

李 晔,付 筱. 政府补贴下果蔬冷链演化博弈[J]. 江苏农业科学,2021,49(18):241-247.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.18.040

# 政府补贴下果蔬冷链演化博弈

李 晔,付 筱

(河南农业大学信息与管理科学学院,河南郑州 450002)

**摘要:**为了有效保障果蔬农产品的食品安全,促进果蔬冷链的发展,建立政府补贴下消费者和零售商的演化博弈模型,分析消费者和零售商的策略选择以及演化稳定性。在此基础上,进一步建立消费者和零售商的系统动力学模型,仿真分析影响消费者和零售商的决策因素。结果表明,提升冷链技术以及果蔬的品质,提高消费者对冷链果蔬的满意值是消费者购买冷链果蔬的关键因素,增大政府补贴以及降低果蔬冷链的成本是零售商采用冷链物流的关键因素。

**关键词:**果蔬冷链;演化博弈;系统动力学;政府补贴

**中图分类号:**F326.51

**文献标志码:**A

**文章编号:**1002-1302(2021)18-0241-07

我国是果蔬第一大国。根据《2019 年中国统计年鉴数据》可知,2010—2018 年我国果蔬产量持续增加,2018 年我国水果总产量为 2.57 亿 t,蔬菜总产量为 7.03 亿 t。随着人们经济能力和生活水平的提高,人们的消费观念发生了巨大的改变,开始从“吃得饱”转变为“吃得好”,对果蔬需求量增加的同时对其品质也提出了更高的要求。但是,由于我国冷链物流相关技术较落后,造成大量果蔬的浪费,因此,国家对生鲜农产品问题高度重视,在 2015—2019 年的中央一号文件中均提出建设农产品储存、运输、冷链等体系。2017 年国家发布《“十三五”农业农村科技创新专项规划》,提出控制生鲜农产品的质量,减少物流过程中的损耗,开展信息化监控、防腐防霉等相关技术与装备的研发与应用,促进生鲜农产品高质量发展<sup>[1]</sup>。目前,生鲜农产品冷链问题一直受到众多学者的关注,主要从供应链协调和冷链配送 2 个方面展开研究。针对供应链协调方面,Yan 等讨论关于生鲜农产品制造商和零售商的供应链可持续发展问题,建立分散和集中的生鲜农产品供应链、射频识别技术(RFID)的投资模型,最

后通过分享契约方法实现生鲜农产品供应链协调<sup>[2]</sup>;Jensen 等总结中国食品安全问题并认为供应商应该建立供应链网络来确保供应链食品的安全<sup>[3]</sup>;李昌兵等建立在政府监管下,供应商和加工商的冷链资源投入的演化博弈模型,其中考虑到供应商和加工商的“搭便车”行为<sup>[4]</sup>;杨亚等认为,在新鲜度信息不对称情况下,应通过回购契约来进行供应链的协调<sup>[5]</sup>;蔡玲如等建立供应商和零售商的演化博弈模型,得出供应商采用动态惩罚策略可以有效促进零售商销售产品<sup>[6]</sup>。针对冷链配送方面,Nguyen 等研究二级供应链的选址以及路径优化问题,提出可以通过混合元启发式的算法自动搜索合适的路径<sup>[7]</sup>;Osvald 等研究蔬菜、水果等易腐食品配送时的路径算法问题时,提出一种基于时间窗的路径优化的算法<sup>[8]</sup>;李娜研究我国生鲜电商“最后一公里”的配送问题,构建“1+1+1”生鲜配送、实体店自提和众包三大模式<sup>[9]</sup>。戴夏静等研究关于蓄冷式多温共配冷链配送问题,发现蓄冷式多温共配冷链配送模式比传统配送模式更有明显的优势<sup>[10]</sup>。通过梳理文献可知,国内外学者对于生鲜农产品问题十分重视,目前对于果蔬冷链问题大多为静态的定性分析,分析果蔬冷链存在的问题并提出对策<sup>[11]</sup>。在动态的定量分析中,基于演化博弈研究方法,大多为供应商、加工商、零售商等的博弈<sup>[12-14]</sup>,在政府监管的情况下,零售商和消费者之间演化博弈的研究还较少。仿真分析上,大多使用 MATLAB 软件仿真<sup>[15-16]</sup>,本研究采用系统动力学方法进行仿真,系统动力学可以在缺乏数据的情况下进行仿

收稿日期:2020-08-16

基金项目:河南省高等学校重点科研项目(编号:20A630015);河南省软科学研究计划(编号:182400410375);河南省高等学校人文社会科学一般项目(编号:2020-ZDJH-140)。

作者简介:李 晔(1972—),女,河南南阳人,硕士,教授,主要从事灰色系统和物流工程研究。E-mail:zzliye@163.com。

通信作者:付 筱,硕士研究生,主要从事物流工程和灰色系统研究。E-mail:871368748@qq.com。

真,可以更好地揭示系统内部的因果关系,这是 MATLAB 仿真所不具备的。因此,本研究构建零售商和消费者的演化博弈模型,并加入政府补贴力量,构建合理的果蔬冷链治理体系,最后构建果蔬冷链零售商和消费者的系统动力学模型进行仿真,分析系统内部中各个因素对零售商和消费者策略的动态影响,以期为果蔬冷链的发展提供理论依据。

1 果蔬冷链消费者和零售商演化博弈

1.1 假设和符号

假设 1:博弈主体为果蔬供应链的零售商和消费者,政府间接参与。果蔬冷链物流是指在果蔬物流的各个环节中,始终保持规定的低温环境,从而保证果蔬的品质以及减少果蔬损耗的一项工程。零售商和消费者是果蔬冷链物流的末端直接参与者,冷链物流的投入需要一定的成本,通过政府补贴刺激零售商采用冷链,本研究果蔬冷链博弈主要考虑政府参与下果蔬冷链物流环节的零售商和消费者。

假设 2:消费者的策略集为{购买冷链果蔬,购买普通果蔬},零售商的策略集为{采用冷链,采用普通物流}。零售商采用果蔬冷链须要付出成本,直接关系到零售商的利益,因此零售商选择的策略集为{采用冷链,采用普通物流}。不同的消费者有不同的消费水平以及对生活品质的要求,根据实际情况,消费者选择的策略集为{购买冷链果蔬,购买普通果蔬}。

假设 3:政府的参与情况为对采用果蔬冷链零售商的补贴  $F_g$ 。由于果蔬冷链物流必须保证在物流的各个环节中保持规定的低温环境,必须安装相应的温控设备以及冷藏车等,零售商采用果蔬冷链须要投入许多成本,很多零售商由于利益原因不采用果蔬冷链,因此政府须要通过一定的补贴来刺激零售商对果蔬冷链的投入(表 1)。

表 1 符号说明

符号	意义
$R_1$	消费者购买冷链果蔬品质的满意值
$R_2$	消费者购买普通果蔬品质的满意值
$U_1$	消费者购买冷链果蔬的支出
$U_2$	消费者购买普通果蔬的支出
$W_1$	零售商采用冷链所带来的降低果蔬损耗、增加购买量、企业形象提升等正效应
$W_2$	零售商采用冷链除去增加购买量的其他正效应
$C_1$	零售商采用冷链的成本
$C_2$	零售商采用普通物流的成本
$F_g$	政府补贴

1.2 博弈建模

在购买不同果蔬之后,消费者须要付出相应的支出  $U$  以及对果蔬的品质有不同的满意值  $R$ ,对冷链果蔬品质的满意值为  $R_1$ ,对普通果蔬冷链品质的满意值为  $R_2$ ,购买冷链果蔬的支出为  $U_1$ ,购买普通果蔬的支出为  $U_2$  ( $U_1 > U_2$ )。当零售商采用冷链时,消费者购买冷链果蔬的收益为  $R_1 - U_1$ ,由于零售商采用冷链,此时没有普通果蔬,因此消费者购买普通果蔬的收益为 0;当零售商采用普通物流时,因没有冷链果蔬,消费者购买冷链果蔬的收益为 0,消费者购买普通果蔬的收益为  $R_2 - U_2$ 。

零售商采用冷链时所须要付出的成本为  $C_1$ ,政府对采用冷链的零售商进行补贴  $F_g$ ,未采用冷链时所须要付出的成本为  $C_2$  ( $C_1 > C_2$ ),当消费者购买冷链果蔬时,零售商采取冷链可以提升企业形象,增加购买量以及降低果蔬损耗等正效应  $W_1$ ,此时零售商的收益为  $W_1 - C_1 + F_g + U_1$ ,由于消费者只购买冷链果蔬,此时零售商采用普通物流的收益为  $-C_2$ ;当消费者购买普通果蔬时,零售商采用冷链得到的是除去购买量增加的其他正效应  $W_2$  ( $W_1 > W_2$ ),此时收益为  $W_2 - C_1 + F_g$ ,零售商采用普通物流的收益为  $-C_2 + U_2$  (表 2)。

表 2 政府补贴模式下零售商和消费者的收博弈益矩阵

消费者购买不同果蔬的概率	(消费者收益,零售商收益)	
	零售商采用冷链的概率( $y$ )	零售商采用普通物流的概率( $1 - y$ )
购买冷链果蔬的概率( $x$ )	$(R_1 - U_1, W_1 - C_1 + F_g + U_2)$	$(0, -C_2)$
购买普通果蔬的概率( $1 - x$ )	$(0, W_2 - C_1 + F_g)$	$(R_2 - U_2, -C_2 + U_2)$

1.3 模型分析

假设消费者购买冷链果蔬的概率为  $x$ ,零售商选择投入冷链果蔬的概率为  $y$ ,由演化博弈的相关

理论可知,  
消费者购买冷链果蔬策略的期望收益为  
$$E_x = y(R_1 - U_1); \tag{1}$$

消费者购买普通果蔬策略的期望收益为

$$E_{1-x} = (1-y)(R_2 - U_2); \quad (2)$$

消费者混合策略的平均收益为

$$\bar{E}_p = xE_x + (1-x)E_{1-x};$$

消费者策略的复制动态方程为

$$dx/dt = x(E_x - \bar{E}_p) = x(1-x)[(R_1 - U_1 - U_2 + R_2)y + U_2 - R_2]. \quad (3)$$

同理,零售商采用冷链策略的期望收益为

$$E_y = x(W_1 - C_1 + F_g + U_1) + (1-x)(W_2 - C_1 + F_g); \quad (4)$$

$$\begin{cases} dx/dt = x(E_x - \bar{E}_p) = x(1-x)[(R_1 - U_1 - U_2 + R_2)y + U_2 - R_2] = 0 \\ dy/dt = y(E_y - \bar{E}_c) = y(1-y)[(W_1 - W_2 + U_1 + U_2)x + F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2] = 0 \end{cases}$$

根据以上方程组可以求出 5 个系统演化平衡点,分别为(0,0)、(0,1)、(1,0)、(1,1)、(p,q),其中

$$p = \frac{U_2 + C_1 - C_2 - W_2 - F_g}{W_1 - W_2 + U_1 + U_2}, q = \frac{U_2 - R_2}{U_1 + U_2 - R_1 - R_2},$$

当且仅当  $0 < \frac{U_2 + C_1 - C_2 - W_2 - F_g}{W_1 - W_2 + U_1 + U_2} < 1, 0 <$

$$J = \begin{pmatrix} (1-2x)[(R_1 - U_1 - U_2 + R_2)y + U_2 - R_2] & x(1-x)[(R_1 - U_1 - U_2 + R_2)] \\ y(1-y)[(W_1 - W_2 + U_1 + U_2)] & (1-2y)[(W_1 - W_2 + U_1 + U_2)x + F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2] \end{pmatrix}$$

将上述 5 个平衡点的值带入,得出各个平衡点

零售商不采用果蔬冷链的期望收益为

$$E_{1-y} = x(-C_2) + (1-x)(-C_2 + U_2); \quad (5)$$

零售商的平均收益为

$$\bar{E}_c = yE_y + (1-y)E_{1-y};$$

零售商策略的复制动态方程为

$$dy/dt = y(E_y - \bar{E}_c) = y(1-y)[(W_1 - W_2 + U_1 + U_2)x + F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2]. \quad (6)$$

联合消费者和零售商的复制动态方程,令  $dx/dt = 0$  且  $dy/dt = 0$ ,得到如下方程组

$$\frac{U_2 - R_2}{U_1 + U_2 - R_1 - R_2} < 1 \text{ 时成立。}$$

根据演化博弈论可知,上述 5 个平衡点局部稳定性可由系统相应的雅可比矩阵行列式的值( $\det J$ )和迹的值( $\text{tr } J$ )来判定,当且仅当  $\det J > 0, \text{tr } J < 0$  时,平衡点具有稳定性。该系统的雅可比矩阵为

的雅可比矩阵值和迹的值(表 3)。

表 3 平衡点对应的雅可比矩阵值和迹的值

平衡点	雅可比矩阵值	迹的值
(0,0)	$(U_2 - R_2)(F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2)$	$F_g + W_2 - C_1 + C_2 - R_2$
(0,1)	$-(R_1 - U_1)(F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2)$	$R_1 - U_1 - F_g - W_2 + C_1 - C_2 + U_2$
(1,0)	$(R_2 - U_2)(F_g + W_1 + U_1 - C_1 + C_2)$	$-U_2 + F_g + W_1 - C_1$
(1,1)	$(R_1 - U_1)(F_g + W_1 + U_1 - C_1 + C_2)$	$-R_1 + U_1 - F_g - W_1 + C_1 - C_2 - U_1$
(p,q)	M	0

$$\text{其中 } M = -\frac{(U_2 - R_2)(U_1 - R_1)(U_2 - F_g - W_2 - C_1 + C_2)(F_g + W_1 - C_1 + U_1 + C_2)}{(R_1 - U_1 - U_2 + R_2)(W_1 - W_2 + U_1 + U_2)}.$$

由于平衡点(p,q)迹的值为 0,不符合  $\text{tr } J < 0$ ,因此(p,q)肯定不是进化稳定策略(ESS),其他 4 个系统平衡点成为局部稳定点的条件(表 4)。

#### 1.4 平衡点的稳定性分析

1.4.1 点(0,0)稳定性分析 点(0,0)的含义为{消费者购买普通果蔬,零售商采用普通物流},当  $U_2 < R_2$  且  $F_g + W_2 - C_1 < U_2 - C_2$  时,点(0,0)是唯一的稳定点。这种情况一般会出现在冷链发展的起始时期,一方面,在冷链发展的起始阶段,由于消费者受到经济消费水平的制约以及传统观念的影响,对冷藏果蔬的认识不足,认为在营养方面冷藏

表 4 不同条件下的局部稳定点条件

平衡点	条件
(0,0)	$U_2 - R_2 < 0, F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2 < 0$
(0,1)	$R_1 - U_2 < 0, F_g + W_2 - C_1 + C_2 - U_2 > 0$
(1,0)	$U_2 - R_2 > 0, F_g + W_2 + U_1 - C_1 + C_2 < 0$
(1,1)	$R_1 - U_2 > 0, F_g + W_1 + U_1 - C_1 + C_2 > 0$

果蔬和普通果蔬没有什么区别,因此消费者容易出现购买普通的满意值大于所支出的费用( $U_2 < R_2$ );另一方面,由于缺乏对冷链的了解,零售商认为采取冷链果蔬所带来的正效应很小,当零售商采用冷链获得的政府补贴和正效应与采用冷链的成本的

利润小于采用普通物流销售果蔬所获利润 ( $F_g + W_2 - C_1 < U_2 - C_2$ ) 时,零售商会选择采用普通物流销售果蔬,进而形成 (0,0) 即 {消费者购买普通果蔬,零售商采用普通物流} 的局面。

显然,{消费者购买普通果蔬,零售商采用普通物流}不是果蔬冷链发展的期望状态,为了达到期望状态,对于消费者而言,需要政府和冷链行业多做宣传,引导消费者增强果蔬品质的安全意识;对于零售商而言,加强对冷链的了解,政府须要加大对零售商采用冷链的补贴  $F_g$ ,增强零售商采用冷链所获得的正效应  $W_2$ 。

**1.4.2 点 (0,1) 的稳定性分析** 点 (0,1) 的含义为 {消费者购买普通果蔬,零售商采用冷链物流},当  $R_1 < U_2$  且  $F_g + W_2 - C_1 > U_2 - C_2$  时,点 (0,1) 是唯一的稳定点。出现这种情况的原因有以下 2 个方面:一方面,消费者对商家信任的缺失,由于信息技术欠缺,无法保证消费者看到运输的整个过程,对于商家所承诺的全程冷链产生怀疑,消费者只能关注果蔬的颜色等表面情况,和普通果蔬外观相同时,则认为两者质量相同,此时更倾向于购买普通果蔬,因此消费者对冷链果蔬的满意值小于对冷链果蔬的支出 ( $R_1 < U_1$ );另一方面,随着政府和零售商对冷链发展的重视,政府对投入冷链的零售商加大补贴  $F_g$ ,此时零售商更倾向于选择采用果蔬冷链,进而形成 (0,1),即 {消费者购买普通果蔬,零售商采用冷链物流} 的局面。

{消费者购买普通果蔬,零售商采用冷链物流}的局面不是果蔬冷链发展的期望状态,为了达到期望状态,此时不仅需要果蔬冷链行业发展相应的基础设施,加强构建信息体系,保障每个环节都可以按照冷链标准进行,使得消费者在购买冷链果蔬后的满意值  $R_1$  大于购买所花费的支出  $U_1$ ;另外,政府和冷链行业需要进行长期知识普及教育,在保证冷链果蔬品质的前提下引导消费者信任商家。

**1.4.3 点 (1,0) 的稳定性分析** 点 (1,0) 的含义为 {消费者购买冷链果蔬,零售商采用普通物流},当  $U_2 > R_2$  且  $F_g + W_1 + U_1 < C_1 - C_2$  时,点 (1,0) 是唯一的稳定点。出现这种情况有以下 2 个原因:一方面,随着人们生活水平改善、消费能力提高以及政府和冷链行业的宣传教育,人们越来越认识到且注重食品安全质量的重要性,因此消费者购买普通果蔬的满意值小于对普通果蔬的支出  $U_2 > R_2$ ,逐渐倾向于购买冷链果蔬;另一方面,冷链发展初期,由于

冷链的基础设施、运输设备落后以及信息体系不完善,零售商采用冷链的成本较大,政府的补贴和零售商采用冷链所获得的正效应较少,容易出现  $F_g + W_1 + U_1 < C_1 - C_2$ ,从而形成 {消费者购买冷链果蔬,零售商采用普通物流} 的局面。

{消费者购买冷链果蔬,零售商采用普通物流}不是果蔬冷链发展的期望状态,为了打破这种平衡,须要加强冷链所需技术和设备的研发,降低零售商采用冷链的成本  $C_1$ ,增加政府对采用果蔬冷链的零售商补贴。

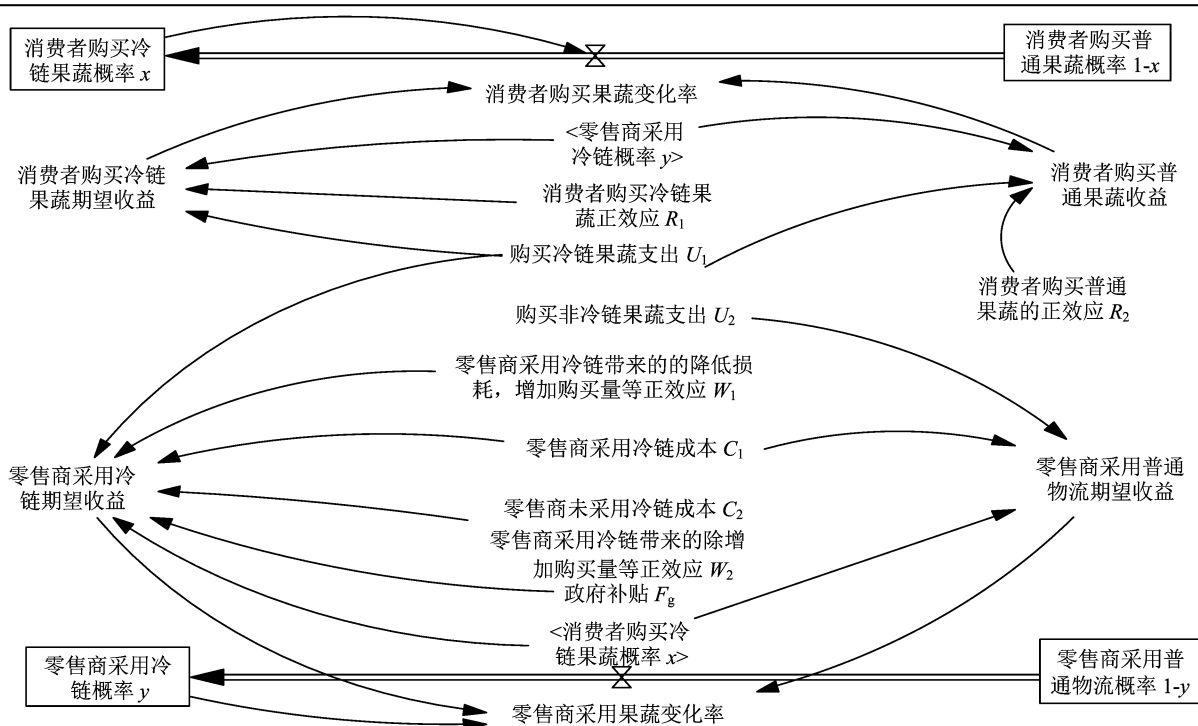
**1.4.4 点 (1,1) 的稳定性分析** 点 (1,1) 的含义为 {消费者购买冷链果蔬,零售商采用冷链物流}, $R_1 > U_1$  且  $F_g + W_1 + U_1 > C_1 - C_2$  时,点 (1,1) 是唯一的稳定点,显然,此时是果蔬冷链发展最理想的情况,冷链物流的设施和技术越来越完善,所需成本较小 ( $C_1$ ),消费者购买冷链果蔬越来越满意 ( $R_1$ ),零售商采用冷链所获得的正效应越来越多 ( $W_1$ ),同时,政府也有一个完善合理的补贴机制 ( $F_g$ ),可以达成  $R_1 > U_1$  且  $F_g + W_1 + U_1 > C_1 - C_2$  的条件,此时,果蔬品质安全基本得到保障,是果蔬冷链发展的期望状态。

## 2 果蔬冷链零售商和消费者 SD 模型与仿真分析

### 2.1 果蔬冷链零售商和消费者 SD 模型构建

系统动力学是一个动态变化的过程,认为只要是系统,必定有其组成的结构,其组成结构决定这个系统的功能,系统内部的结构有因果关系,通过内部结构反馈信息来探究问题的根源。本研究采用系统动力学的方法来更加直观地进行仿真,展示果蔬冷链零售商和消费者的博弈演化路径。

梳理每个变量的因果关系,基于 Vensim 软件建立果蔬冷链零售商和消费者的 SD 模型 (图 1)。选取上述符合演化博弈的理论进行数值仿真,证明本研究所提出的相关结论。模型主要由 4 个流位变量、4 个辅助变量、2 个流率变量以及若干外生变量组成,消费者购买冷链果蔬、消费者购买普通果蔬、零售商采用果蔬冷链、零售商采用普通物流分别用 4 个流位变量来表示,流率变量为消费者和零售商的策略变化率,辅助变量为消费者购买冷链果蔬的期望收益、消费者购买普通果蔬的期望收益、零售商采用冷链期望收益以及零售商采用普通物流期望收益,辅助变量与外生变量的关系由博弈双方的收益函数方程 (1)、(2)、(4)、(5) 确定,流率变量与



辅助变量的关系由博弈双方的复制动态方程(3)、(6)确定。

### 2.2 果蔬冷链零售商和消费者的 SD 模型仿真分析

由演化博弈可知,当  $R_1 > U_1$  且  $F_g + W_1 + U_1 > C_1 - C_2$  时,系统会逐渐向均衡点(1,1)演化,设定符合  $R_1 > U_1$  且  $F_g + W_1 + U_1 > C_1 - C_2$  条件的参数值  $R_1 = 10, R_2 = 6, u_1 = 4, U_2 = 2, W_1 = 8, W_2 = 4, C_1 = 2, C_2 = 1, F_g = 1$ ,  $x$  和  $y$  的初始值为(0.5, 0.5)、(0.3, 0.7)(即随机假设消费者购买冷链果蔬的概率为0.5或者0.3,零售商选择投入冷链果蔬的概率为0.5或者0.7)进行仿真,进而得到图2。此时无论  $x$  和  $y$  的初始值是多少,系统都会向(1,1)即{消费者购买冷链果蔬,零售商采用冷链物流}期望方向演化,以  $x$  和  $y$  的初始值为(0.5, 0.5)分别讨论  $R_1$ 、 $F_g$ 、 $C_1$  对系统演化结果的影响。

2.2.1 消费者购买冷链果蔬的满意值  $R_1$  对消费者演化结果的影响 设定  $R_1 = 10, 20, 30$ , 仿真得出消费者的策略演化(图3), 对比分析可知, 消费者对  $R_1$  变化反应显著,  $R_2$  值越大, 消费者向平衡点演化的速度越快, 由此可知, 消费者购买冷链果蔬的满意值越高, 消费者在一定程度上越倾向于购买冷链果蔬。

### 2.2.2 政府补贴 $F_g$ 对零售商演化结果的影响

设定  $F_g = 1, 6, 12$ , 仿真得出零售商的策略演化(图

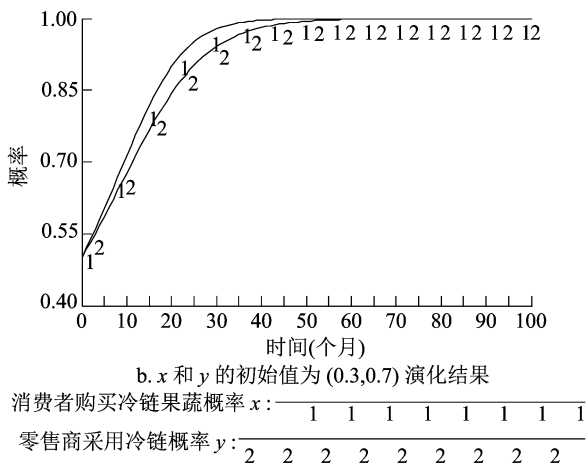
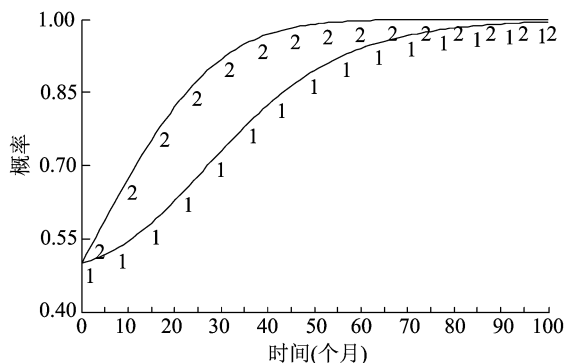
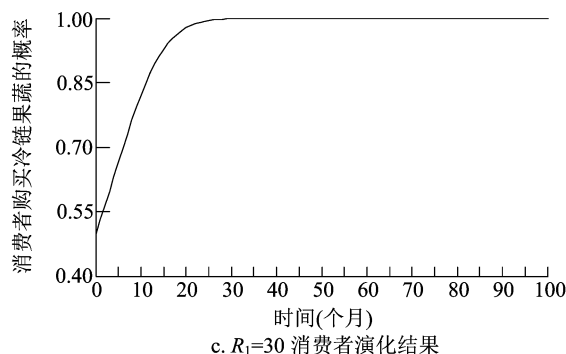
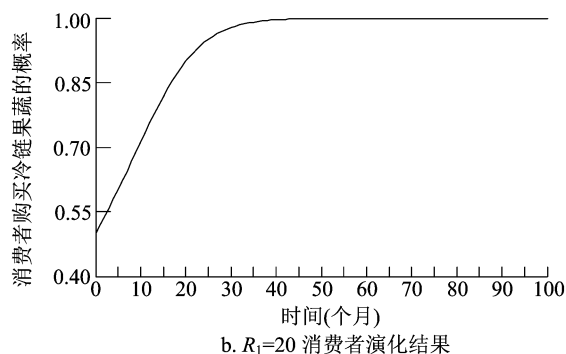
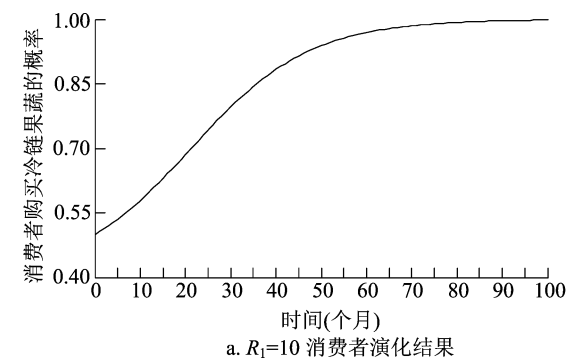
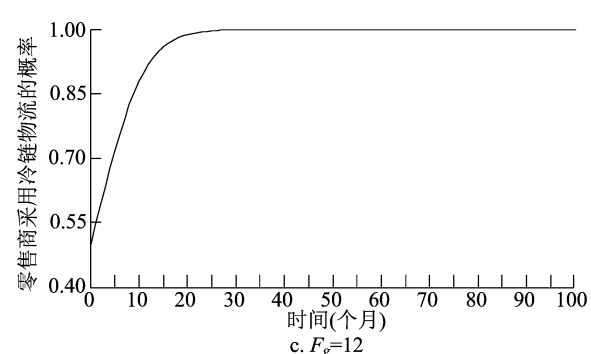
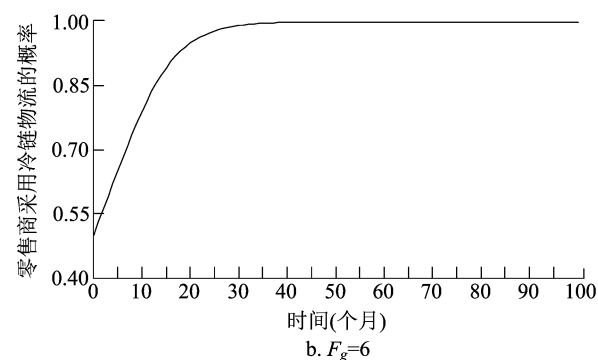
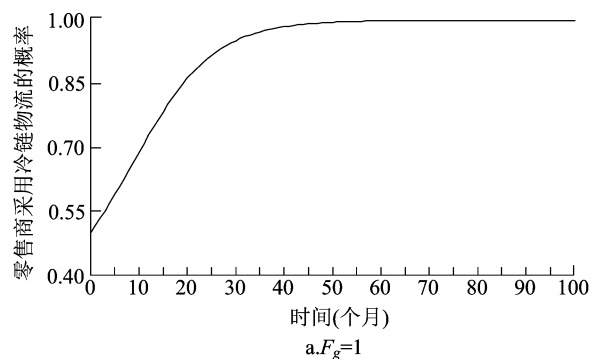


图2 满足  $R_1 > U_1$  且  $F_0 + W_1 + U_1 > C_1 - C_2$  时系统演化结果

4), 对比分析可知, 零售商对  $F_{30}$  变化反应敏感,  $F_{30}$  值越大, 零售商向平衡点演化的速度越快。由此可

图3  $R_1=10、20、30$  时消费者策略演化图4  $F_g=1、6、12$  时零售商策略演化

见,政府加大对采用冷链零售商的补贴力度,有利于零售商采用果蔬冷链局面的达成。

2.2.3 采用冷链的成本  $C_1$  对零售商演化结果的影响 设定  $C_1 = 2、5、9$ , 仿真得出零售商的策略演化(图5),对比分析可知,零售商对  $C_1$  变化反应非常敏感,  $C_1$  值越大,零售商向平衡点演化的速度越慢。由此可知,在现实社会中,降低采用果蔬冷链的成本,将会更加积极地推动零售商采用果蔬冷链的进程。

### 3 结语

#### 3.1 结论

本研究在政府对采用果蔬冷链的零售商补贴下,构建消费者和零售商之间的博弈模型,并运用系统动力学的方法进行仿真,得出以下结论:(1)当满足  $R_1 > U_1$  且  $F_g + W_1 + U_1 > C_1 - C_2$  条件时,系统会逐渐向期望均衡点(1,1),即{消费者购买冷链果

蔬,零售商采用冷链物流}的方向演化。(2)消费者对  $R_1$  反应较敏感,零售商对  $F_g、C_1$  反应较敏感,提高消费者对冷链果蔬的满意值  $R_1$ 、增大政府对采用果蔬冷链零售商的补贴  $F_g$  以及降低零售商采用果蔬冷链的成本  $C_1$  均可以在不同程度上加快演化的速度。

#### 3.2 政策建议

3.2.1 加强果蔬冷链物流宣传,扩大果蔬冷链物流市场 当前我国对于果蔬冷链物流意识还存在一些不足,使得果蔬冷链市场具有局限性。因此,应当加强果蔬冷链物流的宣传,提升政府以及相关部门对于果蔬冷链物流的重视,通过合理的补贴机制引导零售商积极采用果蔬冷链;增强消费者对于果蔬冷链物流的认知,认清在有无冷链情况下果蔬品质的差异,进而扩大果蔬冷链物流市场。

3.2.2 完善果蔬冷链信息化建设,建立消费者信任

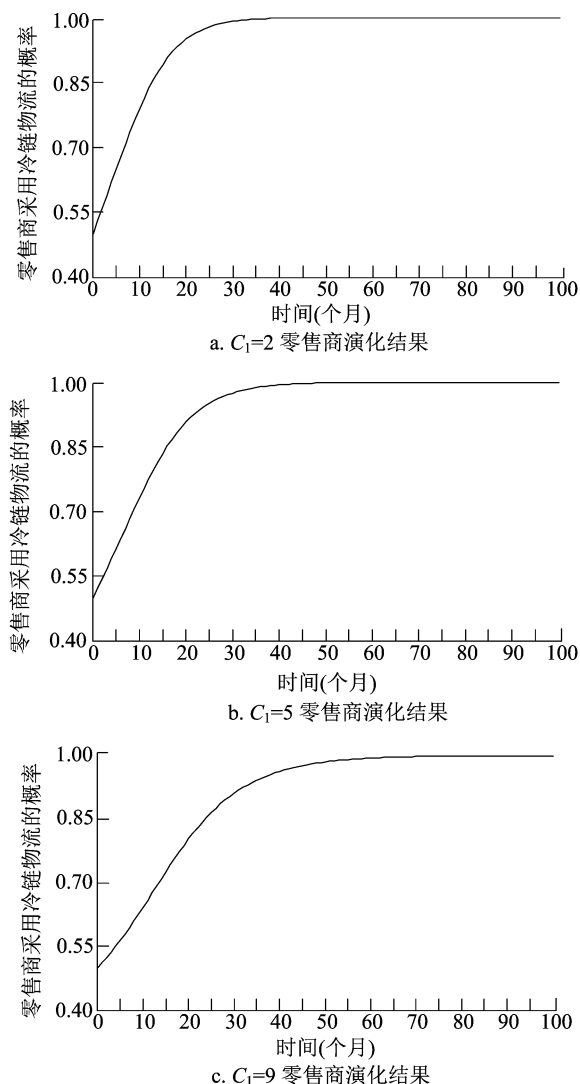


图5  $C_1=2、5、9$  时零售商策略演化

在果蔬生产、运输、储存以及销售等各项环节中,任何一个环节温度不规范都会使果蔬质量受损,且受损的品质无法逆转,如装卸时间太长、运输途中使用保温车等都会影响果蔬的质量和储存期,致使消费者对商家缺乏信任,产生怀疑,因此须要完善果蔬冷链的信息化建设,加强果蔬冷链全程监控,确保在果蔬冷链物流的各个环节都可查到记录。

### 3.2.3 提升冷链物流技术,降低果蔬冷链物流成本

提升冷链物流硬件上的技术必不可少,加强对果蔬冷链所需技术以及设备的研发,同时,也须要规划好生产地到终端的路线,减少中间环节,政府须要对配送中心等做好一定的规划和标准,降低果蔬冷链的物流成本。果蔬冷链发展是一项长期且浩

大的工程,协调各个主体的利益,需要政府、消费者及零售商等多方共同努力。

### 参考文献:

- [1] 曹锦萍,陈烨芝,孙 翠,等. 我国果蔬产地商品化技术支撑体系发展现状[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2020,46(1):1-7,16.
- [2] Yan B, Shi S, Ye B, et al. Sustainable development of the fresh agricultural products supply chain through the application of RFID technology[J]. Information Technology and Management,2015,16(1):67-78.
- [3] Jensen H H, Zhou J. Food safety regulation and private standards in China [M]//Food safety, market organization, trade and development. New York: Springer International Publishing, 2015: 167-182.
- [4] 李昌兵,汪尔晶,杨 宇. 政府监管下冷链物流资源投入的演化博弈研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版),2017,16(3): 108-118.
- [5] 杨 亚,范体军,张 磊. 新鲜度信息不对称下生鲜农产品供应链协调[J]. 中国管理科学,2016,24(9):147-155.
- [6] 蔡玲如,吴思俊,陈 双. 供应商与零售商演化博弈系统动力学模型[J]. 汕头大学学报(自然科学版),2015,30(1):53-63.
- [7] Nguyen V P, Prins C, Prodron C. Solving the two-echelon location routing problem by a GRASP reinforced by a learning process and path relinking[J]. European Journal of Operational Research,2012, 216(1):113-126.
- [8] Osvald A, Stirn L Z. A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food [J]. Journal of Food Engineering,2008,85(2):285-295.
- [9] 李 娜. 生鲜电商配送模式的瓶颈与突破——基于“最后一公里”的问题[J]. 商业经济研究,2019(4):94-96.
- [10] 戴夏静,梁承姬. 带时间窗的蓄冷式多温共配冷链配送问题研究[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2017,34(5):18-25.
- [11] 生吉萍,王健健. 冷链物流体系中果蔬产品质量安全问题与对策[J]. 食品科学技术学报,2013,31(6):10-14.
- [12] 胡 钢,李颖潇,赵 伟. 基于时间约束的跨区域冷链鲜活农产品供应链博弈分析[J]. 统计与决策,2018,34(23):49-51.
- [13] 胡 颖. 利益共享契约下农产品双渠道供应链博弈分析[J]. 商业经济研究,2018(3):156-159.
- [14] 冯 颖,吴 茜,余云龙. 双因素横向竞争下的生鲜农产品发散型供应链博弈模型[J]. 运筹与管理,2016,25(5):102-109.
- [15] 张 爽,孙绍荣,马慧民. 居民垃圾分类行为与政府收费行为的演化博弈分析[J]. 运筹与管理,2018,27(7):68-75.
- [16] 朱姝帆,桂 萍. 重大疫情下冷链应急物流协同配送决策博弈分析[J]. 中国安全生产科学技术,2020,16(6):30-36.