

基于政府补贴的随机产出与需求农产品供应链优化决策

聂腾飞, 宇海锁, 杜少甫

(中国科学技术大学管理学院, 安徽合肥 230026)

摘要:在农产品生产和需求随机的背景下,并基于政府对零售商的税收补贴政策,研究在只有一个生产商和一个零售商的情况下的供应链的优化决策问题.生产商和零售商之间存在 Stackelberg 博弈,并且证明了存在唯一的 Stackelberg 均衡解.研究表明,政府补贴政策能够增加供应链的整体利润.此外,在合理的政府补贴政策以及外生参数下,批发价格契约具有协调供应链的可能性,这不同于传统供应链中批发价格契约不能协调供应链.

关键词:政府补贴;生产需求随机;批发价格契约;供应链协调

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A doi:10.3969/j.issn.0253-2778.2017.03.010

引用格式:聂腾飞,宇海锁,杜少甫.基于政府补贴的随机产出与需求农产品供应链优化决策[J].中国科学技术大学学报,2017,47(3):267-273.

NIE Tengfei, YU Haisuo, DU Shaofu. Agriculture supply chain optimization based on supply and demand uncertainty with government subsidy policies [J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2017,47(3):266-273.

Agriculture supply chain optimization based on supply and demand uncertainty with government subsidy policies

NIE Tengfei, YU Haisuo, DU Shaofu

(School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Under the background of random output and random market demand of agriculture, and with government subsidies for the retailer, a one-period two-echelon supply chain optimization consisting of one manufacturer and one retailer was studied. A Stackelberg game between the manufacturer and the retailer was considered, and the existence of Stackelberg equilibrium was derived. The results show that the government subsidy policy can improve the supply chain's total profit. In addition, an interesting finding shows that, under the reasonable government subsidies and exogenous parameters, the supply chain can be coordinated with a simple wholesale price contract, which does not happen in traditional cases.

Key words: government subsidy; random yield and demand; wholesale price contract; supply chain coordination

0 引言

随着社会经济的发展,人们所处的经济环境以

及自然环境正面临各种各样的挑战,例如,经济危机、局部军事冲突、政治更迭以及自然灾害等.因此,供应链管理存在着诸多不确定性.尤其在农业中生

收稿日期:2016-03-16;修回日期:2016-05-30

基金项目:国家自然科学基金(71571171),中国博士后科学基金(2014M561840)资助.

作者简介:聂腾飞,男,1986年生,博士.研究方向:供应链管理.E-mail: ntf1986@ustc.edu.cn

通讯作者:杜少甫,博士/教授. E-mail: sdu@ustc.edu.cn

产不确定更加明显,农作物的生产经常受到天气、种子质量以及培养技术等这些不可控因素的影响。同时,国家一直以来都很关注农民农生问题。2013 年中央一号文件中规定,政府加大农业补贴力度,对农业进行补贴或者实行一些税收减免政策。结合农产品生产和需求随机以及政府对农业的补贴政策的实际问题,研究该农产品供应链优化决策问题具有重要的现实意义。

随机产出这个问题最早可以追溯到 1958 年, Arrow 等^[1]研究了在市场随机需求下的随机库存问题。在工业生产当中, Levitan^[2]研究了与生产随机相似的拒收补贴问题。Yano 和 Lee^[3]研究了生产不确定性的模型评估和探讨当上游的产量随机时的批量计划问题。Bollapragada 和 Morton^[4]研究了几个性能良好的启发式算法对于随机需求下的随机产生问题和线性成本问题。Li 和 Zheng^[5]比较了供应链上游确定和不确定两种情况,发现后者较前者会降低性能。He 和 Zhang^[6]在分散的供应链系统中比较了不同的风险共担在随机生产和随机需求情况下的作用。Cho 和 Tang^[7]在生产和需求随机的情况下,制定了 3 种销售策略:提前预售、常规销售以及动态销售,并且发现第一种提前预售在这 3 种销售策略中是相对最好的。Yan 和 Wang^[8]在生产和需求随机下,分析比较了贝特朗和古诺竞争模型,并得到唯一的纳什均衡解。国内关于随机产出的问题研究比较少且开始的也比较晚。赵霞等^[9]从随机产出和随机需求的角度考虑了供应链问题。王道平等^[10]研究了在产出不确定的背景下农产品供应链的协调问题。凌六一等^[11]在供应链中随机产出和随机需求下,采用风险共担机制研究农产品供应链问题。Tang 和 Kouvelis^[12]分别研究了在生产随机和需求确定时,价格回购合同能够协调供应链以及在生产和需求都随机时,回购和收益共享联合合同能够协调供应链。

在现实生活中,周围环境的各种不确定性会对农产品供应链的有效运作带来影响,给供应链的性能以及利润带来各种威胁。农产品面对的外部环境风险,比如洪涝、泥石流以及恶劣天气等自然灾害,常常出其不意,给供应链上游带来产出不确定,对供应链下游的影响则表现为不能拿到足够的产品而带来利润上的损失。在农业中,农作物的生产经常受到天气、种子质量以及培养技术等这些不可控因素的影响,实际产量往往会不确定。例如,2010 年我国北方九省市遭遇的冬旱使全国多地的小麦产量及质量均受到不同程度影响。并且农产品的产量很难在短

期内增加或者减少,因为其生产周期一般比较长,这种情况会使得农产品的供给具有随机性的特征。我国极端气候事件频频发生,极端气候事件对农产品产量的影响也是明显的。据 1950~2003 年的有关资料表明,我国平均每年有 956 万公顷的农田受洪涝等灾害影响。所以,农产品生产不确定性也应该引起我们的重视,而不单单只考虑需求市场上的不确定性,两者在一起结合考虑更具有实际意义。

政府对农业的补贴问题在国内外都有研究。Gawande 和 Kishore^[13]研究了为什么税或补贴的农业贸易是政府的政治经济因素选择。Daniel 和 Sumner^[14]介绍了美国农业补贴政策的历史及演变。Bernard 和 Hoekman^[15]等认为,发展中国家减少贸易壁垒和农业补贴,将会受益更多。顾和军^[16]认为,农业税减免、粮食直接补贴政策等会对我国农产品竞争力产生影响。王思舒^[17]认为农业补贴政策是促进我国农业发展和提高农民收入的一项重要措施。王姣和肖海峰^[18]用规划模型分析了我国良种补贴和农业税减免政策对农户增收的积极作用。曹帅等^[19]对中国农业补贴政策进行分析,判断这一政策的变动趋势,并分析了其对经济的影响。李强^[20]在分析中国农产品国际竞争力影响时,认为农业补贴对于提高农业竞争力具有重要的影响。

本文受 He 和 Zhang^[6]的工作启发,把上游的生产产品随机这种现象具体到农产品,因为农产品更易受不确定性因素影响,产量也更易随机。并且结合中国实际,体现对三农问题的关注,考虑政府对农村合作社、专业大户或者农产品经销商实行税收优惠政策,比如税收减免、免征增值税和印花税。在批发价格契约假设下,基于政府补贴,分析了生产商和零售商之间的 Stackelberg 博弈,讨论农产品供应链优化决策以及协调问题,并为政府增加农民收入政策提供一些建议。

1 模型假设与符号约定

本文考虑一个二阶段供应链,包括一个生产商和一个零售商,并且市场信息对于双方都是对称的。生产商在销售季节来临之前生产农产品,并且这种农产品具有一定的长周期。生产商的每个单位产品的制造成本为 c ,其生产的最终产品是随机的。如果生产商计划生产的数量是 Q ,那么 UQ 代表其随机产出数量, U 是满足某一分布的一个随机变量,分布函数为 $F(u)$,概率密度函数为 $f(u)$,并且 $E(U) = \mu$ 。零售商向生产商订购一定数量的产品

q , 每单位销售实际收入为 p , 政府对零售商每一销售单位产品进行补贴, 如减免税费, 免征增值税、印花税等, 我们统一设定为 $m, m < p$. 零售商面对的市场需求 X 是随机的, 满足分布函数为 $G(x)$, 概率密度函数为 $g(x)$, $E(X) = n, \bar{G}(x) = 1 - G(x)$. 并且我们假设 $F(u)$ 和 $G(x)$ 是相互独立的.

因为生产商生产的农产品周期长, 销售季节短, 所以对于生产商来说只有一次生产机会, 不能加工生产. 除此之外, 零售商在销售季节之前必须向生产商提供订购的产品数量. 因此, 生产商和零售商都会根据利润最大化原则做出自己的决策. 当销售季节来临时, 如果了解到的市场需求大于零售商订购的数量, 那么会造成零售商每一单位的缺货成本 β_r ; 如果了解到的市场需求小于零售商订购的数量, 那么会造成零售商每一单位的持有成本 h_r . 同样的, 当生产商生产产品结束时, 会确定最终的产量 UQ . 如果零售商订购的数量低于最终产量时, 那么会造成生产商每一单位的持有成本 h_s .

2 独立决策下的农产品供应链策略

2.1 生产商最优决策

由于生产商和零售商是相互独立的, 那么他们都是以各自利润最大化为决策目标, 因此生产商的期望利润为

$$E(\pi_s) = wE[\min\{q, UQ\}] - cQ - E[h_s(UQ - q)^+] \quad (1)$$

式(1)的第一项为生产商的批发收入, 第二项为其生产成本, 第三项为其库存成本, 进一步可以得到

$$E(\pi_s) = w \left[\int_0^{\frac{q}{Q}} uQf(u)du + \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} qf(u)du \right] - cQ - \left[h_s \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} (uQ - q)f(u)du \right].$$

分别对 $E(\pi_s)$ 求 Q 的一阶导数和二阶导数, 得到

$$\begin{aligned} E(\pi_s) &= (p + m)E[X] - (p + m) \left[\int_0^{\frac{q}{Q}} \int_{uQ}^{+\infty} (x - uQ)g(x)f(u)dx du + \right. \\ &\quad \left. \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} \int_q^{+\infty} (x - q)g(x)f(u)dx du \right] - w \left[\int_0^{\frac{q}{Q}} uQf(u)du + \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} qf(u)du \right] - \\ &\quad \left[h_r \int_0^{\frac{q}{Q}} \int_0^{uQ} (uQ - x)g(x)f(u)dx du + h_r \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} \int_0^q (q - x)g(x)f(u)dx du + \right. \\ &\quad \left. \beta_r \int_0^{\frac{q}{Q}} \int_{uQ}^{+\infty} (x - uQ)g(x)f(u)dx du + \beta_r \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} \int_q^{+\infty} (x - q)g(x)f(u)dx du \right]. \end{aligned}$$

我们已经证明 $Q^* = kq$, 代入上式并求 $E(\pi_s)$ 对 q 的一阶导数和二阶导数, 可以得到

$$\frac{\partial E(\pi_s)}{\partial Q} = w \int_0^{\frac{q}{Q}} uf(u)du - \left[h_s \int_{\frac{q}{Q}}^{+\infty} uf(u)du \right] - c,$$

$$\frac{\partial^2 E(\pi_s)}{\partial Q^2} = -w \frac{q^2}{Q^3} f\left(\frac{q}{Q}\right) - \left[h_s \frac{q^2}{Q^3} f\left(\frac{q}{Q}\right) \right] < 0.$$

由上式可知 $E(\pi_s)$ 为计划产量 Q 的凹函数, 令 $\partial \pi_s / \partial Q = 0$, 得到最优生产量满足

$$w \int_0^{\frac{q}{Q^*}} uf(u)du - \left[h_s \int_{\frac{q}{Q^*}}^{+\infty} uf(u)du \right] - c = 0 \quad (2)$$

$$\int_0^{\frac{q}{Q^*}} uf(u)du = \frac{c + \mu h_s}{w + h_s} \quad (3)$$

令 $q/Q^* = l$, 上式可以得到

$$Y(l) = \int_0^l uf(u)du = \frac{c + \mu h_s}{w + h_s}.$$

因为 $\partial Y(l) / \partial l = lf(l) > 0, Y(l) = \int_0^l uf(u)du$, 所以我们可以证明 Q^* 为 q 的一次线性函数, 即 $Q^* = kq$.

2.2 零售商最优决策

当上游生产的农产品的数量是随机的, 那么这种风险会影响下游零售商的利润函数. 首先, 下游订购的农产品 q 大于或者小于上游生产的产品 UQ ; 其次, 市场需求量 X 也是随机的, 也会给零售商带来缺货和持有成本. 同时政府给零售商每单位产品进行税费减免等补贴政策. 因此, 零售商的期望利润函数为

$$E(\pi_r) = (p + m)E[\min\{UQ, q, X\}] - wE[\min\{q, UQ\}] - h_r E[\min(q, UQ) - X]^+ - \beta_r E[X - \min(q, UQ)]^+ \quad (4)$$

式(4)第一项为零售商在有政府补贴的情况下的销售收入, 第二项为其批发成本, 第三项为其缺货和损失成本, 进一步可以得到

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_r}{\partial q} &= (p+m) \left[\int_0^{\frac{1}{k}} uk\bar{G}(ukq)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} \bar{G}(q)f(u)du \right] - w \left[k \int_0^{\frac{1}{k}} uf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \\ &\left[h_r \int_0^{\frac{1}{k}} ukG(ukq)f(u)du - \beta_r \int_0^{\frac{1}{k}} uk\bar{G}(ukq)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} h_r G(q)f(u)du - \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} \beta_r \bar{G}(q)f(u)du \right], \\ \frac{\partial^2 \pi_r}{\partial q^2} &= -(p+m+h_r+\beta_r) \left[\int_0^{\frac{1}{k}} (uk)^2 g(ukq)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} g(q)f(u)du \right] < 0. \end{aligned}$$

零售商的期望利润 $E(\pi_r)$ 是关于 q 的凹函数, 存在唯一的最优订购量 q^* 最大化期望利润并满足下面的一阶必要条件:

$$\begin{aligned} (p+m) \left[\int_0^{\frac{1}{k}} \bar{G}(ukq^*)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} \bar{G}(q^*)f(u)du \right] - w \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \\ \left[h_r \int_0^{\frac{1}{k}} ukG(ukq^*)f(u)du - \beta_r \int_0^{\frac{1}{k}} uk\bar{G}(ukq^*)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} h_r G(q^*)f(u)du - \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} \beta_r \bar{G}(q^*)f(u)du \right] = 0 \end{aligned} \tag{5}$$

定理 2.1 零售商的 optimal 订购量是生产商批发价的减函数, 即 $dq^*/d\omega < 0$.

证明 根据隐函数定理, 利用式(5), 我们可以求得 q^* 对 ω 的一阶导数为

$$\begin{aligned} \frac{dq^*}{d\omega} &= \frac{\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du,}{-(p+m+h_r+\beta_r)A} < 0, \\ A &= \int_0^{\frac{1}{k}} (uk)^2 g(ukq^*)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} g(q^*)f(u)du. \end{aligned}$$

可以看出, 当生产商提高产品批发价格时, 零售商会减少他们的最优订购量以做出对上游制定批发价格的反应.

定理 2.2 生产商和零售商存在唯一的博弈均衡解 (q^*, ω^*) .

证明 我们已经得出零售商的最优订购量 q^* , 为了求出均衡解 (q^*, ω^*) , 下面分别求出生产商期望利润 π_s 对 ω 的一阶导数和二阶导数, 可以得到

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_s}{\partial \omega} &= \frac{dq^*}{d\omega} \left\{ w \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \left[h_s \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} (uk-1)f(u)du \right] - ck \right\} + \\ &\int_0^{\frac{1}{k}} ukq^* f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} q^* f(u)du, \\ \frac{\partial^2 \pi_s}{\partial \omega^2} &= 2 \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] \frac{dq^*}{d\omega} + \left\{ w \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \right. \\ &\left. \left[h_s \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} (uk-1)f(u)du \right] - ck \right\} \frac{d^2 q^*}{d\omega^2}. \end{aligned}$$

为了判断 $\partial^2 \pi_s / \partial \omega^2$ 正负性, 根据上式我们还须求出 q^* 对 ω 的二阶导数, 即 $d^2 q^* / d\omega^2$, 则

$$\begin{aligned} \frac{d^2 q^*}{d\omega^2} &= \frac{\left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] [(p+m+h_r+\beta_r)B]}{[-(p+m+h_r+\beta_r)A]^2} \frac{dq^*}{d\omega}, \\ B &= \int_0^{\frac{1}{k}} (uk)^3 g'(ukq^*)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} g'(q^*)f(u)du. \end{aligned}$$

我们并不能直接得出 $d^2 q^* / d\omega^2$ 的正负性, 因为此时无法判断 $g'(x)$ 的正负性, 也就不能直接求出 ω^* . 因此, 我们假设当市场需求分别服从均匀分布, 指数分布和正态分布时来求解均衡解 (q^*, ω^*) .

均匀分布 假设市场需求 X 服从 $(0, D)$ 上的一个均匀分布, 那么我们可以知道 $G(x) = x/D$, $g(x) = 1, g'(x) = 0$, 代入 $d^2 q^* / d\omega^2$ 的表达式, 我们可以得到 $d^2 q^* / d\omega^2 = 0$, 所以 $\partial^2 \pi_s / \partial \omega^2 < 0$, 所

以,当市场需求 X 服从均匀分布时,此时有均衡解 (q^*, w^*) .

指数分布 假设市场需求 X 服从均值为 $1/\varphi$ 的指数分布,则我们可以求出 $G(x) = 1 - e^{-\varphi x}$, $g(x) = \varphi e^{-\varphi x}$, $g'(x) = -\varphi^2 e^{-\varphi x}$, 代入 $dq^*/d\tau$, $d^2q^*/d\tau^2$ 和 $\partial^2\pi_s/\partial\tau^2$ 的表达式并计算, 则 $d^2q^*/d\tau^2 > 0$, 那么我们可以知道当

$$\left\{ \tau \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \left[h_s \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} (uk - 1)f(u)du \right] - ck \right\} < 0$$

时有 $\partial^2\pi_s/\partial\tau^2 < 0$, 则有均衡解 (q^*, w^*) . 所以, 当市场需求 X 服从均值为 $1/\varphi$ 的指数分布时, 当外生条件确定时, 均衡解的存在性取决于市场需求分布的具体分布参数.

正态分布 假设市场需求 X 服从 (v, σ^2) 的正态分布, 则我们可以求出 $g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-v)^2}{2\sigma^2}}$,

$g'(x) = \frac{v-x}{\sigma^3\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-v)^2}{2\sigma^2}}$. 代入 $dq^*/d\tau$, $d^2q^*/d\tau^2$ 和 $\partial^2\pi_s/\partial\tau^2$ 的表达式并计算. 我们可以知道当 $x > v$, 则 $d^2q^*/d\tau^2 > 0$, 并且

$$\left\{ \tau \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \left[h_s \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} (uk - 1)f(u)du \right] - ck \right\} < 0$$

时有 $\partial^2\pi_s/\partial\tau^2 < 0$, 则有均衡解 (q^*, w^*) . 当 $x < v$, 则 $d^2q^*/d\tau^2 < 0$, 并且

$$\left\{ \tau \left[\int_0^{\frac{1}{k}} ukf(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} f(u)du \right] - \left[h_s \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} (uk - 1)f(u)du \right] - ck \right\} > 0$$

时有 $\partial^2\pi_s/\partial\tau^2 < 0$, 则有均衡解 (q^*, w^*) 显然, 所以, 当市场需求 X 服从均值为 v , 方差为 σ^2 的正态分布时, 当外生条件确定时, 均衡解的存在性取决于市场需求分布的具体分布参数.

定理 2.3 零售商的最优订购量是政府补贴价格的增函数, 即 $dq^*/dm > 0$.

证明 根据隐函数定理, 我们可以求出 q^* 对 m 的一阶导数

$$\frac{dq^*}{dm} = \frac{\int_0^{\frac{1}{k}} ukG(ukq^*)f(u)du + \int_{\frac{1}{k}}^{+\infty} G(q^*)f(u)du}{(p+m+h_s+\beta_r)A} > 0.$$

可以看出, 当农产品的生产随机时, 如果政府调高对零售商的补贴, 那么会促进零售商从生产商那

里订购更多的产品, 从而给生产商带来更大收益, 同时也给零售商带来了更多的收益保障.

政府对零售商的补贴大多是减免零售商的销售农产品所要支付的增值税. 比如, 国家相关文件规定, 自产自销的农产品国家免征增值税, 对于部分蔬菜的流通环节以及农产品的再销售环节, 国家同样会给予免征增值税, 这对于零售商来说影响很大, 尤其是大型的超市, 因为增值税会严重增加零售商的销售成本.

农产品流通环节的再销售免征增值税主要受益的大多还是大型零售商, 比如大型超市. 他们主要有 3 种方式享受免征增值税的政府优惠的政策: ① 购进的产品是自己生产; ② 向农产品公司订购; ③ 向农户购买或者大型农产品生产商订购. 对农产品销售来说, 免征增值税会大大降低大型零售商的成本. 同时, 相应的应交税费也会减少. 根据市场销售情况, 零售商会相应地增加农产品的订购量, 因为有了政府农业补贴政策, 订购成本降低了, 销售收入增加了.

定理 2.4 生产商的最优生产量是政府补贴价格的增函数, 即 $dQ^*/dm > 0$.

证明 已知 $dq^*/dm > 0$, 在上文中, 我们已经证明生产商最优生产量是零售商订购量的一次线性函数, 所以 Q^* 与 q^* 有相同的增减性, 因此我们有 $dQ^*/dm = dkq^*/dm > 0$.

可以看出, 当农产品的生产随机时, 如果政府调高对零售商的补贴, 那么也会反过来促进生产商或农户生产更多的产品. 因为较高的政府补贴使零售商订购更多的农产品, 生产商生产有了更大的积极性, 会种植更多的产品, 并且产品销售也会得到保障, 那么给农户收益也带来更大的好处.

在政府对零售商实施免征增值税优惠政策之前, 零售商比如大型超市及生鲜超市向农户或者生产商采购农产品时, 为了节约采购成本, 零售商往往会通过其他渠道购买. 而农户相对于其他生产商竞争力又比较薄弱, 这直接造成了农户的损失. 一些农户为了最大程度地降低成本, 往往会降低农产品的价格折价销售, 又或者没有人来购买, 农产品如蔬菜只能烂在地里, 对农户来说无疑是巨大的损失. 而自从国家实行农业补贴对零售商采取免征增值税, 农产品的流通环节的再销售免征增值税除了使零售商收益, 同时也给广大农户带来了收益, 也很好地促进了农超对接的实现. 对零售商的农业补贴政策, 降低了零售商的采购成本, 也增加了零售商的销售收

入,降低了农产品供应链中间的流通成本.农产品生产商不会担心生产的农产品卖不出去,因为收购的零售商多了,收购价格也提高了,生产商反而会增加农产品生产量,以满足零售商的不断持续需求.如果政府对零售商的减免增值税等相关税费减免的优惠政策加大力度实行时,那么零售商的流通成本会继续降低,相应的采购成本也会降低,对农产品生产商来说,会更进一步地促进他们生产更多更好的农产品.

3 集中决策下的农产品供应链最优策略

考虑供应链为一个集中化决策系统,只有一个决策者.其生产成本为 c ,持有成本和缺货成本分别为 h_c, β_c .供应链的期望利润函数为

$$E(\pi_c) = (p+m)E[\min\{UQ_c, X\}] - cQ_c - E[h_c(UQ_c - X)^+ + \beta_c(X - UQ_c)^+]. \quad (6)$$

进一步可以得到

$$E(\pi_c) = (p+m)E[X] - p \int_0^{+\infty} \int_{uQ_c}^{+\infty} (x - uQ_c)g(x)f(u)dx du - cQ_c - \left[h_c \int_0^{+\infty} \int_0^{uQ_c} (uQ_c - x)g(x)f(u)dx du + \beta_c \int_0^{+\infty} \int_{uQ_c}^{+\infty} (x - uQ_c)g(x)f(u)dx du \right].$$

分别对 π_c 求 Q_c 的一阶导数和二阶导数,得到

$$\frac{\partial \pi_c}{\partial Q_c} = (p+m) \int_0^{+\infty} u\bar{G}(uQ_c)f(u)du - c -$$

$$\left[h_c \int_0^{+\infty} uG(uQ_c)f(u)du - \beta_c \int_0^{+\infty} u\bar{G}(uQ_c)f(u)du \right],$$

$$\frac{\partial^2 \pi_c}{\partial Q_c^2} = -(p+m) \int_0^{+\infty} u^2 g(uQ_c)f(u)du - \left[h_c \int_0^{+\infty} u^2 g(uQ_c)f(u)du + \beta_c \int_0^{+\infty} u^2 g(uQ_c)f(u)du \right] < 0.$$

由上式可知 $E(\pi_c)$ 为 Q_c 的凹函数,令 $\partial \pi_c / \partial Q_c = 0$, 得到供应链的最优生产量满足如下公式:

$$(p+m) \int_0^{+\infty} u\bar{G}(uQ_c^*)f(u)du - c - \left[h_c \int_0^{+\infty} uG(uQ_c^*)f(u)du - \beta_c \int_0^{+\infty} u\bar{G}(uQ_c^*)f(u)du \right] = 0. \quad (7)$$

4 批发价格契约下供应链协调问题

在分散无协调的情况下,由于生产商和零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.因此,我们讨论在本文背景下考虑供应链协调的可能性问题.

定理 4.1 在政府对农产品进行补贴的背景下,批发价格契约可能协调供应链.

证明 我们讨论在随机生产与随机需求下并且有政府对零售商进行补贴的情况下供应链的协调问题.当 $Q^* = q^* = Q_c^*$ 时,此时供应链能达到协调.具体应满足

$$\begin{cases} (p+m+h_c+\beta_c) \int_0^{+\infty} u\bar{G}(uq^*)f(u)du - c - h_c \int_0^{+\infty} uf(u)du = 0, q^* = Q_c^*; \\ k=1, q^* = Q^* \end{cases} \quad (8)$$

式(8)表明当供应链达到协调时

$$Q^* = q^* = Q_c^*.$$

因此,在满足上述条件时,通过调整政府补贴 m 的值使其等式成立,那么此种情况下供应链能够达到协调.

虽然在传统供应链当中,我们知道简单的批发价格契约是不能协调供应链的.因为生产商的利润不可能为零,这就导致了批发价格契约下的供应链无法达到协调条件.但是,当引入政府对农业补贴政策后,相当于政府把自己的利益,一部分分给了生产商,另一部分分给了零售商,所以在协调时生产商的利润不可能出现为零的情况.并且政府农业补贴政

策进一步提高了零售商的订购量以及生产商的计划生产量,为批发价格契约下的供应链的协调进一步提高了可能.所以,当有了政府农业补贴政策后,使得农产品供应链双方做出的决策会向供应链更加有利的方向进行,而且促进了生产商生产的积极性以及零售商订购的积极性.因此,在有政府对农业进行补贴的情况下,农产品供应链的整体效能会得到提高.

5 结论

本文研究了产出和需求不确定下基于政府对农产品的优惠补贴政策的农产品供应链优化决策问

题.从理论上证明了政府补贴情况下批发价格契约协调供应链的可能性,而传统情况下批发价格是不能协调供应链的.同时,如何使农民增收以及农村合作社或者经销商带来更多收益,并且使生产商和零售商达到“双赢”,给出了一些结论及建议,具有现实的意义.本文也存在的一些局限性,文章研究只包含一个生产商和一个零售商的二级供应链.而在现实生活中,会有多个供应商和多个零售商存在.同时,本文没有考虑供应链决策者是具有有限理性行为的.本文生产商和零售商的利润函数模型主要是建立在批发价格契约下,未来可以考虑在不同的供应链契约下,如收益共享契约、数量折扣契约和价格补贴契约等等,这样更符合实际的各种复杂情况.

参考文献(References)

- [1] ARROW K J, KARLIN S, SCARF H. Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Production[M]. Stanford: Stanford University Press, 1958.
- [2] LEVITAN R E. The optimum reject allowance problem[J]. Management Science, 1960, 6(2): 172-186.
- [3] YANO C A, Lee H L. Lot sizing with random yields: A review[J]. Operations Research, 1995, 43(2): 311-334.
- [4] BOLLAPRAGADA S, MORTON T E. Myopic heuristics for the random yield problem[J]. Operations Research, 1999, 47(5): 713-722.
- [5] LI Q, ZHENG S. Joint inventory replenishment and pricing control for systems with uncertain yield and demand[J]. Operations Research, 2006, 54(4): 696-705.
- [6] HE Y, ZHANG J. Random yield risk sharing in a two-level supply chain[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 112(2): 769-781.
- [7] CHO S H, TANG C S. Advance selling in a supply chain under uncertain supply and demand[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2013, 15(2): 305-319.
- [8] YAN X, WANG Y, HONG Z. Comparison of Bertrand and Cournot competitions under random yield[J]. International Journal of Production Research, 2015, 54(11): 1-21.
- [9] 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.
- [10] 王道平, 程蕾, 李锋. 产出不确定的农产品供应链协调问题研究[J]. 控制与决策, 2012, 27(6): 881-885.
- [11] 凌六一, 郭晓龙, 胡中菊, 等. 基于随机产出与随机需求的农产品供应链风险分担合同[J]. 中国管理科学, 2013, 21(2): 50-57.
- [12] TANG S Y, KOUVELIS P. Pay-back-revenue-sharing contract in coordinating supply chains with random yield[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(12): 2089-2102.
- [13] GAWANDE K, HOEKMAN B. Why governments tax or subsidize trade: Evidence from agriculture[R]. SSRN: CEPR Discussion Paper No. DP7787, 2010.
- [14] SUMNER D A. Farm subsidy tradition and modern agricultural realities[J]. The 2007 Farm Bill and Beyond, 2007: 29-33.
- [15] HOEKMAN B, OLARREAGA M, NG F. Reducing agricultural tariffs versus domestic support: what's more important for developing countries? [R]. SSRN: World Bank Policy Research Working Paper No.2918, 2002.
- [16] 顾和军. 农业税减免、粮食直接补贴政策对我国主要农产品国际竞争力的影响[J]. 国际贸易问题, 2008(8): 42-48.
- [17] 王思舒, 王志刚, 钟意. 我国农业补贴政策对农产品生产的保护效应研究[J]. 经济纵横, 2011(4): 59-62.
- [18] 王姣, 肖海峰. 我国良种补贴, 农机补贴和减免农业税政策效果分析[J]. 农业经济问题, 2007(2): 24-28.
- [19] 曹帅, 林海, 曹慧. 中国农业补贴政策变动趋势及其影响分析[J]. 公共管理学报, 2012, 19(4): 55-63.
- [20] 李强. 农业补贴对中国农产品国际竞争力的影响[J]. 改革与战略, 2015, 31(11): 100-103.