

曹武军,张方方. 公平关切下考虑农业保险对农产品供应链协调[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):298-302.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.078

# 公平关切下考虑农业保险对农产品供应链协调

曹武军,张方方

(郑州大学管理工程学院,河南郑州 450001)

**摘要:**通过引入公平关切理论和农业保险机制,研究自然风险下市场需求为随机不确定的三级农产品供应链的协调问题。首先,通过假定供应商和分销商具有公平关切心态,接着建立模型具体展开分析,继而探讨供应链成员的公平关切及公平关切下考虑农业保险机制后,两者共同作用对三级农产品供应链的协调影响。结果表明,公平关切不会对自然风险下的供应商和分销商各自的最优批发价格产生影响,并且可以促使批发价格契约下的供应链实现协调;引入农业保险后,公平关切同样不会对自然风险下的供应商和分销商的最优批发价格产生影响,但是农业保险会使得供应商和分销商的最优批发价格和供应链系统的最优订购量发生改变。最后,通过数值计算验证结果的正确性,同时也进一步推广了批发价格契约的适用范围。

**关键词:**自然风险;批发价格契约;公平关切;农业保险;供应链协调;农业风险

**中图分类号:**F840.66 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)07-0298-05

我国是农业大国,农产品供应链在国民经济中有着举足轻重的地位,农产品供应链涉及整个国民经济的整体运行、农业现代化和农民的根本利益。因此,使得农产品供应链保持协调与稳定是农产品供应链管理研究的核心。然而,农产品作为生活必需品,对自然条件的依赖性较大,如2014年河南省全省旱情持续蔓延,造成受灾面积达180.4万 $\text{hm}^2$ ,其中重旱面积47.47万 $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>;2015年陕西大荔县出现大风,使得农业受灾面积达0.718万 $\text{hm}^2$ 等<sup>[2]</sup>。这些自然灾害都造成农产品减产甚至绝收,给农户带来了巨大的经济损失,也使得农产品成本和缺货现象增多。同时,自然条件会使得农产品的供给具有较强的波动性,市场需求也会随之发生变化。所以导致供需不平衡的问题时有发生,供应链系统的协调性和稳定性也会受到影响。为了使得农产品供应链维持协调和稳定,先前人们提出了使用供应链契约来协调供应链成员的决策行为,以此使供应链的损害降到最低。因此,供应链契约受到诸多学者的关注。目前,学者主要从期权契约<sup>[3-4]</sup>、收益共享契约<sup>[5-6]</sup>、批发价格契约<sup>[7-8]</sup>及回购契约<sup>[9]</sup>来进行供应链协调

的研究。与其他契约相比,批发价格契约在现实生活中应用更为广泛,原因在于批发价格契约相对于其他契约有实施简单、低操作成本,且便于管理等优势<sup>[10]</sup>。因此本试验探讨的是基于批发价格契约这种适用性更广的契约形式来进行研究。然而值得注意的是,生活中供应链成员都以自身利润最大化为目标来进行决策,因此,也就降低了供应链整体的运作效率。行为研究发现,在现实生活中人们对公平往往表现出极大的关注,即公平关切。由于公平关切的存在,可能使得供应链协调状况受影响,如近年来广受关注的食品质量问题,感受到不公平的供应商通过添加瘦肉精、毒豆芽、农兽药等措施来提高自身收益,最后导致信用缺失,对供应链整体的协调造成了极大的危害。因此有必要对公平关切行为特征下的供应链协调状况进行研究,以进一步扩大其在供应链管理实践中的应用。而农业保险作为对农业风险损失进行事后补偿的一种手段,对稳定和保障农业的发展、增加农民收入有非常积极的作用,同时也将成为农产品供应链风险管理研究中的一个热点。针对农产品容易受到自然风险而带来的巨大损失,本研究拟采取农业保险来达到风险转移和风险分散的效果,从而弥补突发风险造成的巨大亏损而使供应链整体利润低下和农户在供应链中由于承担巨大自然风险而所处的不利地位。之前的一些学者主要从定性方面来进行农业保险的探讨<sup>[11-13]</sup>,本研究将农业保险作为内部因素定量考虑到农产品供应链中进行分析,探讨农业保险在农产品供应链协调与稳定中的重大作用。

收稿日期:2016-01-22

基金项目:河南省教育厅自然科学研究项目(编号:2010A630045、12A630037);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,博士,副教授,主要从事农产品供应链协调研究。E-mail:caowujun@zzu.edu.cn。

通信作者:张方方,硕士研究生,主要从事农产品供应链协调研究。E-mail:519707302@qq.com。

[5]张 伟,罗向明,郭颂平. 中国政策性农业保险发展的区域比较研究[J]. 南方金融,2014(6):66-70.

[6]胡亮亮. 政策性农业保险可持续发展的机制与路径探析——以江苏省南京市为例[J]. 证券与保险,2012(2):38-42.

[7]毕菁慧. 浅析政策性农业保险[J]. 农业与技术,2015,35(12):211.

[8]周墨之,任伟宏. 我国政策性农业保险浅谈[J]. 现代农业,2009(1):81-82.

[9]唐启国. 南京农业及其竞争力研究[J]. 南京社会科学,2002(增刊1):220-229.

[10]赵建业. 建立南京市政策性农业保险制度的研究[D]. 南京:南京农业大学,2006.

## 1 基本模型

### 1.1 模型描述与假设

本试验的研究对象是由 1 个供应商( $m$ )、1 个分销商( $d$ )、1 个零售商( $r$ )组成的三级农产品供应链系统,上游成员仅向下游成员提供单一产品,其中供应商是指种植农产品的农户,零售商所面临的市场需求是随机不确定的,分销商和零售商在单周期销售季节开始前,向自己的上游企业订购产品且仅有 1 次采购机会。供应商、分销商和零售商的决策构成 1 个 Stackelberg 博弈,其中,上游企业为领导者,在制造商与分销商之间,制造商为领导者;在分销商与零售商之间,分销商为领导者。在季节销售前,制造商与分销商分别向自己的下游企业(分销商与零售商)提供契约(批发价格契约),然后,零售商决定自己的订购量和零售价格。在单周期季节销售末,未出售的产品具有一定的残值。

### 1.2 符号说明

假定  $p$  为单位产品零售价格; $C_i$  为供应链成员的边际成本( $i = m, d, r$ ); $v$  为产品的单位残值; $g_i$  为供应链成员的单位缺货成本( $i = m, d, r$ ); $Q$  为单周期季节销售前零售商的产品订购量;供应商的投产产量  $A_0$  为按照比  $Q$  多  $\alpha$  倍投入生产,则  $A_0 = (1 + \alpha)Q$ , ( $0 \leq \alpha \leq 0.05$ );由于受到自然风险的影响,供应商的实际产量为  $A = (1 - \beta)A_0$ ,所以,供应商可提供的产量为  $T(Q) = \min(Q, A)$ 。供应商通过下游来销售产品,需求是不确定的且受到自然风险的影响, $x$  为随机的市场需求,市场需求函数为  $x = y(\beta)\delta$ ,其中  $y(\beta)$  为连续、非负且二级可微的线性函数, $\delta$  是独立于  $\beta$  的随机变量; $f(x|\beta)$  为自然风险下的市场需求密度函数; $F(x|\beta)$  假定为自然风险下的市场需求分布函数,其中  $F(x|\beta)$  连续可微; $\mu$  为市场需求的均值,即  $\mu = \int_0^\infty f(x)dx$ ;  $w_m^c$  为契约形式下供应链中供应商向分销商提供的单位产品的批发价格; $w_d^c$  为契约形式下供应链中分销商向零售商提供的单位产品的批发价格。零售商的期望销量受  $S(Q)$  供应量  $T(Q)$  和市场波动需求  $x$  的双重影响: $S(Q) = \int_0^{T(Q)} xf(x|\beta)dx + \int_{T(Q)}^\infty f(x|\beta)dx - T(Q) - \int_0^{T(Q)} F(x|\beta)dx$ ;设  $I_r(Q)$  为零售商未销售完的产品剩余量期望值,则  $I_r(Q) = T(Q) - S(Q)$ ;设  $L_r(Q)$  为零售商的缺货产品期望值,则  $L_r(Q) = \mu - S(Q)$ ;同样,可以得到供应商未销售的产品剩余量期望值为  $I_m(Q) = (A - Q)^+ = (1 - K_b)\alpha Q$ ;供应商的缺货产品期望值为  $L_m(Q) = (Q - A)^+ = K_b[1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q$ ;同理,分销商的缺货产品期望值为  $L_d(Q) = (Q - A)^+ K_b[1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q$ 。其中  $K_b$  表示缺货系数,当  $K_b = 0$  时表示不缺货,当  $K_b = 1$  时表示缺货。

假设供应商预估出当年的自然风险指数为  $e \in [\hat{e}, \bar{e}]$ ,此时,发生不同程度的农产品损害程度  $\beta_i$  的概率分别为  $\omega_i$ ,从而估算出当年的农产品损害程度为  $\hat{\beta} = \sum_{i=0}^{10} \beta_i \omega_i$ ,并据此决策最优订购量。

### 1.3 模型分析

在本试验假定的三级供应链中,可以得到自然风险下仅有批发价格契约时的零售商、分销商、供应商、供应链整体的

期望利润分别为:

$$\Pi_r = pS(Q) - (c_r + w_d^c)T(Q) + vI_r - g_r L_r = (p + g_r - c_r - w_d^c)T(Q) - (p - v + g_r) \int_0^{T(Q)} F(x|\beta)dx - \mu g_r; \quad (1)$$

$$\Pi_d = w_d^c T(Q) - (c_d + w_m^c)T(Q) - g_d L_d = (w_d^c - w_m^c - c_d)T(Q) - g_d K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q; \quad (2)$$

$$\Pi_m = w_m^c T(Q) - c_m A_0 + vI_m - g_m L_m = w_m^c T(Q) - c_m (1 + \alpha)Q + v(1 - K_b)\alpha Q - g_m K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q; \quad (3)$$

$$\Pi_{sc} = pS(Q) - (c_r + c_d)T(Q) - c_m A_0 + v(I_r + I_m) - (g_r L_r + g_d L_d + g_m L_m) = (p + g_r - c_r - c_d)T(Q) - (p - v + g_r) \int_0^{T(Q)} F(x|\beta)dx - c_m (1 + \alpha)Q + v(1 - K_b)\alpha Q - (g_d + g_m)K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q - \mu g_r. \quad (4)$$

显然,  $\Pi_{sc}$  在  $Q$  上是连续可微的,易得  $\partial^2 \Pi_{sc} / \partial Q^2 < 0$ ,即  $\Pi_{sc}$  是  $Q$  的凹函数。能够得到此时使  $\Pi_{sc}$  在自然风险下能够取到最大值的零售商的最优订购量  $Q^*$ ,且  $Q^*$  满足

$$F(Q^*|\hat{\beta}) = \frac{(p + g_r - c_r - c_d) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]}{(p - v + g_r) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} - \frac{(g_d + g_m)K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})] + c_m(1 + \alpha) - v(1 - K_b)\alpha}{(p - v + g_r) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]}. \quad (5)$$

其中: $Q^*$  也是利用批发价格契约来协调供应链的最优参考目标。但是仅有批发价格契约时,供应链是无法实现协调的<sup>[7]</sup>。

## 2 农产品供应链协调

### 2.1 公平关切下的供应链协调

在三级供应链中,存在 2 个不同的交易阶段,所以存在 2 个相对上游的企业,即供应商和分销商。由于在农产品供应链中,供应商所面临的风险更大,因此上游的企业对公平关切心态更大。所以,本试验假定相对上游企业对下游企业具有公平偏好,即供应商相对分销商具有公平关切心态,分销商相对零售商具有公平关切的心态。

根据 Kahneman 等的观点,经济主体在面对同等的利润和损失时的敏感程度不一致,即反 S 型曲线<sup>[14]</sup>。为了计算简便,假设决策者面对同等利润和损失的敏感程度一样,即直线型。引入参照点依赖(以上下游供应链成员的收益作为己方利润的参考)来刻画该效用函数,设  $\lambda_m$  ( $\lambda_m \geq 0$ ) 和  $\lambda_d$  ( $\lambda_d \geq 0$ ) 分别是供应商和分销商的公平偏好系数,当  $\lambda_m = \lambda_d = 0$  时,变为传统的批发价格契约模型<sup>[15]</sup>。在供应商和分销商具有公平偏好时,他们的效用函数分别为:

$$U_m = \Pi_m - \lambda_m (\Pi_d - \Pi_m) = (1 + \lambda_m) \Pi_m - \lambda_m \Pi_d; \quad (6)$$

$$U_d = \Pi_d - \lambda_d (\Pi_r - \Pi_d) = (1 + \lambda_d) \Pi_d - \lambda_d \Pi_r; \quad (7)$$

$$U_{sc} = \Pi_r + U_m + U_d = (1 - \lambda_d) \Pi_r + (1 + \lambda_d - \lambda_m) \Pi_d + (1 + \lambda_m) \Pi_m. \quad (8)$$

命题 1:自然风险下,供应商和分销商的最优批发价格存在且与公平关切系数无关。

证明: $\Pi_r$ 、 $U_d$  和  $U_{sc}$  在  $Q$  上是二阶连续可微的,令  $\lambda_1 = (1 + \lambda_d)/\lambda_d$ ,对其进行求导可得零售商利润最大的最优订购量  $Q_r$ 、使分销商效用最大的分销商最优订购量  $Q_d$  及供应链系统的最优订购量  $Q_{sc}$ ,分别满足如下公式:

$$F(Q_r|\hat{\beta}) = \frac{p + g_r - c_r - w_d^c}{p - v + g_r}; \quad (9)$$

$$F(Q_d|\hat{\beta}) = \frac{(p+g_r-c_r-w_d^c)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]-\lambda_1(w_d^c-w_m^c-c_d)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]}{(p-v+g_r)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} + \frac{\lambda_1 g_d K_b [1-(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]}{(p-v+g_r)[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} \quad (10)$$

$$F(Q_{sc}|\hat{\beta}) = \frac{p+g_r-c_r-w_d^c}{p-v+g_r} + \frac{(1+\lambda_m)w_m^c}{(1-\lambda_d)(p-v+g_r)} + \frac{(1+\lambda_d-\lambda_m)(w_d^c-w_m^c-c_d)}{(1-\lambda_d)(p-v+g_r)} - \frac{(1+\lambda_d-\lambda_m)g_d K_b [1-(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]}{(1-\lambda_d)(p-v+g_r)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} - \frac{(1+\lambda_m)\{c_m(1+\alpha)-v(1-K_b)\alpha+g_m K_b [1-(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]\}}{(1-\lambda_d)(p-v+g_r)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} \quad (11)$$

在完全信息下,分销商为了取得自身效用的最大化,其订购量必然与零售商的最优订购量相等。因此,在分销商和供应链均具有公平关切时,若批发价格契约能够使得供应链协调,则应该有公平关切下的分销商和零售商的最优订购量和供应链整体最优的供应量相等,即  $F(Q_{sc}|\hat{\beta}) = F(Q_r|\hat{\beta}) = F(Q_d|\hat{\beta})$ ;此时可以得到如下公式:

$$\begin{cases} w_d^c = c_d + \frac{(g_d+g_m)K_b[1-(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]+c_m(1+\alpha)-v(1-K_b)\alpha}{\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} \\ w_m^c = \frac{g_m K_b [1-(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]+c_m(1+\alpha)-v(1-K_b)\alpha}{\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} \end{cases} \quad (12)$$

通常仅有批发价格契约的供应链会带来“双重边际化”,所以很难实现供应链协调。而公式(12)表明,此时的批发价格不会受到供应链成员公平关切的影响,说明供应商和分销商同时具有公平关切时的批发价格契约可以协调三级供应链,且供应商和分销商的批发价格满足公式(10)。

## 2.2 公平关切下有农业保险的供应链协调

在实际生活中,由于自然灾害时有发生,供应商会采取对自己有利的举措使得自己收益在自然灾害发生时不至于损失惨重,因此,对于自然灾害的发生通常会采取用农业保险使自己的收益得到保障。

根据《中国人民财产保险股份有限公司种植业保险理赔实务》规定,农户购买保险时,农户每周要交单位保险费  $\varphi C_B$ ,在政府补贴下,实际只须要缴纳 20%  $\varphi C_B$  即可,其中  $\varphi$  为费率; $C_B$  为单位产量保险金额<sup>[16]</sup>。农作物的保险产量为  $\Delta A$ ,  $\Delta A = (1-\Delta)A_0$ ,即为正常产量的一部分。理赔金  $H$  的表达公式为:

$$H = K_0(\Delta A - A)C_B(1-K)S = K_0(\beta - \Delta)A_0 C_B(1-K)S \quad (13)$$

式中: $K$ 为免赔率; $K_0$ 为理赔系数; $S$ 表示“绝产”时不同生长期的最高赔偿标准的比例; $K_\beta$ 为投保系数;其中  $K_0$ 、 $K_\beta$ 、 $S$  的设置分别为如下公式:

$$K_0 = \begin{cases} 0 & 0 \leq \beta < 0.3 \\ 1 & 0.3 \leq \beta < 0.9; \\ K_0(\beta - \Delta) = \Delta A & 0.9 \leq \beta \leq 1.0 \end{cases} \quad (14)$$

$$S = \begin{cases} 1 & \beta < 0.9 \\ S(T_i) & \beta \geq 0.9 \end{cases} \quad (15)$$

$$K_\beta = \begin{cases} 0 & \hat{\beta} \leq 0.3 \\ 1 & \hat{\beta} > 0.3 \end{cases} \quad (16)$$

基于以上假设,可以得到加入农业保险后的农产品供应链中的零售商、分销商、供应商、供应链整体的利润模型分别

如下:

$$\Pi_r^c = pS(Q) - (c_r + w_d^c)T(Q) + vI_r - g_r L_r = (p + g_r - c_r - w_d^c)T(Q) - (p - v + g_r) \int_0^{T(Q)} F(x|\beta) dx - \mu g_r; \quad (17)$$

$$\Pi_d^c = w_d^c T(Q) - (c_d + w_m^c)T(Q) - g_d L_d = (w_d^c - w_m^c - c_d)T(Q) - g_d K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q; \quad (18)$$

$$\Pi_m^c = w_m^c T(Q) - c_m A_0 + vI_m - g_m L_m + K_\beta (0.2\varphi c_B \Delta A + H) = w_m^c T(Q) - c_m (1 + \alpha)Q + v(1 - K_b)\alpha Q - g_m K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q + K_\beta [-0.2\varphi c_B (1 - \Delta)A_0 + K_0(\beta - \Delta)A_0 C_B(1 - K)S]; \quad (19)$$

$$\Pi_s^c = pS(Q) - (c_r + c_d)T(Q) - c_m A_0 + v(I_r + I_m) - (g_r L_r + g_d L_d + g_m L_m) + K_\beta (-0.2\varphi c_B \Delta A + H) = (p + g_r - c_r - c_d)T(Q) - (p - v + g_r) \int_0^{T(Q)} F(x|\beta) dx - c_m (1 + \alpha)Q + v(1 - K_b)\alpha Q - (g_d + g_m)K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \beta)]Q - \mu g_r + K_\beta [-0.2\varphi c_B (1 - \Delta)A_0 + K_0(\beta - \Delta)A_0 C_B(1 - K)S] \quad (20)$$

首先由供应商估算出当年的农产品损害程度  $\hat{\beta}$ ,然后根据  $\hat{\beta}$  决定是否购买农作物农业保险。购买保险的决策如下:  
(1)当  $\hat{\beta} \leq 0.3$  时,风险较小,不购买保险;(2)当  $\hat{\beta} > 0.3$  时,风险较大,购买保险。同理可知,在参加农业保险的情况下,使得  $\Pi_{sc}^c$  能够取到最大值的零售商的最优订购量为  $Q^{**}$ ,且  $Q^{**}$  满足:

$$F(Q^{**}|\hat{\beta}) = \frac{(p+g_r-c_r-c_d)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]}{(p-v+g_r)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} - \frac{(g_d+g_m)K_b[1-(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]+c_m(1+\alpha)-v(1-K_b)\alpha}{(p-v+g_r)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} + \frac{K_\beta[-0.2\varphi C_B(1-\Delta)+K_0(\hat{\beta}-\Delta)C_B(1-K)S](1+\alpha)}{(p-v+g_r)\min[1,(1+\alpha)(1-\hat{\beta})]} \quad (21)$$

对比公式(5)、公式(21)可以发现,在农业保险下,零售商的最优订购量发生了变化。

分析公平关切情形下,因为只有供应商加入了农业保险,因此零售商和分销商的利润函数不变,正如公式(17)、公式(18)所示。设  $\gamma_m$  ( $\gamma_m \geq 0$ ) 和  $\gamma_d$  ( $\gamma_d \geq 0$ ) 分别是供应商和分销商加入农业保险后的公平偏好系数,因此,供应商和分销商的效用函数分别为:

$$U_m^c = \Pi_m^c - \gamma_m (\Pi_d^c - \Pi_m^c) = (1 + \gamma_m) \Pi_m^c - \gamma_m \Pi_d^c; \quad (22)$$

$$U_d^c = \Pi_d^c - \gamma_d (\Pi_r^c - \Pi_d^c) = (1 + \gamma_d) \Pi_d^c - \gamma_d \Pi_r^c; \quad (23)$$

$$U_{sc}^c = \Pi_r^c + U_m^c + U_d^c = (1 - \gamma_d) \Pi_r^c + (1 + \gamma_d - \gamma_m) \Pi_d^c + (1 + \gamma_m) \Pi_m^c \quad (24)$$

因为零售商的利润函数不变,因此,零售商的最优订购量

$Q_r^*$  仍然满足:

$$F(Q_r^* | \hat{\beta}) = \frac{p + g_r - c_r - w_d^c}{p - v + g_r} \quad (25)$$

其中:  $\gamma_1 = 1 + \gamma_d / \gamma_d$ , 此时分销商的最优订购量  $Q_d^*$  满足

$$F(Q_d^* | \hat{\beta}) = \frac{(p + g_r - c_r - w_d^c) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})] - \gamma_1 (w_d^c - w_m^c - c_d) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]}{(p - v + g_r) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} + \frac{\gamma_1 g_d K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]}{(p - v + g_r) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} \quad (26)$$

此时可以得到供应链系统的最优订购量满足:

$$F(Q_{sc}^c | \hat{\beta}) = \frac{p + g_r - c_r - w_d^c}{p - v + g_r} + \frac{(1 + \gamma_m) w_m^c}{(1 - \gamma_d)(p - v + g_r)} + \frac{(1 + \gamma_d - \gamma_m)(w_d^c - w_m^c - c_d)}{(1 - \gamma_d)(p - v + g_r)} - \frac{(1 + \gamma_d - \gamma_m) g_d K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]}{(1 - \gamma_d)(p - v + g_r) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} - \frac{(1 + \gamma_m) \{c_m(1 + \alpha) - v(1 - K_b)\alpha + g_m K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]\}}{(1 - \gamma_d)(p - v + g_r) \min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} \quad (27)$$

命题 2: 农业保险下, 供应商和分销商公平关切时仍与各自的最优批发价格无关, 但会改变各自的最优批发价格及供应链系统的最优订购量。

证明: 在完全信息对称下, 加入农业保险后, 当供应商和分销商具有公平偏好时, 若批发价格契约仍能够协调供应链,

则需要满足他们的最优订购量和供应链整体的最优订购量相等, 即  $F(Q_{sc} | \hat{\beta}) = F(Q_r^* | \hat{\beta}) = F(Q_d^* | \hat{\beta})$ , 并得到如下公式:

$$\begin{cases} w_d^{c*} = c_d + \frac{(g_d + g_m) K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})] + c_m(1 + \alpha) - v(1 - K_b)\alpha - K_\beta [-0.2\varphi C_B(1 - \Delta) + K_0(\hat{\beta} - \Delta) C_B(1 - K)S](1 + \alpha)}{\min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} \\ w_m^{c*} = \frac{g_m K_b [1 - (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})] + c_m(1 + \alpha) - v(1 - K_b)\alpha - K_\beta [-0.2\varphi C_B(1 - \Delta) + K_0(\hat{\beta} - \Delta) c_B(1 - K)S](1 + \alpha)}{\min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]} \end{cases} \quad (28)$$

由公式(28)可知, 农业保险下, 此时  $w_d^{c*}$  和  $w_m^{c*}$  均与公平关切系数无关, 且与无农业保险时的批发价格  $w_d^c$  和  $w_m^c$  不同, 同时说明农业保险可以影响供应商与分销商的最优批发价格。

因为无农业保险时, 供应商和分销商公平关切下的供应链系统的最优订购量为  $F(Q_{sc} | \hat{\beta})$ , 加入农业保险后, 此时供应链系统的最优订购量为  $F(Q_{sc}^c | \hat{\beta})$ 。容易看出  $F(Q_{sc}^c | \hat{\beta}) - F(Q_{sc} | \hat{\beta}) = \frac{K_\beta [-0.2\varphi C_B(1 - \Delta) + K_0(\hat{\beta} - \Delta) C_B(1 - K)S](1 + \alpha)}{\min[1, (1 + \alpha)(1 - \hat{\beta})]}$ , 由此可知农业保险改变了供应链系统的最优订购量。

由以上结论同时可知, 农业保险和公平关切可以同时协调供应链, 并进一步推广批发价格契约的应用范围。

### 3 数值计算分析

为了进一步分析供应链成员的公平关切对其本身效用、

供应链整体效用、最优批发价格影响以及公平关切下加入农业保险后两者共同作用对供应链效用和最优批发价格的影响, 以下进行数值计算分析。假定在一个三级供应链中, 基于批发价格契约下, 供应商和分销商具有公平关切心态。自然风险对市场的影响概括为  $y(\beta): y(\beta) = 0.1(1 - \beta)^3 + 0.9$ , 设  $\beta = 0$  时的  $y(0) = 1$ 。假设市场需求为  $x = y(\beta)\delta$ , 其中  $\delta \sim N(480, 15^2)$ , 即无自然风险时市场需求服从正态分布。有关供应链的参数分别设置为:  $p = 2100$  元/t,  $c_m = 500$  元/t,  $c_d = 300$  元/t,  $c_r = 100$  元/t,  $v = 1200$  元/t,  $g_m = 50$  元/t,  $g_d = 100$  元/t,  $g_r = 200$  元/t。依据保险公司理赔规定, 理赔参数设置为:  $\varphi = 4\%$ 、 $\Delta = 30\%$ 、 $c_B = 600$ 、 $K = 90\%$ 。假设  $S = 100\%$ , 农产品受损程度为  $0.4\beta$ 。

根据上述参数可知  $F(Q_{sc} | \hat{\beta}) = 0.890$ , 则  $F^{-1}(0.890) = 1.22$ , 可以求得无农业保险时供应链系统的最优订购量为  $Q^* = 509.1 \text{ t} \approx 509 \text{ t}$ , 自然风险下, 供应商可提供的产量为  $T(Q) = 320.7 \approx 321 \text{ t}$ 。用 Matlab 得到相关数值的计算见表 1。

表 1 供应商和分销商公平关切对供应链的影响

$\lambda_d = \lambda_m$	$w_m^c$	$w_d^c$	$\Pi_r$	$U_d$	$U_m$	$U_{sc}$
(0, 0)	862.7	1 221.4	65 800	13 740	117 120	196 660
(0.1, 0.1)	862.7	1 221.4	65 800	8 534	127 458	201 792
(0.2, 0.2)	862.7	1 221.4	65 800	3 328	137 796	206 924
(0.5, 0.5)	862.7	1 221.4	65 800	-12 290	168 810	222 320
(0.8, 0.8)	862.7	1 221.4	65 800	-27 908	199 824	237 716
(1.0, 1.0)	862.7	1 221.4	65 800	-38 320	220 500	247 980
(1.5, 1.5)	862.7	1 221.4	65 800	-64 350	272 190	273 640
(2.0, 2.0)	862.7	1 221.4	65 800	-90 380	323 880	299 300

元

由表 1 可知,当  $\lambda_d = \lambda_m = 0$  时,此时为供应链成员无公平关切时的供应链利润。当供应商和分销商具有公平关切时,可以看出供应商和分销商的效用随着公平关切系数的增大而增大,而零售商的效用函数没有发生变化;可以得到此时供应链系统的最优批发价格,供应链实现了协调。供应链整体的最优订购量没有发生变化,供应链实现了协调。供应商和分销商的最优批发价格也没有发生变化,说明公平关切不会改变供应链成员批发价格的大小。但是随着供应商和分销商公平关切程度的增加,各自的效用减小,甚至出现了负效用。说明公平关切会影响到供应链成员的效用,但是供应链整体的利润没有发生改变。

加入农业保险后,根据上述参数值得到  $F(Q^c|\beta) =$

0.902,则  $F^{-1}(0.902) = 1.3$ ,可以求得加入农业保险后供应链系统的最优订购量为  $Q^c_{sc} = 510.9\text{ t} \approx 511\text{ t}$ ,此时供应商可以提供的生产量为  $T(Q) = 321.9\text{ t} \approx 322\text{ t}$ 。同理可以得到其他相关数值的变化情况。

由表 2 可知,当  $\gamma_d = \gamma_m = 0$  时,为参加农业保险情况下供应链成员的利润。与  $\lambda_d = \lambda_m = 0$  时相比,可以看到在参加农业保险情况下的供应商及供应链系统的利润略微增加。和无农业保险时相比,可以看出在参加农业保险情况下增加了供应链系统的最优订购量、降低了供应商和分销商的最优批发价格。由于订购量和批发价格的变化,增加了供应链成员及供应链整体的利润。随着农产品损害程度  $\beta$  的增大,农业保险在农产品供应链协调中所发挥的作用越大。

表 2 公平关切下农业保险对供应链的影响

$\lambda_d = \lambda_m$	$w^c_m$	$w^c_d$	$\Pi_r$	$U_d$	$U_m$	$U_{sc}$
(0,0)	849.1	1 207.8	65 800	13 740	121 233	200 773
(0.1,0.1)	849.1	1 207.8	65 800	8 534	131 982	206 316
(0.2,0.2)	849.1	1 207.8	65 800	3 328	142 731	211 859
(0.5,0.5)	849.1	1 207.8	65 800	-12 290	174 979	228 489
(0.8,0.8)	849.1	1 207.8	65 800	-27 908	207 227	245 119
(1.0,1.0)	849.1	1 207.8	65 800	-38 320	228 726	256 206
(1.5,1.5)	849.1	1 207.8	65 800	-64 350	282 472	283 922
(2.0,2.0)	849.1	1 207.8	65 800	-90 380	336 219	311 639

4 结论

本研究主要是考虑自然风险下,基于市场需求具有随机不确定的特点,加上经济行为研究表明,在人类生活中普遍存在着公平关切。以三级农产品供应链为研究对象,首先,探讨供应商和分销商具有公平关切对供应链协调的影响。公平关切不会对供应商和分销商的批发价格产生影响,由于公平关切的存在,会降低分销商的效用,但会增加供应链系统的效用。其次,针对自然风险下,农户采取加入农业保险举措后的公平关切行为进行对比研究发现,加入农业保险后,供应链整体的最优订购量和批发价格均发生了改变,但是和无农业保险时的利润相比,加入农业保险后供应链成员的利润增大。在探讨公平关切行为时,由于上游企业面临的不确定性更大,因此更容易表现出对公平的期待,但本试验仅考虑了供应商和分销商的公平关切行为,对于更为复杂的供应链成员均具公平关切的行为特征则须要在后续研究中进一步讨论。

参考文献:

[1]张海涛,刘如楠. 我省旱情进一步蔓延受灾面积已达 2 706 万亩 [EB/OL]. (2014-08-02) [2015-12-20]. <http://wedding.dahebao.cn/news/html/83688.html>.  
[2]李 华. 19 亿 [EB/OL]. (2015-04-03) [2016-01-10]. [http://news.cnwest.com/content/2015-04/03/content\\_12311749.html](http://news.cnwest.com/content/2015-04/03/content_12311749.html).  
[3]马 成,周永务. 期权契约下应对突发事件的供应链协调 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2009,32(3):430-434.  
[4]Wang X L,Liu L W. Coordination in a retailer-led supply chain

through option contract [J]. International Journal of Production Economics,2007,110(1/2):115-127.  
[5]叶 飞,林 强. 风险规避型供应链的收益共享机制研究 [J]. 管理工程学报,2012,26(1):113-118.  
[6]Cachon G P,Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations [J]. Management Science,2005,51(1):30-44.  
[7]毕功兵,瞿安民,梁 樑. 不公平厌恶下供应链的批发价格契约与协调 [J]. 系统工程理论与实践,2013,33(1):134-140.  
[8]谭佳音,李 波. 公平关切对批发价格契约协调效果的影响 [J]. 预测,2013,32(3):65-69.  
[9]刘 浪,石 岩. 回购契约下供应链协调应对非常规突发事件 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2014,16(5):108-113.  
[10]瞿安民. 不公平厌恶下批发价格契约对供应链效率影响 [D]. 合肥:中国科学技术大学,2012.  
[11]周县华. 民以食为天:关于农业保险研究的一个文献综述 [J]. 保险研究,2010(5):119-127.  
[12]刘小康. 基于自然风险度量的农业保险定价及其财政补贴研究 [D]. 湘潭:湖南科技大学,2012.  
[13]许 虹. 我国农业保险的现状与对策研究 [D]. 长沙:湖南师范大学,2014.  
[14]Tverskyg A. Prospect theory:an analysis of decision making under risk [J]. Econometrica,1979,47(2):263-292.  
[15]浦徐进,金德龙. 公平偏好、参照点效应和三级供应链的运作 [J]. 控制与决策,2015,30(5):859-864.  
[16]中国人民财产保险股份有限公司. 农业保险承保理赔指引 [EB/OL]. (2012-02-13) [2016-01-08]. <http://www.picnet.com.cn>.