

文章编号:1672-3961(2010)06-0024-08

基于公平心理偏好的农产品 供应链价格补贴契约

廖莉¹, 吴耀华¹, 孙国华²

(1. 山东大学控制科学与工程学院, 山东 济南 250061;
2. 山东经济学院信息管理学院, 山东 济南 250014)

摘要:研究了价格补贴契约下, 两级农产品供应链的最优激励机制设计问题。该供应链由一个生产商与两个供应商构成, 生产商为领导者, 供应商具有公平心理偏好, 通过抽检来确定农产品质量。在风险中性条件下的研究表明, 当检验成本系数较小且生产随机性较大时, 应选择极端团队业绩评价契约, 此时的激励效率与纯自利偏好时相同; 其余情况下, 除了内疚心理较强时极端相对业绩评价契约可能略占优势外, 应选择中间联合契约, 且激励效率得到了提高, 激励效率收益与检验成本系数成正相关关系, 与生产随机性成负相关关系。

关键词:农产品供应链; 公平心理偏好; 激励; 价格补贴契约

中图分类号: F274 文献标志码: A

A price subsidy contract for an agricultural product supply chain based on fairness preferences

LIAO Li¹, WU Yao-hua¹, SUN Guo-hua²

(1. School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;
2. School of Information Management, Shandong Economic University, Jinan 250014, China)

Abstract: The incentive mechanism of a price subsidy contract for a two-level agricultural product supply chain was studied. The supply chain consisted of one manufacturer and two suppliers. The former was the leader, and the latter which had fairness preferences were the followers. The product quality was decided by sampling inspection. The results under the risk-neutral assumption showed that, when the inspection cost coefficient was little and the product randomness was strong, the extreme team achievement evaluation contract should be adopted, and the incentive efficiency was the same as that of self-interest. In other cases, the middle joint contract was better than the extreme relation achievement evaluation contract except when guilt mentality was strong. Also, the incentive efficiency was promoted, and the incentive efficiency income had a positive relationship with the inspection cost coefficient and a negative relationship with the intensity of product randomness.

Key words: agricultural product supply chain; fairness preferences; incentive; price subsidy contract

0 引言

农产品供应链是由农产品生产者(农户、基地等)、生产加工企业、批发市场、分销商、零售商等上下游企业组织构成的网链式体系。由于农产品在生产过程中对自然条件及农作物的依赖性比较明显, 生产的区域

收稿日期: 2010-05-25

基金项目: 山东省软科学研究资助项目(2008RKB062)

作者简介: 廖莉(1971-), 女, 四川成都人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为物流系统优化、供应链管理. E-mail: liaoli@sdu.edu.cn

性、季节性、分散性、消费的普遍性等特点十分突出,使得农产品供应链不同于工业供应链,具有资产专用性高,市场和产品不确定性较大等特点。特别是各种化肥、农药、饲料和添加剂等在现代农业生产领域的广泛采用,使得农产品质量和安全问题日益突出。近年来,我国农产品质量安全问题频发,严重损害了我国农产品的声誉,给人民的生命健康造成威胁。除了加强政府监管,应对这一问题的关键之一在于促使农产品生产者提高产品质量,因此研究和设计提高农产品供应链上游产品质量的激励机制具有积极的现实意义。

通常,供应链的激励机制主要是通过价格或数量折扣、收益共享、回购和期权等契约实现的。在农产品安全与质量方面,国外学者研究的重点在于信息共享和质量认证等安全控制模式上^[1],国内学者近年来做了许多工作,主要集中在产业结构治理理论的定性研究上,定量研究很少,如胡定寰和张雨提出了几种比较成功的农产品供应组织模式以提高我国食品安全^[2-3];张云华等指出了安全食品供给中纵向契约协作必要性^[4];张学志指出核心企业在解决农产品供应链问题上的重要地位^[5]。本文尝试通过价格补贴契约来激励农产品供应链上游供应商,达到提高农产品质量的目的。

实际上,行为科学研究结果表明自利偏好和公平心理偏好都会影响人们的行为决策^[6]。目前在供应链契约中考虑公平心理偏好因素的文献较少,文献[7]研究了公平心理偏好下针对企业薪酬激励制度的行为博弈,文献[8]从行为博弈的角度分析了两级供应链系统中零售商具有公平心理偏好时的最优激励机制设计问题。本文在文献[8]的基础上,结合实际,增加了检验成本和代理人机会主义的因素,研究由一个核心生产加工商与两个具有公平心理偏好的供应商组成的农产品供应链中,生产商如何设计合理的价格补贴契约和确定合理的抽检率,在实现自身利润最大化的同时充分激励供应商提高农产品质量。

1 问题描述与假设

以一个农产品生产加工商和两个供应商组成的单一产品单周期供应链模型为研究背景,生产商为领导者且是纯粹自利偏好的,供应商具有公平心理偏好,且生产商和供应商都是风险中性的。根据心理学的相关研究结论^[9]可以知道,供应商之间会进行物质收益公平与否的比较,而供应商和生产商之间不存在公平与否的比较。周期初,生产商按批发价向供应商订购原材料,期末交货时生产商根据供应商所提供原料的质量确定是否在批发价的基础上给予供应商一定的价格补贴。供应商的产品质量由检验认定,由于农产品的随机抽样检验,会出现质量未达标产品却未被发现的现象,这无疑会增加代理人即供应商偷懒、以次充好的机会主义倾向。问题是寻求最优契约和最优抽检率,在生产加工商收益最大情况下实现对供应商的激励。

为便于研究,且不失一般性,做如下假设:

(1) 供应商 A 和 B 是同质的,他们所供原料的质量 γ 是供应商努力程度 e 和一些随机因素的函数,即 $\gamma_i = f_i(e, \varepsilon)$, $i = 1, 2$ 。其中,努力程度 e 存在两种离散状态:努力生产 e_H 和不努力生产 e_L 。当供应商努力生产时,单位产品付出的努力成本平均为 c 。为便于计算,假设供应商不努力生产时付出的努力成本为 0。由于随机因素的存在,供应商努力时质量达到预定值 γ^h 以上的概率为 p_H ,未达到该值的概率为 $1 - p_H$;供应商偷懒时质量达到预定值 γ^h 以上的概率为 p_L ,未达到该值即质量为低品质值 γ^l 的概率为 $1 - p_L$, $0 < p_L < p_H < 1$;显然,努力生产获得高质量产品的概率 (p_H, p_L) 反映了生产的随机性, (p_H, p_L) 越小意味着生产的随机性越大,反之生产的随机性越小;

(2) 假设抽检率为 λ , $0 < \lambda \leq 1$,则出现供应商产品质量未达标产品却未被发现的概率为 $1 - \lambda$,根据经济学中的边际成本递增规律,检验成本函数采用二次型函数^[10],将生产商付出的检验成本平均到单位产品上,为 $0.5d\lambda^\mu$,其中检验成本系数 d 和 μ 均为常数,且 $d > 0, \mu > 1$;

(3) 期末交付时,生产商提供的单位价格补贴为 θ_i , $i = (A, B)$ 。假设生产商向每个供应商提供的价格补贴合同为 $\theta_{ab} = (\theta_{hh}, \theta_{hl}, \theta_{lh}, \theta_{ll})$,且 $\theta_{ab} > 0$,其中, $\theta_{ab}(a, b = h, l)$ 表示当 $i = (A, B)$ 的质量为 γ^a 且 $j \neq i$ 的质量为 γ^b 时得到的补贴价格;

(4) 供应商的公平心理偏好采用目前使用最广泛的 FS 模型描述,这里以补贴标准的差异研究对供应商生产激励的影响,则在风险中性假设下设定的效用函数^[11]为

$$U_i = \theta_i - \frac{\alpha_i}{n-1} \sum_{j \neq i} \max(\theta_j - \theta_i, 0) - \frac{\beta_i}{n-1} \sum_{j \neq i} \max(\theta_i - \theta_j, 0), \quad (1)$$

其中, U_i 代表供应商 i 的公平心理效用, n 表示供应商 i 进行物质收益高低比较对象的个数, 本文中 $n=2$; α_i 为嫉妒心理强度, β_i 为内疚心理强度, 满足 $0 \leq \beta_i < 1$ 且 $\beta_i < \alpha_i$; 保留效用水平为 0。

2 基于公平心理偏好的契约模型

根据前面假设, 当两个供应商都努力生产时, 供应商各自的期望补贴为:

$$E_\theta(e_H | e_H) = [1 - \lambda(1 - p_H)]^2 \theta_{hh} + (1 - p_H)^2 \lambda^2 \theta_{hl} + [1 - \lambda(1 - p_H)](1 - p_H) \lambda (\theta_{hl} + \theta_{lh}). \quad (2)$$

由(1)式, 两个供应商各自的期望公平负效用为

$$U^F(e_H | e_H) = [1 - \lambda(1 - p_H)](1 - p_H) \lambda (\alpha + \beta) |\theta_{hl} - \theta_{lh}|. \quad (3)$$

则两个供应商都努力生产时, 供应商各自的期望效用为期望补贴减去公平负效用和努力成本:

$$U(e_H | e_H) = E_\theta(e_H | e_H) - U^F(e_H | e_H) - c. \quad (4)$$

当供应商 i 偷懒而 $j(j \neq i)$ 努力生产时, 偷懒者 i 得到的期望补贴为

$$E_\theta(e_L | e_H) = [1 - \lambda(1 - p_L)] [1 - \lambda(1 - p_H)] \theta_{hh} + (1 - p_L)(1 - p_H) \lambda^2 \theta_{ll} + [1 - \lambda(1 - p_L)](1 - p_H) \lambda \theta_{hl} + [1 - \lambda(1 - p_H)](1 - p_L) \lambda \theta_{lh}. \quad (5)$$

由(1)式, 得到偷懒者 i 的期望公平负效用为

$$U^F(e_L | e_H) = \begin{cases} [1 - \lambda(1 - p_L)](1 - p_H) \lambda \beta (\theta_{hl} - \theta_{lh}) + (1 - p_L) \lambda [1 - \lambda(1 - p_H)] \alpha (\theta_{hl} - \theta_{lh}), & \theta_{hl} \geq \theta_{lh}; \\ [1 - \lambda(1 - p_L)](1 - p_H) \lambda \alpha (\theta_{hl} - \theta_{lh}) + (1 - p_L) \lambda [1 - \lambda(1 - p_H)] \beta (\theta_{hl} - \theta_{lh}), & \theta_{hl} \leq \theta_{lh}. \end{cases} \quad (6)$$

于是, 当一个供应商努力生产而另一个偷懒时, 偷懒者的期望效用为

$$U(e_L | e_H) = E_\theta(e_L | e_H) - U^F(e_L | e_H). \quad (7)$$

由于生产商为使自己的收益最大化, 希望以最小的成本激励供应商们都努力工作, 生产商成本由期望补贴支付成本与检验成本组成, 于是生产商的目标函数是:

$$\min_{\theta_{ab}} J(\alpha, \beta, \lambda) = E_\theta(e_H | e_H) + \frac{1}{2} d \lambda^\mu, \quad (8)$$

$$\text{s. t. (PC)} \quad U(e_H | e_H) \geq 0, \quad (9)$$

$$\text{(IC)} \quad U(e_H | e_H) \geq U(e_L | e_H), \quad (10)$$

$$\text{(LC)} \quad \theta_{ab} \geq 0, \quad a, b = h, l. \quad (11)$$

其中(PC)为参与约束, (IC)为激励相容约束, (LC)为有限责任约束。与文献[7]证明过程同理, 可证明本文最优契约 θ_{ab}^* 满足:

$$\theta_{ll}^* = \theta_{lh}^* = 0. \quad (12)$$

于是, 契约模型转化为

$$\min_{\theta_{ab}} J'(\alpha, \beta, \lambda) = [1 - \lambda(1 - p_H)]^2 \theta_{hh} + [1 - \lambda(1 - p_H)](1 - p_H) \lambda \theta_{hl} + \frac{1}{2} d \lambda^\mu, \quad (13)$$

$$\text{s. t. (PC)} \quad [1 - \lambda(1 - p_H)]^2 \theta_{hh} + [1 - \lambda(1 - p_H)](1 - p_H) \lambda (1 - \alpha - \beta) \theta_{hl} \geq c, \quad (14)$$

$$\text{(IC)} \quad [1 - \lambda(1 - p_H)] \theta_{hh} + (1 - p_H) \lambda \theta_{hl} + \{ \alpha [1 - \lambda(1 - p_H)] - \beta \lambda (1 - p_H) \} \theta_{hl} \geq \frac{c}{(p_H - p_L) \lambda}, \quad (15)$$

$$\text{(LC)} \quad \theta_{hh} \geq 0, \quad \theta_{hl} \geq 0. \quad (16)$$

3 最优契约与激励效率

由前面分析, 在公平心理偏好下, 最优契约形式可能为极端团队业绩评价契约 $\theta_{ab}^* = (\theta_{hh}^*, 0, 0, 0)$, 或极端相对业绩评价契约 $\theta_{ab}^* = (0, \theta_{hl}^*, 0, 0)$, 或中间联合契约 $\theta_{ab}^* = (\theta_{hh}^*, \theta_{hl}^*, 0, 0)$ [12]。为同时分析公平心理偏好的影响, 首先分析供应商没有公平心理偏好, $\alpha = \beta = 0$, 即都是自利偏好时的情况。此时只有激励相容约束

是紧的,由(15)式得到自利偏好下的最优契约值为:

$$\theta_{ab}^* = \left(\frac{c}{\lambda(p_H - p_L)[p_H + (1 - p_H)(1 - \lambda)]}, 0, 0, 0 \right)$$

或

$$\theta_{ab}^* = \left(\frac{c}{\lambda(p_H - p_L)}, \frac{c}{\lambda(p_H - p_L)}, 0, 0 \right)。$$

对应生产商的期望成本为:

$$J_0(0, 0, \lambda) = \frac{c}{p_H - p_L} \cdot \frac{[1 - \lambda(1 - p_H)]}{\lambda} + \frac{1}{2}d\lambda^\mu。 \tag{17}$$

由(17)式,得到最优的抽检率为:

$$\lambda_0^* = \begin{cases} 1, & d \leq \frac{2c}{\mu(p_H - p_L)}; \\ \left[\frac{2c}{\mu(p_H - p_L)d} \right]^{\frac{1}{\mu+1}}, & d > \frac{2c}{\mu(p_H - p_L)}。 \end{cases} \tag{18}$$

为分析公平心理偏好对激励效率的影响,定义公平心理偏好激励效率收益为

$$D_i(\alpha, \beta, \lambda) = J_0(0, 0, \lambda_0^*) - J_i^*(\alpha, \beta, \lambda_i^*), \quad i = 1, 2, 3。 \tag{19}$$

它表示在最优抽检率下,相对于自利偏好,公平心理偏好所引起的最优期望成本变化。其中 $i = 1$ 表示极端团队业绩评价契约, $i = 2$ 表示极端相对业绩评价契约, $i = 3$ 表示中间联合契约,则激励效率收益最大的契约为最优契约。

3.1 极端团队业绩评价契约

在极端团队业绩评价契约下,当且仅当两个供应商都努力生产并同时获得高质量产品时,生产商会向供应商提供补贴,其余情况则不提供补贴。当激励相容约束(15)取等式,且满足 $\beta\lambda(1 - p_H) \geq \alpha[1 - \lambda(1 - p_H)]$ 时,由(15)式易知最优的极端团队业绩评价契约为

$\theta_{ab}^* = \left(\frac{c}{\lambda(p_H - p_L)[p_H + (1 - p_H)(1 - \lambda)]}, 0, 0, 0 \right)$,对比自利偏好时的情况可知: $\lambda_1^* = \lambda_0^*$,且 $J_1^*(\alpha, \beta, \lambda_1^*) = J_0^*(0, 0, \lambda_0^*)$, $D_1(\alpha, \beta, \lambda) = 0$,这表明在极端团队业绩评价契约下公平心理偏好对最优抽检率、生产商的最优期望成本和激励效率没有影响。这是因为各供应商因得到相同的补贴,不会遭受内疚负效用,也不会遭受嫉妒负效用,公平心理偏好没有发挥任何激励作用。

3.2 极端相对业绩评价契约

在极端相对业绩评价契约下,当且仅当一个供应商产品质量高而另一个供应商产品质量低时,生产商才会向高质量产品的那个供应商提供补贴,其余情况则不提供补贴。由参与约束 $U(e_L | e_H) > 0$ 可知 $\alpha(1 - p_L)[1 - \lambda(1 - p_H)] < (1 - \beta)(1 - p_H)[1 - \lambda(1 - p_L)]$ 。则当激励相容约束取等式,且满足 $U(e_L | e_H) > 0$ 和 $\beta\lambda(1 - p_H) < \alpha[1 - \lambda(1 - p_H)]$ 时,由(13)和(15)式,得到最优的契约值为

$$\theta_{ab}^* = \left(0, \frac{c}{\lambda(p_H - p_L)[\alpha + \lambda(1 - p_H)(1 - \alpha - \beta)]}, 0, 0 \right), \text{对应的生产商期望成本为}$$

$$J_2(\alpha, \beta, \lambda) = \frac{c(1 - p_H)}{(p_H - p_L)} \cdot \frac{1 - \lambda(1 - p_H)}{\alpha + \lambda(1 - p_H)(1 - \alpha - \beta)} + \frac{1}{2}d\lambda^\mu。 \tag{20}$$

由上式可以得到,最优抽检率满足:

$$\begin{cases} \lambda_2^* = 1, & d < \frac{2c(1 - p_H)^2(1 - \beta)}{\mu(p_H - p_L)[\alpha p_H + (1 - p_H)(1 - \beta)]^2}; \\ \lambda_2^{*\mu-1}[\alpha + \lambda_2^*(1 - p_H)(1 - \alpha - \beta)]^2 - \frac{2c(1 - p_H)^2(1 - \beta)}{d\mu(p_H - p_L)} = 0, & d \geq \frac{2c(1 - p_H)^2(1 - \beta)}{\mu(p_H - p_L)[\alpha p_H + (1 - p_H)(1 - \beta)]^2}。 \end{cases} \tag{21}$$

3.3 中间联合契约

中间联合契约下,每个供应商获得的补贴量都取决于自己的产品质量和对方的产品质量。当参与约束(14)和激励相容约束(15)都取等式,且满足 $U(e_L | e_H) > 0$ 和 $\beta\lambda(1 - p_H) < \alpha[1 - \lambda(1 - p_H)]$ 时,由(13)和

(15)式,得到最优的契约值为

$$\theta_{hh}^* = \frac{c\alpha(1-p_L)[1-\lambda(1-p_H)]}{\alpha[1-\lambda(1-p_H)]^2 \cdot (p_H-p_L)} - \frac{c(1-\beta)(1-p_H)[1-\lambda(1-p_L)]}{\alpha[1-\lambda(1-p_H)]^2 \cdot (p_H-p_L)}. \quad (22)$$

$$\theta_{hl}^* = \frac{c[1-\lambda(1-p_L)]}{\alpha\lambda(p_H-p_L)[1-\lambda(1-p_H)]}. \quad (23)$$

对应的生产商期望成本为

$$J_3(\alpha, \beta, \lambda) = \frac{c\alpha(1-p_L)[1-\lambda(1-p_H)]}{\alpha(p_H-p_L)} + \frac{c\beta(1-p_H)[1-\lambda(1-p_L)]}{\alpha(p_H-p_L)} + \frac{1}{2}d\lambda^\mu. \quad (24)$$

由上式可得最优抽检率为

$$\lambda_3^* = \begin{cases} 1, & d \leq \frac{2c(1-p_H)(1-p_L)(\alpha+\beta)}{\mu(p_H-p_L)\alpha}; \\ \left[\frac{2c(1-p_H)(1-p_L)}{\mu(p_H-p_L)d} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{\alpha}\right) \right]^{\frac{1}{\mu-1}}, & d > \frac{2c(1-p_H)(1-p_L)(\alpha+\beta)}{\mu(p_H-p_L)\alpha}. \end{cases} \quad (25)$$

关于激励效率,由公式(17)、(20)、(24)和 λ_i^* 易知, $D_i(\alpha, \beta, 1) > 0, i=2, 3$ 。这表明在极端相对业绩评价契约和中间联合契约下,嫉妒心理的正激励效应占主导作用,供应商获得了激励效率收益,激励效率提高了。

由公式(18)、(20)、(21)和(23)~(25)式知,在自利偏好和公平心理偏好各自契约下,部分抽检时,有:(1)最优抽检率与供应商生产成本成正相关关系。由于契约中单位补贴价格与供应商生产成本成正比,与抽检率成负相关关系,通过增大抽检率可以减小生产成本增加引起的单位补贴价格增大趋势,因此最优抽检率与供应商生产成本成正相关关系。(2)最优抽检率与检验成本系数 d 成负相关关系。检验成本系数小意味着付出检验成本将偏小,提高抽检率,可以较小的检验成本代价来降低因供应商机会主义而造成的多支付的价格补贴成本。(3)最优抽检率与供应商在努力和偷懒时获得高质量产品的概率差成负相关关系。由于该概率差越小,表明供应商努力与偷懒所得产品的差别也越小,通过提高抽检率对供应商加以甄别,可以起到激励供应商努力生产的作用。(4)最优抽检率与生产的随机性成正相关关系。由于生产的随机性越大,低质量产品的概率越大,提高抽检率,有助于减少误将低质量产品作为高质量产品而多支付的补贴。(5)在其他参数相同的情况下, $\lambda_2^* < \lambda_0^*, \lambda_3^* < \lambda_0^*$,这表明在考虑检验成本时,与自利偏好相比,公平心理偏好的加入可以降低最优抽检率,从而可以减少检验成本。(6)生产商的最优期望成本与供应商生产成本和检验成本系数 d 成正相关关系。因此,在实践中通过提高管理和技术水平,降低生产成本和检验成本,将有助于降低供应链成本和提高激励效率。

4 仿真算例与分析

根据各契约的存在条件,通过算例分析检验成本、公平心理偏好和生产随机性对生产商抽检率和最优契约的影响。为便于计算,将努力生产时的单位成本取为 $c=1$ 。检验成本系数 d 取5个不同的值:0.01、2、4、10和20。对每个 d 值,按 $\mu=2$ 和 $\mu=3$ 两种情况,分别计算公平心理偏好参数 (α, β) 取(0.3, 0.2)、(0.3, 0.25)、(0.4, 0.3)和(0.4, 0.2)共4组不同值时的各契约最优抽检率和最优激励效率收益。同时,为比较生产随机性对最优契约的影响,将 (p_H, p_L) 取4组不同的值:(0.4, 0.3)、(0.5, 0.3)、(0.6, 0.4)和(0.8, 0.65)进行计算。

表1列出了自利偏好在上述不同 d, μ 和 (p_H, p_L) 值下的最优抽检率和最优期望成本。为便于分析公平心理偏好的影响,定义激励效率收益率 δ_i 为契约 i 的激励效率收益与自利偏好下最优期望成本的比值,即 $\delta_i = D_i/J_0^*$,则对于给定的 μ, δ_i 反映了激励效率收益 D_i 的大小。表2~6是公平心理偏好在不同 d 取值下的最优契约及其对应的最优抽检率和激励效率收益率,其中 i^* 是最优契约编号, $i^*=1$ 为极端团队业绩评价契约, $i^*=2$ 为极端相对业绩评价契约, $i^*=3$ 为中间联合契约, Δ 为极端相对业绩评价契约与中间联合契约的激励效率收益率之差的绝对值,即 $\Delta = \delta_{i^*} - \delta_j, i^*, j \in \{2, 3\}$ 且 $j \neq i^*$ 。

表1 自利偏好时的优化结果
Table 1 Optimization results of the self-interest preference

d	μ	(p_H, p_L)							
		$(0.4, 0.3)$		$(0.5, 0.3)$		$(0.6, 0.4)$		$(0.8, 0.65)$	
		λ_0^*	J_0^*	λ_0^*	J_0^*	λ_0^*	J_0^*	λ_0^*	J_0^*
0.01	2,3	1	4.005	1	2.505	1	3.005	1	5.338
2	2,3	1	5	1	3.500	1	4	1	6.333
4	2	1	6	1	4.500	1	5.000	1	7.333
	3	1	6	0.96	4.478	0.96	4.978	1	7.333
10	2	1	9	0.79	6.949	0.79	7.449	0.87	9.553
	3	0.90	8.756	0.76	6.274	0.76	6.774	0.82	9.553
20	2	0.79	12.899	0.63	9.406	0.63	9.906	0.69	13.089
	3	0.76	11.548	0.64	7.934	0.64	8.434	0.68	11.613

表2 公平心理偏好, $d=0.01$ 时的优化结果
Table 2 Optimization results of the fairness preferences, $d=0.01$

(p_H, p_L)	μ	$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.2)$				$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.25)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.3)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.2)$			
		i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ
$(0.4, 0.3)$	2,3	1,2,3	1	0	0	1	1	0	-	1	1	0	-	3	1	7.41	1.23
$(0.5, 0.3)$	2,3	3	1	9.98	0.80	3	1	4.99	0.40	2	1	9.18	1.60	2	1	13.17	0.16
$(0.6, 0.4)$	2,3	3	1	22.19	2.33	3	1	17.74	1.00	2	1	23.03	3.00	2	1	26.62	2.00
$(0.8, 0.65)$	2,3	3	1	54.12	4.12	3	1	51.40	2.81	2	1	56.48	3.75	2	1	58.28	1.50

表3 公平心理偏好, $d=2$ 时的优化结果
Table 3 Optimization results of the fairness preferences, $d=2$

(p_H, p_L)	μ	$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.2)$				$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.25)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.3)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.2)$			
		i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ
$(0.4, 0.3)$	2,3	1,2,3	1	0	0	1	1	0	-	1	0	0	-	3	1	0.30	0.05
$(0.5, 0.3)$	2	3	1	7.14	0.65	3	1	3.57	1.71	2	1	6.49	1.14	2	1	11.91	1.14
	3	3	0.697	14.90	4.69	3	0.731	10.23	2.90	2	0.746	13.06	0.45	3	0.661	19.76	2.01
$(0.6, 0.4)$	2	3	0.500	23.34	8.00	3	0.550	18.76	5.59	2	0.622	21.22	0.20	3	0.450	28.10	3.80
	3	3	0.577	28.40	7.83	3	0.606	24.09	5.63	2	0.641	26.78	0.60	3	0.548	32.84	2.81
$(0.8, 0.65)$	2	3	0.194	57.10	10.64	3	0.214	54.28	8.32	2	0.269	56.69	0.95	3	0.175	59.93	4.64
	3	3	0.360	58.61	8.73	3	0.378	55.97	6.82	2	0.415	58.82	1.50	3	0.342	61.27	4.77

表4 公平心理偏好, $d=4$ 时的优化结果
Table 4 Optimization results of the fairness preferences, $d=4$

(p_H, p_L)	μ	$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.2)$				$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.25)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.3)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.2)$			
		i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ
$(0.4, 0.3)$	2	1,2,3	1	0	0	1	1	0	-	1	1	0	-	3	1	0.300	0.05
$(0.5, 0.3)$	2	3	0.729	8.82	3.11	3	0.802	4.51	1.11	2	0.806	7.47	0.89	3	0.656	13.58	1.56
	3	3	0.697	14.90	4.69	3	0.731	10.23	2.90	2	0.746	13.06	0.45	3	0.661	19.76	2.01
$(0.6, 0.4)$	2	3	0.500	23.34	8.00	3	0.550	18.76	5.59	2	0.622	21.22	0.20	3	0.450	28.10	3.80
	3	3	0.577	28.40	7.83	3	0.606	24.09	5.63	2	0.641	26.78	0.60	3	0.548	32.84	2.81
$(0.8, 0.65)$	2	3	0.194	57.10	10.64	3	0.214	54.28	8.32	2	0.269	56.69	0.95	3	0.175	59.93	4.64
	3	3	0.360	58.61	8.73	3	0.378	55.97	6.82	2	0.415	58.82	1.50	3	0.342	61.27	4.77

表5 公平心理偏好, $d=10$ 时的优化结果
Table 5 Optimization results of the fairness preferences, $d=10$

(p_H, p_L)	μ	$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.2)$				$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.25)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.3)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.2)$			
		i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ
$(0.4, 0.3)$	2	3	0.700	5.00	3.78	1	1	0	-	3	0.735	2.23	1.44	3	0.630	10.94	5.00
$(0.5, 0.3)$	3	3	0.683	10.78	5.94	3	0.716	4.96	3.20	3	0.700	7.84	2.40	3	0.648	19.96	5.94
	2	3	0.292	31.77	13.10	3	0.321	27.07	10.36	3	0.306	34.58	3.45	3	0.263	36.61	8.06
$(0.6, 0.4)$	3	3	0.441	31.32	10.52	3	0.462	26.78	7.97	3	0.452	29.02	1.75	3	0.418	35.96	5.74
	2	3	0.200	44.52	14.50	3	0.220	40.61	8.32	3	0.210	42.56	2.82	3	0.180	48.48	7.25
$(0.8, 0.65)$	3	3	0.365	43.21	11.51	3	0.383	39.40	3.10	3	0.374	41.30	1.33	3	0.346	47.09	5.17
	2	3	0.078	68.44	9.99	3	0.086	66.30	8.01	2	0.113	67.69	0.30	3	0.070	70.58	2.67
3	3	0.228	67.51	8.48	3	0.239	65.37	6.80	2	0.268	67.25	0.73	3	0.216	69.65	1.99	

表6 公平心理偏好, $d=20$ 时的优化结果
Table 6 Optimization results of the fairness preferences, $d=20$

(p_H, p_L)	μ	$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.2)$				$(\alpha, \beta) = (0.3, 0.25)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.3)$				$(\alpha, \beta) = (0.4, 0.2)$			
		i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ	i^*	λ_i^*	δ_i	Δ
(0.4, 0.3)	2	3	0.350	24.22	14.11	3	0.385	18.46	10.78	3	0.368	21.31	7.13	3	0.315	30.1712	0.9
	3	3	0.483	24.26	12.04	3	0.507	18.60	9.01	3	0.495	21.10	5.46	3	0.458	30.07	9.79
(0.5, 0.3)	2	3	0.146	48.00	16.90	3	0.160	43.37	14.25	3	0.153	45.34	5.10	3	0.131	51.33	9.67
	3	3	0.312	42.53	13.23	3	0.327	38.44	10.84	3	0.320	40.47	3.28	3	0.296	46.66	7.18
(0.6, 0.4)	2	3	0.100	57.26	15.45	3	0.110	54.11	13.12	3	0.105	55.68	3.33	3	0.090	60.44	7.37
	3	3	0.258	52.70	12.69	3	0.271	49.37	10.43	3	0.265	51.03	2.13	3	0.245	56.06	5.81
(0.8, 0.65)	2	3	0.039	75.50	8.48	3	0.043	73.83	6.88	2	0.057	74.79	0.15	3	0.035	77.16	2.29
	3	3	0.161	76.83	8.25	3	0.169	75.05	6.72	2	0.192	76.40	0.54	3	0.153	78.85	2.09

从表1~6可以看出:(1)最优抽检率与检验成本系数负相关,与生产随机性正相关, $\lambda_i^* = 1$ 多出现在检验成本系数较小和生产随机性较大时的情形;(2)在极端相对业绩评价契约和中间联合契约下,最优抽检率比自利偏好时要小,生产商的激励收益为正,且激励效率收益率(激励效率收益)与检验成本系数正相关,与生产随机性负相关。这与前面理论分析一致。

就最优契约的选取而言,有:

(1)当生产随机性较大,且检验成本系数 d 较小时,由于公平心理偏好下的激励效率收益较小,倾向于选择极端团队业绩评价契约。

此时 $\lambda_i^* = 1$,具体地,对比表1和表2~4中第一行 $(p_H, p_L) = (0.4, 0.3)$ 可知;(a)若公平心理偏好的强度较弱(如 $(\alpha, \beta) = (0.3, 0.2)$),激励效率收益 $D_i^* = 0$,各契约均不发挥作用;(b)若内疚心理强度 β 的负激励作用较强(如 $(\alpha, \beta) = (0.3, 0.25)$ 和 $(0.4, 0.3)$),极端相对业绩评价契约与中间联合契约的激励效率收益为负,最佳契约为极端团队业绩评价契约;(c)若嫉妒心理较强而内疚心理强度较弱(如 $(\alpha, \beta) = (0.4, 0.2)$),嫉妒心理的正向激励作用为主导,极端相对业绩评价契约与中间联合契约都能取得正的激励效率收益,但该收益较小。

(2)当生产随机性中等或较小,且内疚心理较强时,若检验成本系数较小,倾向于选择极端相对业绩评价契约,但它只是略优于中间联合契约。

此时各契约的最优抽检率倾向于小于1,极端相对业绩评价契约与中间联合契约的激励效率收益都为正。由于前者要求获得补贴的供应商产品质量必须优于其他供应商,补贴条件比后者苛刻,当内疚心理度较强时,选择极端相对业绩评价契约更有利于激励努力生产供应商的积极性。但它的优势很有限,且随着检验成本系数 d 的增大,这个优势减小,中间联合契约逐渐优于相对业绩评价契约,如表2~6中 $(\alpha, \beta) = (0.4, 0.3)$ 的情况。

(3)其余情况更倾向于选择中间联合契约。

因此,考虑检验成本后,就最优契约的选取而言,本文与文献[8]中 (p_H, p_L) 较小时取极端团队业绩评价绩效契约、 (p_H, p_L) 中等水平时取极端相对业绩评价绩效契约、 (p_H, p_L) 较大时取中间联合契约的结论是不同的。

5 结论

本文以提高农产品质量为目的,在风险中性条件下研究了考虑检验成本和公平心理偏好的农产品供应链中,生产商-供应商委托代理问题的最优价格补贴契约。研究表明:最优抽检率与检验成本系数负相关,与生产随机性正相关;极端相对业绩评价契约和中间联合契约可以取得激励效益收益,且激励效益收益率与检验成本系数正相关,与生产的随机性负相关;在最优契约的选取上,当生产随机性较大且检验成本系数较小时,倾向于选择极端团队业绩评价契约;其余情况下,除了内疚心理较强时极端相对业绩评价契约可能略优于中间联合契约外,应选择中间联合契约。

因此,在实践中农产品生产加工商有必要通过管理和技术手段尽量降低单位产品的检验成本,并了解和

把握供应商的心理取向及公平心理偏好强度,通过选择最佳的契约形式和最优抽检率,获得更好的产品质量和更多的激励效率收益。本文研究的是在静态下价格补贴契约,且只考虑了两个供应商,多个供应商和其他契约形式、识别供应商的公平心理偏好、控制检验成本并进行动态多阶段的激励模式分析,是下一步研究的方向。

参考文献:

- [1] JACXSENS L, UYTTENDAELE M, DEVLIEGHERE. Food safety performance indicators to benchmark food safety output of food safety management systems[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, 141(1):180-187.
- [2] 胡定寰, FRED GALE, THOMAS REARDON. 试论“超市+农产品加工企业+农户”新模式[J]. *农业经济问题*, 2006, 26(1):36-39.
HU Dinghuan, FRED GALE, THOMAS REARDON. A new marketing model: supermarket + processing companies + farm households[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2006, 26(1):36-39.
- [3] 张雨, 吴俊力, 李秀峰, 等. 保障食品安全的供应组织模式[J]. *北京农业职业学院学报*, 2004, 18(5):39-42.
ZHANG Yu, WU Junli, LI Xiufeng, et al. The supplying organization model of food security[J]. *Journal of Beijing Vocation College of Agriculture*, 2004, 18(5):39-42.
- [4] 张云华, 孔祥智, 罗丹. 安全食品供给的契约分析[J]. *农业经济问题*, 2004, 24(8):25-29.
ZHANG Yunhua, KONG Xiangzhi, LUO Dan. A contract analysis on supply of safe food [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2004, 24(8):25-29.
- [5] 张学志, 陈功玉. 我国农产品供应链的运作模式选择[J]. *中国流通经济*, 2009, 23(10):57-60.
ZHANG Xuezhi, CHEN Gongyu. The selection of operation model of agricultural supply chain in China[J]. *China Business and Market*, 2009, 23(10):57-60.
- [6] DAVID L, DICKINSON. Experiment timing and preferences for fairness[J]. *Journal of Socio-Economics*, 2009, 38(1):89-95.
- [7] 魏光兴, 覃燕红, 蒲勇健. 联合契约:基于公平心理偏好的行为博弈分析[J]. *系统工程*, 2006, 24(9):32-37.
WEI Guangxing, QIN Yanhong, PU Yongjian. Joint contracts: behavioral game analyses based on fairness preferences[J]. *Systems Engineering*, 2006, 24(9):32-37.
- [8] 卜祥智, 许垒. 基于公平心理偏好的两级供应链激励模型分析[C]//第九届全国青年管理科学与系统科学学术会议论文集. 广州:华南理工大学出版社, 2007:533-539.
BU Xiangzhi, XU Lei. Analysis on incentive model of two-level supply chain based on fairness preferences[C]//Proceedings of the 9th National Symposium on Junior Scientists of Management and Systems Sciences. Guangzhou: Press of South China University of Technology, 2007:533-539.
- [9] DUFWENBERG, KIRCHSTEIGER. A theory of sequential reciprocity[J]. *Games and Economic Behavior*, 2004, 47(2):269-298.
- [10] HIRSHLEIFLER J. On the economics of transfer pricing[J]. *Journal of Business*, 1956, 29(3):172-184.
- [11] FEHR, SCBMIDT. A theory of fairness, competition and cooperation[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1999, 114(3):817-868.
- [12] HIDESHI ITOH. Moral hazard and other-regarding preferences[J]. *Japanese Economic Review*, 2004, 55(1):18-45.

(编辑:陈斌)