第 27 卷 第 6 期
Vol. 27 No. 6

控 制 与 决 策
Control and Decision

2012 年 6 月
Jun. 2012

文章编号: 1001-0920(2012)06-0881-05

产出不确定的农产品供应链协调问题研究

王道平, 程 蕾, 李 锋

(北京科技大学 经济与管理学院，北京 100083)

摘 要: 目前关于供应链协调的研究大都基于产出确定的情形, 但是现实中却存在很多产出不确定的情形, 对此, 研究了在产出不确定的背景下农产品供应链的协调问题. 首先以期望收益最大化为目标建立数学模型; 然后从理论上证明了集中决策下系统存在最优计划生产量, 在分散无协调时存在均衡解以及分散有协调情况下风险分担契约能够实现供应链的协调; 最后通过实例验证了所提理论的合理性.

关键词: 供应链协调；产出不确定；农产品；风险分担契约

中图分类号: F406 **文献标识码:** A

Supply chain coordination of agricultural product under random yield

WANG Dao-ping, *CHENG Lei*, *LI Feng*

(School of Economics and Management，University of Science and Technology Beijing，Beijing 100083，China. Correspondent：CHENG Lei，E-mail：chengleich@gmail.com)

Abstract: Now many research of supply chain coordination are based on fixed yield. But there are numerous examples where a production system has a random yield in real world. Therefore, a single-period, unreliable yield agriculture supply chain is analyzed. Firstly, a mathematical model is established aiming at the maximization of expected revenue. Then the optimal planned output is established under centralized decision making. A risk-sharing contract is designed to coordinate the supply chain. Finally, a corresponding example is presented to illustrate the rationality of the proposed theory.

Key words: supply chain coordination；random yield；agricultural product；risk-sharing contract

1 引 言

农产品供应链是比较典型的交货数量不确定的供应链. 其交货数量不确定的原因主要有: 1) 农产品生产的特殊性: 农产品的生产容易受天气、种子质量、培育方法等外界因素的影响, 即使是同样的投入, 其产出也往往不同; 2) 农产品本身的特殊性: 大部分农产品具有易腐败、不易保存的特性, 因而在运输过程中常会存在一定的损耗, 这将导致零售商获得的农产品数量与实际订购数量不符. 到目前为止, 人们对供应链协调的研究大多基于生产确定的情况. 关于供货随机的研究国内外都比较少见. Karlin[1]最早进行了随机产出和随机需求的研究, 他认为, 当持货成本和缺货成本为其各自参数的凸函数时, 除非有一定的存货, 否则最优的策略即是订货量为 0; Shih[2]在不合格率为常数且持有与缺货成本为线性关系时证明了存在最优订货量; Yano 等人[3]研究了面对随机需求和随机环境下批量生产计划的制定和库存的控制问题; Noori 等人[4]研究了单周期生产和需求随机的库存问题, 并进一步研究了产出服从均匀分布且需求服从指数分布的库存问题; Ehrhardt 等人[5]总结了 Shi 的模型, 并将缺货成本扩展为一般式; Gerchak[6]考虑了具有初始库存的随机产出问题, 证明了在净产出与计划产出成比例时存在最优的计划产量和最优的初始库存; Inderfurth[7]从费用最小化的角度研究了随机产出和需求的单周期生产和库存问题; Keren[8]分析了随机产出但需求固定的单周期库存问题, 并将其扩展到供应链协调研究上; Gurnani[9]研究了零件产出随机下分散决策的组装系统协调问题, 证明了采用惩罚瓶颈供应商的策略能够实现供应链的协调; Yuan 等人[10]研究了无残值和缺货损失的供应链风险分享下参数的设定问题.

国内关于随机产出的问题研究相对较少. 赵霞等人[11]从供应链的角度研究了在产出和需求扰动服从均匀分布的情形下, 单个生产商和零售商的供应链协

收稿日期: 2010-11-26；**修回日期:** 2011-03-04.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70872010)；北京市哲学社会科学规划项目(07BfJG185).

作者简介: 王道平(1964−), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理等研究；程蕾(1980−), 女, 博士生, 从事供应链管理的研究.

调问题; 马士华等人[12]研究了风险共享的两供应商和单制造商的供应链协调问题. 本文在已有文献研究的基础上, 考虑了农产品产出随机所导致的交货数量不确定的情况, 以生产商和零售商的最大期望利润为目标, 建立了生产商的批量生产和零售商的订货模型, 并研究了在风险分担契约下供应链的协调问题.

2 基本假设及符号说明

2.1 问题背景

本文研究对象是由一个生产商和一个零售商组成的现代单段二元式农产品供应链, 例如生产基地 (或农业合作组织) + 超市, 周期为一个生产-销售周期. 零售商在生产商进行生产活动前根据上个销售季销售情况进行预测并向生产商提出订货需求, 生产商根据零售商的订货需求决定计划生产量. 这种产销合作模式在农产品供应链中较为常见, 如 TESCO 乐购的农产品产销流程. 这种产销合作的优势在于不经过任何中间商, 由基地直接供给卖场门店, 使成本大大降低. 反映到市场售价上, 价格降低至少 20%, 蔬菜损耗率仅在 8%左右, 远低于原来的 30%. 在这个供应链中销售商为核心企业, 占据主导地位, 生产商是追随者. 首先由销售商提出合作契约, 然后生产商对契约作出反应以确定是否进入供应链, 如果进入, 则双方协商确定契约参数.

本文将基于以下的假设进行研究: 1) 生产商和销售商都是理性决策者, 即双方都会根据自身利润最大化的原则进行决策; 2) 生产商和销售商是风险中性的; 3) 生产商和销售商之间的信息是完全对称的.

2.2 符号说明

销售商根据市场需求 D 来确定订货量 q, 假定市场需求已确定, 生产商根据销售商的订货量 q 确定计划产量 Q, 因为产出随机, 所以最终产量为 Qx. 其中 x 为随机变量, 即 $0 \leqslant a \leqslant x \leqslant b < +\infty$, 且 x 的密度函数为 $f(x)$, 均值为 μ, 分布函数为 $F(x)$. $F(x)$ 为可微且严格递增的, $F(0) = 0$.

其他参数及符号说明如下:

Π_i^j 为不同决策状态下不同主体的利润. 其中: 下标 $i \in \{S, R\}$, $i = S$ 表示生产商, $i = R$ 表示销售商; 上标 $j \in \{C, \mathrm{DN}, \mathrm{DC}\}$, $j = C$ 表示集中决策, $j = \mathrm{DN}$ 表示分散无协调决策, $j = \mathrm{DC}$ 表示分散有协调决策. w 为单位农产品批发价格; c_s 为单位农产品生产成本; v_s 为销售季期末农产品处于生产商处残值; c_e 为生产商的单位农产品缺货惩罚; p 为单位农产品出售价格; c_r 为单位农产品运输成本; v_r 为销售季期末农产品处于销售商处残值; g_r 为销售商的农产品缺货损失, 包括期望收益的损失和信誉损失等.

3 集中决策下的供应链最优策略

在集中决策下供应商和销售商是一个整体, 以供应链整体利益最大化为目标. 在这种情况下, 生产商生产的产品均由销售商销售, 剩余商品残值为 v_r, 缺货损失为 g_r. 于是在此背景下, 供应链总收益为

$$\Pi^C = p\min(Qx, D) + v_r\max(Qx - D, 0) - g_r\max(D - Qx, 0) - c_sQ - c_rQx. \tag{1}$$

定理 1 在集中决策下, 供应链的期望收益函数 $\mathrm{E}(\Pi^C)$ 是关于生产商计划产量 Q 的凹函数, 即存在最优计划产量 Q_1^* 且满足

$$\int_a^{\frac{D}{Q_1^*}} xf(x)\mathrm{d}x = \frac{c_s - (v_r - c_r)\mu}{p - v_r + g_r}, \tag{2}$$

使得期望收益最大, 其中 $v_r\mu < c_s + c_r\mu$ 且 $(p + g_r)\mu > c_s + c_r\mu$.

证明 供应链期望收益为

$$\mathrm{E}(\Pi^C) = pQ\Big(\int_a^{\frac{D}{Q}} xf(x)\mathrm{d}x + \int_{\frac{D}{Q}}^b \frac{D}{Q}f(x)\mathrm{d}x\Big) + v_rQ\int_{\frac{D}{Q}}^b \Big(x - \frac{D}{Q}\Big)f(x)\mathrm{d}x - g_rQ\int_a^{\frac{D}{Q}} \Big(\frac{D}{Q} - x\Big)f(x)\mathrm{d}x - c_sQ - c_rQ\mu. \tag{3}$$

对式 (3) 求一阶偏导, 可得

$$\frac{\partial[\mathrm{E}(\Pi^C)]}{\partial Q} = (p - v_r + g_r)\int_a^{\frac{D}{Q}} xf(x)\mathrm{d}x + (v_r - c_r)\mu - c_s. \tag{4}$$

进一步对式 (3) 求二阶偏导, 得

$$\frac{\partial^2[\mathrm{E}(\Pi^C)]}{\partial Q^2} = -(p - v_r + g_r)\Big[\frac{D^2}{Q^3}f\Big(\frac{D}{Q}\Big)\Big]. \tag{5}$$

显然式 (5) 为负, 因此期望收益函数 $\mathrm{E}(\Pi^C)$ 是 Q 的凹函数. 令 $\partial[\mathrm{E}(\Pi^C)]/\partial Q = 0$, 可得

$$\int_a^{\frac{D}{Q_1^*}} xf(x)\mathrm{d}x = \frac{c_s - (v_r - c_r)\mu}{p - v_r + g_r}.$$

将 Q_1^* 代入式 (3), 可得供应链最大期望收益. □

4 分散无协调式农产品供应链决策

上一节讨论了集中决策下系统的最优生产量与供应链最优期望收益, 实际中零售商和生产商会追求自身利润最大化. 在分散无协调机制下, 销售商确定需求, 并向生产商提出订货量; 生产商根据销售商订货需求进行生产. 超出订购部分由生产商自行处理, 不足订货部分由生产商承担每缺货单位 c_e 的惩罚. 由于零售商占主导地位, 为了不失去这样的合作伙伴, 生产商会承担这样的惩罚.

4.1 生产商的批量生产决策

在分散无协调机制下, 生产商的收益函数为

$$\Pi_S^{\mathrm{DN}} = w\min(Qx, q) + v_s\max(Qx - q, 0) -$$

$$c_e \max(q-Qx,0)-c_sQ. \tag{6}$$

定理 2　在分散无协调决策下, 生产商的期望收益函数 $\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_S^{\mathrm{DN}})$ 是计划产量 Q 的凹函数, 即存在最优计划产量 Q_2^* 且满足

$$\int_a^{\frac{q}{Q_2^*}} xf(x)\mathrm{d}x=\frac{c_s-v_s\mu}{w-v_s+c_e}, \tag{7}$$

使得期望收益最大, 其中 $v_s\mu<c_s$ 且 $(w+c_e)\mu>c_s$.

定理 2 的证明过程同定理 1.

4.2　销售商的订购决策

在独立决策下, 销售商的收益函数为

$$\begin{aligned}&\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}}=\\&p\min(Qx,q,D)+v_r\max[\min(Qx,q)-D,0]-\\&g_r\max[D-\min(Qx,q),0]-w\min(Qx,q)+\\&c_e\max(q-Qx,0)-c_r\min(Qx,q).\end{aligned} \tag{8}$$

定理 3　销售商的期望收益函数是订购量 q 的凹函数, 存在最优的订购量 q^* 使得 $\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})$ 最大, 并且 $q^*\geqslant D$ 或 $q^*=0$.

证明　借鉴文献 [9] 的证明思路, 令 $y=q/Q$.

1) 当 $q\geqslant D$ 时, 销售商的期望收益为

$$\begin{aligned}\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})=&p\mathrm{E}[\min(Qx,q,D)]+\\&v_r\mathrm{E}\{\max[\min(Qx,q)-D,0]\}-\\&g_r\mathrm{E}\{\max[D-\min(Qx,q),0]\}-\\&(w+c_r)\mathrm{E}[\min(Qx,q)]+\\&c_e\mathrm{E}[\max(q-Qx,0)].\end{aligned} \tag{9}$$

对式 (9) 求一阶偏导和二阶偏导, 有

$$\begin{aligned}&\frac{\partial[\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})]}{\partial q}=\\&(p+g_r)\int_a^{y\frac{D}{q}}\frac{x}{y}f(x)\mathrm{d}x+v_r\int_{y\frac{D}{q}}^{y}\frac{x}{y}f(x)\mathrm{d}x-\\&(w+c_r)\Big(\int_a^{y}\frac{x}{y}f(x)\mathrm{d}x+\int_y^{b}f(x)\mathrm{d}x\Big)+\\&v_r\int_y^{b}f(x)\mathrm{d}x+c_e\int_a^{y}\Big(1-\frac{x}{y}\Big)f(x)\mathrm{d}x,\end{aligned} \tag{10}$$

$$\frac{\partial^2(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})}{\partial q^2}=-(p+g_r-v_r)y\frac{D^2}{q^3}f\Big(y\frac{D}{q}\Big). \tag{11}$$

显然式 (11) 为负, 因此期望收益函数 $\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_S^{\mathrm{DN}})$ 是 q 的凹函数, 对于销售商而言, 存在最优的订购决策. 借鉴文献 [9] 的证明思路, 取 $q=D$, 式 (10) 可重写为

$$\frac{\partial[\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})]}{\partial q}\Big|_{q=D}=A(q)|_{q=D}-B+C+D.$$

当 $\partial[\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})]/\partial q|_{q=D}=0$ 时, 有 $g_r=g_{r1}$; 当 $g_r>g_{r1}$ 时, 易知 $\partial[\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})]/\partial q|_{q=D}>0$, 因 $\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_S^{\mathrm{DN}})$ 是 q 的凹函数, 故可得 $q^*=\zeta D$, 其中 $\zeta>1$, 且 $\zeta=q/D$; 当 $g_r\leqslant g_{r1}$ 时, $\partial[\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})]/\partial q|_{q=D}\leqslant 0$, 由于 $\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_S^{\mathrm{DN}})$ 是 q 的凹函数, 且根据前提条件 $q\geqslant D$, 可以得到 $q^*=D$. 综上所述, 可以得到 $q^*\geqslant D$.

2) 当 $q\leqslant D$ 时, 销售商的期望收益为

$$\begin{aligned}\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})=&(p-w-c_r)\mathrm{E}[\min(Qx,q,D)]+\\&v_r\max[\min(Qx,q)-D,0]-\\&g_r\mathrm{E}\{\max[D-\min(Qx,q),0]\}-\\&c_e\mathrm{E}[\max(q-Qx,0)].\end{aligned} \tag{12}$$

对式 (12) 求二阶偏导, 有

$$\frac{\partial^2(\mathit{\Pi}_R^{\mathrm{DN}})}{\partial q^2}=0. \tag{13}$$

所以零售商的期望收益是订货量 q 的单调函数, 于是最优订购量为 $q=D$ 或 $q=0$. 综合式 (1) 和 (2), 最优订购量 $q^*\geqslant D$ 或 $q^*=0$. □

定理 4　分散无协调决策下, 供应链存在均衡解.

证明　令式 (10) 为 0, 联立式 (7) 求解, 可解得分散无协调情况下存在均衡解. □

5　基于风险分担的农产品供应链协调

在分散无协调的情况下, 由于生产商和销售商均以最大化自身的利润为目标, 会产生双重边际化效应, 从而降低供应链的整体绩效. 农产品生产存在较大风险, 在分散决策且没有协调机制的情况下, 由生产商承担了所有产出风险, 这样会导致双方合作松散, 合作伙伴不固定. 频繁地更换合作伙伴既不利于竞争, 也会导致交易费用的增加, 应采取一定的协调机制来缓解或消除这种状况, 使得供应链在分散式系统下的绩效达到集中式系统下的绩效. 对此, 本文提出了风险分担契约, 即销售商分担生产商的产出风险, 而生产商分担销售商的缺货风险. 具体风险分担契约设计机制如下:

1) 当生产商由于产出过剩而导致产出量大于销售商订购量时, 销售商共享生产商的产出过剩风险, 以每单位过剩产品 w_e 的价格进行收购, 其中 $w_e<w$;

2) 当生产商由于产出不足而导致产出小于销售商订购量时, 生产商承担销售商面临的缺货风险, 按照一定的比例 β 分担销售商的缺货损失, 其中 $0<\beta<1$. 风险分担契约可表示为 (w_e,β), 在风险分担契约下, 生产商的收益函数为

$$\begin{aligned}\mathit{\Pi}_S^{\mathrm{DC}}=&w\min(Qx,q)+w_e\max\{Qx-q,0\}-\\&\beta g_r\max\{D-\min(Qx,q),0\}-c_sQ.\end{aligned} \tag{14}$$

定理 5　风险分担契约下, 生产商的期望收益函数 $\mathrm{E}(\mathit{\Pi}_S^{\mathrm{DC}})$ 是计划生产量 Q 的凹函数, 存在最优的计划生产量 Q_3^* 使得期望收益最大, 且 Q_3^* 满足

$$\begin{aligned}&(w-w_e)\int_a^{\frac{q}{Q_3^*}}xf(x)\mathrm{d}x+\beta g_r\int_a^{\frac{D}{Q_3^*}}xf(x)\mathrm{d}x+\\&w_e\mu-c_s=0.\end{aligned} \tag{15}$$

其中: $c_s\geqslant w_e\mu$ 且 $(w+\beta g_r)\mu>c_s$.

定理5的证明过程同定理1.

对于销售商而言, 其收益函数为

$$\Pi_R^{\mathrm{DC}} = p\min(Qx,q,D)+v_r\max(Qx-D,0)-(1-\beta)g_r\max[D-\min(Qx,q),0]-w\min(Qx,q)-w_e\max(Qx-q,0)-c_rQx. \quad (16)$$

类似于定理3的推导可知, 销售商订购量为 $q^*\geqslant D$ 或 $q^*=0$. 在研究中认为 $q^*\geqslant D$. 若供应链在风险分担契约下实现协调, 则应满足分散有协调情况下供应链的总收益达到集中状态下供应链的总收益, 且使得分散无协调状态下双方的收益水平得到帕累托改进. 显然, 风险分担的协调策略实际是供应链内部的利润转移, 即当风险分担契约下最优生产量等于集中决策下最优生产量时, 风险分担契约下供应链总收益与集中决策下供应链总收益相等, 也就是当满足条件 $Q_3^*=Q_1^*$ 时, 即可得到

$$\Pi^C=\Pi_S^{\mathrm{DC}}+\Pi_R^{\mathrm{DC}}. \quad (17)$$

进而可得

$$(w-w_e)\int_a^{\frac{q}{Q_1^*}}xf(x)\mathrm{d}x+\beta g_r\int_a^{\frac{D}{Q_1^*}}xf(x)\mathrm{d}x+w_e\mu-c_s=0. \quad (18)$$

由此可见, 只要满足式(18)的契约参数 (w_e,β), 并能同时使下述条件成立:

$$\Pi_S^{\mathrm{DC}}\geqslant\Pi_S^{\mathrm{DN}},\ \Pi_R^{\mathrm{DC}}\geqslant\Pi_R^{\mathrm{DN}}, \quad (19)$$

便可达到供应链协调的目的. 这是对分散无协调下双方收益的帕累托改进, 同时占据供应链主导地位的销售商可通过调整订货量 q 和契约参数 (w_e,β) 实现对供应链利润的分配. 下面通过算例来进一步说明.

6 数值实验及分析

考虑由某生产基地与某超市组成的单段二元式农产品供应链. 因超市周边的消费群体比较固定, 故对某种农产品的消费量固定, 需求 $D=500$ 单位, 每单位销售价格为 $p=6$. 生产种植活动开始前, 超市向生产基地提出生产订单, 生产基地根据订单进行生产且产出随机, 扰动变量 x 服从均匀分布, 假设 $x\sim U(0,1)$. 生产商投入的单位生产成本 $c_s=1.5$, 批发价格为 $w=4$, 生产商过量产出时每单位超出量残值为 $v_s=1.5$. 超市的单位运输成本 $c_r=0.5$, 在销售季节末剩余商品单位残值为 $v_r=2.8$, 缺货损失成本为 $g_r=0.5$. 超市调整订货量 q 和契约参数 (w_e,β) 满足式(19)和(20), 以达到供应链协调和对利益进行分配. 采用Matlab2008a进行编程计算, 所得结果如表1和表2所示.

由计算的数值结果对比可以得出如下结论:

1) 在集中决策下, 随着 g_r 的增大, 为避免潜在损失, 生产商将增大产量; 但是惩罚成本的增大会大于期望利润的增加, 因而供应链整体利润呈下降趋势.

2) 在分散无协调决策形式下, 保证零售商缺货损失不变. 随着生产商所需支付的缺货补偿 C_e 的增大, 生产商利润下降, 销售商利润逐渐增大, 但是供应链整体利润仍呈下降趋势.

表1 集中决策与分散无协调情形下的数值结果对比

g_r	Q_1^*	$\mathrm{E}(\Pi^C)$	C_e	Q_2^*	$\mathrm{E}(\Pi_S^{\mathrm{DN}})$	$\mathrm{E}(\Pi_R^{\mathrm{DN}})$	$\mathrm{E}(\Pi_S^{\mathrm{DN}})+\mathrm{E}(\Pi_R^{\mathrm{DN}})$
1	1 224	742.68	1.0	978	133.57	540.60	674.17
			1.2	1005	92.26	580.56	672.82
			1.6	1 058	12.85	654.55	667.40
1.5	1295	693.08	1.0	1 008	137.75	478.55	616.30
			1.2	1 036	95.14	520.56	615.60
			1.6	1 091	13.25	598.28	611.53
1.8	1336	664.58	1.0	1 039	141.92	443.26	585.18
			1.2	1068	98.02	486.59	584.61
			1.6	1 124	13.65	566.72	580.37

表2 分散有协调情形下数值计算结果

g_r	Q_1^*	C_e	$\mathrm{E}(\Pi^C)$	$\mathrm{E}(\Pi_S^{\mathrm{DN}})$	$\mathrm{E}(\Pi_R^{\mathrm{DN}})$	(w_e,β)	$\mathrm{E}(\Pi_S^{\mathrm{DC}})$	$\mathrm{E}(\Pi_R^{\mathrm{DC}})$	$\mathrm{E}(\Pi_S^{\mathrm{DC}})+\mathrm{E}(\Pi_R^{\mathrm{DC}})$
1	1 224	1.0	742.68	133.57	540.60	(2.20, 0.49)	136.80	605.88	742.68
						(2.22, 0.39)	148.90	593.78	742.68
						(2.24, 0.31)	160.96	581.72	742.68
						(2.26, 0.22)	173.04	569.64	742.68
						(2.28, 0.13)	185.12	557.56	742.68
1.5	1 295	1.2	693.08	95.14	520.56	(2.18, 0.37)	102.90	590.18	693.08
						(2.20, 0.30)	116.00	577.08	693.08
						(2.22, 0.23)	129.10	563.98	693.08
						(2.24, 0.16)	142.20	550.88	693.08
						(2.26, 0.10)	155.30	537.78	693.08
1.8	1 336	1.6	664.58	13.65	566.72	(2.06, 0.30)	24.56	640.02	664.58
						(2.08, 0.24)	38.08	626.50	664.58
						(2.10, 0.18)	51.60	612.98	664.58
						(2.12, 0.12)	65.12	599.46	664.58
						(2.14, 0.06)	78.64	585.94	664.58

3) 当供应链处于分散无协调情形时, 虽然可以找到整个系统的均衡解, 但此时容易出现“双重边际化”效应. 即当生产商利润为正时, 总有生产商的最优生产量小于系统的最优生产量; 当生产商的最优生产量达到系统最优生产量时, 生产商的利润将为负值.

4) 在分散决策下, 使用风险分担契约能够达到供应链的协调. 若契约参数满足式 (18), 则分散有协调决策下的供应链整体收益值与集中决策下的收益值相等.

5) 在供应链中占据主导地位的销售商可以通过调整参数值使供应链达到协调, 同时还能使生产商和销售商的收益得到帕累托改进, 即契约参数的调整可以使有协调时生产商和销售商的收益大于无协调下双方的收益.

7 结　论

本文研究了产出不确定情况下农产品供应链的协调问题. 从理论和算例两方面验证了风险分担契约能够达到供应链协调, 且能使双方收益达到帕累托改进, 这对产出不确定供应链协调研究具有一定理论和现实意义. 进一步将研究参数选择对利益分配的影响.

参考文献(References)

[1] Karlin S. One stage inventory models with uncertainty: Studies in the mathematical theory of inventory and production[M]. Stanford: Stanford University Press, 1958: 2-45.

[2] Shin W. Optimal inventory policies when stock outs result from effective product[J]. Int J of Production Research, 1980, 18: 677-686.

[3] Yano C, Lee H L. Lot sizing with random yields: A review[J]. Operations Research, 1995, 43(2): 311-334.

[4] Noori A H, Keller G. One-period order quantity strategy with uncertain match between the amount received and quantity requisitioned[J]. INFOR, 1986, 24(1): 1-11.

[5] Ehrhardt R, Taube L. An inventory model with random replenishment quantity[J]. Int J of Production Research, 1987, 25(12): 1795-1803.

[6] Gerchak Y, Vickson R G, Parlar M. Periodic review production models with variable yield and uncertain demand[J]. IIE Trans, 1988, 20(2): 144-150.

[7] Inderfurth K. Analytical solution for a single-period production-inventory problem with uniformly distributed yield and demand[J]. Central European J of Operations Research, 2004, 12: 117-127.

[8] Keren B. The single-period inventory problem: Extension to random yield from the perspective of the supply chain[J]. Omega, 2009, 37: 801-810.

[9] Gurnanr H, Gerchak Y. Coordination in decentralized assembly systems with uncertain component yields[J]. European J of Operational Research, 2007, 176(3): 1559-1576.

[10] He Yuanjian, Zhang Jiang. Random yield risk sharing in a two-level supply chain[J]. Int J of Production Economics, 2008, 112: 769-781.

[11] 赵霞, 吴方卫. 随机产出与需求下农产品供应链协调的收益共享合同研究[J]. 中国管理科学, 2009, 17(5): 88-95.
(Zhao X, Wu F W. Coordination of agri-food chain with revenue-sharing contract under stochastic output and demand[J]. Chinese J of Management Science, 2009, 17(5): 88-95.)

[12] 马士华, 李果. 供应商产出随机下基于风险共享的供应链协同模型[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(3): 564-572.
(Ma S H, Li G. Collaborative model of supply chain based on risk sharing under random yields[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(3): 564-572.)

下　期　要　目