

# 控制与决策

Control and Decision

## 平台数字技术赋能下农产品供应链运营和融资策略

袁孝勇, 马茹钰, 贺欣怡

引用本文:

袁孝勇, 马茹钰, 贺欣怡. 平台数字技术赋能下农产品供应链运营和融资策略[J]. *控制与决策*, 2026, 41(1): 175-185.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2025.0296>

---

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

##### 信息非对称下考虑制造商回收行为的闭环供应链协调

Coordination of closed supply chain under asymmetric information considering manufacturer's recycling behavior  
*控制与决策*. 2021, 36(7): 1723-1731 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1657>

##### 不同担保模式下考虑零售商公平关切的闭环供应链博弈模型

Game models of closed-loop supply chain under different warranty modes considering retailer's fairness concerns  
*控制与决策*. 2021, 36(6): 1489-1498 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1328>

##### 考虑绿色网络效应的再制造产品最优生产决策及产品之间的竞争

Optimal production for remanufacturing products and competition among consumers in the presence of green network effect  
*控制与决策*. 2021, 36(4): 993-1002 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0366>

##### 模糊环境下考虑零售商风险偏好的绿色供应链博弈模型

Modeling green supply chain games considering retailer's risk preference in fuzzy environment  
*控制与决策*. 2021, 36(3): 711-723 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0646>

##### 风险规避制造商市场入侵策略

Market encroachment strategy of risk-averse manufacturer  
*控制与决策*. 2021, 36(10): 2528-2536 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1819>

# 平台数字技术赋能下农产品供应链运营和融资策略

袁孝勇<sup>†</sup>, 马茹钰, 贺欣怡

(南京财经大学国际经贸学院, 南京 210023)

**摘要:** 随着平台经济的发展, 一些实力雄厚的平台可以向农户提供数字技术赋能和贷款服务, 从而助力农户解决种植技术改进和资金短缺的问题. 首先, 构建一个由平台、公司和存在资金约束的农户组成的三级供应链, 公司可以通过担保的方式协助农户获取融资; 然后, 基于银行融资和平台融资, 研究平台数字技术赋能下农产品供应链的运营和融资策略. 研究结果表明: 在银行融资模式下, 公司愿意为农户提供担保; 在平台融资模式下, 公司的担保策略会受到佣金率和农产品正常收获概率的影响. 平台本身始终倾向于提供平台融资服务, 而农户的融资选择会受到佣金率和平台数字技术赋能成本系数的双重影响. 进一步拓展基础模型的研究, 当银行在市场中占据垄断地位时, 采用平台融资模式将成为供应链中所有参与者的最优策略; 此外, 若农户存在风险厌恶倾向, 则会对公司和平台不利, 但可能会使其自身期望利润增加.

**关键词:** 农产品供应链; 数字技术赋能; 产出风险; 银行融资; 平台融资; 担保融资

**中图分类号:** C931.1; F832.43 **文献标志码:** A

**DOI:** 10.13195/j.kzyjc.2025.0296

**引用格式:** 袁孝勇, 马茹钰, 贺欣怡. 平台数字技术赋能下农产品供应链运营和融资策略 [J]. 控制与决策, 2026, 41(1): 175-185.

## Operational and financing strategies of agricultural supply chain under platform digital empowerment

YUAN Xiao-yong<sup>†</sup>, MA Ru-yu, HE Xin-yi

(School of International Economics and Business, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** As the platform economy evolves, well-resourced platforms can provide digital technology empowerment and loan services to farmers, thereby helping them address challenges in improving planting technology and alleviating capital shortages. This paper constructs a three-tier agricultural supply chain consisting of a platform, a company, and a capital constrained farmer, where the company can assist the farmer in obtaining financing through a guarantee mechanism. Based on bank financing and platform financing models, this study investigates the operation and financing strategies of agricultural supply chains under platform digital technology empowerment. The research findings indicate that under the bank financing model, the company is willing to provide guarantee for the farmer. Under the platform financing model, the company's guarantee strategy is affected by the commission rate and the probability of normal agricultural harvest. The platform always prefers to offer platform financing, while the farmer's financing choice is affected by the commission rate and the platform's digital empowerment cost coefficient. We further expand the research on the basic model and find that when the bank occupies a monopolistic position in the market, adopting the platform financing model becomes the optimal strategy for all participants in the supply chain. Furthermore, if the farmer has a risk-averse tendency, it is disadvantageous to the company and the platform, but it may increase the farmer's own expected profit.

**Keywords:** agricultural supply chain; digital empowerment; yield risk; bank financing; platform financing; guarantee financing

## 0 引言

近年来, 农产品电子商务发展迅速. 根据《2023

年中国网络零售市场发展报告》显示, 2023 年我国农产品网络零售额为 5 870.3 亿元. 电商平台已成为一

收稿日期: 2025-03-23; 录用日期: 2025-09-11.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72101108).

责任编委: 唐万生.

<sup>†</sup>通信作者. E-mail: yuanxy@nufe.edu.cn.

本文附带电子附录文件, 可登录本刊官网该文“资源附件”区自行下载阅览.

个重要的农产品销售渠道,许多农业企业选择在平台上直接销售农产品,平台会从中收取一定比例的销售收入作为佣金。在实践中,一些大型农业企业通常会从农户手中购买农产品,而农产品的产量会影响农业企业和平台的收入。因此,一些平台不仅为农产品提供销售渠道,还借助数字技术工具、服务和解决方案助力农业种植,以此提高农产品的产量<sup>[1]</sup>。这种通过数字技术为农业种植提供支持,从而提升农产品产量和质量的过程,被称为“平台数字技术赋能”<sup>[2]</sup>。例如,阿里云与寿光港投集团合作建立了一个数字化蔬菜工厂。在传统的大棚中,蔬菜的亩产量一般在3吨左右,而在阿里云数字化蔬菜工厂中,蔬菜的亩产量可以达到12吨,部分品种甚至可达到每亩20吨。

平台数字技术赋能在提升农产品产量方面具有一定作用,但是农业生产周期较长且前期生产资料投入成本较高,农户常常面临资金短缺的问题。在这种情况下,农户需要融资来维持正常经营。鉴于农业的特殊性,国内各大银行均提供涉农贷款。央行数据显示,截至2023年末,涉农贷款余额达到56.6万亿元,其中农户贷款余额为16.86万亿元。然而,由于缺乏足够的抵押物以及农业生产固有的自然风险,银行通常将农户视为高风险贷款对象。这导致了农户在融资时常常面临“融资难、融资贵”的问题<sup>[3]</sup>。而作为供应链中的关键角色,为了保证农产品的正常供应,部分电商平台选择直接为农户提供融资。例如,蚂蚁集团推出的“旺农贷”和京东集团推出的“京农贷”等产品,均为农户提供了更为便捷的融资服务。

由于天气和自然灾害等不确定因素,农作物产量波动可能会影响其贷款偿还能力,导致农户破产。为了弥补潜在的贷款损失风险,资金提供者一般会采取提高贷款利率的措施。较高的贷款利息可能会导致农户种植意愿降低,影响电子商务平台和农业公司的利润。为了鼓励农户多种植农产品,农业公司可以通过提供贷款担保的方式来减轻农户的利息负担。例如,伊利公司会为合作的奶农提供担保,助力这些奶农获得商业银行的融资<sup>[4]</sup>。此外,在京东平台与新希望六和的合作中,新希望六和的子公司普惠农牧融资担保有限公司也会为合作农户提供担保<sup>[5]</sup>。

供应链金融可以有效解决企业资金约束的问题,引起了许多学者关注<sup>[6-7]</sup>。在农产品供应链研究中,郭娜等<sup>[8]</sup>考虑由单个资金约束农户和单个公司组成的二级订单农业供应链,探讨了公司和农户对内部融资和外部融资的选择偏好。考虑资金约束农户面临农产品产出风险,史立刚等<sup>[9]</sup>分析了农户和公司

银行融资和预付款融资下的最优决策和利润,研究发现农产品产出风险会对公司和农户利润产生不利影响。林强等<sup>[10]</sup>探讨了公司和农户在定向融资和非定向融资下的最优决策,研究了农户初始资金和随机产出率等因素对供应链成员融资策略的影响。考虑由单个资金约束农户和单个平台组成的两级供应链, Yi等<sup>[11]</sup>探讨了供应链成员在银行融资、担保融资和直接融资下的最优决策,研究发现佣金率和单位生产成本对供应链成员融资模式选择有重要的影响。考虑单个资金约束农户,同时通过转售和代理渠道在平台上销售农产品, Wang等<sup>[12]</sup>分析了平台社会责任对供应链成员融资策略选择的影响。

此外,也有不少学者研究了数字技术对供应链的影响。Cao等<sup>[13]</sup>的研究表明,基于区块链的平台可以让贷款方准确监控农业供应链中合作社与买方之间的交易过程,从而降低合作社的融资风险。Dong等<sup>[14]</sup>探讨了区块链技术下资金约束供应商的渠道选择和定价策略。Dong等<sup>[15]</sup>的研究表明,尽管采用数字技术可以提高供应链可见性,但它是否能使所有供应链成员受益主要取决于使用的融资方案。Wang等<sup>[16]</sup>研究了数字技术在上游卖家向下游买家提供贸易信贷中的作用。Xiao等<sup>[2]</sup>构建了一个由一个电子商务平台和多个零售商组成的供应链的博弈模型,探究了零售商接受平台数字赋能和加入平台的动机。

上述研究结果显著拓展了农业供应链金融和数字技术在复杂环境下的应用研究。尽管如此,仍有一些因素未被充分考虑。目前,关于农业供应链金融的研究大多基于传统供应链背景,较少涉及数字技术的作用。而关于数字技术在供应链中应用的研究主要集中在帮助企业获得资金上,较少考虑数字技术在提升农产品产量方面的作用。与本文最为相关的文献主要是 Lin等<sup>[5]</sup>和 Lu等<sup>[1]</sup>的研究。Lin等<sup>[5]</sup>考虑由多个风险厌恶的资金约束农户、单个公司和单个平台组成的三级供应链,研究发现公司给一部分农户提供担保对自身总是不利的,但可能会对所有农户有利。该研究聚焦于平台融资下公司的担保策略,但未考虑平台提供数字技术赋能以提高农产品产出率。考虑银行融资和平台融资, Lu等<sup>[1]</sup>构建了一个由平台和农户组成的两级供应链,平台可以投资数字技术以增加农产品产出,发现平台总是能从农户接受平台数字技术赋能中获利。与 Lu等<sup>[1]</sup>不同,本文考虑由农户、公司和平台组成的三级供应链,公司可以为农户提供担保向银行或平台获取融资,研究在平台数字技术赋能下农产品供应链成员的运营和融资策略。

基于上述背景,本文旨在探讨以下研究问题:

1) 供应链各成员在银行融资和平台融资下的最优决策是什么?

2) 在不同的融资模式下,公司分别会在什么情形下愿意提供担保?在公司的不同担保策略下,农户应该选择哪种融资模式?

3) 平台数字技术赋能成本系数、佣金率等参数如何影响供应链成员的最优决策和利润?

为了解决这些问题,本文构建一个由平台、公司和资金约束的农户组成的三级供应链,研究在平台数字技术赋能背景下农产品供应链运营和融资策略。

## 1 模型构建

### 1.1 问题描述

如图1所示,本文构建一个由平台、公司和存在资金约束的农户组成的三级供应链.农户种植单一的农作物并在其成熟后全部销售给公司,公司通过中介平台将全部农产品销售给消费者,平台收取销售佣金。

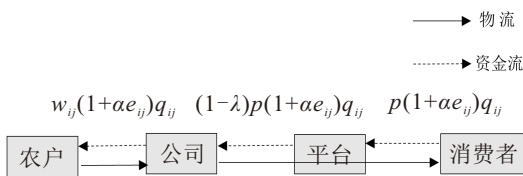


图1 农产品供应链运作示意图

注:下标  $i = \{b, p\}$ ,  $i = b$  表示银行融资,  $i = p$  表示平台融资;下标  $j = \{n, g\}$ ,  $j = n$  表示公司不提供担保,  $j = g$  表示公司提供担保。

期初,农户需向银行或者平台申请融资.农户承担有限责任,当公司不提供担保时,若农户不能还款则贷款方无法获得贷款本息.而当公司为农户提供担保时,若农户不能还款则由公司向贷款方偿还贷款本息。

本文的决策顺序如下:首先,由贷款方银行或平台决策贷款利率;其次,平台决策数字技术赋能水平;然后,公司决策农产品的收购价;最后,农户决策种植投入量.为了便于描述,本文分别用B、P、R和F代表银行、平台、公司和农户.模型的主要参数及含义见表1。

### 1.2 基本假设

本文研究基于以下假设:

1) 参考文献[17],本文假设公司用收购价  $w_{ij}$  从农户处收购所有农产品并在平台上以零售价  $p$  全部销售出去,  $p > w_{ij} > 0$ . 平台收取的佣金率  $\lambda$  是外生变量,  $0 < \lambda < 1$ .

表1 参数设置表

指标	含义
$\alpha$	平台数字技术赋能的敏感系数
$\beta$	农产品正常收获的概率
$c$	单位农产品生产成本系数
外生变量	$p$ 单位农产品零售价
	$\lambda$ 电商平台抽取的佣金比例
	$h$ 平台数字技术赋能成本系数
	$\eta$ 农户风险厌恶参数
决策变量	$r_{ij}$ 贷款利率
	$e_{ij}$ 平台数字技术赋能水平
	$w_{ij}$ 农产品的收购价
	$q_{ij}$ 农户的种植投入量

2) 由于农产品产量会受到天气等自然环境的影响,本文假设农产品产出是不确定的,并用随机变量  $x$  表示农产品的产出率.为了简化分析,在基本模型中假设  $x$  服从两点分布<sup>[1,18]</sup>,即当生产期内没有发生自然灾害时,农产品的产出率  $x = 1$ , 概率为  $\beta$ . 当农业种植因自然灾害而中断时,农产品的产出率  $x = 0$ , 概率为  $1 - \beta$ ,  $0 < \beta < 1$ . 而这一假设也符合现实情况,例如,根据应急管理部与国家减灾委办公室的统计,2018年4月全国自然灾害致使农作物绝收面积达381.5千公顷.此外,由于极端暴雨天气,2021年中国河南省农作物受灾面积达972.1千公顷,其中绝收面积达108.9千公顷。

3) 除了自然环境,平台的数字技术赋能水平也会影响到农产品的产出,参考文献[1],本文假设平台的数字技术赋能成本为  $he_{ij}^2/2$ . 其中:  $h$  为平台数字技术赋能成本系数,  $e_{ij}$  为平台数字技术赋能水平.当生产期内没有发生自然灾害时,农产品的最终产出量为  $(1 + ae_{ij})q_{ij}$ . 其中:  $\alpha$  为平台数字技术赋能的敏感系数,  $q_{ij}$  为农户的种植投入量。

4) 参考文献[19],假设农户的生产成本为  $cq_{ij}^2$ ,  $c$  为单位农产品生产成本系数。

5) 参考文献[11-12],假设农户初始资金为0,无风险利率为0,所有供应链成员都是风险中性的.同时,为了保证所有最优解为正数,本文假设  $h > \frac{p^2\alpha^2\beta^2(1+\lambda+2\beta\lambda)^2}{8c(1+\beta)^2}$ 。

## 2 供应链决策模型及比较

### 2.1 银行融资

本节将考虑资金约束农户向银行借款来种植农作物,分别探讨供应链成员在公司非担保和担保情形下的最优决策.参考文献[20-22],假设银行处于完全竞争市场中,即银行决策的银行贷款利率由收支平衡等式得到。

### 2.1.1 非担保情形

销售期初,农户向银行申请贷款额 $cq_{bn}^2$ 用于种植农产品.若种植期间没有发生自然灾害,则农产品成熟后,公司用 $w_{bn}(1 + \alpha e_{bn})q_{bn}$ 收购所有农产品,农户向银行还款 $cq_{bn}^2(1 + r_{bn})$ .之后,公司将所有农产品通过平台进行销售.销售期末,平台获得佣金收入 $\lambda p(1 + \alpha e_{bn})q_{bn}$ ,并将扣除佣金后的销售收入 $(1 - \lambda)p(1 + \alpha e_{bn})q_{bn}$ 给公司.若种植期间发生了自然灾害,农户没有收成,银行也将无法收回贷款本息.银行贷款利率由下式决定: $cq_{bn}^2 = \beta c d_{bn}^2(1 + r_{bn})$ ,因此,银行贷款利率为 $r_{bn}^* = (1 - \beta)/\beta$ .

农户的期望利润函数为

$$\pi_{bn}^F = \beta(w_{bn}(1 + \alpha e_{bn})q_{bn} - cq_{bn}^2(1 + r_{bn})), \quad (1)$$

公司的期望利润函数为

$$\pi_{bn}^R = \beta((1 - \lambda)p - w_{bn})(1 + \alpha e_{bn})q_{bn}, \quad (2)$$

平台的期望利润函数为

$$\pi_{bn}^P = \beta\lambda p(1 + \alpha e_{bn})q_{bn} - \frac{1}{2}he_{bn}^2. \quad (3)$$

**命题1** 在银行融资非担保情形下,供应链成员的最优决策和期望利润分别为

$$\begin{aligned} q_{bn}^* &= \frac{hp\beta(1 - \lambda)}{4ch - 2p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}, \\ w_{bn}^* &= \frac{p(1 - \lambda)}{2}, \\ e_{bn}^* &= \frac{p^2\alpha\beta^2(1 - \lambda)\lambda}{2ch - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}, \\ \pi_{bn}^{F*} &= \frac{ch^2p^2\beta^2(1 - \lambda)^2}{4(2ch - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)^2}, \\ \pi_{bn}^{R*} &= \frac{ch^2p^2\beta^2(1 - \lambda)^2}{2(2ch - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)^2}, \\ \pi_{bn}^{P*} &= \frac{hp^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}{4ch - 2p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}. \end{aligned}$$

观察命题1可以发现,银行融资模式非担保情形下,公司制定的农产品收购价只会受到农产品零售价和佣金率的影响,且与农产品的零售价成正比,与佣金率成反比.

**推论1**  $\frac{\partial q_{bn}^*}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bn}^{F*}}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bn}^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ . 当  $0 < \lambda < \frac{1}{2}$  时,  $\frac{\partial e_{bn}^*}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bn}^{P*}}{\partial \lambda} > 0$ ; 当  $\frac{1}{2} < \lambda < 1$  时,  $\frac{\partial e_{bn}^*}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bn}^{P*}}{\partial \lambda} < 0$ .

由推论1可知,农户的最优种植投入量以及农户和公司的期望利润会随佣金率的增加而减少,而平台的最优数字技术赋能水平和期望利润会随佣金率的增加呈现先升后降的趋势.其原因是当佣金率

增加时,平台可以从单位产品销售中获得更多的收入,但公司的期望利润会随之减少.为了减少损失,公司将降低收购价,从而导致农户利润受损,进而降低了农户的种植积极性.因此,当佣金率较低时,随着佣金率增加,平台的佣金收入增长效应大于农户的产量降低效应,此时平台期望利润会上升;当佣金率较大时,农户会大幅降低种植投入,此时平台的期望利润会随佣金率的增加而减少.

### 2.1.2 担保情形

与非担保情形不同,公司提供担保时,若种植期间发生了自然灾害,农户没有收成,则由公司向银行还款.因此,银行提供的贷款利率为零,即 $r_{bg}^* = 0$ .

农户的期望利润函数为

$$\pi_{bg}^F = \beta(w_{bg}(1 + \alpha e_{bg})q_{bg} - cq_{bg}^2(1 + r_{bg})), \quad (4)$$

公司的期望利润函数为

$$\begin{aligned} \pi_{bg}^R &= \beta((1 - \lambda)p - w_{bg})(1 + \alpha e_{bg})q_{bg} - \\ &\quad (1 - \beta)cq_{bg}^2(1 + r_{bg}), \end{aligned} \quad (5)$$

平台的期望利润函数为

$$\pi_{bg}^P = \beta\lambda p(1 + \alpha e_{bg})q_{bg} - \frac{1}{2}he_{bg}^2. \quad (6)$$

**命题2** 在银行融资担保情形下,供应链成员的最优决策和期望利润分别为

$$\begin{aligned} q_{bg}^* &= \frac{hp\beta(1 - \lambda)}{2ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}, \\ w_{bg}^* &= \frac{p\beta(1 - \lambda)}{1 + \beta}, \\ e_{bg}^* &= \frac{p^2\alpha\beta^2(1 - \lambda)\lambda}{ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}, \\ \pi_{bg}^{F*} &= \frac{ch^2p^2\beta^3(1 - \lambda)^2}{4(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)^2}, \\ \pi_{bg}^{R*} &= \frac{ch^2p^2\beta^2(1 + \beta)(1 - \lambda)^2}{4(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)^2}, \\ \pi_{bg}^{P*} &= \frac{hp^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}{2(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)}. \end{aligned}$$

观察命题2可以发现,担保情形下公司的收购价会随着 $\beta$ 的增加而增加.其原因是农产品正常收获概率增加则代表着公司承担的风险减少,公司可以通过提高收购价来刺激农户种植更多农产品,并从更高的销售收入中获利.

**推论2** 当  $0 < \lambda < \lambda_1$  时,  $\frac{\partial q_{bg}^*}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bg}^{F*}}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bg}^{R*}}{\partial \lambda} > 0$ ; 当  $\lambda_1 < \lambda < 1$  时,  $\frac{\partial q_{bg}^*}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bg}^{F*}}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bg}^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ . 当  $0 < \lambda < \frac{1}{2}$  时,  $\frac{\partial e_{bg}^*}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bg}^{P*}}{\partial \lambda} > 0$ ;

当  $\frac{1}{2} < \lambda < 1$  时,  $\frac{\partial e_{bg}^*}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{bg}^{P*}}{\partial \lambda} < 0$ .

与非担保情形不同,推论 2 指出当佣金率较低时,农户的最优种植投入量以及农户和公司的期望利润会随佣金率的增加而增加.因此,在银行融资模式担保情形下,当佣金率处于较低水平时,平台佣金率的增加可以使所有供应链成员获利.其原因是当  $\lambda$  较小时,随着  $\lambda$  的增加,平台会投入更多的数字技术赋能水平.而在非担保情形下,受限于银行贷款利率的存在,平台增加的数字技术赋能水平无法有效刺激农户增加种植投入,但是在担保情形下,银行贷款利率为零,随着  $\lambda$  的增加,增加的数字技术赋能和种植投入使得农户在正常收获时可以获得更多的农产品,从而有效激励农户种植更多的农产品,进而增加了所有供应链成员的期望利润.

### 2.1.3 银行融资模式下有无担保情形的比较

**命题 3**  $\pi_{bg}^{R*} > \pi_{bn}^{R*}$ ,  $\pi_{bg}^{P*} > \pi_{bn}^{P*}$ .

当  $\beta > \beta_1$  且  $h < h_1$  时,  $\pi_{bg}^{F*} > \pi_{bn}^{F*}$ ; 否则  $\pi_{bg}^{F*} \leq \pi_{bn}^{F*}$ .

命题 3 表明,银行融资模式下公司和平台都更偏向于担保情形.这是由于担保情形下银行提供的零利率可以刺激农户增加种植投入,且公司可以调节收购价来平衡提供担保时所需要承担的风险.因此,公司和平台可以从担保融资下更高的销售收益中获利,而只有农产品正常收获概率较高且平台数字技术赋能成本系数较低时,农户才会更喜欢担保情形.其原因是当  $\beta$  较大时,农户会倾向于种植更多的农产品,并且当  $h$  较小时,平台会增加数字技术赋能水平.在这种情况下,零利率以及较高的数字技术水平会激励农户增加生产投入,从而获得更高的预期收入,否则降低的收购价会减少农户的收益.

## 2.2 平台融资

本节将考虑资金约束农户向平台借款来种植农作物,分别探讨供应链成员在公司非担保和担保情形下的最优决策.

### 2.2.1 非担保情形

与银行融资模式不同,种植期初农户向平台申请贷款额  $cq_{pn}^2$  用于种植农产品.若种植期间没有发生自然灾害,则农产品成熟后平台可获得利息收入  $cq_{pn}^2 r_{pn}$ ; 若种植期间发生了自然灾害,农户没有收成,平台也将无法收回贷款本息.因此,农户的期望利润函数为

$$\pi_{pn}^F = \beta(w_{pn}(1 + \alpha e_{pn})q_{pn} - cq_{pn}^2(1 + r_{pn})), \quad (7)$$

公司的期望利润函数为

$$\pi_{pn}^R = \beta((1 - \lambda)p - w_{pn})(1 + \alpha e_{pn})q_{pn}, \quad (8)$$

平台的期望利润函数为

$$\pi_{pn}^P = \beta\lambda p(1 + \alpha e_{pn})q_{pn} - \frac{1}{2}he_{pn}^2 + (\beta r_{pn} - (1 - \beta))cq_{pn}^2. \quad (9)$$

**命题 4** 在平台融资非担保情形下,供应链成员的最优决策和期望利润分别为:

1) 当  $0 < \lambda < \frac{2 - \beta}{2 + 3\beta}$  时,有

$$w_{pn}^* = \frac{p(1 - \lambda)}{2},$$

$$r_{pn}^* = \frac{2 - \beta - 2\lambda - 3\beta\lambda}{\beta + 3\beta\lambda},$$

$$q_{pn}^* = \frac{4hp(\beta + 3\beta\lambda)}{32ch - p^2\alpha^2\beta^2(1 + 3\lambda)^2},$$

$$e_{pn}^* = \frac{p^2\alpha(\beta + 3\beta\lambda)^2}{32ch - p^2\alpha^2\beta^2(1 + 3\lambda)^2},$$

$$\pi_{pn}^{F*} = \frac{32ch^2p^2\beta^2(1 - \lambda)(1 + 3\lambda)}{(p^2\alpha^2\beta^2(1 + 3\lambda)^2 - 32ch)^2},$$

$$\pi_{pn}^{R*} = \frac{64ch^2p^2\beta^2(1 - \lambda)(1 + 3\lambda)}{(p^2\alpha^2\beta^2(1 + 3\lambda)^2 - 32ch)^2},$$

$$\pi_{pn}^{P*} = \frac{hp^2(\beta + 3\beta\lambda)^2}{2(32ch - p^2\alpha^2\beta^2(1 + 3\lambda)^2)}.$$

2) 当  $\frac{2 - \beta}{2 + 3\beta} < \lambda < 1$  时,有

$$w_{pn}^* = \frac{p(1 - \lambda)}{2},$$

$$r_{pn}^* = 0,$$

$$q_{pn}^* = \frac{2hp(1 - \lambda)}{8ch - p^2\alpha^2(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1)},$$

$$e_{pn}^* = \frac{p^2\alpha(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1)}{8ch - p^2\alpha^2(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1)},$$

$$\pi_{pn}^{F*} = \frac{4ch^2p^2\beta(1 - \lambda)^2}{(8ch - p^2\alpha^2(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1))^2},$$

$$\pi_{pn}^{R*} = \frac{8ch^2p^2\beta(1 - \lambda)^2}{(8ch - p^2\alpha^2(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1))^2},$$

$$\pi_{pn}^{P*} = \frac{hp^2(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1)}{2(8ch - p^2\alpha^2(1 - \lambda)(\beta + \lambda + 3\beta\lambda - 1))}.$$

与银行融资模式不同,在平台融资模式下,平台不仅可以获得贷款利息收入还可以获得佣金收入,平台可以平衡两方面的收入来使得自身利润最大化.即使在公司不提供担保时,若平台的佣金率比较大,平台依旧会提供一个较低的贷款利率甚至零利率来刺激农户增加种植投入,从而获得较高的佣金收入.

具体而言,当佣金率小于阈值  $\frac{2 - \beta}{2 + 3\beta}$  时,与银行融资模式类似,平台贷款利率也会随  $\beta$  的增加而减

少. 但与银行融资模式不同, 平台融资模式下的贷款利率还会随 $\lambda$ 的增加而减少. 这是因为在银行融资模式下, 银行制定贷款利率时只需平衡自身的风险与收益; 而在平台融资模式下, 平台制定贷款利率还需要平衡佣金收入和贷款利息收入两个方面. 而当佣金率超过阈值 $\frac{2-\beta}{2+3\beta}$ 时, 平台将不再收取利息.

**推论 3** 当 $0 < \lambda < \frac{2-\beta}{2+3\beta}$ 时,  $\frac{\partial q_{pn}^*}{\partial \lambda} > 0$ ; 当 $\frac{2-\beta}{2+3\beta} < \lambda < 1$ 时,  $\frac{\partial q_{pn}^*}{\partial \lambda} < 0$ . 当 $0 < \lambda < \lambda_2$ 时,  $\frac{\partial \pi_{pn}^{F*}}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pn}^{R*}}{\partial \lambda} > 0$ ; 当 $\lambda_2 < \lambda < 1$ 时,  $\frac{\partial \pi_{pn}^{F*}}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pn}^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ . 当 $0 < \lambda < \frac{1+\beta}{1+3\beta}$ 时,  $\frac{\partial e_{pn}^*}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pn}^{P*}}{\partial \lambda} > 0$ ; 当 $\frac{1+\beta}{1+3\beta} < \lambda < 1$ 时,  $\frac{\partial e_{pn}^*}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pn}^{P*}}{\partial \lambda} < 0$ .

与银行融资模式非担保情形不同, 推论 3 表明在平台融资非担保情形下, 供应链成员最优决策和期望利润都会随佣金率的增加先增加后减少. 这是由于平台同时决策贷款利率和数字技术赋能水平, 当佣金率增加时, 平台会在降低贷款利率的同时增加数字技术赋能水平, 在 $\lambda$ 较小时, 这两方面的因素都能够有效激励农户种植更多的农产品, 从而促进整个供应链获利. 但是, 随着 $\lambda$ 的不断增大, 公司会给出越来越低的收购价, 而平台能够降低的贷款利率是有限的, 从而导致农户的种植意愿大幅降低, 公司和平台所获得的销售收入也随之减少. 因此, 当佣金率较大时, 提高佣金率对于供应链成员都是不利的.

### 2.2.2 担保情形

在平台融资担保情形下, 若种植期间发生了自然灾害, 农户没有收成, 则由公司向平台还款. 因此, 农户的期望利润函数为

$$\pi_{pg}^F = \beta(w_{pg}(1 + \alpha e_{pg})q_{pg} - cq_{pg}^2(1 + r_{pg})), \quad (10)$$

公司的期望利润函数为

$$\pi_{pg}^R = \beta((1 - \lambda)p - w_{pg})(1 + \alpha e_{pg})q_{pg} - (1 - \beta)cq_{pg}^2(1 + r_{pg}), \quad (11)$$

平台的期望利润函数为

$$\pi_{pg}^P = \beta\lambda p(1 + \alpha e_{pg})q_{pg} - \frac{1}{2}he_{pg}^2 + cq_{pg}^2r_{pg}. \quad (12)$$

**命题 5** 在平台融资担保情形下, 供应链成员的最优决策和期望利润分别为:

1) 当 $0 < \lambda < \frac{1}{3+2\beta}$ 时, 有

$$w_{pg}^* = \frac{p\beta(1 - \lambda)}{1 + \beta},$$

$$r_{pg}^* = \frac{1 - 3\lambda - 2\beta\lambda}{1 + \lambda + 2\beta\lambda},$$

$$q_{pg}^* = \frac{2hp\beta(1 + \beta)(1 + \lambda + 2\beta\lambda)}{8ch(1 + \beta)^2 - p^2\alpha^2\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2},$$

$$e_{pg}^* = \frac{p^2\alpha\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2}{8ch(1 + \beta)^2 - p^2\alpha^2\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2},$$

$$\pi_{pg}^{F*} = \frac{8ch^2p^2\beta^3(1 + \beta)^2(1 - \lambda)(1 + \lambda + 2\beta\lambda)}{(8ch(1 + \beta)^2 - p^2\alpha^2\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2)^2},$$

$$\pi_{pg}^{R*} = \frac{8ch^2p^2\beta^2(1 + \beta)^3(1 - \lambda)(1 + \lambda + 2\beta\lambda)}{(8ch(1 + \beta)^2 - p^2\alpha^2\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2)^2},$$

$$\pi_{pg}^{P*} = \frac{hp^2\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2}{2(8ch(1 + \beta)^2 - p^2\alpha^2\beta^2(1 + \lambda + 2\beta\lambda)^2)}.$$

2) 当 $\frac{1}{3+2\beta} < \lambda < 1$ 时, 有

$$w_{pg}^* = \frac{p\beta(1 - \lambda)}{1 + \beta},$$

$$r_{pg}^* = 0,$$

$$q_{pg}^* = \frac{hp\beta(1 - \lambda)}{2(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)},$$

$$e_{pg}^* = \frac{p^2\alpha\beta^2(1 - \lambda)\lambda}{ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda},$$

$$\pi_{pg}^{F*} = \frac{ch^2p^2\beta^3(1 - \lambda)^2}{4(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)^2},$$

$$\pi_{pg}^{R*} = \frac{ch^2p^2\beta^2(1 + \beta)(1 - \lambda)^2}{4(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)^2},$$

$$\pi_{pg}^{P*} = \frac{hp^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda}{2(ch(1 + \beta) - p^2\alpha^2\beta^2(1 - \lambda)\lambda)}.$$

**推论 4**  $w_{bg}^* = w_{pg}^* < w_{bn}^* = w_{pn}^*$ ;  $\frac{1}{3+2\beta} < \frac{2-\beta}{2+3\beta}$ .

由推论 4 可知, 融资模式的改变不会影响公司决策的最优收购价, 但公司在担保情形下提供的收购价会低于非担保情形. 因为担保情形下农户的种植风险从贷款方转嫁给了公司, 公司为了防止利润受损会降低收购价. 此外, 推论 4 还比较了平台融资模式下平台在担保情形和非担保情形下开始提供零利率的阈值, 表明由于公司提供担保时承担了平台贷款的风险, 相较于非担保情形, 担保情形平台提供零利率的范围有所增加.

**推论 5** 当 $0 < \lambda < \frac{1}{3+2\beta}$ 时,  $\frac{\partial q_{pg}^*}{\partial \lambda} > 0$ ; 当

$\frac{1}{3+2\beta} < \lambda < 1$ 时,  $\frac{\partial q_{pg}^*}{\partial \lambda} < 0$ . 当 $0 < \lambda < \lambda_3$ 时,

$\frac{\partial \pi_{pg}^{F*}}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pg}^{R*}}{\partial \lambda} > 0$ ; 当 $\lambda_3 < \lambda < 1$ 时,  $\frac{\partial \pi_{pg}^{F*}}{\partial \lambda} < 0$ ,

$\frac{\partial \pi_{pg}^{R*}}{\partial \lambda} < 0$ . 当 $0 < \lambda < \frac{1}{2}$ 时,  $\frac{\partial e_{pg}^*}{\partial \lambda} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pg}^{P*}}{\partial \lambda} > 0$ ;

当 $\frac{1}{2} < \lambda < 1$ 时,  $\frac{\partial e_{pg}^*}{\partial \lambda} < 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{pg}^{P*}}{\partial \lambda} < 0$ .

推论 5 的结论与推论 3 类似, 这表明在平台融资模式下, 无论公司是否提供担保服务, 供应链成员的最优决策和期望利润都会随佣金率的增加先增加后减少.

### 2.2.3 平台融资模式下有无担保情形的比较

**命题 6** 当  $0 < \lambda < \frac{1}{3+2\beta}$  且  $h < h_2$ , 或者  $\frac{1}{3+2\beta} < \lambda < \frac{2-\beta}{2+3\beta}$  且  $h < h_3$  时,  $\pi_{pn}^{F*} < \pi_{pg}^{F*}$ ; 否则  $\pi_{pn}^{F*} \geq \pi_{pg}^{F*}$ . 当  $0 < \lambda < \frac{1}{3+2\beta}$ , 或者  $\frac{1}{3+2\beta} < \lambda < \frac{2-\beta}{2+3\beta}$  且  $h < h_4$  时,  $\pi_{pn}^{R*} < \pi_{pg}^{R*}$ , 否则  $\pi_{pn}^{R*} \geq \pi_{pg}^{R*}$ . 当  $0 < \lambda < \frac{1}{3+2\beta}$ , 或者  $\frac{1}{3+2\beta} < \lambda < \frac{2-\beta}{2+3\beta}$  且  $\beta < \frac{(26-41\lambda)\lambda-1}{(1+3\lambda)^2}$ , 或者  $\frac{2-\beta}{2+3\beta} < \lambda < 1$  且  $\beta < \frac{1-\lambda}{5\lambda-1}$  时,  $\pi_{pn}^{P*} < \pi_{pg}^{P*}$ , 否则  $\pi_{pn}^{P*} \geq \pi_{pg}^{P*}$ .

由命题 6 可知, 农户和公司的担保偏好主要受到佣金率和平台数字技术赋能成本系数的影响. 对于农户而言, 只有当  $h$  比较小且  $\lambda$  不高时, 农户才会倾向于公司提供担保服务. 这是因为此时公司所获得的销售收入较高, 会给出一个较高的收购价; 另外, 公司提供担保时, 平台会制定一个较低的贷款利率.

对于公司而言, 当佣金率较小时会倾向于担保情形; 当佣金率较大时会倾向于非担保情形; 而当佣金率中等时, 主要受到平台数字技术赋能成本系数的影响, 若  $h$  较小, 则公司会提供担保服务, 否则会倾向非担保情形. 其原因是当  $\lambda$  较小时, 公司获得的销售分成较高, 为农户提供担保可以使得销售收入增加. 但是, 当  $\lambda$  较大时, 公司分成较少, 提供担保所承担的风险损失超过增加的销售收入, 此时公司不再偏好担保模式. 而在  $\lambda$  中等时,  $h$  越大则平台投入的数字技术赋能水平越低, 公司的销售收入会随着农产品数量的减少而减少. 因此, 在  $h$  较大时, 公司不会选择给农户提供担保.

平台是否希望公司提供担保主要受佣金率和农产品正常收获概率的影响, 并且平台会在佣金率较

高且农产品正常收获概率较高时倾向于非担保情形. 其原因是佣金率较低时, 平台所获得的销售分成较少, 若公司不提供担保, 则农户违约时平台所承担的损失较高. 但是, 当佣金率较高时, 若公司提供担保则会制定一个非常低的收购价, 而低收购价会严重打击农户的种植意愿. 此外, 农产品正常收获概率较高时, 非担保情形下农户违约对平台造成损失的可能性较低. 因此, 在  $\lambda$  和  $\beta$  都较高时平台更偏向于非担保情形.

### 2.3 融资方案的选择

上文考虑了不同融资模式及不同担保情形下供应链成员的最优决策和利润, 并对公司的担保策略进行了讨论. 本节将针对不同情形下供应链成员的融资策略进行分析讨论.

**命题 7**  $\pi_{bj}^{P*} \leq \pi_{pj}^{P*}$ . 当  $0 < \lambda < \frac{1}{5}$  且  $h > h_5$  时,  $\pi_{bn}^{R*} > \pi_{pn}^{R*}$ ,  $\pi_{bn}^{F*} > \pi_{pn}^{F*}$ ; 否则  $\pi_{bn}^{R*} \leq \pi_{pn}^{R*}$ ,  $\pi_{bn}^{F*} \leq \pi_{pn}^{F*}$ . 当  $0 < \lambda < \frac{1}{3+2\beta}$  时, 若  $h > h_6$ , 则  $\pi_{bg}^{R*} > \pi_{pg}^{R*}$ ,  $\pi_{bg}^{F*} > \pi_{pg}^{F*}$ ; 否则  $\pi_{bg}^{R*} \leq \pi_{pg}^{R*}$ ,  $\pi_{bg}^{F*} \leq \pi_{pg}^{F*}$ . 当  $\frac{1}{3+2\beta} < \lambda < 1$  时,  $\pi_{bg}^{R*} = \pi_{pg}^{R*}$ ,  $\pi_{bg}^{F*} = \pi_{pg}^{F*}$ .

图 2 和图 3 分别为非担保情形和担保情形下平台数字技术赋能成本系数对供应链成员期望利润的影响, 本文假设  $\alpha = 3, c = 10, \beta = 0.8, p = 20, \lambda = 0.1$ , 后续若无特殊说明则参数设置都与此相同. 由图 2 和图 3 可知, 供应链成员的期望利润会随  $h$  递减, 且无论是担保情形还是非担保情形, 平台在平台融资下利润都会更高. 由命题 7 可知, 农户和公司的融资偏好会受佣金率和平台数字技术赋能成本系数的影响. 具体而言, 只有在佣金率较低且数字技术赋能成本系数较高的情况下, 公司和农户才会倾向于选择银行融资. 其原因是平台融资模式不仅增加了平台的贷款利息收入, 还允许平台自主设定贷款利率和数字技术赋能水平, 从而优化利润. 因此, 平台融资模式对平台更有利. 为了吸引农户选择平台融资, 平台在同等条件下会提供更优惠的贷款利率, 使

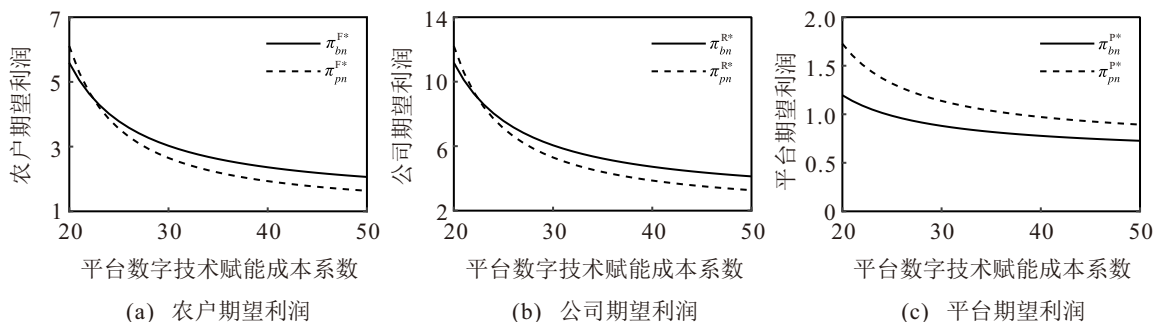


图2 非担保情形下  $h$  对供应链成员期望利润的影响

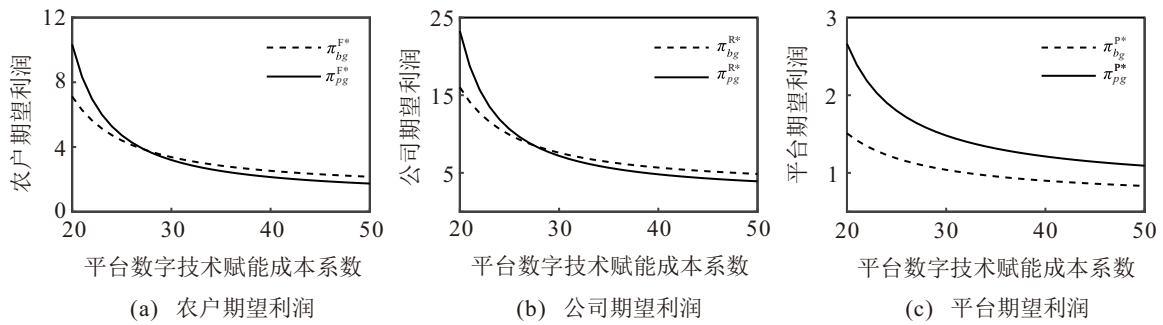


图3 担保情形下 $h$ 对供应链成员期望利润的影响

得农户和公司在大多数情况下也更倾向于平台融资,从而实现供应链成员之间的共赢.当佣金率较低且数字技术赋能成本系数较高时,农户和公司在银行融资模式下能够获得更高的利润.一方面,佣金率减少会导致平台贷款利率增加;另一方面,平台会因数字技术赋能成本系数增加而降低数字技术赋能水平.由于期初平台融资下平台还需要垫付农户的种植成本,平台在平台融资下减少的数字技术赋能水平会更高.

此外,在担保情形下,若平台佣金率较高,则供应链成员在两种融资方式下的利润相同.这是因为担保情形下银行会提供零利率,而当平台佣金率较高时,平台也会制定零利率.同时,公司给出的收购价不受融资模式的影响.因此,两种融资模式下供应链成员的决策和利润都相同.

### 3 拓展分析

#### 3.1 银行处于垄断地位

在基础模型中,本文假设银行处于完全竞争市场.本节将考虑另一种常见的银行融资形式,借鉴文献[23-25],假设银行处于垄断地位并以期望利润最大化为目标.为了便于描述,用上标K来代表该拓展情形.供应链成员的利润函数和决策顺序与基础模型相同.根据逆序求解方法可求得不同情形下所有供应链成员的最优解和利润.非担保情形下银行的期望利润函数为

$$\pi_{bn}^{BK} = (\beta r_{bn}^K - (1 - \beta))c(q_{bn}^K)^2, \quad (13)$$

担保情形下银行的期望利润函数为

$$\pi_{bg}^{BK} = c(q_{bn}^K)^2 r_{bg}^K. \quad (14)$$

通过对该拓展下的最优结果分析可知,在银行融资模式下,公司和平台依旧倾向于选择担保情形.农户依旧会在农产品正常收获概率较高且平台数字技术赋能成本系数较低时选择担保情形.这与基本模型结论类似,但是农户和公司的融资偏好则发生了一些变化,主要体现在如下命题中.

**命题 8**  $\pi_{pj}^{FK*} > \pi_{bj}^{FK*}$ ,  $\pi_{pj}^{RK*} > \pi_{bj}^{RK*}$ ,  $\pi_{pj}^{PK*} > \pi_{bj}^{PK*}$ .

命题 8 表明,当银行以利润最大化为决策目标时,所有供应链成员都会一直偏好平台融资.这一偏好的形成是由于银行在追求利润最大化的过程中,倾向于设定较高的贷款利率.相对而言,平台在提供融资服务时,除了能够获得利息收益外,还能通过销售环节获得佣金收入,因此平台有动机设定一个相对较低的贷款利率.这种较低的利率能够激励农户增加对种植的投入,同时平台也有动力投入更多的数字技术赋能水平.随着种植投入和数字技术赋能水平的提高,供应链中的每个成员都能获得更高的预期收入.

#### 3.2 考虑连续型产出率和风险厌恶农户

在基础模型中,本文假设农产品的产出率服从两点分布,这主要探究了农产品可能因极端天气导致的绝收情形.而现实情况中也可能会出现因天气等自然灾害导致的农作物减产但并未绝收的情形.此外,本文的基础模型假设农户是风险中性的,但在实际农业生产中,农作物产出的不确定性会使资金约束农户在决策时表现出风险厌恶的态度,即农户在生产经营过程中倾向于选择相对保守的生产策略,而农户的这种风险厌恶行为会对供应链成员的决策有显著影响.为了得到更普遍的结论,参考文献[5],本文在该拓展中假设农产品的产出率 $x$ 服从均匀分布 $U[0, 1]$ ,并采用条件风险价值(CVaR)来度量农户的风险态度.为了便于描述,用上标T来代表该拓展情形.在 CVaR 准则下农户的效用函数为

$$CVaR_{\eta}(\pi_{ij}^{FT}) = \max_{v \in R} \left\{ v - \frac{1}{\eta} E[v - \pi_{ij}^{FT}]^+ \right\}.$$

其中: $\eta \in (0, 1]$ 用来衡量农户的风险厌恶程度, $\eta$ 越小代表农户的风险厌恶程度越高,而 $v$ 则表示目标利润水平.该拓展下的研究结论与基本模型类似,而关于 $\eta$ 对供应链成员的影响如下.

**推论 6**  $\frac{\partial U_{ij}^{FT}}{\partial \eta} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{ij}^{RT}}{\partial \eta} > 0$ ,  $\frac{\partial \pi_{ij}^{PT}}{\partial \eta} > 0$ .

由推论 6 和图 4 可知, 农户的风险厌恶程度越高, 农户的期望效用以及公司和平台的期望利润越少. 图 4 表明, 在一定条件下, 当  $\eta$  较小时, 在银行融资担保下农户的效用和公司的利润更高, 随着  $\eta$  增加, 平台融资担保情形将成为所有成员的首选. 其原因是在  $\eta$  较小时, 农户的风险规避程度较高, 种植意愿下降, 平台无法从销售收入中获得足够利润, 无法给予农户优惠贷款利率. 但是在银行融资担保情形下, 公司替农户提供担保的方式可以使得农户获得零贷款利率, 从而刺激了农户的种植意愿.

推论 6 和图 4 表明,  $\eta$  减少会使得农户的期望效用减少, 但是, 农户的期望利润并非一直随  $\eta$  的减少而减少. 由图 5 可知: 在  $h$  较小时, 银行融资下农户的期望利润会随  $\eta$  的减少先增加后减少; 在  $h$  较大时, 所有情形下农户的期望利润都会随  $\eta$  的减少先增加后减少. 这表明农户在风险厌恶下可能会比风险中性下获得更高的期望利润. 原因是风险厌恶下公司和平台可能采取提高收购价、降低贷款利率等措施来激励农户增加种植投入量, 从而提升农户的期望利润.

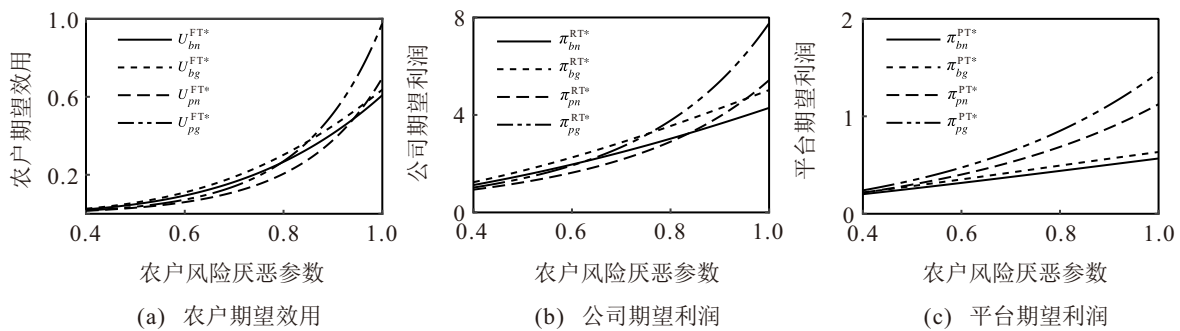


图4  $\eta$ 对供应链成员期望利润和效用的影响 ( $h = 15$ )

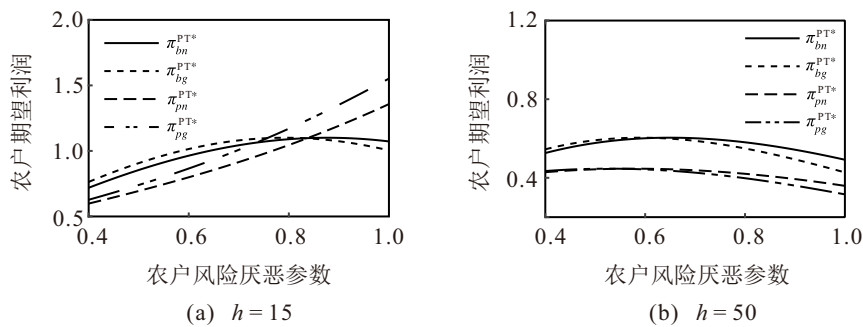


图5  $\eta$ 对农户期望利润的影响

### 4 结论

本文考虑了一个由平台、公司和存在资金约束的农户组成的三级供应链, 研究了平台数字技术赋能下农产品供应链运营和融资策略. 基于银行融资和平台融资, 探讨了供应链成员在有无公司担保下的最优决策和利润, 分析了平台数字技术赋能成本系数和佣金率等参数如何影响供应链成员的担保偏好和融资偏好.

研究发现: 1) 融资模式的改变不会影响公司决策的最优收购价, 但公司会在担保情形下提供一个更低的收购价. 2) 在银行融资模式下, 公司会一直倾向于提供担保. 然而, 在平台融资模式下, 公司的担保偏好会受到佣金率的显著影响. 当佣金率较低时, 公司更倾向于担保情形; 当佣金率较高时, 公司则倾向于非担保情形; 在佣金率中等的情况下, 公司的担保偏好受到农产品正常收获概率的影响. 3) 无论公

司是否提供担保服务, 平台均倾向于提供平台融资. 但是农户会在平台佣金率较小且平台数字技术赋能成本系数较高时选择银行融资, 在其他情况下会选择平台融资. 4) 在银行融资模式非担保情形下, 平台提高佣金率一定会损害农户利润; 但是在其他情形下, 平台在佣金率较小时提高佣金率可使供应链所有成员获利. 5) 若银行处于垄断地位并以期望利润最大化为决策目标, 平台融资将成为供应链所有成员的最优选择. 此外, 若农户存在风险厌恶倾向, 将会对公司和平台不利, 但可能会使得农户自身期望利润增加.

本文的研究成果对实践启示如下: 1) 平台应积极为资金受限的农户提供融资. 在一定条件下, 平台融资对农户、公司和平台而言都更为有利. 2) 在特定条件下, 公司提供担保服务能够为供应链中的所有成员带来更高的利润. 因此, 农业企业应当实地了解

农户的收获情况和资金需求,为有需要的农户提供担保服务。3) 特定环境下,平台可以通过上调佣金率来优化供应链的利润分配,从而提高整体供应链的效率和盈利能力。4) 在实践中,公司和平台应积极与风险承受能力较强的农户进行合作并采取有效的措施来引导农户优化风险管理,促进供应链协同发展,从而提升整个供应链的竞争力和可持续发展能力。

本文探讨了数字技术赋能对资金约束下农产品供应链的运营和融资策略影响,为企业科学地制定担保和融资策略提供了一定的理论指导。但本文仍存在一些不足之处:仅考虑了由单一农户、单一公司和单一平台组成的三级供应链,未来可以考虑多个农户、多个公司或多个平台相互竞争的问题。

### 参考文献 (References)

- [1] Lu Q H, Liao C H, Chen M L, et al. Platform financing or bank financing in agricultural supply chains: The impact of platform digital empowerment[J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 315(3): 952-964.
- [2] Xiao D, Kuang X S, Chen K B. E-commerce supply chain decisions under platform digital empowerment-induced demand[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2020, 150: 106876.
- [3] 叶飞, 谢泽飞, 蔡子功. 随机产出与需求下农户融资模式选择研究[J]. *运筹与管理*, 2021, 30(9): 187-193.  
(Ye F, Xie Z F, Cai Z G. Research on the farmer's financing mode selection under stochastic yield and demand[J]. *Operations Research and Management Science*, 2021, 30(9): 187-193.)
- [4] Ding W, Wan G H. Financing and coordinating the supply chain with a capital-constrained supplier under yield uncertainty[J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 230: 107813.
- [5] Lin Q, Shan Z J, Fu W H, et al. Interplay between the agriculture firm's guarantee strategy and the e-commerce platform's loan strategy with risk averse farmers[J]. *Omega*, 2024, 127: 103108.
- [6] 张川, 马慧敏, 郭振. 碳限额与交易机制和消费者低碳偏好下的供应链减排及融资策略[J]. *控制与决策*, 2023, 38(11): 3271-3278.  
(Zhang C, Ma H M, Guo Z. Carbon emission reduction and financing strategy for a supply chain under cap-and-trade regulation and consumer's low-carbon preference[J]. *Control and Decision*, 2023, 38(11): 3271-3278.)
- [7] 吴晓黎, 寇淇, 范毓升, 等. 两级销售返利契约下的零售商库存与融资决策[J]. *控制与决策*, 2025, 40(7): 2213-2222.  
(Wu X L, Kou Q, Fan Y S, et al. Retailer's inventory and financing strategy under two-level target sales rebate[J]. *Control and Decision*, 2025, 40(7): 2213-2222.)
- [8] 郭娜, 王文利. 收购价不确定下订单农业供应链融资方式选择 —— 外部融资 VS 内部融资[J]. *运筹与管理*, 2020, 29(12): 188-196.  
(Guo N, Wang W L. Channels selection of financing for contract-farming supply chain under uncertain acquiring price: External financing VS internal financing[J]. *Operations Research and Management Science*, 2020, 29(12): 188-196.)
- [9] 史立刚, 彭红军, 丛静. 资金约束下订单农业供应链内外部融资策略研究[J]. *运筹与管理*, 2020, 29(4): 62-69.  
(Shi L G, Peng H J, Cong J. Internal and external financing strategies of contract-farming supply chain under capital constraint[J]. *Operations Research and Management Science*, 2020, 29(4): 62-69.)
- [10] 林强, 付文慧, 王永健. “公司 + 农户”型订单农业供应链内部融资决策[J]. *系统工程理论与实践*, 2021, 41(5): 1162-1178.  
(Lin Q, Fu W H, Wang Y J. The internal financing decisions of “Company + Farmer” contract farming supplychain[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2021, 41(5): 1162-1178.)
- [11] Yi Z L, Wang Y L, Chen Y J. Financing an agricultural supply chain with a capital-constrained smallholder farmer in developing economies[J]. *Production and Operations Management*, 2021, 30(7): 2102-2121.
- [12] Wang Y, Chen Y Q, Huang S. Agricultural supply chain financing strategy with social responsibility consideration under platform financing mode[J]. *Electronic Commerce Research and Applications*, 2023, 62: 101337.
- [13] Cao Y, Yi C Q, Wan G Y, et al. An analysis on the role of blockchain-based platforms in agricultural supply chains[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2022, 163: 102731.
- [14] Dong C W, Huang Q Z, Fang D B. Channel selection and pricing strategy with supply chain finance and blockchain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2023, 265: 109006.
- [15] Dong L X, Qiu Y Z, Xu F S. Blockchain-enabled deeper tier supply chain finance[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2023, 25(6): 2021-2037.
- [16] Wang C F, Chen X F, Xu X, et al. Financing and operating strategies for blockchain technology-driven accounts receivable chains[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 304(3): 1279-1295.
- [17] Niu B Z, Shen Z F, Xie F F. The value of blockchain and agricultural supply chain parties' participation confronting random bacteria pollution[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 319: 128579.
- [18] 鲁其辉, 徐婷婷, 李爽, 等. 政府主导下农业供应链金融中补贴与担保机制研究[J]. *运筹与管理*, 2023, 32(3): 198-205.  
(Lu Q H, Xu T T, Li S, et al. Research on subsidy and guarantee mechanism in the government-led agricultural

- supply chain finance[J]. *Operations Research and Management Science*, 2023, 32(3): 198-205.)
- [19] 余建军, 陈雨诗, 曾小燕. 预付款模式下农业供应链的生产与融资研究[J]. *运筹与管理*, 2022, 31(8): 156-163. (Yu J J, Chen Y S, Zeng X Y. Research on production and financing of agricultural supply chain under advance payment[J]. *Operations Research and Management Science*, 2022, 31(8): 156-163.)
- [20] 张李浩, 王嘉燕, 陈靖. 基于零售商资金约束供应链采用 RFID 技术的决策及融资分析[J]. *控制与决策*, 2022, 37(3): 701-711. (Zhang L H, Wang J Y, Chen J. Equilibrium strategies of RFID adoption and financing in a supply chain with a capital-constrained retailer[J]. *Control and Decision*, 2022, 37(3): 701-711.)
- [21] 黄建辉, 林强. 保证保险和产出不确定下订单农业供应链融资中的政府补贴机制[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(3): 53-65. (Huang J H, Lin Q. Government subsidy mechanism in contract-farming supply chain financing under loan guarantee insurance and yield uncertainty[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(3): 53-65.)
- [22] 张永明, 陈伟达, 李倩茹. OEM 再制造下双边资金约束闭环供应链生产与合作融资策略[J]. *控制与决策*, 2023, 38(7): 1969-1978. (Zhang Y M, Chen W D, Li Q R. Production and collaborative financing strategies for a bilaterally capital-constrained closed-loop supply chain with OEM-remanufacturing[J]. *Control and Decision*, 2023, 38(7): 1969-1978.)
- [23] Zhen X P, Shi D, Li Y J, et al. Manufacturer's financing strategy in a dual-channel supply chain: Third-party platform, bank, and retailer credit financing[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2020, 133: 101820.
- [24] Chang S H, Li A Q, Wang X, et al. Joint optimization of e-commerce supply chain financing strategy and channel contract[J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 303(2): 908-927.
- [25] Mandal P, Basu P, Choi T M, et al. Platform financing vs. bank financing: Strategic choice of financing mode under seller competition[J]. *European Journal of Operational Research*, 2024, 315(1): 130-146.

### 作者简介

袁孝勇 (1991-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为供应链金融、供应链管理, E-mail: [yuanxy@nufe.edu.cn](mailto:yuanxy@nufe.edu.cn);

马茹钰 (2002-), 女, 硕士生, 主要研究方向为供应链金融、供应链管理, E-mail: [maruyu\\_nufe@163.com](mailto:maruyu_nufe@163.com);

贺欣怡 (2002-), 女, 硕士生, 主要研究方向为供应链金融、供应链管理, E-mail: [crayon1220@163.com](mailto:crayon1220@163.com).