

# 养殖户气候适应性行为对提高养殖业生产效率的影响

龚已迅<sup>1</sup>, 杨丹<sup>1,2</sup>

(1. 西南大学经济管理学院, 重庆 400715; 2. 西南大学农业教育发展研究中心, 重庆 400716)

**摘要:** 气候变化给当前中国农业生产转型带来严峻挑战, 从效率视角分析农户适应气候变化行为具有重要意义。本文探讨养殖户气候适应性行为与养殖业生产效率之间的逻辑关系, 并基于中国五省的微观调查数据, 采用倾向得分匹配方法与选择纠偏随机前沿生产函数模型 (Selectivity-corrected Stochastic Production Frontier model) 相结合的实证思路, 分析养殖户气候适应性行为对养殖业生产效率的影响。研究表明: (1) 养殖户气候适应性行为能够提高养殖业生产效率, 纠正可观测因素与不可观测因素造成的选择性偏差后, 适应组养殖户平均养殖业生产效率为 0.618, 未适应组养殖户的平均养殖业生产效率为 0.551。(2) 若未考虑选择性偏差, 养殖户适应性行为对养殖业生产效率的影响将会错估。研究成果可为推进政府制定农户适应气候变化政策与推动农业生产转型提供有力支持。

**关键词:** 气候变化; 农户气候适应性行为; 生产效率; 选择纠偏随机生产前沿函数

气候变化会对养殖业造成直接影响。其中气候变化与相关极端天气事件导致牲畜生长性能下降, 极端情况下甚至造成牲畜疾病与死亡, 若农户未做出及时反应的情况下将产生重大影响<sup>[1]</sup>。美国<sup>[2]</sup>与中国<sup>[3]</sup>的相关研究报告表明, 气温层面的变化会对生猪养殖业造成负面影响。因此有效的适应气候变化成为关键, 世界各国纷纷开始制定国家层面的“适应”政策以应对气候变化。美国与欧盟国建立了自己的《国家适应策略》。中国 2013 年出台的“十二五”规划中, 提高农业部门对气候变化的适应水平与提高农业可持续发展能力是重要内容, 明确指出“提高农业、林业等重点领域以及沿海地区、生态脆弱地区适应气候变化的水平”。当前中国农业正处于转型时期, 如何推动农业可持续发展成为重要议题。在逐渐恶化的资源环境条件与不确定的气候风险的严重制约下, 中国长期形成的粗放农业生产方式难以推动农业产业转型升级, 这两者的矛盾同样体现在微观主体农户行为层面上, 因而适应气候变化与转变农业生产方式的落脚点在于推动农户生产行为转变上, 推动农户适应气候变化的同时促进农户农业生产方式集约化成为关键<sup>[4]</sup>。所以从生产效率视角识别出有效的农户气候变化适应性行为, 分析效率提升的制度经济条件, 对于当前农业转型具有重要意义。

据此本文梳理了两类文献: 第一类是气候变化对畜牧养殖业生产力的影响。假定不考虑农户对气候的适应, 温度的变化将造成农户生产效率等方面的损失<sup>[5]</sup>, 温度的极端程度、持续程度能够从生长性能、生产性能、死亡率三方面对养殖业造成负面影响<sup>[6]</sup>。牲畜对气候因素的敏感程度使得温度一旦高于或低于某个阈值将导致牲畜生长速度的下

收稿日期: 2020-02-21; 修订日期: 2020-05-27

基金项目: 国家社会科学基金项目 (16CGL036); 重庆市教育委员会人文社会科学研究重点项目 (18SKSJ003)

作者简介: 龚已迅 (1996-), 男, 重庆永川人, 硕士, 研究方向为农业经济学。E-mail: 380214690@qq.com

通讯作者: 杨丹 (1981-), 女, 湖北宜昌人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向农业经济学。

E-mail: zncdyd@163.com

降<sup>[7]</sup>。气候变化下中国极端天气事件频繁发生, 极端高温或低温胁迫会造成生猪出现热应激与冷应激症状, 极大地损害了生猪日增重、饲料转化率<sup>[8]</sup>与延长生长周期<sup>[9]</sup>。中国的生猪养殖户普遍采用的开放或半开放式的猪舍, 对环境温度不能完全控制, 气候变化引起的持续性高温湿热、寒冷天气将对生猪生产性能产生直接影响, 导致肥育猪生长性能以及疾病抵抗力大幅下降<sup>[10]</sup>。

第二类是农户适应性行为影响农业生产效率的相关文献。此类文献基于Mendelsohn等<sup>[11]</sup>的假定认为农户能够对气候变化做出充分调整, 农户的适应性行为能够有效降低潜在气候变化或极端天气事件所造成的负面影响<sup>[12]</sup>, 提高有效产出<sup>[13]</sup>。但农户的农业生产行为决策需同时考虑到利润最大化与风险最小化的两个目标<sup>[14]</sup>, 农户适应性行为的目标也包括降低气候变化引起的产出风险与下行风险。受农户风险规避、信息与技术锁定等因素的影响, 农户为降低气候风险所投入的适应性成本可能会偏高, 直接导致成本收益比下降。畜牧养殖业当中, 风险厌恶小农为降低生产风险会增加那些损害控制性生产要素的投入作为“自保险”<sup>[15]</sup>, 导致要素边际净收益趋于零或递减的情况发生<sup>[16]</sup>, 养殖户的农业生产效率可能进而受损。那么也就意味着从传统产出视角评估农户是否能够适应气候变化存在局限, 需要从效率视角出发重新评估农户适应性行为的有效性。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 理论分析框架

气候变化是养殖户采纳气候变化适应性行为决策的外生条件。气候变化是农户农业生产过程中所面临的主要外部风险之一, 农户对不良气候条件、气候变化等相关外部信号的感知是适应性行为决策的基础。在外界气候风险胁迫下, 养殖户适应性行为即为实现气候外生风险下净收益最大化的经营目标, 养殖户在自我能力约束与外部风险条件约束下表现出的行为选择与决策偏好。基于不确定性条件下农户行为决策理论, 当前中国养殖户满足“有限理性小农”假设, 具有趋利性与风险规避性, 为了实现气候变化风险下期望效用最大化, 会在内、外部双重约束下进行生产行为调整的决策选择。养殖户通过比较采纳适应性行为与否的预期收益与成本来确定是否采纳适应性行为应对气候变化<sup>[17]</sup>, 适应性行为决策的动机前提也是采纳后的养殖净收益大于采纳前的养殖净收益<sup>[18]</sup>。而基于净收益最大化的经营目标, 养殖户适应性行为决策同时能够影响生产效率。养殖户做出适应性行为决策能够降低气候风险, 也会促进其对其他生产要素层面上进行调整, 采取提高部分生产要素投入<sup>[19]</sup>等行为策略以获得更高的预期收益, 而这意味着理性小农做出的适应性行为决策不仅能够提高潜在产出水平, 其生产要素投入结构也能够逐渐优化, 带动农户技术效率层面的提升。

养殖户生产效率是在既定技术水平下, 充分考虑养殖户劳动、资本等生产要素投入能够得到的最终产出水平, 也能够较为合理地反映气候变化风险下养殖户不同生产决策下的生产要素利用效率。而养殖户气候适应性行为决策提高生产效率的具体逻辑主要是在既定技术水平下通过影响要素投入水平与产出水平实现。从养殖户产出水平来看, 气候变化会通过提高病死率等方式直接导致潜在产出损失, 提高产出风险与下行风险。而适应性行为作为农户抵御气候负面影响的行为决策, 能够有效降低潜在的产出损失, 保障较高的、稳定的产出水平。从养殖户生产要素投入来看, 养殖户根据当前气候风险做出的适应性行为决策能够优化生产要素投入配置带动技术效率提升<sup>[20]</sup>。一方面, 气候变

化以及相关风险能够提高牲畜发病率<sup>[21]</sup>、降低饲料转化率等,造成风险降低型生产要素投入加大,边际效益逐渐递减。而适应性行为能够有效对传统生产要素投入形成替代效应,降低风险性生产要素投入<sup>[22]</sup>,提升产出质量<sup>[23]</sup>。另一方面,适应性行为通过改善养殖环境、增进动物福利<sup>[24]</sup>等方式促进某一生产要素投入增加,提高单要素利用率,从而与部分生产要素投入形成互补效应,进而促进效率提升。

## 1.2 模型设定

本文关注养殖户适应性行为对养殖业生产效率的影响,由上文可知,适应性行为决策并非外生决定,受到诸如农户要素禀赋等可观测因素与不可观测因素的影响。为处理这一内生性问题,根据 Villano 等<sup>[25]</sup>提出的倾向得分匹配方法和选择纠偏随机生产前沿模型相结合的实证思路,分别修正农户可观测因素与不可观测因素引起的选择性偏差后,估计农户气候变化适应性行为对农业生产效率的影响。该实证思路分为两个步骤:第一阶段采用倾向得分匹配用于减缓可观测因素造成的选择性偏差,选取养殖户适应性行为作为因变量,自变量包括户主特征、家庭特征与风险特征;第二阶段选择纠偏随机前沿函数用于减缓不可观测因素造成的选择性偏差,选取育肥猪总产值作为因变量,自变量则包括仔猪费用、饲料费用、养殖户适应性行为等。同时,采用传统随机前沿函数对全样本、匹配样本的测算结果以及采用选择纠偏随机前沿函数对全样本的测算结果用于对照比较,观察内生性问题对技术效率估计造成的偏差大小。

传统随机前沿生产函数假定全体农户(采纳适应性行为农户与未采纳适应性行为农户)均处于同一技术水平下,然而这一假设在本文并不成立,资产专用化程度与专业化水平直接影响农户适应性行为决策<sup>[26]</sup>,这可能意味着采纳适应性行为农户的技术水平与未采纳适应性行为的农户存在显著差异,引入不同的生产前沿面能够减少对技术非效率的测算偏误。农户是否采纳适应性行为决策并非外生确定,农户采纳适应性行为决策取决于可观测与不可观测的特征,农户能力与环境特征均能对农户适应性行为决策产生影响,纠正由于可观测因素与不可观测因素造成内生性问题能够测算无偏的技术效率。

基于上述问题,本文采用选择纠偏随机前沿函数模型,对倾向得分筛选的匹配样本进行农业生产效率估计。在第一步倾向得分匹配筛选出匹配样本减轻可观测因素造成的选择性偏差的基础上,采用选择纠偏随机前沿函数对匹配样本进行估计,减轻不可观测因素造成的选择性偏差问题。引入的模型可以用三组方程简洁地表达:

生产函数模型:

$$Y_i = f(X_i, M_i) + \varepsilon_i, \varepsilon_i = v_i - u_i \quad (1)$$

式中:  $Y_i$  代表第  $i$  个养殖户当期的养殖产出变量;  $X_i$  表示第  $i$  个养殖户当期诸如饲料、医疗防疫等的投入向量;  $M_i$  为养殖户是否采纳适应性行为的虚拟变量,该变量为能够被直接观测到的显变量,本文认为养殖户采用防寒和防暑设备为采纳适应性行为;  $\varepsilon_i$  为误差项,包含相互独立的  $v_i$  与  $u_i$ ;  $v_i$  为假定服从正态分布的随机统计误差项;  $u_i$  为由于技术非效率所引起的误差,假定服从截断正态分布。

养殖户通过比较适应性行为决策的预期效用收益做出的样本选择。

$$M_i^* = \alpha' Z_i + e_i, M_i = \begin{cases} 1, & U_i^m - U_i^{nm} > 0 \\ 0, & U_i^m - U_i^{nm} < 0 \end{cases} \quad (2)$$

误差结构:

$$\mu_i = |\sigma_u U_i| = \sigma_u |U_i|, U_i \sim N[0, 1]$$



$$\begin{aligned} v_i &= \sigma_v V_i, V_i \sim N[0, 1] \\ (e_i, v_i) &\sim N_2[(0, 1), (1, \rho\sigma_v, \sigma_v^2)] \end{aligned} \quad (3)$$

式中:  $M_i^*$  为第  $i$  个养殖户适应性行为决策选择的潜变量, 该变量不能够直接观测但能够通过解释变量  $Z_i$  加以反映;  $\alpha'$  为参数估计项;  $e_i$  是不可观测的误差项;  $U_i^m$  和  $U_i^{nm}$  分别代表第  $i$  个养殖户采纳和未采纳适应性行为的预期效用。由于养殖户适应性行为决策存在内生性, 则需要对生产前沿函数的误差项进行重新假定。选择纠偏随机前沿生产函数假设其随机统计误差项  $v_i$  与  $e_i$  相关, 若该假设成立参数  $\rho$  将显著, 表明不可观测因素造成的选择性偏差显著存在,  $e_i$  与  $v_i$  服从二元正态分布, 其中  $e_i \sim N(0, 1)$ ,  $v_i \sim N(1, \sigma_v^2)$ ;  $\sigma_\mu$  与  $\sigma_v$  分别为  $\mu_i$  与  $v_i$  的标准差, 用于检验技术非效率误差项  $\mu_i$  是否显著不为 0,  $U_i$  与  $V_i$  满足标准正态分布, 用于假定标准差  $\sigma_\mu$  与  $\sigma_v$  的概率分布。

### 1.3 数据来源与变量

农户微观数据来源于 2013 年在山东、江苏、四川、福建、江西 5 省 56 市 (县) 110 个镇的 800 个生猪养殖户的实地调查, 问卷覆盖养殖户基本信息、资产测度、2012 年成本收益情况等方面。样本收集覆盖中国东中西部, 气候与地理差异性较大, 满足气候相关研究所需的样本特征。本次调研共计发放问卷 800 份, 处理后获得有效问卷 739 份, 问卷有效率达 92%。

由于采用的倾向得分匹配与选择纠偏随机前沿函数相结合的实证思路, 故可将所采用的变量分为一阶段倾向得分匹配的自变量与因变量、二阶段选择纠偏随机前沿函数模型的自变量与因变量。一阶段倾向得分匹配的自变量为户主特征、家庭特征及风险特征, 因变量为农户适应性行为决策; 二阶段选择纠偏随机前沿函数的自变量为仔猪费用、饲料费用、水电费用、医疗防疫费用、维修管理费用、养殖人数、养殖面积、房屋与机械费用, 因变量为农户育肥猪总产值。

实证思路的第一阶段为倾向得分匹配, 用于获得匹配样本以减少可观测因素造成的偏差。其中自变量为养殖户适应性行为, 因变量为影响养殖户适应性行为的相关变量。而选取养殖户采纳防寒防暑设备决策代表适应性行为是出于其特殊的气候风险与养殖业特点两方面考虑的。一方面, 气候变化及其相关事件主要通过极端温度这一类不良天气事件对养殖业造成负面影响。长期极端高温形成的热浪、酷暑会造成畜牧养殖业生产力下降等问题<sup>[28]</sup>, 而极端低温形成的寒潮等事件会导致牲畜发病率提高等问题的出现<sup>[29]</sup>。而正是由于牲畜对环境温度存在要求, 逐渐形成了“热中性区”这一概念。热中性区是指牲畜在不改变其行为或生理功能的情况下保持健康的最佳温度范围和环境条件。当气温长期处于热中性区上方或下方时, 动物会出现热应激或冷应激症状, 机体机能逐渐下降, 表现为采食量不稳定、饲料效率降低与发病率提高<sup>[30]</sup>等, 严重高温或低温将导致牲畜直接死亡。另一方面, 在养殖业特有的气候风险胁迫下, 养殖户采纳防寒防暑设备是理性的较优选择。防寒防暑设备采纳决策通过优化养殖环境极大程度地降低温度对牲畜的压力, 诸如采纳隔温圈舍、圈舍温控器械、水帘冷却系统、喷淋降温与保温隔热设备等防寒防暑设备能够提高养殖户对养殖环境的温度、湿度和通风的控制能力, 明显改善养殖环境, 降低牲畜养殖料肉比, 同时也能大幅降低牲畜病死率<sup>[31]</sup>。而养殖业较高的专业化程度也促进养殖户采纳防寒防暑设备应对气候风险。养殖户往往生产商品化和市场化程度高的高价值牲畜产品, 其牲畜养殖经营过程具有规模化、专业化等特征, 较高的专业化程度与资产专用程度促进养殖户采取专业手段来降低养殖风险<sup>[32]</sup>。而防寒防暑设

备作为与气象风险相关的专用型资产,是养殖户降低气候风险的专业化手段与主流措施,具有较强的代表性。而适应性行为的影响因素包括受教育程度、性别<sup>[33]</sup>、经验<sup>[34]</sup>、风险偏好<sup>[35]</sup>、社会资本、是否遭遇极端天气事件与受灾程度<sup>[36]</sup>。

实证思路的第二阶段为选择纠偏随机前沿函数模型,用于减缓不可观测因素所造成的偏差。选取包括育肥猪总收入与育肥过程中投入的仔畜费用、饲料费用、医疗防疫费用、维修管理费用、养殖人数、养殖面积以及养殖机械与房屋费用作为生猪养殖户的要素投入产出变量,并采用C-D生产函数形式计算得到养殖户养殖生产效率。

#### 1.4 变量描述性统计

本文就养殖户采纳气候适应性行为决策分组进行描述性统计分析,其中适应组包括200户,未适应组包括539户。由表1可知,适应组养殖户在各个投入产出指标上显著高于未适应组养殖户。在户主特征与家庭特征方面,适应组养殖户年龄与养殖经验均显著低于未适应组养殖户,而在受教育程度上适应组养殖户显著高于未适应组养殖户。在风险特征方面,适应组养殖户面临比未适应组养殖户更高的天气风险。综上可得,适应组养殖户与未适应组养殖户在要素投入、家庭以及个人禀赋、风险特征方面均具有显著差异,这可能证明适应性行为决策是由养殖户个人与家庭的要素禀赋、天气条件等多方面条件综合促成的结果。

## 2 结果分析

本文采用倾向得分匹配与选择纠偏随机前沿函数相结合的实证思路,来解决养殖户气候适应性行为决策对于养殖业生产效率测算的内生性问题。具体步骤为:首先采用倾向得分匹配从全样本中筛选出匹配样本,对匹配样本进行技术效率估计,相比全样本来说说明降低了可观测因素造成的偏差。其次采用传统随机前沿函数与选择纠偏随机前沿函数对全样本、匹配样本进行效率估计,其中采用选择纠偏随机前沿函数对匹配样本进行的效率估计在第一步减轻可观测因素造成的偏差基础上降低了不可观测因素造成的偏差。最后对这六组生产效率估计结果进行 $T$ 检验,观测养殖户气候适应性行为对养殖业生产效率的影响程度。

### 2.1 倾向得分匹配筛选匹配样本

采用倾向得分匹配从全样本中筛选出匹配样本。倾向得分匹配筛选匹配样本的思路为首先对因变量适应性行为决策做Probit回归,自变量包括户主特征、家庭特征、养殖特征以及风险特征,然后根据检验结果选择具体倾向得分匹配方法计算倾向得分,获得匹配样本。Probit回归结果如表2,而在匹配方法的选择上,在测试多种匹配方法后,通过比较倾向得分共同支撑与平衡性假设检验结果,最终选择采用1:4的近邻匹配,据此计算出倾向得分筛选出匹配样本。

表2显示了第一阶段Probit的回归结果,可用于分析农户适应性行为决策的影响因素。实证结果表明农户年龄、养殖经验对气候变化适应性行为采纳呈负向影响,可能的原因为老龄农户富有经验,已经形成一套固有的知识体系,倾向采用粗放的要投入方式应对生产风险,避免承担技术风险,并不愿意采纳新技术;此外,认知障碍与学习障碍<sup>[37]</sup>,劳动力供给<sup>[38]</sup>、认知能力<sup>[39]</sup>等约束也共同限制老农采用新技术。风险偏好对采纳气候变化适应性行为呈正向影响,风险偏好型农户更愿意加大生产性投资,有更积极的技术采纳意愿。家庭总人口数对采纳气候变化适应性行为呈正向影响,以家庭人口数为核

表1 变量定义与描述性分析

Table 1 Variable definition and descriptive analysis

变量名称	变量描述	适应组	未适应组	均值差异
		均值	均值	
一阶段倾向得分匹配				
因变量：				
养殖户气候适应性行为决策	养殖户采纳防寒设备和防暑设备为1，否则为0	1	0	1***
自变量：				
户主特征				
年龄	户主年龄/岁	43.470	47.176	-3.706***
受教育程度	小学及以下=1；初中=2；高中或中专=3；大专及以上=4	1.945	1.839	0.106*
养殖经验	养猪年限/年	7.098	8.701	-1.604***
风险偏好	风险偏好型=1；风险中性=2；风险规避型=3	1.940	2.249	-0.309***
家庭特征				
家庭人口数	农户家庭人口总数/人	4.705	4.306	0.399***
纵向合作	农户同下游企业、合作社等产业组织合作为1，否则为0	0.380	0.212	0.168***
风险特征				
病死率	生猪病死率/%	0.020	0.015	0.005***
天气致死	存在因为天气因素导致的生猪病死为1，否则为0	0.535	0.332	0.203***
二阶段选择纠偏随机前沿函数				
因变量：				
育肥猪总产值	家庭育肥猪总收入对数/元	12.251	9.847	2.404***
自变量：				
仔猪费用	育肥过程中投入的仔猪费用对数/元	8.814	4.947	3.868***
饲料费用	育肥过程中生猪饲养所需饲料费用对数/元	11.665	9.051	2.614***
水电费用	育肥过程中水、电费用对数/元	7.121	5.166	1.955***
医疗防疫费用	育肥过程中生猪医疗防疫费用对数/元	8.342	6.649	1.693***
维修管理费用	育肥过程中所需机械的维修管理费用对数/元	5.814	2.105	3.709***
养殖人数	家庭从事养殖人数与雇工人数总和对数/个	1.107	1.030	0.076***
养殖面积	养殖面积对数/亩	1.010	0.441	0.570***
养殖房屋与机械费用	猪舍、养殖设备与机械费用总和对数/元	12.110	9.477	2.633***
样本量/个		200	539	

注：\*、\*\*\*分别表示在10%、1%的水平上显著，下同。

心指标的社会资本直接关系到农户在气候风险下的适应能力与适应策略。纵向合作对气候变化适应性行为采纳呈正向影响，以合作社为代表的产业组织能为成员提供应对气候变化的相关技术培训与物质支持，极大地提高农户采用气候变化适应性措施的积极性。天气致死和生猪病死率与气候变化适应性行为采纳呈正向影响，是否受灾以及受灾的严重程度直接关系到农户是否选择采纳适应性行为。

由上述回归结果结合具体采用的匹配方法可计算获得每个样本的倾向得分，本文在尝试多种匹配方法后根据倾向得分共同支撑假设以及平衡性假设检验结果选择1：4邻近匹

配（图1、表3）。经过上述步骤可从全样本获得匹配样本共计511户，其中采纳适应性行为的农户为196户，未采纳适应性行为的农户为315户。

倾向得分匹配法检验。基于近邻匹配法进行匹配后，最终的匹配效果需要从两个方面进行检验：其一，是否满足共同支撑假设；其二，是否满足平衡性假设。共同支撑假设要求匹配完成后，气候变化适应性行为采纳农户和未采纳农户倾向得分值（Propensity Score, PS）的分布形态基本保持一致。图1反映了气候变化适应性行为采纳农户和未采纳农户样本PS值在匹配前后的核密度分布图，可以看出匹配后气候变化适应性行为采纳农户和未采纳农户样本PS值的分布形态基本保持一致，可以满足共同支撑假设。

表2 一阶段Probit模型回归结果

Table 2 Regression results of probit model in the first stage

变量	系数	标准误
户主特征		
年龄	-0.017***	0.006
受教育程度	-0.013	0.075
养殖经验	-0.027***	0.011
风险偏好	-0.355***	0.083
家庭特征		
家庭总人口数	0.144***	0.040
纵向合作	0.445***	0.116
风险特征		
天气致死	0.406***	0.107
生猪病死率	9.048***	3.479
Log likelihood	-375.794	
Pseudo R <sup>2</sup>	0.129	
样本量/个	739	

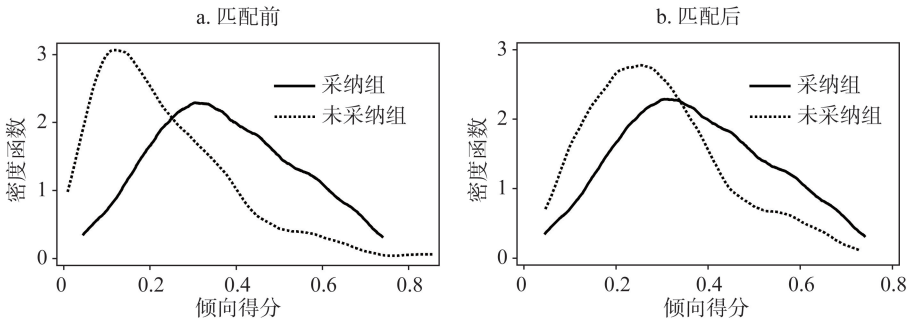


图1 匹配前后倾向得分的核密度分布

Fig. 1 Distribution of kernel density of propensity scores before and after matching

平衡性假设要求完成匹配后，采纳组与未采纳组在各匹配变量上没有显著差异。从表3中可以看出，匹配后所有变量标准偏差的绝对值都控制在5%以内，且组间均值差异都不显著，可以满足平衡性假设。

由图2样本共同支撑域分布可知匹配损失样本量较小，采纳组与未采纳组匹配效果较好，匹配结果能够有效满足共同支撑假设与平衡性假设。

2.2 基于随机前沿函数与选择纠偏随机前沿函数的养殖业生产效率估计

接下来采用随机前沿函数与选择纠偏随机前沿函数对全样本以及匹配样本测算养殖生产效率，其中选择纠偏随机前沿函数对匹配样本的效率测算结果减轻了可观测因素与不可观测因素造成的选择性偏差，而其他测算结果用于比较。

本文采用C-D型函数形式，首先采用随机前沿函数测算出养殖业生产效率，随后采用选择纠偏随机前沿函数测算出养殖生产效率。这一实证思路目的在于：（1）首先考量养殖户适应性行为决策是否对产出变量具有显著影响，并考量将适应性行为决策纳入生产函数



后其他要素投入的产出弹性变化。

(2) 养殖户适应性行为决策是否会导致农户处于不同的技术水平这一问题需要实证检验，这直接关系到养殖生产效率是否应当分组进行估计。本文采用极大似然比(LR test)检验适应组养殖户与未适应组养殖户的技术水平是否存在显著差异。

(3) 若上述检验结果证实养殖户确实处于不同的技术水平上，直接通过养殖户适应性行为决策分组对养殖生产效率进行估计可能存在内生性问题，因此应当采用选择纠偏随机前沿函数再一次检验这一分组变量是否内生，并纠正不可观测因素对效率造成的选择性偏差。

表4报告了基于全样本采用随机前沿函数模型与选择纠偏随机前沿函数模型的最大似然估计结果。随机前沿函数模型的估计结果表明：(1) 适应性行为决策变量显著正向影响养殖户育肥猪生产总 值。(2) 适应组与未适应组的随机前沿函数估计结果可知最大似然比检验结果，LR test 结果为-46.434<sup>①</sup>，拒绝零假设，表明适应组养殖户与未适应组养殖户在技术水平上具有显著差异，应当分组对其进行效率估计。

(3) 由上可知应当采用纠正选择纠偏随机前沿函数对适应组养殖户与未适应组养殖户进行效率估计，纠偏由于不可观测因素造成的选择性偏差。

对匹配样本进行效率估计能够降低可观测因素造成的选择性偏差，重复上述实证过程后，表5报告了匹配样本采纳随机前沿函数模型与选择纠偏随机前沿函数模型的最大似然估计结果，并得到如下结论：(1) 养殖户适应性行为显著影响产出变量。(2) 据此分组的随机前沿函数模型估计结果通过极大似然比检验，LR test的估计结果为-63.373，拒绝零假设，这表明采纳气候变化适应性行为的养殖户与未采纳养殖户生产技术水平具有显著差异，应当根据养殖户气候变化适应性行为分组进行养殖生产效率估计。

(3) 采用选择纠偏随机前沿函数模型对匹配样本进行效率估计能够在匹配样本纠正可观测因素造成的选择性偏差的基础上，纠正由于不可观测因素造成的选择性偏差，得到无偏效率估计。表5的估计结果表明，随机前沿函数与选择纠偏随机前沿函数的估计结果中，大多数要素投入估计系数方向与显著性基本一致，存在弹性系数上的变化。

表3 倾向得分匹配后的数据平衡性检验  
Table 3 Balance test of propensity score matching

变量	偏误/%	t值
户主特征		
年龄	-3.6	-0.36
受教育程度	-3.9	-0.39
养殖经验	4.4	0.49
风险偏好	-3.8	-0.40
家庭特征		
家庭总人口数	-4.9	-0.50
纵向合作	2.9	0.27
风险特征		
天气致死	-4.6	-0.45
生猪病死率	3.9	0.39

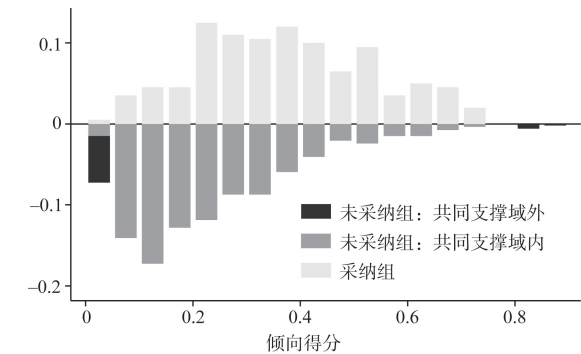


图2 倾向得分匹配结果  
Fig. 2 The results of propensity score matching

① 似然比检验计算结果： $LR=2\times[-869.078-(-231.904-613.957)]=-46.434$ 。



表4 基于全样本的随机前沿函数模型与选择纠偏随机前沿函数模型的最大似然估计结果  
Table 4 Parameter estimates for the conventional and sample selection SPF models: full sample

变量	随机前沿函数			选择纠偏随机前沿函数	
	全体组	适应组	未适应组	适应组	未适应组
仔畜费	0.182** (0.007)	0.020 (0.014)	0.026*** (0.009)	0.022*** (0.007)	0.019*** (0.007)
饲料费	0.335*** (0.029)	0.106* (0.057)	0.411*** (0.035)	0.349*** (0.025)	0.344*** (0.025)
水电费	-0.084** (0.028)	0.085 (0.068)	-0.110*** (0.042)	-0.094*** (0.033)	-0.068** (0.031)
医疗防疫费	0.190*** (0.036)	0.356*** (0.065)	0.117*** (0.046)	0.192*** (0.040)	0.194*** (0.038)
养猪人数	0.321*** (0.114)	0.572*** (0.222)	0.321** (0.142)	0.077*** (0.012)	0.073*** (0.011)
机械与房屋费用	0.102*** (0.027)	0.009 (0.069)	0.105*** (0.029)	0.270** (0.130)	0.237* (0.118)
维修管理费	0.052*** (0.011)	0.565** (0.023)	0.034*** (0.013)	0.089*** (0.023)	0.085*** (0.022)
猪舍面积	0.475*** (0.081)	0.397*** (0.147)	0.516*** (0.100)	0.499*** (0.091)	0.459*** (0.085)
适应性行为决策	0.602*** (0.078)				
常数	4.733*** (0.247)	6.398*** (0.611)	3.691 (0.746)	5.466*** (0.262)	4.891*** (0.220)
$\sigma_v$	0.638** (0.025)	0.506*** (0.506)	0.654*** (0.027)	0.737*** (0.044)	0.730*** (0.032)
$\sigma_u$	0.464*** (0.041)	0.630*** (0.080)	0.379*** (0.047)	0.802*** (0.065)	1.035*** (0.055)
$\rho$				-0.452*** (0.089)	0.974*** (0.070)
Loglikelihood	-869.078	-231.904	-613.957	-2054.818	-1160.648
lamda	0.728	1.244	0.580	1.088	1.416
观察值	739	200	539	200	539

注：\*表示在5%的水平上显著，下同。

2.3 养殖户气候适应性行为决策对养殖业生产效率的影响

表6报告了随机前沿函数与选择纠偏随机前沿函数对全体样本与匹配样本的效率估计结果，通过将养殖户分为适应组与未适应组，采用T检验比较组间是否存在显著效率差异。结果表明：（1）当纠正了可观测因素与不可观测因素造成的选择性偏差，适应组养殖户生产效率均值为0.618，未适应组养殖户生产效率均值为0.551，两组效率存在的显著效率差异为0.067，该实证结果有力地支撑了本文的理论分析结果。（2）若不控制由可观测因素与不可观测因素造成的选择性偏差，养殖户适应性行为对效率的影响将为负。这是由于农户适应性行为往往是农户在基于气候胁迫下的反应，农户采纳适应性行

表5 基于匹配样本的随机前沿函数模型与选择纠偏随机前沿函数模型的最大似然估计结果

Table 5 Parameter estimates for the conventional and sample selection SPF models: matched sample

变量	随机前沿函数			选择纠偏随机前沿函数	
	全体组	适应组	未适应组	适应组	未适应组
仔畜费	0.025*** (0.009)	0.037*** (0.013)	0.031*** (0.011)	0.026** (0.010)	0.023*** (0.007)
饲料费	0.332*** (0.033)	0.009* (0.055)	0.447*** (0.041)	0.342*** (0.030)	0.385*** (0.021)
水电费	-0.020 (0.035)	0.103* (0.062)	-0.067 (0.042)	-0.026 (0.041)	-0.005 (0.026)
医疗防疫费	0.220*** (0.041)	0.340*** (0.062)	0.121** (0.053)	0.222*** (0.051)	0.185** (0.036)
养猪人数	0.051*** (0.132)	0.038* (0.020)	0.031* (0.016)	0.084*** (0.013)	0.068*** (0.008)
机械与房屋费用	0.192 (0.130)	0.701*** (0.220)	0.116* (0.162)	0.148 (0.175)	0.285** (0.116)
维修管理费	0.033 (0.032)	0.036 (0.064)	0.035 (0.036)	0.037 (0.027)	0.066*** (0.021)
猪舍面积	0.434*** (0.090)	0.285** (0.139)	0.512*** (0.125)	0.439*** (0.103)	0.310*** (0.070)
适应性行为决策	0.579*** (0.081)				
常数	4.986*** (0.291)	6.078*** (0.563)	4.805*** (0.360)	5.512*** (0.331)	4.333*** (0.200)
$\sigma_v$	0.604*** (0.027)	0.442*** (0.046)	0.625*** (0.031)	0.726*** (0.076)	0.654*** (0.022)
$\sigma_u$	0.460*** (0.045)	0.654*** (0.076)	0.352*** (0.053)	0.804*** (0.071)	1.000*** (0.021)
$\rho$				-0.477** (0.188)	0.999*** (0.001)
Loglikelihood	-581.627	-218.573	-343.0584	-1141.625	-876.669
lamda	0.761	1.480	0.563	1.108	1.528
观察值	511	196	315	196	315

为与农户是否遭遇气象灾害高度相关，存在的不可观测的选择性偏差导致适应组生产效率低于未适应组生产效率。若未采用选择纠偏随机前沿函数进行估计，将导致严重的错估，从而造成气候变化适应政策落脚点上的偏离。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文从应对气候变化的微观主体农户出发，基于农业生产效率视角，评价农户气候变化适应性行为的有效性，为中国农业在气候变化挑战下转型发展提供证据。采用2012年中国5省739个养殖户样本，借鉴Bravo-Ureta等<sup>[27]</sup>提出的倾向得分匹配与选择纠

表6 养殖户适应性行为与养殖业生产效率T检验结果

Table 6 The T-test results of farmer adaptation and breeding production efficiency

养殖业生产效率均值比较	适应组	未适应组	均值差异（T检验结果）
全样本			
随机前沿函数（全体组）	0.652	0.657	-0.005
随机前沿函数（适应组与未适应组）	0.595	0.700	-0.105***
选择纠偏随机前沿函数模型（适应组与未适应组）	0.619	0.541	0.078***
匹配样本			
随机前沿函数（全体组）	0.663	0.658	0.005
随机前沿函数（适应组与未适应组）	0.593	0.718	-0.125***
选择纠偏随机前沿函数模型（适应组与未适应组）	0.618	0.551	0.067***

偏随机前沿函数相结合的实证思路，纠正了可观测因素与不可观测因素所造成的选择性偏差；对气候适应性行为采纳组养殖户与未采纳组养殖户的养殖业生产效率进行估计，发现养殖户适应性行为能够提高养殖业生产效率，当纠正了可观测因素与不可观测因素造成的选择性偏差后，适应组养殖户效率均值为0.618，未适应组养殖户效率均值为0.551，两组效率存在的显著效率差异为0.067。若不控制选择性偏差，养殖户适应性行为对养殖业生产效率的影响将被错误估计。据此，政府应该积极培育养殖户适应能力，缓解养殖户适应气候变化外在约束，通过设置防暑防寒专用设备的购置补贴、提供防寒防暑设备技术指导等方式，提高养殖户环境温度控制能力。政府还应当鼓励农企与合作社发展，提高农户纵向合作程度，通过“农企+合作社+农户”“合作社+农户”等模式向农户提供适应气候变化相关的生产技术服务，提高农户抗风险能力，使农户与合作社形成利益共享、风险共担的紧密利益结合体。

3.2 讨论

当前气候变化对种植业和养殖业造成的威胁越来越严重，农业生产转型升级的需求迫在眉睫。将农户适应性行为作为研究目标，现有研究普遍证实农户适应性行为能够有效降低气象风险，提升潜在产出水平，保障农户农业净收益，调整要素投入结构。在此基础上，综合考量适应性行为对投入产出的影响，进一步理论分析养殖户气候适应性行为影响养殖业生产效率的理论逻辑，并实证检验养殖户适应性行为决策的影响因素与适应性行为对养殖业生产效率的影响效应，证实气候风险下养殖户采纳的适应性行为决策能够显著提升效率，并可总结归纳出如下规律：

农户适应性行为决策能够通过影响产出与要素投入水平进而提高农业生产效率。农户在外生风险胁迫下做出的理性决策符合经济人假设，农户做出采纳适应性行为决策后潜在农业产出水平得到提高，要素投入结构得到优化，生产效率提升。这一结论是在现有文献研究基础上的进一步探索，所获得的实证结果能够有效支撑适应性行为极具效率的观点假设<sup>[40]</sup>，并在此基础上获得更具说服力的具象化实证证据。另外，适应组养殖户生产要素利用率层面的提升，有效支撑起现有文献中农户适应性行为决策与农业管理经营水平高度关联这一推论，从而完善研究农户适应性行为决策的理论体系。

纵向合作关系能够显著促进农户采纳适应性行为决策。适应性行为决策受到内外部条件约束，外部的风险特征与农户自身适应能力的强弱能够直接决定农户适应性行为决策的选择与采纳。本文发现纵向合作关系是决定农户适应能力强弱的重要组成因素，企

业与合作社等产业化组织能够与农户形成订单契约、合作互助等形式的利益共同关系, 通过向农户提供与适应气候变化相关的技术服务指导与信息资金支持, 有效保障农户收益降低生产风险, 这与毛慧等<sup>[31]</sup>、冯晓龙等<sup>[41]</sup>所获得的研究成果达成一致。

### 参考文献(References):

- [1] 陈兆波, 董文, 霍治国, 等. 中国农业应对气候变化关键技术研究进展及发展方向. 中国农业科学, 2013, 46(15): 3097-3104. [CHEN Z B, DONG W, HUO Z G, et al. Research advances and the development direction of key techniques for agriculture addressing climate change in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(15): 3097-3104.]
- [2] KARL T R, MELILLO J M, PETERSON T C, et al. Global climate change impacts in the United States: Highlights. *Environmental Policy Collection*, 2009, 11(4): 139-144.
- [3] 潘根兴, 高民, 胡国华, 等. 气候变化对中国农业生产的影响. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1698-1706. [PAN G X, GAO M, HU G H, et al. Impacts of climate change on agricultural production of China. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(9): 1698-1706.]
- [4] 周洁红, 唐利群, 李凯. 应对气候变化的农业生产转型研究进展. 中国农村观察, 2015, (3): 74-86, 97. [ZHOU J H, TANG L Q, LI K. Research progress on adapting agricultural production transformation to climate change. *China Rural Survey*, 2015, (3): 74-86, 97.]
- [5] LARSON D F, PLESSMANN F. Do farmers choose to be inefficient? Evidence from Bicol. *Journal of Development Economics*, 2009, 90(1): 24-32.
- [6] STPIERRE N R, COBANOV B, SCHNITKEY G D, et al. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86: 52-77.
- [7] SEO S N, MENDELSON R. Measuring impacts and adaptations to climate change: A structural Ricardian model of African livestock management. *Agricultural Economics*, 2008, 38(2): 151-165.
- [8] ZUMBACH B, MISZTAL I, TSURUTA S, et al. Genetic components of heat stress in finishing pigs: Development of a heat load function. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(9): 2082-2088.
- [9] HUYNH T T, AARNINK A J, VERSTEGEN M W, et al. Effects of increasing temperatures on physiological changes in pigs at different relative humidities. *Journal of Animal Science*, 2005, 83(6): 1385-1396.
- [10] 田素妍, 陈嘉烨. 可持续生计框架下农户气候变化适应能力研究. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 31-37. [TIAN S Y, CHEN J Y. Farmers' adaptation to climate change within the sustainable livelihood framework. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(5): 31-37.]
- [11] MENDELSON R, NORDHAUS W D, SHAW D. The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis: Reply. *The American Economic Review*, 1999, 89(4): 1046-1048.
- [12] FALCO S D, VERONESI M, YESUF M. Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 2011, 93(3): 829-846.
- [13] HUANG J K, WANG Y J, WANG J X. Farmers' adaptation to extreme weather events through farm management and its impacts on the mean and risk of rice yield in China. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, 97(2): 602-617.
- [14] 刘莹, 黄季焜. 农户多目标种植决策模型与目标权重的估计. 经济研究, 2010, 45(1): 148-157, 160. [LIU Y, HUANG J K. A multi-objective decision model of farmers' crop production. *Economic Research Journal*, 2010, 45(1): 148-157, 160.]
- [15] LOEHMAN E T, NELSON C H. Optimal risk management, risk aversion, and production function properties. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 1992, 17(2): 1-13.
- [16] 王建华, 邓远远, 朱淀. 生猪养殖中兽药投入效率测度: 基于损害控制模型的分析. 中国农村经济, 2018, (1): 63-77. [WANG J H, DENG Y Y, ZHU D. Economic efficiencies of antimicrobial use in pig production: An analysis based on a damage control model. *Chinese Rural Economy*, 2018, (1): 63-77.]
- [17] 朱红根, 康兰媛, 周曙东. 南方稻区季节性干旱农户适应行为及其影响因素实证分析. 自然资源学报, 2016, 31(9): 1540-1552. [ZHU H G, KANG L Y, ZHOU S D. The empirical analysis of farmers adaptation behavior to seasonal drought in southern rice growing area and its influencing factors. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(9): 1540-1552.]
- [18] 唐利群, 周洁红, 于晓华. 采用保护性耕作对减少水稻产量损失的实证分析: 基于4省1080个稻农的调研数据. 自然资源学报, 2017, 32(6): 1016-1028. [TANG L Q, ZHOU J H, YU X H. The impact of conservation tillage on reduction in rice yield loss: Evidence from 1080 Chinese rice farmers. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(6): 1016-1028.]
- [19] SONG C X, LIU R F, OXLEY L, et al. The adoption and impact of engineering-type measures to address climate



- change: Evidence from the major grain-producing areas in China. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2018, 62(4): 1-28.
- [20] MUKHERJEE D N, BRAVO-URETA B E, VRIES A D. Dairy productivity and climatic conditions: Econometric evidence from South-eastern United States. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2013, 57(1): 123-140.
- [21] KEY N, SNEERINGER S. Potential effects of climate change on the productivity of US dairies. *American Journal of Agricultural Economics*, 2014, 96(4): 1136-1156.
- [22] 张哲晰, 穆月英, 侯玲玲. 参加农业保险能优化要素配置吗? 农户投保行为内生化的生产效应分析. *中国农村经济*, 2018, (10): 53-70. [ZHANG Z X, MU Y Y, HOU L L. Does participation in agricultural insurance optimize factor allocation? An analysis of endogenous farmers' insurance decision-making and its effect on production. *Chinese Rural Economy*, 2018, (10): 53-70.]
- [23] 周洁红, 刘青, 王煜. 气候变化对水稻质量安全的影响: 基于水稻主产区 1063 个农户的调查. *浙江大学学报: 人文社会科学版*, 2017, 47(2): 148-160. [ZHOU J H, LIU Q, WANG Y. The impact of climate change on quality and safety of rice: Based on the survey of 1063 farmer in main rice production region. *Journal of Zhejiang University: Humanities and Social Sciences*, 2017, 47(2): 148-160.]
- [24] 孙世民, 张媛媛, 张健如. 基于 Logit-ISM 模型的养猪场(户)良好质量安全行为实施意愿影响因素的实证分析. *中国农村经济*, 2012, (10): 24-36. [SUN S M, ZHANG Y Y, ZHANG J R. An empirical analysis of the influencing factors of the implementation willingness of breeding farmer' safety behavior based on logit ISM model. *Chinese Rural Economy*, 2012, (10): 24-36.]
- [25] VILLANO R A, BRAVO-URETA B E, SOLIS D, et al. Modern rice technologies and productivity in the Philippines: Disentangling technology from managerial gaps. *Journal of Agricultural Economics*, 2015, 66(1): 129-154.
- [26] 冯晓龙, 刘明月, 仇焕广, 等. 资产专用性与专业农户气候变化适应性生产行为: 基于苹果种植户的微观证据. *中国农村观察*, 2018, (4): 74-85. [FENG X L, LIU M Y, QIU H G, et al. Impacts of asset specificity on specialized farmers' adaptation to climate change: Evidence from apple farmers in Shaanxi province. *China Rural Survey*, 2018, (4): 74-85.]
- [27] BRAVO-URETA B E, GREENE W H, SOILS D. Technical efficiency analysis correcting for biases from observed and unobserved variables: An application to a natural resource management project. *Empirical Economics*, 2012, 43(1): 55-72.
- [28] MORTON J F. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *PNAS*, 2007, 104(50): 19680-19685.
- [29] TUBIELLO F N, SOUSSANA J F, HOWDEN S M. Climate change and food security special feature: Crop and pasture response to climate change. *PNAS*, 2007, 104(50): 19686-19690.
- [30] THORNTON P K, HERRERO M. Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics. *PNAS*, 2010, 107(46): 19667-19672.
- [31] 毛慧, 周力, 应瑞瑶. 风险偏好与农户技术采纳行为分析: 基于契约农业视角再考察. *中国农村经济*, 2018, (4): 74-89. [MAO H, ZHOU L, YING R Y. Farmers' risk preferences and their technology adoption behavior: An examination from the perspective of contract farming. *Chinese Rural Economy*, 2018, (4): 74-89.]
- [32] 张燕媛, 展进涛, 陈超. 专业化、认知度对养殖户生猪价格指数保险需求的影响. *中国农村经济*, 2017, (2): 70-83. [ZHANG Y Y, ZHAN J T, CHEN C. The impact of specialization and cognition degree on farmers' demand for swine price index insurance products: An empirical analysis. *Chinese Rural Economy*, 2017, (2): 70-83.]
- [33] ASFAW A, ADMASSIE A. The role of education on the adoption of chemical fertilizer under different socioeconomic environments in Ethiopia. *Agricultural Economics*, 2004, 30(3): 215-228.
- [34] SHIFERAW B, HOLDEN S T. Resource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian highlands: A case study in Andit Tid, North Shewa. *Agricultural Economics*, 1998, 18(3): 233-247.
- [35] JIN J J, GAO Y W, WANG X M, et al. Farmers' risk preferences and their climate change adaptation strategies in the Yongqiao district, China. *Land Use Policy*, 2015, 47: 365-372.
- [36] 周力, 周曙东. 极端气候事件的灾后适应能力研究: 以水稻为例. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(4): 167-174. [ZHOU L, ZHOU S D. Post-disaster adaptability to extreme weather events. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(4): 167-174.]
- [37] 杨志海. 老龄化、社会网络与农户绿色生产技术采纳行为: 来自长江流域六省农户数据的验证. *中国农村观察*, 2018, (4): 44-58. [YANG Z H. Ageing, social network and the adoption of green production technology: Evidence from farm households in six provinces in the Yangtze River Basin. *China Rural Survey*, 2018, (4): 44-58.]
- [38] 应瑞瑶, 徐斌. 农户采纳农业社会化服务的示范效应分析: 以病虫害统防统治为例. *中国农村经济*, 2014, (8): 30-

41. [YING R Y, XU B. Analysis on the demonstration effect of farmers' adoption of agricultural socialized services. Chinese Rural Economy, 2014, (8): 30-41.]
- [39] 汪伟, 姜振茂. 人口老龄化对技术进步的影响研究综述. 中国人口科学, 2016, 26(3): 114-125, 128. [WANG W, JIANG Z M. The delayed retirement intension and its determinants of Chinese urban labor force. Chinese Journal of Population Science, 2016, 26(3): 114-125, 128.]
- [40] MENDELSON R. Efficient adaptation to climate change. Climatic Change, 2000, 45(3-4): 583-600.
- [41] 冯晓龙, 刘明月, 霍学喜, 等. 农户气候变化适应性决策对农业产出的影响效应: 以陕西苹果种植户为例. 中国农村经济, 2017, (3): 31-45. [FENG X L, LIU M Y, HUO X X, et al. The effects of farmers' adaptation to climate change on agricultural production: A case study on apple farmers in Shaanxi. Chinese Rural Economy, 2017, (3): 31-45.]

## The effect of farmer adaptation behavior to climate change on the improvement of breeding industry production efficiency

GONG Yi-xun<sup>1</sup>, YANG Dan<sup>1,2</sup>

(1. School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Agricultural Education Development Research Center of Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** The transformation of agricultural production in China is challenged by severe climate change. Therefore, it is significant to discuss the effectiveness of adaptation behavior to climate change of rural households from the perspective of production efficiency. In this paper, first, the logical relationship between the breeder's adaptation behavior to climate change and the breeding industry production efficiency was taken into a discussion on a theoretical level. And then, on the basis of evidence retrieved from the micro-survey on breeders in five provinces of China, the empirical research method that combines the propensity score matching model and selectivity-corrected stochastic production frontier model was adopted to analyze and figure out the impact of breeder's adaptation behavior to climate change on breeding industry production efficiency. The research results show that: (1) The breeding industry production efficiency can be significantly improved by breeder's adaptation behavior to climate change. After the selection basis resulted from the observable factors and unobservable factors were corrected, the average breeding industry production efficiency of the adaptation group was 0.618 while, at the same time, the average breeding industry production efficiency of the non-adaptation group was 0.551. (2) If the selection bias was not taken into consideration, mistakes would occur in the course of the evaluation on the impact of the breeder's adaptation behavior to climate change on breeding industry production efficiency. Hence, this paper provides strong support for the government to formulate the policy for breeders, that is, influencing their adaptation behavior to climate change in the face of severe climate change and to push forward the transformation of agricultural production.

**Keywords:** climate change; farmers adaptation behavior to climate change; production efficiency; selectivity-corrected stochastic production frontier model