研究, 2017, (2): 219-225.

② 万卫, 吴丽慧, 栾晓梅. 地方特色农产品上行价值链增值路径研究——以广东省广州市为例 [J]. 商业经济研究, 2022, (21): 159-162.

③ PENG H, PANG T. Optimal strategies for a three-level contract-farming supply chain with subsidy [J]. International Journal of Production Economics, 2019, (216): 274-286.

④ 程秀娟, 杨洁辉. 特色农产品供应链治理策略创新研究 [J]. 商业经济研究, 2021, (20): 139-142.

⑤ 向宁广. 农产品电商物流供应链利益分配 [J]. 中国航务周刊, 2023, (22): 69-71.

⑥ CAPRARO V, PERC M. Grand challenges in social physics: In pursuit of moral behavior [J]. Frontiers in Physics, 2018, (6): 107.

者等主体决策路径取得了丰硕成果。政府作为博弈第一主体,其监管等行为受到碳排量等社会效益要素影响,<sup>①</sup> 税收补偿是其规束企业农户行为的重要调节手段;涉农企业作为博弈重要主体,是产品加工研发和营销载体,其行为受政策、市场需求、技术资金、社会责任等要素影响;农户作为博弈另一重要主体,位于供应链上游,供应产品原材料,直接承受市场需求末端倒逼风险。其行为受技术资金、素质等要素影响。

现有农产品供应链动态博弈研究多集中于政府行为对企业、消费者以及农户等主体决策的影响或制造商与供应商双方关系演化。少有文献研究政府、涉农企业和农户三方关系演化,这三者作为有限理性个体,直接决定供应链绿色建设核心走向。综上所述,基于现有研究,本文构建政府、涉农企业和农户间三方动态博弈模型,探究绿色投机行为在不同要素影响下的演化路径,可以进一步深化供应链治理模式研究。

## 二、问题描述及假设

特色农产品供应链绿色建设围绕产品质量安全紧抓绿色生产和绿色制造两个重点,农户和涉农企业作为主体,以合作方式实现绿色产品价值输送。<sup>②</sup> 绿色建设行为具有高投入高产出的特征,且特色农产品客户群体明确,地域品牌建设较好,吸引更多主体涌入。<sup>③</sup> 但目前主体间合作松散、绿色建设权责不清、绿色质量标准界限模糊,<sup>④</sup> 致使主体产生不愿承担高投入却想共享高产出的绿色投机倾向。竞合关系成为农户和企业追求自身利益最大化时无法做出坚定选择的根源,对方的即时行为直接影响自己对下一阶段决策修正。

“价格机制”牵引绿色建设,“命令机制”规制绿色建设,除了市场,政府对绿色建设起到引导推动作用。本研究以政府、涉农企业和农户所组成的两级供应链系统为研究对象构建三方演化博弈模型。博弈三方各有两种策略:(1)政府:监管和不监管,其中政府监管绿色建设概率为 $z$ ,不监管概率为 $(1-z)$ , $(0 \leq z \leq 1)$ 。不监管时只对绿色建设主体进行补贴,并不奖惩;监管时,依据抽查结果对主体进行奖惩。(2)涉农企业:绿色制造和绿色投机,涉农企业进行绿色制造概率为 $x$ ,绿色投机概率为 $(1-x)$ , $(0 \leq x \leq 1)$ 。进行绿色制造时,企业承担包括技术研发、购进设备等绿色投入,保证加工包装等制造环节产品质量符合绿色标准,环境友好;进行绿色投机时,企业不承担绿色投入,产品质量低于绿色标准。(3)农户:绿色生产和绿色投机。农户绿色生产概率为 $y$ ,绿色投机概率为 $(1-y)$ , $(0 \leq y \leq 1)$ 。绿色生产时,农户使用无毒无害的化肥和农药,种植收获符合绿色标准的产品,对不符合质量的产品进行环境友好处理;绿色投机时,仅考虑成本最低化,向企业交付的产品质量参差不齐。

品牌建设以提升产品竞争优势、打造产品特色为关键,<sup>⑤</sup> 可以左右产品定价,影响主体决策。产品绿色标准衡量供应链绿色建设成效,决定着主体是否可以进行绿色投入及投入多大的量,紧系产品的质量安全。主体承受风险影响其采取绿色投机行为概率,其应对风险能力越强越易采取绿色投机。因此,综合品牌建设、绿色标准制定和风险承受能力3重因素对主体决策所产生的重要性,依据成本收益理论本研究做出如下假设。

① 许秀川,吴朋雁.磷化工产业绿色发展背景下地方政府和企业的演化博弈——贵州省“以渣定产”政策经验[J].西南大学学报(自然科学版),2023,(3):152-163.;唐欣,孙小杰,王震.绿色农产品生态补偿利益主体的博弈分析[J].价格理论与实践,2020,(9):37-40+139.

② 陈莫凡,陈长塔.政府干预下农产品绿色供应链演化博弈分析[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2017,(1):568-572.;杜森,郑纪芳.基于进化博弈的地方政府与农户节药行为研究[J].山东农业大学学报(社会科学版),2020,(1):36-42+159-160.

③ CHAN R Y K. Determinants of Chinese consumers' green purchase behavior [J]. Psychology & Marketing, 2001, (4): 89-413.

④ 于骥嘉.网购模式下生鲜农产品供应链主体博弈分析[D].哈尔滨商业大学硕士论文,2019.

⑤ 沈泽梅,王建波.特色农产品品牌营销及可持续发展研究[J].中国农业资源与区划,2022,(5):112+131.

假设 1: 政府、涉农企业和农户均为有限理性个体, 决策过程逐步修正。

假设 2: 涉农企业和农户合作共建绿色供应链, 农户向企业交付绿色标准  $L_n$  的初级特色农产品, 企业深加工得到绿色标准  $L_q$  的特色农产品。

假设 3: 特色农产品以地域优势为特色建设品牌, 政府以官网公布特优产品名录方式用公信力为品牌信誉背书。若产品符合市场绿色准入标准, 一方面可以提高政府公信力  $Y_z$ , 便于引入新投资商, 带动当地经济发展。另一方面, 农户信誉  $Y_n$  提高, 可得到更多订单; 企业信誉  $Y_q$  提高, 可进一步强化竞争力, 拓展市场份额。反之损失相应信誉。

假设 4: 政府以主体风险系数为补贴原则对企业进行  $B_q C_z$  补贴, 对农户进行  $B_n C_z$  补贴。

依据问题描述和假设, 具体参数设置如表 1 所示。

表 1 参数设置

类别	参数	含义	备注
成本	$C_z$	政府补贴成本	$C_q > C_{iq}$ $C_n > C_{tn}$
	$C_{iq}$	企业投机成本, 包括合同违约金等	
	$C_{tn}$	农户投机成本, 包括合同违约金等	
	$C_q$	企业绿色投入成本, 如技术研发、设备购进投入	
	$C_n$	农户绿色投入成本, 如绿色化肥购入、技术引进费	
	$C_j$	政府监管成本, 人力和技术费用	
经济收益	$R_z$	政府绿色收益, 如税额收入等	$T_q > R_q$ $T_n > R_n$
	$R_q$	企业绿色收益	
	$R_n$	农户绿色收益	
	$T_q$	企业投机收益	
	$T_n$	农户投机收益	
经济损失	$F_{nz}$	当农户投机时政府绿色收益损失, 如支出环境治理等成本	$C_{tn} < F_{tn} < T_n$ $C_{iq} < F_{iq} < T_q$ $F_n < C_j < F_q$
	$F_{qz}$	当涉农企业投机时政府绿色收益损失, 引发除环境恶化、人员失业等一系列经济问题	
	$F_q$	企业缴纳罚款	
	$F_n$	农户缴纳罚款	
	$F_{iq}$	农户投机时企业绿色收益损失, 如失去市场竞争优势, 订单合作关系等经济损失	
	$F_{tn}$	企业投机时农户绿色收益损失, 如失去合作订单等经济损失	
信誉损益度	$Y_z$	政府公信力	
	$Y_q$	企业声誉	
	$Y_n$	农户声誉	
产品绿色标准	$L_q$	企业交付产品绿色标准	$0 \leq L_n, L_q \leq 1$
	$L_n$	农户交付产品绿色标准	
风险承受	$B_q$	企业承担风险	$0 \leq B_q, B_n \leq 1$ $B_q < B_n$
	$B_n$	农户承担风险	

### 三、模型构建

依据参数设置和假设, 构建政府、涉农企业和农户之间的混合博弈矩阵, 如表 2 所示。

表 2 博弈支付矩阵

		农户	政府	
			监管 $z$	不监管 $(1-z)$
涉农企业	绿色制造 ( $x$ )	绿色生产 ( $y$ )	$R_z + Y_z - C_z - C_j$	$R_z + Y_z - C_z$
			$R_q + Y_q + B_q C_z + L_q C_z - C_q$	$R_q + Y_q + B_q C_z - C_q$
			$Rn + Yn + B_n C_z + L_n C_z - C_n$	$Rn + Yn + B_n C_z - C_n$
		绿色投机 ( $1-y$ )	$R_z - F_{nz} - Y_z + F_n - C_z - C_j$	$R_z - F_{nz} - Y_z - C_z$
			$R_q - F_{iq} + Y_q + B_q C_z + L_q C_z - C_q$	$R_q - F_{iq} + Y_q + B_q C_z - C_q$
			$T_n - Y_n + B_n C_z - C_{in} - F_n$	$T_n + B_n C_z - Y_n - C_{in}$
	绿色投机 ( $1-x$ )	绿色生产 ( $y$ )	$R_z + F_q - Y_z - F_{qz} - C_z - C_j$	$R_z - Y_z - F_{qz} - C_z$
			$T_q - Y_q + B_q C_z - C_{iq} - F_q$	$T_q - Y_q + B_q C_z - C_{iq}$
			$Rn - F_{in} + Yn + B_n C_z + L_n C_z - C_n$	$Rn - F_{in} + Yn + B_n C_z - C_n$
		绿色投机 ( $1-y$ )	$F_q + F_n - Y_z - C_z - C_j$	$-(C_z + Y_z)$
			$B_q C_z - F_q - Y_q - C_{iq}$	$B_q C_z - C_{iq} - Y_q$
			$B_n C_z - C_{in} - Y_n - F_n$	$B_n C_z - C_{in} - Y_n$

### 四、模型分析

#### (一) 涉农企业的策略稳定性分析

假设涉农企业绿色制造和绿色投机的期望收益分别为  $U11$ 、 $U12$ ,  $U1$  为涉农企业的平均期望, 如公式 (1)、(2)、(3) 所示。

$$U11 = yz(R_q + Y_q + B_q C_z + L_q C_z - C_q) + y(1-z)(R_q + Y_q + B_q C_z - C_q) + (1-y)z(R_q - F_{iq} + Y_q + B_q C_z + L_q C_z - C_q) + (1-y)(1-z)(R_q - F_{iq} + Y_q + B_q C_z - C_q) \quad (1)$$

$$U12 = yz(T_q - Y_q + B_q C_z - C_{iq} - F_q) + y(1-z)(T_q - Y_q + B_q C_z - C_{iq}) + (1-y)z(B_q C_z - F_q - Y_q - C_{iq}) + (1-y)(1-z)(B_q C_z - C_{iq} - Y_q) \quad (2)$$

$$U1 = xU11 + (1-x)U12 \quad (3)$$

涉农企业策略选择的复制动态方程为:

$$Fx = x(U11 - U1) = x(1-x)(C_{iq} - C_q - F_{iq} + R_q + 2Y_q + y(F_{iq} - T_q) + z(F_q + L_q C_z)) \quad (4)$$

设

$$G(y) = C_{iq} - C_q + R_q + 2Y_q + y(F_{iq} - T_q) + z(F_q + L_q C_z) \quad (5)$$

$$F(x) = x(1-x)G(y), \frac{dF(x)}{dx} = (1-2x)G(y), \text{当 } y = y^* = \frac{C_{iq} - C_q - F_{iq} + R_q + 2Y_q + z(F_{iq} + L_q C_z)}{T_q - F_{iq}}$$

时,  $F(x) = 0$ , 即无论涉农企业选择采取绿色投机和绿色制造的初始比例如何, 该比例都不会随着时间的改变而发生变化。根据微分方程稳定性定理, 演化稳定策略要求满足  $F(x) = 0$  且  $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ , 由于  $\frac{\partial G(y)}{\partial y}$

$= F_{iq} - T_q < 0$ , 故  $G(y)$  为关于  $y$  的减函数, 所以  $y > y^*$  时,  $G(y) < 0$ , 从而  $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ , 此时  $x = 0$  为涉农企业的演化稳定策略。同理  $y < y^*$  时,  $x = 1$  为演化稳定策略。涉农企业的策略演化相位图, 如图 2 所示。

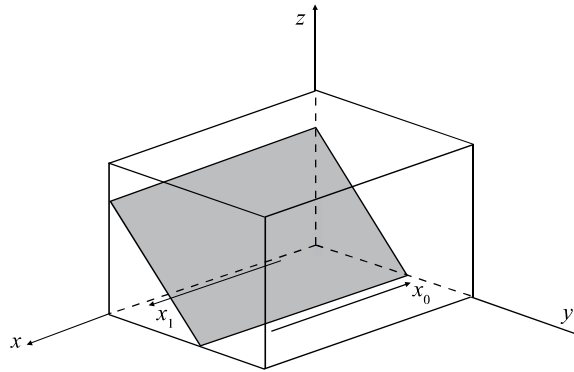


图2 涉农企业策略演化相位

图2中体积  $VX0$  表示涉农企业绿色投机的概率  $X0$ , 体积  $VX1$  表示绿色制造的概率  $X1$ , 计算得:

$$VX0 = \int_0^1 \int_0^1 \frac{C_{iq} - C_q - F_{iq} + R_q + 2Y_q + z(F_{iq} + L_q C_z)}{T_q - F_{iq}} dz dy = \frac{2C_q - 2C_{iq} - F_q + 2F_{iq} - 2R_q - 4Y_q - L_q C_z}{2(F_{iq} - T_q)} \quad (6)$$

$$VX1 = 1 - VX0 = \frac{2C_{iq} - 2C_q + F_q + 2R_q + 4Y_q + L_q C_z - 2T_q}{2(F_{iq} - T_q)} \quad (7)$$

推论1: 由公式(6)可推出涉农企业绿色投机概率与政府对农户罚款力度、企业绿色投机成本、企业声誉损益、产品市场绿色准入条件、政府补贴负相关。与其绿色投入和投机收益正相关。

验证: 将公式(6)中的  $VX0$  分别对各要素求一阶偏导数, 得  $\frac{\partial VX0}{\partial C_q} > 0, \frac{\partial VX0}{\partial T_q} > 0, \frac{\partial VX0}{\partial F_q} < 0, \frac{\partial VX0}{\partial C_z} < 0, \frac{\partial VX0}{\partial L_q} < 0, \frac{\partial VX0}{\partial R_q} < 0, \frac{\partial VX0}{\partial Y_q} < 0, \frac{\partial VX0}{\partial C_{iq}} < 0$ . 因此当  $C_q, T_q$  上升时, 企业绿色投机比例上升; 当  $F_q, L_q, Y_q, C_{iq}, C_z, R_q$  上升时, 涉农企业绿色投机比例下降。

故推论1表明, 涉农企业绿色投机概率与其绿色投入和投机收益正相关, 与政府对农户罚款力度、企业绿色投机成本、企业声誉损益、产品市场绿色准入条件、政府补贴负相关。当政府监管特色农产品供应链绿色建设时, 加大对涉农企业的罚款力度和补贴力度可以有效抑制其绿色投机行为; 当涉农企业绿色投机收益越大, 越倾向于绿色投机; 产品市场绿色准入条件、信誉损益、绿色收益和投机成本越大, 企业行为越倾向于绿色建设。

推论2: 企业绿色投机概率随着农户绿色种植概率提升或政府监管绿色建设概率的下降而提升。

验证: 由涉农企业的策略稳定性分析可推出, 当  $y > \frac{C_{iq} - C_q - F_{iq} + R_q + 2Y_q + z(F_{iq} + L_q C_z)}{T_q - F_{iq}}$  或  $z < \frac{C_q - C_{iq} - R_q - 2Y_q + y(T_q - F_{iq})}{F_q + L_q C_z}, G(y) < 0$ . 此时  $F(x) = 0$  且  $\frac{dF(x)}{dx} < 0, X0 = 0$  为涉农企业的演化稳定策略。当  $y < \frac{C_{iq} - C_q - F_{iq} + R_q + 2Y_q + z(F_{iq} + L_q C_z)}{T_q - F_{iq}}$  或  $z > \frac{C_q - C_{iq} - R_q - 2Y_q + y(T_q - F_{iq})}{F_q + L_q C_z}, G(y) > 0$ . 此时  $F(x) = 0$  且  $\frac{dF(x)}{dx} < 0, X0 = 1$  为涉农企业的演化稳定策略。

故推论2表明, 当产品质量绿色标准权责不清时, 农户绿色种植概率提升促使企业进行绿色投机; 政府严格监管时, 可以有效降低企业绿色投机概率。因此, 在政府不监管且农户绿色生产的条件下, 若企业制造特色农产品既能满足市场绿色准入要求, 又不需缴纳政府罚款, 此时企业策略稳定于绿色投机。

### (二) 农户的策略稳定性分析

假设农户绿色种植和绿色投机的期望收益和平均收益分别为  $U21$ 、 $U22$  和  $U2$ , 如公式(8)、(9)、(10)所示。

$$U21 = xz(R_n + Y_n + B_n C_z - C_n) + x(1 - z)(R_n + Y_n + B_n C_z - C_n) + z(1 - x)(R_n + L_n Y_n + B_n C_z - C_n) + (1 - x)(1 - z)(R_n + L_n Y_n + B_n C_z - C_n - L_q F_n) \quad (8)$$

$$U22 = xzT_n + L_q Y_n + B_n C_z - C_{in} + x(1 - z)T_n + B_n C_z + L_q Y_n - C_{in} - L_n F_n + 1 - xzB_n C_z - Y_n + (1 - x)(1 - z)(B_n C_z - C_{in} - Y_n - F_n) \quad (9)$$

$$U2 = yU21 + (1 - y)U22 \quad (10)$$

农户策略选择的复制动态方程为:

$$Fy = y(U21 - U2) = y(1 - y)(C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + z(F_n + L_n C_z) + x(F_{in} - T_n)) \quad (11)$$

$$\text{设: } G(x) = C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + z(F_n + L_n C_z) + x(F_{in} - T_n) \quad (12)$$

$$F(y) = y(1 - y)G(x), \frac{dF(x)}{dx} = (1 - 2y)G(x), \text{ 当 } x = x^* = \frac{C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + z(F_n + L_n C_z)}{T_n - F_{in}}$$

时,  $F(y) = 0$ , 即无论农户选择采取绿色投机和绿色制造初始比例如何, 该比例都不会随着时间改变而发生变化。根据微分方程稳定性定理, 演化稳定策略要求满足  $F(y) = 0$  且  $\frac{dF(y)}{dy} < 0$ , 由于  $\frac{\partial G(x)}{\partial x} = F_{in} - T_n < 0$ , 故  $G(x)$  为关于  $x$  的减函数, 所以  $x > x^*$  时,  $G(x) < 0$ , 从而  $\frac{dF(y)}{dy}|_{y=0} < 0$ , 此时  $y = 0$  为农户演化稳定策略。同理  $x < x^*$  时,  $y = 1$  为演化稳定策略。农户策略演化相位图, 如图 3 所示。

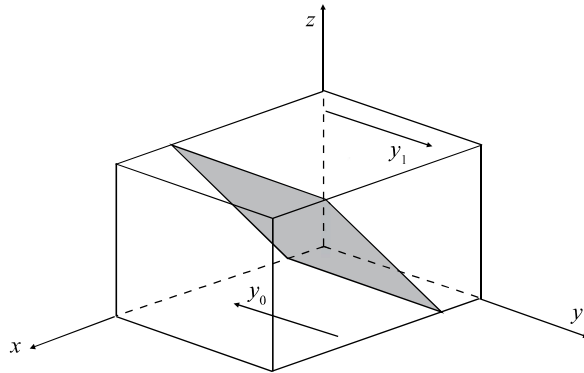


图 3 农户策略演化相位

图 3 中体积  $VY0$  表示农户绿色投机概率  $Y0$ , 体积  $VY1$  为绿色制造概率  $Y1$ , 计算得:

$$VY0 = \int_0^1 \int_0^1 \frac{C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + z(F_n + L_n C_z)}{T_n - F_{in}} dz dx \quad (13)$$

$$= \frac{2C_n - 2C_{in} - F_n + 2F_{in} - 2R_n - 4Y_n - L_n C_z}{2(F_{in} - T_n)}$$

$$VY1 = 1 - VY0 = \frac{C_{in} - 2C_n + F_n + 2R_n + 4Y_n + L_n C_z - 2T_n}{2(F_{in} - T_n)} \quad (14)$$

推论 3: 由公式 (13) 可以推出农户绿色投机概率与政府对其罚款力度、投机成本、声誉损益、绿色标准、政府补贴负相关。与农户绿色投入、投机收益正相关。

验证: 将公式 (13) 中的  $VY0$  分别对各要素求一阶偏导数, 得  $\frac{\partial VY0}{\partial C_n} > 0, \frac{\partial VY0}{\partial T_n} > 0, \frac{\partial VY0}{\partial F_n} < 0, \frac{\partial VY0}{\partial C_z} < 0, \frac{\partial VY0}{\partial L_n} < 0, \frac{\partial VY0}{\partial R_n} < \frac{\partial VY0}{\partial Y_n} < 0, \frac{\partial VY0}{\partial C_{in}} < 0$ . 因此当  $C_n, T_n$  上升时, 涉农企业绿色投机的概率上升, 当  $F_n, L_n, Y_n, C_{in}, C_z, R_n$  上升时, 农户绿色投机的概率下降。

因此推论 3 表明, 当政府参与特色农产品供应链绿色管理时, 加大对农户罚款和补贴力度可有效抑制其绿色投机; 绿色投入和投机收益越大, 农户越倾向绿色投机; 绿色标准、品牌损益、绿色收益、投机

成本越大,农户绿色建设供应链意愿越强。

推论4:农户绿色投机概率随着涉农企业绿色制造概率提升或政府监管概率下降而提高。

验证:由农户的策略稳定性分析可以推出,当  $x > \frac{C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + z(F_{in} + L_n C_z)}{T_n - F_{in}}$  或  $z < \frac{C_n - C_{in} - R_n - 2Y_n + y(T_n - F_{in})}{F_n + L_n C_z}$ ,  $G(x) < 0$ . 此时  $F(y) = 0$  且  $\frac{dF(y)}{dy} < 0$ ,  $Y_0 = 0$  为农户演化稳定策略。  
 $x < \frac{C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + z(F_{in} + L_n C_z)}{T_n - F_{in}}$  当或  $z > \frac{C_n - C_{in} - R_n - 2Y_n + y(T_n - F_{in})}{F_n + L_n C_z}$ ,  $G(x) > 0$ . 此  
 $F(y) = 0$  且  $\frac{dF(y)}{dy} < 0$ ,  $Y_0 = 1$  为农户演化稳定策略。

故推论4表明,当产品质量绿色标准权责不清时,企业绿色制造概率提升促使农户选择绿色投机;政府严格监管可有效降低农户绿色投机概率。因此,当满足政府不监管,企业绿色制造条件时,农户生产特色农产品既能满足市场绿色准入要求,又不需缴纳政府罚款,此时农户策略稳定于绿色投机。

(三) 政府的策略稳定性分析

设政府参与和不参与特色农产品供应链绿色管理的期望收益与平均收益分别为为  $U31$ 、 $U32$  和  $U3$ ,如公式(15)、(16)、(17)所示。

$$U31 = xy(R_z + Y_z - C_z - C_j) + x(1 - y)(R_z - Y_z + F_n - F_{nz} - C_z - C_j) + y(1 - x)(R_z + F_q - Y_z - F_{qz} - C_z - C_j) + (1 - x)(1 - y)(F_q + F_n - Y_z - C_z - C_j - F_{qz} - F_{nz}) \quad (15)$$

$$U32 = xy(R_z + Y_z - C_z) + x(1 - y)(R_z - F_{nz} - Y_z - C_z) + (1 - x)y(R_z - Y_z - F_{qz} - C_z) + (1 - x)(1 - y)(-(C_z + Y_z)) \quad (16)$$

$$U3 = zU31 + (1 - z)U32 \quad (17)$$

政府策略选择的复制动态方程为:

$$Fz = z(U31 - U3) = z(1 - z)(F_n + F_q - C_j - xF_q - yF_n) \quad (18)$$

$$\text{设: } H(x) = F_n + F_q - C_j - xF_q - yF_n \quad (19)$$

$F(z) = z(1 - z)H(x)$ ,  $\frac{dF(z)}{dz} = (1 - 2z)H(x)$ , 当  $x = x^{**} = \frac{F_n + F_q - C_j - yF_n}{F_q}$  时,  $F(z) = 0$ , 即无论政府选择采取监管和不监管初始比例如何,该比例都不会随着时间改变而发生变化。根据微分方程稳定性定理,演化稳定策略要求满足  $F(z) = 0$  且  $\frac{dF(z)}{dz} < 0$ , 由  $\frac{\partial H(x)}{\partial x} = -F_q < 0$ , 故  $H(x)$  为关于  $x$  的减函数, 所以  $x < x^{**}$  时,  $H(x) > 0$ , 从而  $\frac{dF(z)}{dz} \Big|_{z=1} = 0$ , 此时  $z = 1$  为政府演化稳定策略。同理  $x > x^{**}$  时,  $z = 0$  为演化稳定策略。政府策略演化相位图,如图4所示。

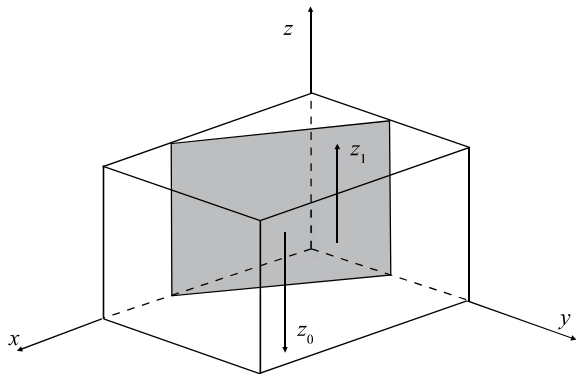


图4 政府策略演化相位



图 4 中体积  $VZ1$  表示政府监管供应链绿色建设概率  $Z1$ , 体积  $VZ0$  表示政府不监管供应链绿色建设概率  $Z0$ , 计算得:

$$VZ1 = \int_0^1 \int_0^1 \frac{F_n + F_q - C_j - yF_n}{F_q} dy dx = F_n - C_j + \frac{F_q}{2} - yF_n \quad (20)$$

$$VZ0 = 1 - VZ1 = C_j - F_n - \frac{F_q}{2} + yF_n + 1 \quad (21)$$

推论 5: 由公式 (20) 可以推出政府监管概率与对企业和农户缴罚款力度正相关, 与监管成本负相关。

验证: 将公式 (20) 中的  $VZ1$  分别对各要素求一阶偏导数, 得  $\frac{\partial VZ1}{\partial F_n} > 0, \frac{\partial VZ1}{\partial F_q} > 0, \frac{\partial VZ1}{\partial C_j} < 0$ . 因此当  $F_n, F_q$  上升时, 政府监管意愿提升, 当  $C_j$  上升时, 政府监管意愿下降。

因此推论 5 表明, 加大对农户、企业的处罚力度有利于提升政府绿色建设特色农产品供应链意愿; 高昂监管成本会阻碍政府监管的积极性。

推论 6: 政府不监管概率随着企业和农户绿色建设特色农产品供应链意愿提升而提高。

验证: 由企业和农户策略稳定性分析可推, 当  $x > \frac{F_n + F_q - C_j - yF_n}{F_q}$  或  $y > \frac{F_n + F_q - C_j - yF_n}{F_n}, H(x) < 0$ . 此时  $F(z) = 0$  且  $\frac{dF(z)}{dz} < 0, Z0 = 0$  为政府演化稳定策略。当  $x < \frac{F_n + F_q + 2Y_z - C_j - y(F_n + Y_z)}{F_q + Y_z - yY_z}$  或  $y < \frac{F_n + F_q + 2Y_z - C_j - x(F_q + Y_z)}{Y_z + F_n - xY_z}, H(x) > 0$ . 此时  $F(z) = 0$  且  $\frac{dF(z)}{dz} < 0, Y0 = 1$  为政府的演化稳定策略。

因此推论 6 表明, 当农户和涉农企业绿色建设意愿提高时, 政府策略稳定于不监管, 充分发挥市场自我调控功能; 当农户和涉农企业不愿意绿色建设时, 政府策略稳定于监管。故政府可视企业农户绿色建设意愿强度决定监管方式及力度。

#### (四) 三方演化博弈系统均衡点的稳定性分析

在对涉农企业、农户和政府单个主体策略稳定性分析基础上, 对三方进行系统分析。当  $F(x) = F(y) = F(z) = 0$  时, 得到系统均衡点<sup>①</sup>:

$$E_1(0,0,0), E_2(0,1,0), E_3(0,0,1), E_4(1,0,0), E_5(1,0,1), E_6(1,1,0), E_7(0,1,1), E_8(1,1,1), E_9(-((C_{in}-C_n-F_{in}+R_n+2Y_n)/(F_{in}-T_n)), -(C_{iq}-C_q-F_{iq}+R_q+2Y_q)/(F_{iq}-T_q), 0), E_{10}(-((C_{in}-C_n+F_n-F_{in}+R_n+2Y_n+C_zL_n)/(F_{in}-T_n)), -(C_{iq}-C_q+F_q-F_{iq}+R_q+2Y_q+C_zL_q)/(F_{iq}-T_q), 1), E_{11}(1, -(C_j-F_n)/F_n, -(C_{in}-C_n+R_n-T_n+2Y_n)/(F_n+C_zL_n)), E_{12}(-C_j-F_q)/F_q, 1, -(C_{iq}-C_q+R_q-T_q+2Y_q)/(F_q+C_zL_q)), E_{13}(X1, Y1, Z1), E_{14}(0, F_n-C_j+F_q)/F_n, -(C_{in}-C_n-F_{in}+R_n+2Y_n)/(F_n+C_zL_n)), E_{15}((F_n-C_j+F_q)/F_q, 0, -(C_{iq}-C_q-F_{iq}+R_q+2Y_q)/(F_q+C_zL_q))$$

三方演化博弈的雅可比矩阵为:

$$J = \begin{bmatrix} (1-2x)(C_{iq}-C_q-F_{iq}+R_q+2Y_q+y(F_{iq}-T_q))+z(F_q+C_zL_q) & -x(x-1)(F_{iq}-T_q) & -x(x-1)(F_q+C_zL_q) \\ -(y-1)(F_{in}-T_n) & (1-2y)(C_{in}-C_n-F_{in}+R_n+2Y_n+x(F_{in}-T_n))+z(F_n+C_zL_n) & -y(y-1)(F_n+C_zL_n) \\ z(z-1)/F_q & z(z-1)F_n & (2z-1)(C_j-F_n-F_q+yF_n) \end{bmatrix}$$

依据李雅普诺夫法则, 由于  $E_9 \sim E_{15}$  的雅可比矩阵中存在符号相异的特征值, 故其均衡点不具有稳定性,  $E_1 \sim E_8$  均衡点的分析如表 3 所示。

① 曲优, 关志民, 赵莹. 考虑生产商风险规避的农产品绿色投资策略演化研究 [J]. 工业工程, 2019, (3): 65-76.; 李利华, 王瑶, 邓亚军, 等. 碳税政策下绿色物流发展的三方演化博弈 [J/OL]. 铁道科学与工程学报, 2023, (10): 1-12.

表3 均衡点稳定性分析

均衡点	Jacobian 矩阵特征值		稳定性结论	条件
	$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$	实部符号		
$E_1(0,0,0)$	$F_n - C_j + F_q, C_{in} - C_n - F_{in} + R_n + 2Y_n, C_{iq} - C_q - F_{iq} + R_q + 2Y_q$	(+, *, *)	不稳定点	\
$E_2(1,0,0)$	$F_n - C_j, C_{in} - C_n + R_n - T_n + 2Y_n, C_q - C_{iq} + F_{iq} - R_q - 2Y_q$	(-, *, *)	ESS	A
$E_3(0,1,0)$	$F_q - C_j, C_{iq} - C_q + R_q - T_q + 2Y_q, C_n - C_{in} + F_{in} - R_n - 2Y_n$	(+, *, *)	不稳定点	\
$E_4(0,0,1)$	$C_j - F_n - F_q, C_{in} - C_n + F_n - F_{in} + R_n + 2Y_n + L_n C_z, C_{iq} - C_q + F_q - F_{iq} + R_q + 2Y_n + L_q C_z$	(-, -, -)	ESS	B
$E_5(1,1,0)$	$-C_j, C_n - C_{in} - R_n + T_n - 2Y_n, C_q - C_{iq} - R_q + T_q - 2Y_q$	(-, -, -)	ESS	C
$E_6(1,0,1)$	$C_j - F_n, C_{in} - C_n + F_n + R_n - T_n + 2Y_n + L_n C_z, C_q - C_{iq} - F_q + F_{iq} - R_q - 2Y_q - L_q C_z$	(+, *, *)	不稳定点	\
$E_7(0,1,1)$	$C_j - F_q, C_{iq} - C_q + F_q + R_q - T_q + 2Y_q + L_q C_z, C_n - C_{in} - F_n + F_{in} - R_n - 2Y_n - L_n C_z$	(-, *, *)	ESS	D
$E_8(1,1,1)$	$C_j, C_n - C_{in} - F_n - R_n + T_n - 2Y_n - L_n C_z, C_q - C_{iq} - F_q - R_q + T_q - 2Y_q - L_q C_z$	(+, *, *)	不稳定点	\

A.  $R_n - C_n + 2Y_n < T_n - C_{in}, R_q - C_q + 2Y_q + C_{iq} < F_{iq}$

B.  $R_n - C_n + 2Y_n + F_n + L_n C_z + C_{in} < F_{in}, R_q - T_q + 2Y_q + F_q + L_q C_z + F_{iq} < F_{iq}$

C.  $R_n - C_n + 2Y_n > T_n - C_{in}, R_q - C_q + 2Y_q > T_q - C_{iq}$

D.  $R_n - C_n + 2Y_n + F_n + L_n C_z + C_{in} > F_{in}, R_q - C_q + 2Y_q + L_q C_z + F_q < T_q - C_{iq}$

注：\*表示符号未知。

推论7：当  $R_n - C_n + 2Y_n < T_n - C_{in}, R_q - C_q + 2Y_q + C_{iq} < F_{iq}$  时，复制动态系统至少存在一个稳定点  $E_2(1,0,0)$ ；当  $R_n - C_n + 2Y_n + F_n + L_n C_z < F_{in}, R_q - C_q + 2Y_q + F_q + L_q C_z < F_{iq} - C_{iq}$  时，复制动态系统有且只有一个稳定点  $E_4(0,0,1)$ 。

验证：当系统满足条件B时，A条件也同时满足，此时  $E_2(1,0,0)$ 、 $E_4(0,0,1)$  为系统的渐进稳定点，条件C、D不满足，均衡点  $E_5(1,1,0)$ 、 $E_7(0,1,1)$  为不稳定点。

因此推论7表明，在政府不监管时，绿色生产利润与声誉损益总和若小于投机利润，农户策略会稳定于绿色投机；在政府监管时，若农户绿色利润与政府补贴、罚款力度、投机成本总和仍然小于企业绿色投机给农户带来的损失时，农户策略仍稳定于绿色投机。此时，农企利益联结机制不健全成为投机行为主导因素。因此，在合理范围内让渡农户更多利益可防止农户因低回报选择投机；同时启动产品溯源，提升农户信誉损益从而加强农户责任感进而约束农户投机行为。在农户和企业均不参与供应链绿色建设时，一方面，会造成环境污染，影响当地农产品可持续生产；另一方面，特色农产品以地方政府信誉背书，质量不合格产品流入市场，不仅危害人民身体健康，还会阻碍区域整体经济发展。此时，政府应积极监管，充分发挥奖惩效能。

推论8：当  $R_n - C_n + 2Y_n > T_n - C_{in}, R_q - C_q + 2Y_q > T_q - C_{iq}$  时，复制动态系统至少存在一个稳定点  $E_5(1,1,0)$ 。当  $R_n - C_n + 2Y_n + F_n + L_n C_z + C_{in} > F_{in}, R_q - C_q + 2Y_q + L_q C_z + F_q < T_q - C_{iq}$  时，系统有且只有一个稳定点  $E_7(0,1,1)$ 。

验证：当系统满足条件C时，条件D也同时满足，此时  $E_5(1,1,0)$ 、 $E_7(0,1,1)$  为系统渐进稳定点，条件

$A$ 、 $B$  不满足, 均衡点  $E_2(1,0,0)$ 、 $E_4(0,0,1)$  为不稳定点。

因此推论 8 表明, 当农户和涉农企业绿色利润与其声誉价值总和均大于各自投机利润时, 即使政府不监管, 农户和企业策略仍稳定于绿色建设。此时, 可充分发挥“价格机制”作用, 实现供应链可持续发展。在政府监管时, 若涉农企业绿色回报、声誉损益、政府补贴和罚款总和小于投机回报时, 涉农企业策略稳定于绿色投机。此时, 特色农产品质量问题高发于企业制造环节。长此以往, 不仅损害农户利益, 也将有损当地经济发展, 政府需加大对企业惩罚力度和补贴力度, 使企业绿色回报和声誉价值总和大于投机利润。

### 五、仿真分析

为了验证演化稳定长期有效性及系统内各参数变化对系统演化稳定影响, 需进行数值仿真。初始数值本研究参考甘肃省白银市景泰县特色和尚头小麦产品的实际案例, 在符合假设前提下进行设置, 数组 1 满足推论 8 中的条件, 如表 4 所示。

表 4 数组 1

变量	定义与取值	变量	定义与取值
$R_n$	特色和尚头小麦产量为 100kg/亩, 2.8 元/kg, 文中为了计算方便取单价为 3 元/kg, 故农户绿色种植收益为 300 元/亩 <sup>①</sup>	$R_q$	和尚头小麦的市场单价不一, 取平均值约为 20 元/kg, 100kg 小麦出粉率为 70kg, 收益为 1400 元
$C_n$	和尚头小麦水田单位成本为 0.8 元/kg, 其成本为 80 元/亩	$C_q$	面粉成本包含收购、人工、机器、包装等相关费用, 约为 5 元/kg, 100 公斤小麦绿色加工总成本为 500 元
$T_n$	特色小麦的单价依旧为 3 元/kg, 但由于使用了高污染农药, 亩增产 50 ~ 100kg, 文中设为增产 100kg, 故农户投机总收益为 600 元/亩	$T_q$	小麦单价依旧为 20 元/kg, 100kg 的小麦出粉率仍旧为 70kg, 收益为 1400 元
$C_m$	农药单价为 100 元/亩, 故总成本为 180 元/亩	$C_{mq}$	企业收购价格更低的不合格小麦, 并且未进行绿色加工, 其费用约为 3 元/kg, 100kg 的小麦投机加工总成本为 300 元
$F_m$	100 元/亩	$F_{mq}$	450 元/亩
$Y_n$	200 元/亩	$Y_q$	800 元/亩
$L_n C_z$	政府对和尚头小麦补贴 41 元/亩 <sup>②</sup>	$L_q C_z$	政府对和尚头补贴为 5 元/亩 <sup>③</sup>
$F_n$	根据《中华人民共和国农产品质量安全法》, 农户生产不符合农产品质量安全标准的产品, 除了无害化处理还需处 500 ~ 5000 元罚款, 文中定罚款为 500 元/亩	$F_q$	根据《中华人民共和国农产品质量安全法》, 企业生产不符合农产品质量安全标准的产品, 除了无害化处理还需处 50000 ~ 100000 元罚款, 文中定罚款为 50000 元/亩
$C_j$	20000 元/亩		

因农户和涉农企业行为对称性, 仅对农户进行仿真, 为简化运算, 令运算数值为实际值的 0.1 倍。在数组 1 的基础上, 分析  $R_n$ 、 $T_n$ 、 $C_n$ 、 $C_m$ 、 $F_m$ 、 $F_n$ 、 $Y_n$ 、 $L_n C_z$ 、 $C_j$  对演化博弈过程和结果的影响。

① 澎湃. 【白银特产】和尚头小麦 [EB/OL]. (2020-08-13). [https://m.thepaper.cn/baijiahao\\_8734215](https://m.thepaper.cn/baijiahao_8734215).

② 景泰县人民政府办公室. 景泰县 2023 年旱地“和尚头”小麦补贴公示 [EB/OL]. (2023-06-27). <https://51bmj.cn/inform/2538813>.

③ 景泰县人民政府办公室. 景泰县 2023 年旱地“和尚头”小麦中耕补贴实施方案 [EB/OL]. (2023-06-27) <https://51bmj.cn/inform/2538813>.

为凸显  $R_n$ 、 $T_n$  参数变化对演化博弈结果的影响, 本研究将其值基于现实进行等比例放大, 便于图像显示。

1. 赋值  $R_n = 30, 230, 430$ , 复制动态方程组随时间演化 50 次的仿真结果如图 5 所示。

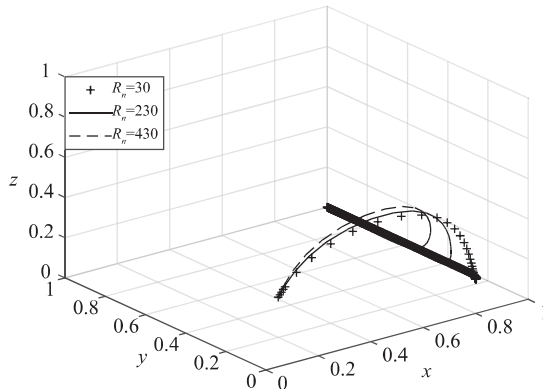


图 5 绿色收益的影响

由图 5 可知, 农户绿色收益增加能有效且快速提升农户选择绿色生产意愿。随着农户和涉农企业绿色建设意愿上升, 政府监管意愿下调, 此时完善利益分配机制可有效降低主体绿色投机意愿。形成特色农产品规模后, 同质化竞争是导致主体绿色利润下降之一, 因此创新成为主体打造差异化竞争优势、提升区域产品市场占比的必由之路。除此之外, 政府还可以视主体绿色建设意愿变化去调节监管模式, 积极调动主体活力。2015 年, “和尚头小麦” 已成为我国农产品地理标志产品, 该品牌以 “绿色、天然、营养、筋道” 为特色畅销, 在国内形成竞争优势。2023 年上半年, 甘肃省政府对西岔镇 0.36 万亩小麦进行补贴, 有效提升了农民绿色回报, 进一步提高了农民生产积极性。

2. 赋值  $T_n = 60, 260, 460$ , 其仿真结果如图 6 所示。

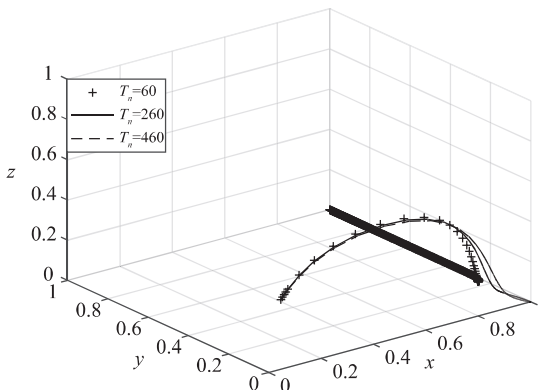


图 6 投机收益的影响

由图 6 可知, 政府严格监管意愿随主体投机收益增加逐渐提升, 投机收益提高加快农户策略稳定于绿色投机。为遏制利润最大化导致的短视行为, 政府可对主体进行技能和素质培训, 降低主体自我提升投入, 提升其绿色建设意愿; 农户和涉农企业在合作时也应建立长期稳定的战略合作关系, 促使目标一致化, 定期评估并共享市场需求等相关信息以便双方及时调整方案策略, 减少绿色投机行为滋生。例如山东信合粮油有限公司作为当地龙头企业, 通过签订 “合伙人协议” 将农户与企业传统买卖关系升级为互利互惠、发展共赢新型合作关系, 按协议收粮 10 万 t, 为农户增收 1000 ~ 2000 万元。这为特色农产品供应链建设企业转型升级提供了新发展思路, 可有效解决农户企业因目标不一致、利益分配等问题导致的绿色

投机行为。

3. 在使图像可显示出变化的基础上, 以 50 作为参数值跨度。再分别赋值  $C_n = 8, 58, 108$ , 仿真结果如图 7 所示。

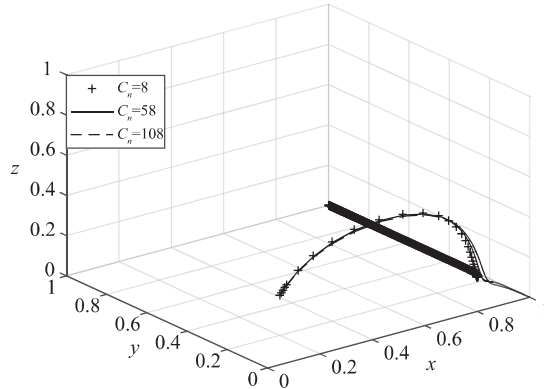


图 7 绿色成本的影响

由图 7 可知, 随着绿色成本增加, 农户策略加快稳定于绿色投机; 当政府严格监察时, 绿色成本对农户行为影响较小。因此, 政府在调整监管意愿时, 需设法解决主体绿色成本。甘肃省可通过促进和尚头小麦产业集群形成, 使企业资本集聚, 加速技术研发等信息流动, 从而降低企业绿色技术研发成本, 农户也可因集群知识溢出效应受益, 从而降低绿色投入。

4. 在使图像可显示出变化的基础上, 以 100 作为参数值跨度。分别赋值  $F_m = 10, 110, 210$ , 仿真结果如图 8 所示。

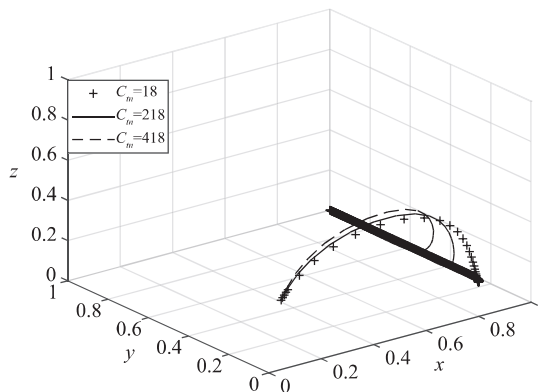


图 8 投机成本的影响

由图 8 可知, 农户绿色种植概率随着投机成本增加逐渐升高, 此时提升投机成本成为遏制主体投机行为途径。因此, 应完善特色农产品绿色标准评判体系, 清晰划分主体环节绿色责任, 对不达标的主体进行惩罚或取消经营资格; 大力发展第三方产品绿色标准监察机构, 保证各阶段绿色标准可溯源, 同时提高第三方机构寻租成本, 进而提升投机成本。

5. 在使图像可显示出变化的基础上, 以 100 作为参数值跨度。再分别赋值  $F_m = 10, 110, 210$ , 仿真结果如图 9 所示。由图 9 可知, 随着涉农企业绿色投机给农户带来损失越大, 农户绿色种植意愿越低, 企业绿色制造意愿不会受其影响。这从侧面体现, 农户和企业间利益“弱联结”导致投机行为频发。强化主体间利益联结是推进特色农产品供应链绿色建设内因, 提高企业投机对农户损失的补偿, 可有效抑制农户投机。

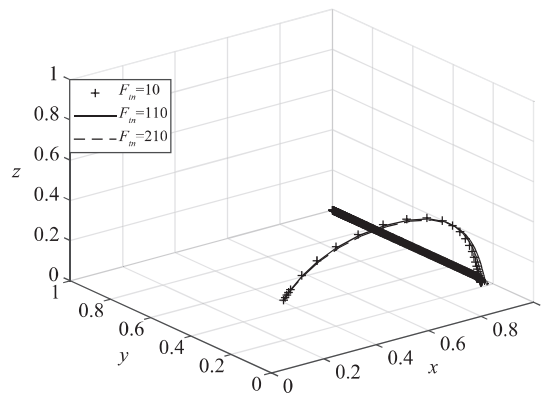


图9 企业投机给农户带来的损失

6. 在使图像可显示出变化的基础上,以600作为参数值跨度。分别赋值  $F_n = 50, 650, 1250$ , 仿真结果如图10所示。

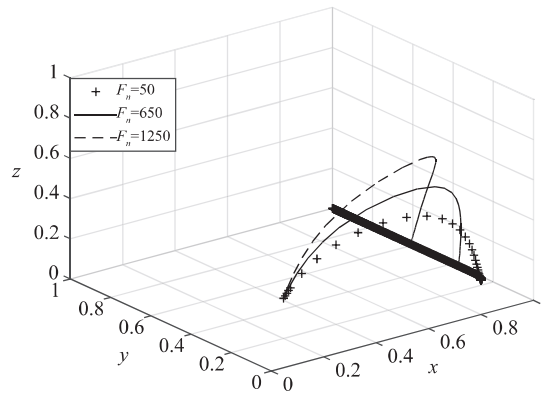


图10 罚款的影响

由图10可知,罚款力度提升有效提高农户绿色种植意愿,政府监管意愿也会随着罚款力度增加而提升。政府加大对农户企业处罚力度,能够有效遏制绿色投机行为产生,但还应考虑到处罚过重易导致舆论中心偏移以及法不责众现象。因此,需完善绿色建设法制体系,合理制定处罚标准。

7. 在使图像可显示出变化的基础上,以200作为参数值跨度。再分别赋值  $Y_n = 20, 220, 420$ , 仿真结果如图11所示。

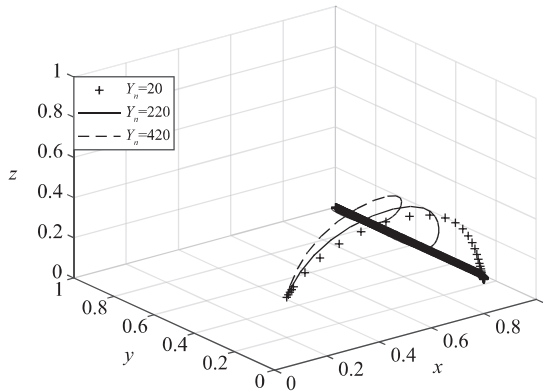


图11 声誉价值的影响

由图 11 可知, 随着农户声誉损益提升, 农户绿色种植意愿提升, 但企业绿色制造意愿下降, 政府监管意愿升高。供应链品牌是地区无形资产, 农户和企业拥有无形资产数量同样影响其决策行为。现阶段, 企业承担品牌建设投入, 直接享受品牌收益。农户在品牌建设中权责细化可进一步提高品牌责任感, 降低农户投机意愿。

8. 在使图像可显示出变化的基础上, 以 200 作为参数值跨度。分别赋值  $L_n C_2 = 4.1, 204.1, 404.1$ , 仿真结果如图 12 所示。

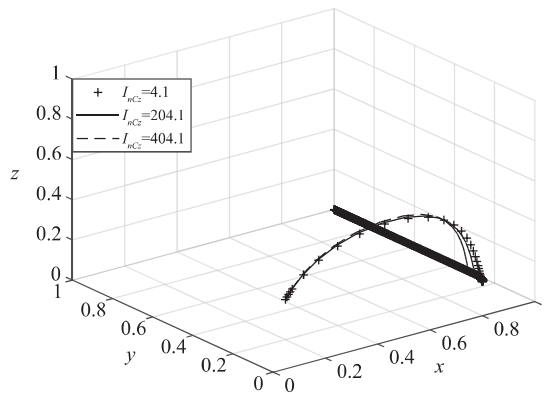


图 12 政府补贴的影响

由图 12 可知, 农户绿色种植意愿随着政府对农户补贴力度增大而提升。这体现出政府参与特色农产品供应链绿色建设的重要性。

9. 在使图像可显示出变化的基础上, 以 2000 作为参数值跨度。再分别赋值  $C_j = 2000, 4000, 6000$ , 仿真结果如图 13 所示。

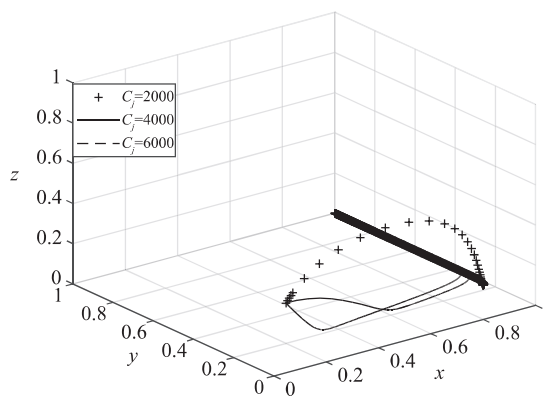


图 13 政府监察成本的影响

由图 13 可知, 政府策略随着监管成本增加稳定于不监管, 在农户绿色种植意愿不变前提下, 企业绿色制造意愿提升。这体现出监管成本影响政府监管意愿, 虽然第三方产品绿色标准监察机构兴起可缓解政府监管压力, 但是还需谨防寻租行为; 侧面体现出, 政府适当放松监管力度, 可充分发挥主体市场活力, 推进供应链绿色建设。

## 六、结 语

特色农产品供应链绿色建设是区域经济发展重要抓手, 针对农户和涉农企业出现的绿色投机行为, 本研究通过构建涉农企业、农户和政府间三方演化博弈模型, 首先, 揭示了主体策略稳定性、系统均衡策略组合稳定性; 其次, 通过仿真分析验证了要素对系统稳定性影响; 最后, 依据影响路径和稳定条件, 为特色农产品供应链绿色建设提供相关对策。主要结论和启示如下: (1) 生产制造环节事关产品质量安

全,是特色农产品供应链绿色建设重点。将特色农产品供应链划为产品生产制造、物流、回收等环节,只有各环节绿色,才可追求供应链整体绿色绩效最优。尤其是生产制造环节,可以说该环节是供应链拥有的“生命之源”,若产品质量不合格,供应链将难以为继。故实现特色农产品供应链绿色建设,生产制造首当其冲为重点环节。(2)降本增收推进供应链绿色建设。绿色投入产出影响主体绿色建设意愿,降低投入和提高收益是拉动主体绿色建设供应链的两架马车。特色农产品价格高于农产品,具有较大利润空间,因此吸引众多主体涌入,市场需求转型迫使供应链绿色转型。供应链绿色建设初期具备高投入特征,这使主体产生投机意愿,只有降本增收才能提升主体建设意愿。政府财政支撑可强化主体建设信心,补贴奖励降低主体绿色投入,而绿色产品满足市场需求,形成稳固竞争优势时,可切实提高主体收入。形成产业集群,一方面充分发挥主体创新活力,利用集群知识溢出效应降低绿色技术设备研发购买投入;另一方面,发挥集群竞争优势,为主体带来高收入。(3)清晰权责划分,标准化绿色建设。权责不清影响产品质量,是滋生绿色投机行为的根源之一,只有细化农户和企业绿色建设中应达标准,才能将责任落实到主体。产品质量问题追究到具体环节,才可针对性进行奖惩补贴,充分发挥政府调节作用;品牌建设清晰权责,可激发主体绿色建设供应链活力,切实提高主体话语权和品牌责任感。(4)合作共赢推进供应链绿色转型。农户和涉农企业作为绿色建设供应链核心主体,也是绿色投机行为主体。利益“弱联结”和目标差异导致绿色投机行为,只有调动双方共同修正完善利益分配机制,才能切实保障农户权益;农户和企业传统经营关系转型升级是实现两者目标一致性的关键,建立农户入股机制,可形成企业和农户稳固合作关系,并且企业可以提供技术及专用性资产,极大降低了农户绿色生产成本,使农户愿意信赖企业,绿色种植特色农产品。

### Evolutionary Game Analysis of Green Speculation in Characteristic Agricultural Product Supply Chain

WANG Sixiu<sup>1</sup>, ZHAO Liqing<sup>2</sup>

(1. Academic Affairs Office, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi, Xinjiang, China 830013;

2. School of Information Management, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi, Xinjiang, China 830013)

**Abstract:** The proliferation of speculative behavior is still one of the challenges that hinder the green construction of characteristic agricultural product supply chains and threaten the quality and safety of agricultural products. Existing research mostly focuses on exploring rewards and punishments or distribution of benefits through a dual subject approach, lacking consideration of the balancing relationship and rights and responsibilities among multiple subjects. Therefore, further clarifying the evolutionary mechanism and influencing factors of behavior among multiple entities is of great significance for reducing green speculation in the supply chain and achieving the goal of green transformation of characteristic agricultural product supply chains. The study is based on the data of characteristic wheat in Jingtai County of Baiyin City in Shandong Province in 2023, and uses the evolutionary game method to construct a tripartite dynamic evolutionary game model with the government, agricultural enterprises, and farmers as the main bodies. It analyzes the strategic choices and system stability of each party, and explores the impact of each element on the decision-making of the main body. The results indicate that: (1) the production and manufacturing process is related to product quality and safety, and is a key focus of green construction in the supply chain. (2) Green input-output affects the willingness of the main body to build, and cost reduction and income increase should be promoted to promote green construction of the supply chain. (3) Unclear rights and responsibilities lead to the proliferation of speculative behavior, and clear and standardized division of rights and responsibilities is necessary for green construction of the supply chain. (4) Diversified construction forces with different goals should cooperate and achieve a win-win situation to achieve green transformation of the supply chain.

**Key words:** characteristic agricultural products; green supply chain; green speculation; evolutionary game

(责任编辑:杨云红)