考虑风险规避和谈判权力的农产品供应链绿色投资机制

白世贞†, 王永干, 郑胜华, 黄绍娟

(哈尔滨商业大学 管理学院，哈尔滨 150028)

摘 要: 研究风险规避的农户和风险中性的销售商组成的农产品供应链, 在集中式决策和分散式决策下绿色投资的最优决策问题. 考虑两类成本共担契约, 分别为一般成本共担契约和考虑谈判权力的讨价还价的成本共担契约; 同时, 分析风险规避和谈判权力对相关决策变量的影响. 结果表明: 在分散式供应链中, 风险规避与绿色投资水平负相关, 而在两类契约中, 两者正相关. 两类契约都有利于供应链绿色投资水平和期望效用的提高. 在双方谈判的成本共担契约中, 成本分担比例和绿色投资水平分别与谈判权力和风险规避正相关; 在满足一定条件时, 供应链绿色投资水平高于集中式供应链的相应值; 供应链绿色投资水平和期望效用可同时高于一般成本共担契约中的相应值. 投资成本系数对供应链绿色投资水平和期望效用有负向影响.

关键词: 风险规避；谈判权力；农产品供应链；绿色投资；成本共担契约；广义 Nash 议价模型

中图分类号: F253.4 **文献标志码:** A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2020.1671

Green Investment Mechanism of Agricultural Supply Chain considering Risk Aversion and Bargaining Power

BAI Shi-zhen†,WANG Yong-gan,ZHENG Sheng-hua,Huang Shao-juan

(School of Management，Harbin University of Commerce，Harbin 150028，China)

Abstract: This paper studies the optimal decision of green investment in the supply chain of agricultural products composed of a risk-averse farmer and a risk-neutral retailer under centralized and decentralized decision-making. Two types of cost-sharing contracts are considered, one is the general cost-sharing contract and the other is the cost-sharing contract under the bargaining game between two parties considering the bargaining power. At the same time, the influence of risk aversion and bargaining power on relevant decision-making variables are compared. Research conclusions show that in the decentralized supply chain, risk aversion is negatively correlated with the green investment level, while in the two types cost-sharing contracts, risk aversion is positively correlated with the green investment level. Both contracts are beneficial to the improvement of the green investment level and expected utility of the supply chain. In the cost-sharing contract under the bargaining game, cost-sharing ratio and green investment level are positively correlated with bargaining power and risk aversion, respectively; the green investment level of the supply chain can be higher than that of the centralized supply chain under certain conditions; under the other certain conditions, the expected utility and the green investment level of the supply chain can be higher than the corresponding value in the general cost-sharing contract. The capital cost coefficient has a negative effect on the green investment level and expected utility of the supply chain.

Keywords: risk aversion；bargaining power；agricultural supply chain；green investment；cost-sharing contract；generalized Nash bargaining game

0 引 言

近年来, 中央涉农政策连续聚焦农业绿色发展. 继 2019 年和 2020 年中央 1 号文件提出发展生态循环农业和增加优质绿色农产品供给等政策后,2021 年中央 1 号文件把推进农业绿色发展作为加快推进农业现代化的一项重要内容, 并提出比较全面的政策和措施. 从上述一系列政策可看出, 中央对农业绿色发展越来越重视, 农业绿色发展已成为我国农业发展的一个长期趋势. 农业绿色发展的前提是进行必要的绿色投资. 例如, 畜牧业的规模化标准养殖投资, 种植业增加有机肥及减少杀虫剂和除草剂的滥用等. 但在实践中, 农户绿色投资意愿不强, 原

收稿日期: 2020-12-01；**修回日期:** 2021-04-20.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71671054); 教育部人文社会科学研究青年基金项目 (19YJC630197); 黑龙江省哲学社会科学研究规划项目 (20GLE386).

†通讯作者. E-mail: baishzh1962@126.com.

因主要为农户的风险规避. 已有文献, 如, 吕杰等[1]认为, 农户, 尤其是小农户具有较高的风险规避特性.Bellemare[2] 也认为, 假设农户为风险规避者更符合现实. 在面临市场风险, 季节性和气候等不确定性因素时, 农户的风险规避心理尤为突出, 这给农业绿色发展带来一定困难. 郑小玉等[3] 发现, 小农户数量占我国农业经营主体的 98% 以上, 小农户的农业从业人员占全体农业从业人员的 90% 以上. 因此, 研究风险规避农户的绿色投资更符合现实. 在实践中, 出现“订单农业”形式的绿色投资模式. 例如, 温氏食品股份公司推广的“公司 + 农户”模式, 农户按公司制定的规则进行标准化养殖场的投资; 消费者或销售商以订单的形式向农户订购绿色农产品等. 这种“订单农业”实质上是双方讨价还价的结果, 这就涉及到议价博弈, 而谈判权力是议价博弈的重要组成部分. 把议价博弈运用到农产品供应链中, 尤其是对谈判权力研究的文献还很鲜见, 研究谈判权力对农产品供应链绿色投资的影响很有必要. 在我国发展绿色农业的背景下, 激励风险规避的农户加大绿色投资, 是推动农业绿色发展的基础. 因此, 研究风险规避的农户和风险中性销售商组成的二级供应链, 建立双方协作的成本共担机制, 提升供应链的绿色投资水平和收益, 具有一定的理论意义和实践价值.

与本文相关的文献主要有供应链绿色投资, 风险规避和考虑谈判权力的成本共担契约.

供应链绿色投资方面, 已有学者从不同角度进行了研究. 公彦德等[4] 认为, 制造商的公平偏好行为有利于产品绿色水平的提升, 而企业社会责任对绿色水平的影响因公平关切的不同而不同. 刘家国等[5] 研究港航供应链的绿色投资问题, 提出三种投资场景, 分析港航供应链的最优绿色投资策略.Song 等[6] 通过收益共享合约协调绿色供应链, 明显提高了供应链的绿色投资水平.Zhang 等[7] 从消费者绿色偏好的角度出发, 通过建立两部制关税提升企业的绿色投资水平.Yang 等[8] 从价格竞争和质量竞争两个方面分析两个竞争厂商的绿色投资问题, 提出最佳的绿色投资策略.Wang 等[9] 研究需求不确定下, 双渠道供应链中绿色投资渠道和销售努力下的定价策略, 分析制造商和零售商的最优决策.Li 等[10] 从价值共创的角度出发提出三种不同的绿色协同创造策略, 发现不同的策略能够在一定范围内提高企业利润.

供应链成员风险规避方面, 许前等[11] 建立风险规避型制造商和风险中性的零售商组成的二级供应链, 分析市场入侵和风险规避行为的影响.Liu 等[12] 发现, 双渠道供应链渠道的优化与对待风险的态度密切相关, 并分析风险厌恶下中断风险对渠道的影响. 梁晓蓓等[13] 在分散和集中决策下分别分析了风险规避和政府补贴对绿色供应链决策的影响.Zhao 等[14] 用回购合同和收益共享合同协调具有风险厌恶的零售商的供应链.Luo 等[15] 也用回购合同协调具有风险规避的供应链.Gupta 等[16] 研究在共享经济中风险规避对供应链盈利能力和定价政策的影响.

在成本共担契约的研究方面, 江玉庆等[17] 对线上购买线下自提的全渠道销售模式分析, 以成本共担契约进行全渠道供应链协调, 有效地消除了双重边际化效应. 曹裕等[18] 研究议价成本共担契约下的生鲜食品供应链的努力机制, 发现双方博弈的议价成本共担契约优于零售商提出的成本分担契约. 王兴棠[19] 进一步研究在政府绿色研发补贴下的成本共担机制, 认为成本共担契约不能提升供应链利润和社会福利水平.Li 等[20] 研究成本共担契约和收益共享契约对低碳供应链绩效的影响, 分析考虑谈判权力的成本共担契约和收益共享契约, 认为谈判权力, 消费者环保意识等对供应链利润有较大影响.

综上所述, 现有文献大多从绿色投资策略以及如何提升产品绿色度等方面进行研究, 鲜有文献关注农产品供应链的绿色投资, 特别是如何激励风险规避型农户进行绿色投资的问题, 也鲜有涉及风险规避对成本共担契约的影响. 与本文最相关的文献是文献 [5],[13],[18-20]. 但文献 [5] 研究的是港航供应链绿色投资问题, 且未考虑风险规避和谈判权力对绿色投资的影响. 文献 [13] 研究风险规避而没有考虑绿色投资和谈判权力. 文献 [18] 研究的是生鲜食品供应链, 并以议价成本共担契约进行协调, 但该文献未考虑风险规避, 谈判权力以及绿色投资, 本文对其在风险规避和谈判权力方面补充. 而文献 [19] 和 [20] 仅考虑风险中性供应链成员议价博弈的情形, 未涉及风险规避情形. 同时, 本文也是对杨惠霄等[21] 理论方面的补充, 该文献研究的是在收益共享契约中运用谈判权力, 而本文是在成本共担契约中运用谈判权力. 从理论上讲, 上述文献鲜有涉及以下问题: 谈判权力对成本共担契约有何影响? 考虑谈判权力的议价成本共担契约与一般成本共担契约相比, 风险规避对绿色投资和供应链利润的影响有何不同? 在农户风险规避情形下, 议价的成本共担契约是否促进农户绿色投资? 基于此, 本文从我国发展绿色农业的背景出发, 在上述文献的基础上, 引入风险规避和谈判权力, 在一般成本共担契约和双方讨价还价

的成本共担契约下, 建立农产品供应链的绿色投资成本共担机制, 为理论和实践提供参考.

本文主要创新有 3 点: 一是假设农户为风险规避者, 分析如何激励风险规避的农户绿色投资, 更加符合现实情况; 二是把风险规避引入到广义纳什议价模型中, 在此基础上建立成本共担契约, 分析风险规避和谈判权力下绿色投资的成本共担机制, 这对以前研究形成有益补充; 三是本文发现, 在议价的成本共担契约中, 农户的绿色投资水平可高于集中式供应链的水平, 在一定条件, 也可实现绿色投资水平和供应链期望效用同时高于一般成本共担契约的相应值, 这为如何利用农户的风险规避度和谈判权力进行最优决策, 提供依据, 具有一定的实践价值.

1 问题描述与模型设定

1.1 问题描述

考虑由一个风险规避的农户和一个风险中性的销售商组成的二级农产品供应链, 销售商向农户下达订单订购某种农产品, 销售给消费者. 农户只生产该种农产品, 且生产该种农产品须进行必要的绿色投资, 以满足政府规制和消费者绿色偏好的需要. 农户的绿色投资主要通过引进先进设备和技术以及增加人力资源等措施, 降低农产品在生产过程中对环境的危害, 增加农产品的有机性. 农户的绿色投资会通过信息流传递给消费者, 消费者具有绿色偏好, 农产品绿色水平增高, 销售量增长. 农户作为绿色投资的主导方, 在绿色投资过程中须投入大量投资成本. 但是基于风险规避的特性, 在市场面临不确定性时, 农户不会进行或减少绿色投资, 降低绿色水平. 销售商要想获取高额利润, 一方面要满足市场需求扩大销售量, 另一方面要提高农产品的绿色水平. 农户在利益最大化的前提下会降低绿色投资成本, 而销售商为利益最大化会期望农户加大绿色投资水平, 可见, 如何实现供应链协调以实现绿色投资和双方利益的最大化成为关键问题. 农户对绿色投资有主导权, 由于风险规避, 农户投资意愿不强, 而销售商期望农户进行投资, 这使农户在双方博弈中处于更加主导的地位, 因此, 本文构建农户为主导者, 销售商为跟随者的 Stackelberg 博弈模型.

由以上分析, 本文给出如下假设:

假设 1 农户只生产一种农产品, 且生产该种农产品必须进行必要的绿色投资, 以满足政府规制和消费者绿色偏好等要求. 农户产能完全满足市场需求, 不存在缺货.

假设 2 农户对因绿色投资而产生的不确定性持谨慎态度, 投资意愿不高, 具有风险规避特性, 销售商为风险中性. 销售商向农户下订单, 双方形成订单农产品供应链.

假设 3 与 Ghosh 等[22] 的研究类似, 消费者不仅对农产品的价格敏感, 还对农产品的绿色投资水平敏感, 绿色投资水平越高, 消费者对农产品就越偏好, 农产品销售量就越高.

假设 4 为研究方便, 不考虑农户生产农产品的单位变动成本, 只考虑与绿色投资相关的成本. 参考 Bai 等[23] 的研究, 农户因绿色投资而产生的市场需求不确定性服从正态分布, 并满足均值-方差理论.

假设 5 为确保相关决策变量为正值, 假设投资成本系数满足一定的范围,$k>\dfrac{\beta^2}{b}$.

1.2 模型设定

参考 Gurnani 等[24] 的研究, 农产品的市场销售量满足经典线性需求函数 $q=\alpha-bp+\beta g$,q 为市场需求量,α 为市场规模,p 为市场零售价格,p 越高, 市场需求量越低,$p=\omega+m$,ω 为农户批发价格,m 为销售商边际收益,$p>\omega>0$, 且 $\alpha>bp$.b 为消费者价格弹性系数,b 越大, 市场需求量就越小,β 为消费者绿色偏好系数，β 越大，市场需求量就越大，类似的线性需求函数已被广泛运用到农产品供应链中，如 Moon 等[25]. 参考 Bai 等[23] 的研究, 用 ε 表示绿色投资产生的市场需求不确定性,$\varepsilon\sim N(0,\sigma^2)$, 市场需求函数可修正为 $q=\alpha-bp+\beta b+\varepsilon$.$\eta_i\,(i=f,r)$ 为供应链成员的风险规避度,η_i 越大, 供应链成员对风险的厌恶程度越高,$\eta_i\geq 0$, 且 $\eta_i=0$ 时表示成员对风险是中性的. 参考 Ghosh 等[26] 的研究, 农户的绿色投资需付出额外的成本, 总成本和绿色投资水平呈二次方关系:$C_f=\frac{1}{2}kg^2$. 其中,g 为绿色投资水平,$k>0$, 为投资成本系数, 与刘家国等[5] 的研究相似,k 越大时, 投资效率越低, 相同的绿色水平下, 需投入更多的成本. 文中 π_i 表示农户, 销售商或供应链的利润,$E(\pi_i)$ 为相应的期望利润,$Var(\pi_i)$ 为利润的方差,$U(\pi_i)$ 为期望效用, 以下标 f,r,sc 分别代表农户, 销售商和供应链, 以上标 i,d,cs,cb 分别代表集中式供应链, 分散式供应链, 一般成本共担契约和议价的成本共担契约.

由以上分析, 农户和销售商的利润函数分别为:

$$\pi_f=\omega(\alpha-bp+\beta g+\varepsilon)-\frac{1}{2}kg^2 \tag{1}$$

$$\pi_r=(p-\omega)(\alpha-bp+\beta g+\varepsilon) \tag{2}$$

由均值-方差理论, 与 Xiao 等[27] 相似, 当农户为风险规避, 销售商风险中性时, 双方的期望效用函数分别为:

$$U(\pi_f)=E(\pi_f)-\eta_f Var(\pi_f)$$
$$=\omega(\alpha-bp+\beta g)-\frac{1}{2}kg^2-\eta_f\omega^2\sigma^2 \quad (3)$$
$$U(\pi_r)=E(\pi_r)-\eta_r Var(\pi_r)=(p-\omega)(\alpha-bp+\beta g) \quad (4)$$

2 模型建立

2.1 集中供应链

在集中化决策下, 农户和销售商作为整体进行一体化决策, 通过决定最优绿色投资水平 g 和最优零售价格 p 实现供应链整体期望效用的最大化, 供应链期望效用的决策模型为:

$$\max_{p,g} U(\pi_{sc})=p(\alpha-bp+\beta g)-\frac{1}{2}kg^2-\eta_f\omega^2\sigma^2 \quad (5)$$

由式 (5) 得集中供应链的最优决策: $g^{i*}=\frac{\alpha\beta}{2bk-\beta^2}$,$p^{i*}=\frac{\alpha k}{2bk-\beta^2}$,$U(\pi_{sc})^{i*}=\frac{\alpha^2 k}{2(2bk-\beta^2)}$. 很明显, 在集中化决策下, 最优决策变量与农户的风险规避无关, 这与梁晓蓓等[13] 的研究结论一致.

2.2 一般分散式供应链

在分散式决策中, 农户和销售商独立做出决策. 农户以自身利益最大化为中心, 决定绿色投资水平和批发价, 销售商决定最优市场零售价格. 决策时序为, 首先, 农户决定绿色投资水平和批发价; 其次, 销售商根据利润最大化原则确定零售价格. 令 $p=\omega+m$, 代入 (3) 和 (4) 式, 此时, 农户的决策问题为:

$$\max_{\omega,g} U(\pi_f)=\omega[\alpha-b(\omega+m)+\beta g]-\frac{1}{2}kg^2-\eta_f\omega^2\sigma^2 \quad (6)$$

销售商的决策问题为:

$$\max_{m} U(\pi_r)=m[\alpha-b(\omega+m)+\beta g] \quad (7)$$

利用逆向归纳法求解模型 (6) 和 (7), 可得分散式供应链中的最优决策为:

$$\omega^{d*}=\frac{2\alpha k}{4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2}$$
$$g^{d*}=\frac{\alpha\beta}{4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2}$$
$$m^{d*}=\frac{\alpha k\left(b+4\sigma^2\eta_f\right)}{b(4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2)}$$
$$p^{d*}=\frac{\alpha k\left(3b+4\sigma^2\eta_f\right)}{b(4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2)}$$
$$U(\pi_f)^{d*}=\frac{\alpha^2 k}{2(4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2)}$$
$$U(\pi_r)^{d*}=\frac{\alpha^2 k^2\left(b+4\sigma^2\eta_f\right)^2}{b(4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2)^2}$$

比较分散式供应链和集中式供应链的相关决策变量, 可得命题 1.

命题 1 $g^{d*}<g^{i*}, U(\pi_{sc})^{d*}<U(\pi_{sc})^{i*}$.

证明 相关变量相减即可得证.□

由命题 1, 与集中式供应链相比, 分散式供应链的绿色投资水平和供应链期望效用呈下降态势, 这是供应链双重边际化效应的体现. 因此, 为激励分散式供应链中农户的绿色投资行为, 提高绿色投资水平, 必须实施相应的激励机制.

3 成本共担机制

3.1 一般成本共担契约

作为一种事前激励契约, 一般成本共担契约的成本分担比例由销售商提出, 农户有两种选择, 接受或拒绝, 本文假定农户接受销售商提出的成本分担比例. 与曹裕等[18] 的研究类似, 一般成本共担契约中双方的决策时序为, 首先, 销售商提出投资成本分担比例为 $\lambda(0<\lambda<1)$, 此时, 农户分担的比例为 $1-\lambda$; 其次, 农户以利益最大化为中心决定绿色投资水平和批发价格; 最后, 销售商以利益最大化为中心根据农户的决策决定市场零售价格. 农户的决策模型为:

$$\max_{\omega,g} U(\pi_f)=\omega[\alpha-b(\omega+m)+\beta g]-\frac{1}{2}(1-\lambda)kg^2-\eta_f\omega^2\sigma^2 \quad (8)$$

销售商的决策模型为:

$$\max_{m} U(\pi_r)=m[\alpha-b(\omega+m)+\beta g]-\frac{1}{2}\lambda kg^2 \quad (9)$$

利用逆向归纳法求解, 先求解 (8) 和 (9) 式, 可得 $\omega(\lambda)^{cs*}$,$g(\lambda)^{cs*}$,$m(\lambda)^{cs*}$,$U(\pi_f)(\lambda)^{cs*}$ 和 $U(\pi_r)(\lambda)^{cs*}$. 然后求解最优分担比例, 由 $\max_{\lambda} U(\pi_r)^{cs*}$ 可得:$\lambda^{cs*}=\frac{b\beta^2+24bk\sigma^2\eta_f+64k\sigma^4\eta_f^2}{8k\left(b^2+5k\sigma^2\eta_f+8\sigma^4\eta_f^2\right)}$. 进一步可求得一般成本共担契约下的最优决策:

$$g^{cs*}=\frac{2\alpha\beta\left[b^2+\sigma^2\eta_f\left(5b+8\sigma^2\eta_f\right)\right]}{C}$$
$$\omega^{cs*}=\frac{\alpha b\left(8bk+16k\sigma^2\eta_f-\beta^2\right)}{2C}$$
$$m^{cs*}=\frac{\alpha\left(b+4\sigma^2\eta_f\right)\left(8bk+16k\sigma^2\eta_f-\beta^2\right)}{4C}$$
$$p^{cs*}=\frac{\alpha\left(3b+4\sigma^2\eta_f\right)\left(8bk+16k\sigma^2\eta_f-\beta^2\right)}{4C}$$
$$U(\pi_f)^{cs*}=\frac{\alpha^2 b\left(8bk+16k\sigma^2\eta_f-\beta^2\right)}{8C}$$
$$U(\pi_r)^{cs*}=\frac{\alpha^2\left[b\left(8bk+\beta^2\right)+64k\sigma^2\eta_f\left(b+2\sigma^2\eta_f\right)\right]}{16C}$$

其中,$C=b(8bk-3\beta^2)(b+4\sigma^2\eta_f)+16\sigma^4\eta_f^2(2bk-\beta^2)$.

由以上可得以下命题.

命题 2 在一般成本共担契约中, 成本分担比例 λ 的有效范围为 $\left(0,\frac{4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2}{4bk+8k\sigma^2\eta_f}\right)$.

证明 在求解最优决策过程中即可得出. □

由命题 2,$\lim_{\beta\to 0}\frac{4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2}{4bk+8k\sigma^2\eta_f}=1$, 这与通常情况下的成本分担比例 $(0,1)$, 基本一致, 但是 $\frac{4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2}{4bk+8k\sigma^2\eta_f}<1$. 出现该情形的最可能原因为行业利润率和消费者绿色偏好对分担比例的影响. 本文涉及的农业行业利润率低, 农产品生产周期长, 销售商在提出成本分担比例时, 要考虑是否能获取额外利润以及机会成本, 当成本分担比例不能

获取额外利润, 或者分担成本而获取的额外利润与成本不配比时, 或者机会成本较大时, 销售商就不会分担成本, 该分担比例就没有意义; 很明显,β 与 $\frac{4bk+8k\sigma^2\eta_f-\beta^2}{4bk+8k\sigma^2\eta_f}$ 负相关, 消费者的绿色偏好增大时, 绿色农产品销售量增大, 销售商销量增长, 利润较大, 销售商会分担较低比例的投资成本. 而在消费者绿色偏好下降时, 销售量下降, 销售商利润受到损失, 销售商为利益最大化, 会主动提高成本分担比例, 成本分担比例的最大范围会无限接近 1.

命题 3 $\frac{\partial\lambda^{cs*}}{\partial k} < 0, \frac{\partial\lambda^{cs*}}{\partial\eta_f} > 0, \frac{\partial\lambda^{cs*}}{\partial\beta} > 0.$

证明 分别求解一阶导数即可得证. □

由命题 3, 投资成本系数越高, 销售商分担的最优投资成本比例就越低, 因此, 较高的投资成本系数对销售商有利. 当农户的风险规避度较高时, 为激励农户提升绿色投资水平, 销售商会分担较高比例成本. 同样, 当消费者的绿色敏感系数较高时, 销售商为扩大销售量, 提升利润, 也会分担较高比例的成本.

命题 4 $g^{cs*} > g^{d*}, \omega^{cs*} > \omega^{d*}, p^{cs*} > p^{d*}, q^{cs*} > q^{d*}.$

证明 证明思路同命题 1. □

由命题 4, 与一般分散式供应链相比, 在成本共担契约中, 农户的绿色投资水平提升. 绿色投资水平提升的同时, 批发价和市场零售价格也随之提高. 高绿色水平下, 消费者购买意愿增加, 销售量也实现增长. 这意味着消费者和销售商都为绿色投资水平付出较高的成本. 从绿色投资水平角度分析, 一般成本共担契约起到明显的激励作用.

命题 5 $U(\pi_f)^{cs*} > U(\pi_f)^{d*}, U(\pi_r)^{cs*} > U(\pi_r)^{d*}, U(\pi_{sc})^{cs*} > U(\pi_{sc})^{d*}.$

证明 证明思路同命题 1. □

由命题 5, 相比于一般分散式供应链, 农户和销售商在成本共担契约中都获得较高的期望效用. 原因在于成本共担契约提高农户绿色投资的积极性, 供应链绿色水平有较大提升, 农产品的附加值得到提高, 最终实现供应链效用的提高. 该结论同大多数文献结论一致, 如曹裕等[18], 而与王兴棠[19] 的结论存在差异, 该文献认为, 成本共担契约降低零售商和供应链整体利润, 出现这种差异的原因可能在于研究的对象以及研究的前提条件不同.

3.2 双方谈判下的成本共担契约

在双方谈判的成本共担契约中, 农户和销售商通过议价博弈方式确定最优成本共担比例. 与一般成本共担契约的不同在于, 该契约由农户提出, 双方通过讨价还价来确定成本分担比例. 与 Li 等[20] 类似, 双方的决策过程为: 首先确定双方的谈判权力; 其次, 双方在讨价还价过程中确定成本分担比例, 其中农户分担 $1-\lambda$ 比例的投资成本, 销售商分担的比例为 λ; 再次, 农户决定绿色投资水平和批发价格; 最后销售商决定市场零售价格. 本文以广义纳什议价机制来推导农户和销售商的议价均衡结果, 该方法被经常用于双边议价体系, 如,Yang 等[28]. 本文的广义纳什议价推导可以定义为以下最优化问题:

$$\arg\max\{\phi(\lambda)\} = \arg\max_{\lambda}\left\{[U(\pi_f)]^{\gamma}[U(\pi_r)]^{1-\gamma}\right\}$$
$$s.t. 0 \le \gamma \le 1 \tag{10}$$

γ 表示农户相对于销售商的谈判权力,$\phi(\lambda)$ 表示纳什乘积. 参考 Li 等[20], 杨惠霄等[21] 的研究, 运用逆向归纳法求解得双方期望效用, 代入 (10) 式, 基于广义纳什议价模型的成本共担契约最优化模型为:

$$\arg\max\{\phi(\lambda)\} = \arg\max_{\lambda}\left\{[U(\pi_f)]^{\gamma}[U(\pi_r)]^{1-\gamma}\right\}$$
$$= \arg\max_{\lambda}\left\{\frac{\alpha^2k(1-\lambda)}{2[4bk(1-\lambda)+8k(1-\lambda)\sigma^2\eta_f-\beta^2]}\right\}^{\gamma}\times$$
$$\left\{\frac{\alpha^2k\left[2k(1-\lambda)^2(b^2+8\sigma^2\eta_f\left(b+2\sigma^2\eta_f\right))-b\beta^2\lambda\right]}{b[4bk(1-\lambda)+8k(1-\lambda)\sigma^2\eta_f-\beta^2]^2}\right\}^{1-\gamma}$$
$$s.t. 0 \le \gamma \le 1$$

最优化上式, 求解 $\lambda(\gamma)^*$, 可进一步求得关于 γ 的绿色投资水平和期望效用, 可得以下命题.

命题 6 $\frac{\partial\lambda(\gamma)^*}{\partial\gamma} > 0, \frac{\partial\lambda(\gamma)^*}{\partial\eta_f} > 0; \frac{\partial g(\gamma)^*}{\partial\gamma} > 0, \frac{\partial g(\gamma)^*}{\partial\eta_f} > 0.$

证明 证明思路同命题 3. □

由命题 6, 最优分担比例和最优绿色投资水平都随着谈判权力和风险规避的增大而增大. 原因为, 当农户有较大的谈判权力时, 对供应链有较大的控制权, 为自身利益, 农户把较大比例的投资成本转移给销售商. 销售商分担的比例越大, 农户投资积极性越高, 会加大投资, 农产品绿色水平也会提升. 同理, 随着农户风险规避度的增大, 销售商主动分担较大比例的投资成本, 激励农户加大投资, 使绿色水平提高.

推论 1 1) 当 $\gamma = 0$ 时,$\lambda^* = \lambda^{cs*}, g* = g^{cs*}, U(\pi_f)^* = U(\pi_f)^{cs*}, U(\pi_r)^* = U(\pi_r)^{cs*}$; 当 $\gamma = 1$ 时, $U(\pi_r) = 0$; 在 $0 < \gamma < 1$ 范围内, 恒有 $g* > g^{cs*}$; 2)$\lambda^{cs*} \le \lambda^* \le \frac{b\beta^2+4k\left(b+4\sigma^2\eta_f\right)^2-\sqrt{\Psi}}{4k(b+4\sigma^2\eta_f)^2}$.
其中,$\Psi = b\,\beta^2\left[b\left(\beta^2+8bk\right)+64k\sigma^2\eta_f\left(b+2\sigma^2\eta_f\right)\right]$.

由推论 1, 当农户的谈判权力等于 0 时, 销售商分担最小的最优分担比例, 当农户的谈判权力等于 1 时, 销售商分担最大的最优分担比例, 这是双方讨价还价进行博弈的两种极端情况. 第一种情况是农户没有谈判权力, 销售商拥有全部谈判权力. 此时, 销售商只考虑自身利益最大化, 在此前提下进行成本分担, 而不管农户的收益是否为最大化, 相关变量结果也与一般成本共担契约中的相应值一致. 这表明,

一般成本共担契约剥夺了农户的谈判权力. 第二种情况是农户完全拥有谈判权力. 此时, 销售商的期望效用为零, 这表明, 销售商把全部利润转移给农户, 分担农户的投资成本, 销售商无利可图, 这种情形在现实中基本不存在. 在第二种情形下, 最优分担比例仍小于 1, 这表明, 即使农户拥有完全谈判权力, 最优分担比例也不等于 1, 这与现实相符. 还可知, 只要双方通过谈判签订成本共担契约, 绿色投资水平就会高于一般成本共担契约的绿色投资水平. 而且最优分担比例有确定范围, 和谈判权力的范围密切相关.

命题 7 1) 存在阈值 γ_1^*, 当 $\gamma_1^* < \gamma < 1$ 时,$g(\gamma)^* > g^{i*}$;2) 存在阈值 γ_2^*, 当 $0 < \gamma < \gamma_2^*$ 时,$U(\pi_{sc})(\gamma)^* > U(\pi_{sc})^{cs*}$. 其中,

$$\gamma_1^* = \frac{b\left[b\left(4bk-\beta^2\right)+2\left(6bk-\beta^2\right)\sigma^2\eta_f\right]}{(b^2+4b\sigma^2\eta_f)(5bk-2\beta^2)+8\sigma^4\eta_f^2(2bk-\beta^2)},$$

$$\gamma_2^* = \frac{4b\beta^2+32b^2k+64bk\sigma^2\eta_f}{b\beta^2+40b^2k+128bk\sigma^2\eta_f+128k\sigma^4\eta_f^2}.$$

证明 令相关变量的差大于零, 求解关于 γ 的不等式即可得证. □

由命题 7, 当谈判权力满足 1) 时, 谈判下成本共担契约的绿色投资水平大于集中式供应链的相应值. 这表明, 当谈判权力在上述 1) 的范围内, 能实现绿色投资的最高水平. 因此, 对于追求高绿色投资水平的供应链决策者, 应赋予农户在上述 1）范围内的谈判权力; 当谈判权力满足 2) 时, 供应整体期望效用大于一般成本共担契约的相应值. 结合推论 1, 当 $0 < \gamma < \gamma_2^*$ 时, 在供应链期望效用和绿色投资水平两个方面, 谈判的成本共担契约均优于一般成本共担契约. 因此对于追求高期望效用的供应链决策者, 应赋予农户 2）的范围的谈判权力. 还可知, 易证得 $\gamma_2^*<\gamma_1^*$, 这表明 $\gamma_1^*<\gamma<1$ 和 $0<\gamma<\gamma_2^*$ 两个区间没有交集,1) 和 2) 不能同时成立. 因此, 双方谈判的成本共担契约可实现绿色投资水平高于集中式供应链的绿色投资水平, 但与一般成本共担契约相比, 要承担供应链期望效用下降带来的损失.

谈判权力受多种因素影响, 上述计算过程复杂不适合进一步分析, 为深入分析两类契约对绿色投资和双方期望效用的影响, 本文进一步研究双方谈判权力相等的情况, 这也是现实中比较常见的情形. 当 $\gamma = 1/2$ 时, 基于广义纳什议价模型的成本共担契约优化模型表示为:

$$\arg\max_{\lambda}\left\{[U(\pi_f)]^{\gamma}[U(\pi_r)]^{1-\gamma}\right\} = \arg\max_{\lambda}\left\{[U(\pi_f)]^{\frac{1}{2}}[U(\pi_r)]^{\frac{1}{2}}\right\} \tag{11}$$

把双方期望效用代入并进行最优化处理, 得最优分担比例:$\lambda^{cb*} = \frac{b\beta^2+6b^2k+48k\sigma^2\eta_f\left(b+2\sigma^2\eta_f\right)-\sqrt{\Omega}}{2k\left(5b^2+28b\sigma^2\eta_f+48\sigma^4\eta_f^2\right)}$, 其中:$\Omega = b^2\beta^4+2b^3\beta^2k+16b^4k^2+8kb\sigma^2\eta_f\left[5b\beta^2+8b^2k+4\sigma^2\eta_f\left(3\beta^2+2bk\right)\right]$. 进而可得谈判权力相等时双方的最优决策:

$$g^{cb*} = \frac{\alpha\beta\left[5b^2+\sigma^2\eta_f(7b+12\sigma^2\eta_f)\right]}{16\sigma^2\eta_f[\sigma^2\eta_f(2bk-3\beta^2)+2b(bk-\beta^2)]+b^2(8bk-7\beta^2)+(2b+4\sigma^2\eta_f)\sqrt{\Omega}}$$

$$\omega^{cb*} = \frac{2\alpha bk}{b(8bk-\beta^2)+16\sigma^2\eta_f-\sqrt{\Omega}}$$

$$p^{cb*} = \frac{\alpha k\left(3b+4\sigma^2\eta_f\right)}{b(bk-\beta^2)+16k\sigma^2\eta_f-\sqrt{\Omega}}$$

$$U(\pi_f)^{cb*} = \frac{\alpha^2bk}{2\left(8b^2k-b\beta^2+16k\sigma^2\eta_f-\sqrt{\Omega}\right)}$$

$$U(\pi_r)^{cb*} = \frac{\alpha^2\left[\left(16k\sigma^2\eta_f+8kb-\beta^2\right)\sqrt{\Omega}-4kb^2\left(8kb-5\beta^2\right)\right]}{36\beta^2\left[(4\sigma^2\eta_f+1)(8b^2k-3\beta^2b)+16\sigma^4\eta_f^2(2bk-\beta^2)\right]} - \frac{16\alpha^2k\sigma^2\eta_f\left[\left(8kb^2-7b\beta^2\right)+4\sigma^2\eta_f\left(2bk-3\beta^2\right)\right]-b\alpha^2\beta^4}{36\beta^2\left[(4\sigma^2\eta_f+1)(8b^2k-3\beta^2b)+16\sigma^4\eta_f^2(2bk-\beta^2)\right]}$$

由此可得以下命题.

命题 8 1) 存在阈值 η_1^*, 当 $\eta_f>\eta_1^*$ 时,$g^{cb*} > g^{i*}$.2)$g^{cs*}<g^{i*}$. 其中,$\eta_1^*=\frac{b\left(\sqrt{13b^2k^2-4bk\beta^2+\beta^4}+\beta^2+bk\right)}{4(2bk-\beta^2)\sigma^2}$.

证明 证明思路分别同命题 7 和命题 1.□

由命题 8, 当农户的风险规避满足一定条件时, 谈判权力相等的议价成本共担契约中的绿色投资水平高于集中式供应链. 这表明, 在此契约中, 农户提高了积极性, 加大绿色投资力度. 还可知, 并不是风险规避越大越不好, 相反, 当风险规避高于阈值时, 绿色投资水平能实现最大化. 原因在于, 在议价契约中, 风险规避越大, 销售商分担较大比例的成本, 农户分担比例较小, 农户提高绿色投资水平的积极性较高. 还可知, 一般成本共担契约中的绿色投资水平低于集中式供应链中的绿色投资水平, 这表明, 虽然一般成本共担契约相对于分散式供应链, 绿色投资水平得到提高, 但是仍低于集中式供应链. 结合命题 10, 谈判权力相等的议价契约中的绿色投资水平高于一般成本共担契约的相应值, 而在满足上述条件时, 还高于集中式供应链的相应值. 因此, 从绿色投资水平角度, 谈判权力相等的议价成本共担契约优于一般成本共担契约, 在特定情形下甚至优于集中式供应链.

命题 9 $g^{cb*} > g^{d*}$,$\omega^{cb*} > \omega^{d*}$,$p^{cb*} > p^{d*}$, $q^{cb*} > q^{d*}$,$U(\pi_f)^{cb*} > U(\pi_f)^{d*}$.

证明 证明思路同命题 1.□

由命题 9, 与一般分散式供应链相比, 在谈判权力相等的议价成本共担契约中, 农户进一步加大绿色投资力度, 绿色投资水平更高. 该契约有效地降低了农户投资成本, 农户更愿意在较低的成本下加大绿色投资水平. 此时, 农产品的批发价格更高. 原因在于消费者的绿色偏好, 在农户加大绿色投资水平后, 消费者购买欲望增大, 需求增加. 农产品的市场价格也实现增长, 供应链整体利润增大, 根据供应链利润的分配原则, 农户和销售商的利润都会增加. 由

于销售商和供应链整体效用函数比较复杂, 不能很好的分析出结果, 下文将通过仿真进行分析.

命题 10 1)$g^{cb*} > g^{cs*}$,$\omega^{cb*} > \omega^{cs*}$,$p^{cb*} > p^{cs*}$, $q^{cb*} > q^{cs*}$;$U(\pi_f)^{cb*} > U(\pi_f)^{cs*}$,$U(\pi_r)^{cb*} < U(\pi_r)^{cs*}$; 2) 存在阈值 η_2^*, 当 $0 < \eta_f < \eta_2^*$ 时,$U(\pi_{sc})^{cb*} > U(\pi_{sc})^{cs*}$. 其中,$\eta_2^* = \frac{\sqrt{14kb\beta^2+28b^2k^2}}{16k\sigma^2}$.

证明 证明思路分别同命题 1 和命题 7.□

由命题 10, 谈判权力相等的议价成本共担契约中的绿色投资水平, 批发价, 零售价, 销售量和农户期望效用都高于一般成本共担契约. 而销售商的期望效用低于一般成本共担契约, 这是双方在谈判过程中, 销售商让步的结果. 当风险规避满足上述 2) 条件时, 供应链期望效用大于一般成本共担契约中的供应链期望效用. 原因在于农户风险规避度较小时, 农户绿色投资的主动性相对较强, 在谈判权力相等的成本共担契约中, 农户具有谈判权力, 成本分担比例高, 供应链整体效用就高于一般成本共担契约中的整体效用. 还表明, 当风险规避满足上述条件时, 谈判权力相等的议价成本共担契约的绿色投资水平和供应链期望效用可同时优于一般成本共担契约的相应值. 与现有文献研究结论相比, 王兴棠[19] 发现, 随着谈判权力的增大, 供应链整体利润增大, 而 Li 等[20] 认为双方谈判的成本共担契约无法实现供应链协调, 这些与本结论存在一定差异, 存在这些差异的最可能原因为研究对象和前提条件不同, 尤其是本文考虑风险规避的影响. 与命题 8 结合, 可得推论 2.

推论 2 $\eta_2^* < \eta_1^*$.

由推论 2, 命题 10 中的阈值小于命题 8 中的阈值, 说明两个区间没有交集. 因此, 在谈判权力相等的议价成本共担契约中, 供应链决策者可根据农户的风险规避进行最优决策, 可以选择最大的绿色投资水平, 也可以选择最优的供应链期望效用, 但是只可选择其一. 出现这种情形的原因在于, 风险规避对供应链期望效用和绿色投资的影响不同.

4 数值分析

本节利用第 3 节模型最优算法对本文提出的模型进行数值分析. 参考 Dai 等[29] 的研究, 假设 $\alpha = 100$,$b = 2$,$\sigma = 1$,$k = 2$,$\beta = 0.5$, 取 $\eta_f = 0 \sim 2$ 或 $\eta_f = 0.5$. 所设参数满足文中的参数条件.

4.1 谈判权力和风险规避对最优分担比例的影响

1) 不同风险规避度下谈判权力对成本分担比例的影响

由图 1 可知, 在考虑谈判权力的成本共担契约中, 农户谈判权力与销售商分担的投资成本比例正相关. 随着谈判权力的增大, 分担比例无限接近 1, 但没有达到 1, 这表明, 即使农户有完全的谈判权力, 销售商也不会完全分担投资成本. 在实践中, 很少有销售商分担全部投资成本的情形. 就仿真情况来看, 当农户的谈判权力为 0 而风险规避 0.5 时, 销售商愿意承担 4 成以上投资成本. 随着农户风险规避的提高, 在相同的谈判权力下, 销售商愿意分担更大比例的投资成本. 原因为, 销售商为获得更大利润，会提高成本分担比例激励农户提高绿色投资水平.

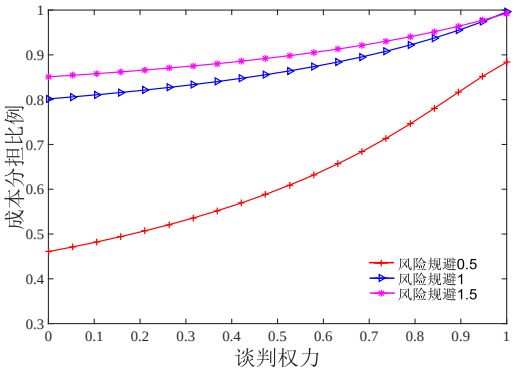

图 1 谈判权力对成本分担比例的影响

2) 风险规避对成本分担比例的影响

由图 2 可知, 随着农户风险规避的增大, 成本共担契约的成本分担比例逐渐增大. 在风险规避较小时, 风险规避对分担比例的影响较敏感, 而随着风险规避的提高, 敏感性逐渐降低. 原因为, 农户的风险规避越大就对风险越厌恶, 越不愿意进行绿色投资, 而销售商为了获得较大收益, 会鼓励农户加大投资. 随着风险规避的提高, 销售商受自身所赚取利润的限制, 所增加的分担比例越来越小, 表现为敏感性越来越弱. 还可知, 在相同的风险规避下, 议价的成本共担契约的分担比例高于一般成本共担契约. 原因为, 议价成本共担契约中, 农户拥有谈判权力, 随着谈判权力的增大, 销售商分担的投资成本比例提高.

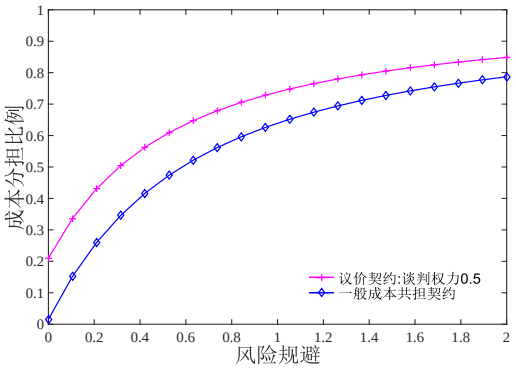

图 2 风险规避对成本分担比例的影响

4.2 风险规避对决策变量的影响

1) 风险规避对绿色投资水平的影响

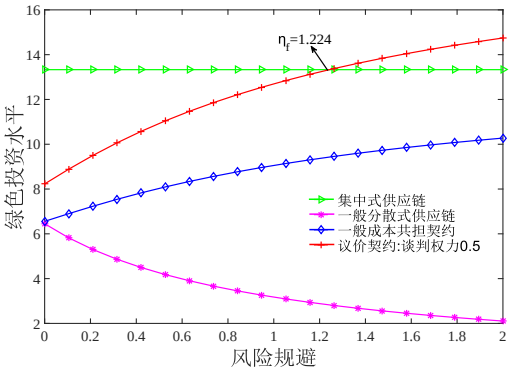

图 3 风险规避对绿色投资水平的影响

由图 3 可知, 在集中式供应链中, 风险规避与绿色投资水平不相关, 在一般分散式供应链中, 两者负相关, 在两类成本共担契约中, 两者正相关. 原因为, 在分散式供应链中, 农户和销售商作为独立主体以各自的收益最大化为中心进行决策, 农户会主动逃避风险, 减少可能的损失; 在成本共担契约中, 农户风险规避越大, 销售商就会主动分担投资成本, 绿色投资整体水平得到提高. 还可知, 随着双方的讨价还价, 双方议价的成本共担契约中的绿色投资水平显著高于一般成本共担契约. 这说明, 议价成本共担契约提升了供应链绿色投资水平. 亦可得, 议价成本共担契约与集中式供应链存在一个阈值, 就仿真情况来看, 当风险规避大于 1.224 时, 议价成本共担契约中的绿色投资水平大于集中式供应链的相应值.

2) 风险规避对供应链期望效用的影响

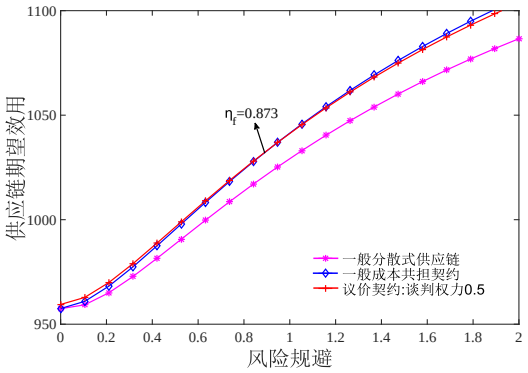

图 4 风险规避对供应链期望效用的影响

由图 4 可知, 不同情形下, 随着风险规避增大, 供应链期望效用都呈增长态势, 且在相同风险规避下, 两类成本共担契约的供应链期望效用明显优于分散式供应链. 原因为, 随着农户风险规避的提高, 销售商加大对绿色投资的分担比例, 绿色投资水平提升, 消费者对绿色农产品的需求大, 最终, 供应链期望效用增大. 还可知, 两类成本共担契约存在一个阈值, 就仿真情况来看, 当风险规避小于 0.873 时, 在风险规避相同时, 议价的成本共担契约中的供应链期望效用高于一般成本共担契约中的相应值. 反之, 则相反. 原因为风险规避对两类契约的影响以及成本分担比例的决策不同.

4.3 投资成本系数对决策变量的影响

1) 投资成本系数对绿色投资水平的影响

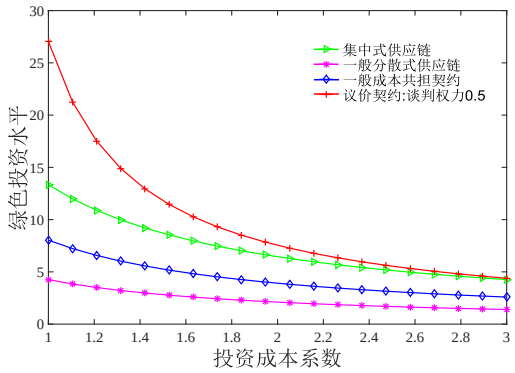

图 5 投资成本系数对绿色投资水平的影响

由图 5 可知, 随着投资成本系数的增大, 几种情形下的绿色投资水平均呈下降态势. 原因为, 投资成本系数越大, 绿色投资效率下降, 在总投资成本一定的情形下, 绿色投资水平下降. 还可知, 在相同的投资成本系数下, 一般成本共担契约的绿色投资水平高于分散式供应链, 但低于集中式供应链. 原因为, 契约激励下, 总投资成本增加, 绿色投资水平提高. 在集中式供应链中, 农户和销售商一体化决策使绿色投资水平更高. 议价的成本共担契约中, 随着谈判权力增大, 销售商分担比例提高, 农户加大投资, 投资总额增大, 绿色投资水平高于集中式供应链的相应值, 为几种情形下的最高水平.

2) 投资成本系数对供应链期望效用的影响

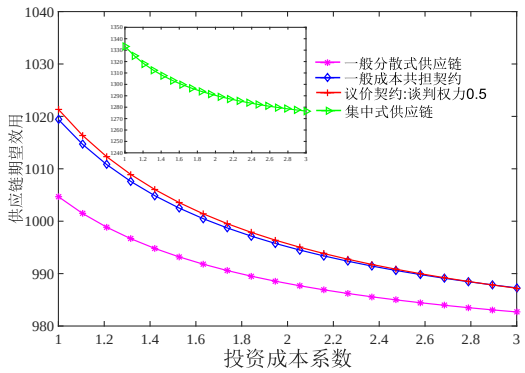

图 6 投资成本系数对供应链期望效用的影响

由图 6 可知, 在几种情形下, 随着投资成本系数的增大, 供应链期望效用都呈下降态势. 原因为, 随着投资成本系数变大, 相同的绿色水平需要更多的投资总成本. 在总投资成本一定的情形下, 有效的绿色投资成本下降, 农产品的绿色水平下降, 消费者需求随之下降, 市场需求降低, 价格下降, 进一步导致

产量减少, 最终使供应链整体期望效用下降. 还可知, 在相同的投资成本系数下, 一般分散式供应链的期望效用最低, 集中式供应链的期望效用最高. 两种契约的期望效用都高于一般分散式供应链, 都起到了增加供应链期望效用的作用. 在相同的投资成本系数下, 议价契约的期望效用优于一般成本共担契约.

5 结论

本文研究了供应链成员一方具有风险规避和考虑谈判权力下的成本共担契约, 对农产品供应链绿色投资的影响. 结果表明: 在分散式供应链中, 风险规避与绿色投资水平负相关, 而在两类成本共担契约中, 两者正向关. 两类契约都有利于提升供应链绿色投资水平和期望效用. 在一般成本共担契约中, 绿色投资水平, 双方期望效用和供应链整体期望效用都高于分散式供应链. 在双方讨价还价的成本共担契约中, 成本分担比例与谈判权力正相关. 在满足一定条件时, 议价成本共担契约中绿色投资水平优于集中式供应链; 而在满足另一条件时, 议价契约中的供应链期望效用和绿色投资水平同时高于一般成本共担契约中的相应值. 在风险规避相同时, 议价契约的绿色投资水平优于一般成本共担契约和一般分散式供应链. 在投资成本系数相同时, 议价契约的绿色投资水平优于一般的成本共担契约, 甚至优于集中式供应链. 因此, 在考虑农户风险规避和谈判权力的情形下, 在一定条件下, 议价的成本共担契约最优.

本文有如下管理启示:1) 风险规避型农户要接受销售商提出的成本共担契约, 使双方共同承担投资成本, 还要积极主动与销售商讨价还价, 争取较大的谈判权力, 使绿色投资水平和自身利益实现最大化;2) 风险中性的销售商要主动提出成本分担比例, 以保证自身利益的最大化. 追求绿色投资水平最大化的销售商, 应和农户进行平等的谈判, 在谈判过程中恰当把握农户的风险规避态度, 达到绿色投资水平优于集中式供应链的效用;3) 政府要构建农户和销售商合作的平台, 引导双方平等地讨价还价, 还应通过增加奖惩加强监管等手段对农产品供应链的绿色投资进行管控, 激励进行讨价还价和沟通协作, 共同推动农产品供应链绿色转型, 实现经济效益和社会效益的统一. 最后, 消费者应该选择农户和销售商通过讨价还价契约生产的农产品, 因其绿色水平最高.

本文未考虑销售商绿色投资和销售商风险规避的情形, 未对谈判权力不相等的具体情形进行深入分析. 因此, 销售商绿色投资和销售商风险规避以及对谈判权力深入分析, 都值得进一步深入研究.

参考文献 (References)

[1] 吕杰, 薛莹, 韩晓燕. 风险规避、关系网络与农业生产托管选择偏向——基于有限理性假设的分析 [J]. 农村经济, 2020, 03:118-127.
(Lu J, Xue Y, Han X Y . Risk aversion, relationship network and selection bias of agricultural production custodianship: An analysis based on bounded rationality hypothesis[J].Rural Economy, 2020, 03:118-127.)

[2] Bellemare M F. Sharecropping, insecure land rights and land titling policies: A case study of lac alaotra,madagascar[J]. Development Policy Review, 2009, 27(01):87-106.

[3] 郑小玉, 刘冬梅, 曹智. 农业科技社会化服务体系：内涵、构成与发展 [J]. 中国软科学, 2020, 10:56-64.
(Zheng X Y, Liu D M, Zhi C. Social service system of agricultural science and technology: connotation, composition and development[J]. Chinese Soft Science, 2020, 10:56-64.)

[4] 公彦德, 陈梦泽. 考虑企业社会责任和公平偏好的绿色供应链决策研究 [J]. 控制与决策, 2020, https://doi.org/10. 13195/j.kzyjc.12019.11102.
(Gong Y D, Chen M Z. Green supply chain decision making considering corporate social responsibility and equity preference[J].Control and Decision, 2020, https://doi.org/10.13195/ j.kzyjc.12019.11102.)

[5] 刘家国, 赵慧达, 李健. 基于绿色投资效率的港航供应链投资策略研究 [J]. 中国管理科学, 2020, https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2019.1898.
(Liu J G, Zhao H D, Li J. Research on investment strategy of port and shipping supply chain based on green investment efficiency[J]. Chinese Journal of Management Science, 2020, https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2019.1898.)

[6] Song H, Gao X. Green supply chain game model and analysis under revenue-sharing contract[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 170(02):183-192.

[7] Zhang X, Yousaf H M A U. Green supply chain coordination considering government intervention, green investment, and customer green preferences in the petroleum industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2019,https://doi.org/10.1016/ j.jclepro.2019.118984.

[8] Yang S, Ding P, Wang G, Wu X. Green investment in a supply chain based on price and quality competition[J]. Soft Computing, 2019, 24(4):2589-2608.

[9] Wang L, Song Q. Pricing policies for dual-channel supply chain with green investment and sales effort under uncertain demand[J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2020, 171:79-93.

[10] Li G, Shi X, Yang Y, Lee P K C. Green co-creation strategies among supply chain partners: A value co-creation perspective [J]. Sustainability, 2020, https://doi.org/10.3390/su12104305.

[11] 许前, 吕一帆, 黄甫, 宋华明, 薛玲, 吴佳伟. 风险规避制造商市场入侵策略研究 [J]. 控制与决策, 2020, https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1819.

(Xu Q, Lu Y F, Huang F, Song H M, Xue L, Wu J W. Research on market invasion strategy of risk-averse manufacturers[J]. Control and Decision, 2020, https://doi.org/10.13195/j. kzyjc.2019.1819.)

[12] Liu Z, Xu Q, Yang K. Optimal independent pricing strategies of dual-channel supply chain based on risk-aversion attitudes[J]. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 2018, https://doi.org/10.1142/S0217595918400043.

[13] 梁晓蓓, 江江, 孟虎, 杨以雄. 考虑政府补贴和风险规避的绿色供应链决策模型 [J]. 预测, 2020, 39(01): 66-74.
(Liang X B, Jiang J, Meng H, et al. Green supply chain decision model considering government subsidy and risk aggressive [J].Prediction, 2020, 39(01):66-74.)

[14] Zhao H, Song S, Zhang Y, Gupta J N D, Devlin A G, et al. Supply chain coordination with a risk-averse retailer and a combined buy-back and revenue sharing contract[J]. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 2019, https://doi.org/10.1142/S0217595919500283.

[15] Luo C, Tian X, Mao X, Cai Q. Coordinating supply chain with buy-back contracts in the presence of risk aversion[J]. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 2018, https://doi.org/10.1142/S0217595918400080.

[16] Gupta V, Ivanov D. Dual sourcing under supply disruption with risk-averse suppliers in the sharing economy[J]. International Journal of Production Research, 2019, 58(1):291-307.

[17] 江玉庆, 刘利平, 刘帆. BOPS 模式下基于成本共担契约的供应链协调策略 [J]. 控制与决策, 2021, https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.12020.11263.
(Jiang Y Q, Liu L P, Liu F. Supply chain coordination strategy based on cost-sharing contract in BOPS mode[J]. Control and Decision, 2021, https://doi.org/10.13195/j.kzyjc. 12020.11263.)

[18] 曹裕, 刘培培, 胡韩莉. 基于成本共担契约的生鲜供应链保鲜努力机制 [J]. 控制与决策, 2020, 35(01):205-213.
(Cao Y, Liu P P, Hu H L. Fresh supply chain preservation efforts mechanism based on cost-sharing contract [J]. Control and Decision, 2020, 35(01): 205-213.)

[19] 王兴棠. 绿色研发补贴成本分担契约与收益共享契约研究 [J]. 中国管理科学, 2020, https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2019.1869.)
(Wang X T.Cost-sharing Contract and revenue sharing contract for green R D subsidies[J].Chinese Journal of Management Science, 2020, https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2019.1869.)

[20] Li T, Zhang R, Zhao S, Liu B. Low carbon strategy analysis under revenue-sharing and cost-sharing contracts[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 212: 1462-1477.

[21] 杨惠霄, 欧锦文. 收入共享与谈判权力对供应链碳减排决策的影响 [J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(09): 2379-2390.
(Yang H X, Ou J W. Impact of revenue sharing and bargaining power on carbon emission reduction decisions in supply chain [J].Systems Engineering Theory & Practice, 2020,40 (09):2379-2390.)

[22] Ghosh D, Shah J. Supply chain analysis under green sensitive consumer demand and cost sharing contract[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 164(02):319-329.

[23] Bai Q, Xu J, Chauhan S S. Effects of sustainability investment and risk aversion on a two-stage supply chain coordination under a carbon tax policy[J]. Computers & Industrial Engineering, 2020, https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106324.

[24] Gurnani H, Erkoc M. Supply contracts in manufacturer-retailer interactions with manufacturer-quality and retailer effort-induced demand[J]. Naval Research Logistics (NRL), 2008, 55 (3):200-217.

[25] Moon I, Jeong Y J, Saha S. Investment and coordination decisions in a supply chain of fresh agricultural products[J]. Operational Research, 2018, 20(4):2307-2331.

[26] Ghosh D, Shah J. A comparative analysis of greening policies across supply chain structures[J]. International Journal of Production Economics, 2012, 135 (2):568-583.

[27] Xiao T, Yang D. Price and service competition of supply chains with risk-averse retailers under demand uncertainty[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 114 (1):187-200.

[28] Yang H, Luo J, Zhang Q. Supplier encroachment under nonlinear pricing with imperfect substitutes: Bargaining power versus revenue-sharing[J]. European Journal of Operational Research, 2018, 267 (3): 1089-1101.

[29] Dai R, Zhang J, Tang W. Cartelization or Cost-sharing? Comparison of cooperation modes in a green supply chain[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 156(10): 159-173.

作者简介

白世贞 (1962−), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流与供应链管理、供应链金融等研究, E-mail: baishzh1962@126.com;

王永干 (1978−), 男, 博士生, 从事物流与供应链管理、供应链金融等研究, E-mail: 398837343@qq.com;

郑胜华 (1996−), 女, 硕士生, 从事物流与供应链管理、供应链金融等研究, E-mail: 957693123@qq.com.

黄绍娟 (1994−), 女, 硕士生, 从事物流与供应链管理等研究, E-mail: 1639526319@qq.com.