

doi:10.3969/j.issn.1672-0598.2026.03.009

考虑预售溢出效应的生鲜农产品供应链 广告投放决策研究*

邹筱,高尚,张中隆,杨佳宁

(湖南工业大学 经济与管理学院,湖南 株洲 412007)

摘要:面向由生鲜农产品供应商与零售商组成的二级供应链,将预售阶段溢出效应与广告投入纳入同一分析框架,分别构建集中式、分散式下的供应链决策模型并运用契约进行优化。研究表明:集中式供应链利润优于分散式,且预售价格、广告强度、保鲜努力水平更高;预售溢出效应通过促进潜在消费者转化显著提升各环节决策变量,而广告与保鲜成本系数则对其产生抑制作用;双向收益共享成本分担契约在恰当比例下能够实现供应链各主体的帕累托优化。研究揭示了广告投放与预售协同决策的内在机制,为生鲜农产品供应链优化广告资源配置、提升市场转化效率提供了理论依据。

关键词:预售模式;溢出效应;生鲜农产品供应链;广告投放;决策研究

中图分类号:F323.7;F724.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-0598(2026)03-0093-13

一、引言

生鲜农产品预售模式作为新型营销策略,本质是通过建立提前销售机制为消费者创造优先购买权,从而实现供需双方的跨期价值交换^[1-2]。该模式不仅有助于锁定需求突破易腐产品生产流通困境,还能通过折扣价格吸引先验消费者,有助于减少现售消费者的质量不确定性感知从而产生预售溢出效应。从现实情况来看,生鲜农产品预售模式成功开展的重点在于建立消费者在季节性生鲜农产品非生产周期内的有效需求认知。为此,多数预售发起方通过广告投放的方式激发消费者需求。例如:大连海产的“精准广告投放+会员制预售”、广西百色芒果的“社交媒体话题营销+预售”均取得可观效果。但预售模式的加入使生鲜农产品供应链进一步复杂化,如何平衡广告收益与成本控制制定合适的决策,如何协调各主体避免零售商无偿内化预售溢出效应的价值,从而防止利润偏离帕累托最优状态是当下生鲜农产品预售模

* 收稿日期:2025-12-01

基金项目:湖南省教育厅优秀青年项目(24B0533)“中部地区生物医药产业协同创新网络演化及鲁棒性研究”;湖南省研究生科研创新项目(CX20251677)“复杂网络视角下创新型供应链的风险定价及多周期决策研究”

作者简介:邹筱(1976—),女,湖南株洲人;博士,湖南工业大学经济与管理学院教授,主要从事供应链管理研究。

高尚(2001—),男,安徽阜阳人;湖南工业大学经济与管理学院硕士研究生,主要从事供应链决策研究。

张中隆(1999—),男,湖南长沙人;湖南工业大学经济与管理学院硕士研究生,主要从事供应链决策研究。

杨佳宁(1990—),男,黑龙江佳木斯人;博士,湖南工业大学经济与管理学院讲师,主要从事复杂网络研究。

本文引用格式:邹筱,高尚,张中隆,等.考虑预售溢出效应的生鲜农产品供应链广告投放决策研究[J].重庆工商大学学报(社会科学版),2026,43(3):93-105.

式中的重点课题。

鉴于此,本文提出如下问题:(1)预售溢出效应强度将如何影响决策?(2)供应链决策如何平衡广告成本投入与效益之间的关系?(3)在预售模式下考虑双向成本分担收益共享契约机制能否有效协调供应商与零售商的利益冲突?为解决以上问题,本文将预售期间的广告投放纳入供应商主导的二级供应链中,同时考虑预售溢出效应构建供应链博弈模型,并设计契约进行优化。本研究旨在为生鲜农产品供应商开展预售活动提供决策支持,并为考虑广告投放的供应链协调契约设计提供参考依据。

近年来,学术界对农产品预售模式展开了广泛研究。在预售决策方面,李辉等、王宣涛等^[3-4]指出预售可提前释放需求信息,从而改善企业的产销决策,进而提升供需匹配、降低库存风险,并进一步优化生产与销售决策。蒋渊和马士华^[5]以阳澄湖大闸蟹、当季水果等易逝品为典型案例,研究了易逝品预售策略的有效性。陈军和伏红勇^[6]从质量不确定的角度探讨了农产品生产商的预售决策,强调预售在优化供应链管理中的重要作用。赵帅和李文力等^[7]则基于供应商自建网店背景,讨论了生鲜农产品双渠道供应链的预售协调机制。周雄伟,李娟^[8]在价格与供给能力外生的设定下,构建了易逝品预售—现货销售的集中决策时序模型。Cho 和 Tang^[9]对比分析多种季节性产品销售策略后发现,将预售与现售进行集成的策略更具优势。随着互联网的快速发展,基于互联网平台的预售广告投放模式逐渐引起学术界的广泛关注。在预售作用方面,张华等^[10]基于农产品的季节性特征指出,消费者在预售期往往难以意识到自身对该类商品的潜在需求,通过广告投放有助于预售的成功开展。翟硕、Prasad 等和李勇建等^[11-13]认为,广告能够有效降低消费者对预售信息的认知壁垒,提升产品的市场曝光度,从而促进预售需求增长。Dost F、Yang L 等^[14-15]的研究表明,预售营销能够通过口碑效应影响消费者的购买决策,且大多数消费者认为在线评论对其购买决策具有重要影响。在农产品预售中,预售消费者的购买反馈构成质量信号传递机制,有效降低现售消费者的质量感知风险,LU D 和 WANG P^[16]对此进一步研究发现预售期投放的广告本身作为持续性信息锚点,能持续影响现售阶段消费者的选择偏好,由此得出农产品具有较强的溢出效应。结合广告合作的预售决策成为学者目前研究的重点,Wu M 等^[17]探讨了预售阶段广告预算分配与库存订购量的协同优化策略,旨在平衡广告成本与预期收益。刘蓉^[18]将预售期广告扩散效应纳入研究,对“预售期投放—现售期投放—不投放”三种情景进行了对照分析。史保莉^[19]等亦在预售模型中显式刻画广告投放对预售期市场规模的影响机制。而林宏伟、Zhang H 等^[20-21]则针对农产品预售中投入与预售收益之间的失衡提出协调策略。目前结合预售溢出效应对供应链决策的相关研究较少,仅有杨浩雄、Chen X 等^[22-23]在考虑预售溢出效应的前提下探讨了绿色产品决策,鲜有研究考虑预售溢出效应下的农产品供应链广告合作问题。

本文在生鲜农产品预售中同时考虑到预售溢出效应和广告投放对现售需求的影响。本文的创新点在于:(1)将广告投放策略与预售模式有机结合,纳入生鲜农产品供应链决策研究体系,全面分析二者的交互影响。(2)考虑生鲜农产品的特性,构建消费者评价等口碑信息对后续现售市场的影响系数。(3)通过理论分析与数值模拟,提出了针对不同市场条件下的生鲜农产品供应链广告投放与预售协同决策的优化方案。

二、问题描述与模型假设

(一) 问题描述

本文在供应商与零售商构成的二级生鲜农产品供应链结构下开展分析。其中,供应商作为博弈中的领导者,零售商作为跟随者,二者构成了 Stackelberg 博弈结构。与此同时,生鲜农产品的销售过程被划分为预售阶段与现售阶段,以便更精确地分析不同阶段的定价策略与市场需求特征。在预售阶段,生鲜供

应商确定预售价格 p_1 、广告强度 ψ ;在现售阶段,供应商根据预售效果调整产品的批发价,零售商通过投入保鲜努力水平 e ,以现售价格 p_2 销售生鲜农产品。

(二) 符号说明

决策变量及相关参数的符号说明符号如表 1 所示:

表 1 决策变量及相关参数的符号说明

符号	定义	符号	定义
π_{SC}^C	集中式供应链总利润	e	保鲜努力水平,决策变量
π_M^D	分散式供应链供应商总利润	λ	保鲜努力成本系数
π_R^D	分散式供应链零售商总利润	a_1	预售潜在市场需求量
p_1	预售价格,决策变量	a_2	现售潜在市场需求量
p_2	现售价格,决策变量	z	预售溢出效应
w	批发价格,决策变量	g	广告费用系数
ψ	广告强度,决策变量	v_0	生鲜农产品的初始新鲜度

(三) 模型假设

假设 1:本文所构建的供应链决策顺序如图 1 所示。在 Stackelberg 博弈框架下,处于主导地位的生鲜供应商率先于预售期确定预售定价 $p_1(p_1 > 0)$ 与广告投放强度 $\psi(\psi > 0)$;进入现售环节后,供应商根据前期的预售转化规模进一步确立批发价格,而作为跟随者的零售商则据此上游决策,最终给出自身的现货零售价 $p_2(p_2 > w > 0)$ 及保鲜努力水平 $e(e > 0)$ 。

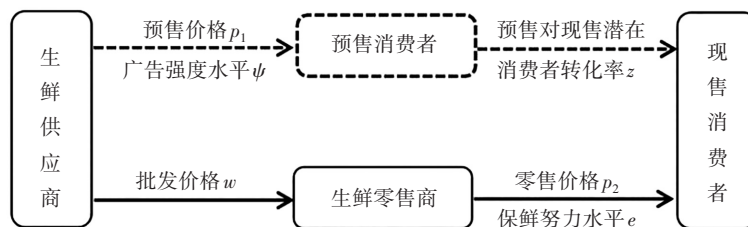


图 1 供应链结构

假设 2:考虑到预售机制在时间跨度上的超前特征^[24],消费者在此阶段的购买意愿深受前期广告营销力度的驱动。参考 Cheng Y 和 Li H^[25]的相关研究成果,前置广告宣传可有效破除市场信息壁垒,进而刺激消费者提前锁定订单。据此,设定生鲜农产品在预售期的市场需求量函数为:

$$D_1 = a_1\psi - p_1$$

该式中: a_1 为预售环节的潜在市场基础容量, ψ 为广告强度($\psi > 0$), p_1 为预售价格($p_1 > 0$)。同时,广告成本为关于广告强度 ψ 的边际递增函数,即 $C(g) = \frac{1}{2}g\psi^2$;其中, g 为广告费用系数($g > 0$), g 越大表示同一广告强度下的投放成本越高。

假设 3:区别于预售模式“短平快”的限时限量出清特征,现售阶段面临更长的货架期与更泛化的客群,因此本文将保鲜行为的考察范围严格限定于现售环节。为遏制产品品质的自然衰退,零售商施加水平为 $e(e > 0)$ 的保鲜干预,使最终送达终端的商品鲜度维持在 $v_e = v_0e$ (其中 v_0 为生鲜农产品的初始新鲜度)。该保鲜举措将引发呈凸函数递增的资金消耗,记成本函数为 $C(e) = \frac{1}{2}\lambda e^2$,其中 λ 为保鲜努力成

本系数,代表保鲜努力水平对成本的影响,且 $\lambda > 0$,其取值越高,意味着零售商达成同等保鲜成效所面临的财务壁垒越大。鉴于生鲜产品的特性及市场规律,预售阶段通常凭借限时优惠与限量供应等策略吸引消费者提前下单,故而销售周期较短;与之相对,现售阶段需满足更为广泛的市场需求,涵盖未参与预售的消费者群体,因此销售周期较长,故本文只在现售阶段考虑保鲜。

假设 4:在现售阶段,受到产品保鲜水平 e 和预售规模的影响预售溢出效应 z 即生鲜供应商在预售阶段所采取的市场推广等活动,不仅能够促进预售产品的销售,还会对现售阶段的市场需求产生积极的推动作用。潜在消费者数量的增加主要受到供应商广告投入以及预售-现售消费者转化效应的双重影响,得生鲜农产品的现售规模表达式为:

$$D_2 = a_2 - p_2 + z(a_1\psi - p_1) + v_0e$$

式中: a_2 为生鲜农产品的现售潜在市场需求量, z 为预售溢出效应($z > 0$), p_2 为现售价格($p_2 > 0$)。

假设 5:生鲜农产品的生产成本、流通成本不是本文考虑的重点,简化为零^[26]。

三、生鲜农产品供应链基本决策模型

(一) 集中式供应链决策

在集中决策模型(C)中,假设供应商和零售商是同一家集团公司的不同部门,为了使集团公司利益最大化,只需要决策预售价格 p_1 、现售价格 p_2 、广告强度 ψ 以及保鲜努力水平 e ,无需考虑批发价格 w 。则供应链总利润为:

$$\pi_{sc}^c = D_1p_1 + D_2p_2 - \frac{1}{2}\lambda e^2 - \frac{1}{2}g\psi^2 = \frac{1}{2}(-e^2\lambda - g\psi^2) - p_1^2 - zp_1p_2 + \psi a_1(p_1 + zp_2) + p_2(a_2 - p_2 + ev_0) \quad (1)$$

基于式(1)并采用逆向归纳,可分别验证目标函数关于现售价格和保鲜努力水平与批发价格、预售价格以及广告强度的联合凹性。为确保均衡解的可行性并保证最优解存在,进一步给出 Hessian 矩阵如下:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial e^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial e \partial p_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial e \partial \psi} & \frac{\partial^2 f}{\partial e \partial p_2} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial p_1 \partial e} & \frac{\partial^2 f}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial p_1 \partial \psi} & \frac{\partial^2 f}{\partial p_1 \partial p_2} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial \psi \partial e} & \frac{\partial^2 f}{\partial \psi \partial p_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial \psi^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial \psi \partial p_2} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial p_2 \partial e} & \frac{\partial^2 f}{\partial p_2 \partial p_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial p_2 \partial \psi} & \frac{\partial^2 f}{\partial p_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda & 0 & 0 & v_0 \\ 0 & -2 & a_1 & -z \\ 0 & a_1 & -g & a_1z \\ v_0 & -z & a_1z & -2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

根据 Sylvester 判别准则,由各阶主子式的符号可判定 π_{sc}^c 的 Hessian 矩阵负定,因此,目标函数是关于 p_1 、 p_2 、 e 、 ψ 的凹函数,从而全局最优解存在且唯一。

定理 1 在集中式决策场景中,系统为追求整体利润最大化,所求解出的最优决策变量分别为:

$$p_1^{c*} = \frac{z\lambda(g - a_1^2)a_2}{g(-4 + z^2)\lambda + 2gv_0^2 + a_1^2(2\lambda - v_0^2)} \quad (3)$$

$$\psi^{c*} = -\frac{z\lambda a_1 a_2}{g(-4 + z^2)\lambda + 2gv_0^2 + a_1^2(2\lambda - v_0^2)} \quad (4)$$

$$p_2^{c*} = \frac{\lambda(-2g+a_1^2)a_2}{g(-4+z^2)\lambda+2gv_0^2+a_1^2(2\lambda-v_0^2)} \quad (5)$$

$$e^{c*} = \frac{(-2g+a_1^2)a_2v_0}{g(-4+z^2)\lambda+2gv_0^2+a_1^2(2\lambda-v_0^2)} \quad (6)$$

进一步将上述均衡解(3)至(6)代回初始目标函数(1)中进行化简,即可推导出集中式供应链决策下的最优系统利润为:

$$\pi_{sc}^{c*} = \frac{\lambda(-2g+a_1^2)a_2^2}{2g(-4+z^2)\lambda+4gv_0^2+a_1^2(4\lambda-2v_0^2)} \quad (7)$$

为确保最优解的可行性, $0 < z < \sqrt{2}$ 、 $-\frac{2a_1^2}{-4+z^2} < g < a_1^2$ 、 $\lambda > \frac{-2gv_0^2+a_1^2v_0^2}{-4g+gz^2+2a_1^2}$

(二) 分散式供应链决策模型

在分散决策情形下,供需双方按 Stackelberg 时序博弈:处于领导地位的供应商率先确定批发定价、预售标价及广告投放强度;随后,作为跟随者的零售商在观测到上述上游信号后,制定现货售价与保鲜投入水平。为求得此两阶段动态博弈的均衡解,本文将运用逆向归纳法展开逐步推导。

零售商与供应商的利润函数分别表示为:

$$\pi_R^D = (p_2 - w)D_2 - \frac{1}{2}\lambda e^2 = (p_2 - w)(z\psi a_1 + a_2 - zp_1 - p_2 + ev_0) - \frac{1}{2}e^2\lambda \quad (8)$$

$$\pi_M^D = wD_2 + p_1D_1 - \frac{1}{2}g\psi^2 = wa_2 - wzp_1 - p_1^2 + \psi a_1(wz + p_1) - wp_2 + ewv_0 - \frac{1}{2}g\psi^2 \quad (9)$$

为了使 π_R^D 和 π_M^D 实现最大化,采用逆向归纳法求解分散决策均衡。由二阶充分条件可知, π_M^D 关于现货价格 p_2 和保鲜努力水平的联合凹性及 π_M^D 关于批发价格 w 、预售价格 p_1 以及广告强度 ψ 的联合凹性,因此最优反应函数与均衡解均存在且唯一,进而得到定理 2。

定理 2 (I) 在分散决策情形下,供应商与零售商的最优决策策略分别为:

$$p_1^{D*} = \frac{z\lambda^2(g-a_1^2)a_2}{a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4)} \quad (10)$$

$$\psi^{D*} = -\frac{z\lambda^2 a_1 a_2}{a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4)} \quad (11)$$

$$w^{D*} = \frac{2\lambda^2(-2g+a_1^2)a_2}{a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4)} \quad (12)$$

$$p_2^{D*} = -\frac{\lambda(2g-a_1^2)a_2(3\lambda+2v_0^2)}{a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4)} \quad (13)$$

$$e^{D*} = -\frac{(2g-a_1^2)a_2v_0(\lambda+2v_0^2)}{a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4)} \quad (14)$$

(II) 将最优决策代入利润函数,可得零售商与供应商的最优利润分别为:

$$\pi_R^{D*} = \frac{\lambda(-2g+a_1^2)^2 a_2^2 (2\lambda - v_0^2) (\lambda + 2v_0^2)^2}{2(a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4))^2} \quad (15)$$

$$\pi_M^{D*} = -\frac{\lambda^3(2g-a_1^2)a_2^2(g(-8+z^2)\lambda+4\lambda a_1^2+8(-2g+a_1^2)v_0^2)}{2(a_1^2(4\lambda^2+3\lambda v_0^2-2v_0^4)+g((-8+z^2)\lambda^2-6\lambda v_0^2+4v_0^4))^2} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \text{命题 1} \quad & \text{(I) } \frac{\partial \pi_R^{D^*}}{\partial z} > 0, \frac{\partial^2 \pi_R^{D^*}}{\partial z^2} > 0, \frac{\partial \pi_R^{D^*}}{\partial g} < 0, \frac{\partial^2 \pi_R^{D^*}}{\partial g^2} > 0; \\ & \text{(II) } \frac{\partial \pi_M^{D^*}}{\partial z} > 0, \frac{\partial^2 \pi_M^{D^*}}{\partial z^2} > 0, \frac{\partial \pi_M^{D^*}}{\partial g} < 0, \frac{\partial^2 \pi_M^{D^*}}{\partial g^2} > 0; \end{aligned}$$

由命题 1 可知,预售溢出效应 z 反映预售消费者转化为实际购买者的比例。当 z 增大,一方面,更多潜在消费者在预售阶段被吸引并转化为实际购买者,直接提升销售量,在成本稳定的情况下销售收入增加,供应商与零售商的利润上升。同时,随着 z 持续提升,利润增长速度加快,如何提升消费者转化为实际购买者的比例是预售成功与否的关键因素。而广告费用系数 g 衡量广告费用相关成本水平,当 g 增大,供应商投入更多资金用于广告宣传,在销售收入未同步大幅增长时,额外成本直接压缩利润空间,致使供应商与零售商的利润降低。同时,广告成本具有边际递增特性,随着 g 不断提高,获取广告资源成本上升,市场对广告边际敏感度递减,广告效果减弱,且零售商应对成本压力的资源调整空间有限,使得利润下降速度随 g 增大而加速,供应商应当考虑广告投入产出比,选择合适的广告投放模式。

$$\begin{aligned} \text{命题 2} \quad & \text{(I) } \frac{\partial p_1^{D^*}}{\partial z} > 0, \frac{\partial \psi^{D^*}}{\partial z} > 0, \frac{\partial w^{D^*}}{\partial z} > 0, \frac{\partial p_2^{D^*}}{\partial z} > 0, \frac{\partial e^{D^*}}{\partial z} > 0 \\ & \text{(II) } \frac{\partial p_1^{D^*}}{\partial g} < 0, \frac{\partial \psi^{D^*}}{\partial g} < 0, \frac{\partial w^{D^*}}{\partial g} < 0, \frac{\partial p_2^{D^*}}{\partial g} < 0, \frac{\partial e^{D^*}}{\partial g} < 0 \end{aligned}$$

命题 2(I) 揭示了预售溢出效应 z 对系统各环节决策变量的全局正向激励作用。伴随预售溢出效应 z 值的增加,产品口碑发酵与潜在客群转化率双双攀升。在此情境下,提价带来的边际收益足以覆盖需求流失风险,促使主导供应商上调预售定价并追加广告投资以放大营销杠杆;同时,凭借话语权优势,供应商亦会拉升批发标价。受上游提价与现售潜客扩容的双重驱动,下游零售商必然通过升级保鲜干预力度与抬高现货售价来消化进货成本并锁定利润空间。

相反,命题 2(II) 表明广告费用系数 g 的全局抑制效应。当 g 增大时,营销资金的边际产出效率被严重削弱。迫于直接的成本挤压,供应商不得不采取保守防守策略:一方面主动削减广告量并下探预售单价以稳固客源盘;另一方面,为保障现售阶段的整体收益,其只能妥协性地压低批发价向终端让利。零售商在接收到上游的降本信号与利润空间压缩后,亦会被动调降终端零售价并缩减保鲜投入,以此实现整个供应链在成本高企下的内部再平衡。

$$\begin{aligned} \text{命题 3} \quad & \text{当 } \lambda > \frac{4v_0^2}{3}, 0 < z < \sqrt{\frac{4\lambda^2 + 3\lambda v_0^2 - 2v_0^4}{\lambda^2}}, g > \frac{-4\lambda^2 a_1^2 - 3\lambda a_1^2 v_0^2 + 2a_1^2 v_0^4}{-8\lambda^2 + z^2 \lambda^2 - 6\lambda v_0^2 + 4v_0^4} \text{ 时, } \frac{\partial p_1^{D^*}}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p_1^{D^*}}{\partial v_0} < 0, \frac{\partial \psi^{D^*}}{\partial \lambda} < 0, \\ & \frac{\partial \psi^{D^*}}{\partial v_0} < 0; \text{反之,则正相关。} \end{aligned}$$

命题 3 表明最优预售价与广告营销力度的多变量耦合特征。只有在系统陷入“高保鲜成本、高营销负担且客流转化疲软”的极端约束下,预售定价与广告投入才会与初始鲜度及保鲜成本系数呈现负向联动。究其原因,双重成本重压叠加市场转化瓶颈,迫使企业放弃激进扩张,转而以削减营销开支和降价让利来保守度日。一旦脱离上述苛刻阈值,各变量间将恢复正向协同,赋予企业更充裕的调价与宣发空间。

基于此,可提炼出针对性的企业运营指引:管理层应摒弃单线程的成本削减思维。例如,在面临高昂的保鲜资金消耗时,盲目克扣该项预算势必反噬产品口碑与终端吸引力,需在成本与市场反馈间精细博弈。更为关键的破局点在于前置市场培育——通过精准导流激活并放大预售溢出效应,可有效对冲后期高企的广告财务压力。供应链各方必须建立全局视阈,依据多维参数的动态演化轨迹,适时校准预售价

与广告杠杆,从而夯实利润增长的底层逻辑。

(三) 集中式与分散式供应链决策的比较

命题4 (I) 集中式供应链的最优利润优于分散式供应链,即: $\pi_{SC}^{C*} > \pi_{SC}^{D*} = \pi_R^{D*} + \pi_M^{D*}$;

(II) 集中式供应链的最优预售价格、广告强度、保鲜努力水平大于分散式供应链,即: $p_1^{C*} > p_1^{D*}$ 、 $\psi^{C*} > \psi^{D*}$ 、 $e^{C*} > e^{D*}$;

(III) 当 $\lambda > v_0^2$ 、 $0 < z < \sqrt{-1 + \frac{2\lambda}{\lambda + v_0^2}}$ 、 $g > \frac{a_1^2(-\lambda + v_0^2)}{(-2 + z^2)\lambda + (2 + z^2)v_0^2}$ 同时成立时 $p_2^{D*} > p_2^{C*}$, 反之则 $p_2^{D*} < p_2^{C*}$ 。

命题4表明集中式决策在破除“双重边际效应”方面的显著优势。在一体化决策框架内,上下游间的批发加价机制被瓦解,系统彻底消除了因个体理性导致的内部摩擦损耗。免除了高昂批发成本的挤压后,下游零售端具备更为充裕的资金池来强化保鲜干预,进而拓展现货市场的需求盘;同理,上游供应端也将广告宣发的正向外部性完全内部化,在全局利润最大化的驱动下,其营销投入与预售定价策略均表现出更强的扩张性。这种“高投入—高溢价—大市场”的良性循环,最终促成了系统总利润的绝对占优。同时由(III)可知,不同于预售价格策略,在部分情况下分散决策的最优现售价格高于集中决策的最优现售价格。

四、供应链协调契约设计

供应商在预售阶段投入广告,广告通过预售溢出效应扩大现售阶段潜在需求,使零售商在现售端部分内化增量收益,因此供应商倾向于促使零售商分担部分广告成本。与此同时,零售商在现售阶段选择保鲜努力水平,保鲜投入提升产品新鲜度与消费体验并扩大现售需求,对供应链整体收益形成正向外部性,因此零售商倾向于要求供应商分担部分保鲜成本,以激励其保鲜投入。

假设6:参考Cai X等研究^[27],设零售商对保鲜成本与广告投放成本按比例分担,零售商承担份额为 $1-x$,其中 $0 < x < 1$ 。经过检验,仅采用“双向成本分担”难以同时实现供应链协调与成员收益的同步改善。因此,本文引入“收益共享—成本分担”契约以实现协调与激励兼容。

假设7:在双向收益共享成本分担模式下,供应商实施代销模式,使得此时批发价格 $w = 0$;在产品销售完成后,零售商将向供应商返还 $x(0 < x < 1)$ 比例的销售收入作为补偿,从而实现收益共享并强化双方的协调激励。

由此可得在该契约下供需双方的利润函数为:

$$\pi_M^T = xp_2D_2 + xp_1D_1 - \frac{1}{2}xg\psi^2 - \frac{1}{2}x\lambda e^2 \quad (17)$$

$$\pi_R^T = ((1-x)p_2)D_2 + (1-x)p_1D_1 - \frac{1}{2}(1-x)g\psi^2 - \frac{1}{2}(1-x)\lambda e^2 \quad (18)$$

为达成生鲜农产品供应链各主体间的共识,在该协同契约条件下,分散式供应链决策所有决策将与集中式供应链决策保持一致,由此可得定理3。

定理3 (I) 协调供应链决策下,预售价格 p_1 和广告强度 ψ ,以及零售商的现售价格 p_2 与保鲜努力水平 e 的最优决策分别为:

$$p_1^{T*} = \frac{z\lambda(g-a_1^2)a_2}{g(-4+z^2)\lambda+2gv_0^2+a_1^2(2\lambda-v_0^2)} \quad (19)$$

$$\psi^{T*} = \frac{z\lambda a_1 a_2}{g(-4+z^2)\lambda+2gv_0^2+a_1^2(2\lambda-v_0^2)} \quad (20)$$

$$p_2^{T*} = \frac{\lambda(-2g+a_1^2)a_2}{g(-4+z^2)\lambda+2gv_0^2+a_1^2(2\lambda-v_0^2)} \quad (21)$$

$$e^{T*} = \frac{(-2g+a_1^2)a_2 v_0}{g(-4+z^2)\lambda+2gv_0^2+a_1^2(2\lambda-v_0^2)} \quad (22)$$

(II) 协调后该供应链中供应商与销售商的最优利润分别为:

$$\pi_M^{T*} = \frac{x\lambda(-2g+a_1^2)a_2^2}{2g(-4+z^2)\lambda+4gv_0^2+a_1^2(4\lambda-2v_0^2)} \quad (23)$$

$$\pi_R^{T*} = \frac{(-1+x)\lambda(2g-a_1^2)a_2^2}{2g(-4+z^2)\lambda+4gv_0^2+a_1^2(4\lambda-2v_0^2)} \quad (24)$$

命题 5 在“双向收益共享成本分摊契约”协同下,存在 $0 < x_1 < x_2 < 1$, 当 $x \in (x_1, x_2)$ 时, 存在 $\pi_M^{T*} > \pi_M^{D*}$ 、 $\pi_R^{T*} > \pi_R^{D*}$, 即该生鲜供应链各主体间可实现帕累托优化, 从而使供应链各主体实现价值共创。

五、算例分析

为直观揭示保鲜努力成本弹性, 保鲜努力成本系数 λ 、广告费用系数 g 、预售潜在市场需求量 a_1 、预售溢出效应 z 等关键外生变量对系统各方策略选择与收益分配的扰动规律, 本节借助 MATLAB 进行数值仿真。借鉴 Yenipazarli A 等^[28] 文章的参数标定逻辑并贴合生鲜行业现实情境, 经严密测算验证后, 确立基准参数赋值为: $g=0.2, \lambda=2, v_0=1, a_1=0.5, a_2=1$ 。

(一) 考虑预售溢出效应对预售价格、现售价格、广告强度与保鲜努力的影响

图 2 所示, 当预售溢出效应参数 z 在 $[0, 1]$ 区间内单调递增时, 系统各项最优决策变量的演化路径进一步验证了前文命题 2(I) 的理论推导。观察图形可知, 各核心变量对 z 的边际响应强度存在明显异质性。具体而言, 预售定价与保鲜水平虽呈正向增长, 但整体曲线走势相对平缓, 缺乏弹性; 反观现货标价与广告营销强度, 二者不仅随 z 严格递增, 且呈现出显著的非线性加速攀升特征(即在 z 的高值区增幅急剧放大)。这一现象提示管理者, 在应对预售转化率波动时, 终端现售价与广告预算具备更广阔的动态调节空间, 而对预售价和保鲜标准的干预则需采取更为保守稳健的微调策略。

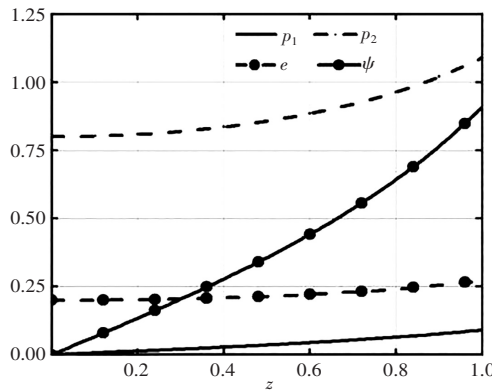


图 2 预售溢出效应对预售价格、现售价格、广告强度与保鲜努力的影响

(二) 考虑保鲜努力成本系数和初始新鲜度对广告强度的影响

围绕预售溢出效应 z 设置三组数据(0.4、0.5、0.6),旨在探究不同 z 取值下,保鲜努力成本系数和初始新鲜度对广告强度的影响。通过设置 z 不同值,可对比分析在消费者转化情况变化时,广告强度如何响应,了解 z 与其他因素的交互作用,使研究结论更全面、可靠,为供应链决策中广告策略制定提供更具针对性的参考。

图3中聚焦于探究保鲜努力成本系数 λ 和初始新鲜度对广告强度的影响,通过围绕预售溢出效应 z 设置三组数据(0.4、0.5、0.6)来展开研究。从图中可以观察到一个共性特征:在以初始新鲜度 v_0 为横轴的左侧图表中,当 z 分别取0.4、0.5、0.6时,广告强度随初始新鲜度、保鲜努力成本系数的变大均呈现出先下降后上升的趋势。这种趋势反映出在不同的消费者转化情况(由预售溢出效应 z 的不同取值代表)下,初始新鲜度对广告强度的影响并非简单的线性关系,仿真与命题3结论一致。同时广告强度随初始新鲜度的变化率在上升阶段更为剧烈,随 λ 的变化率则与之相反。

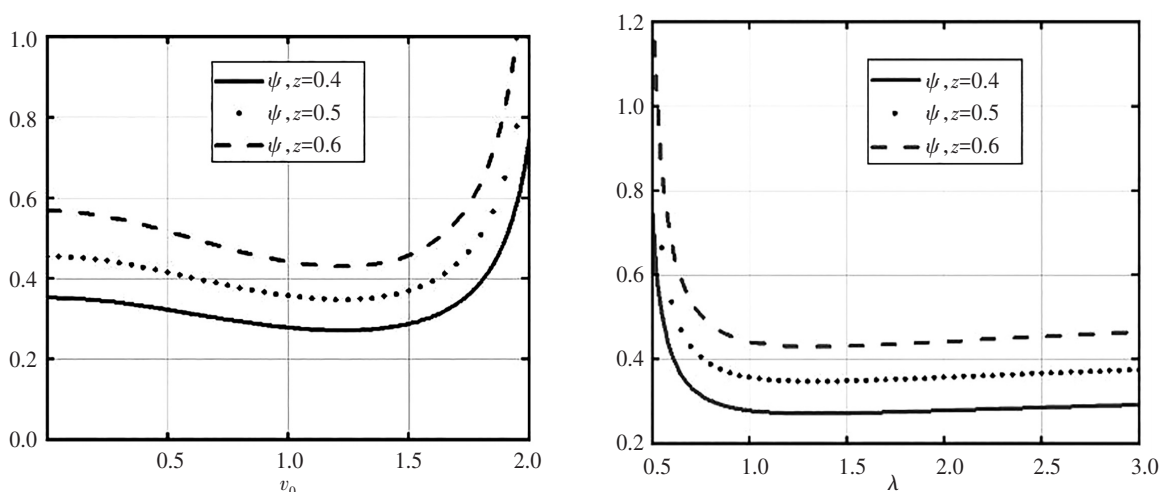


图3 保鲜努力成本系数和初始新鲜度对广告强度的影响

(三) 考虑预售溢出效应、预售规模、保鲜成本系数、广告费用系数对供应商、零售商利润的影响

图4呈现了利润随预售规模的变化。随着预售规模从0逐渐增大到0.6,供应商利润和零售商利润均呈上升趋势,但供应商利润的上升幅度明显大于零售商利润。这使得两者的利润差逐渐增大,说明预售规模变化过程中,供应商相对零售商能获取更多的利润增长。右上角图表显示利润随广告费用系数 g 的变化。随着 g 从0.15增加到0.24,供应商利润和零售商利润均呈现下降趋势,且零售商利润的下降幅度大于供应商利润。因此,利润差在这一过程中逐渐减小,表明广告费用系数的增加对零售商利润的负面影响更大,使得零售商与供应商之间的利润差距缩小。左下角图表呈现利润随保鲜努力成本系数的变化。当保鲜努力成本系数从1增大到3时,供应商利润和零售商利润均下降,且零售商利润下降幅度相对较大,这导致利润差同样逐渐减小。意味着保鲜努力成本系数的增加对零售商利润冲击更为显著,进而影响了两者的利润差距。右下角图表展示利润随预售溢出效应 z 的变化。随着 z 从0增加到1,供应商利润和零售商利润均上升,且供应商利润的增长幅度大于零售商利润,利润差逐渐增大。说明预售溢出效应的提高,使得供应商在利润增长方面更具优势,从而拉大了与零售商的利润差距。

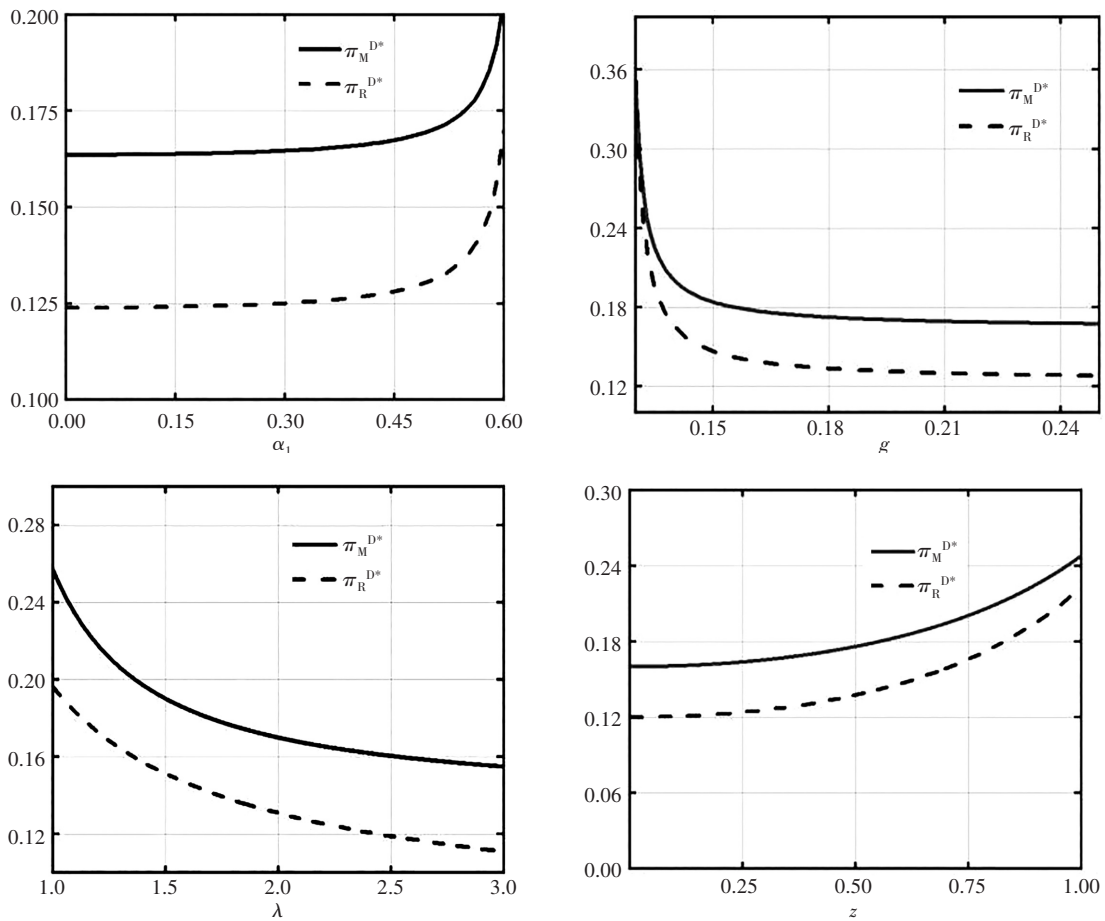


图 4 预售溢出效应、预售规模、保鲜成本系数、广告费用系数对供应商、零售商利润的影响

(四) 契约决策对比

本节考虑到在双向收益共享成本共担的契约下,共享共担系数由供应商和零售商共同决定,设 $x \in (0,1)$ 对各参数在此范围内的变化进行仿真。由图 5 知,收益共享系数 x 增大将提高供应商利润,而零售商利润随之呈递减趋势,表明契约参数在双方收益分配之间存在权衡。因此,仅当收益共享比例 x 处于某一水平时,即 $x \in (x_1, x_2)$, 其中 $x_1 = 0.3, x_2 = 0.72$ 时,供应商与零售商利润相较协同前均实现改进,从而满足帕累托改进条件。

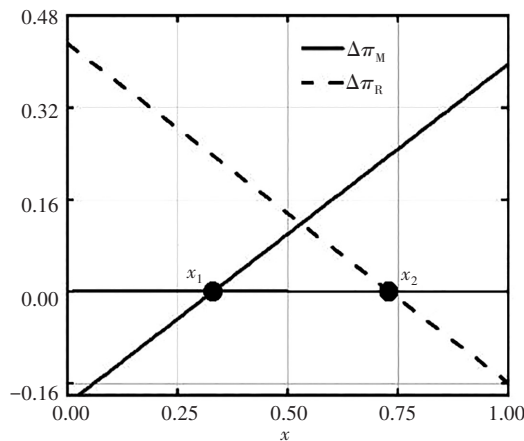


图 5 协调前后利润对比

通过图6可得如下结论:①在广告费用系数的取值范围内,契约协同后的预售价格、广告强度与保鲜努力水平均高于协同前,说明该协同契约能够增强供应链成员的投入激励并提升整体运营强度。②现售价格对广告费用系数的响应存在阈值效应:当广告费用系数较低时,协同后现售价格高于协同前;当该系数超过某一临界水平后,协同后现售价格反而低于协同前,表明高广告成本条件下协同策略更倾向于通过价格调整以缓解成本挤压。③在预售溢出效应的取值范围内,协同后的预售价格、广告强度与保鲜努力水平均高于协同前,进一步表明契约协同可将预售外溢收益内部化,从而强化成员的积极决策。④现售价格对预售溢出效应同样呈现阶段性特征:当预售溢出效应较低时,协同后现售价格低于协同前;当溢出效应超过临界值后,协同后现售价格转而高于协同前,说明溢出效应增强会提升协同情形下的最优定价空间。

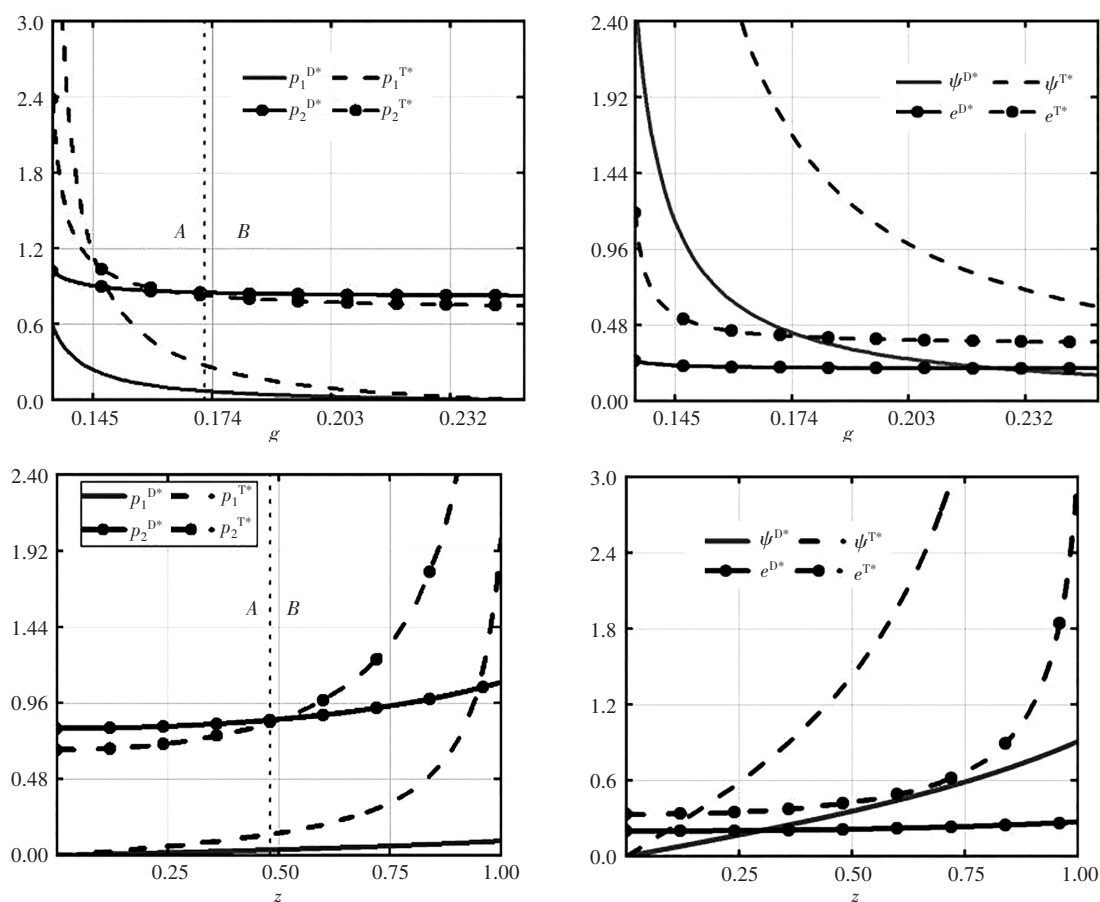


图6 协调前后决策对比

六、结论与对策建议

聚焦于由单一供应商与零售商构筑的二级供应链系统,本文系统构建了集中式、分散式及双向收益共享成本分担契约下的3种决策模型。通过求解得到3种情形下供应链成员的最优预售价格、广告强度、批发价格、现售价格及保鲜努力水平;并进一步通过敏感性分析与对比分析,得到主要参数对最优结果的影响。由此,得到主要结论如下:

1. 集中式决策模式下,供应链整体利润优于分散式。集中式决策时,在预售价格设定、广告投入强度以及保鲜努力水平上都高于分散式,仅当现售价格在特定条件下,分散式决策高于集中式。
2. 预售溢出效应增强可同步提升预售定价、广告投入、批发/现售价格及保鲜水平,而广告与保鲜成

本系数上升则产生抑制作用,这表明市场转化效率与成本控制是供应链决策的核心驱动因素。随着预售溢出效应提升,供应商利润增速显著高于零售商;当广告或保鲜成本增加时,零售商利润下滑幅度更大,这种非对称影响持续重塑供应链成员间的利益分配格局,凸显参数调节对价值链管控的战略价值。

3. 双向收益共享成本分担契约的作用:双向收益共享成本分担契约在协调供应链成员利益方面发挥重要作用。在合理的收益共享比例下,能够实现供应链各主体的帕累托优化,促进价值共创,使分散式供应链决策接近集中式决策的最优效果,提升供应链整体竞争力。

4. 决策变量对参数变化的响应呈现显著异质性。广告强度与现售价格对预售溢出效应存在非线性响应,而预售价格和保鲜努力水平敏感性较弱,需实施差异化调控策略。

5. 最优预售价与广告强度受保鲜成本、初始新鲜度等多参数阈值效应支配。特定参数组合下,二者随保鲜成本系数或初始新鲜度的提升而下降,企业需采取降价及缩减广告策略;其余场景则维持正向联动,凸显多因素耦合决策的必要性。

未来研究可在以下方面进行深入探讨:1. 可以考虑引入其他契约合同;2. 目前研究中对消费者行为的刻画相对静态,后续研究可深入挖掘消费者行为的动态变化;3. 分析消费者在不同营销阶段(如预售初期、中期、后期以及现售阶段)的购买决策差异,以及消费者对广告内容、形式和投放渠道偏好的动态演变。

参考文献:

- [1] Fay S, Xie J. The economics of buyer uncertainty: advance selling vs. probabilistic selling[J]. *Marketing Science*, 2010(6):1040-1057.
- [2] Cachon G P, Feldman P. Is advance selling desirable with competition? [J]. *Marketing Science*, 2017(2):214-231.
- [3] 李辉,齐二石. 基于市场规模不确定条件下的销售商预售策略研究[J]. *中国管理科学*, 2017(2):50-56.
- [4] 王宣涛,周国林,张玉林. 考虑策略型消费者损失厌恶下的新产品预售与退货策略研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2019(6):1479-1486.
- [5] 蒋渊,马士华. 考虑预售和质量披露的易逝品供应链销售策略研究[J]. *工业工程与管理*, 2018(2):85-97.
- [6] 陈军,伏红勇. 质量不确定下农产品生产商预售策略研究[J]. *工业工程与管理*, 2020(2):101-108.
- [7] 赵帅,李文立,曹晓宁,等. 预售模式下的生鲜农产品双渠道供应链协调机制[J]. *管理工程学报*, 2021(4):162-177.
- [8] 周雄伟,李娟. 预售环境下考虑消费者时间偏好的定价与订货策略[J]. *铁道科学与工程学报*, 2020(1):239-249.
- [9] Cho S H, Tang C S. Advance selling in a supply chain under uncertain supply and demand[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2013(2):305-319.
- [10] 张华,李莉,何向,等. 预售策略下销售商定价与广告投放决策[J]. *中国管理科学*, 2024(2):231-241.
- [11] 翟硕,华国伟,郑大昭,等. 考虑估值不确定和搜索成本的预售决策研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2016(12):3059-3068.
- [12] Prasad A, Steche K E, Zhao X. Advance selling by a newsvendor retailer[J]. *Production and Operations Management*, 2011(1):129-142.
- [13] 李勇建,许磊,杨晓丽. 产品预售、退货策略和消费者无缺陷退货行为[J]. *南开管理评论*, 2012(5):105-113.
- [14] Dost F, Phielers U, Haenlein M, et al. Seeding as part of the marketing mix: Word-of-Mouth Program interactions for fast moving consumer goods[J]. *Journal of Marketing*, 2019(2):62-81.
- [15] Yang L. Double-edged effects of pricing on diffusion of green products[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022(20):359.
- [16] Lu D, Wang P. Dynamic pricing for new experience products in pre-sale mode with social learning[J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2024(76):103569.
- [17] Wu M, Zhu S X, Teunter R H. Advance selling and advertising: a newsvendor framework[J]. *Decision Sciences*, 2021(1):182-215.
- [18] 刘蓉. 预售模式下基于扩散效应的广告与定价决策研究[J]. *综合运输*, 2022(3):108-113.

- [19] 史保莉,徐琪,孙中苗. 广告投入和退货期限影响下零售商的预售及退货策略研究[J]. 运筹与管理,2023(6):166-171.
- [20] 林宏伟,邵培基,余步雷. 基于风险规避的网络广告两阶段收益定价模型[J]. 系统工程学报,2013(3):327-337.
- [21] Zhang H, Xu H, Pu X. Comparisons of pre-sale strategies for a fresh agri-product supply chain with service effort[J]. Agriculture, 2020(8):324.
- [22] 杨浩雄,陈欣冉,石伟,等. 预售模式下考虑零售商公平关切的绿色产品供应链决策研究[J]. 中国管理科学,2025(10):282-292.
- [23] Yang H, Chen X, Li L, et al. Supply chain decision-making of green products considering a retailer's fairness concerns under a pre-sale model[J]. Journal Of Cleaner Production, 2023(15):1-11.
- [24] Liang S, Chu Y, Zhang M, et al. The influence of promotion mode of green products on sharing intention[J]. Journal of Cleaner Production, 2022(364):132633.
- [25] Cheng Y, Li H, Thorstenson A. Advance selling with double marketing efforts in a newsvendor framework[J]. Computers & Industrial Engineering, 2018(118):352-365.
- [26] 吴爽,李波,李嫣然. 双渠道生鲜农产品供应链中零售商的预售决策[J]. 系统工程学报,2023(3):372-394.
- [27] Cai X, Chen J, Xiao Y, et al. Optimization and coordination of fresh product supply chains with freshness-keeping effort [J]. Production and Operations Management, 2010(3):261-278.
- [28] Yenipazarlia. Strategic incentives for comparative advertising investments in non-zero-sum competition and economic consequences[J]. European Journal of Operational Research, 2024(3):1059-1073.

Advertisement Placement Decisions in the Fresh Agricultural Product Supply Chain Considering the Spillover Effect of Presales

ZOU Xiao, GAO Shang, ZHANG Zhonglong, YANG Jianing

(School of Economics and Management, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, Hunan, China)

Abstract: Focusing on a two-echelon supply chain consisting of a fresh agricultural product supplier and a retailer, this study integrates presale spillover effects and advertising investment into a unified analytical framework. It constructs supply chain decision-making models under centralized and decentralized scenarios, respectively, and employs contracts for optimization. The findings are as follows. The profit of the centralized supply chain is superior to that of the decentralized one, with higher presale prices, advertising intensity, and fresh-keeping effort levels. The presale spillover effect significantly increases the levels of decision variables across all stages by facilitating the conversion of potential consumers, whereas the cost coefficients of advertising and freshness preservation exert an inhibitory effect on these variables. A two-way revenue-sharing and cost-sharing contract can achieve Pareto optimization for all parties in the supply chain under appropriate proportions. This research reveals the intrinsic mechanism of synergistic decision-making between advertising placement and presales, providing a theoretical basis for optimizing advertising resource allocation and improving market conversion efficiency in fresh agricultural product supply chains.

Keywords: presale model; spillover effect; fresh agricultural product supply chain; advertising placement; decision-making

(责任编辑:杨 睿)