

基于订单农业供应链的农户最优投保策略研究

宋天聪

河北工业大学理学院, 天津

收稿日期: 2025年12月13日; 录用日期: 2026年1月3日; 发布日期: 2026年1月16日

摘要

订单农业供应链是指以农产品订购合同的形式, 连接农户与农产品加工企业的现代农业产销模式, 在促农增收方面发挥着重要的作用。农业保险与订单农业供应链的协同机制是优化农业风险管理的关键路径。本文针对农业保险产品的局限性, 提出农户自主投保的最优策略, 通过构建Stackelberg博弈模型, 研究得出了在农业风险下, 订单农业供应链中农户购买保险的最优策略以及供应链增值效应。研究结果表明: 第一, 农户购买保险后可通过供应链实现农业保险价值增值效应, 并且全额投保和自主决策投保比例的增值效果不同; 第二, 相较于无保险策略, 最优投保比例策略会提升农户收益, 单一全额投保在特殊情况下反而会损害农户利益。

关键词

订单农业供应链, 农业保险, 投保策略, Stackelberg博弈

Research on the Optimal Insurance Strategy for Farmers Based on Order Agriculture Supply Chain

Tiancong Song

School of Science, Hebei University of Technology, Tianjin

Received: December 13, 2025; accepted: January 3, 2026; published: January 16, 2026

Abstract

The order agriculture supply chain refers to a modern agricultural production and sales model that connects farmers and agricultural product processing enterprises in the form of agricultural product ordering contracts, playing an important role in promoting agricultural income growth. The collaborative mechanism between agricultural insurance and contract agriculture supply chain is the

key path to optimizing agricultural risk management. This article proposes the optimal strategy for farmers to purchase insurance independently based on the limitations of agricultural insurance products. By constructing a Stackelberg game model, the optimal strategy for farmers to purchase insurance in the order agriculture supply chain under agricultural risks and the value-added effect of the supply chain are studied. The research results indicate that: firstly, farmers can achieve the value-added effect of agricultural insurance through the supply chain after purchasing insurance, and the value-added effect of full insurance and autonomous decision-making insurance ratio is different; Secondly, compared to the uninsured strategy, the optimal insurance coverage ratio strategy will increase farmers' income, while a single full insurance coverage may actually harm farmers' interests in special circumstances.

Keywords

Contract Agriculture Supply Chain, Agricultural Insurance, Insurance Strategy, Stackelberg Game

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

党的十八大以来,我国加大培育新型农业经营主体¹的力度,新型农业经营主体在保障农民稳定增收、农产品有效供给和农业转型升级等方面发挥了重要作用。然而,因为农业生产依赖于自然条件,使得农户的收入易受全球气候变化和自然灾害的影响,2022年因极端天气造成的农业直接经济损失超3000亿元。党的二十届三中全会审议通过的《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》中提出促进农民合作经营,推动新型农业经营主体扶持政策同带动农户增收挂钩以及优化农业补贴政策体系,发展多层次农业保险。2024年中央财政拨付农业保险保费补贴547亿元,支持我国农业保险保费规模达1521亿元,同比增长6%,为1.47亿户次农户提供风险保障超5万亿元。

党的二十大报告锚定“加快建设农业强国”目标,在由农业大国向农业强国的关键阶段,农业保险如何通过订单农业契约嵌入供应链,实现“风险转移-价值增值”双向传导?订单农业作为农业新业态的重要代表,通过与加工企业之间的直接合同关系,为农户提供了一个相对稳定的市场和收入预期。这种模式不仅能够减少市场波动带来的风险,还能促进农业生产的精准化和高效化。农业保险作为农业生产的稳定剂及助推器,可以有效转移风险。在订单农业模式下,供应链的每一个环节都至关重要,而农业保险则为订单农业提供了一层额外的保护网。农业保险的加入,不仅能够减轻自然灾害等不可预测因素对农业生产的影响,还能为农户提供必要的风险管理工具,确保农户能够持续稳定地供应高质量的农产品。随着现代农业的快速发展,订单农业供应链和农业保险的结合正在展现出巨大的潜力。它们不仅能够提高农业生产的效率和可持续性,还能增强整个农业供应链的韧性。因此,充分考虑在订单农业供应链中农户投保的最优决策,对促进农业现代化和增强农户的收入保障具有一定的理论和现实意义。

订单农业通常采用“公司+农户”的模式,农产品加工企业与农户签订订单,农户根据订单要求进行生产,新型农业经营主体负责收购和销售。在Stackelberg博弈中,农产品加工企业作为领导者,通过先行动获得信息优势和决策主动权。农户作为追随者,根据农产品加工企业的决策调整自己的生产行为。双方通过博弈达到一个均衡状态。本文通过构建包含无保险、农户全额投保和农户自主决策投保比例的

¹据农业农村部2021年规划文件中指出新型经营主体指农业产业化龙头企业、农民专业合作社、家庭农场及专业大户。

订单农业供应链模型,深入研究了农户在订单农业供应链下是否有投保的动机,并对全额投保和自主决策投保比例进行了比较。在农户利润最大化的视角探讨农业保险购买策略的价值实现过程,探寻其对参与主体的影响和作用,更好地满足农户风险转移的需要,促进农业保险与供应链金融的深度融合,提高农业风险管理能力。

2. 文献综述

农业保险作为农业生产经营的“稳压器”,其核心功能体现为三方面。第一方面是风险转移功能:农业保险在提升我国农业自然灾害风险管理能力[1]、提升农产品生产者和经营者的抗风险能力、维持农户收入稳定[2]、保障粮食安全[3]和提升农业经济韧性[4]发挥着重要的作用;第二方面是收入平滑功能:农业保险不仅可以通过提高农产品产量促进农户收入[5],还可以通过有效减小农户收入的波动以及可能出现的损失来保障农户收入稳定[6],是近年来不同农户群体对农业保险需求的差异性越来越明显[7],农户中占比较高的主要是小规模农户,这部分农户投保积极性普遍不高,占比较少的大规模农户投保意愿更强且更关注于保障水平是否可以达到参保的期望值;第三方面是政策传导功能:为了抵消极端天气的负面影响,建立一个健康和可持续的农业体系,政府通常提供农业补贴[8]。其中政策性农业保险是以保险公司市场化经营为依托,政府通过保费补贴等政策扶持,进行农业保险的推广和发展,提高了农户利润[9],能够提高农业经济中的人均稳态产出[10],缓解贫困脆弱性[11]。目前对于农业保险的研究主要集中于考虑农户的全额投保问题,缺乏对农户自主选择投保比例策略的建模,基于此本文将重点研究农户的投保行为,判断农户是否存在投保动机以及在不同情况下的不同投保决策问题,可以为农户制定个性化的投保策略。

随着农业产业化、现代化的发展,订单农业逐渐成为农户和公司合作的主要形式[12]。订单农业供应链可以显著提升农户的收入水平和纵向预期经济获得感[13]。虽然订单农业可以有效缓解农业滞销等问题,但是由于农业生产固有的不确定性,所以较多的学者开始研究产出不确定下的订单农业供应链,主要包括产能优化[14]、风险共担[15]、农户违约决策[16]、供应链权力结构调整[17]等模式来应对产量不确定下带来的风险。“十四五”规划《纲要》提出“走中国特色社会主义乡村振兴道路”“提高农业质量效益和竞争力”的战略目标。从可实现路径上,提出“坚持自主可控、安全高效,分行业做好供应链战略设计和精准施策,推动全产业链优化升级”。农业作为基础产业,农业供应链管理问题显得尤为重要,自然也引起了众多学者的关注,学者们主要通过供应链契约实现协调并提高供应链绩效[18]-[20]。

随着农业保险体系建设的快速发展和不断完善,一些学者考虑了订单农业供应链中的农业保险问题,主要聚焦不同险种的功能差异与契约机制,浦徐进[21]等在农贷的基础上考虑加入保证保险,充分分析了“农保贷”如何实现农村和电商的双赢。黄建辉和林强[22]考虑了在订单农业中政府补贴下的保证保险的影响机制,并对“政银保”进行了案例分析提出了改进意见。Zhong 等[23]在中国政府农业政策的激励下,研究分析了完全成本保险和收入保险的最优保费补贴机制。伏红勇等[24]设计了一种基于天气指数保险的风险转移机制,实现订单农业供应链的协调与优化。史立刚和陈伟达[25]研究了在产量保险下,政府保费补贴政策对农业供应链绿色生产策略的影响。

农业保险与订单农业的结合是现代农业风险管理的重要趋势。订单农业通过预购合同为农民提供市场准入和价格保障,而农业保险则为农民提供自然灾害和市场风险的保护。已有文献在讨论农业保险、订单农业供应链和农业保险与订单农业的结合对促农增收等方面取得了显著成果,但是上述文献在农户投保问题中均采用全额投保的形式,未充分考虑农户的不同投保情形,并且关于农户自主决策投保比例问题的研究较少,本文是在上述文献研究的基础上,根据农户投保特性及现实情况进一步分析了农户自主决策投保比例策略。本文考虑农产品具有产出不确定性,由风险规避型农户和风险中性型收购公司组成的两阶段订单农业供应链,探讨产量保险购买策略的价值实现过程,探寻其对农户和收购公司的影响

和作用，主要研究问题：1) 在产出不确定风险下，研究产量保险的购买策略边界和风险转移效果；2) 对产量保险不同购买策略进行对比分析，分析产量保险在不同购买策略下的影响和作用机理。

3. 问题描述与基本假设

本文构建农户和单一农产品加工企业组成的订单农业供应链见图 1，农户生产单一农产品并在生产结束后由农产品加工企业全部收购，农产品加工企业对收购的农产品进行简单加工后再销售给消费者。在生产开始之前，农产品加工企业与农户签订合同，约定在生产周期结束后，以价格收购 w 农户全部农产品。随后，农户决定自身的生产投入量 q 。



Figure 1. Order agriculture supply chain structure model
图 1. 订单农业供应链结构模型

本文的主要参数和变量解释见表 1：

Table 1. Model parameter settings and explanations
表 1. 模型参数设置和解释说明

参数	解释说明	参数	解释说明
q	农户生产投入量	a	市场规模
x	产出比例	b	价格弹性系数
c	生产努力成本系数	r	保费费率
w	单位农产品收购价格	π_f	农户的利润
p	单位农产品销售价格	π_e	公司的利润

在模型构建中做出如下假设：

- 1) 令农户的生产投入量为 q ， q 为农户的决策变量，但是由于农业生产依赖于自然条件的特征，农民的收入易受自然灾害、天气等因素的影响，农产品的产出具有不确定性，导致最后的产出比例为 x ，所以期末农产品实际收获量为 qx 。假设 x 的均值为 μ ，方差为 σ^2 ，其概率密度为 $f(x)$ ，累计概率分布函数为 $F(x)$ 。
- 2) 农户的基本种植成本包括农产品的投入成本和农户的生产努力成本，其中农产品的投入成本主要包括劳动、种子、化肥等成本。由于农业生产存在着规模的不经济[26]，所以农户的基本种植成本为 $c_1q + cq^2$ ，其中 c_1 为农产品的投入成本系数， c 为农户的生产努力成本系数。为了简化计算且不影响一般性，这里参考黄建辉和林强[22]的研究，假设 $c_1 = 0$ 。
- 3) 农户生产结束后，农产品加工企业以收购价格 w 进行购买，对农产品进行简单加工后，再以价格 p 出售给消费者。零售价格可以表示为逆需求函数[27]即 $p = a - bQ$ ， $Q = qx$ 其中 a 表示市场规模， b 表示农产品价格弹性系数。
- 4) 假设农户和农产品加工企业都是理性的，以自己的利润最大化为目标。

4. 农产品产出不确定下无保险的模式

考虑农户不购买产量保险的模式，农户和农产品加工企业的利润函数如下：

$$\pi_f(q) = wqx - cq^2 \quad (1)$$

$$\pi_e(w) = pqx - wqx \quad (2)$$

分别求期望可以得到, 农户的期望利润函数为:

$$E[\pi_f(q)] = wq\mu - cq^2 \quad (3)$$

农产品加工企业的期望利润函数为:

$$E[\pi_e(w)] = aq\mu - wq\mu - bq^2(\mu^2 + \sigma^2) \quad (4)$$

定理 1

无保险下农户的最优生产投入量为:

$$q_1^* = \frac{w_1^*}{2c} = \frac{a\mu}{4c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)}$$

无保险下农产品加工企业的最优收购价格为:

$$w_1^* = \frac{ac}{2c + b(\mu^2 + \sigma^2)}$$

无保险下农户的期望利润为:

$$E[\pi_f(q_1^*)] = c(q_1^*)^2$$

无保险下农产品加工企业的期望利润为:

$$E[\pi_e(w_1^*)] = [2c + b(\mu^2 + \sigma^2)](q_1^*)^2$$

证明: 采用逆向归纳法, 首先由(3)式分别求关于 q 的一阶偏导和二阶偏导可得

$$\frac{\partial E[\pi_f(q)]}{\partial q} = w\mu - 2cq$$

$$\frac{\partial^2 E[\pi_f(q)]}{\partial q^2} = -2c < 0$$

由此可知 $E[\pi_f(q)]$ 为 q 的严格凹函数, 所以存在唯一最优投产量满足

$$\frac{\partial E[\pi_f(q)]}{\partial q} = 0$$

$$q_1^* = \frac{w_1^*}{2c}$$

将 q_1^* 代入(4)式分别求关于 w 的一阶偏导或二阶偏导可得

$$\frac{\partial E[\pi_e(w)]}{\partial w} = \frac{a\mu^2}{2c} - \mu q - \frac{w\mu^2}{2c} - 2b(\mu^2 + \sigma^2)\frac{\mu q}{2c} - \frac{\partial^2 E[\pi_e(w)]}{\partial w^2} = -2\mu\frac{\mu}{2c} - 2b(\mu^2 + \sigma^2)\left(\frac{\mu}{2c}\right)^2 < 0$$

由此可知 $E[\pi_e(w)]$ 为 w 的严格凹函数, 所以存在唯一最优投产量满足 $\frac{\partial E[\pi_e(w)]}{\partial w} = 0$, 所以可以得

到

$$w_1^* = \frac{ac}{2c + b(\mu^2 + \sigma^2)}$$

将 w_1^* 代入 $q_1^* = \frac{w_1^*}{2c}$, 可得

$$q_1^* = \frac{w_1^*}{2c} = \frac{a\mu}{4c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)}$$

最后将 w_1^* 和 q_1^* 代入(3)式和(4)式可得

$$E[\pi_f(q_1^*)] = c(q_1^*)^2$$

$$E[\pi_e(w_1^*)] = [2c + b(\mu^2 + \sigma^2)](q_1^*)^2$$

证毕。

推论 1

- 1) 农户的种植面积 q_1^* 以及农产品的收购价格 w_1^* 都随产出随机性 σ^2 的增大而减少;
- 2) 农户和农产品加工企业的期望利润都随产出随机性 σ^2 的增大而减少。

证明: 对(5)式和(6)式分别求关于 σ^2 的偏导

$$\frac{\partial q_1^*}{\partial \sigma^2} = \frac{-2ba\mu}{[4c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)]^2} < 0$$

$$\frac{\partial w_1^*}{\partial \sigma^2} = \frac{-bac}{[4c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)]^2} < 0$$

对(7)式和(8)式分别求关于 σ^2 的偏导

$$\frac{\partial E[\pi_f(q_1^*)]}{\partial \sigma^2} = 2cq_1^* \frac{\partial q_1^*}{\partial \sigma^2} < 0$$

$$\frac{\partial E[\pi_e(w_1^*)]}{\partial \sigma^2} = -b(q_1^*)^2 < 0$$

推论 1 表明, 在产出随机性不断上升时, 农户的利润会不断减少, 农户会倾向减少生产投入量来规避风险; 对于农产品加工企业而言, 在产出随机性不断上升时, 公司的利润会不断减少, 农产品加工企业会倾向于降低收购价格来保障自身的收入。

因此, 对于管理者的启示是: 为了促进农户进行生产, 应适当增加风险转移措施宣传, 激励农户通过农业保险等手段规避风险扩大生产投入量, 从而稳定和提高农产品收购价格。

5. 农产品产出不确定下农户购买产量保险模型

接下来考虑农户在产出不确定风险下购买产量保险的情况, 分别是农户购买全额保险模型、农户自主决策投保比例模型和政府进行保费补贴下的决策投保模型。

5.1. 农户购买全额保险的模型

若农户购买全额产量保险, 投保额为 wq , 保险费率为 r 。本文考虑在农业保险机制下, 农产品的保障水平为 1。由于自然灾害、天气等因素的影响使得农产品投入产出率低于保障水平, 即 $x < 1$ 时, 保险机构

向农户赔付 $wq(1-x)$ 。

农户和农产品加工企业的利润函数如下：

$$\pi_f(q) = wqx - cq^2 - wqr + wq(1-x)^+ \quad (5)$$

$$\pi_e(w) = pqx - wqx \quad (6)$$

分别求期望可以得到，农户的期望利润函数为：

$$E[\pi_f(q)] = wq - cq^2 - wqr \quad (7)$$

农产品加工企业的期望利润函数为：

$$E[\pi_e(w)] = aq\mu - wq\mu - bq^2(\mu^2 + \sigma^2) \quad (8)$$

定理 2

农户全额投保下农户的最优生产投入量为：

$$q_2^* = \frac{w_2^*(1-r)}{2c} = \frac{a\mu(1-r)}{4\mu c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)(1-r)}$$

农户全额投保下农产品加工企业的最优收购价格为：

$$w_2^* = \frac{a\mu c}{2\mu c + b(\mu^2 + \sigma^2)(1-r)}$$

农户全额投保下农户的期望利润为：

$$E[\pi_f(q_2^*)] = c(q_2^*)^2$$

农户全额投保下农产品加工企业的期望利润为：

$$E[\pi_e(w_2^*)] = \left[\frac{2\mu c}{1-r} + b(\mu^2 + \sigma^2) \right] (q_2^*)^2$$

推论 2

在 $r < 1 - \mu$ 的情况下，相较于不购买保险策略，农户全额投保策略下农户的投产量和利润均有所提高，即 $q_2^* > q_1^*$ ， $E[\pi_f(q_2^*)] > E[\pi_f(q_1^*)]$ 。

在 $r < 1 - \mu$ 的情况下，相较于不购买保险策略，农户全额投保策略下农产品加工企业利润也有所提高，即 $E[\pi_e(w_2^*)] > E[\pi_e(w_1^*)]$ 。

证明：由定理 1 和定理 2 中关于农户投产量的表达式易得

$$q_2^* - q_1^* = \frac{a\mu(1-r)}{4\mu c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)(1-r)} - \frac{a\mu}{4c + 2b(\mu^2 + \sigma^2)}$$

在 $r < 1 - \mu$ 的情况下可以得到 $q_2^* > q_1^*$ 。

由定理 1 和定理 2 中关于农户利润的表达式易得

$$E[\pi_e(w_2^*)] - E[\pi_e(w_1^*)] = c(q_2^*)^2 - c(q_1^*)^2$$

由于在 $r < 1 - \mu$ 的情况下 $q_2^* > q_1^*$ ，可知 $E[\pi_f(q_2^*)] > E[\pi_f(q_1^*)]$ 。

同理可得 $E[\pi_e(w_2^*)] > E[\pi_e(w_1^*)]$ 。

5.2. 农户自主决策投保比例的模型

接下来考虑农户决策投保产量保险的模型，农户依据农产品加工企业给出的收购价格 w ，决策目标产量 q 和保额 I ，在农户购买产量保险的情况下，保额为 I ，保险费率为 r ，则农户支付的保费为 Ir ，农业保险赔偿可赔付损失 $\varphi = \min\{K, I\}$ ，其中 $K = wq(1-x)$ 。

农户购买保险后的利润函数如下：

$$\pi_f(q, I) = wqx - cq^2 + \min\{K, I\} - Ir \quad (9)$$

相应地，农产品加工企业的利润函数为：

$$\pi_e(w) = pqx - wqx \quad (10)$$

分别求期望可以得到，农户的期望利润函数为：

$$E[\pi_f(q, I)] = wq \left[\mu + \int_{1-\frac{I}{wq}}^1 (1-x) dF(x) \right] - cq^2 - Ir + IF \left(1 - \frac{I}{wq} \right) \quad (11)$$

农产品加工企业的期望利润函数为：

$$E[\pi_e(w)] = aq\mu - wq\mu - bq^2(\mu^2 + \sigma^2) \quad (12)$$

定理 3

农户自主决策投保比例下农户的最优生产投入量和最优投保额分别为：

$$q_3^* = \frac{w_3^* t_3}{2c} = \frac{a\mu t_3}{4\mu c + 2bt_3(\mu^2 + \sigma^2)}$$

$$I_3^* = w_3^* q_3^* [1 - F^{-1}(r)]$$

农户自主决策投保比例下农产品加工企业的最优收购价格为：

$$w_3^* = \frac{a\mu c}{2\mu c + bt_3(\mu^2 + \sigma^2)}$$

农户自主决策投保比例下农户的期望利润为：

$$E[\pi_f(q_3^*, I_3^*)] = c(q_3^*)^2$$

农户购买保险下农产品加工企业的期望利润为：

$$E[\pi_e(w_3^*)] = \left[\frac{2\mu c}{t_3} + b(\mu^2 + \sigma^2) \right] (q_3^*)^2$$

其中 $t_3 = \mu + \int_{F^{-1}(r)}^1 (1-x) dF(x)$ 。

证明：由(11)式分别求关于 q 和 I 的偏导可得

$$\frac{\partial E[\pi_f(q, I)]}{\partial q} = w\mu + w \int_{1-\frac{I}{wq}}^1 (1-x) dF(x) - 2cq$$

$$\frac{\partial E[\pi_f(q, I)]}{\partial I} = F \left(1 - \frac{I}{wq} \right) - r$$

为了方便计算令 $A = 1 - \frac{I}{wq}$ 可得

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial q^2} &= -2I - \frac{I^3}{wq^3} f(A) < 0 \\ \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial I^2} &= -\frac{1}{wq} f(A) < 0 \\ \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial I \partial q} &= \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial q \partial I} = \frac{I}{wq^2} f(A) \\ \left| \begin{array}{cc} \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial q^2} & \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial q \partial I} \\ \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial I \partial q} & \frac{\partial^2 [\pi_f(q, I)]}{\partial I^2} \end{array} \right| &= \frac{2I}{wq} f(A) > 0\end{aligned}$$

Hessian 矩阵为负定，所以存在最优解满足以下方程组

$$\begin{cases} \frac{\partial E[\pi_f(q, I)]}{\partial q} = w\mu + w \int_{1-\frac{I}{wq}}^1 (1-x) dF(x) - 2cq = 0 \\ \frac{\partial E[\pi_f(q, I)]}{\partial I} = F\left(1 - \frac{I}{wq}\right) - r = 0 \end{cases}$$

可得 $q_3^* = \frac{w_3^* t_3}{2c}$, $I_3^* = w_3^* q_3^* \left[1 - F^{-1}(r)\right]$, 其中 $t_3 = \mu + \int_{F^{-1}(r)}^1 (1-x) dF(x)$ 。

继续分析收购农产品加工企业的收购价格决策，将 q_3^* 和 I_3^* 带入(12)式，分别求关于 w 的一阶偏导和二阶偏导可得

$$\begin{aligned}\frac{\partial E[\pi_e(w)]}{\partial w} &= a\mu \frac{t_3}{2c} - \mu q - \mu w \frac{t_3}{2c} - 2bq(\mu^2 + \sigma^2) \frac{t_3}{2c} \\ \frac{\partial^2 E[\pi_e(w)]}{\partial w^2} &= -2\mu \frac{t_3}{2c} - 2b(\mu^2 + \sigma^2) \left(\frac{t_3}{2c}\right)^2 < 0\end{aligned}$$

由此可知 $E[\pi_e(w)]$ 为 w 的严格凹函数，所以存在唯一最优收购价格满足

$$\frac{\partial E[\pi_e(w)]}{\partial w} = 0$$

所以可以得到

$$w_3^* = \frac{a\mu c}{2\mu c + bt_3(u^2 + \sigma^2)}$$

将 w_3^* 代入 $q_3^* = \frac{w_3^* t_3}{2c}$, 可得

$$q_3^* = \frac{w_3^* t_3}{2c} = \frac{a\mu t_3}{4\mu c + 2bt_3(u^2 + \sigma^2)}$$

最后将 w_3^* 和 q_3^* 代入(11)式和(12)式可得

$$E[\pi_f(q_3^*, I_3^*)] = c(q_3^*)^2$$

$$E[\pi_e(w_3^*)] = \left[\frac{2\mu c}{t_3} + b(u^2 + \sigma^2) \right] (q_3^*)^2$$

6. 算例分析

本文已对订单农业供应链均衡结果进行了详细研究，并讨论了政府的保费补贴对订单农业供应链双方利润的影响。基于以上构建的数学模型，通过数值模拟分析：(1) 三种模型下的供应链各方利润；(2) 产量保险不同购买策略的对比分析。

假设生产不确定性导致的产出率 x 服从区间 $[\mu - h, \mu + h]$ 上的均匀分布，则其方差为 $\sigma^2 = h^2/3$ ，基于2020年FAO(世界粮食及农业)统计年鉴的数据²，设随机产出率的均值为 $\mu = 0.5$ ， $h = 0.5$ ，农产品市场规模 $a = 3500$ ，价格弹性系数 $b = 0.1$ ，农户努力成本系数 $c = 5$ ，保费率 $r = 0.1$ 。

6.1. 产量保险的产出不确定性风险转移效果

无保险策略、农户决策投保策略和农户全额投保策略模型，三种不同模型下农户利润和收购公司利润与保费率的关系见图2。

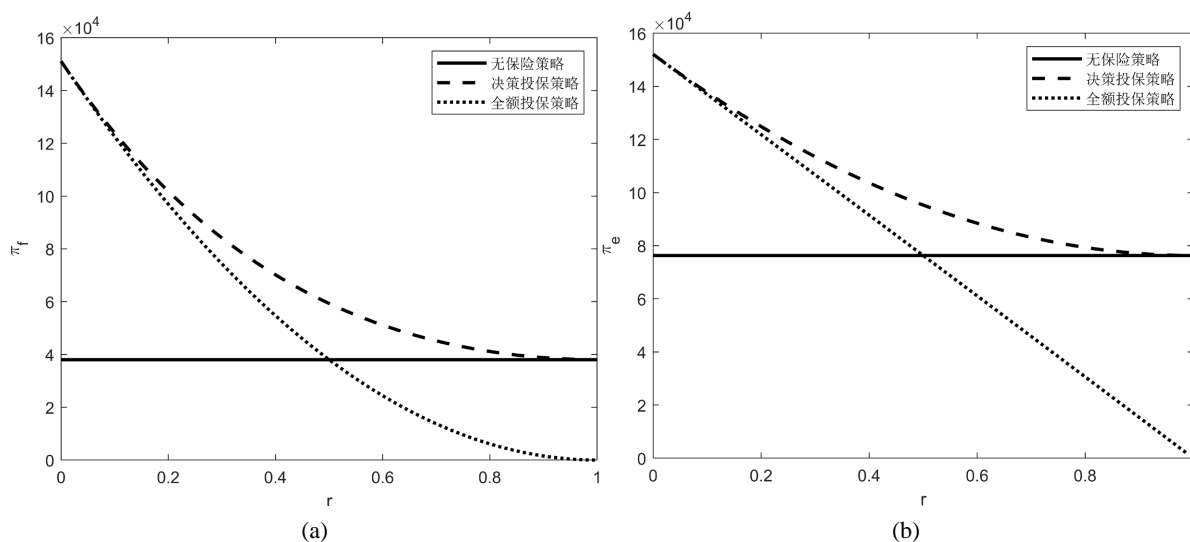


Figure 2. Relationship between farmers', agricultural product processing enterprises' profits and premium rates; (a) Farmer's profit; (b) Agricultural product processing enterprises' profits

图 2. 农户、农产品加工企业利润与保费率关系图；(a) 农户利润；(b) 农产品加工企业利润

由图2(a)可以发现，农户利润与保费率呈负相关关系，即保费率越低，农户利润越高，农户投保意愿越强；与无保险策略相比，农户进行决策投保策略后利润有了大幅提升，这表明农户自主决策投保有助于促进农户积极生产；但是农户进行全额投保后，相较于无保险策略，不一定能够促进农户利润，只有在保费率较低的情形下农户的利润才有所提升，当保费率较高时农户的利润反而有所下降；将农户全额投保和决策投保进行比较，可以发现，在保费率极低的情形下全额投保和决策投保农户利润几乎相等，

²FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2020. FAO Statistical Yearbook 2020. <http://www.fao.org/3/cb1329en/CB1329EN.pdf>

当保费率逐渐升高, 决策投保下农户利润逐渐高于全投保下农户利润并且两者情形下农户利润差距开始逐渐变大, 所以, 农户进行决策投保策略的不确定性风险转移效果较好, 推论 2 和推论 3 得到验证。

观察图 2(b)可以发现, 农产品加工企业利润与保费率呈负相关关系, 即保费率越低, 农产品加工企业利润越高; 与无保险策略相比, 农户进行决策投保策略后, 农产品加工企业利润也有了大幅提升, 这表明农户自主决策投保行为可以通过供应链实现农业保险价值增值效应; 三种情形下, 农产品加工企业利润变化与农户利润变化类似, 农户进行全额投保后, 相较于无保险策略, 不一定能够通过供应链传导促进农产品加工企业利润; 农户决策投保情形下农产品加工企业的利润始终高于农户全额投保情形下的利润。所以, 农产品加工企业应该引导农户根据自身情况进行投保, 推论 2 和推论 3 得到验证。

6.2. 产量保险的不同购买策略

本节通过比较全额投保策略和决策投保策略两种情形下的农户利润, 分析关键参数随机产出率对农户利润的影响, 见图 3。

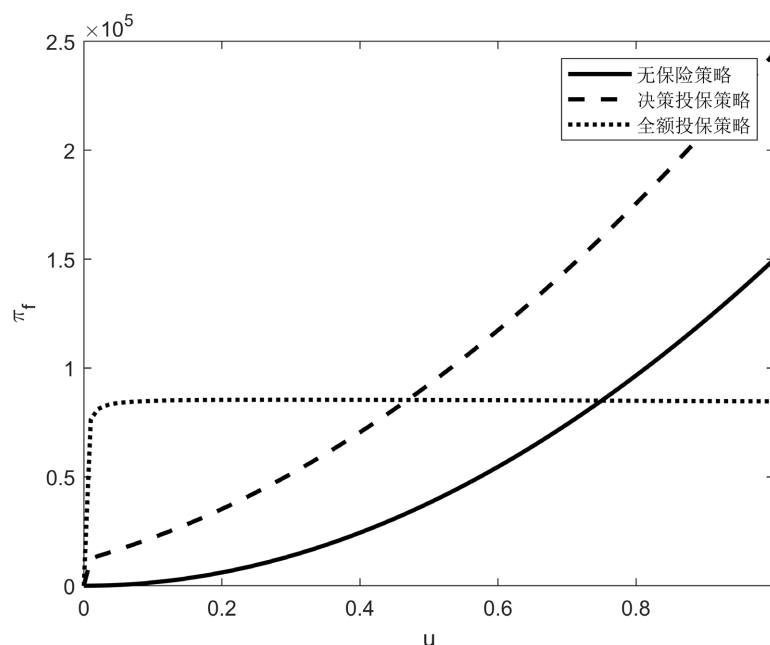


Figure 3. Relationship between farmer profits and average random output rate

图 3. 农户利润与随机产出率均值关系图

分析图 3 可以发现, 农户利润与随机产出率均值呈正相关关系, 即随机产出率均值越高, 农户利润越高; 在农户进行全额投保的情况下, 随着随机产出率的升高, 农户的利润先随之升高, 并且农户利润上升速率是最快的, 然后农户利润保持在一定水平; 在决策投保的情形下, 农户利润上升速率较快; 将农户全额投保和决策投保两种情形下的农户利润进行比较, 可知, 在随机产出率均值较低的情况下, 农户选择全额投保策略带来的收益更大, 随着随机产出率均值的升高, 当随机产出率均值较小时, 农户根据自身情况进行决策投保带来的收益更大; 将农户全额投保和无保险两种情形下的农户利润进行比较, 可以发现, 在随机产出率均值较大时, 农业风险的影响相对较小, 此时购买全额保险会减少农户的收益; 所以, 农户应充分了解自身的历史随机产出率均值, 根据自身情况, 选择不同的投保策略, 以获得更高的利润。管理启示是, 在随机产出率较低的地区, 政府可以提供较高的保费补贴促进农户进行全额投保; 在随机产出率较高的地区, 政府可以通过专题宣讲加大保险的普及, 引导农户进行决策投保。

7. 结论和政策建议

本文考虑由农户、农产品加工企业组成的订单农业供应链,在该供应链中因农业风险的存在农户生产具有随机性且农户可自主选择投保策略。基于 Stackelberg 博弈模型,讨论了农户进行全额投保和自主投保两种策略下,分别探讨了多个因素对订单农业供应链决策和供应链双方收益的影响。研究结果表明: 1) 农产品的产出随机性对农户进行稳定生产具有抑制作用。2) 自主投保策略的农业风险转移效果优于无保险策略,而单一全额投保策略在保费率大于单位产出面积的时候反而劣于无保险策略。3) 在农户单位面积产量不同情况下,农户具有不同的投保行为。在单位产出率较小时农户选择进行全额投保所带来的收益是大于农户进行自主决策投保比例的;在单位产出率较大时农户根据自身情况进行决策投保带来的收益更大。

研究结果对促进农业稳定发展,以及对订单农业供应链中的农户进行生产决策具有一定的参考价值。因此综合上述研究结果,本文提出以下政策建议:

第一,针对农户而言,要深入了解保险政策,合理选择投保策略。农业保险可以有效转移产出随机带来的风险,因此农户需重视农业保险政策,及时了解和购买农业保险。并且,农户在投保时需要充分考虑自身的实际情况,根据自身的单位面积产出率,选择最适合自身的投保策略。

第二,针对政府而言,要进一步普及保险理论。应强化农户的保险知识普及,提高农户对农业保险的认识和理解,增强农户的风险管理能力和风险规避决策能力。对所有农户进行投保宣传,帮助农户根据自身情况制定最优的保险策略。

第三,针对保险公司而言,要进一步丰富保险产品,提供个性化保险产品。针对保险公司而言,可以通过根据农户的单位产出面积和产出率,提供差异化的保险产品和投保建议,以满足不同农户的需求。同时,加强与政府的合作,提高农户的保险意识和参与度。

参考文献

- [1] Feng, Q.S. and Zhang, X.W. (2010) Development Strategies on Agricultural Insurance under the Building of New Countryside. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 1, 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2010.09.003>
- [2] 郭哲琦, 高苏浩. 我国农作物产量保险定价研究——基于 ENN 与 ERF 模型对云南省水稻保险定价的分析[J]. 价格理论与实践, 2024(2): 71-77.
- [3] 刘婷玮, 游士兵, 施雨, 张厚力. 农业保险保障水平对粮食安全的影响效应检验[J]. 统计与决策, 2024, 40(21): 64-68.
- [4] 权天舒, 李靖, 张晖. 政策性农业保险提升了农业经济韧性吗?——基于完全成本保险和收入保险试点的准自然实验[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2024, 25(5): 18-26.
- [5] 江生忠, 刘晓丹, 邵全权. 发展农业收入保险的增收效应研究——来自中国玉米收入保险试点的证据[J]. 农村经济, 2024(2): 77-89.
- [6] 丁志国, 李泊玮. 农产品价格波动对政策性农业保险的影响研究——基于主体博弈模型[J]. 中国农村经济, 2020(6): 115-125.
- [7] 姚小菊, 任金政. 我国农业保险的政策演进: 历程、框架与推进策略[J]. 河北经贸大学学报, 2024, 45(6): 36-46.
- [8] 李嘉浩, 王国军. 农险保费补贴、农业规模化和农业生产水平[J]. 山西财经大学学报, 2022, 44(8): 43-57.
- [9] 富丽莎, 汪三贵, 秦涛. 农业保险的增收效应及其作用机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(12): 153-165.
- [10] 王立勇, 房鸿宇, 谢付正. 中国农业保险补贴政策绩效评估: 来自多期 DID 的经验证据[J]. 中央财经大学学报, 2020(9): 24-34.
- [11] 徐婷婷, 孙蓉. 政策性农业保险能否缓解贫困脆弱性——基于典型村庄调研数据的分析[J]. 农业技术经济, 2022(2): 126-144.
- [12] 檀艺佳, 张晖. 订单农业促进了新型农业经营主体对农业技术的需求吗? [J]. 农村经济, 2021(7): 129-135.
- [13] 郑黎阳, 张心灵. 订单农业参与行为能否提升农户经济获得感[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(5): 22-27.

-
- [14] 李艳琦. 农村三产融合、生产性服务业集聚与农业产业链供应链现代化[J]. 中国流通经济, 2023, 37(3): 48-60.
- [15] 曹武军, 原诗琪, 胡松林. 农业保险及风险厌恶下农产品供应链保费共担模型研究[J]. 农林经济管理学报, 2018, 17(2): 130-140.
- [16] Huh, W.T., Athanassoglou, S. and Lall, U. (2012) Contract Farming in a Developing Country with Possible Reneging: Can It Work? *IIMB Management Review*, **24**, 184. <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2012.10.003>
- [17] Li, H., Zha, Y. and Bi, G. (2023) Agricultural Insurance and Power Structure in a Capital-Constrained Supply Chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **171**, Article ID: 103037. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103037>
- [18] 伏红勇, 但斌. 不利天气影响下“公司 + 农户”型订单契约设计[J]. 中国管理科学, 2015, 23(11): 128-137.
- [19] Ma, X., Wang, S., Islam, S.M.N. and Liu, X. (2019) Coordinating a Three-Echelon Fresh Agricultural Products Supply Chain Considering Freshness-Keeping Effort with Asymmetric Information. *Applied Mathematical Modelling*, **67**, 337-356. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2018.10.028>
- [20] 林强, 叶飞. “公司 + 农户”型订单农业供应链的 Nash 协商模型[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(7): 1769-1778.
- [21] 浦徐进, 丁玉婷, 金德龙. “农贷”还是“农保贷”? 农村电商供应链融资模式研究[J]. 系统科学与数学, 2025, 45(9): 2939-2955. <https://link.cnki.net/urlid/11.2019.O1.20241010.1008.002>
- [22] 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.
- [23] Zhong, L., Nie, J., Yue, X. and Jin, M. (2023) Optimal Design of Agricultural Insurance Subsidies under the Risk of Extreme Weather. *International Journal of Production Economics*, **263**, Article ID: 108920. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108920>
- [24] 伏红勇, 但斌, 王磊, 徐鹏. CVaR 准则下“公司 + 农户”模式的天气看跌期权契约[J]. 管理科学学报, 2020, 23(11): 59-73.
- [25] 史立刚, 陈伟达. 农业保险下订单农业供应链绿色技术采用策略[J/OL]. 中国管理科学: 1-14. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.1907>, 2025-03-09.
- [26] 高前善. 农业规模经济、农业生产方式与我国农地狭小经营的根源与出路[J]. 生产力研究, 2007(2): 23-24, 49.
- [27] Liu, Q., Shen, B. and Wen, X. (2023) Role of Climate-Smart Agriculture in Fighting against Climate Change in Competitive Supply Chains. *International Journal of Production Economics*, **264**, Article ID: 108978. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108978>