

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2024.04.008

生鲜农产品低碳销售渠道选择策略分析

黄艳¹, 张蓓², 祝新春³

(1. 威胜集团有限公司, 湖南 长沙 410205; 2. 湖南省食品药品职业学院 经管学院, 湖南 长沙 410208;
3. 贝壳找房科技有限公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 生鲜农产品供应商拥有多种推广销售渠道, 不同销售渠道在碳排放上存在差异, 生鲜农产品供应商如何选择销售渠道是企业响应低碳号召需面临的问题。因此, 构建了单一实体渠道和双渠道销售普通类生鲜农产品、单一渠道和双渠道销售碳标签类生鲜农产品4种策略下的利润函数模型, 并分析各策略在利润最大化情况下的最优决策。通过对比分析和案例研究可知: 双渠道的开通总能为生鲜农产品供应商带来较高利润, 而是否销售碳标签类生鲜农产品, 则取决于销售单位碳标签类生鲜农产品与销售单位普通类生鲜农产品所产生的成本差异。

关键词: 销售渠道; 碳排放; 渠道选择策略; 生鲜农产品; 保鲜投入

中图分类号: F124.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2024)04-0049-09

引文格式: 黄艳, 张蓓, 祝新春. 生鲜农产品低碳销售渠道选择策略分析[J]. 湖南工业大学学报, 2024, 38(4): 49-57.

Analysis of Low-Carbon Sales Channel Selection Strategy for Fresh Agricultural Products

HUANG Yan¹, ZHANG Bei², ZHU Xinchun³

(1. Wasion Group Co., Ltd., Changsha 410205, China; 2. School of Economics and Management, Hunan Food and Drug Vocational College, Changsha 410208, China; 3. Beike Zhaofang Technology Co., Ltd., Changsha 410000, China)

Abstract: Due to the fact that fresh agricultural product suppliers have multiple promotion sales channels, there are differences in carbon emissions among different sales channels, with the selection of sales channels for fresh agricultural product suppliers still a problem that enterprises need to face in response to the low-carbon requirement. Therefore, profit function models have thus been constructed for four strategies: single entity channel and dual channel sales of ordinary fresh agricultural products, single channel and dual channel sales of carbon labeled fresh agricultural products, followed by an analysis of the optimal decisions of each strategy under profit maximization. Based on a comparative analysis and case study, it can be concluded that the opening of dual channels always brings higher profits to fresh agricultural product suppliers, with the sale decision of carbon labeled fresh agricultural products depending on the cost difference between the carbon labeled fresh agricultural products sold by the unit and the ordinary fresh agricultural products sold by the unit.

Keywords: sales channel; carbon emissions; channel selection strategy; fresh agricultural products; freshness preservation input

收稿日期: 2023-08-02

基金项目: 湖南省社会科学成果评审委员会课题基金资助项目(XSP2023GLC125)

作者简介: 黄艳, 女, 威胜集团有限公司工程师, 硕士, 主要研究方向为供应链管理, 激励机制, 委托代理理论等,

E-mail: 275680113@qq.com

通信作者: 张蓓, 女, 湖南省食品药品职业学院教师, 硕士, 主要研究研究方向为物流与供应链管理,

E-mail: 1216455073@qq.com

1 研究背景

近年来,日益严峻的环境压力及国家低碳减排政策的发展,促使低碳消费观念深入人心,生鲜农产品供应商及其消费者的消费偏好慢慢转向低碳产品,碳标签类生鲜农产品应运而生,如山东正大蛋业有限公司生产的鸡蛋、嘉兴的阳光玫瑰葡萄等,均为贴有碳标签的生鲜农产品。个人碳账户的推广与开通进一步引导用户进行绿色减碳,促使消费者更愿意购买碳标签类产品。此外,有机类生鲜农产品与碳标签类生鲜农产品间的本质差异在于有机类生鲜农产品强调对健康的影响,而碳标签类生鲜农产品强调对生鲜农产品全生命周期的碳排放追踪,以低碳减排为目的,通过标签公开产品的碳排放情况。生鲜农产品碳标签是碳标签在农产品领域的具体应用,以其为依据,消费者可得知其生产、运输、消费等环节的碳排放情况,推广碳标签类生鲜农产品不仅有利于引导消费者低碳消费,还可倒逼生鲜农产品供应商进行碳标签类生鲜农产品采购与供应,促进低碳供应链构建。

已有对生鲜农产品的研究,主要结合产品损耗特性、订购、仓储及运输等环节的碳排放展开。Bai Q. G. 等^[1]研究了生鲜农产品变质率固定时,生产商-零售商二级冷链系统在碳限额与交易政策下的协调优化。Ma X. L. 等^[2]研究了碳限额与交易政策下,供应商-TPLSP-零售商三级冷链的决策和协调。U. Mishra 等^[3]研究了生鲜农产品的最优库存控制模型。以上研究均假定单位生鲜农产品仓储过程中的碳排放量固定。S. Tiwari 等^[4]研究了碳政策下生鲜农产品的库存策略; Bai Q. G. 等^[5]研究了由制造商和两个竞争型零售商组成的供应商管理库存系统中,碳政策对冷链决策的影响。马雪丽等^[6]分析了第三方物流服务商进行碳减排努力情况下的三级冷链最优决策问题。还有学者研究了碳排放约束下生鲜农产品订购策略,如王永琴等^[7]运用物流网络均衡模型,比较了有无碳排放约束下订购策略的差异。R. Accorsi 等^[8]通过线性规划订购模型,研究了生鲜农产品的最佳订购策略。此外,柏庆国等^[9]根据最优订购次数,提出了零售企业实现高利润低排放条件。R. Haass 等^[10]根据碳排放与订货量线性关系,研究了碳排放约束下订购策略,认为订货量敏感于生鲜农产品损耗率。

已有研究表明,销售渠道之间存在碳排放差异,无论是网络渠道还是实体渠道都没有绝对的低碳优势,但是在现有的渠道选择研究中,未同时考虑因保鲜投入带来的碳排放及其渠道选择问题。随着社会及低碳观念的发展,生鲜农产品市场受多种因素影响,

生鲜农产品供应商也有多种销售渠道可选择。因此,分析影响生鲜农产品供应商选择销售渠道的影响因素,并分析其最佳销售渠道选择策略,是低碳需求背景下迫切需要解决的问题。

2 问题描述与模型假设

2.1 问题描述

本文在供应商主导的二级生鲜农产品供应链系统中,考虑生鲜农产品供应商可供应普通生鲜农产品与碳标签类生鲜农产品。销售碳标签类生鲜农产品虽然有利于减少碳排放量,但是会增加销售成本。根据是否销售碳标签类生鲜农产品及其渠道结构,将生鲜农产品供应商的销售渠道选择分为销售普通生鲜农产品的单一实体渠道(SRH)、销售普通生鲜农产品的双渠道(DH)、销售碳标签生鲜农产品的单一实体渠道(SRL)及销售碳标签生鲜农产品的双渠道(DL)4种策略,具体见图1。

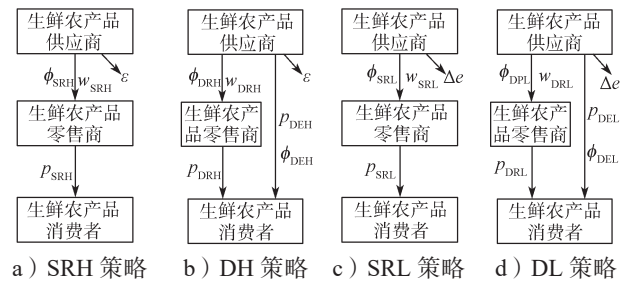


图1 生鲜农产品供应商销售渠道选择策略及其结构示意图

Fig. 1 Sales channel selection strategy and structural diagram for fresh agricultural product suppliers

1) SRH 策略。生鲜农产品供应商决定实体渠道的批发价 w_{SRH} 及保鲜投入水平 ϕ_{SRH} , 并承担保鲜投入成本 $k\phi_{SRH}^2/2$, 其中 k 为保鲜投入成本系数 ($k>0$)。同时, 供应商还需承担销售普通类生鲜农产品所产生的单位成本 C_H 。

2) DH 策略。生鲜农产品供应商决定实体渠道的批发价格 w_{DRH} 、网络渠道的直销价格 p_{DEH} 及双渠道的保鲜投入水平 ϕ_{DEH} 、 ϕ_{DRH} , 并承担保鲜投入成本 $k(\phi_{DEH}^2 + \phi_{DRH}^2)/2$ 。同时, 供应商还需承担销售碳标签类生鲜农产品所产生的单位成本 C_{H1} 。

3) SRL 策略。生鲜农产品供应商决定实体渠道的批发价 w_{SRL} 及保鲜投入水平 ϕ_{SRL} , 并承担保鲜投入成本 $k\phi_{SRL}^2/2$, 同时还需承担销售碳标签类生鲜农产品所产生的单位成本 C_L 。

4) DL 策略。生鲜农产品供应商决定实体渠道的批发价格 w_{DRL} 、网络渠道的直销价格 p_{DEL} 及双渠

道的保鲜投入水平 ϕ_{DRL} 、 ϕ_{DEL} ,并承担保鲜投入成本 $k(\phi_{\text{DEL}}^2 + \phi_{\text{DRL}}^2)/2$,同时还需承担销售碳标签类生鲜农产品所产生的单位成本 C_L 。

各策略中,零售价格由实体零售商根据供应商的批发价格制定,碳排放量 E 由单位生鲜农产品碳排放与因保鲜投入产生的碳排放组成。普通类生鲜农产品产生的单位碳排放量为 e_H ,碳标签类生鲜农产品产生的单位碳排放量为 e_L 。

2.2 模型假设

1) 随着保鲜投入增加,生鲜农产品的新鲜度有所改善,且两者间存在正相关关系。故本研究假定生鲜农产品新鲜度函数为 $\theta_0\phi$,初始新鲜度 $\theta_0=1$ 。

2) 假定市场需求是一个关于价格的线性需求假设的线性函数,随着低碳经济的发展,生鲜农产品的单位碳排放水平会影响市场需求。故本文假设生鲜农产品市场需求函数 D 是关于价格、碳排放水平、保鲜水平及交叉保鲜水平的线性函数,具体表示如下:

$$D_{ij} = a - w_{ij} + \phi_{ij} - m\phi_{-ij} - \lambda e_j, \quad (1)$$

式中: i 分别为SR、DR、DE,代表单一实体渠道、双渠道中的实体渠道和双渠道中的网络渠道; j 分别为L、H,表示碳标签类生鲜农产品和普通生鲜农产品; a 为市场规模; m 为不同渠道间交叉保鲜水平弹性系数; $m\phi_{-ij}$ 为需求替代效应,指在双渠道开通情况下某一渠道生鲜农产品保鲜水平变化对另一渠道生鲜农产品需求的变化; e_j 为单位 j 类生鲜农产品的碳排放水平; λ 为市场需求对单位生鲜农产品碳排放水平的敏感系数。

3) 鉴于碳标签类产品可能产生额外成本,使得碳标签类生鲜农产品的成本高于普通生鲜农产品的成本,即 $C_L > C_H$ 。令 $C_L - C_H = \varepsilon$,为简化计算,假设 $C_H = 0$,则 $C_L = \varepsilon$ 。

4) 已有研究表明,碳标签类生鲜农产品所产生的碳排放量低于普通生鲜农产品的,即 $e_H > e_L$,令 $e_H - e_L = \Delta e$,为简化计算,令 $e_L = 0$,则 $e_H = \Delta e$;针对保鲜投入碳排放,生鲜农产品产生的碳排放量与保鲜投入成本呈线性正相关,故因保鲜投入产生的碳排放为 $fk\phi_{ij}^2/2$,其中 f 为碳排放系数。

3 销售渠道选择模型构建

3.1 单一实体渠道销售普通类生鲜农产品

以单一实体渠道销售普通类生鲜农产品时,市场需求函数为

$$D_{\text{SRH}} = a - w_{\text{SRH}} - \eta_{\text{SRH}} + \phi_{\text{SRH}} - \lambda \Delta e. \quad (2)$$

供应商以批发价格 w_{SRH} 向零售商供应生鲜农产品,并根据实际情况调整保鲜投入水平 ϕ_{SRH} ,零售商再据此确定零售价格 p_{SRH} ,其中零售价格为批发价格与单位产品的边际利润 η_{SRH} 之和,即 $p_{\text{SRH}} = w_{\text{SRH}} + \eta_{\text{SRH}}$ 。故供应商利润 Π_{SRH}^s 由生鲜农产品批发收入及保鲜投入成本构成,零售商利润 Π_{SRH}^r 由销售收入构成,渠道碳强度 CI_{SRH} 由总碳排放量与总收入组成。

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{SRH}}^s &= w_{\text{SRH}} D_{\text{SRH}} - k\phi_{\text{SRH}}^2/2 = \\ &w_{\text{SRH}} (a - w_{\text{SRH}} - \eta_{\text{SRH}} + \phi_{\text{SRH}} - \lambda \Delta e), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{SRH}}^r &= (p_{\text{SRH}} - w_{\text{SRH}}) D_{\text{SRH}} = \\ &\eta_{\text{SRH}} (a - w_{\text{SRH}} - \eta_{\text{SRH}} + \phi_{\text{SRH}} - \lambda \Delta e), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} CI_{\text{SRH}} &= E/\Pi_{\text{SRH}}^s = (fk\phi_{\text{SRH}}^2/2) \cdot \\ &[w_{\text{SRH}} (a - w_{\text{SRH}} - \eta_{\text{SRH}} + \phi_{\text{SRH}} - \lambda \Delta e)]^{-1}. \end{aligned} \quad (5)$$

通过逆向归纳法可以确定供应商与零售商的最优决策,求导得其Hessian矩阵为

$$H_{\text{SRH}} = \begin{bmatrix} -1 & 1/2 \\ 1/2 & -k \end{bmatrix} = \frac{4k-1}{4}. \quad (6)$$

当 $k > 1/4$ 时, Π_{SRH}^s 是关于 w_{SRH} 和 ϕ_{SRH} 的凹函数,供应商利润函数有最优解。通过逆推归纳法求最优解,可得定理1。

定理1 单一实体渠道下最优批发价格、零售价格、保鲜水平、供应商与零售商最优利润及最小碳强度分别如下:

$$w_{\text{SRH}}^* = 2k(a - \lambda \Delta e)/(4k - 1), \quad (7)$$

$$p_{\text{SRH}}^* = 3k(a - \lambda \Delta e)/(4k - 1), \quad (8)$$

$$\phi_{\text{SRH}}^* = (a - \lambda \Delta e)/(4k - 1), \quad (9)$$

$$\Pi_{\text{SRH}}^{s*} = k(a - \lambda \Delta e)^2/[2(4k - 1)], \quad (10)$$

$$\Pi_{\text{SRH}}^{r*} = k^2(a - \lambda \Delta e)^2/(4k - 1)^2, \quad (11)$$

$$CI_{\text{SRH}}^* = f/(4k - 1) + 2\Delta e/(a - \lambda \Delta e). \quad (12)$$

3.2 双渠道销售普通类生鲜农产品

双渠道销售普通类生鲜农产品时,市场需求函数分为两部分,其中

$$D_{\text{DRH}} = a - w_{\text{DRH}} - \eta_{\text{DRH}} + \phi_{\text{DRH}} - m\phi_{\text{DEH}} - \lambda \Delta e, \quad (13)$$

$$D_{\text{DEH}} = a - p_{\text{DEH}} + \phi_{\text{DEH}} - m\phi_{\text{DRH}} - \lambda \Delta e. \quad (14)$$

供应商利润 Π_{DH}^s 由实体渠道批发收入、网络渠道直销收入及保鲜投入成本构成,零售商利润 Π_{DRH}^r 由销售收入构成,渠道碳强度 CI_{DH} 由总碳排放量与总收入组成。

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{DH}}^s &= \Pi_{\text{DRH}}^s + \Pi_{\text{DEH}}^s = \\ &w_{\text{DRH}} D_{\text{DRH}} - k\phi_{\text{DRH}}^2/2 + p_{\text{DEH}} D_{\text{DEH}} - k\phi_{\text{DEH}}^2/2, \end{aligned} \quad (15)$$

式中： Π_{DRH}^s 为实体渠道批发利润； Π_{DEH}^s 为网络渠道直销利润。

$$\Pi_{\text{DRH}}^r = (p_{\text{DRH}} - w_{\text{DRH}})D_{\text{DRH}}, \quad (16)$$

$$CI_{\text{DH}} = E/\Pi_{\text{DH}}^s = \frac{fk(\phi_{\text{DRH}}^2 + \phi_{\text{DEH}}^2)}{2(w_{\text{DRH}}D_{\text{DRH}} - k\phi_{\text{DRH}}^2/2 + p_{\text{DEH}}D_{\text{DEH}} - k\phi_{\text{DEH}}^2/2)} \circ \quad (17)$$

通过逆向归纳法，可以确定供应商与零售商的最优决策，求导得其 Hessian 矩阵为

$$H_{\text{DH}} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & -m/2 & 1/2 \\ 0 & -2 & 1 & -m \\ -m/2 & 1 & -k & 0 \\ 1/2 & -m & 0 & -k \end{bmatrix} = \frac{\left[8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)\right]}{4} \circ \quad (18)$$

当 $8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2) > 0$ 时， Π_{DH}^s 是关于 w_{DRH} 、 p_{DEH} 、 ϕ_{DRH} 和 ϕ_{DEH} 的凹函数，供应商利润函数有最优解。通过逆推归纳法求最优解，可得定理 2。

定理 2 双渠道下最优批发价格、零售价格、直销价格、保鲜水平、供应商与零售商最优利润及最小碳强度分别如下：

$$w_{\text{DRH}}^* = \frac{2k(a - \lambda\Delta e)(2k - (1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (19)$$

$$p_{\text{DRH}}^* = \frac{3k(a - \lambda\Delta e)(2k - (1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (20)$$

$$p_{\text{DEH}}^* = \frac{k(a - \lambda\Delta e)(4k - (1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (21)$$

$$\phi_{\text{DRH}}^* = \frac{(a - \lambda\Delta e)(2k(1-2m) - (1-m)(1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (22)$$

$$\phi_{\text{DEH}}^* = \frac{(a - \lambda\Delta e)(2k(2-m) - (1-m)(1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (23)$$

$$\Pi_{\text{DH}}^{s*} = \frac{k(a - \lambda\Delta e)^2(3k - (1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (24)$$

$$\Pi_{\text{DH}}^{r*} = \frac{k^2(a - \lambda\Delta e)^2(2k - (1+m)^2)^2}{\left[8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)\right]^2}, \quad (25)$$

$$CI_{\text{DH}}^* = \frac{fM_1 + 2k\Delta e(a - \lambda\Delta e)(3k - (1+m)^2)^2}{\left[8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)\right](3k - (1+m)^2)}, \quad (26)$$

式中：

$$M_1 = 2k^2(5m^2 - 8m + 5) - 6k(1-m^2)^2 + (1-m)^2(1+m)^2。$$

为保证最优解有意义，给出 k 的范围，即当 $m \in [0, 1/2]$ 时， $k > (1-m)(1+m)^2/[2(1-2m)] = k_1$ ；当 $m \in [1/2, 1]$ 时， $k > (1+m)^2/2 = k_2$ 。下文分析均在此基础上展开。

3.3 单一实体渠道销售碳标签类生鲜农产品

单一实体渠道销售碳标签类生鲜农产品时，市场需求函数为

$$D_{\text{SRL}} = a - w_{\text{SRL}} - \eta_{\text{SRL}} + \phi_{\text{SRL}} \circ \quad (27)$$

供应商利润 Π_{SRL}^s 由批发收入、碳标签类生鲜农产品成本以及保鲜投入成本构成，零售商利润 Π_{SRL}^r 由零售收入构成，渠道碳强度由总碳排放量与总收入组成。

$$\Pi_{\text{SRL}}^s = (w_{\text{SRL}} - \varepsilon)D_{\text{SRL}} - k\phi_{\text{SRL}}^2/2, \quad (28)$$

$$\Pi_{\text{SRL}}^r = (p_{\text{SRL}} - w_{\text{SRL}})D_{\text{SRL}}, \quad (29)$$

$$CI_{\text{SRH}} = \frac{E}{\Pi_{\text{SRL}}^s} = \left(\frac{fk\phi_{\text{SRL}}^2}{2} \right) / \left[(w_{\text{SRL}} - \varepsilon)D_{\text{SRL}} - \frac{k\phi_{\text{SRL}}^2}{2} \right] \circ \quad (30)$$

通过逆向归纳法可以确定供应商与零售商的最优决策，求导得其 Hessian 矩阵为

$$H_{\text{SRL}} = \begin{bmatrix} -1 & 1/2 \\ 1/2 & -k \end{bmatrix} = \frac{4k-1}{4} \circ \quad (31)$$

当 $k > 1/4$ 时， Π_{SRL}^s 是关于 w_{SRL} 和 ϕ_{SRL} 的凹函数，供应商利润函数有最优解。通过逆推归纳法求最优解，可得定理 3。

定理 3 单一实体渠道下最优批发价格、零售价格、保鲜水平、供应商与零售商最优利润分别如下：

$$w_{\text{SRL}}^* = [2k(a + \varepsilon) - \varepsilon]/(4k-1), \quad (32)$$

$$p_{\text{SRL}}^* = [k(3a + \varepsilon) - \varepsilon]/(4k-1), \quad (33)$$

$$\phi_{\text{SRL}}^* = (a - \varepsilon)/(4k-1), \quad (34)$$

$$\Pi_{\text{SRL}}^{s*} = k(a - \varepsilon)^2/(2(4k-1)), \quad (35)$$

$$\Pi_{\text{SRL}}^{r*} = k^2(a - \varepsilon)^2/(4k-1)^2, \quad (36)$$

$$CI_{\text{SRL}}^* = f/(4k-1) \circ \quad (37)$$

3.4 双渠道销售碳标签类生鲜农产品

双渠道销售碳标签类生鲜农产品时的市场需求函数分为两部分，其中

$$D_{\text{DRL}} = a - w_{\text{DRL}} - \eta_{\text{DRL}} + \phi_{\text{DRL}} - m\phi_{\text{DEL}}, \quad (38)$$

$$D_{\text{DEL}} = a - p_{\text{DEL}} + \phi_{\text{DEL}} - m\phi_{\text{DRL}} \circ \quad (39)$$

供应商利润 Π_{DL}^s 由实体渠道批发收入、网络渠道

直销收入及保鲜投入成本构成,零售商利润 Π_{SRL}^s 由销售收入构成,渠道碳强度由总碳排放量与总收入组成。

$$\Pi_{\text{DL}}^s = \Pi_{\text{DRL}}^s + \Pi_{\text{DEL}}^s =$$

$$(w_{\text{DRL}} - \varepsilon)D_{\text{DRL}} - k\phi_{\text{DRL}}^2/2 + p_{\text{DEL}}D_{\text{DEL}} - k\phi_{\text{DEL}}^2/2, \quad (40)$$

式中: Π_{DRL}^s 为实体渠道批发利润; Π_{DEL}^s 为网络渠道直销利润。

$$\Pi_{\text{SRL}}^s = (p_{\text{DRL}} - w_{\text{DRL}})D_{\text{DRL}}, \quad (41)$$

$$CI_{\text{DL}} = E/\Pi_{\text{DL}}^s =$$

$$\frac{fk(\phi_{\text{DRL}}^2 + \phi_{\text{DEL}}^2)}{2[(w_{\text{DRL}} - \varepsilon)D_{\text{DRL}} - k\phi_{\text{DRL}}^2/2 + p_{\text{DEL}}D_{\text{DEL}} - k\phi_{\text{DEL}}^2/2]} \quad (42)$$

通过逆向归纳法可以确定供应商与零售商的最优决策,求导得其 Hessian 矩阵为

$$H_{\text{DL}} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & -m/2 & 1/2 \\ 0 & -2 & 1 & -m \\ -m/2 & 1 & -k & 0 \\ 1/2 & -m & 0 & -k \end{bmatrix} = \frac{1}{[8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)]/4} \quad (43)$$

当 $8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2) > 0$ 时, Π_{DL}^s 是关于 w_{DRL} 、 p_{DEL} 、 ϕ_{DRL} 和 ϕ_{DEL} 的凹函数,供应商利润函数有最优解。通过逆推归纳法求最优解,可得定理4。

定理4 双渠道下最优批发价格、零售价格、直销价格、保鲜水平、供应商与零售商最优利润分别如下:

$$w_{\text{DRL}}^* = \frac{4k^2(a+\varepsilon) - 2k(a(1+m)^2 + 2\varepsilon(m^2 - m + 1)) + \varepsilon(1-m^2)^2}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (44)$$

$$p_{\text{DRL}}^* = \frac{2k^2(3a+\varepsilon) - 3k(a(1+m)^2 + \varepsilon(1-m)^2) + \varepsilon(1-m^2)^2}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (45)$$

$$p_{\text{DEL}}^* = \frac{4k^2(a+\varepsilon) - k(a(1+m)^2 + \varepsilon(5m^2 - 2m + 5)) + \varepsilon(1-m^2)^2}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (46)$$

$$\phi_{\text{DRL}}^* = \frac{(a-\varepsilon)(2k(1-2m) - (1-m)(1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (47)$$

$$\phi_{\text{DEL}}^* = \frac{(a-\varepsilon)(4k - (1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (48)$$

$$\Pi_{\text{DL}}^* = \frac{k(a-\varepsilon)^2(3k - (1+m)^2)}{8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)}, \quad (49)$$

$$\Pi_{\text{DRL}}^* = \frac{k^2(a-\varepsilon)^2(2k - (1+m)^2)^2}{[8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)]^2}, \quad (50)$$

$$CI_{\text{DL}}^* = \frac{fM_1}{[8k^2 + (1-m^2)^2 - 6k(1+m^2)](3k - (1+m)^2)} \quad (51)$$

4 销售渠道选择策略对比分析

4.1 普通类生鲜农产品销售渠道选择

命题1 当销售普通类生鲜农产品时,

$$\textcircled{1} m \in [0, 1]: \forall k, \text{有} \frac{\partial w_{\text{SRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_{\text{SRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{SRH}}^*}{\partial k} < 0,$$

$$\frac{\partial \Pi_{\text{SRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_{\text{DEH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{DEH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \Pi_{\text{DH}}^*}{\partial k} < 0;$$

$$\textcircled{2} m \in [0, \frac{1}{4}]: \text{有} \frac{\partial w_{\text{DRH}}^*}{\partial k} > 0, \frac{\partial p_{\text{DRH}}^*}{\partial k} > 0, \frac{\partial \phi_{\text{DRH}}^*}{\partial k} > 0;$$

$$\textcircled{3} m \in (\frac{1}{4}, \frac{1}{2}]: \text{有} \frac{\partial w_{\text{DRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_{\text{DRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{DRH}}^*}{\partial k} > 0;$$

$$\textcircled{4} m \in [\frac{1}{2}, 1]: \text{有} \frac{\partial w_{\text{DRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_{\text{DRH}}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{DRH}}^*}{\partial k} < 0.$$

命题1说明,开通双渠道后,在需求替代效应的作用下,当生鲜农产品保鲜较为经济时,生鲜农产品供应商总是愿意投入更多保鲜努力来提高产品新鲜度,进而缓解生鲜农产品实体渠道需求的流失。反之,生鲜农产品供应商会选择降低保鲜努力。这是因为此时交叉弹性较高,导致保鲜努力带来的生鲜农产品需求流失抑制效果较弱,且投入的边际收益也不足以抵消边际成本,因此,生鲜农产品供应商更愿意采取降价策略减轻市场流失。

命题1揭示了一个现实,即由于消费者对生鲜农产品的保鲜期望日益提高,许多生鲜农产品供应商倾向于采取降价措施来弥补新鲜度带来的负面影响,但这一行为也忽略了生鲜农产品质量问题,令生鲜农产品供应链成员陷入困局。

命题2 当销售普通类生鲜农产品时: $\frac{\partial w_{\text{SRH}}^*}{\partial \lambda} < 0$,

$$\frac{\partial p_{\text{SRH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{SRH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial \Pi_{\text{SRH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial w_{\text{DRH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial p_{\text{DRH}}^*}{\partial \lambda} < 0,$$

$$\frac{\partial p_{\text{DEH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{DRH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial \phi_{\text{DEH}}^*}{\partial \lambda} < 0, \frac{\partial \Pi_{\text{DH}}^*}{\partial \lambda} < 0.$$

命题2说明,市场需求对单位生鲜农产品碳排放

水平越敏感,越能调动生鲜农产品供应商销售碳标签类生鲜农产品的积极性。这是因为随着生鲜农产品市场对单位生鲜农产品碳排放要求提高,普通类生鲜农产品由于高碳排放,其市场需求降低。若不采用低碳创新保鲜技术,那么为降低因保鲜投入产生的碳排放,生鲜农产品供应商会减少保鲜投入以减少能源消耗。

命题 2 说明,随着低碳观念深入人心,生鲜农产品供应商要想得到稳定的市场份额,就要积极顺应市场需求。

命题 3 当销售普通类生鲜农产品时:

$$\Pi_{DH}^{s*} > \Pi_{SRH}^{s*}, CI_{DH}^{s*} < CI_{SRH}^{s*}。$$

命题 3 表明,双渠道的开通在提升普通类生鲜农产品需求量的同时,也会导致由普通类生鲜农产品本身带来的碳排放量增加,且因保鲜投入带来的碳排放量也会较高。但是,开通双渠道进行普通类生鲜农产品销售所产生的渠道碳强度依旧低于仅通过单渠道进行普通类生鲜农产品供应所产生的渠道碳强度,这是因为双渠道的开通带来的利润增加量远大于渠道碳排放的单位成本增加量。

4.2 碳标签类生鲜农产品销售渠道选择

命题 4 当销售碳标签类生鲜农产品时,

$$\textcircled{1} m \in [0, 1]: \forall k, \text{有} \frac{\partial w_{SRL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{SRL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \Pi_{SRL}^*}{\partial k} < 0,$$

$$\frac{\partial p_{DEL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{DEL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \Pi_{DL}^*}{\partial k} < 0;$$

$$\textcircled{2} m \in \left[0, \frac{1}{4}\right]: \text{有} \frac{\partial w_{DRL}^*}{\partial k} > 0, \frac{\partial p_{DRL}^*}{\partial k} > 0, \frac{\partial \phi_{DRL}^*}{\partial k} > 0;$$

$$\textcircled{3} m \in \left(\frac{1}{4}, \frac{1}{2}\right): \text{有} \frac{\partial w_{DRL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_{DRL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{DRL}^*}{\partial k} > 0;$$

$$\textcircled{4} m \in \left[\frac{1}{2}, 1\right]: \text{有} \frac{\partial w_{DRL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial p_{DRL}^*}{\partial k} < 0, \frac{\partial \phi_{DRL}^*}{\partial k} < 0。$$

命题 4 说明,保鲜投入成本并不会因为是碳标签类生鲜农产品而有所变化,即单位生鲜农产品碳排放水平的高低不会影响生鲜农产品供应商的保鲜投入水平。如临安市贴有碳标签的天目水果笋,主要通过测土、配方、施肥等措施实现生产环节的碳减排,但其易腐易逝的特性并没有变化。因此,单位生鲜农产品碳排放水平的高低并不会影响生鲜农产品供应商的保鲜投入。

命题 5 当销售碳标签类生鲜农产品时,

$$\frac{\partial w_{SRL}^*}{\partial \varepsilon} > 0, \frac{\partial \phi_{SRL}^*}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial \Pi_{SRL}^*}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial w_{DRL}^*}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial p_{DRL}^*}{\partial \varepsilon} < 0,$$

$$\frac{\partial p_{DEL}^*}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial \phi_{DRL}^*}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial \phi_{DEL}^*}{\partial \varepsilon} < 0, \frac{\partial \Pi_{DRL}^*}{\partial \varepsilon} < 0。$$

命题 5 反映了无论是在单一实体渠道还是双渠

道,随着单位成本差异增加,零售价、直销价、保鲜投入水平及利润均会减少。这主要是因为随着销售单位碳标签类生鲜农产品的成本增加,此类低碳产品所带来的需求增加量不足以抵消其产生的成本,故生鲜农产品供应商销售此类产品的积极性会降低,且为了控制成本,生鲜农产品供应商还会考虑减少保鲜投入以降低保鲜成本,并采取低价策略。

命题 6 当销售碳标签类生鲜农产品时,

$$\Pi_{DL}^{s*} > \Pi_{SRL}^{s*}, CI_{DL}^{s*} > CI_{SRL}^{s*}。$$

命题 6 表明,与双渠道相比,在单一实体渠道销售碳标签类生鲜农产品所产生的碳强度要更低的原因,在于单一实体渠道的保鲜投入要小于双渠道的保鲜投入。双渠道的网络销售模式具有长距离、少批量、多批次的特点,且运输过程中存在较大的不确定性,因此,为了保证生鲜农产品新鲜度,就必须采取额外的保鲜措施,如采用特殊的保鲜包装、实施冷链物流等,但这会增加能源消耗,给环境带来更多负面影响。

4.3 生鲜农产品供应商最佳销售渠道选择

命题 7 以利润最大化为目标,生鲜农产品供应商最优销售渠道为双渠道,且:

$$\text{当 } 0 < \varepsilon \leq \lambda \Delta e < 1 \text{ 时, } \Pi_{DL}^{s*} > \Pi_{SRL}^{s*} > \Pi_{DH}^{s*} > \Pi_{SRH}^{s*};$$

$$\text{当 } 0 < \lambda \Delta e < \varepsilon < 1 \text{ 时, } \Pi_{DH}^{s*} > \Pi_{SRH}^{s*} > \Pi_{DL}^{s*} > \Pi_{SRL}^{s*}。$$

命题 7 显示了我国政府对销售碳标签类生鲜农产品供应商提供相应补贴的必要性,同时也启示生鲜农产品供应商在电子商务快速发展的时代,应顺应时代潮流,进行双渠道销售。

因保鲜投入产生的碳排放是关于保鲜投入水平的增函数,保鲜水平的高低会直接影响碳排放。而碳强度为碳排放与经济效益的比值,且在生鲜农产品供应链中,碳排放水平与保鲜投入水平成正比。故当经济效益存在唯一最大值时,碳强度存在唯一最小值。根据上文研究可知,4 种策略下的生鲜农产品供应商利润均存在唯一最大值,故 4 种策略下的碳强度也存在唯一最小值,由此可得命题 8。

命题 8 以碳强度最小化为目标,生鲜农产品供应商最优销售渠道策略为在单一实体渠道销售碳标签类生鲜农产品,即 $CI_{SRL}^{s*} < CI_{DL}^{s*} < CI_{DH}^{s*} < CI_{SRH}^{s*}$ 。

命题 8 说明,虽然销售碳标签类生鲜农产品需要承担较多的单位成本,但是对能源依赖性降低,也更符合低碳经济的发展需求。因此,一方面,要鼓励生鲜农产品供应商加入碳标签行列,如针对生鲜农产品供应商采取分等级的碳补贴政策,生鲜农产品市场引导消费者进行低碳消费;另一方面,要采取相应措施以有效降低生鲜农产品供应商所承担的成本。

5 案例分析

5.1 案例介绍与变量取值

在前文理论分析的基础上,本部分拟选取杭州市临安区天目水果笋作为案例分析对象,构建相关算例,以进一步验证本文理论模型的正确性及可应用性。为了提高水果笋的市场竞争力,并响应国家低碳政策的号召,杭州临安太湖源东天目水果笋专业合作社于2021年8月开始供应贴有碳标签的水果笋。该专业合作社作为天目水果笋供应商,一方面,以批发价将部分水果笋销售给零售商;另一方面,与盒马生鲜、淘宝等电商平台合作,进行网络直销。

针对案例中天目水果笋的新闻报道及供应商的反馈情况,以该商品成为碳标签类生鲜农产品前后的相关信息作为研究数据。经网络查询和电话访谈得知,没有贴上碳标签的普通水果笋碳排放值为54.47 g/kg,售价为40元/kg;而贴上碳标签的天目水果笋的碳排放值为-45.53 g/kg (<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1704450665559973614>),比普通类水果笋碳排放值减少100 g/kg,但贴上碳标签的天目水果笋的售价为44元/kg~48元/kg,提高了10%~20%。通过电话访谈得知,该供应商销售单位普通类水果笋的单位成本约为16元/kg,供应带有碳标签水果笋的单位成本约为24元/kg。

通过上述分析,可得本文模型中相关变量的数值如下: $e_H=54.47$ g/kg, $e_L=-45.53$ g/kg, $\Delta e=100$ g/kg, $C_L=24$ 元/kg, $C_H=16$ 元/kg, $\epsilon=8$ 元/kg。

根据张冬梅等^[11]关于碳排放对生鲜农产品订购策略影响的研究成果,选取保鲜碳排放转化系数为0.005;参考万光羽等^[12]对实体渠道相对于网络渠道的单位碳排放差异对零售商渠道选择策略的探讨,确定市场需求对单位产品碳排放的敏感系数为0.05。参考唐润等^[13]针对生鲜农产品供应链双渠道协调机制的研究,选定保鲜水平交叉弹性系数为0.3。在白世贞等^[14]对生鲜农产品供应商和零售商的融资策略以及最优运营决策的算例分析中,假设潜在生鲜农产品市场需求量为100,而在王磊等^[15]考虑质量损耗和数量损耗的生鲜农产品库存模型和零售商利润模型中,假设生鲜农产品市场最大潜在需求量为200,市场需求量为150。综合考虑,本研究市场需求量取150。由此,其他变量取值为 $a=150$ kg, $f=0.005$, $\lambda=0.05$, $m=0.3$ 。为研究保鲜投入成本对生鲜农产品供应商最优决策的影响,变量 k 以1为步长,在2~12取值;变量 ϵ 以1为步长,在0~10取值;变量 λ 以0.1为步长,在0~1取值。

5.2 案例结果分析

实例分析所得碳排放敏感系数与保鲜投入成本系数对零售商最优利润的影响结果,如图2所示。

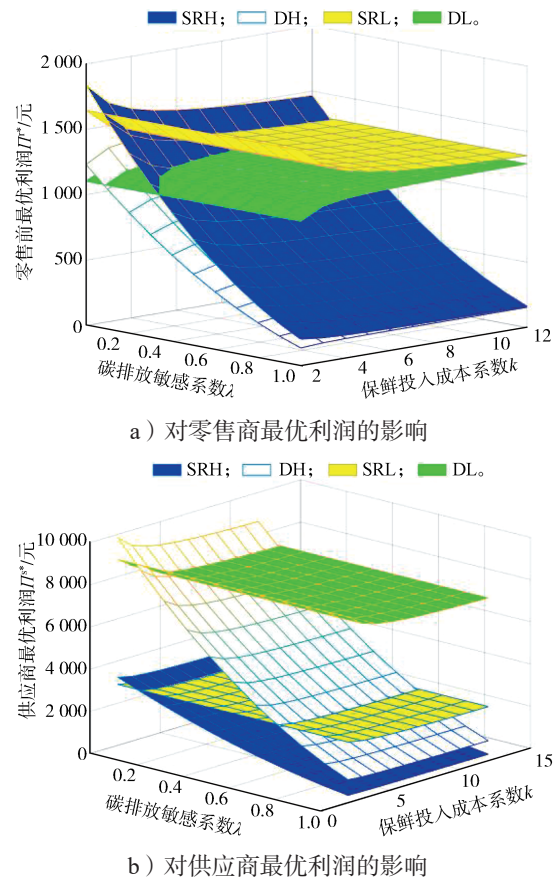


图2 λ 与 k 对零售商和供应商最优利润的影响

Fig. 2 Influence of λ and k on optimal profits of retailers and suppliers

图2a表明,网络渠道的开通吸引了部分消费者从实体渠道向网络渠道转移;此外网络渠道的低价优势也迫使实体零售商采取一定的降价措施,进而导致实体零售商利润下滑。但是当市场需求对碳排放的敏感系数较低,即 $0<\lambda<0.2$ 时,销售普通类生鲜农产品总能使实体零售商获得较高的利润。图2b表明,当市场需求对碳排放的敏感系数较低,即 $0<\lambda<0.2$ 时,销售普通类生鲜农产品会令供应商获得较高的利润;而随着低碳经济与低碳观念的发展,生鲜农产品供应商通过DL策略获得的利润逐渐高于DH策略获得的利润;且当市场需求对碳排放的敏感系数非常高,即 $0.8<\lambda\leq 1$ 时,即使仅通过实体渠道销售碳标签类生鲜农产品,生鲜农产品供应商所获利润也会高于双渠道销售普通类生鲜农产品所带来的利润。

通过实例分析,得到的单位成本差异与保鲜投入成本系数对零售商和供应商最优利润的影响结果,如图3所示。

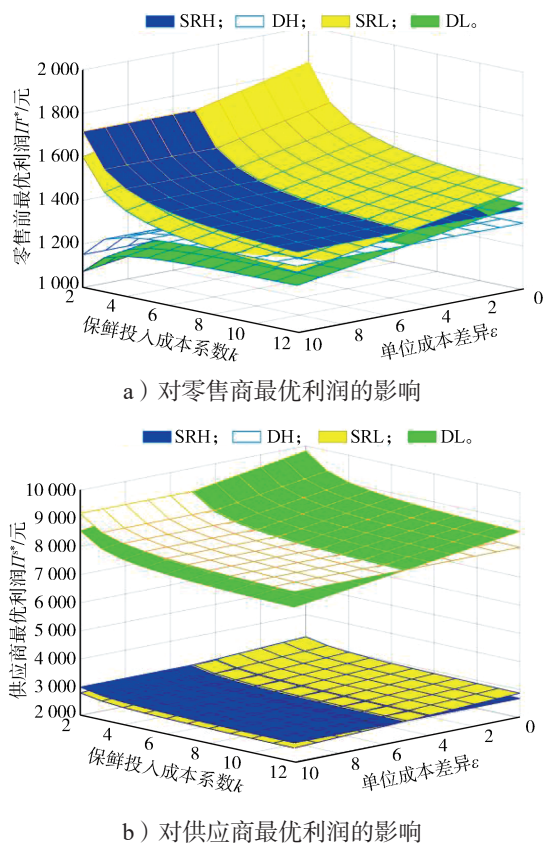


图 3 ε 与 k 对零售商和供应商最优利润的影响
Fig. 3 Influence of ε and k on optimal profits of retailers and suppliers

图 3a 表明,在大多数情况下,实体零售商都更倾向于选择单渠道策略,仅当单位成本差异及保鲜成本系数均极高或保鲜成本系数极高但单位成本差异极低时,生鲜农产品供应商的双渠道策略会令实体零售商获得较高利润。图 3b 表明,选择 DH 策略还是 DL 策略,取决于两类生鲜农产品之间单位成本差异的大小。当两类生鲜农产品之间的单位成本差异较小,即 $0 \leq \varepsilon < 5$ 时,销售碳标签类生鲜农产品会令供应商获得较高利润;但是当销售碳标签类生鲜农产品的成本较高,即两类生鲜农产品之间的单位成本差异较大,即 $5 \leq \varepsilon \leq 10$ 时,生鲜农产品供应商的最优销售渠道选择策略为 DH。

实例分析所得碳排放敏感系数与保鲜投入成本系数对碳强度的影响结果如图 4 所示。由图可知,随着市场需求对单位生鲜农产品碳排放敏感系数的增加,SRH 和 DH 策略所带来的碳强度也随之增加,但对 SRL 和 DL 策略的碳强度影响不大。这主要是因为本文假设碳标签类生鲜农产品的碳排放为 0,因此碳排放敏感系数的增加不会影响碳标签类生鲜农产品的市场需求,但是会令普通类生鲜农产品的市场需求减少。碳排放量 E 主要为因单位生鲜农产品碳

排放与因保鲜投入产生的碳排放组成,碳标签类生鲜农产品产生的单位碳排放量为 e_l 。结合图 3 和图 4 可知,无论是追求利润最大化还是追求碳强度最小化,选择 DL 策略在大多数情况是较优的。

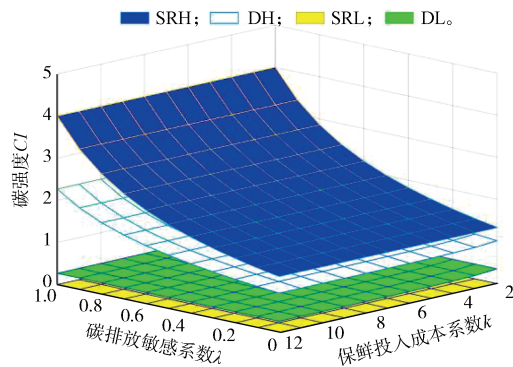


图 4 λ 与 k 对碳强度的影响
Fig. 4 Influence of λ and k on carbon intensity

6 结论

本研究主要在低碳视角下,探讨了由生鲜农产品供应商与实体零售商组成的生鲜农产品供应链下生鲜农产品供应商的最佳销售渠道选择策略。研究发现,无论是以利润最大化为目标,还是以碳强度最小化为目标,在双渠道销售碳标签类生鲜农产品是生鲜农产品供应商的最佳销售渠道选择策略。仅当市场需求对单位生鲜农产品碳排放水平的敏感系数极低或碳标签类生鲜农产品与普通类生鲜农产品之间的单位成本差异较大时,销售普通类生鲜农产品会令生鲜农产品供应商获得较高利润。

参考文献:

- [1] BAI Q G, CHEN M Y, XU L. Revenue and Promotional Cost-Sharing Contract Versus Two-Part Tariff Contract in Coordinating Sustainable Supply Chain Systems with Deteriorating Items[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 187: 85-101.
- [2] MA X L, WANG J, BAI Q G, et al. Optimization of a Three-Echelon Cold Chain Considering Freshness-Keeping Efforts Under Cap-and-Trade Regulation in Industry 4.0[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 220: 107457.
- [3] MISHRA U, WU J Z, TSAO Y C, et al. Sustainable Inventory System with Controllable Non-Instantaneous Deterioration and Environmental Emission Rates[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 244: 118807.
- [4] TIWARI S, DARYANTO Y, WEE H M. Sustainable Inventory Management with Deteriorating and Imperfect Quality Items Considering Carbon Emission[J]. Journal

- of Cleaner Production, 2018, 192: 281-292.
- [5] BAI Q G, GONG Y Y, JIN M Z, et al. Effects of Carbon Emission Reduction on Supply Chain Coordination with Vendor-Managed Deteriorating Product Inventory[J]. International Journal of Production Economics, 2019, 208: 83-99.
- [6] 马雪丽, 赵颖, 柏庆国, 等. 考虑保鲜努力与碳减排努力的生鲜农产品三级冷链最优决策与协调[J/OL]. 中国管理科学: 1-15. [2022-11-20]. DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0364.
MA Xueli, ZHAO Ying, BAI Qingguo, et al. Optimal Strategies and Coordination of Three-Echelon Cold Chain of Fresh Products Considering Freshness-Keeping and Carbon Abatement[J/OL]. Chinese Journal of Management Science: 1-15. [2022-11-20]. DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2021.0364.
- [7] 王永琴, 周叶, 张荣. 考虑碳排放的农产品多级冷链物流网络均衡模型研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2017, 16(3): 99-107.
WANG Yongqin, ZHOU Ye, ZHANG Rong. An Equilibrium Model of Multi-Level Cold Chain Logistics Network of Agro Products with Consideration of Carbon Emissions[J]. Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition), 2017, 16(3): 99-107.
- [8] ACCORSI R, GALLO A, MANZINI R. A Climate Driven Decision-Support Model for the Distribution of Perishable Products[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 165: 917-929.
- [9] 柏庆国, 徐贤浩. 碳限额与交易政策下易变质产品的最优库存策略[J]. 中国管理科学, 2017, 25(7): 28-37.
BAI Qingguo, XU Xianhao. Optimal Inventory Policy for Deteriorating Items Under Cap-and-Trade Regulation[J]. Chinese Journal of Management Science, 2017, 25(7): 28-37.
- [10] HAASS R, DITTMER P, VEIGT M, et al. Reducing Food Losses and Carbon Emission by Using Autonomous Control: A Simulation Study of the Intelligent Container[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 164: 400-408.
- [11] 张冬梅, 施国洪, 姚冠新, 等. 碳排放约束下生鲜农产品订购与保鲜策略[J]. 工业工程与管理, 2020, 25(1): 144-151.
ZHANG Dongmei, SHI Guohong, YAO Guanxin, et al. Decisions of Ordering and Preservation for Fresh Agricultural Products Under Carbon Emission Constraints[J]. Industrial Engineering and Management, 2020, 25(1): 144-151.
- [12] 万光羽, 曹裕, 易超群. 考虑渠道碳排放差异的零售商渠道选择策略[J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(1): 77-92.
WAN Guangyu, CAO Yu, YI Chaoqun. Impact of Carbon Footprint Difference on Retailer's Channel Selection Strategy[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2021, 41(1): 77-92.
- [13] 唐润, 彭洋洋. 基于微分对策的生鲜食品供应链双渠道协调机制[J]. 计算机集成制造系统, 2018, 24(4): 1034-1045.
TANG Run, PENG Yangyang. Coordination Mechanism of Dual Channels of Fresh Food Supply Chain Based on Differential Game[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2018, 24(4): 1034-1045.
- [14] 白世贞, 贾雪莲. 资金约束型生鲜农产品双渠道销售链运营策略研究[J/OL]. 中国管理科学. [2022-09-23]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.2691>.
BAI Shizhen, JIA Xuelian. Research on Operational Strategy of Capital-Constrained Dual-Channel Supply Chain of Fresh Agricultural Products[J/OL]. Chinese Journal of Management Science. [2022-09-23]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.2691>.
- [15] 王磊, 但斌. 考虑质量与数量损耗控制的生鲜农产品保鲜策略研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(8): 100-110.
WANG Lei, DAN Bin. Research on Preservation Strategies for Fresh Produce Considering Quality and Quantity Loss Control[J]. Chinese Journal of Management Science, 2023, 31(8): 100-110.

(责任编辑: 廖友媛)