

## 基于变质库存理论的生鲜农产品订货策略研究

韩曙光<sup>a</sup>, 夏 鹏<sup>b</sup>

(浙江理工大学, a. 理学院; b. 经济管理学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 生鲜农产品具有易腐性且流通损耗严重, 损耗不仅受新鲜度的影响, 还与运输时间密切相关。基于变质库存理论研究农超对接背景下生鲜农产品供应链中运输损耗问题。利用新鲜度函数, 建立考虑新鲜度和运输时间双因素影响的变质库存模型, 分析出供应链利益最大时的订货周期和订货量。通过算例计算表明新鲜度严重影响生鲜农产品的需求, 运输时间也严重影响供应链整体的利润, 超市应当缩短运输时间, 制定小批量、多频次的订货策略。

**关键词:** 农超对接; 生鲜农产品; 变质库存; 订货策略

**中图分类号:** F272.3, F323.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851 (2016) 06-0532-05 **引用页码:** 120104

生鲜农产品是指蔬菜、水果、肉类以及水产品等常温下不易长时间保存的初级产品。生鲜农产品的流通依赖于冷链物流、运输时间和新鲜度, 我国生鲜农产品传统流通渠道环节多且冷链物流还处于起步阶段, 导致生鲜农产品流通损耗达到 20%~30%, 每年造成上亿吨的直接损耗, 经济损失达到千亿元, 然而发达国家生鲜农产品损耗普遍低于 5%, 美国仅为 1%~2%<sup>[1]</sup>。

我国生鲜农产品流通损耗严重引起了政府的关注, 一种新型农产品流通方式——“农超对接”孕育而生。农超对接指农业专业合作社和超市合作, 超市舍去中间批发商等环节, 向农业专业合作社采购, 缩短订货周期, 降低流通损耗和减少库存成本<sup>[2]</sup>。2008 年商务部、农业部共同对农超对接试点工作进行联合部署, 下发了《关于开展农超对接试点工作的通知》; 截止 2015 年 7 月中央财政已拨付 20 亿元专项资金用于支持农民专业合作社发展, 2016 年中央一号文件明确提出: 要加强农产品流通设施和市场建设, 积极创新和推广农业合作社等新型农业生产组织, 因此, 农超对接背景下对超市主导的生鲜农产品损耗控制和订货策略进行研究更具有现实意义。

农超对接是一条简短的农产品供应链, 一些学者在研究过程中提出生鲜农产品供应链管理, 并且取得一些成功。1957 年就有学者对变质库存和供应链管理进行了研究。Ghare 等<sup>[3]</sup>在 1963 年提出了经典易逝商品库存模型, 即:

$$\frac{dI(t)}{dt} = -D(t) - \lambda I(t) \quad (1)$$

其中:  $I(t)$  表示易逝品的库存,  $D(t)$  表示易逝品的市场需求,  $\lambda$  是指易逝品的变质率, 该模型假设  $\lambda$  是常数, 在不考虑缺货的情况下, 易逝品单位时间库存减少量就等于市场需求量与变质损耗量之和。Chen 等<sup>[4]</sup>从供应链管理角度对变质品的库存和定价进行了研究。Guritno 等<sup>[5]</sup>认为生鲜农产品供应链中每一层次的库存策略对于生鲜农产品在配送中的成本效率都是至关重要的。以上学者的研究仅仅从定性的角度分析了生鲜农产品供应链, 并未从供应链整体出发对其进行优化。邓琪<sup>[6]</sup>通过构建变质库存模型研究了以超市为主导的两级生鲜农产品供应链的订货策略问题, 认为小批量、多频次的订购生鲜农产品有利于超市降低超市损耗和库存成本, 提高利润, 但是也只考虑了农产品在超市销售阶段的损耗, 而没有考虑运输过程中的损耗。冯颖等<sup>[7]</sup>在考虑订货

提前期基础上构建变质库存模型,研究连续变质型产品的库存和订货策略,使总平均期望运作成本最小。罗兵等<sup>[8]</sup>在构建时变需求函数时引入新鲜度因子 $\theta(0 \leq \theta \leq 1)$ 用以刻画新鲜度对需求的影响。Cai等<sup>[9]</sup>考虑了保鲜努力对生鲜产品的新鲜度及市场需求的影响,构建了决策模型,对保鲜努力变量进行决策,提出了供应链协调契约。Xu<sup>[10]</sup>研究了运输时间对生鲜产品的新鲜度、市场需求以及市场有效供给的影响,提出一些激励机制使得供应链达到协调。陈军等<sup>[11]</sup>引入新鲜度函数,研究零售商和分销商分别在分散决策和集中决策下的最优订货周期和最优利润。但斌等<sup>[12]</sup>构造了指数形式的新鲜度函数描述生鲜农产品价值损耗的变化规律,研究生鲜农产品两级供应链协调问题。冯颖等<sup>[13]</sup>考虑了物流服务水平对产品市场供给率、新鲜度的影响,并在此基础上构建 Stackelberg 博弈模型研究生鲜农产品的价值损耗和实体损耗。但斌等<sup>[14]</sup>从生鲜产品运输和交易两个过程考虑流通损耗,构建了生鲜农产品批发市场运营者与批发商之间的主从博弈模型,研究了双方在信息不对称情况下供应链的协调问题。已有不少学者对农超对接中流通损耗进行了研究,但是上述研究大多数从超市角度出发,在构建变质库存模型时较少考虑运输时间对生鲜农产品新鲜度、运输损耗以及订购量的影响,生鲜农产品作为特殊的产品,从生产出就直接进入变质阶段,变质随运输时间逐渐加快,因此在研究过程中必须时刻关注生鲜农产品的损耗,减少流通环节,缩短运输时间,降低生鲜农产品供应链的整体损耗。

基于此笔者借助变质库存控制的已有成果,从农超对接供应链整体出发,在构建变质库存模型时充分考虑了运输时间、新鲜度对市场需求的影响,将新鲜度引入到变质模型中刻画生鲜农产品和其他变质产品的区别,用新鲜度函数从运输和销售两个阶段损耗出发,构建一个损耗控制下单周期生鲜农产品的库存模型,研究以超市为核心的两级生鲜农产品供应链协调问题,为生鲜农产品的损耗控制提供一种思路。

## 一、问题描述及模型假设

### (一)问题描述

生活质量提高导致生鲜农产品需求量越来越大,消费者在选购生鲜农产品时更注重产品品质,超市刚上架的新鲜蔬菜或者水果,立即会被购买一空,而挑选剩下的生鲜农产品,却少有人购买,这充分说

明新鲜度对生鲜农产品市场需求的显著影响。生鲜农产品作为一类高度易变质的产品,价格相同时,新鲜度越高,越受欢迎。农超对接就是指农业专业合作社将生鲜农产品运送到超市,对接过程中运输时间越长,产品新鲜度越低,产品损耗越大,导致产品到达超市时有效供给越小。因此,农超对接供应链在考虑缩短运输时间的同时还需要进一步降低运输途中的损耗使得整个供应链协调。在现有的研究成果下,笔者借助于指数形式的需求时变函数 $D(t) = Ae^{\beta t}$ 来研究农超对接下生鲜农产品从合作社配送到超市过程中新鲜度随着时间而降低从而引起的变质损耗和运输损耗以及超市的最优订货批量和订货周期。图1是农超对接的基本模式。

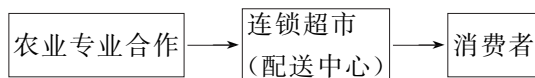


图1 “农超对接”基本模式

### (二)模型符号和假设

模型中的相关符合定义如下: $T$ :超市的生鲜农产品订货周期; $t_0$ :农产品到达超市的运输时间; $p$ :每单位生鲜农产品的销售价格; $c$ :每单位生鲜农产品的生产成本; $\mu$ :每单位生鲜农产品的运输成本; $h$ :每单位生鲜农产品的库存成本; $H$ :总的库存成本; $C$ :订货周期内总的生产成本; $L$ :订货周期内总的运输成本; $R$ :超市的销售收入; $W$ :农超对接的整体利润。

基本假设如下:a)生鲜农产品刚采摘时新鲜度最高,损耗为0;b)超市瞬时补货,无缺货情况;生鲜农产品对新鲜度要求高,容易腐烂,不允许退货;c)生鲜农产品销售过程中,人为损耗不可避免,无法测量,暂不计入损耗,只作为超市的管理费用。

## 二、模型构建

### (一)考虑运输时间和变质率的最优订购量模型

根据以上的分析和假设,在一个订货周期 $T$ 内,生鲜农产品从农民专业合作社配送到超市的运输时间是 $t_0$ ,借鉴 Mukhopadhyay 等<sup>[15]</sup>对需求率和零售价格、价格弹性之间的乘积关系,设生鲜农产品在超市销售期的市场需求率为 $D(t) = (a - bp)e^{\beta t}$ , $a$ 表示生鲜农产品的最大市场需求, $b$ 表示生鲜农产品的需求价格弹性, $\beta < 0$ 表示需求随着新鲜度降低而减少,其他时间内市场需求率为0,生鲜农产品的市场需求率可以表示为:

$$D(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < t_0 \\ (a - bp)e^{\beta t}, & t_0 \leq t \leq T \end{cases}$$

将其代入变质库存模型式(1)中,得到新鲜度损耗下的生鲜农产品库存模型:

$$\begin{cases} dI(t) + \lambda I(t)dt = 0dt, 0 \leq t < t_0 \\ dI(t) + \lambda I(t)dt = -(a - bp)e^{\beta t} dt, t_0 \leq t \leq T \end{cases} \quad (2)$$

根据已知边界条件  $I(T) = 0$ , 和假设  $t_0$  时刻两个阶段的库存水平  $I(t_0)$  相等, 求解微分方程(2), 得到生鲜农产品的库存表达式:

$$\begin{cases} I(t) = \frac{a - bp}{\lambda + \beta} [e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t_0}] e^{-\lambda t}, 0 \leq t < t_0 \\ I(t) = \frac{a - bp}{\lambda + \beta} [e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t}] e^{-\lambda t}, t_0 \leq t \leq T \end{cases} \quad (3)$$

令  $t = 0$ , 通过式(3)求解出超市初始库存量, 即超市的订货量:

$$Q_1 = \frac{a - bp}{\lambda + \beta} [e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t_0}] \quad (4)$$

## (二) 新鲜度对订货量的影响分析

为对比分析, 假设生鲜农产品的市场需求不考虑新鲜度的影响, 把  $D(t) = a - bp$  代入到变质库存模型式(1)得到:

$$\begin{cases} dI(t) + \lambda I(t)dt = 0dt, 0 \leq t < t_0 \\ dI(t) + \lambda I(t)dt = -(a - bp)dt, t_0 \leq t \leq T \end{cases} \quad (5)$$

求微分方程可以得到:

$$I(t) = \begin{cases} \frac{a - bp}{\lambda} (e^{\lambda T} - e^{\lambda t_0}) e^{-\lambda t}, 0 \leq t < t_0 \\ \frac{a - bp}{\lambda} (e^{\lambda(T-t)} - 1), t_0 \leq t \leq T \end{cases} \quad (6)$$

求解出超市的初始订货量:

$$Q_2 = \frac{a - bp}{\lambda} (e^{\lambda T} - e^{\lambda t_0}) \quad (7)$$

由式(4)和式(7)可以看出,  $Q_1$  和  $Q_2$  的大小受到订货周期  $T$ 、运输时间  $t_0$  和变质率  $\lambda$  的影响。令  $K = Q_2 - Q_1$ , 则有:

$$K = Q_2 - Q_1 = \frac{a - bp}{\lambda} (e^{\lambda T} - e^{\lambda t_0}) - \frac{a - bp}{\lambda + \beta} (e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t_0}) \quad (8)$$

$$\frac{dK}{dT} = (a - bp)(e^{\lambda T} - e^{(\lambda + \beta)T}) > 0 \quad (9)$$

因为式(9)大于零, 所以  $K$  是递增函数, 故  $Q_2 > Q_1$ , 即当运输时间和变质率相同且为常数时, 生鲜农产品需求不受新鲜度影响的订货量要大于受新鲜度影响的订货量。

以农超对接过程中某超市生鲜农产品销售市场为例, 设生鲜农产品流通中相关的参数为:  $a = 500$  斤, 零售价格  $p = 3$  元, 运输时间  $t_0 = 1h$ ,  $b = 1.2$ ,  $\lambda = 0.7$ ,  $\beta = -0.5$ 。将以上数据代入到上述模型中得到图2。

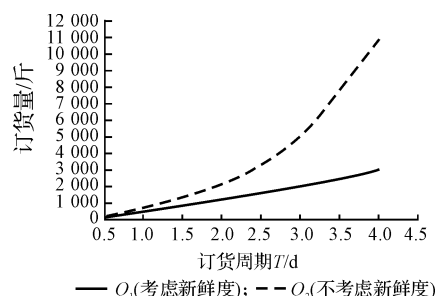


图2  $T$  不同时两种情况下的订货量变化

从图2中可以看出, 两种情况下的订货量都关于订货周期呈单调增加趋势, 订货周期越长, 订货量越大, 两者的差值也越来越大, 说明需求不受新鲜度影响的订货量要远远大于受新鲜度影响的订货量, 这更能从侧面反映生鲜农产品的市场需求受时间和新鲜度的影响是巨大的, 消费者十分重视生鲜农产品的新鲜度。

## (三) 变质率、运输时间和销售价格对供应链利益和订货周期的影响分析

超市的库存成本, 可以表示为:

$$H = h \int_{t_0}^T I(t)dt = \frac{h(a - bp)}{\lambda(\lambda + \beta)} [e^{(\lambda + \beta)T} e^{-\lambda t_0} - e^{\beta T}] - \frac{h(a - bp)}{\beta(\lambda + \beta)} [e^{\beta T} - e^{\beta t_0}]$$

供应链整个周期内的生产成本:

$$C = cQ = \frac{c(a - bp)}{\lambda + \beta} [e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t_0}]$$

整个周期内的物流费用:

$$L = \mu Q = \frac{\mu(a - bp)}{\lambda + \beta} [e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t_0}]$$

整个周期内的销售收入, 可以表示为:

$$R = p \int_{t_0}^T D(t)dt = \frac{p(a - bp)}{\beta} [e^{\beta T} - e^{\beta t_0}]$$

农超对接在整个  $T$  周期内的利润可以表示为:

$$W = \frac{p(a - bp)}{\beta} (e^{\beta T} - e^{\beta t_0}) - \frac{(c + \mu)(a - bp)}{\lambda + \beta} [e^{(\lambda + \beta)T} - e^{(\lambda + \beta)t_0}] - \frac{h(a - bp)}{\lambda(\lambda + \beta)} [e^{(\lambda + \beta)T} e^{-\lambda t_0} - e^{\beta T}] + \frac{h(a - bp)}{\beta(\lambda + \beta)} (e^{\beta T} - e^{\beta t_0}) \quad (10)$$

讨论农超对接模式下的最优订货周期和最优订货量, 以式(10)利润极大化为目标, 求解最优订货

周期  $T^*$  和最优订货量  $Q^*$ 。对式(10) 分别求一阶导数和二阶导数,可得:

$$\frac{dW}{dT} = (a - bp)e^{\beta T} \left[ p + \frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda} e^{\lambda(T-t_0)} - (c + \mu)e^{\lambda T} \right] \quad (11)$$

$$\frac{d^2W}{dT^2} = \beta p(a - bp)e^{\beta T} - (c + \mu)(\lambda + \beta)(a - bp)e^{(\lambda + \beta)T} - \frac{h(a - bp)(\lambda + \beta)}{\lambda} e^{(\lambda + \beta)T - \lambda t_0} - \frac{\beta h(\lambda + \beta)}{\lambda} e^{\beta T} \quad (12)$$

式(12) 小于零,可以判断式(10) 为凸函数,存在唯一最大值。因此,令一阶导数等于零,即求出最优订货周期  $T^*$  为:  $T^* = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\rho\lambda + h}{c\lambda + he^{-\lambda t_0}}$ 。将  $T^*$  代入到式(4) 中,得到最优订货量为:  $Q^* = \frac{a - bp}{\lambda + \beta} \left[ e^{\frac{\lambda + \beta}{\lambda} \ln \frac{\rho\lambda + h}{c\lambda + he^{-\lambda t_0}}} - e^{(\lambda + \beta)t_0} \right]$ 。从上述的求解过程中可以看出,农超对接模式下单周期订货模型的订货周期和订货量明显受到变质率的影响,供应链利润最大时除变质率因素外还与运输时间、单位农产品的库存成本、农产品的价格密切相关。

### 三、数值算例

通过对杭州下沙某超市实地调研了解到该超市每天番茄的市场需求量  $a = 300$ (斤 / d),销售价格  $p = 4.5$ (元 / 斤),番茄的价格弹性系数  $b = 1.2$ ,番茄的成本  $c = 2$ (元 / 斤),运输成本  $\mu = 0.2$ (元 / 斤),其他参数分别为  $\beta = -0.5$ ,  $\lambda = 0.9$ ,  $h = 0.05$ (元 / 斤)。

首先,分析当  $\lambda$  和  $p$  不变时,不同  $t_0$  对  $W$ 、 $Q$  及  $W$  的影响,见表 1。

表 1 运输时间变化的数值分析

$t_0/h$	$\lambda$	$p/\text{元}$	$T^*/\text{d}$	$Q^*/\text{斤}$	$W^*/\text{元}$
1	0.9	4.5	0.885	300.59	199.35
2	0.9	4.5	0.886	288.45	172.46
3	0.9	4.5	0.887	276.09	147.17
4	0.9	4.5	0.888	263.49	123.48
6	0.9	4.5	0.890	237.60	80.80
7	0.9	4.5	0.892	210.60	44.30
8	0.9	4.5	0.894	210.74	13.88
12	0.9	4.5	0.895	182.90	-10.56

从表 1 可以看出订货周期和订货量以及利润都出现了变化,运输时间对订货周期影响较小,但对订货量和利润影响较大,运输时间过长导致生鲜农产品到达超市时新鲜度较低,销售量降低,订货量减少,然而固定成本高,利润出现了负值。

其次,分析当  $\lambda$  变化,  $p$  和  $t_0$  不变时,  $W$ 、 $Q$  及  $W$  的变化情况,见表 2。

表 2 变质率变化时的数值分析

$\lambda$	$t_0/h$	$p/\text{元}$	$T^*/\text{d}$	$Q^*/\text{斤}$	$W^*/\text{元}$
1.00	2.5	4.5	0.799	258.15	145.20
0.95	2.5	4.5	0.841	269.76	152.36
0.90	2.5	4.5	0.887	282.30	159.63
0.85	2.5	4.5	0.938	295.87	166.77
0.80	2.5	4.5	0.996	310.59	173.31
0.75	2.5	4.5	1.061	326.61	178.27
0.70	2.5	4.5	1.134	344.10	179.54
0.65	2.5	4.5	1.219	363.24	171.89
0.60	2.5	4.5	1.318	384.23	139.01

从表 2 可以看出,当运输时间和价格不变而变质率发生变化时,订货周期和订货量以及利润都出现了变化,最优订货量影响较大,随着变质率变小,最优订货周期变长,供应链整体利润也逐渐增加。

最后,分析当  $p$  变化,  $\lambda$  和  $t_0$  不变时,  $W$ 、 $Q$  及  $W$  的变化情况,见表 3。

表 3 生鲜农产品价格变动时的数值分析

$p/\text{元}$	$t_0/h$	$\lambda$	$T^*/\text{d}$	$Q^*/\text{斤}$	$W^*/\text{元}$
3.0	2.5	0.9	0.754	229.20	48.54
3.4	2.5	0.9	0.890	285.03	101.60
3.8	2.5	0.9	1.012	337.18	165.52
4.0	2.5	0.9	1.068	362.05	200.96
4.5	2.5	0.9	1.197	421.20	298.24
4.8	2.5	0.9	1.268	454.82	361.82
5.0	2.5	0.9	1.313	476.55	406.14
5.5	2.5	0.9	1.418	528.67	522.90

从表 3 可以看出,生鲜农产品价格对、以及影响较大,生鲜农产品价格发生轻微的变化,使得订货周期变长,从而导致最优订货量增加,供应链的整体利润也增加。

### 四、结 语

生鲜农产品流通损耗一直是成本构成的重要组成部分,也是困扰生鲜农产品发展的难题。当前我国冷链物流不够完善的情况下,建立农超对接模式,缩短流通环节,具有很强的可操作性。尝试用新鲜度函数描述新鲜度与市场需求的关系,缩短运输时间,控制损耗,构建生鲜农产品的损耗函数,研究讨论最优订货量与订货周期和运输时间之间的关系,建立最优订货模型,研究发现,农业合作社在与超市对接过程中,生鲜农产品新鲜度明显受到超市订货周期和生鲜农产品运输时间的影响,运输时间过长导致生鲜农产品到达超市的新鲜度较低,影响生鲜农产品的市场需求,同时生鲜农产品变质率较低时,供应链整体的利润得到提高,所以超市应该采取小批量、多频次的订货策略,降低库存成本,并且尽量采用冷链物流进行



运输,降低运输损耗,提高供应链的整体利润。

笔者在研究过程中都假设超市和农民专业合作社的信息共享,都是风险中性,同时只考虑了生鲜农产品在超市的自然损耗,后续研究将考虑人工损耗对生鲜农产品造成的损耗,以及讨论超市对生鲜农产品的促销方式对订货量和订货周期的影响,以农民专业合作社为核心的农超对接模式还有待作进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 高洁华,何朋飞,陈雪娇,等.农产品物流损耗原因分析[J].物流工程与管理,2015,37(5):38-41.
- [2] 谢若琪.山西省生鲜农产品“农超对接”供应链优化[D].太原:太原理工大学,2015.
- [3] GHARE PM, SCHRADER G P. A model for an exponentially decaying inventory [J]. Journal of Industrial Engineering,1963,14(5):238-243.
- [4] CHEN X, PANG Z, PAN L M. Coordinating inventory control and pricing strategies for perishable products [J]. Operations Research,2014,62(2):284-300.
- [5] GURITNO A D, FUJIANI R, KUSUMASARI D. Assessment of the supply chain factors and classification of inventory management in suppliers' level of fresh vegetables [J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia,2015(3):51-55.
- [6] 邓琪.基于变质损耗的生鲜农产品订货策略[J].统计与决策,2013(6):41-45.
- [7] 冯颖,吴茜,余云龙.考虑实体损耗与价值损耗的生鲜农产品供应链协调机制研究[J].物流技术,2014,33(6):282-286.
- [8] 罗兵,杨帅,熊中楷.短缺量拖后率、需求和采购价均为时变的变质物品 EOQ 模型[J].中国管理科学,2005,13(3):44-49.
- [9] CAI X Q, CHEN J, XIAO Y B, et al. Optimization and coordination of fresh product supply chains with freshness keeping effort[J]. Production and Operations Management,2010,19(3):261-278.
- [10] XU X L. Optimal decisions in a time-sensitive supply chain with perishable products [D]. Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong,2006.
- [11] 陈军,但斌.基于实体损耗控制的生鲜农产品供应链协调[J].系统工程理论与实践,2009,29(3):54-62.
- [12] 但斌,陈军.基于价值损耗的生鲜农产品供应链协调[J].中国管理科学,2008,16(5):42-49.
- [13] 冯颖,张炎治.随机需求下考虑订货提前期的易变质产品( $r, Q$ )库存策略研究[J].中国管理科学,2012,20(11):506-512.
- [14] 但斌,丁松,付红勇.信息不对称下销地批发市场的生鲜供应链协调[J].管理科学学报,2013,16(10):40-50.
- [15] MUKHOPASHYAY S, MUKHERJEE R N, CHAUDHURI K S. Joint pricing and ordering policy for a deteriorating inventory [J]. Computers & Industrial Engineering, 2004,47(4):339-347.

## Study of Fresh Agricultural Products Ordering Policy Based on Deteriorating Inventory Theory

HAN Shuguang<sup>a</sup>, XIA Peng<sup>b</sup>

(a. School of Sciences; b. School of Economics and Management,  
Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Fresh agricultural products are perishable, with serious circulation loss. The loss is not only affected by the freshness, but also closely related to the transport time. Based on deteriorating inventory theory, the transport loss problem of fresh agricultural product supply chain is considered under the background of farmer-supermarket linking. The freshness function is used to establish deteriorating inventory model which considers the factors of freshness and transport time. In addition, the ordering cycle and ordering quantity when the supply chain benefit is the maximum are obtained. The results of numerical example show the freshness greatly affects the demand for fresh agricultural products and that the transport time also affects supply chain profit. Thus, the supermarket should shorten transport time and make an ordering policy of small volume and multi-frequency.

**Key words:** farmer-supermarket linking; fresh agricultural products; deteriorating inventory; ordering policy

(责任编辑:陈和榜)