

生鲜农产品供应链保鲜投入的演化博弈分析与仿真研究

徐蓁

(重庆商务职业学院, 重庆 401331)

摘要: **目的** 考虑生鲜农产品保鲜投入的市场正外部性效应, 解决供应链成员的“搭便车”问题。**方法** 以2级生鲜农产品供应链为研究对象, 构建有限理性特性下的供应商-零售商保鲜投入演化博弈模型, 通过雅克比矩阵求解和 MATLAB 仿真模拟来分析参与者策略的动态演化过程。**结果** 供应商与零售商的保鲜投入策略与双方单位投入产出效益密切相关, 当该参数取值条件位于不同阈值区间时, 系统呈现出多种演化稳定均衡; 博弈初始状态、市场敏感度、搭便车收益等因素影响系统最终演化稳定结果的形成。**结论** 通过分析生鲜农产品供应链成员的保鲜投入策略, 为提高生鲜农产品保鲜水平提供了对策建议。

关键词: 生鲜农产品; 供应链; 演化博弈; 仿真

中图分类号: F252 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)11-0066-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.11.009

Evolutionary Game Analysis and Simulation Research on Fresh-keeping Investment of Fresh Agricultural Product Supply Chain

XU Zhen

(Chongqing Business Vocational College, Chongqing 401331, China)

ABSTRACT: The paper aims to solve the free-ride problem of supply chain members in view of the positive external market effect of agricultural product fresh-keeping investment. With the secondary fresh agricultural product supply chain as research object, a supplier-retailer fresh-keeping investment evolutionary game model under limited rationality was constructed. The dynamic evolution process of participant strategies was analyzed by the Jacobian matrix solution and MATLAB simulation. The supplier's and retailer's fresh-keeping investment strategy was closely related to the input and output benefits. When the parameters were in different threshold intervals, the system presented multiple evolutionary stable equilibriums. Factors such as the initial state of the game, market sensitivity and free-ride gains would also affect the formation of the system stable outcome. By analyzing the fresh-keeping investment strategies of fresh agricultural product supply chain members, it provides countermeasures and suggestions for improving the fresh-keeping level of fresh agricultural products.

KEY WORDS: fresh agriculture product; supply chain; evolutionary game; simulation

生鲜农产品包括蔬菜、水果、水产品、肉、奶制品等, 在日常生活中占据着重要地位, 直接影响人民身体健康和生活质量。作为现代农业的重要组成部分, 生鲜农产品市场已成为促进我国农村经济发展的

驱动力量, 随着城镇居民人口数量大幅增加, 对生鲜农产品的需求也急剧增加。据《中国生鲜农产品连锁行业市场前景研究报告》数据统计, 2017 年我国生鲜农产品总产量为 13.05 亿 t, 亿元以上生鲜农产品

收稿日期: 2019-01-10

基金项目: 重庆市社会科学规划重点项目 (2015ZDJJ06); 重庆市社会科学规划一般项目 (153300)

作者简介: 徐蓁(1984—), 女, 重庆商务职业学院讲师, 主要研究方向为农业经济、市场营销。

交易市场数量为 578 个, 连锁市场规模已超过 9000 亿元, 发展态势极好。

随着人民生活水平的不断提高, 消费者对于生鲜农产品的新鲜度要求也越来越高。生鲜农产品本身具有易腐性、时效性和易变质的特点^[1], 对时效性要求较高。目前, 由于国内冷链物流发展尚未成熟、保鲜技术较为落后, 供应链各节点成员保鲜投入动力不足, 保鲜意识薄弱^[2], 导致农产品的新鲜度加速衰减, 进而直接影响了消费者效用, 降低了市场需求, 使供应链系统整体利益受损。

生鲜农产品供应链已成为学术界的热点研究内容。

1) 供应链定价分析。Wang 和 Li 通过信息技术来分析生鲜农产品的动态定价问题, 进而减少生鲜农产品损耗, 提高零售商的收益^[3]。Banker 和 Mitra 研究了数字交易平台对农产品供应链商品定价的影响, 分析了数字交易平台交易价格与实物拍卖价格之间的变动关系^[4]。杨磊等运用 Stackelberg 模型, 研究了供应商和零售商组成的单周期两阶段供应链定价和协调策略^[5]。

2) 供应链物流管理。付焯等基于物流服务时间约束条件, 对物流延误造成的超期风险在生鲜农产品供应链中的传递问题进行了分析^[6]。Wu 等考虑物流服务提供商的风险偏好, 对生鲜农产品的物流外包协调合同进行了研究^[7]。张帆构建了供应、生产、网络销售 3 个子系统的生鲜农产品物流成本体系, 结合层次分析法和模糊综合评价分析各业务流程权重, 最后对关键作业领域进行了优化, 以降低供应链物流成本和增加收益^[8]。

3) 供应链保鲜策略。Su 等和 Cai 等对生鲜农产品供应链保鲜投入的努力程度进行了研究, 并设计了最优激励契约^[9-10]。曹裕等从消费者效用理论出发, 研究了生鲜农产品供应商和零售商保鲜投入过程中的激励机制设计问题^[11]。唐润等依据供应商采取的保鲜温度对生鲜农产品新鲜度、保鲜成本对市场需求的影 响, 研究了收益共享契约下供应商的最优保鲜温度设定问题^[12]。此外, 流通和销售环节中的冷链保鲜技术与产品养护管理也是提高生鲜农产品保鲜水平的重点研究方向^[13-14]。以上文献为文中研究的开展提供了坚实理论基础。

由上可知, 学术界关于生鲜农产品供应链的研究虽已取得较多成果, 但仍存在一定不足。比如生鲜农产品的保鲜问题, 现有研究大多从静态视角剖析供应链成员的决策互动过程, 运用动态博弈方法分析如何促进生鲜农产品供应链保鲜的研究还较为欠缺。基于此, 文中拟从动态博弈视角出发, 运用演化博弈理论构建供应商与零售商间的非对称博弈模型, 并引入二者在保鲜投入过程中的“搭便车”行为。随后考虑市场对保鲜投入的市场正向效益, 根据复制动态方程和数值仿真模拟来定量考察系统随决策参数取值条件改

变而呈现的动态演化规律。最后再结合现实情境对决策参数的物理含义进行解读, 并根据模型分析过程及结果提出有利于促进生鲜农产品供应链成员保鲜投入的策略与建议。

1 演化博弈模型构建及求解

1.1 演化博弈基本假设

文中选定博弈参与者为生鲜农产品供应商和零售商, 供应商的策略集合为 S_1 (积极投入, 消极投入), 零售商的策略集合为 S_2 (积极投入, 消极投入), 构成 2×2 策略交互支付矩阵, 假设如下所述。

1) 假设 1。博弈初期, 供应商群体选择积极投入策略的比例为 x , 消极投入策略的比例为 $1-x$; 零售商群体选择积极投入策略的比例为 y , 消极投入策略的比例为 $1-y$ 。

2) 假设 2。若供应商与零售商均选择对生鲜农产品进行消极保鲜投入, 此时二者的基本收益大小为 π_s 和 π_r , s 为供应商, r 为零售商。

3) 假设 3。常见生鲜农产品保鲜方式有低温保鲜、化学保鲜、气调保鲜和涂膜保鲜等。若供应商与零售商采取措施进行生鲜农产品积极保鲜投入, 将产生一定的市场正外部性效应, 即保鲜投入越大, 获得消费者的信任与偏好越大, 市场需求反馈越积极。正外部效应引起的生鲜农产品市场销量增加量为 μq , μ 为市场敏感度, 反映消费者对生鲜农产品新鲜度的偏好水平, q 为常量, 代表生鲜农产品的市场需求。供应商与零售商付出的单位销量保鲜成本分别为 C_1 , C_2 , 增量收益为 e_1 , e_2 , 则单位投入产出效益分别为 $m=e_1-C_1$, $n=e_2-C_2$ 。

4) 假设 4。当供应商与零售商一方采取积极保鲜策略而另一方采取消极保鲜策略时, 由于保鲜投入增加了生鲜农产品市场的销量需求, 即使消极投入仍可得到“搭便车”收益。当供应商选择积极投入而零售商选择消极投入时, 零售商将获得“搭便车”收益 β , 反之供应商获得“搭便车”收益 α 。

1.2 演化博弈构建与求解

基于上述假设, 文中拟构建生鲜农产品供应链供应商-零售商策略交互支付矩阵, 见表 1。

由表 1 可知, 供应商采取“积极投入”与“消极投入”策略的期望收益 E_x , E_{1-x} 分别为:

$$E_x = y[\pi_s + \mu q(e_1 - c_1)] + (1-y)[\pi_s + \mu q(e_1 - c_1)] \quad (1)$$

$$E_{1-x} = y(\pi_s + \alpha) + (1-y)\pi_s \quad (2)$$

同理, 零售商采取“积极投入”与“消极投入”策略的期望收益 E_y , E_{1-y} 分别为:

$$E_y = x[\pi_r + \mu q(e_2 - c_2)] + (1-x)[\pi_r + \mu q(e_2 - c_2)] \quad (3)$$

$$E_{1-y} = x(\pi_r + \beta) + (1-x)\pi_r \quad (4)$$

表 1 供应商与零售商的策略交互支付矩阵
Tab.1 Policy interaction payment matrix between supplier and retailer

供 应 商	零售商	
	积极投入 y	消极投入 $1-y$
积极投入 x	$[\pi_s + \mu q(e_1 - c_1), \pi_r + \mu q(e_2 - c_2)]$	$[\pi_s + \mu q(e_1 - c_1), \pi_r + \beta]$
消极投入 $1-x$	$[\pi_s + \alpha, \pi_r + \mu q(e_2 - c_2)]$	(π_s, π_r)

根据 Malthusian 方程, 由复制动态方程所构成的二维动力系统如下:

$$F(x) = (1-2x)[\mu q(e_1 - c_1) - \alpha y] \quad (5)$$

$$F(y) = (1-2y)[\mu q(e_2 - c_2) - \beta x] \quad (6)$$

根据微分方程稳定性条件可得二者策略互动的4个均衡点为: $(0,0)$, $(0,1)$, $(1,0)$, $(1,1)$, 当 $0 \leq x_0 \leq 1$, $0 \leq y_0 \leq 1$ 时, (x_0, y_0) 也是均衡点。其中:

$$x_0 = \frac{\mu q(e_2 - c_2)}{\beta}, y_0 = \frac{\mu q(e_1 - c_1)}{\alpha} \quad (7)$$

根据 jacobian 矩阵求解法得出均衡点处行列式迹和值, 进行局部稳定性判断^[15], 可得命题 1。

命题 1 是当决策参数取值条件发生改变时, 系统呈现出不同的演化稳定结果。各状态参数取值条件及

演化相图见表 2 和图 1。

表 2 系统演化稳定结果及参数条件
Tab.2 System evolution stability results and parameter conditions

状态	演化稳定结果	条件
状态 1	$(0,0)$	$m < 0$ 且 $n < 0$
状态 2	$(1,0)$	$m > 0$ 且 $n < 0$, 或 $m > \alpha/\mu q$ 且 $0 < n < \beta/\mu q$
状态 3	$(0,1)$	$m < 0$ 且 $n > 0$, 或 $0 < m < \alpha/\mu q$ 且 $n > \beta/\mu q$
状态 4	$(0,0)$ 和 $(1,1)$	$0 < m < \alpha/\mu q$ 且 $0 < n < \beta/\mu q$
状态 5	$(1,1)$	$m > \alpha/\mu q$ 且 $n > \beta/\mu q$

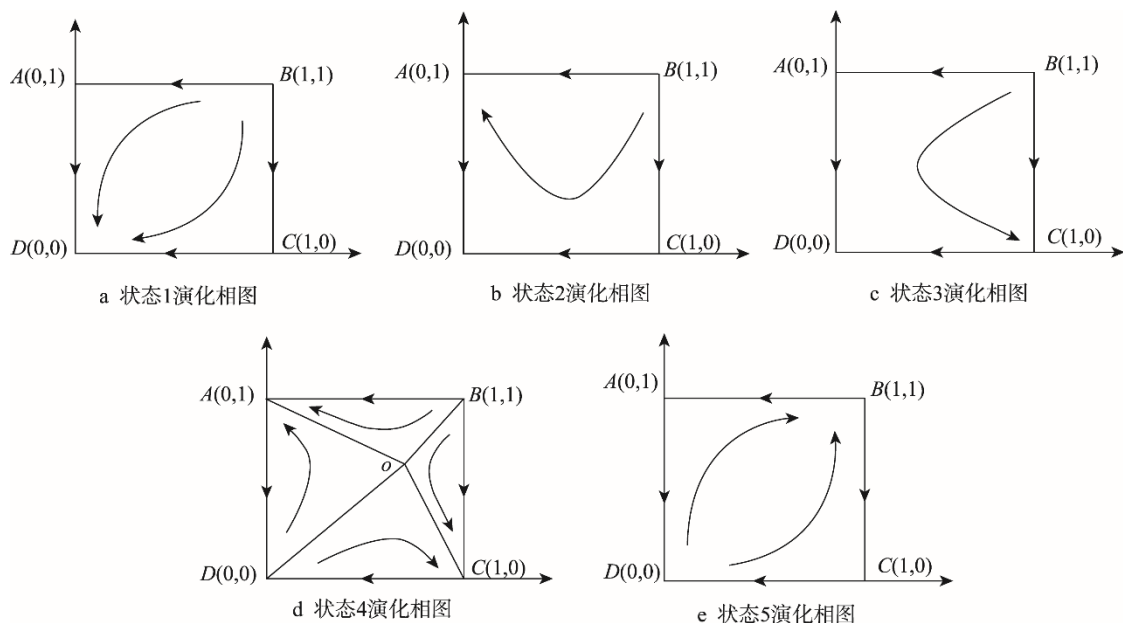


图 1 各状态的演化相图

Fig.1 Evolutionary phase diagrams of different states

2 演化博弈分析与仿真研究

2.1 演化稳定结果分析

结论 1 是当参数满足条件 $m < 0$ 且 $n < 0$ 时, 状态 1 是系统的演化稳定结果, 供应商与零售商的策略选择都为消极投入。

由结论 1 可知, 当供应商与零售商的投入产出效

益 m , n 均较低且小于 0 时, 演化稳定结果为供应商与零售商均选择保鲜消极投入。生鲜农产品市场发展初期, 一方面保鲜技术发展尚未成熟, 保鲜投入成本较高; 另一方面, 消费者对生鲜农产品新鲜度敏感性不高, 市场对双方保鲜投入正向反馈较小。此时, 双方选择生鲜农产品保鲜投入所带来的增量收益较小, 不足以弥补所投入的保鲜成本, 消极投入成为双方较为现实的选择。令 $m = -0.5$, $n = -0.8$, $\mu = 1.2$, $q = 5$, $\alpha = 2$,

$\beta=4$ ，状态 1 情形下供应商与零售商的策略演化轨迹见图 2。由图 2 可知，即使供应商与零售商选择积极投入的初始比例已高达 0.8，但随着演化时间 τ 的增加，双方选择积极投入的比例逐渐减小，系统最终向稳定点 $(0,0)$ 演化。

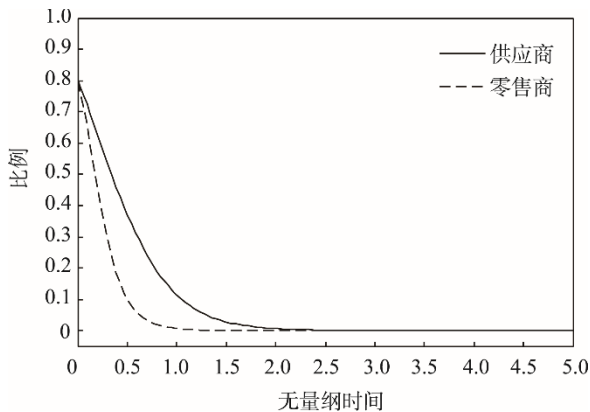


图 2 状态 1 对应的演化相图

Fig.2 Evolutionary phase diagram corresponding to state 1

结论 2 为当参数满足条件 $m>0$ 且 $n<0$ 时，或当 $m>\alpha/\mu q$ 且 $0<n<\beta/\mu q$ 时，状态 2 是系统的演化稳定结果，供应商与零售商的策略选择分别为积极投入与消极投入。

由结论 2 可知，当供应商的单位投入产出效益 m 大于 0 时，零售商的单位投入产出效益 n 小于 0；当供应商的单位投入产出效益 m 增大到一定程度时 ($m>\alpha/\mu q$)，零售商的单位投入产出效益 n 虽增加至大于 0 但小于 $\beta/\mu q$ ，演化稳定结果为供应商选择积极进行保鲜投入而零售商则采取“搭便车”行为。此种情形下，供应商率先改进生鲜农产品保鲜技术，保鲜投入成本大大降低，增量收益足以弥补所投入的保鲜成本，积极投入成为供应商的理性选择。零售商初尝试进行积极保鲜投入，发现采取“搭便车”行为获得的收益大于自身保鲜增量收益，将倾向于选择消极投入策略。令 $m=1.5$ ， $n=0.5$ ， $\mu=1.2$ ， $q=5$ ， $\alpha=2$ ， $\beta=4$ ，状态 2 情形下供应商与零售商的策略演化轨迹见图 3。由

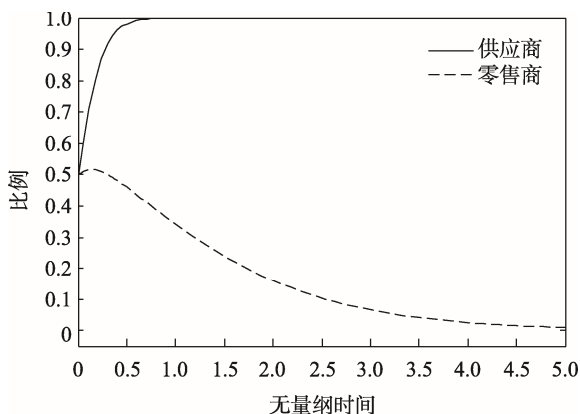


图 3 状态 2 对应的演化相图

Fig.3 Evolutionary phase diagram corresponding to state 2

图 3 可知，选定双方积极投入初始比例为 0.5，随着时间的增加，供应商积极投入比例逐渐增加，而零售商积极投入比例初期有小幅增加随后又逐渐减小，系统最终向稳定点 $(1,0)$ 演化。

结论 3 为当参数满足条件 $m<0$ 且 $n>0$ 时，或当 $0<m<\alpha/\mu q$ 且 $n>\beta/\mu q$ 时，状态 3 是系统的演化稳定结果，供应商与零售商的策略选择分别为消极投入与积极投入。

由结论 3 与结论 2 可知，当零售商的单位投入产出效益 n 大于 0 时，供应商的单位投入产出效益 m 小于 0；零售商的单位投入产出效益 n 增大到一定程度时 ($n>\beta/\mu q$)，供应商的单位投入产出效益 m 增加至大于 0 但小于 $\alpha/\mu q$ ，演化稳定结果为供应商采取“搭便车”行为而零售商选择积极进行保鲜投入。令 $m=0.2$ ， $n=1.5$ ， $\mu=1.2$ ， $q=5$ ， $\alpha=2$ ， $\beta=4$ ，状态 3 情形下供应商与零售商的策略演化轨迹见图 4。由图 4 可知，选定双方积极投入初始比例为 0.5，随着时间的增加，供应商积极投入比例初期有小幅增加随后又逐渐减小，而零售商积极投入比例逐渐增加，系统最终向稳定点 $(0,1)$ 演化。

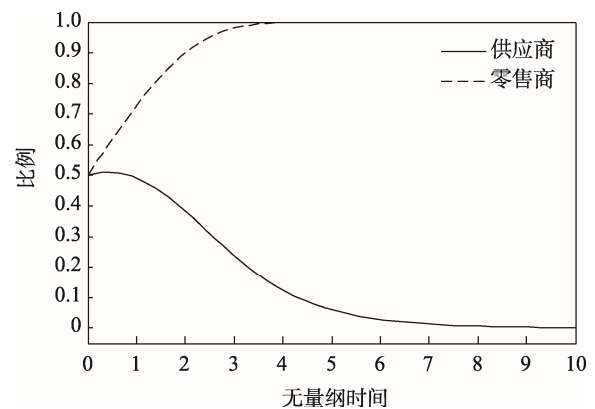


图 4 状态 3 对应的演化相图

Fig.4 Evolutionary phase diagram corresponding to state 3

结论 4 为当参数满足条件 $0<m<\alpha/\mu q$ 且 $0<n<\beta/\mu q$ 时，系统可能存在 2 种演化稳定结果，分别为 $(1,0)$ 和 $(0,1)$ ，具体趋于何种状态取决于系统的初始种群比例。

由结论 4 可知，当供应商和零售商的投入产出效益 m ， n 提高至大于 0 但小于 $\alpha/\mu q$ ， $\beta/\mu q$ 时，系统可能向 2 种稳定结果演化。该情况下，消费者对生鲜农产品新鲜度的敏感度有所增加，市场对双方保鲜投入具有一定正向反馈，但增量收益仍小于采取“搭便车”行为获得的收益，此时必有一方选择积极投入而另一方采取“搭便车”行为。令 $\mu=1.2$ ， $q=5$ ， $m=0.2$ ， $n=0.5$ ， $\alpha=2$ ， $\beta=4$ ， $y=0.2$ ，0.5，0.8，状态 4 情形下零售商群体积极投入比例对供应商策略的影响见图 5。由图 5 可知，选定供应商群体积极投入初始比例为 0.5，当零售商群体积极投入比例取值较低 $y=0.2$ ，

0.5 时, 供应商群体发现积极投入期望收益大于消极投入期望收益, “搭便车”行为无法实施, 系统最终向 (1,0) 演化; 当零售商群体积极投入比例提高至 0.8 时, 供应商群体发现积极投入期望收益小于消极投入期望收益, 将采取“搭便车”行为, 系统最终向 (0,1) 演化。根据复制动态方程 (5) 可知, 影响供应商群体策略演化结果的 y 值临界点为 0.6, 当 $y < 0.6$ 时, 供应商群体策略向积极投入演化; 当 $y > 0.6$ 时供应商群体策略向消极投入演化。

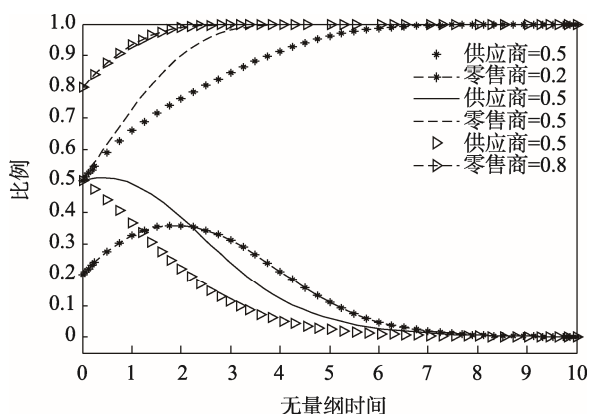


图 5 状态 4 对应的演化相图

Fig.5 Evolutionary phase diagram corresponding to state 4

结论 5 为当参数满足条件 $m > \alpha/\mu q$ 且 $n > \beta/\mu q$ 时, 状态 5 是系统的演化稳定结果, 供应商与零售商的策略选择均为积极投入。

当供应商和零售商的单位投入产出效益 m, n 均大于 $\alpha/\mu q, \beta/\mu q$ 时, 双方积极进行保鲜投入所得到的收益 $\mu q m, \mu q n$ 分别大于他们采取“搭便车”行为所获得的收益 α, β , 演化稳定结果为供应商和零售商均选择积极投入。该情况下, 由于保鲜技术日趋成熟, 保鲜成本大幅降低, 同时消费者对较高新鲜度的生鲜农产品偏好较高, 市场对供应商和零售商的保鲜投入正向反馈较高, 双方均选择积极投入策略。令 $m=1, n=1, \mu=1.2, q=5, \alpha=2, \beta=4$, 状态 5 情形下供应商与零售商的策略演化轨迹见图 6。由图 6 可知, 即使

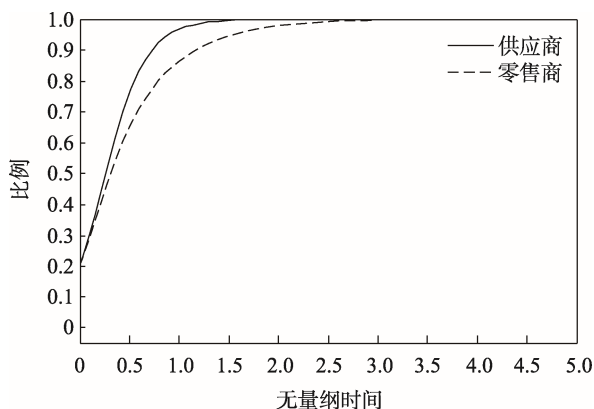


图 6 状态 5 对应的演化相图

Fig.6 Evolutionary phase diagram corresponding to state 5

供应商与零售商选择积极投入的初始比例已低至 0.2, 但随着演化时间的增加, 双方选择积极投入的比例逐渐增加, 系统最终向稳定点 (1,1) 演化。

2.2 状态 4 影响因素分析

由状态 3 对应的演化相图可知, 当参数满足条件 $0 < m < \alpha/\mu q$ 且 $0 < n < \beta/\mu q$ 时, 系统可能存在 2 种演化稳定结果。由不稳定点 D, B 和鞍点 O 组成的折线可视为系统收敛于不同演化稳定结果的临界线。假定系统初始条件随机且均匀分布在平面内, 当博弈初始点落入区域 $BODC$ 时, 系统收敛于稳定点 (1,0); 当博弈初始点落入区域 $BODA$ 时, 系统收敛于稳定点 (0,1)。由此, 系统最终收敛于何种状态可通过比较区域 $BODC$ 与区域 $BODA$ 的面积大小来确定。供应商所对应的区域面积大小为 S_{BODC} , 其值越大则表示供应商越可能进行积极投入, 而零售商越可能选择消极投入。

$$S_{BODC} = \frac{(1-x_0+y_0)}{2} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\mu q m}{\alpha} + \frac{\mu q n}{\beta} \right)$$

结论 6 为当固定其他参数取值不变时, 搭便车收益 α 越小, β 越大; 投入产出效益 m 越大, n 越小, 则系统向稳定结果 (1,0) 收敛的概率越大, 反之系统向稳定结果 (0,1) 收敛的概率越大。

1) 搭便车收益 α 。 $\partial S_{BODC} / \partial \alpha < 0$ 表明供应商采取“搭便车”行为获得的收益越大, 则鞍点 O 越靠近点 A (0,1), 区域面积 S_{BODC} 越小, 进而系统收敛于 (1,0) 的可能性减小。

2) 投入产出效益 m 。 $\partial S_{BODC} / \partial m > 0$ 表明单位投入产出效益越大, 则供应商越倾向于选择积极投入, 进而系统收敛于 (1,0) 的可能性增大。

当搭便车收益 α 增加时, 面积 S_{BODC} 减小, 即 α 对 S_{BODC} 产生负向抑制作用, 由此可采取措施减小供应商搭便车收益, 以降低供应商采取保鲜消极投入策略的概率。实践过程中, 供应商和零售商可签订供应链保鲜投入契约, 规定双方在保鲜投入中的责任和义务, 对于违约方采取罚金赔偿、行业曝光等惩罚措施。为保证双方契约有效性, 有关政府和行业协会应当介入监管, 制定相关的政策法规和行业规章制度, 约束供应商和零售商在保鲜投入过程中的“机会主义”行为。

当单位投入产出效益 m 增加时, 面积 S_{BODC} 增加, 即 m 对 S_{BODC} 产生正向促进作用, 由此可通过增加单位投入产出效益来提高供应商进行保鲜投入的积极性。该部分效益大小主要取决于市场对保鲜投入的积极反馈力度, 公众作为生鲜农产品的消费者, 应当强化自身对农产品新鲜度的关注, 提高自身偏好, 通过市场激励的方式来促使供应链成员积极进行生鲜农产品保鲜投入。

3 结语

文中通过构建演化博弈模型和运用仿真模拟工具,刻画了生鲜农产品供应链中供应商与零售商的保鲜投入策略随决策参数取值条件改变而呈现的演化规律,并运用仿真模拟工具对相关结论进行仿真分析。研究表明,博弈系统演化稳定结果受系统初始状态、单位投入产出效益、市场敏感度、“搭便车”收益等因素影响;随着供应商与零售商单位投入产出效益参数取值的变化,系统分别呈现出5种不同的演化稳定结果;如果供应商与零售商双方“搭便车”行为从对方保鲜投入中获得的收益增加,则会降低双方进行保鲜投入的积极性。文中研究结论虽为促进生鲜农产品供应链保鲜投入提供了一定的理论指导,但相关结论还有待于理论和实践的进一步检验,后续研究可从拓展行为交互支付矩阵参数以及引入政府干预作用2个视角来进行优化改进。

参考文献:

- [1] KIREZIEVA K, BIJMAN J, JACXSENS L. The Role of Cooperatives in Food Safety Management of Fresh Produce Chains: Case Studies in Four Strawberry Cooperatives[J]. Food Control, 2016, 62: 299—308.
- [2] 曹武军, 陈志斐, 杨雯水. 不同保鲜模式对生鲜农产品供应链系统利润的影响分析[J]. 保鲜与加工, 2018, 106(3): 155—162.
CAO Wu-jun, CHEN Zhi-fei, YANG Wen-shui, Analysis of the Impact of Different Preservation Modes on the Profits of Fresh Agricultural Products Supply Chain System[J]. Storage and Process, 2018(3), 106(3): 155—162.
- [3] WANG X, LI D. A Dynamic Product Quality Evaluation Based Pricing Model for Perishable Food Supply Chains[J]. Omega, 2012, 40(6): 906—917.
- [4] BANKER R, MITRA S, SAMBAMURTHY A V. The Effects of Digital Trading Platforms on Commodity Prices in Agricultural Supply Chains[M]. Society for Information Management and The Management Information Systems Research Center, 2011.
- [5] 杨磊, 肖小翠, 张智勇. 需求依赖努力水平的生鲜农产品供应链最优定价策略[J]. 系统管理学报, 2017, 26(1): 142—153.
YANG Lei, XIAO Xiao-cui, ZHANG Zhi-yong. Optimal Pricing Policies of Fresh Agricultural Product Supply Chain with Effort Level Dependent Demand[J]. Journal of Systems & Management, 2017, 26(1): 142—153.
- [6] 付焯, 严余松, 郭茜, 等. 生鲜农产品供应链物流风险传递机理及控制[J]. 西南交通大学学报, 2018, 53(3): 654—660.
FU Zhuo, YAN Yu-song, GUO Qian, et al. Risk Transfer Mechanism and Control in Logistics of Fresh Agriculture Product Supply Chain[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2018, 53(3): 654—660.
- [7] WU Q, MU Y, FENG Y. Coordinating Contracts for Fresh Product Outsourcing Logistics Channels with Power Structures[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 160: 94—105.
- [8] 张帆. 电子商务环境下农产品供应链物流成本体系研究[J]. 商业经济研究, 2016(21): 159—161.
ZHANG Fan. Research on Logistics Cost System of Agricultural Products Supply Chain under Ecommerce Environment[J]. Journal of Commercial Economics, 2016(21): 159—161.
- [9] SU Y, GUO H, WANG X. Incentive Contract in Supply Chain with Asymmetric Information[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2014(1): 1—6.
- [10] CAI X Q, CHEN J, XIAO Y B, et al. Optimization and Coordination of Fresh Product Supply Chains with Freshness-keeping Effort[J]. Production and Operations Management, 2010, 19(3): 261—278.
- [11] 曹裕, 李业梅, 万光羽. 基于消费者效用的生鲜农产品供应链生鲜度激励机制研究[J]. 中国管理科学, 2018, 26(2): 160—174.
CAO Yu, LI Ye-mei, WAN Guang-yu. Study on the Fresh Degree Incentive Mechanism of Fresh Agricultural Product Supply Chain Based on Consumer Utility[J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(2): 160—174.
- [12] 唐润, 范宇翔, 彭洋洋. 保鲜温度影响下的生鲜农产品供应链收益共享契约[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(1): 293—298.
TANG Run, FAN Yu-xiang, PENG Yang-yang. Study on the Fresh Food Supply Chain Revenue Sharing Contract under Influence of Fresh-keeping Temperature[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 45(1): 293—298.
- [13] ROHIT J, BANWET D K, RAVI S. A Delphi-AHP-TOPSIS Based Benchmarking Framework for Performance Improvement of a Cold Chain[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(8): 10170—10182.
- [14] 范新光, 张长峰, 郭风军, 等. 生鲜农产品减压冷藏的机理探讨[J]. 食品科技, 2013(9): 30—34.
FAN Xin-guang, ZHANG Chang-feng, GUO Feng-jun. Discussion in the Mechanism of Hypobaric Storage of Fresh Produce[J]. Food Technology, 2013(9): 30—34.
- [15] 万晓榆, 龙宇, 蒋婷. 公众参与、政府监管与移动应用安全治理动态演化研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(11): 50—60.
WAN Xiao-yu, LONG Yu, JIANG Ting. Public Participation, Government Regulation and the Dynamic Evolution Research of Mobile Application Security Management[J]. Operations Research and Management Science, 2018, 27(11): 50—60.