

谎报行为下生鲜农产品供应链协调研究

贾鑫, 陈化飞

(哈尔滨商业大学 管理学院, 哈尔滨 150028)

摘要: **目的** 研究存在生产商谎报生鲜农产品鲜活度信息的情况下, 生鲜农产品供应链的协调问题。**方法** 由单一生产商和单一零售商构成生鲜农产品供应链, 其中产品的鲜活度信息为生产商私有信息; 基于单周期报童模型, 构建供应链各方的利润函数; 应用 Stackelberg 博弈的基本思想, 分析供应链上的定价订货决策, 并引入收益共享契约进行供应链协调, 同时用 Matlab 软件做数值仿真, 以验证结论的有效性。**结果** 生产商的谎报行为会损害供应链系统各方的利润, 且谎报因子越低 (谎报度越高) 对供应链利润的影响越大。引入的收益共享比例在一定范围内时, 收益共享契约可以有效地协调生鲜农产品供应链。**结论** 收益共享契约不仅可以有效地协调生鲜供应链, 也可以抑制生产商的谎报行为, 实现帕累托改进, 提高供应链的稳定性。

关键词: 生鲜农产品; 供应链; 谎报行为; 鲜活度; 供应链协调; Stackelberg 博弈

中图分类号: F252 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)03-0070-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.03.011

Supply Chain Coordination of Fresh Agricultural Products under the Behavior of Misreporting

JIA Xin, CHEN Hua-fei

(School of Management, Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

ABSTRACT: The work aims to study the coordination of the supply chain for fresh agricultural products in the case of supplier misreporting the fresh activity of fresh agricultural products. The supply chain of fresh agricultural products was composed of a single supplier and a single retailer and the fresh activity of products was the supplier's private information. Based on the single cycle newsboy model, the profit function of all parties in the supply chain was constructed, and the basic idea of Stackelberg game was applied. The results of pricing order decision were analyzed, and the profit sharing contract was introduced to coordinate the supply chain. At the same time, Matlab software was used for numerical simulation to verify the effectiveness of the conclusion. The misreporting behavior of the supplier damaged the profits of all parties in the supply chain system, and the lower the misreporting factor (the higher the false reporting degree) was, the greater the influence on the supply chain profit was. When the income sharing ratio was within a certain range, the income sharing contract could effectively coordinate the supply chain of fresh agricultural products. The benefit-sharing contract can effectively coordinate the fresh supply chain, and suppress the misreporting behavior of the supplier at the same time, which improves the Pareto and increases the stability of the supply chain.

收稿日期: 2019-07-10

基金项目: 2018 年度黑龙江省哲学社会科学研究规划一般项目 (18JYB147); 2017 年度黑龙江省哲学社会科学研究规划项目 (17GLB022); 哈尔滨商业大学校级科研项目 (17XN039)

作者简介: 贾鑫 (1996—), 女, 哈尔滨商业大学硕士生, 主攻物流工程、供应链管理。

通信作者: 陈化飞 (1980—), 女, 哈尔滨商业大学副教授, 主要研究方向为物流工程、供应链管理。

KEY WORDS: fresh agricultural product; supply chain; misreporting; freshness; supply chain coordination; Stackelberg game

我国作为世界上生鲜农产品生产与消费大国,政府对生鲜农产品行业的发展制订了大量政策,2019年新发布的一号文件和《国家质量兴农战略规划(2018—2022年)》,进一步强调农业要“绿色化、优质化、特色化、品牌化”发展。虽然国家如此重视,但源于生鲜农产品自身具有易腐烂变质、滞销贬值等特点,同时由于生鲜农产品供应链环节繁多、参与者众多,需要在高度信息化条件下做到各个环节的无缝连接,因此生鲜农产品的品质问题一直是行业难题。特别是近年来随着居民消费能力的提高,消费者在选购生鲜农产品时更重视产品的品质。产品鲜活度作为衡量生鲜农产品的关键指标之一,正逐渐引起各界关注。在生鲜农产品供应链运作过程中经常存在各方参与者对产品信息了解不对等的情况,特别是生产商将鲜活度信息作为私有信息,因此会存在谎报行为,以诱使零售商增加订货量,造成零售商库存积压、产品损耗浪费、供应链不稳定等负面影响。综上所述,如何灵活地引入契约机制协调供应链,有效解决供应链中的谎报行为,提高产品品质,增加供应链稳定性成为重要的研究方向。

供应链协调是生鲜农产品供应链研究中的重要内容。研究中常用的协调契约有收益共享契约^[1-3]、回购契约^[4]、数量折扣契约^[5]、期权契约^[6]以及组合契约^[7]等。其中,Xiao等^[1]全面地结合了产品价格、质量等因素,以收益共享契约来确定零售商的最优服务质量及定价决策。熊峰等^[2]发现收益共享契约可以提升生鲜农产品供应链的保鲜努力水平,同时消费者生鲜偏好提高能促进收益共享契约的激励效果,且可提高合作社公平效用。王淑云等^[3]引进收益共享契约对考虑了保鲜努力水平的生鲜供应链进行协调。Zhang等^[7]在考虑供应双方均进行保鲜成本分担的情形下,针对零售商利润受损问题,进一步结合收益共享契约对分散决策下的生鲜供应链进行了优化协调。可见收益共享契约在生鲜农产品供应链协调研究中的应用非常广泛且有效。近年来,关于供应链成员谎报信息的问题逐渐受到学者关注。从不同的谎报主体来看,Cakanyildirim等^[8],Yan等^[9],颜波等^[10]的研究主要是考虑生产商谎报自身成本信息行为,肖群等^[11],李怡娜等^[12]分别引用数量折扣契约和回购契约协调了零售商谎报努力促销成本信息和库存持有成本信息的问题。不同于以往研究,冯颖等^[13]在生鲜供应链中考虑了第三方物流供应商的存在,同时比较了无谎报、第三方物流供应方独自谎报和供应方与零售商同时谎报其自身成本信息的情形。这些研究一致发现供应链谎报一方会侵占其他参与方利润以提高

自己利润,同时这种行为还会增加整条链的不稳定性,使竞争力下降。但斌等^[14]考虑的是存在中间批发商谎报产品价格信息的情形,发现中间商购买批发价格信息的透明化,能够平衡生鲜产品的供给,减少不确定性。杨磊等^[15]则进一步全面地总结了供应链上各成员均存在谎报产品碳信息的情况,发现供应链各方参与者采用收益共享契约进行协调可以使供应链绩效实现最优。从以上研究可知,在供应链上某一参与方存在谎报行为的情况下,供应链的运作效率都将受到影响,导致下降,且加大整体协调的难度。

综上所述,现有文献多考虑的是关于成本信息方面的谎报行为,鲜活度谎报行为的情况鲜有考虑。产品鲜活度是生鲜农产品最显著的特性^[16],随着社会整体生活水平的提高,生鲜农产品品质已经成为消费者选购时的重要考虑因素。然而在现实供应链系统运作的过程中,由于零售商与生产商之间存在时空差异性,生产商通常会向零售商谎报产品的鲜活度信息,从而达到刺激零售商提高订货量的目的,这种行为不仅会对零售商造成不利影响,同时也会造成资源浪费,降低双方交易关系的稳定性,使供应链有所波动,故此问题亟需解决。文中从生鲜农产品高品质需求出发,考虑生产商谎报产品鲜活度信息的情况,构建收益共享契约协调模型,分析供应链上成员所得利润的变化,以期减少生产商谎报行为,提高供应链稳定性,确保生鲜农产品供应链的高效运作,满足顾客的高品质需求。

1 问题描述与假设

生产商作为生鲜农产品提供方,掌握着产品的生产动态,因此其处于产品鲜活度信息优势地位。在实际供应链各方交易过程中,生产商为了诱使其下游零售商增加订货量会谎报其产品的生产时间,使产品鲜活度虚高,这一谎报行为会损害整条供应链的绩效。基于此,文中在这里将市场上生产某一类生鲜农产品的生产商作为整体,研究由单一生产商与单一零售商构成的生鲜农产品二级供应链,此二级供应链具有典型性,同时便于分析。由于生产商对鲜活度信息具有掌控力,因此存在谎报产品生产时间以及鲜活度信息的情形。文中模型的 Stackelberg 博弈过程:首先生产商供应 1 种单位成本为 C ,生命周期为 T 的生鲜农产品,向零售商公布批发价格 W 以及产品生产时间 t (谎报生产时间为 λt , λ 值为 $[0,1]$);随后零售商根据所获取信息决定订购 Q 数量的农产品,同时以固定价格 P 向消费者出售,见图 1。

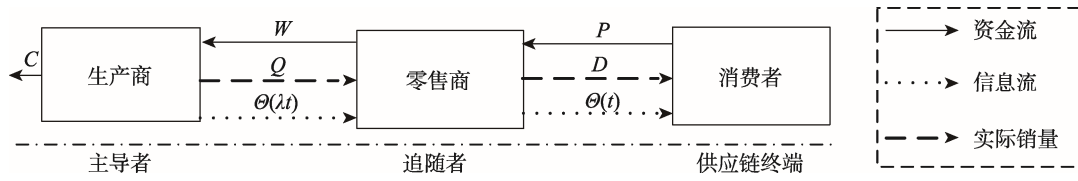


图1 生鲜农产品供应链运作

Fig.1 Operation of fresh agricultural product supply chain

文中做出以下假设。

1) 生产商与零售商均为完全理性的供应链参与者，二者均追求自身最优利润^[18]。

2) 生产商的单位生产成本为 C ，零售商向生产商交付单位批发价格为 W ，出售单位价格是 P ，此处约定 $0 < C < W < P$ ，以此确保供应链各方成员的基本利润^[17]。

3) 根据文献^[18]假设需求函数为 $D=AP^{-k}\theta(t)$ 。其中 A 为常规市场规模度量常数； k 为价格弹性； $\theta(t)$ 为产品实际鲜活度。

4) 文中供应链运作过程中将不包括打折促销的情形^[3]。

5) 生鲜农产品在供应链上流通的过程中，流通时间越长，鲜活度越低。根据的文献^[4]假设文中的产品鲜活度函数为： $\theta(t)=1-\frac{t^2}{T^2}$ ($0 \leq t \leq T$)。

2 谎报行为下生鲜农产品供应链利润模型

在实际生鲜供应链运作过程中，生产商为了自身利益会作出谎报行为，向零售商隐藏真实的生鲜农产品生产信息，谎报虚假的生鲜农产品生产信息，致使产品鲜活度信息虚高，进而增加了零售商对生产商的订货量。此时，生产商和零售商的利润计算见式(1—2)。

生产商的利润函数为：

$$\Pi_s^\lambda = (W - C) \times Q \tag{1}$$

零售商的利润函数为：

$$\Pi_r^\lambda = (P - W) \times Q^0 - (Q - Q^0) \times W \tag{2}$$

式中： Q 为谎报时零售商向生产商提出的订货量； Q^0 为谎报时零售商接收消费者订购的实际销量。

文中模型中的博弈属于完全信息动态博弈，其均衡结果为子博弈精炼纳什均衡，因此可以使用逆向归纳法求得模型最优解，可以得到命题1。

命题1：

$$P^{\lambda*} = \frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \tag{3}$$

$$Q^{\lambda*} = A \cdot \theta(\lambda t) \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} \tag{4}$$

$$W^{\lambda*} = \frac{Ck}{k-1} \tag{5}$$

$$\Pi_s^{\lambda*} = A\theta(\lambda t) \frac{C}{k-1} \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} \tag{6}$$

$$\Pi_r^{\lambda*} = A\theta(t) \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{1-k} - \tag{7}$$

$$A\theta(\lambda t) \frac{Ck}{k-1} \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} \tag{7}$$

$$\Pi^{\lambda*} = A\theta(t) \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{1-k} - \tag{8}$$

$$A\theta(\lambda t) C \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} \tag{8}$$

证明：供应链双方决策目标均为达到自身最优获益，基于逆向归纳法，对零售商的利润函数求零售价 P^λ 的二阶导数： $\frac{\partial^2 \Pi_r^\lambda}{\partial (P^\lambda)^2} = -k(k-1)A\theta(t)P^{-k-1} -$

$k(k+1)w\theta(\lambda t)P^{-k-2} < 0$ ，可以判断出此利润函数可求得最大解。同理，对生产商利润求解批发价 W^λ 的二阶

导数 $\frac{\partial^2 \Pi_s^\lambda}{\partial (W^\lambda)^2} = -A\theta(\lambda t)(W-C) \frac{k^4}{(k-1)^2} \left(\frac{Wk}{k-1} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} <$

0 ，显然存在生产商最大利润值。令 $\frac{\partial \Pi_s^\lambda}{\partial W^\lambda} = 0$ ，能够

得到最优批发价如下： $W^{\lambda*} = \frac{Ck}{k-1}$ ，式(5)得证。

同理可得式(3—8)，即命题1得证。

推论1：当 $\theta(t)$ 增大时， $\Pi_s^{\lambda*}$ 减小； $\Pi_r^{\lambda*}$ 减小； $\Pi^{\lambda*}$ 减小。

证明：式(6) 求出 $\theta(\lambda t)$ 的一阶导数为 $\frac{\partial \Pi_s^{\lambda*}}{\partial \theta(\lambda t)} =$

$-AC \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} < 0$ ，显然随着 $\theta(\lambda t)$ 的增大，

$\Pi_s^{\lambda*}$ 不断下降。同理对式(5—6) 求 $\theta(\lambda t)$ 的一阶导数为

为 $\frac{\partial \Pi_r^{\lambda*}}{\partial \theta(\lambda t)} = -A \frac{Ck}{k-1} \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} < 0$ ， $\frac{\partial \Pi^{\lambda*}}{\partial \theta(\lambda t)} =$

$-A \frac{C(2k-1)}{(k-1)} \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \frac{\theta(\lambda t)}{\theta(t)} \right)^{-k} < 0$ ，显然随着 $\theta(\lambda t)$ 的

增大, Π_r^{2*} , Π_s^{2*} 均随之下降, 推论 1 得证。

从推论 1 易知, 当供应链中存在生产商谎报产品鲜活度信息的行为时, 会造成供应链上各方利润的降低, 特别是随着谎报因子的 λ 的减小, 谎报的产品生产时间越短, 谎报程度越大, 对利润的损害越大, 同时造成社会资源的浪费。综上所述, 需要引用适合的约定契约, 来协调双方利润, 以此方式减少生产商的谎报行为, 均衡供应链各方利润, 提高供应链总利润, 增加供应链的稳定性。

进行供应链协调的最优结果即完全消除生产商的谎报行为, 以达到供应链利润最优, 接下来分析不存在谎报行为时的供应链模型。

3 不存在谎报行为下生鲜农产品供应链利润模型

供应链上不存在谎报行为的情形, 即双方对生鲜农产品各方面信息的认知度相同, 这种情形下, 零售商持有的鲜活度信息与生产商持有的信息对等。此情形下, 生产商和零售商的利润模型见式 (9—10)。(此处订货量 Q 与零售商的需求预测 D 一致)

生产商的利润函数为:

$$\Pi_s = (W - C) \times Q \quad (9)$$

零售商的利润函数为:

$$\Pi_r = (P - W) \times Q \quad (10)$$

随后对供应链上分散决策和集中决策等 2 种决策情形下的各方利润分配情况进行求解分析。

1) 当供应链分散决策时, 可以得到命题 2。

命题 2:

$$P^{D*} = \frac{k^2}{(k-1)^2} C \quad (11)$$

$$Q^{D*} = \left(\frac{k^2}{(k-1)^2} C \right)^{-k} A\theta(t) \quad (12)$$

$$\Pi_s^{D*} = A\theta(t) \frac{C}{k-1} \left(\frac{Ck^2}{k^2-1} \right)^{-k} \quad (13)$$

$$\Pi_r^{D*} = A\theta(t) \frac{Ck}{(k-1)^2} \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \right)^{-k} \quad (14)$$

$$\Pi^{D*} = A\theta(t) \frac{C(2k-1)}{(k-1)^2} \left(\frac{Ck^2}{(k-1)^2} \right)^{-k} \quad (15)$$

证明: 此处与命题 1 的证明方法相同, 依然以逆向归纳法进行计算, 发现零售价格与批发价格的二阶导数均小于零, 显而易见, 可以得出最大解。故此将其一阶导数归于零, 即可解得最大值, 命题 2 得证。

2) 当供应链集中决策时得到命题 3。

命题 3:

$$P^{C*} = \frac{Ck}{k-1} \quad (16)$$

$$\Pi^{C*} = A\theta(t) \frac{C}{k-1} \left(\frac{kC}{k-1} \right)^{-k} \quad (17)$$

从命题 2 和命题 3 可以看出分散决策情形下的零售价格 P^{C*} 比集中决策情形下的零售价格 P^{D*} 要高, 即消费者的需求随之降低; 同时, 前者的供应链总利润较后者要低, $\Delta\Pi^* = A\theta(t) \frac{C}{k-1} \left(\frac{kC}{k-1} \right)^{-k} \left(1 - \frac{2k-1}{k-1} \left(\frac{k}{k-1} \right)^{-k} \right) > 0$, 因此需要借用关系契约来协调供应链, 凭此消除“双重边际”效应, 优化供应链利润。

4 基于收益共享契约的供应链协调模型分析

4.1 不存在谎报行为下的供应链协调

首先, 对不存在谎报行为的分散型供应链展开协调, 将收益共享契约应用于此供应链中。约定收益共享比例为 φ , 即零售商保留原销售收益的比例为 φ , 共享给生产商其销售收入比例为 $1-\varphi$ 。引入收益共享比例之后的供应链利润模型见式 (18—19):

生产商的利润函数为:

$$\Pi_s^\varphi = (W - C) \times Q + (1 - \varphi) \times P \times Q \quad (18)$$

零售商的利润函数为:

$$\Pi_r^\varphi = \varphi \times P \times Q - W \times Q \quad (19)$$

命题 4: 当收益共享契约因子 $\varphi \in$

$\left[\left(\frac{k}{k-1} \right)^{1-k}, 1 - \left(\frac{k}{k-1} \right)^{-k} \right]$ 时, 收益共享契约能够有效协调分散型供应链。

证明: 引入收益共享契约之后, 必须满足以下几点, 才能实现契约的有效性。

1) 帕累托改进原则。收益共享契约协调的核心要求为协调之后的供应链上各成员均采取集中决策, 故此得到等式: $P^{\varphi*} = P^{D*}$ 。将零售商的利润模型对价

格 P^φ 求解二阶导数 $\frac{\partial^2 \Pi_r}{\partial P^2} = -\varphi k(k-1)A\theta(t)P^{-k-1} - \varphi k(k+1)w\theta(\lambda t)P^{-k-2} < 0$, 故协调后的零售商利润函数为价格 P^φ 的上凸函数。将其一阶导数归为 0, 即可得最优零售价格 $P^{\varphi*} = \frac{k}{k-1} \frac{W}{\varphi}$ 。根据收益共享契约的协调要求可知, 供应链各节点成员必须采取与一体化最优决策相一致的策略, 即满足渠道协调条件 $P^{\varphi*} =$

$\frac{k}{k-1} \frac{W}{\varphi} = P^{D*} = \frac{Ck}{k-1}$ 。最终可得到 $W = \varphi C$ 。

2) 利润再分配原则。供应链上各参与者间的利

谓协调至集中化决策情形下的纳什均衡状态,协调后的各成员利润不仅要达到上一点的帕累托改进原则,且还应该遵循激励相容原则,即通过协调后生产商和零售商的利润均需不小于该成员自主决策时的利润。因此,须满足 $\Pi_s^\varphi \geq \Pi_s^D$, $\Pi_r^\varphi \geq \Pi_r^D$, $\Pi^\varphi \geq \Pi^D$ 。将上述证明中的 P^{φ^*} , W^{φ^*} 反向替换入协调之后的利润模型中,即有 $\Pi_s^{\varphi^*} = A\theta(t)(1-\varphi)\frac{C}{k-1}\left(\frac{Ck}{k-1}\right)^{-k}$, $\Pi_r^{\varphi^*} = A\theta(t)\varphi\frac{C}{k-1}\left(\frac{Ck}{k-1}\right)^{-k}$, 满足上式之后可以得到 $\left(\frac{k}{k-1}\right)^{1-k} \leq \varphi \leq 1 - \left(\frac{k}{k-1}\right)^{-k}$, 即得出收益共享比例 φ 的有效取值范围。综上命题4得证。

在供应链协调中的调查研究中发现,与数量折扣契约、回购契约、价格折扣契约相比,收益共享契约具有更强的实用性。通过上述分析发现,引入收益共享契约可以减少供应链系统中的“双重边际”效应,增加供应链的稳定性。接下来将进一步分析存在生产商谎报行为情形下的收益共享契约是否同样可以进行有效协调。

4.2 生产商谎报行为下的供应链协调

对存在谎报行为下的供应链展开协调,同样约定收益共享比例为 φ , 即零售商保留原销售收益的比例为 φ , 共享给生产商销售收入比例为 $1-\varphi$ 。引入收益共享比例之后的供应链利润模型见式(20—21)。

生产商的利润函数为:

$$\Pi_s^{\lambda\varphi} = (W - C) \times Q + (1 - \varphi) \times P \times Q^0 \quad (20)$$

零售商的利润函数为:

$$\Pi_r^{\lambda\varphi} = \varphi \times P \times Q^0 - W \times Q^0 - (Q - Q^0) \times W \quad (21)$$

命题5: 存在生产商谎报行为的供应链中,引入收益共享契约既可以协调“双重边际”效应,也可以抑制生产商谎报行为,实现鲜活度信息对等。

证明: 将其引入收益共享比例的零售商利润函数,求零售价格 $P^{\lambda\varphi}$ 的一阶导数等于零,可求得

$$P^{\lambda\varphi*} = \frac{k}{k-1} \frac{\theta(t) W}{\theta(\lambda t) \varphi}, \text{ 因此可得到 } \Pi_s^{\lambda\varphi*} = (1-\varphi) \cdot$$

$$AC \left(C \frac{k}{k-1} \frac{\theta(t)}{\theta(\lambda t)} \right)^{-k} \left(\frac{k}{k-1} \frac{(\theta(t))^2}{\theta(\lambda t)} - \theta(\lambda t) \right).$$

$$\lambda \text{ 的一阶导数: } \frac{\partial \Pi_s^{\lambda\varphi*}}{\partial \lambda} = (1-\varphi) AC \left(\frac{Ck}{k-1} \frac{T^2 - t^2}{T^2 - \lambda^2 t^2} \right)^{-k} \cdot$$

$$\left(\frac{k}{k-1} \frac{2\lambda t^2 (T^2 - t^2) (1-k)^2}{T^2 (T^2 - \lambda^2 t^2)} + \frac{2\lambda t^2}{T^2} (1-k) \right), \text{ 当且仅当}$$

$$\lambda=1 \text{ 时, } \frac{\partial \Pi_s^{\lambda\varphi*}}{\partial \lambda} = 0, \text{ 即表示当生产商不谎报时的利润}$$

最大。

通过分析,发现在存在生产商谎报行为情形下的收益共享契约,不仅可以抑制生产商的谎报行为,同时可以使生产商以正当方式增加零售商的订销量,使生产商可以维护自身品牌形象,提升自身的社会声誉。收益共享契约比例的取值变化是如何影响协调效果的,将通过算例仿真的方式进一步探析。

5 算例仿真分析

假设^[4]市场上的某生鲜农产品需求规模 $A=900 \text{ t}$, 价格弹性 $K=2$ 。在标准保存条件下,生命周期 T 为 15 d, 谎报因子 $\lambda \in (0,1)$, 单位生产成本为 $C=5 \text{ 元/kg}$ 。

1) 供应链利润受生产时间与谎报因子变化的影响。谎报情况下生产商利润变化、谎报情况下零售商利润变化、谎报情况下供应链总利润变化分别见图2—4,发现三者虽受生产时间和谎报因子的变化趋势是一致的,但程度有所不同。显然供应链总利润甚于零售商利润甚于生产商利润。由图2—4易知,产品

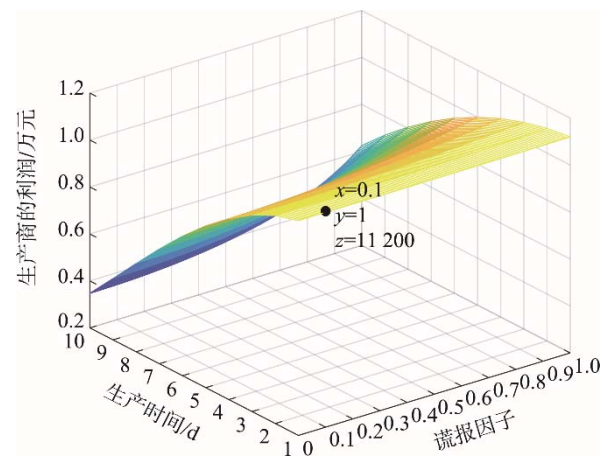


图2 谎报情况下生产商利润变化

Fig.2 Changes of supplier's profit in the case of false reports

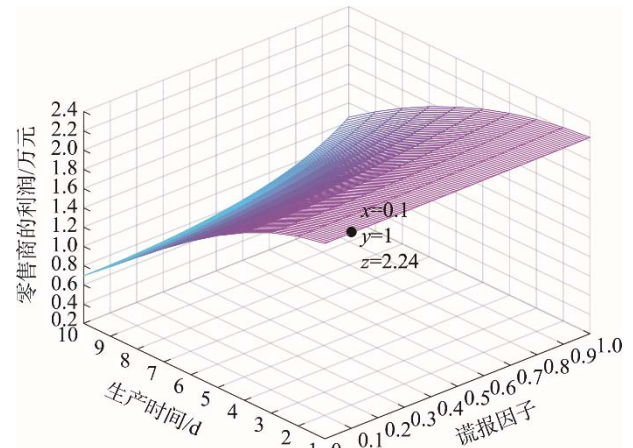


图3 谎报情况下零售商利润变化

Fig.3 Changes of retailer's profit in the case of false reports

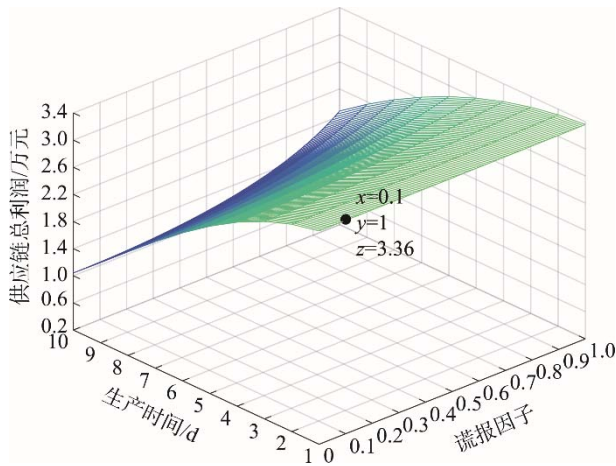


图 4 谎报情况下供应链总利润变化
Fig.4 Changes of total profit of the supply chain in the case of false reports

的生产时间越短，利润受谎报因子影响越小，这与常识是一致的。当产品生产时间较短时，生产商由于风险规避性，不会谎报产品鲜活度信息。随着产品生产时间的增加、对产品鲜活度的要求越高，会增加生产商的谎报动机，因此谎报行为产生的不良影响将随之增加。需要注意的是，由于谎报行为的特殊性，当谎报因子越小时，表示生产商的谎报程度越大，因此，随着谎报因子的增大，供应链系统的利润将提高。

2) 协调因子的变动对供应双方各自利润的影响。文中分别对非谎报行为下以及谎报行为下的供应链协调进行了讨论，发现谎报因子不同时，收益共享契约的协调效果不一样(此处分析时假设产品实际生产时间 $t=5$ d)，见图 5。

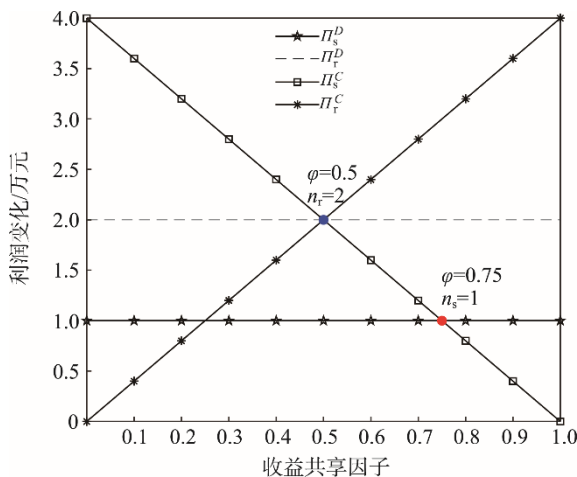


图 5 协调因子变动对供应双方利润的影响
Fig.5 Impact of changes in coordination factors on the profit of both parties

由命题 4 易知，在引入收益共享契约后的供应链系统中，生产商向零售商提出的批发价格 (W) 与生产商的销售收入比例 ($1-\varphi$) 呈线性负相关关系。这点反映了引入契约时的约束原则，即在促进生产商和

零售商一体化决策的过程中，零售商不能任意决定收益共享比例 (φ)，生产商能够借由批发价格 (W) 的高低以调节收益共享比例 (φ) 的大小。由图 5 可知，当 $\varphi \in \left[\frac{1}{2}, \frac{3}{4} \right]$ ，协调后供应链系统中的各方利润均优于分散决策下的利润，这符合引入契约的激励相容原则。超出此范围后收益共享契约将失效，无法起到供应链协调作用。

6 结语

文中构建了包含单一生产商和单一零售商的 2 级生鲜农产品供应链，针对供应链实际运作过程中存在的生产商谎报鲜活度信息行为，考虑用收益共享契约以协调供应链，同时抑制生产商谎报行为，有以下 3 点发现。

1) 在分散决策情形下，生产商向零售商提供的批发价格是唯一且确定的，与其是否谎报鲜活度信息无关，批发价格不受谎报行为的影响。

2) 在生产商与零售商各自决策的情形下，生产商向零售商谎报产品鲜活度信息会导致零售商错误预测消费者的需求量，从而增加订货量，使零售商利润受损，且生产商谎报鲜活度信息行为对供应链系统利润的影响受产品实际生产时间影响；当产品生产时间越短时，谎报行为的影响越小；随着产品生产时间的延长，谎报行为越明显，对供应链系统的利润影响越大。

3) 以集中化决策时的供应链系统利润为标准，收益共享契约既能有效协调“双重边际”效应，也可抑制生产商谎报鲜活度信息的行为，实现信息对等。同时，通过调节收益共享系数，能够将供应链系统中各方的利润再分配；且当收益共享比例 $\varphi \in \left[\left(\frac{k}{k-1} \right)^{1-k}, 1 - \left(\frac{k}{k-1} \right)^{-k} \right]$ 时，可以实现对供应链的有效协调。

文中为解决生产商谎报鲜活度信息的行为，提出以收益共享契约来协调供应链，为供应链系统优化提供了一定的理论指导。随后的研究中将更进一步引入其他契约形式，比较其协调效果。由于文中考虑的是单一生产商和零售商的供应链，此类供应链是典型且基础的供应链，因此文中结论可以扩展应用于更复杂的供应链中，并进一步研究多方参与的供应链协调问题。

参考文献：

[1] XIAO T, YANG D, SHEN H. Coordinating a Supply Chain with a Quality Assurance Policy via a Revenue-sharing Contract[J]. International Journal of Pro-

- duction Research, 2011, 49(1): 99—120.
- [2] 熊峰, 方剑宇, 袁俊, 等. 盟员行为偏好下生鲜农产品供应链生鲜努力激励机制与协调研究[J]. 中国管理科学, 2019(4): 115—126.
XIONG Feng, FANG Jian-yu, YUAN Jun, et al. Incentives and Coordination of Fresh Investment of Fresh Agricultural Products Supply Chain[J]. Chinese Journal of Management Science, 2019(4): 115—126.
- [3] 王淑云, 马文秀. 基于保鲜努力的生鲜农产品库存和协调优化[J]. 公路交通科技, 2019, 36(6): 125—134.
WANG Shu-yun, MA Wen-xiu. Fresh Agricultural Products Inventory and Coordinative Optimization Based on Fresh Keeping Effort[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2019, 36(6): 125—134.
- [4] 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(9): 147—155.
YANG Ya, FAN Ti-jun, ZHANG Lei. Coordination of Fresh Agricultural Supply Chain with Asymmetric Freshness Information[J]. Chinese Journal of Management Science, 2016(9): 147—155.
- [5] 吴忠和, 陈宏, 赵千. 时间约束下鲜活农产品供应链应急协调数量折扣契约研究[J]. 运筹与管理, 2014(3): 146—156.
WU Zhong-he, CHEN Hong, ZHAO Qian. Supply Chain Disruptions Coordination of Fresh Agricultural Products under Time Constraints with Quantity Discount Contracts[J]. Operations Research and Management Science, 2014(3): 146—156.
- [6] 唐振宇, 罗新星, 陈晓红. 两类信息不对称条件下基于期权的生鲜农产品供应链协调研究[J]. 预测, 2019, 38(3): 76—83.
TANG Zhen-yu, LUO Xin-xing, CHEN Xiao-hong. Research on Supply Chain Coordination of Fresh Agricultural Products Based on Options under Two Kinds of Information Asymmetry[J]. Forecasting, 2019, 38(3): 76—83.
- [7] ZHANG J, LIU G, ZHANG Q, et al. Coordinating a Supply Chain for Deteriorating Items with a Revenue Sharing and Cooperative Investment Contract[J]. Omega, 2015, 56: 37—49.
- [8] CAKANYILDIRIM M, FENG Q, GAN X, et al. Contracting and Coordination under Asymmetric Production Cost Information[J]. Production & Operations Management, 2012, 21(2): 345—360.
- [9] YAN B, WANG T, LIU Y P, et al. Decision Analysis of Retailer-dominated Dual-channel Supply Chain Considering Cost Misreporting[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 178: 34—41.
- [10] 颜波, 刘艳萍, 李鸿媛. 成本信息不对称下零售商主导的混合渠道供应链决策分析[J]. 中国管理科学, 2015, 23(12): 124—134.
YAN Bo, LIU Yan-ping, LI Hong-yuan. Decision Analysis of Retailer-dominated Hybrid Channel Supply Chain under the Asymmetric Cost Information[J]. Chinese Journal of Management Science, 2015, 23(12): 124—134.
- [11] 肖群, 马士华. 促销努力成本信息不对称下供应链回购契约[J]. 运筹与管理, 2015, 24(3): 27—34.
XIAO Qun, MA Shi-hua. Design for Supply Chain Contract with Asymmetric Information on Promotional Effort Cost[J]. Operations Research and Management Science, 2015, 24(3): 27—34.
- [12] 李怡娜, 徐学军. 信息不对称条件下可控提前期供应链协调机制研究[J]. 管理工程学报, 2011, 25(3): 194—199.
LI Yi-na, XU Xue-jun. Supply Chain Coordination with Controllable Lead Time and Asymmetric Information[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2011, 25(3): 194—199.
- [13] 冯颖, 刘真. TPL 参与的生鲜农产品供应链成本谎报行为分析[J]. 软科学, 2017, 31(9): 133—137.
FENG Ying, LIU Zhen. Analysis of Cost Misreporting in a Fresh Agri-products Supply Chain with TPL's Participation[J]. Soft Science, 2017, 31(9): 133—137.
- [14] 但斌, 丁松, 伏红勇. 信息不对称下销地批发市场的生鲜供应链协调[J]. 管理科学学报, 2013, 16(10): 40—50.
DAN Bin, DING Song, FU Hong-yong. Fresh Supply Chain Coordination by Wholesale Market in Sale Place under Information Asymmetry[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(10): 40—50.
- [15] 杨磊, 郑晨诗, 纪静娜. 碳信息不对称下的供应链谎报决策与协调研究[J]. 中国管理科学, 2016, 24(4): 111—120.
YANG Lei, ZHENG Chen-shi, JI Jing-na. Misreporting Decisions and Coordination in Supply Chain under Asymmetric Carbon Information[J]. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(4): 111—120.
- [16] 史保阳, 史保莉. 考虑努力水平、损耗及消费者效用的农超对接生鲜农产品供应链协调[J]. 工业工程与管理, 2019, 24(5): 43—48.
SHI Bao-yang, SHI Bao-li. Fresh Agricultural Product Supply Chain Coordination Considering the Level of Effort, Loss and Consumer Utility[J]. Industrial Engineering and Management, 2019, 24(5): 43—48.
- [17] 冯颖, 吴茜, 张炎治, 等. VMCI 下基于剩余产品成本分摊的生鲜农产品供应链协调[J]. 系统管理学报, 2019, 28(3): 579—586.
FENG Ying, WU Qian, ZHANG Yan-zhi, et al. Supply Chain Coordination of Fresh Agri-product Based on Cost Allocation of Residual Products under VMCI[J]. Journal of Systems & Management, 2019, 28(3): 579—586.
- [18] WANG Y. Joint Pricing-production Decisions in Supply Chains of Complementary Products with Uncertain Demand[J]. Operations Research, 2006, 54(6): 1110—1127.