

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1672-884x.2014.02.016

# 两灰色变量下易腐农产品供应链动态合作机制

王丽娟 侯云先  
(中国农业大学经济管理学院)

**摘要:** 针对公司与农户之间的双重违约行为对“公司十农户”模式的 2 级链式易腐农产品供应链的严重阻碍,根据实际中生鲜农产品价格和市场需求的特点,把博弈论和灰色理论相结合,研究在价格和市场需求同为灰色变量条件下,2 级易腐农产品供应链中一对一博弈问题,通过分析公司和农户之间的灰博弈矩阵,设计出了使供应链中双方达到 Nash 均衡,供应链绩效最大化的动态合作机制,并通过其构造性证明和实例论证了该方法的合理性和可行性。

**关键词:** 两灰色变量; 灰博弈; 供应链; 灰优势; 动态合作机制

**中图法分类号:** C93   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1672-884X(2014)02-0274-04

**Dynamic Cooperation Mechanism in Agricultural Perishable Products Supply**

**Chain under Two Grey-Variable**

WANG Lijuan HOU Yunxian

(China Agricultural University, Beijing, China)

**Abstract:** The dual breaking contract behavior of company and peasant household frequently occur and seriously restrict the improvement of a two-stage agricultural perishable products supply chain consisting of a farmer and a company. Considering the feature and characteristics of market price and market demand of fresh agricultural perishable products, the paper's main purpose is to research grey-game in a two-stage agricultural perishable products supply chain under grey market price and grey market demand combining the game theory and the gray-system theory. The dynamic cooperation mechanism is designed to reach Nash equilibrium and to realize the united optimization of supply chain by analyzing grey-game matrix between a company and a farmer. The constructive proof and an example are shown to verify that the cooperation mechanism model is reasonable and effective.

**Key words:** Two Grey-Variable; grey game; Supply Chain; grey superiority position degree ; dynamic cooperation mechanism

以“公司十农户”供需模式占主导地位的易腐农产品供应链中,公司和农户之间的双重违约行为时有发生,严重制约着易腐农产品供应链的发展,急需定量地从更深层次研究他们之间科学、有效的协调合作机制。关于易腐农产品供应链中合作机制的研究主要采用了动态博弈<sup>[1~4]</sup>、契约、委托-代理理论、系统动力学反馈动态复杂性分析技术与委托-代理理论相结合<sup>[5~7]</sup>等方法,国内近年来关于“公司十农户”模式中合作机制的研究又有学者提出:“收购补贴+市场保护价+保证金”的契约协调机制以及“B-S 期权定价+生产协作+保证金”的合同机制<sup>[8,9]</sup>,但并没考虑生鲜农产品灰色市场价格

格和灰色市场需求特性。

近年来笔者根据实际中易腐农产品市场价格和市场需求的动态特性,将灰色系统理论中的成果应用到易腐农产品供应链管理中来,从系统工程和控制论的角度,把博弈论和灰色系统理论相结合,以“公司十农户”模式这种占主导地位的 2 级易腐农产品供应链为主要研究对象,在文献[10]和文献[11]中分别探索了在灰色市场价格下、在灰色市场需求下农户和公司一对一模式博弈问题,在文献[12]中研究了在竞争环境下的博弈问题。以上研究虽然对供应链管理的灰色系统方法的研究无论在理论上还是在实践上都起到一定的推动作用,但在实际中市场价格和市场

收稿日期: 2013-08-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71271094, 91024032); 中国博士后基金资助项目(20110490476)

需求均为强不确定灰色变量,在对易腐农产品供应链合作协调问题的研究中,仅考虑在单灰色变量下进行推理得到的结果,与实际情况有一定误差,实用效果不尽如人意。

本文在前期研究的基础上,探讨在市场价格和市场需求同为灰色变量条件下农户和公司一对单一单次交易的博弈问题,进一步分析市场价格和市场需求同时为灰色变量下,在契约中如何设置参数使生鲜农产品供应链中双方利益最大化,设计使整体供应链绩效达到最优的均衡策略和措施。

## 1 系统描述

在实际的“公司+农户”模式组成的2级链式易腐农产品供应链系统中,由于受自然灾害、市场因素以及国家宏观政策等未来不确定性的随机波动等因素的影响,易腐农产品市场价格和市场需求量都具有较强的不确定性:①当市场价格高于契约价格或市场价格低于契约价格时,仍在一定范围内变化;②当市场需求量大于农户产量或市场需求量小于农户产量时,市场价格和市场需求仍在一定范围内变化,只知道大概范围而不知其确切值的数是灰数<sup>[13]</sup>。因此,市场价格和市场需求同为灰色变量。同文献[10,11],设市场价格和市场需求均为区间灰数,所以农户和公司的收益也都是区间灰数,公司和农户的博弈支付矩阵是灰矩阵,公司和农户之间的博弈是灰博弈。由实际跟踪调查发现:在市场需求量大于农户产量时,市场价格高于契约价格,农户违约;在市场需求量小于农户产量时,市场价格低于契约价格,公司违约。为分析问题方便,仅考虑农户和公司一对一单次交易的情况,设市场需求量即为签约量,在市场价格和契约价格相同时,市场需求量和农户产量相同,公司和农户的支付函数是其收益。

## 2 两灰色变量下灰博弈模型构建

设在农户和公司博弈双方中,  $P_{ml}(\otimes) \in [P_{L1}, P_{H1}]$  为高于契约价格时的市场价格,  $P_{m2}(\otimes) \in [P_{L2}, P_{H2}]$  为低于契约价格时的市场价格,  $Q_{ml}(\otimes) \in [Q_{L1}, Q_{H1}]$  为大于农户产量时的市场需求量,  $Q_{m2}(\otimes) \in [Q_{L2}, Q_{H2}]$  为小于农户产量时的市场需求量。 $C_i(i=1,2)$  为投入的成本,  $F_i(i=1,2)$  为单位数量的违约处罚金,  $G$  为公司利润,  $P$  为农户与公司签订的契约价格,  $Q$  为签订的契约收购数量,  $Q_1$  为农户产量,  $\theta$  为易腐农产品的腐烂率,  $\gamma$  为公司给农户的单位

数量的奖励补贴,公司和农户的收益分别为:  
 $\pi_{\text{农户}_1}(\otimes), \pi_{\text{公司}_j}(\otimes)(j=1,2,3)$ , 在灰色博弈中,  
 $F_i(i=1,2), \gamma$  为决策变量。

(i) 市场需求量和农户产量相同,且市场价格等于契约价格时,农户和公司的收益:

$$\begin{aligned}\pi_{\text{农户}_1}(\otimes) &\in [PQ - C_1 - \theta PQ, PQ - C_1 - \theta PQ + \gamma Q]; \\ \pi_{\text{公司}_1}(\otimes) &\in [G - (PQ + C_2 + \gamma Q), G - (PQ + C_2)].\end{aligned}$$

(ii) 市场需求量大于农户产量,市场价格高于契约价格时,农户和公司的收益:

$$\begin{aligned}\pi_{\text{农户}_2}(\otimes) &= (1 - \theta)P_{ml}(\otimes)Q_{ml}(\otimes) - F_1 Q - C_1; \\ \pi_{\text{公司}_2}(\otimes) &= G - C_2 + F_1 Q.\end{aligned}$$

(iii) 市场需求量小于农户产量,市场价格低于契约价格时,农户和公司的收益:

$$\begin{aligned}\pi_{\text{农户}_3}(\otimes) &= F_2 Q + \gamma Q - C_1; \\ \pi_{\text{公司}_2}(\otimes) &= G - P_{m2}(\otimes)Q_{m2}(\otimes) - C_2 - F_2 Q.\end{aligned}$$

由以上分析可知,公司和农户的支付矩阵是灰博弈矩阵。根据博弈理论,合作能否进行,不仅取决于双方的利润,还取决于采取不合作时的损失。只有在违约利润与违约罚金的差小于履约收益时,公司和农户才可能采取履约行为合作,约束条件全部满足时,合作才是博弈的纳什均衡<sup>[10]</sup>。公司和农户的灰博弈矩阵见图1。

		公司	
		履约	违约
农 户	履 约	$\pi_{\text{农户}_1}(\otimes), \pi_{\text{公司}_1}(\otimes)$	$\pi_{\text{农户}_3}(\otimes), \pi_{\text{公司}_3}(\otimes)$
	违 约	$\pi_{\text{农户}_2}(\otimes), \pi_{\text{公司}_2}(\otimes)$	0, 0

图 1 公司和农户灰博弈支付矩阵

由图1灰博弈支付矩阵可以看出,若公司和农户都违约,其收益均为0;市场需求量(签约量)和农户产量相同,且市场价格等于契约价格时,二者合作;公司和农户收益分别为 $\pi_{\text{农户}_1}(\otimes), \pi_{\text{公司}_1}(\otimes)$ ;市场需求量(签约量)大于农户产量,市场价格高于契约价格时,农户违约,公司和农户收益分别为 $\pi_{\text{农户}_2}(\otimes), \pi_{\text{公司}_2}(\otimes)$ ;市场需求量(签约量)小于农户产量,市场价格低于契约价格时,公司违约,公司和农户收益分别为 $\pi_{\text{农户}_3}(\otimes), \pi_{\text{公司}_3}(\otimes)$ 。若要使公司和农户之间的博弈达到合作时的Nash均衡,必须采取措施使得合作时的收益大于其任何不合作时的收益,即 $\pi_{\text{农户}_1}(\otimes) \geq \pi_{\text{农户}_2}(\otimes)$ ,  $\pi_{\text{公司}_1}(\otimes) \geq \pi_{\text{公司}_3}(\otimes)$ 。

## 3 模型分析

**定义1** 设  $P_{ml}(\otimes)Q_{ml}(\otimes) \in [\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}\}, \max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}]$ ,  $P_{ml}(\otimes)Q_{ml}(\otimes) = PQ_1(\otimes) \in [PQ_{L1}, PQ_{H1}]$ , 则  $\pi_{\text{农户}_2}(\otimes) \in [(1 - \theta)PQ_{L1} - F_1 Q, (1 - \theta)PQ_{H1} - F_1 Q + F_2 Q]$

$F_1 Q, (1-\theta)PQ_{H1} - F_1 Q]$ 。

**定理 1** 市场价格和市场需求同为灰色变量下,市场需求量大于农户产量,市场价格高于契约价格时,若  $(F_1 + \gamma)(\otimes) \in [\frac{1}{Q}(1-\theta) \cdot (\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\} - PQ), \frac{1}{Q}(1-\theta)(\max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\} - PQ)]$ , 则  $\pi_{\text{农户}2}(\otimes) > \pi_{\text{农户}1}(\otimes)$ , 农户违约。

**证明** 因为  $(F_1 + \gamma)(\otimes) \in [\frac{1}{Q}(1-\theta) \cdot (\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\} - PQ), \frac{1}{Q}(1-\theta)(\max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\} - PQ)]$ , 由定义 1  $\Rightarrow \frac{1}{Q}(1-\theta)(PQ_{L1} - PQ) < (F_1 + \gamma) < \frac{1}{Q}(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ)$ , 令  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes) \in [a_1, b_1], \pi_{\text{农户}2}(\otimes) \in [a_2, b_2]$ , 则  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes) \in [a_1, b_1] = [PQ - C_1 - \theta PQ, PQ - C_1 - \theta PQ + \gamma Q]; \pi_{\text{农户}2}(\otimes) \in [a_2, b_2] = [(1-\theta)PQ_{L1} - F_1 Q - C_1, (1-\theta)PQ_{H1} - F_1 Q - C_1]$ ,  $\pi_{\text{农户}2}(\otimes)$  相对于  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes)$  的优势度

$$W_{\text{SPD}} = \frac{b_2 - b_1}{b_2 - a_2} =$$

$$\frac{(1-\theta)PQ_{H1} - F_1 Q - C_1 - (PQ - C_1 - \theta PQ + \gamma Q)}{(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ_{L1})} = \frac{(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ) - (F_1 + \gamma)Q}{(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ_{L1})},$$

因为,  $(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ_{L1}) > 0, F_1 + \gamma < \frac{1}{Q}(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ)$ , 所以,  $W_{\text{SPD}} > 0$ 。  $b_2 - b_1 = (1-\theta)(PQ_{H1} - PQ) - (F_1 + \gamma)Q > 0, \Rightarrow b_2 > b_1, b_1 - a_2 = (F_1 + \gamma)Q - (1-\theta)(PQ_{L1} - PQ) > 0 \Rightarrow b_1 > a_2, \Rightarrow b_2 > b_1 > a_2$ ,  $\pi_{\text{农户}2}(\otimes)$  相对于  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes)$  的劣势度  $W_{\text{IPD}} = 0, \Rightarrow W_{\text{SPD}} + W_{\text{IPD}} > 0, \Rightarrow \pi_{\text{农户}2}(\otimes) > \pi_{\text{农户}1}(\otimes)$ , 农户违约。

**定义 2** 设  $P_{m2}(\otimes)Q_{m2}(\otimes) \in [\min\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}, \max\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}]$ ,  $P_{m2}(\otimes)Q_{m2}(\otimes) = PQ_2(\otimes) \in [P_{L2}, P_{H2}]$ , 则  $\pi_{\text{公司}3}(\otimes) \in [G - PQ_{H2} - C_2 - F_2 Q, G - PQ_{L2} - C_2 - F_2 Q]$ 。

**定理 2** 市场价格和市场需求同为灰色变量下,市场需求量小于农户产量,市场价格低于契约价格时,若  $F_2(\otimes) \in [\frac{1}{Q}(PQ - \max\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}), \frac{1}{Q}(PQ - \min\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\})]$ , 则  $\pi_{\text{公司}3}(\otimes) > \pi_{\text{公司}1}(\otimes)$ , 公司违约。

**证明** 因为  $F_2(\otimes) \in [\frac{1}{Q}(PQ - \max\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}), \frac{1}{Q}(PQ - \min\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\})]$ , 由定义 2  $\Rightarrow \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{H2}) < F_2 < \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{L2})$ , 令  $\pi_{\text{公司}1}(\otimes) \in [c_1, d_1], \pi_{\text{公司}3}(\otimes) \in [c_3, d_3]$ , 则,

$$\pi_{\text{公司}1}(\otimes) \in [c_1, d_1] =$$

$$[G - (PQ + C_2 + \gamma Q), G - (PQ + C_2)] =$$

$$\pi_{\text{公司}3}(\otimes) \in [c_3, d_3] =$$

$$[G - PQ_{H2} - C_2 - F_2 Q, G - PQ_{L2} - C_2 - F_2 Q],$$

$\pi_{\text{农户}2}(\otimes)$  相对于  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes)$  的优势度  $W_{\text{SPD}} = \frac{d_3 - d_1}{d_3 - c_3} = \frac{PQ - PQ_{L2} - F_2 Q}{PQ_{H2} - PQ_{L2}}$ , 因为  $F_2 < \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{L2})$ , 所以  $W_{\text{SPD}} > 0, d_3 - d_1 = PQ - PQ_{L2} - F_2 Q > 0, \Rightarrow d_3 > d_1, d_1 - c_3 = F_2 Q - (PQ - PQ_{H2})$ , 因为,  $F_2 > \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{H2})$ ,  $\Rightarrow d_1 - c_3 > 0, \Rightarrow d_1 > c_3, \Rightarrow d_3 > d_1 > c_3$ ,  $\pi_{\text{公司}3}(\otimes)$  相对于  $\pi_{\text{公司}1}(\otimes)$  的劣势度  $W_{\text{IPD}} = 0, \Rightarrow W_{\text{SPD}} + W_{\text{IPD}} > 0, \pi_{\text{公司}3}(\otimes) > \pi_{\text{公司}1}(\otimes)$ , 公司违约。

**定理 1** 和 **定理 2** 论证了,市场价格和市场需求同为灰色变量下,如果契约中设置的双方的违约风险较小,且利益达不到共享时,公司和农户的违约率高。

**定理 3** 市场价格和市场需求同为灰色变量下,  $(F_1 + \gamma)_{\text{最小}} = \frac{1}{Q}(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ)$  并且  $(F_2)_{\text{最小}} = \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{L2})$  是公司和农户合作的基本条件。

**证明** 由以上可知,公司和农户合作,则  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes) \geq \pi_{\text{农户}2}(\otimes), \pi_{\text{公司}1}(\otimes) \geq \pi_{\text{公司}3}(\otimes)$ ,  $\pi_{\text{农户}1}(\otimes)$  相对于  $\pi_{\text{农户}2}(\otimes)$  的优势度  $W_{\text{SPD}} = \frac{b_1 - b_2}{b_1 - a_1} = \frac{(F_1 + \gamma)Q - (1-\theta)(PQ_{H1} - PQ)}{\gamma Q} \geq 0, \Rightarrow F_1 + \gamma \geq \frac{1}{Q}(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ) \Rightarrow (F_1 + \gamma)_{\text{最小}} = \frac{1}{Q}(1-\theta)(PQ_{H1} - PQ), \pi_{\text{公司}1}(\otimes)$  相对于  $\pi_{\text{公司}3}(\otimes)$  的优势度  $W_{\text{SPD}} = (d_1 - d_3)/(d_1 - c_1) = \frac{F_2 Q - (PQ - PQ_{L2})}{\gamma Q} \geq 0, \Rightarrow F_2 \geq \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{L2}) \Rightarrow (F_2)_{\text{最小}} = \frac{1}{Q}(PQ - PQ_{L2})$ 。

**定理 3** 构建了灰色市场价格和灰色市场需求下,公司和农户合作,供应链绩效达到最优的最基本的动态合作机制。

**定理 4** 在市场价格和市场需求同为灰色变

量下,公司和农户违约风险比单灰色变量下更大。

**证明** 由文献[8,9]可知,在单灰色变量下农户违约时的收益为 $\pi_{\text{农户}2}^*(\otimes) = (1-\theta)P_{m1}^*(\otimes)Q - F_1Q - C_1$ ;公司违约时的收益为 $\pi_{\text{公司}3}^*(\otimes) = G - PQ_{m2}^*(\otimes) - C_2 - F_2Q$ 。

在市场价格和市场需求同为灰色变量下,农户违约时的收益为

$$\begin{aligned}\pi_{\text{农户}2}(\otimes) &= (1-\theta)P_{m1}(\otimes)Q_{m1}(\otimes) - F_1Q - C_1; \\ P_{m1}^*(\otimes) \in [P_{L1}, P_{H1}], P_{m1}^*(\otimes)Q \in [P_{L1}Q, P_{H1}Q], Q \leq Q_{H1}; \\ P_{m1}(\otimes)Q_{m1}(\otimes) &\in [\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}, \\ &\quad \max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}]; \\ P_{H1}Q &\leq \max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\},\end{aligned}$$

由灰数大小比较规则可知, $P_{m1}^*(\otimes)Q \leq P_{m1}(\otimes) \cdot Q_{m1}(\otimes)$ ,  $\pi_{\text{农户}2}^*(\otimes) \leq \pi_{\text{农户}2}(\otimes)$ , 即在市场价格和市场需求同为灰色变量下,农户违约时的收益大于等于在单灰色变量下农户违约时的收益。同理可证, $\pi_{\text{公司}3}^*(\otimes) \leq \pi_{\text{公司}3}(\otimes)$ , 在市场价格和市场需求同为灰色变量下,公司违约时的收益大于等于在单灰色变量下公司违约时的收益。在市场价格和市场需求同为灰色变量下,公司和农户违约风险比单灰色变量下更大。

#### 4 案例

北京某水果批发中心和草莓种植农户签订购销合同,合同要求在草莓成熟期农户平均每周供应新鲜草莓 63 t(见表 1),农户产量、市场波动变化见表 2,分析水果批发中心和草莓种植农户博弈结果。

表 1 北京某水果批发中心和草莓种植农户签订购销合同

等级	契约 价格 /元/kg	签约量 /kg	草莓自 然腐烂 率/%	奖励 补贴 /元/kg	农户违 约处罚 金 /元/kg	批发中 心违约 处罚金 /元/kg	备注
1 级	20	1 400	3	3	18	5	农户违约
2 级	15	3 000	3	3	12	5	农户违约
3 级	10	3 000	3	7	7	7	批发中心违约

表 2 市场波动变化表

等级	市场价格 /元/kg	市场需 求量/kg	农户产 量/kg	水果批发 中心成本 /元	农户成 本/元	水果批发 中心利润 /元	备注
1 级	[40,45]	[1 400,1 600]	900	500	100	6 300	
2 级	[20,30]	[3 000,4 200]	2 000	400	90	5 400	
3 级	[5,7]	[1 200,1 300]	5 000	300	70	4 800	

由表 1、表 2 可知,对于一级草莓,当 $P_{m1}(\otimes) \in [40,45]$ , $Q_{m1}(\otimes) \in [0.7,0.8]$ , $C_1 = 100$ , $C_2 = 500$ , $F_1 = 18$ , $F_2 = 5$ , $G = 6 300$ , $P = 20$ , $Q = 0.7$ , $Q_1 = 900$ , $\theta = 3\%$ , $\gamma = 3$  时,可知市场需求量大于农户产量,市场价格高于契约价格,因为:

$$F_1 + \gamma = 21, \frac{1}{Q}(1-\theta)(\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}\},$$

$$P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}) - PQ) = 18.8,$$

$$\frac{1}{Q}(1-\theta)(\max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}\}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}) - PQ = 29.9,$$

$$\text{所以, } (F_1 + \gamma)(\otimes) \in \left[ \frac{1}{Q}(1-\theta)(\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}) - PQ \right],$$

$$\pi_{\text{农户}1}(\otimes) \in [PQ - C_1 - \theta PQ, PQ - C_1 - \theta PQ + \gamma Q] \in [27 060, 31 260];$$

$$\pi_{\text{农户}2}(\otimes) = (1-\theta)P_{m1}(\otimes)Q_{m1}(\otimes) - F_1Q - C_1 \in$$

$$\left[ (1-\theta)(\min\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}) - F_1Q - C_1 \right],$$

$$(1-\theta)(\max\{P_{L1}Q_{L1}, P_{L1}Q_{H1}, P_{H1}Q_{L1}, P_{H1}Q_{H1}\}) - F_1Q - C_1 \in [36 020, 51 540],$$

所以, $\pi_{\text{农户}2}(\otimes) > \pi_{\text{农户}1}(\otimes)$ ,这种情况下农户违约。

同理可以计算出:对于 2 级草莓的情况,农户违约。

对于 3 级草莓,当 $P_{m2}(\otimes) \in [5,7]$ , $Q_{m2}(\otimes) \in [1 200,1 300]$ , $C_1 = 70$ , $C_2 = 300$ , $F_2 = 7$ , $G = 4 800$ , $P = 10$ , $Q = 3 000$ , $Q_1 = 5 000$ , $\theta = 3\%$ , $\gamma = 5$  时,可知市场需求量小于农户产量,市场价格低于契约价格,

$$\pi_{\text{公司}1}(\otimes) \in [G - (PQ + C_2 + \gamma Q), G - (PQ + C_2)],$$

$$\pi_{\text{公司}3}(\otimes) \in [G - PQ_{H2} - C_2 - F_2Q, G - PQ_{L2} - C_2 - F_2Q],$$

$$\frac{1}{Q}(PQ - \max\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}) = 6.5,$$

$$\frac{1}{Q}(PQ - \min\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}) = 8,$$

$F_2 = 7$ ,所以,

$$F_2(\otimes) \in \left[ \frac{1}{Q}(PQ - \max\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}), \right.$$

$$\left. \frac{1}{Q}(PQ - \min\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\}) \right].$$

$$\pi_{\text{公司}1}(\otimes) \in [G - (PQ + C_2 + \gamma Q),$$

$$G - (PQ + C_2)] \in [2 700, 17 700];$$

$$\pi_{\text{公司}3}(\otimes) \in [G - \max\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\} - C_2 - F_2Q,$$

$$G - \min\{P_{L2}Q_{L2}, P_{L2}Q_{H2}, P_{H2}Q_{L2}, P_{H2}Q_{H2}\} - C_2 - F_2Q] \in [5 700, 17 700], \Rightarrow \pi_{\text{公司}3}(\otimes) > \pi_{\text{公司}1}(\otimes),$$

公司违约。同理可以计算出:若 $(F_1 + \gamma)_{\text{最小}} = 24$ , $(F_2)_{\text{最小}} = 7.5$  时,二者合作。

#### 5 结论

本文探讨了在市场价格和市场需求同为灰色变量下,若对公司和农户违约处罚力度较小,且利益共享机制不完善,二者违约。进一步论证了若加大对二者违约处罚力度,建立有效的利益连接机制,使公司和农户履约时的收益一定不小于他们违约时的收益, (下转第 312 页)

- 1996, 41(3): 507~529
- [50] WAGEMAN R. Interdependence and Group Effectiveness [J]. *Administrative Science Quarterly*, 1995, 40(1): 145~180
- [51] WELDON E, GARGANO G M. Cognitive Effort in Additive Tasks: The Effects of Shared Responsibility on the Quality of Multiatribute Judgments [J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1985, 36(3): 348~361
- [52] DUTTON J E, JACKSON S E. Categorizing Strategic Issues: Links to Organizational Action [J]. *Academy of Management Review*, 1987, 12 (1): 76~90
- [53] EISENHARDT K M, KAHWAJY J L, BOURGEOIS L J. Conflict and Strategic Choice: How Top Management Teams Disagree [J]. *California Management Review*, 1997, 39 (2): 42~63
- [54] ANCONA D G, CALDWELL D. Beyond Task Maintenance: Defining External Functions in Groups [J]. *Group and Organizational Studies*, 1988, 13 (4): 468~494
- [55] RAVASI D, ZATTONI A. Exploring the Political

(上接第 277 页)

是保障双方博弈合作的基本措施。同时分析了在市场价格和市场需求同为灰色变量下,公司和农户违约风险比单灰色变量下更大,利益连接机制更复杂。研究成果可为易腐农产品供应链的实际运作管理与优化控制提供新的理论与方法支持。

#### 参 考 文 献

- [1] CARL D, RÖNN M. Supply Chain Management in Forestry—Case Studies at Södra Cell AB[J]. *European Journal of Operational Research*, 2005, 163 (16): 589~616
- [2] BURER S, JONES P C, LOWE T J. Coordinating the Supply Chain in the Agricultural Seed Industry [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 185(1):354~377
- [3] HU J, ZHANG X, MOGA L M. Modeling and Implementation of the Vegetable Supply Chain Traceability System[J]. *Food Control*, 2013,30(1): 341~353
- [4] YU M, NAGU A. Competitive Food Supply Chain Networks with Application to Fresh Produce[J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 224 (2): 273~282
- [5] 贾伟强. 基于反馈动态复杂性分析的“公司+农户”组织模式的合作机制研究[D]. 南昌:南昌大学管理科学与工程系,2006

- Side of Board Involvement in Strategy: A Study of Mixed-ownership Institutions [J]. *Journal of Management Studies*, 2006, 43(8): 1 671~1 702
- [56] HANNAN M, FREEMAN J. Structural Inertia and Organizational Change [J]. *American Sociological Review*, 1984, 49(2): 149~164
- [57] MILES R E, SNOW C C, MEYER A D, et al. Organizational Strategy, Structure, and Process [J]. *Academy of Management Review*, 1978, 3 (3): 546~562
- [58] PECK S I, RUIGROK W. Hiding behind the Flag? Prospects for Change in German Corporate Governance [J]. *European Management Journal*, 2000, 18 (4): 420~430

(编辑 杨妍)

**通讯作者:** 刘小元(1980~),男,湖北荆门人。中央财经大学商学院(北京市 100081)副教授,博士。研究方向为公司治理与企业战略。E-mail: liuxiaoyuan@cufe.edu.cn

- [6] 王道平,苏红霞,欧阳强国. 需求价格相关的供应链的联合契约研究[J]. *管理学报*,2009, 6(4):440~443
- [7] 禹爱民,刘丽文. 随机需求和联合促销下双渠道供应链的竞争与协调[J]. *管理工程学报*, 2012, 26(1): 151~155
- [8] 叶飞,林强,李怡娜. 基于 CVaR 的“公司+农户”型订单农业供应链协调契约机制[J]. *系统工程理论与实践*,2011,31(3):450~460
- [9] 叶飞,林强,莫瑞君. 基于 B-S 模型的订单农业供应链协调机制研究[J]. *管理科学学报*,2012,15(1): 66~76
- [10] 王丽娟,王红卫,孙西超. 用灰色理论研究易腐农产品中合作博弈问题[J]. *华中科技大学学报:自然科学版*,2008, 36(8):31~33
- [11] 王丽娟,党峰,孙西超. 动态需求下易腐品供应链系统中的博弈分析[J]. *华中科技大学学报:自然科学版*, 2009, 37(5):79~81
- [12] 王丽娟. 竞争环境下易腐农产品供应链中灰博弈 [J]. *武汉大学学报:理学版*,2009 55(2):150~156
- [13] 刘思峰,党耀国,方志耕. 灰色系统理论及其应用 [M ]. 第 3 版. 北京:科学出版社, 2004

(编辑 刘继宁)

**通讯作者:** 王丽娟(1966~),女,河南周口人。中国农业大学(北京 100083)经济管理学院教授,博士,中国农业大学管理科学与工程博士后流动站博士后研究人员。研究方向为大型复杂系统控制、供应链建模。E-mail: wsk@henau.edu.cn