

曹武军,邢晓飞,陈志斐. 基于两部收费制的生鲜农产品三级供应链协调[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):259-264.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.068

基于两部收费制的生鲜农产品三级供应链协调

曹武军,邢晓飞,陈志斐

(郑州大学管理工程学院,河南郑州 450001)

摘要:针对生鲜农产品在流通环节供应链系统不协调、成员合作关系不稳定的问题,研究两部收费制下生鲜农产品三级供应链协调。首先采用迭代关系表示生鲜农产品新鲜度,构建由单个生产商、分销商、零售商组成的生鲜农产品三级供应链利润模型,分析两部收费制对生鲜农产品供应链的协调及对成员稳定合作的作用,最后通过数值算例验证模型结论。结果表明,两部收费制既能协调生鲜农产品三级供应链,消除双重边际效应,最大程度上获取消费者剩余,还能稳定供应链成员之间的合作关系,且对供应链系统而言,售价和新鲜度敏感系数均为 0.5 时取得最大利润。

关键词:生鲜农产品;三级供应链;供应链协调;迭代关系;新鲜度;两部收费制;利润模型;供应链成员合作

中图分类号: F253 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0259-05

生鲜农产品是与居民生活息息相关的蔬菜、水果、肉品、水产、奶类等,在日常生活消费中占据重要的地位,但是它本身具有易腐性、季节性、生产周期长、易受外界环境影响等特点^[1],受其自身特点和供应链成员各自利润最大化的影响,生鲜农产品供应链的协调性和供应链成员稳定合作的问题在产品的流通环节尤为突出,具体表现为现阶段生鲜农产品的冷链保鲜技术不成熟、物流损耗较大、价格不稳定、生鲜农产品市场信息不透明、供应链各成员利润分配不均衡、供应链成员无法长期合作^[1]。而我国生鲜农产品仅在物流环节的损失率就高达 25% 以上,是发达国家的 5 倍以上,损失价值高达 750 亿元^[2]。因此,关注生鲜农产品的保鲜、供应链系统的稳定性以及供应链各成员的合作,探寻提高供应链各成员的利润和实现供应链协调的运作策略,对于供应链成员以及居民的消费需求均有重要意义。基于保鲜的生鲜农产品供应链协调性的研究一直是农产品供应链的一个热点问题。Cai 等研究了供应商提供保鲜努力下的生鲜农产品优化和协调问题,并提出通过供应商的保鲜努力可使生鲜农产品保持较高的存活率和质量,但只是笼统地说明优化协调问题,没有用具体的模型来表述^[3];王磊等在保鲜影响消费者效用情形下研究零售商订货和定价策略,以及生鲜农产品二级供应链协调的契约,在细节处提到供应链成员均保鲜时可能保鲜效果最佳,但是没有论证^[4-5];侯玉梅等设计了一个基于收益共享和成本共担的契约来解决生鲜农产品三级供应链系统的多边效益问题,但仅仅考虑了零售商的保鲜努力,没有考虑其他成员保鲜情形^[6];林略等研究了产品有损耗情形下收益共享契约对鲜活农产品供应链协调的问题,但没有考虑保鲜的情形,

所以有必要研究供应链成员对保鲜下的生鲜农产品三级供应链协调性问题^[7-8]。另一方面,学者大多用收益共享契约、批发价契约、期权契约等来协调生鲜农产品供应链,然而在实践中,由于生鲜农产品自身的特性,生产销售生鲜农产品均有一定的风险,而两部收费制规定下游成员向上游成员订货时先给予上游成员一定的固定通道费,上游成员在有固定通道费作利润保障的前提下,以较低的批发价为下游成员提供有保障的产品,这样既能满足双方需求,又能稳定合作关系,所以本研究用两部收费制(别称两部定价契约)来协调供应链。就两部收费制对供应链系统的协调作用,国内外的研究主要集中在工业品供应链上,例如徐浩等研究了两部收费制在成本和需求同时扰动下协调制造商拥有直销渠道的双渠道供应链^[9];韩小花等验证两部收费制能够协调成本扰动前后的闭环供应链,但是零售商获得的通道费随着制造成本正扰动量的增加而减少,负扰动量绝对值的增加而增加^[10];孙静运用两部收费制使得分散式决策闭环供应链在稳定环境和突发事件干扰下均能实现协调^[11]。极少数学者研究了两部收费对生鲜农产品供应链的协调作用,例如李天杰等运用两部收费制协调了未提供保鲜努力水平激励和提供保鲜努力水平激励的生鲜农产品二级供应链,但是没有探讨两部收费制对供应链成员均保鲜的三级供应链协调问题^[12]。因此,本试验在以上研究的基础上,基于生鲜农产品新鲜度迭代关系,运用消费者效用理论,分析和对比集中决策和分散决策下生鲜农产品供应链的最优决策和利润,使用两部收费制协调分散决策下的生鲜农产品供应链,并进一步探讨供应链成员在共赢时的契约参数范围,说明两部收费制对供应链成员合作稳定性的重要意义。

1 问题描述与相关假设

研究由单个生产商(S)-分销商(D)-零售商(R)组成的鲜活农产品三级供应链系统,零售商在销售季前有 1 次订货机会,相关假设条件有:假设 1,供应链成员均保鲜且完全理性和风险中性,不考虑运输中的损耗。

假设 2, t_1 是生产商将产品运送至分销商的时间间隔, t_2

收稿日期:2016-03-12

基金项目:国家自然科学基金(编号:71371173);河南省高等学校青年骨干教师资助计划(编号:2014GGJS-103);河南省高校科技创新人才支持计划(编号:2011HASTIT002)。

作者简介:曹武军(1971—),男,河南郑州人,博士,副教授,从事农产品动态定价问题及供应链协调研究。E-mail:13944485@qq.com。

是分销商将产品运送至零售商的时间间隔, t 是零售商的产品到达消费者手中的时间间隔(销售周期), 且 $t_1 + t_2 + t \leq T_0$, T_0 是产品的最长生命周期, 则 $t \in (0, T_0 - t_1 - t_2)$, 令销售周期 $T = T_0 - t_1 - t_2$, 则 $t \in (0, T)$ 。

假设 3, 生鲜农产品新鲜度随着供应链成员交易运输时间的延长而降低, 且受供应链成员保鲜努力程度的影响, 在此借鉴文献[13-14]中生鲜农产品新鲜度迭代关系式, 假定本研究的生鲜农产品新鲜度因子为:

$$\theta_i = \theta_{i-1} - (1 - k_{di}\tau_i)\eta\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^2. \quad (1)$$

式中: θ_i 表示生鲜农产品在供应链结点成员 i 处的新鲜度; θ_{i-1} 表示生鲜农产品在供应链结点成员 $i-1$ 处的新鲜度($i=1$ 表示生产商, $i=2$ 表示分销商, $i=3$ 表示零售商), 且 $\theta_0=1$; η 是不保鲜下生鲜农产品的自然衰减极值; $\tau_i \in (0, 1)$, 是成员 i 的保鲜努力水平; k_{di} 是保鲜对保鲜努力程度的敏感系数。

生产商保鲜后的新鲜度 $k_{si}\tau_i\eta\left(\frac{t_i}{T_0}\right)^2 < 1$ 即产品采取保鲜不能提高新鲜度, 仅能减缓新鲜度的衰减。则生产商的新鲜度为 $\theta_1 = 1 - (1 - k_{si}\tau_s)\eta\left(\frac{t_1}{T_0}\right)^2$; 分销商的新鲜度 $\theta_2 = \theta_1 - (1 - k_{di}\tau_d)\eta\left(\frac{t_2}{T_0}\right)^2$; 零售商的新鲜度 $\theta_{(i)} = \theta_2 - (1 - k_{ri}\tau_r)\eta\left(\frac{t}{T_0}\right)^2 = 1 - \eta\left(\frac{(1 - k_{si}\tau_s)t_1^2 + (1 - k_{di}\tau_d)t_2^2 + (1 - k_{ri}\tau_r)t^2}{T_0^2}\right)$ 。

假设 4, 对供应链整体而言, 只须要关注消费者是否购买以及整个市场的容量, 本研究参考文献[14]中消费者效用的函数假设, 将其设为 $U_{(i)} = U_0 - \alpha p + \beta\theta_{(i)}$, 其中 U_0 为消费者对产品的初始认知价值, α, β 分别为消费者对生鲜农产品价格和新鲜度的敏感系数, $\alpha + \beta = 1$ 。只有当 $U_{(i)} > 0$ 时, 消费者才会选择购买; 否则放弃购买, 令 δ 为市场规模度量值, 在任一时刻 t , 零售商的市场购买量为 $D(t) = \delta p[U_{(i)} > 0]$, 则 $D(t) = \delta p[U_0 - \alpha p + \beta\theta_{(i)} > 0] = \delta p[U_0 > \alpha p - \beta\theta_{(i)}] = \delta[1 - \alpha p + \beta\theta_{(i)}]$, 所以在 1 个销售周期 T 内供应链系统的订货总量为 $Q = \int_0^T \delta[1 - \alpha p + \beta\theta_{(i)}] dt$ 。

令 $M_1 = \beta T(1 - \eta\frac{t_1^2 + t_2^2 + \frac{1}{3}T^2}{T_0^2})$, $A_r = \beta T\eta\frac{k_{ri}T^2}{3T_0^2}$, $A_d = \beta T\eta\frac{k_{di}t_2^2}{T_0^2}$, $A_s = \beta T\eta\frac{k_{si}t_1^2}{T_0^2}$, 则供应链系统的实际订货总量为 $Q = \delta[(1 - \alpha p)T + M]$, 其中 $M = M_1 + A_s\tau_s + A_d\tau_d + A_r\tau_r$ 。

假设 5, 供应链成员采取保鲜后, 必须有保鲜成本的投入, 且保鲜努力程度与保鲜成本正相关, 在此引用文献[3]中的保鲜成本函数 $c_i = \frac{1}{2}k_{i2}\tau_i^2$, $k_{i2} > 0$ 是保鲜努力水平对保鲜成本的影响系数, 该式表明保鲜努力程度越高, 其保鲜成本越高。零售商的保鲜成本函数为 $c_r = \frac{1}{2}k_{r2}\tau_r^2$, 分销商的保鲜成本为 $c_d = \frac{1}{2}k_{d2}\tau_d^2$, 生产商的新鲜成本为 $c_s = \frac{1}{2}k_{s2}\tau_s^2$ 。其中与其他相关的符号 c_i ($i=1$ 表示生产商, $i=2$ 表示分销商, $i=3$ 表示零售商) 为供应链成员 i 的单位生产销售成本; Q 是零售商

商 R 的订货量; p 是产品单位售价; π_i 是供应链成员 i 的利润函数; w_2 是分销商给零售商的批发价; w_1 是生产商给分销商的批发价。

2 生鲜农产品供应链的协调

2.1 集中决策下的供应链模型研究

在集中化决策下, 生产商-分销商-零售商作为一个决策主体, 以供应链整体利润最大化为目标来进行决策, 不考虑供应链各成员之间的转移支付, 令 $c = c_1 + c_2 + c_3$, 则供应链系统的整体利润函数为:

$$\pi = (p - c)Q - c_s - c_d - c_r. \quad (2)$$

命题 1, 在集中决策下, 供应链系统利润 π 是关于 p 和 τ_i 的严格凹函数。

证明, 在集中决策下, 将 π 对售价 p 求二阶导, 可得 $\frac{\partial^2 \pi}{\partial p^2} = -2\alpha T < 0$, 即 π 是价格 p 的凹函数。同时, 将 π 对保鲜努力程度 τ_i 求二阶导, 可得 $\frac{\partial^2 \pi}{\partial \tau_i^2} = -k_{i2} < 0$, 即 π 是保鲜努力程度的 τ_i 凹函数, 而 π 对 p 和 τ_i 的二阶 Hessian 矩阵为:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi}{\partial p^2} & \frac{\partial^2 \pi}{\partial p \partial \tau_i} \\ \frac{\partial^2 \pi}{\partial \tau_i \partial p} & \frac{\partial^2 \pi}{\partial \tau_i^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\alpha T & \delta A_i \\ \delta A_i & -k_{i2} \end{bmatrix}。$$

由于矩阵中的一阶主子式 $-2\alpha T < 0$, 因此当 $2\alpha T k_{i2} - \delta^2 A_i^2 > 0$ 时, 二阶 Hessian 矩阵为负定, 此时 π 是关于 p 和 τ_i 的凹函数, 说明供应链系统存在最优解使其利润最大化。

命题 2, 集中决策下供应链系统达到最优时的最优零售价为 $p^* = \frac{T + M_1 + \alpha T c + A_r\tau_r^* + A_d\tau_d^* + A_s\tau_s^*}{2\alpha T}$ 。

最优保鲜努力程度为:

$$\begin{aligned} \tau_r^* &= \frac{\delta A_r(T + M_1 - \alpha T c)}{2\alpha T k_{r2} - \delta(A_r^2 + \frac{A_r^2 k_{r2}}{k_{d2}} + \frac{A_s^2 k_{r2}}{k_{s2}})}; \\ \tau_d^* &= \frac{\delta A_d(T + M_1 - \alpha T c)}{2\alpha T k_{d2} - \delta(A_d^2 + \frac{A_r^2 k_{d2}}{k_{r2}} + \frac{A_s^2 k_{d2}}{k_{s2}})}; \\ \tau_s^* &= \frac{\delta A_s(1 + M_1 - \alpha T c)}{2\alpha T k_{s2} - \delta(A_s^2 + \frac{A_r^2 k_{s2}}{k_{r2}} + \frac{A_d^2 k_{s2}}{k_{d2}})}. \end{aligned}$$

此时供应链系统的最优订货量为:

$$Q^* = \frac{\delta(T + M_1 - \alpha T c + A_r\tau_r^* + A_d\tau_d^* + A_s\tau_s^*)}{2}。$$

供应链系统的最大利润函数为 $\pi^* = (p - c)Q^* - \frac{1}{2}k_{r2}(\tau_r^*)^2 - \frac{1}{2}k_{d2}(\tau_d^*)^2 - \frac{1}{2}k_{s2}(\tau_s^*)^2$ 。

证明, 由命题 1 的结论可知供应链系统存在最优解, 根据一阶最优性条件 $\frac{\partial \pi}{\partial p} = 0, \frac{\partial \pi}{\partial \tau_r} = 0, \frac{\partial \pi}{\partial \tau_d} = 0, \frac{\partial \pi}{\partial \tau_s} = 0$ 得到集中决策下最优零售价和最优保鲜努力程度, 从而得到最优订货量、最大利润函数。

值得注意的是, 在集中决策下, $\tau_i \in (0, 1)$ 包括 0 和 1, 又 $2\alpha T k_{i2} - \delta^2 A_i^2 > 0$, 所以本研究是在 $T + M_1 - \alpha T c \geq 0$ 即

$c \leq \frac{T+M_1}{\alpha T}$ 的条件下讨论的, 当 $\tau_i \geq 1$ 时, 保鲜努力程度只能取值 1, $0 < \tau_i < 1$ 时, τ_i 取最优解。

2.2 分散决策无契约下的供应链分析

在零售商主导的生鲜农产品供应链系统中, 分散决策过程可看作三阶段的 Stackelberg 博弈。首先, 零售商根据自己的目标函数以及分销商和生产商的反应函数确定零售价格 p_0 和最优保鲜努力程度 τ_{a0} ; 然后, 分销商根据自己的目标函数以及零售商的决策和生产商的反应函数确定批发价 w_{20} 和最优保鲜程度 τ_{d0} ; 最后, 生产商根据自己的目标函数以及零售商和分销商的决策确定批发价 w_{10} 和最优保鲜程度 τ_{s0} , 因此决策模型为:

$$\begin{aligned} \max \pi_{r0}(p, \tau_{r0}) &= (p_0 - c_3 - w_{20})Q - \frac{1}{2}k_{r2}(\tau_{r0})^2; \\ \text{s. t.} &= \begin{cases} (w_{20}, \tau_{d0}) \in \arg \max \pi_{d0} = (w_{20} - c_2 - w_{10})Q - \frac{1}{2}k_{d2}(\tau_{d0})^2 \\ (w_{10}, \tau_{s0}) \in \arg \max \pi_{s0} = (w_{10} - c_1)Q - \frac{1}{2}k_{s2}(\tau_{s0})^2 \\ w_{20} > c_d + w_{10}; w_{10} > c_s \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

模型(3)的第 1、第 2 个约束条件是分销商和生产商的激励相容条件, 第 3 个约束条件是个人理性约束, 运用逆向归纳法谈论生产商、分销商、零售商的最优生产销售决策。

命题 3, 分散化决策下, 零售商的最优售价为:

$$p_0 = \frac{T + M_1 + \alpha T(c_3 + w_{20}) + A_r \tau_{r0} + A_d \tau_{d0} + A_s \tau_{s0}}{2\alpha T}。$$

零售商的最优保鲜努力程度为:

$$\tau_{r0} = \frac{\delta A_r [T + M_1 - \alpha T(c_3 + w_{20}) + A_s \tau_{s0} + A_d \tau_{d0}]}{2\alpha T k_{r2} - \delta A_r^2}。$$

分销商的最优批发价为:

$$w_{20} = \frac{T + M_1 + \alpha T(w_{10} + c_2 - c_3) + A_s \tau_{s0} + A_d \tau_{d0}}{2\alpha T}。$$

分销商的最优保鲜程度为:

$$\tau_{d0} = \frac{\delta A_d [T + M_1 - \alpha T(w_{10} + c_2 + c_3) + A_s \tau_{s0}]}{4\alpha T k_{d2} - 2\frac{k_{d2} A_r^2}{k_{r2}} - \delta A_d^2}。$$

生产商的最优批发价为:

$$w_{10} = \frac{T + M_1 + A_s \tau_{s0} - \alpha T(c_3 + c_2 - c_1)}{2\alpha T}。$$

生产商的最优保鲜程度为:

$$\tau_{s0} = \frac{\delta A_s (T + M_1 - \alpha T c)}{8\alpha T k_{s2} - \delta(A_s^2 + \frac{2k_{s2} A_d^2}{k_{d2}} + \frac{4k_{s2} A_r^2}{(k_{r2})^2})}。$$

最优生产量为 $Q_0 = \delta[(1 - \alpha p_0)T + M_1 + A_r \tau_{r0} + A_d \tau_{d0} + A_s \tau_{s0}]$; 零售商的利润函数为 $\pi_{r0}(p_0 - c_3 - w_{20})Q_0 - \frac{1}{2}k_{r2}(\tau_{r0})^2$; 分销商的利润函数为 $\pi_{d0} = (w_{20} - c_2 - w_{10})Q_0 - \frac{1}{2}k_{d2}(\tau_{d0})^2$; 生产商的利润函数为 $\pi_{s0} = (w_{10} - c_1)Q_0 - \frac{1}{2}k_{s2}(\tau_{s0})^2$ 。

证明, 根据相关参数的取值范围, 可知 π_{a0} 是 p_0 和 τ_{a0} 的严格凹函数, 由一阶最优性条件求出零售商决策的唯一最优反

应函数 $p(w_{20}, \tau_{d0}, \tau_{s0})$ 和最优保鲜努力程度 $\tau_{r0}(w_{20}, \tau_{d0}, \tau_{s0})$, 然后将最优反应函数代入到 π_{d0} 后求出分销商决策的唯一最优反应函数 $w_{20}(w_{10}, \tau_{s0})$ 和最优保鲜努力程度 $\tau_{d0}(\tau_{s0})$, 将最优反应函数代入到 π_{s0} 后求出生产商决策的唯一最优反应函数 w_{10} 和最优保鲜努力程度 τ_{s0} , 用逆向归纳法得出上述模型的最优解和最优值。

值得注意的是, 在分散决策下, $\tau_i \in (0, 1)$ 包括 0 或者 1,

本研究是在 $c \leq \frac{T+M_1}{\alpha T}$ 的条件下讨论的, 所以分散决策下 $\tau_i \geq 1$ 时, 保鲜努力程度只能取值 1, $0 < \tau_i < 1$ 时, 取最优解。

2.3 集中下决策和分散下决策对比分析

前面已经得到了集中决策和分散决策下的生鲜农产品供应链的最优决策变量和利润表达式, 在此对比分析供应链的最优决策, 得到结论 1: 无契约协调下的分散决策供应链系统存在双重边际效应, 供应链系统不协调。

证明: 由题设条件可知, 无论最优的保鲜努力程度如何取值, 均有 $w_{20} > w_{10} + c_d > c_d + c_s$, 同时由 $\frac{8k_{d2}\alpha T}{k_{r2}} - \delta[A_s^2 + \frac{2k_{d2}A_d^2}{k_{d2}} + \frac{4k_{d2}}{(k_{r2})^2}A_r^2] < 2\alpha T k_{d2} - \delta(A_s^2 + \frac{k_{d2}A_d^2}{k_{d2}} + \frac{k_{d2}A_r^2}{k_{r2}})$ 得出 $\tau_{s0} > \tau_s^*$, 同理, $\tau_{d0} < \tau_d^*$, $\tau_{r0} \leq \tau_r^*$, 所以市场零售价 $p_0 > p^*$, 产品订货量 $Q_0 < Q^*$, 同时有 $\pi_{r0} + \pi_{d0} + \pi_{s0} < \pi^*$, 分散化决策存在双重边际效应, 即分散化决策的效率低于集中化决策的效率, 供应链系统是不协调的。

同时由命题 3 和命题 5 确定最优保鲜努力程度的范围, 但保鲜努力程度大于 1 或者小于 0 均是极端事件, 所以本研究直接考虑保鲜努力水平在 $[0, 1]$ 区间的情况, 并在算例分析中作相应的限制。

2.4 两部收费制下的供应链分析

由于分散化决策的效率较低, 存在双重边际效应, 而两部收费制是价格歧视的 1 种, 目的在于最大程度上获取消费者剩余, 消除供应链成员之间的双重边际效应, 因此本研究采用两部收费制来协调生鲜农产品供应链。决策过程为: 首先, 零售商根据自己的目标函数以及分销商、生产商的反应函数确定向分销商支付通道费 f_r 和产品销售价格 p 、保鲜努力程度 τ_r ; 然后, 分销商根据零售商的决策和生产商的反应函数确定产品的批发价 w_2 、保鲜努力程度 τ_d , 并向生产商支付通道费 f_d ; 最后, 生产商根据分销商和零售商的决策确定产品的批发价 w_1 和保鲜努力程度 τ_s 。因此决策模型为:

$$\begin{aligned} \max \pi_r(p) &= (p - c_3 - w_2)Q - \frac{1}{2}k_{r2}(\tau_r)^2 - f_r; \\ \text{s. t.} &= \begin{cases} (w_2) \in \arg \max \pi_d = (w_2 - c_2 - w_1)Q - \frac{1}{2}k_{d2}(\tau_d)^2 + f_r - f_d \\ (w_1) \in \arg \max \pi_s = (w_1 - c_1)Q - \frac{1}{2}k_{s2}(\tau_s)^2 + f_d \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

命题 4, 当契约参数满足零售商的售价为:

$$p = p^* = \frac{T + \beta M_1 + \alpha T c + A_r \tau_r + A_d \tau_d + A_s \tau_s}{2\alpha T}。$$

零售商的最优保鲜努力程度为:

$$\tau_r = \tau_r^* = \frac{\delta A_r (T + M_1 - \alpha T c)}{2\alpha T k_{r2} - \delta(A_r^2 + \frac{A_d^2 k_{r2}}{k_{d2}}) + \frac{A_s^2 k_{r2}}{k_{s2}}}。$$

分销商的批发价为 $w_2 = c_1 + c_2$, 分销商的最优保鲜努力程度为:

$$\tau_d = \tau_d^* = \frac{\delta A_d (T + M_1 - \alpha T c)}{2\alpha T k_{d2} - \delta(A_d^2 + \frac{A_r^2 k_{d2}}{k_{r2}} + \frac{A_s^2 k_{d2}}{k_{s2}})}.$$

生产商的批发价为:

$$w_1 = c + c_1 - \frac{T + M_1 + A_s \tau_s + A_d \tau_d}{\alpha T}.$$

生产商的最优保鲜努力程度为:

$$\tau_s = \tau_s^* = \frac{\delta A_s (T + M_1 - \alpha T c)}{2\alpha T k_{s2} - \delta(A_s^2 + \frac{A_r^2 k_{s2}}{k_{r2}} + \frac{A_d^2 k_{s2}}{k_{d2}})}.$$

最优订货量为:

$$Q = Q^* = \frac{\delta(T + \beta M_1 - \alpha T c + A_r \tau_r + A_d \tau_d + A_s \tau_s)}{2} \text{ 时, 两部收费}$$

制能够协调零售商主导的生鲜农产品供应链。此时, 零售商的利润函数为 $\pi_r = \pi^* - f_r^*$; 分销商的利润函数为 $\pi_d = 2\pi^* + f_r^* - f_d^*$; 生产商的利润函数为 $\pi_s = -2\pi^* + f_d^*$ 。

证明, 参照式(3)的推导过程与 Kuhn - Track 条件、一阶最优性条件和两部收费制下供应链协调的条件, 可得到零售商的售价、分销商的批发价、生产商的批发价以及各自的最优保鲜努力程度, 从而得知供应链成员的利润函数。

推论 1, 两部收费制消除了供应链系统的双重边际效应。

证明, 由结论 1 可知, 集中决策下的利润大于分散无契约下的供应链成员利润之和, 供应链系统存在双重边际效应, 而由命题 4 可知, 两部收费制下的供应链各成员利润之和为 $\pi_r + \pi_d + \pi_s = \pi^*$, 则有 $\pi_r + \pi_d + \pi_s = \pi^* > \pi_{r0} + \pi_{d0} + \pi_{s0}$, 即两部收费制消除了供应链系统的双重边际效应。

推论 2, 两部收费制协调下的供应链成员达到共赢时收取的通道费为: 分销商向零售商收取的通道费 $f_r^* \in (\pi_{d0} + \pi_{s0}, \pi^* - \pi_{r0})$, 生产商向分销商收取的通道费 $f_d^* \in (2\pi^* + \pi_{s0}, 3\pi^* - \pi_{r0} - \pi_{d0})$ 。

证明: 两部收费契约消除了分散决策下的双重边际效应, 且使供应链成员达到共赢, 则有 $\pi_r > \pi_{r0}$, $\pi_d > \pi_{d0}$, $\pi_s > \pi_{s0}$, 由 $\pi_r > \pi_{r0}$ 得 $f_r^* < \pi^* - \pi_{r0}$; 由 $\pi_d > \pi_{d0}$ 得 $f_d^* - f_r^* < 2\pi^* - \pi_{d0}$, 由 $\pi_s > \pi_{s0}$ 得 $f_d^* > 2\pi^* + \pi_{s0}$, 所以有 $\pi_{d0} + \pi_{s0} < f_r^* < \pi^* - \pi_{r0}$; $2\pi^* + \pi_{s0} < f_d^* < 3\pi^* - \pi_{r0} - \pi_{d0}$ 。

由命题 4、推论 1 及推论 2 可得到结论 2: 两部收费制可以有效地消除供应链成员之间的双重边际效应, 使供应链系统协调, 使得供应链成员之间达到共赢。

推论 3, 在一定范围内, 固定通道费的变动不影响生鲜农产品的售价、保鲜努力程度、订货量, 仅是供应链成员之间的收益博弈。

证明, 假定一般情况下生产商向分销商收取的通道费为 f_r^* , 分销商向零售商收取的通道费为 f_d^* , 且 f_r^* 和 f_d^* 满足上述推论 3 的要求, 如果生产商向分销商收取的通道费增加为 $f_r^* + \Delta f_r$, f_d^* 不变, 则零售商的利润下降, 分销商的利润上升, 生产商的利润不变。由此可知, 固定通道费是供应链成员之间收益的相互博弈。

由命题 4 和推论 3 可知, 在两部收费制协调生鲜农产品供应链时, 下游成员向上游成员订货时先支付一定的固定通

道费, 而这通道费是供应链成员相互博弈达到的, 然后以较低的批发价得到货物, 成员各自的利润将大于无契约下的利润, 这一方面有固定通道费作利润保障, 成员之间的交易不易中断; 另一方面是较低的批发价会激励成员去生产或订购更多的产品, 这在对稳定供应链成员的相互合作中不仅具有理论意义, 而且具有实践指导意义。

3 算例分析

为了更加清晰地反映两部收费制对生鲜农产品供应链的协调作用, 以蒜苗为例对以上模型的结论进行算例分析。假定某一地区的蒜苗供应链是由 1 个生产商、大型果蔬批发商、零售商(如超市)组成的, 此地区蒜苗市场规模的度量大致为 $\delta = 10\ 000$ kg, 模型中其他变量假设: $c_3 = 0.3$ 元/kg, $c_2 = 0.5$ 元/kg, $c_1 = 1.2$ 元/kg; $t_1 = 3$ d, $t_2 = 2$ d, $T = 10$ d; $k_{r1} = 0.1$, $k_{d1} = 0.2$, $k_{s1} = 0.3$, $k_{r2} = 50$, $k_{d2} = 80$, $k_{s2} = 100$, $\eta = \alpha = \beta = 0.5$ 。

3.1 供应链系的协调性

将以上变量代入到“2”节的模型中, 得到无契约和两部收费制协调下的生鲜农产品供应链的最优参数和利润, 由表 1 可得: (1) 无契约供应链系统的总利润仅达到集中决策下总利润的 $\frac{5\ 699.25}{10\ 296.6} \times 100\% = 55.35\%$, 也就是分散无决策下有

45.65% 的消费者剩余, 供应链系统存在双重边际效应。因此, 研究生鲜农产品供应链的协调问题更具有现实意义。(2) 两部收费制协调下的供应链系统总利润与集中决策下供应链系统利润一致, 且固定通道费有一定的取值范围, 即在一定的条件下, 供应链成员在两部收费制下实现整个供应链的共赢, 供应链能够有效地达到协调。(3) 两部收费制下的产品售价低于分散无契约下的售价, 说明在生鲜农产品供应链系统中, 应用契约可以稳定生鲜农产品的售价。(4) 两部收费制下的保鲜努力程度大于或者等于分散无契约下的保鲜努力程度, 说明应用契约可提高保鲜努力程度, 提高新鲜度, 增大消费者效用, 从而使产品的市场需求增大。(5) 两部收费制下的产品订货量和供应链成员的利润均大于分散无契约下的订货量和利润, 说明应用契约可以提高整个供应链系统的订货量, 增加供应链成员的利润, 最大程度地获取消费者剩余。

将表 1 得到的利润值代入到固定通道费的取值范围, 可得到 $f_r^* \in (5\ 023.54, 5\ 640.89)$, $f_d^* \in (23\ 064.74, 27\ 762.04)$, 即固定通道费是在一个宽松取值范围内的任一数值, 具体取值由供应链成员共同博弈得到, 这不仅加强供应链成员之间的稳定合作, 还有利于供应链成员实现共赢。

3.2 敏感性分析

根据“2”节中给出的相关模型, 结合 $0 < \tau_i \leq 1$ ($i = r, d, s$), 运用 Matlab 计算敏感系数对两部收费制协调下的生鲜农产品供应链的影响: (1) 其他条件不变, 当 k_{r1} 、 k_{d1} 、 k_{s1} 分别以 0.01 为步长增加 20 步时, 生产商和零售商的保鲜努力程度 τ_s 和 τ_r 、生产商的批发价 w_1 、分销商的批发价 w_2 、供应链成员的利润、固定通道费基本不变, 分销商的保鲜努力程度 τ_d 最多上升 0.05, 售价上升 0.04 元, 订货量上升 20 kg, 则保鲜对保鲜努力程度敏感系数 k_{i1} 的变动不影响供应链整体和两部收费制协调下的各成员参数及利润取值; (2) 其他条件不变,

表 1 供应链决策参数汇总情况

| 契约类型 | τ_r | τ_d | τ_s | w_1 (元) | w_2 (元) | 售价 (元/kg) | 订货量 (kg) | 零售商的利润 (元) | 分销商的利润 (元) | 生产商的利润 (元) | 总利润 (元) |
|------|----------|----------|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------|
| 集中决策 | 1.00 | 0.52 | 1 | | | 2.46 | 22 784 | | | | 10 296.60 |
| 无契约 | 0.86 | 0.13 | 1 | 1.65 | 2.38 | 2.79 | 5 806 | 655.71 | 2 472 | 2 571.54 | 5 699.25 |
| 有契约 | 1.00 | 0.52 | 1 | 0.30 | 1.70 | 2.46 | 22 784 | $10\ 296.6 - f_r^*$ | $-20\ 593.2 + f_r^* - f_d^*$ | $20\ 593.2 + f_d^*$ | 10 296.60 |

当 k_{i2} 、 k_{i2} 、 k_{i2} 分别以 5 为步长增加 20 步时,生产商和零售商的保鲜努力程度 τ_s 和 τ_r 、生产商的批发价 w_1 、分销商的批发价 w_2 、售价、供应链成员的利润、固定通道费基本不变,分销商的保鲜努力程度 τ_d 最多下降 0.1,订货量下降 10 kg,则保鲜努力水平对保鲜成本的影响系数 k_{i2} 的变动不影响供应链

整体和两部收费制协调下的各成员参数及利润取值。

推论 4,在保鲜努力程度最大值为 1 的限制下,保鲜敏感系数 k_{i1} 和 k_{i2} 的取值,不影响供应链整体和两部收费制协调下的各成员参数及利润取值。对消费者对生鲜农产品价格和新鲜度的敏感系数 α 、 β 作了一系列的变动后得到表 2。

表 2 消费者对生鲜农产品价格和新鲜度的敏感系数 α 、 β 波动汇总情况

| α | β | τ_r | τ_d | τ_s | w_1 (元) | w_2 (元) | P (元/kg) | Q (kg) | π_r (元) | π_d (元) | π_s (元) |
|----------|---------|----------|----------|----------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------------|------------------------------|----------------------|
| 0.4 | 0.6 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | -0.66 | 1.7 | 2.930 | 37 367 | $34\ 791.7 - f_r^*$ | $69\ 583.4 + -f_r^* * f_d^*$ | $-20\ 588.2 + f_d^*$ |
| 0.5 | 0.5 | 1.0 | 0.52 | 1.0 | 0.296 | 1.7 | 2.456 | 22 784 | $10\ 296.6 - f_r^*$ | $20\ 583.2 + f_r^* - f_d^*$ | $-20\ 583.2 + f_d^*$ |
| 0.6 | 0.4 | 0.8 | 0.12 | 0.3 | 0.930 | 1.7 | 2.135 | 8 103 | $1\ 072.3 - f_r^*$ | $2\ 144.6 + f_r^* - f_d^*$ | $-2\ 144.6 + f_d^*$ |
| 0.7 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0.296 | 1.7 | 1.960 | -6 544 | | | |

由表 2 可以看出,敏感系数 α 、 β 对供应链的整体影响很大,当 α 下降为 0.4、 β 上升为 0.6 时,供应链整体利润大幅度上升,但是生产商的批发价为负,即生产商在收取高额固定通道费后,会在其实际发货时不仅向分销商免费发货,还会给予一定数量的补贴;当 α 上升为 0.6、 β 下降为 0.4 时,供应链成员的保鲜努力程度、售价、订货量、利润均会下降;总体而言,供应链在消费者对生鲜农产品价格和新鲜度的敏感系数 α 、 β 处于 0.5 左右时,供应链处于利润最大化状态,即消费者购买产品时售价和新鲜度同等重要,供应链系统在做决策时不仅要关注价格,还要关心新鲜度。

推论 5,消费者对生鲜农产品价格和新鲜度的敏感系数 α 、 β 处于 0.5 左右时供应链处于利润最大化状态。

3.3 生鲜农产品的应用策略

通过案例分析可知,两部收费制能够实现供应链的协调及整体利益最优化,且保鲜敏感系数对供应链的影响微小,生鲜农产品价格和新鲜度的敏感系数 α 、 β 处于 0.5 左右时供应链利润最大状态。依据验证结果,给出以下 3 个生鲜农产品供应链的应用策略:(1)运用两部收费制实现供应链的协调和供应链成员的稳定合作时,首先设置满足命题 4 的参数,然后在满足推论 2 的取值范围内选取固定通道费,最后达成供应链整体的协调和成员之间的稳定合作;(2)为了进一步加强供应链成员的稳定合作,在相互交易的过程中,先由推论 2 确定固定通道费的取值范围,然后经过供应链成员之间的相互博弈确立最终取值;(3)供应链系统取得最大利润时,在满足推论 5 的条件下,不仅要关注产品的售价,还要关心新鲜度。

4 结论

本试验探讨生鲜农产品供应链的最优决策和供应链协调问题,结合实际状况,优化生鲜农产品新鲜度迭代关系,综合运用库存理论、效用理论、合作博弈,针对 1 个由生产商、分销商、零售商组成的生鲜农产品三级供应链,研究两部收费制对

供应链的协调作用,从而得出如下结论:(1)两部收费契约可以有效地消除供应链成员之间的双重边际效应,最大化地获取消费者剩余,使得供应链系统协调,且参数取值在一定的范围内,供应链系统达到最优,供应链成员之间实现共赢;(2)实施两部收费制的生鲜农产品供应链系统,能够切实解决供应链成员之间合作不稳定的问题,加强供应链成员之间的长期稳定合作;(3)在保鲜努力程度最大值为 1 的限制下,保鲜敏感系数的波动对供应链整体基本无影响,供应链整体在售价和新鲜度的敏感系数均为 0.5 时取值最大利润。

同时,本试验在建立模型的基础上以算例论证两部收费制对供应链的协调问题,这对更深层次研究供应链协调具有理论指导和实践意义。由于本试验研究的是单一模式下生鲜农产品供应链协调问题,而实践中会涉及到多个生产商、分销商、零售商,因此研究多个供应链成员下的供应链协调是下一步研究方向。

参考文献:

- [1]熊峰,彭健,金鹏,等. 生鲜农产品供应链关系契约稳定性影响研究——以冷链设施补贴模式为视角[J]. 中国管理科学, 2015,23(8):102-111.
- [2]杨春,但斌,吴庆,等. 考虑保鲜努力的生鲜农产品零售商与物流服务商的协调合同[J]. 技术经济,2010,29(12):122-126.
- [3]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.
- [4]王磊. 保鲜影响消费者效用的生鲜农产品订货、定价及供应链协调[D]. 重庆:重庆大学,2013.
- [5]王磊,但斌. 考虑消费者效用的生鲜农产品供应链保鲜激励机制研究[J]. 管理工程学报,2015,29(1):200-206.
- [6]侯玉梅,林梦楠. 需求受服务努力影响的生鲜农产品三级供应链协调性研究[J]. 燕山大学学报(哲学社会科学版),2014,15(4):118-124.

夏 晨,张超群,王立群,等. 土地转出行为对农户收入差距的影响——基于山东省潍坊市调研数据[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):264-268.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.069

土地转出行为对农户收入差距的影响 ——基于山东省潍坊市调研数据

夏 晨,张超群,王立群,郭 轲

(北京林业大学经济管理学院,北京 100083)

摘要:基于山东省潍坊市寒亭区和寿光市的实地调研数据,运用多元线性回归模型考察农户土地转出对农户家庭人均收入的整体影响,运用分位数回归模型估计农户土地转出行为对不同收入组农户收入的边际贡献,通过比较系数差,考察农户土地转出行为对农户收入差距的影响。结果表明,目前我国农村内部收入差距较大。农户转出土地行为对农户增收具有显著的促进作用。对低等收入到较高收入的农户家庭而言,农户土地转出行为会增加其收入差距;对较高收入和高收入的农户家庭而言,转出土地将缩小其收入差距。

关键词:农地转出;农户收入差距;核密度估计;分位数回归

中图分类号: F301.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0264-05

随着我国经济的迅速发展,改革开放初期推行的家庭联产承包责任制已经不能满足我国农业现代化发展的需要。农地细碎化、产业组织化程度低等问题对进一步提升农业生产效率和改善农民生活水平产生了困扰。在这一背景下,党的十八大报告明确提出要通过推进农村土地的适度规模经营,培育和发展多种形式的新型农业经营主体,加快农业发展方式转变、促进我国现代化的发展进程。其中,农村土地流转是实现土地适度规模经营的先决条件。因此,农村土地流转成为目前农村土地制度改革和发展的热点与重点,被广泛关注。农村土地流转是农户家庭对土地资源重新配置的过程。在这一过程中,还伴随着农户家庭其他资源配置格局的变化。农户家庭对既有资源的重新配置会导致家庭收入的变化,致使农户收入差距也会发生变化,而农户收入差距是农业改革过程中需要重视的指标之一。目前,中国近 50% 的人口为农村人口,农村居民内部收入差距的扩大会诱发各种负面效应,如

加剧农村贫困问题,影响社会稳定,阻碍中国经济快速、健康发展等^[1]。因此,在我国促进农户土地流转、推动和发展适度规模经营的过程中,应该兼顾效率与公平,即不能只追求农业生产效率的提升,而忽略对收入差距的影响。可见,关注并研究农户土地转出行为对农户收入差距的影响具有重要现实意义。

Benjamin 等发现,改革开放以来,我国农村收入差距呈现逐渐扩大的趋势,即农村收入分配状况有所恶化^[2-7]。影响农户收入差距的因素具有多样性,从宏观层面上来看,地域、制度等是影响农户收入差距的主要因素;从微观层面上来看,农户收入差距的重要根源在于农户家庭特征、人力、物质、金融、社会资本等。孙敬水等通过构建有序 Probit 模型得出,农户人均收入及收入差距由于农户基本特征、人力、物质、政治资本不同,以及地理环境和地区差异而存在较大差异^[8]。农户资源配置的改变会导致农户收入差距的变化。张永丽等认为,人口和劳动力结构、劳动力配置方式、优质耕地资源的保有量是造成农户收入差距的主要原因,而劳动力受教育水平对于农户收入差距的影响并不显著^[7]。当前在政府干预农地大规模流转的背景下,农户参与土地流转必将对其收入和资源配置格局产生巨大影响^[9]。然而,重点研究农村土地流转对农户收入差距的影响的文献较少。韩茜等指出在经济发达、土地单位收益高的地区,土地倾向于流转到高收入农户手中,可能会扩大当地农户的收入差距;在经济欠发达、土地单

收稿日期:2016-12-12

基金项目:北京市社会科学基金(编号:15JGB044);团中央农村青年工作部第四届农村发展调研项目。

作者简介:夏 晨(1991—),女,安徽安庆人,硕士,主要从事经济预测与决策研究。E-mail:sharechen123@sina.com。

通信作者:王立群,博士,教授,主要从事资源、环境与发展研究。E-mail:wlq@bjfu.edu.cn。

[7]林 略,杨书萍,但 斌. 收益共享契约下鲜活农产品三级供应链协调[J]. 系统工程学报,2010,25(4):484-491.

[8]杨书萍. 收益共享契约下鲜活农产品供应链协调研究[D]. 重庆:重庆大学,2011.

[9]徐 浩,李佳川. 成本和需求扰动时双渠道供应链的协调机制研究[J]. 预测,2014,33(4):70-75.

[10]韩小花,杨倩霞,后 锐. 成本扰动下零售商主导型闭环供应链生产和协调决策[J]. 工业工程与管理,2015,20(1):100-108.

[11]孙 静. 突发事件下两部收费契约协调闭环供应链研究[D].

大连:大连理工大学,2013.

[12]王 禹. 基于两部定价契约的生鲜农产品在线零售商与物流商协同博弈[J]. 物流技术(装备版),2015,34(4):136-138,165.

[13]李滢棠,乔 忠. 果蔬供应链保鲜成本控制协同决策方法研究[J]. 科技与经济,2014,27(5):35-38.

[14]Akçay Y, Natarajan H P, Xu S H. Joint dynamic pricing of multiple perishable products under consumer choice [J]. Management Science, 2010, 56(8):1345-1361.