第34卷 第11期 西北农林科技大学学报(自然科学版) Vol.34 No.11
2006年11月 Jour. of Northwest Sci-Tech Univ. of Agri. and For. (Nat. Sci. Ed.) Nov. 2006

一类三级供应链模型的研究*

刘欠宁, 刘亚相, 单青松

(西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

[**摘　要**] 在博弈论的框架下, 将一个二级供应链模型推广为三级供应链模型, 并将之应用于研究饲料商、养猪户及消费者构成的三级供应链系统的定价决策中。建立了关于猪肉价格、需求量的消费者效用函数; 建立了具有 Stackelberg 博弈特征的定价决策模型, 并分析求解了该模型, 研究了饱和状态下的饲料价格; 最后讨论了政府在引导该地区饲料商、养猪户有效定价以实现最大利润及更好地满足消费者需求过程中的作用。

[**关键词**] 供应链; 定价决策; 消费者效用; Stackelberg 博弈; 隐性成本

[**中图分类号**] O225　　[**文献标识码**] A　　[**文章编号**] 1671-9387(2006)11-0102-04

在当今日益激烈的市场竞争环境中, 一个系统的成员都存在各自不同的利益, 又分别从其自身的利益出发决定各自的产品价格, 而这种定价方式往往无法使得整个系统的效率达到最大化, 从而影响了各方的利益。博弈论定价方法则是各方的一种明智选择。刘亚相等[1]曾分析过饲料的主要成分之一——豆粕价格波动现状及其对饲料行业的不利影响, 究其本质原因是饲料价格的波动。近年来, 猪肉价格频繁波动, 供应时剩时缺, 引起饲料价格的波动, 从而影响了饲料商、养猪户及消费者的利益。本研究将讨论饲料商、养猪户、消费者构成的三级供应链中, 饲料商、养猪户的定价问题以及消费者决定猪肉需求的问题。其决策过程为: 饲料商首先给定饲料价格, 养猪户根据饲料价格决定猪肉价格, 消费者再根据猪肉价格决定需求量; 利用效用函数, 便可确定在给定的猪肉价格下, 使得消费者效用达到最大化的猪肉需求量, 养猪户根据此需求量信息来决定在饲料价格给定时使自身利润最大化的猪肉价格, 并将猪肉价格信息反馈给饲料商, 饲料商再确定使自身利润最大化的饲料价格, 从而构成重复动态博弈过程, 即 Stackelberg 博弈[2]。根据博弈论中的理性人假设, 在整个系统中各局中人均从各自的利益出发, 追求其自身利益的最大化, 而政府则可从整个系统的利益最大化出发, 协调各方的行为。

近几年关于供应链的研究工作比较零散, 不够成熟, 但也得出了许多值得借鉴的成果。本研究在借鉴牟德一等[3]的二层供应链定价决策模型时, 在模型中增加了对消费者效用的考虑, 即研究了饲料商、养猪户、消费者构成的三级供应链决策问题, 并增加了对饱和状态下饲料价格的研究, 得到了饲料商、养猪户利益最大化的定价决策以及消费者的消费效用最大化需求, 并在考虑隐性成本的基础上得出了饱和状态下饲料的价格。

1　模型的建立与分析

1.1　构造效用函数

效用反映了消费者从消费猪肉中得到的欲望满足程度。消费者购买猪肉, 得到了其使用价值, 满足了一种消费欲望的需求, 并在现有条件下, 总是最大限度地满足这种欲望, 即效用最大化。

将消费者看成一个整体, 设 q 为猪肉价格, x 为消费者对猪肉的需求量, w 为消费者的收入。则根据柯布—道格拉斯(Cobb-Douglass)效用函数[4], 选择适当坐标系, 可将效用函数写成如下形式:

$$u(x, q) = A\frac{x^{\beta}}{q^{\alpha}} + k(w - qx)$$

$$(A > 0, k > 0, 0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1)$$

使消费者购买猪肉的效用达到最大化的需求量必须满足一阶条件: $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$, 即 $\beta A\frac{x^{\beta-1}}{q^{\alpha}} - kq = 0$, 得 $x = \left(\frac{k}{\beta A}\right)^{\frac{1}{\beta-1}} q^{\frac{\alpha+1}{\beta-1}}$。

* [收稿日期] 2006-02-23
[作者简介] 刘欠宁(1979-), 女, 陕西临潼人, 助教, 在读硕士, 主要从事经济管理的数学方法研究。
[通讯作者] 刘亚相(1962-), 男, 陕西扶风人, 教授, 管理学博士, 主要从事经济管理的数学方法研究。

记 $T=\left(\frac{k}{\beta A}\right)^{\frac{1}{\beta-1}}>0, S=\frac{\alpha+1}{\beta-1}(S<-1)$，则 $x=Tq^S$。借助以往关于 x 和 q 的2组数据，对其应用拟线性回归方法[5]，可得出参数 T, S。这样，在消费者收入不变的情况下，就可由猪肉价格预测在一定时期内消费者对猪肉的需求量。

设 x^* 为养猪户对饲料的需求量。为简单起见，假定 x^* 与 x 成线性关系，即 $x^*=kx+b$，其中 k, b 为常数。由于每头猪从仔猪长成生猪，所消费的饲料量显然不小于产出的猪肉量，因此可认为 $k\geq 1$；又因为对猪肉的需求量 $x=0$ 时，饲料的需求量也近似为 $x^*=0$，因而可假定 $b=0$。借助以往关于 x^* 和 x 的2组数据，对其应用线性回归方法[5]，可得出参数 k。

1.2 建立Stackelberg 博弈模型

符号约定：π_m 为某一时期内饲料商的利润；p 为饲料价格；c_m 为饲料商的边际成本，在一定时期内为常数；π_r 为某一时期内养猪户的利润；q 为猪肉价格；c_r 为养猪户边际成本(不包括饲料成本)，在一定时期内为常数。

$$\begin{cases}\pi_m=(p-c_m)x^*=(p-c_m)kx & \text{I}\\ \pi_r=(q-p-c_r)x & \text{II}\\ u(x,q)=A\dfrac{x^\beta}{q^\alpha}+k(w-qx) & \text{III}\end{cases}$$

1.3 模型分析

1.3.1 非合作博弈均衡分析　从理性的角度出发，各方均追求各自的利益最大化，在完全信息下，饲料商在确定饲料价格时必须考虑养猪户对其决策的反应，而养猪户在饲料价格一定的情况下决定猪肉价格时，必须考虑消费者对其决策的反应。本研究根据连环反应情况来选择各方的最优决策。

设 q_1 为饲料商、养猪户非合作定价时的猪肉价格，p_1 为饲料商、养猪户非合作时的饲料价格，由1.1中讨论可知，当 q_1 给定时，就可预测消费者效用最大化的猪肉需求量 $x=Tq_1^S$，将其带入Ⅱ式，得：

$$\pi_r=(q_1-p_1-c_r)x=(q_1-p_1-c_r)Tq_1^S$$

在 p_1 给定时，使得养猪户利润最大化的猪肉价格 q_1 满足一阶条件：$\frac{\partial\pi_r}{\partial q_1}=0$，

即
$$Tq_1^S+TS(q_1-p_1-c_r)q_1^{S-1}=$$
$$Tq_1^{S-1}(q_1+Sq_1-Sp_1-Sc_r)=0,$$

从而得 $q_1=\frac{S}{1+S}(p_1+c_r)$。将其带入 $\pi_m=(p_1-c_m)kx$，得：

$$\pi_m=(p_1-c_m)kTq_1^S=$$
$$(p_1-c_m)kT\left[\frac{S}{1+S}(p_1+c_r)\right]^S$$

使得饲料商利润最大化的饲料价格 p_1 满足一阶条件：$\frac{\partial\pi_m}{\partial p_1}=0$，即：

$$kT\left(\frac{S}{1+S}\right)^S(p_1+c_r)^{S-1}\cdot$$
$$[p_1+c_r+(p_1-c_m)S]=0$$

从而得 $p_1=\frac{S}{1+S}c_m-\frac{1}{1+S}c_r$(因为 $S<-1$，所以 $\frac{1}{1+S}<0, \frac{S}{1+S}>1$)。

1.3.2 合作博弈均衡分析　由于饲料商、养猪户最终均从消费者身上获利，且二者有直接交易关系，因此二者可合作，使得双方利益都得到提高。设 π 为二者构成供应链的系统利润，设 q_2 为饲料商、养猪户合作定价时的猪肉价格，p_2 为饲料商、养猪户合作定价时的饲料价格，则：

$$\pi=\pi_m+\pi_r=(p_2-c_m)x^*+(q_2-p_2-c_r)x=$$
$$(p_2-c_m)kx+(q_2-p_2-c_r)x=$$
$$(p_2-c_m)kTq_2^S+(q_2-p_2-c_r)Tq_2^S$$

则系统利润最大化的一阶条件为：$\frac{\partial\pi}{\partial q_2}=0$，即：

$$Tq_2^{S-1}[(p_2-c_m)kS+q_2+(q_2-p_2-c_r)S]=0。$$

从而得 $q_2=\frac{S}{1+S}[p_2-k(p_2-c_m)+c_r]$，带入 $\pi_m=(p_2-c_m)kx$，得

$$\pi_m=(p_2-c_m)kx=(p_2-c_m)kTq_2^S=$$
$$(p_2-c_m)kT\left(\frac{S}{1+S}\right)^S[p_2(1-k)+c_mk+c_r]^S$$

使得饲料商利润最大化的饲料价格 p_2 满足一阶条件：$\frac{\partial\pi}{\partial p_2}=0$，即：

$$kT\left(\frac{S}{1+S}\right)^S[p_2(1-k)+c_mk+c_r]^S+$$
$$(p_2-c_m)kT\left(\frac{S}{1+S}\right)^S S(1-k)\cdot$$
$$[p_2(1-k)+c_mk+c_r]^{S-1}=0$$
$$kT\left(\frac{S}{1+S}\right)^S[p_2(1-k)+c_mk+c_r]^{S-1}\cdot$$
$$[p_2(1-k)+c_mk+c_r+(p_2-c_m)S(1-k)]=0$$

从而得 $p_2=\frac{S}{1+S}c_m-\frac{1}{1+S}\cdot\frac{kc_m+c_r}{1-k}$(因为 $S<-1$，所以 $\frac{1}{1+S}<0, \frac{S}{1+S}>1$)。

1.3.3 效率比较　由前面的分析可知：

$$q_1=\frac{S}{1+S}(p_1+c_r)$$

$$q_2 = \frac{S}{1+S}[p_2 - k(p_2 - c_m) + c_r]$$

$$p_1 = \frac{S}{1+S}c_m - \frac{1}{1+S}c_r$$

$$p_2 = \frac{S}{1+S}c_m - \frac{1}{1+S}\cdot\frac{kc_m + c_r}{1-k}$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{1+S}\cdot\frac{k}{1-k}(c_m + c_r)$$

因为$S < -1$, 所以$\frac{1}{1+S} < 0$, $\frac{S}{1+S} > 1$; 当$k = 1$及$\frac{k}{1-k} < 0$, 即$k \geq 1$时, 有$p_1 > p_2$; 又因为饲料商要获利, 必须有$p_2 > c_m$成立, 所以$q_2 < q_1$。

假定r为养猪户的边际利润率, 则$(1+r)p_2 = q_2$。

因为q_2为系统利润最大化的解, 因此$\pi(p_1, q_2) > \pi(p_1, q_1)$; 又因为$S < -1$, 因此容易进一步分析验证(过程不再赘述)合作时的定价策略(p_2, q_2)为帕累托最优, 即不存在使得饲料商和养猪户的利润都不减少, 但至少有一方的利润高于(p_2, q_2)时的其他策略。

1.4　猪肉市场的饱和状态分析

在此引入饲料商及养猪户的隐性成本(又称机会成本)的概念, 所谓饲料商的隐性成本[6]指饲料商因经营饲料生意而放弃的其他收入; 养猪户的隐性成本指养猪户因为养猪而放弃的其他收入。因而饲料商扩大经营规模的原则是经营饲料的更大可能利润(合作时的利润)π_m大于其隐性成本w_m, 即$\pi_m > w_m$, 否则饲料商将减少甚至不再经营饲料生意; 而养猪户补栏的原则是保证养猪的更大可能利润(合作时的利润)π_r高于其因为养猪而放弃的其他收入w_r(例如其当农民的收入), 即$\pi_r > w_r$, 在这种情况下, 人们愿多养猪, 猪肉供给量将会扩大, 反之, 养猪户将减少甚至不养猪。综上分析, 市场饱和状态时, 有

$$\begin{cases} \pi_m(p_2 - c_m)kx = (p_2 - c_m)kTq_2^S = w_m & \text{I}' \\ \pi_r = (q_2 - p_2 - c_r)x = (q_2 - p_2 - c_r)Tq_2^S = w_r & \text{II}' \end{cases}$$

方程Ⅰ′与方程Ⅱ′两边相比, 得:

$$k\frac{p_2 - c_m}{q_2 - p_2 - c_r} = \frac{w_m}{w_r}$$

$$p_2 = \frac{w_m}{kw_r + w_m}(q_2 - c_r) + \frac{kw_r}{kw_r + w_m}c_m = \frac{w_m}{kw_r + w_m}\left\{\frac{S}{1+S}[p_2 - k(p_2 - c_m) + c_r] - c_r\right\} + \frac{kw_r}{kw_r + w_m}cm$$

从而解得 $p_2 = \frac{1+S}{kw_r(1+S) + w_m(1+kS)}\cdot\left[w_m\left(\frac{Sk}{1+S}c_m - \frac{1}{1+S}c_r\right) + kw_rc_m\right]$

即当饲料价格为 $p_2 = \frac{1+S}{kw_r(1+S) + w_m(1+kS)}\cdot\left[w_m\left(\frac{Sk}{1+S}c_m - \frac{1}{1+S}c_r\right) + kw_rc_m\right]$时, 可认为猪肉市场已饱和。

2　模型的应用

为了防止饲料商盲目扩大经营以及养猪户盲目补栏形成猪肉供过于求, 或在利润低时饲料商盲目大量减少甚至不再供应饲料, 及养猪户大量减少养猪量, 形成猪肉供给不能满足消费者需求, 造成整个地区市场效率低下的结果, 当地政府应积极充分地进行市场调查分析, 准确把握市场信息, 并根据过去各个时期的猪肉需求x和猪肉价格q, 确定现阶段对应时期内需求函数中的参数T, S, k; 引导养猪户、饲料商合理定价及养猪户合理补栏, 并协调好养猪户与饲料商的利益, 加强双方的合作关系。

3　结　论

本研究主要从博弈论中理性人的假设出发, 将一个二级供应链模型推广为三级供应链模型, 并将其应用于研究饲料商、养猪户、消费者构成的供应链系统的定价博弈问题, 最后还推出了市场饱和情况下的饲料价格、养猪户利润率, 本研究并未考虑不确定性因素的影响。本研究是将饲料商、养猪户、消费者分别看作一个整体, 而且是信息完全情况, 与实际情况相比仍有一定的距离, 因此进一步工作可研究多个饲料商、多个养猪户的情况, 以及信息不完全情况的博弈分析。

[参考文献]

[1]　刘亚相, 王征兵, 刘欠宁, 等. 中国豆粕市场的价格博弈分析[J]. 中国农学通报, 2005, 12(12): 17-19.

[2]　Roger B M. Game theory-analysis of conflict[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

[3]　牟德一, 涂莘生, 陈秋双. 制造商—零售商供应链的联合定价决策模型[J]. 南开大学学报, 2004, 37(3): 55-60.

[4]　张长青. 效用曲线与微观经济决策[J]. 数量经济与技术经济研究, 2001(2): 60-65.

[5] 袁志发,周静芋. 多元统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 98-109.
[6] [美]Gregory Mankiw N. 经济学原理: 上册[M]. 梁小民,译. 北京: 机械工业出版社, 2003: 224-226.

Study about a model of three-level supply chain

LIU Qian-ning, LIU Ya-xiang, SHAN Qing-song
(*College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: Under the context of game theory, a model of bilevel supply chain will be extended to three-level in this paper. And as an application, the pricing decision of a three class supply chain with a single businessman of pannage, hoggery and consumer will be dealt with. A utility function of consumers about the price of pork and the demand quantity of it are developed and discussed. Then, the model of the pricing decision problem with Stackelberg type game is reformulated. Under the condition of saturation, the pricing of pannage is discussed. Finally, the function of the government is discussed in the process of leading the businessman of pannage and hoggery to decide the price for themselves efficiently, to maximize the interests for themselves and satisfy the consumer's demand better.

Key words: supply chain; pricing decision; consumer utility; stackelberg game; implicit cost

---

(上接第101页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)11-0097-**CA**

Study on technology and rooting capability of harwood cutting propagation of *Picea likiangensis*

WANG Jun-hui[1], ZHANG Jian-guo[1], ZHANG Shou-gong[1], XU Yang[1], LI Ru-jie[2], QI Xiu-Lan[2], HOU Xiao-zhu[2]
(1 *Research Institute of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, CAF, Beijing* 100091, *China*;
2 *Forestry Bureau of Xianggelila County, Xianggelila, Yunnan* 674400, *China*)

Abstract: The purpose of the study was to investigate the rooting ability of individual plant, plant hormones, ortet ages, cutting types, cutting positions, cutting lengths and cutting orientations. The results obtained by the experiment indicated that there were differences in rooting ratio among different individuals. The highest rooting ratio occured in 19 and 12 individuals, whose rooting ration were 98.8%. The rooting ratio of hardwood was increased by plant hormone treatment, especially when treated by IBA 200 mg/kg 5 h, the rooting ratio reached 71.4%. The rooting ratio and average rooting number of young individuals were larger than those of mature individuals. The rooting number and the rooting ratio of one year cutting was greater than that of two year cutting. Differences existed in rooting ratio among different cutting lengths. The highest rooting ratio appeared in 5-10 cm cutting and the most rooting number in 15-20 cm cutting. There were no differences in rooting ratio between south and north cutting orientation in the ortets. At xianggelila of Yunnan Province, cuttings were all healed in 35 d after cutting. Higher rooting period occured in 55-65, 75-85 d after cutting.

Key words: *Picea likiangensis*; hardwood cutting; rooting ratio