第 42 卷第 5 期
2021 年 9 月
农业现代化研究
RESEARCH OF AGRICULTURAL MODERNIZATION
Vol. 42 No. 5
Sept., 2021

引用格式：
李凡略, 何可, 张俊飚. 价值认知对规模养猪户农业碳交易参与意愿及期望碳价的影响——以户用沼气 CCER 项目为例 [J]. 农业现代化研究, 2021, 42(5): 889-899.
Li F L, He K, Zhang J B. The influence of value perception on the willingness to participate in agricultural carbon trading and expected carbon price of large-scale hog farms: A case study of the household biogas CCER project[J]. Research of Agricultural Modernization, 2021, 42(5): 889-899.
DOI: 10.13872/j.1000-0275.2021.0076

# 价值认知对规模养猪户农业碳交易参与意愿及期望碳价的影响
## ——以户用沼气 CCER 项目为例

李凡略[1]，何可[1*]，张俊飚[1, 2]

（1. 华中农业大学经济管理学院，湖北农村发展研究中心，湖北 武汉 430070；
2. 湖北生态文明建设研究院，湖北 武汉 430070）

**摘 要：**促进规模养猪户参与碳交易对实现中国的“碳中和”和农民增收目标具有重要意义。基于计划行为理论，以户用沼气 CCER 项目为例，利用 Heckman 选择模型，运用定量和定性的研究方法，分析农业碳交易价值认知对规模养猪户参与该项目的影响，探讨利用农业碳交易项目减少农业碳排放、实现农民增收的可能路径。结果表明，规模养猪户对农业碳交易项目的市场价值认知有待加强，同时约有 93.21% 的样本规模养猪户表示愿意参与沼气 CCER 项目，其平均期望碳价为 15.26 元 /t。市场价值认知有助于改善规模养猪户的参与意愿，而非市场价值认知则能提高规模养猪户参与农业碳交易后的期望碳价。未来拟扩大养殖规模、家中接入互联网和村庄认同度较高的规模养猪户更容易受到市场价值认知的影响，表现出更强的农业碳交易参与意愿；未来拟扩大养殖规模和村庄认同度较低的规模养猪户则更容易受到非市场价值认知的影响而表现出更高的期望碳价水平。因此，需要关注到价值认知的重要作用，有针对性地宣传农业碳交易项目的价值，从而保障该项目在农村地区更好地推广。

**关键词：**农业碳交易；价值认知；参与意愿；期望碳价；规模养猪户
**中图分类号：**F326.3; X713 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-0275（2021）05-0889-11

**The influence of value perception on the willingness to participate in agricultural carbon trading and expected carbon price of large-scale hog farms: A case study of the household biogas CCER project**

LI Fan-lue[1], HE Ke[1], ZHANG Jun-biao[1, 2]
（1. College of Economics and Management, Huazhong Agricultural University, and Hubei Rural Development Research Center, Wuhan, Hubei 430070, China; 2. Hubei Institute of Ecological Civilization Construction, Wuhan, Hubei 430070, China）

**Abstract**：It is crucial to achieve the goal of “carbon neutrality” and to increase the income of farmers by promoting large-scale hog farms’ participation in carbon trading. Based on the theory of planned behavior and taking the household biogas CCER project as an example, this paper analyzed the influence of the perceived value on large-scale hog farms’ participation in the household biogas CCER project by the Heckman selection model and explored the possible ways to reduce agricultural carbon emission and to increase farmers’ income. Results show that the market value perception of large-scale hog farms needs to be strengthened, while approximately 93.21% of the sample are willing to participate in the household biogas CCER project, and their average expected carbon price is 15.26 RMB/t. Further empirical analysis shows that market value perception contributes to improving the large-scale hog farms’ willingness of participation, while non-market value perception increases the expected carbon price of large-scale hog farms after their participation in the agricultural carbon trading project. Large-scale hog farms intended to expand their production and operation scales in the future, with internet access to home or with higher village identification are more likely to be influenced by the market value perception, and thus show a stronger willingness to participate in the agricultural carbon trading

**基金项目：**国家自然科学基金青年项目（71703051）；中央高校基本科研业务费专项资金项目（2662020JGPYK06）；教育部人文社科基金项目（17YJC790169）。
**作者简介：**李凡略（1997—），男，湖南岳阳人，博士研究生，主要从事资源与环境经济研究，E-mail: lifanlue@webmail.hzau.edu.cn；通信作者：何可（1989—），男，湖南浏阳人，副教授，博士生导师，主要从事资源与环境经济研究，E-mail: hk@mail.hzau.edu.cn。
**收稿日期：**2021-03-23；**接受日期：**2021-06-28
**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (71703051); Fundamental Research Funds for the Central Universities (2662020JGPYK06); Foundation for the Development of Humanities and Social Sciences of Ministry of Education of China (17YJC790169).
**Corresponding author:** HE Ke, E-mail: hk@mail.hzau.edu.cn.
**Received** 23 March, 2021; **Accepted** 28 June, 2021

project. While hog farms intended to expand their hog production scale in the future and with a lower degree of village identification are more likely to be influenced by non-market value perceptions, and thus show a higher degree of expected carbon price. Therefore, it is necessary to pay attention to the important role of value perception and the targeted advocacy of the value of the agricultural carbon trading project in a targeted manner to ensure better promotion of the project in rural areas.

**Key words**：agricultural carbon trading; value perception; willingness to participate; expected carbon price; large-scale hog farms

由二氧化碳等温室气体排放带来的全球气候变化问题对人类生存和社会发展造成了严重威胁，成为世界各国面临的重大挑战。作为全球较大的碳排放国之一，中国政府高度重视碳减排问题，提出于2060年前实现“碳中和”的目标。为实现该目标，除了来自工业的过度碳排放问题外，农业生产导致的过度碳排放亦需要得到重视，尤其是来自畜禽养殖的碳排放[1-2]。为此，中国政府尝试推行碳交易政策，旨在通过农业碳交易项目缓解农业碳排放问题。目前，这一政策工具已成为控制碳排放的有效手段之一[3]，且在促进农民增收、缓解贫困等方面也发挥了重要作用[4]。由此，通过推动规模养猪户参与农业碳交易，不仅能够有效减少农业碳排放总量，推动碳中和目标的实现，还能促进规模养猪户增收，从而有助于夯实共同富裕的基础。在此背景下，探讨影响规模养猪户参与农业碳交易的因素具有重要的意义。

目前，学界已有一些研究探讨了影响公众参与碳交易项目的关键因素。具体到农户层面，由于森林碳汇项目开展较早，不少文献以森林碳汇项目为例开展了相关分析[5]。朱臻等[6]讨论了风险态度对农户参与森林碳汇项目的影响，认为风险偏好类型的农户群体会对该项目表现出更强的积极性；明辉等[7]基于四川省 99 户农户的数据，发现信任是影响农户参与森林碳汇项目的关键因素；龚荣发和曾维忠[8]则发现性别、文化程度等个人特征以及林地面积、收入水平等家庭生产经营特征是影响农户参与森林碳汇项目的重要因素。

上述研究从不同角度考察了影响农户参与以森林碳汇为代表的碳交易项目的因素，但缺乏对价值认知的关注。事实上，已有一些研究发现价值认知能够在人们参与生态环境治理项目的过程中发挥重要作用[9-10]。然而，与一般的生态环境治理项目不同，除了能够起到保护环境的作用外，农业碳交易项目往往还能够通过碳交易市场的补偿为农户带来经济收益，故而，很有必要进一步探讨价值认知对规模养猪户碳排放权期望售价的影响。不仅如此，本文所关注的户用沼气 CCER 项目与森林碳汇项目也存在一些差异：一是作用范围不同。森林碳汇项目的主要作用在于增加碳汇，而户用沼气 CCER 项目既能够减少碳排放，又能够推动畜禽粪便等农业废弃物的资源化利用，改善农村人居环境[11]。二是具体要求不同。由于山区通常拥有丰富的森林资源，森林碳汇项目主要在山区实施，且需要连片经营[12]；户用沼气 CCER 项目通常受地形的限制较小，且能够分散经营。这意味着，相较于森林碳汇项目，户用沼气 CCER 项目的适用性更强，更容易在全国范围内进行推广。故而，以户用沼气 CCER 项目为例，通过探讨价值认知对规模养猪户农业碳交易项目参与的影响，能够丰富农业领域碳交易研究，从而为更好地在农村地区推广碳交易项目提供借鉴。

然而，目前有关碳交易的研究主要集中在工业领域，很少有研究探讨以农业为基础的碳交易。不仅如此，在经济理性条件下，农户往往更加重视市场价值，而忽视非市场价值[13]。由此，可能导致两种价值认知对规模养猪户参与农业碳交易项目的影响存在差异。通过对这两种价值认知进行区分，能够更清楚地理解价值认知的作用，从而凝练出更具针对性的对策建议。据此，本文基于计划行为理论，利用湖北省 692 户规模养猪户的调查数据，以农户较为熟悉、发展较为成熟的户用沼气 CCER 项目为例，应用 Heckman 选择模型，分析农业碳交易项目价值认知对规模养猪户参与该碳交易意愿与期望碳价的影响。

## 1 概念界定与理论分析

### 1.1 概念界定

1.1.1 *农业碳交易* 农业碳交易是指碳交易政策在农业领域的具体应用，旨在控制农业生产和农户生活能源使用带来的碳排放。所谓 CCER，是指中国核证自愿减排额度（Chinese Certified Emission Reduction），其定义是，依据国家发展与改革委员会实施的《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》规定，经国家备案并在注册登记系统中登记的碳减排量。当前，户用沼气 CCER 项目是中国农村最常见的农业碳交易项目形式之一，属于自愿性碳交易

项目。一般地，在户用沼气 CCER 项目中，项目组织方会免费帮助农户修建标准化的沼气池，并为其提供相应的使用指导、维修等配套服务，从而帮助农户减少生产和生活中所产生的碳排放量。在对这些碳减排量进行核证后，相应机构会将该项目所产生的全部 CCER 放到碳交易市场，换取相应的经济收益。通常来说，该项目可以被划分为项目文件设计、项目审定、项目备案、项目实施与监测、减排量核查与核证、减排量签发 6 个阶段。

值得一提的是，在户用沼气 CCER 项目中，农户虽不需要承担建设、维护沼气池费用等显性成本，但该项目却可能给农户带来额外的隐形成本（机会成本）负担。具体而言，当沼气池修建好后，农户需要花费一定的时间收集和处理沼气原料，并进行沼气池日常运行管理[14]，这可能减少其从事农业生产或外出务工的时间。倘若农户认为参与该项目带来的收益不如自己从事其他工作带来的收益高，那么他们就有可能对该项目表现出消极的态度。

1.1.2 *农业碳交易项目价值认知*　农业碳交易项目价值认知主要是指，规模养猪户对该项目所提供的环境产品价值的认知和判断。本文将规模养猪户对农业碳交易项目的价值认知划分为两个层面。一是市场价值认知。其主要是指规模养猪户对农业碳交易项目所提供的环境产品外在价值的认知，包括对环境产品可以直接通过市场交易获得价值的认知。市场价值更多地体现了农业碳交易项目在保障经济福利方面发挥的作用，如提高收入、拉动经济发展等。二是非市场价值认知。其主要是指规模养猪户对农业碳交易项目提供的环境产品无法直接通过市场交易获得间接价值的认知。非市场价值则更多的体现了农业碳交易项目在生态服务和社会保障方面发挥的作用，如提高环境质量、改善健康状况等。

### 1.2 理论分析

农业碳交易项目价值认知究竟如何影响规模养猪户参与该项目？本文将从参与意愿和期望碳价两个方面来分析。

1）参与意愿。根据计划行为理论（Theory of Planned Behavior，TPB），个人的行为是经过长期深思熟虑计划的结果，其对事物的认知程度往往会直接或间接影响自身的选择偏好和意愿[15]。根据该理论，规模养猪户对农业碳交易项目的价值认知受到自身的行为态度、主观规范和行为控制的共同影响，进而决定了其是否会愿意参与到农业碳交易项目当中。换言之，若规模养猪户能够认识到农业碳交易项目的重要价值，那么其将很有可能愿意参与该项目。类似文献也发现价值认知是促进人们产生参与意愿的重要影响因素[16]。基于上述分析，本文认为价值认知很有可能会增强规模养猪户参与农业碳交易项目的意愿。

2）期望碳价。农业碳交易项目价值认知很有可能增强规模养猪户参与该项目后的期望碳价。主要有两个方面的原因。第一，若规模养猪户对农业碳交易项目拥有较高的价值认知，那么很有可能认识到碳减排所带来的正外部性及其由此带来的社会收益，增加期望碳价，以尽可能弥补私人收益的不足。第二，若规模养猪户认为农业碳交易项目蕴含着较高的价值，那么其参与农业碳交易项目后，有可能愿意为实现碳减排的目标而付出比其他规模养猪户更多的努力，由此将表现出更高的期望回报水平。事实上，类似研究也发现对生态环境保护项目价值拥有较强认知的居民可能会表现出更高的期望回报水平[17]。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本文的数据来源于课题组 2018 年 7 月至 8 月赴湖北武汉、宜昌、十堰、黄冈、荆门、荆州、襄阳、咸宁、恩施等地对规模养猪户进行的入户调查。选择湖北省作为研究对象的原因主要有三点：第一，湖北省早在 2015 年就于红安县建立了中国首个基于 CCER 的碳众筹项目，即农村户用沼气 CCER 项目，故而该项目在湖北的发展较为成熟；第二，在《湖北省农村能源发展“十三五”规划》中，湖北省政府明确提出了加强农村 CCER 碳交易项目建设的要求；第三，户用沼气 CCER 碳交易项目在湖北农村取得了相当大的成果。如湖北恩施通过开展户用沼气 CCER 碳交易项目，每年可以减少二氧化碳排放量 7 298 t，获得碳交易收入 10 万美元，并且该项目是中国在联合国成功注册的第一个户用沼气 CCER 碳交易项目。

为确保数据的可靠性和真实性，所有的调研人员都经过了精心挑选，其中大部分调研人员都拥有丰富的调研经验。在调研过程中，课题组依据生猪产业发展现状在上述市级行政区随机选择 2~4 个县区，在当地政府相关部门获得规模养猪户名单之后于每个县区随机抽取 20~40 户，总共获得调查问卷 727 份。借鉴《全国农产品成本收益资料汇编》和《中国畜牧业年鉴》对规模养猪户的分类方法，并参考张燕媛等[18]的研究、结合湖北省的实际情况，本文将生猪年出栏量达到 30 头以上的养猪户定义

为规模户。因此，在剔除生猪年出栏量低于 30 头和有主要内容缺失、信息前后矛盾的养猪户样本后，获得适用于本研究的有效问卷 692 份。

从样本个体特征来看，受访者以男性为主（占比 91.3%），平均年龄为 47.116 岁，基本上符合我国规模养猪户以男性为主，且平均年龄偏大的基本特征[19]。同时，受访者的平均受教育年限为 8.869 年。根据《第三次全国农业普查》数据，中国中部有 91% 的农业生产人员的受教育程度位于初中及以下，表明本文样本选取具有一定的代表性。

### 2.2 Heckman 选择模型

在探讨影响规模养猪户参与农业碳交易项目意愿的因素后，本文还将继续探讨影响规模养猪户期望碳价的因素，但是这一过程仅仅适用于那些愿意参与农业碳交易的规模养猪户。显然，收集到的期望碳价信息并非来自全体样本的随机选择，而是具备农业碳交易参与意愿的群体。这会导致选择偏差问题的产生，违反了随机抽样的假设。若直接使用普通最小二乘法（Ordinary Least Squares，OLS）进行估计可能会导致有偏的回归系数。Heckman[20] 较早地注意到了这一问题，并提出了通过 Heckman 选择模型对样本的选择偏误进行纠正。目前，该模型已在许多研究中得到了应用[21-22]。因此，本文采取 Heckman 选择模型分析价值认知对规模养猪户参与农业碳交易项目意愿及期望碳价的影响。该模型被分为两个阶段进行。第一阶段利用 Probit 模型分析影响规模养猪户参与农业碳交易项目意愿的因素，模型可以设置为：

$$Y = \alpha \mathrm{VA} + \beta_i X_i + \varepsilon \tag{1}$$

其中，$Y$ 为规模养猪户的农业碳交易项目参与意愿，VA 则表示规模养猪户对农业碳交易项目价值的认知。$X_i$ 代表其他控制变量。$\alpha$ 和 $\beta_i$ 为待估参数，$\varepsilon$ 为误差项。

鉴于在使用 OLS 估计时可能出现选择偏误的情况，需将从第一阶段得到的逆米尔斯比率（Inverse Mills Ratio，IMR）$\lambda_i$ 加入第二阶段，以修正第二阶段的选择性偏误问题。据此可以在第二阶段得到修正的估计方程，其具体形式为：

$$\mathrm{SELL} = \alpha \mathrm{VA} + \beta_i X_i + \lambda_i \sigma + \varepsilon + \tau \tag{2}$$

其中，SELL 为规模养猪户参与农业碳交易项目后的期望碳价，$\sigma$ 为 $\lambda_i$ 待估参数，$\varepsilon$ 为误差项，$\tau$ 为常数项。如果 $\sigma$ 的系数显著且不为 0，则意味着需要使用 Heckman 选择模型进行估计。

此外，为了避免第一阶段和第二阶段方程的解释变量相同而带来的多重共线性问题，在模型的第一阶段至少需要放入一个排他性约束变量。通常来说，Heckman 选择模型有极大似然估计法（Maximum Likelihood Estimate，MLE）和两步法两种估计方法。考虑 MLE 比两步法更有效率[23]，所以本文使用 MLE 进行估计。

### 2.3 费舍尔组合检验

对于具有不同禀赋、发展规划的农村居民而言，价值认知对其参与农业碳交易项目的影响可能存在差异。为保证自身长期发展，未来拟扩大规模的规模养猪户会对农业碳交易项目表现出更强的积极性；使用互联网的规模养猪户可能更方便了解到农业碳交易项目的价值，从而更容易受到价值认知的影响而选择参与农业碳交易项目；对村庄具有更强认同感的规模养猪户可能更希望家乡得到可持续发展，从而更容易受到价值认知的影响而对农业碳交易项目表现出更强的积极性。因此，本文拟从预期养殖规模、互联网接入和村庄认同三个角度，讨论价值认知对不同规模养猪户参与农业碳交易项目影响的差异。

通常来说，检验异质性的方法主要有构建交互项、基于似无相关模型 SUR 的检验和费舍尔组合检验三种。考虑到费舍尔组合检验的研究假定更为宽松，且不受模型的限制，本文选择了费舍尔组合检验探讨价值认知对不同类型规模养猪户农业碳交易参与意愿以及期望碳价的异质性影响。该检验依托于自选择抽样（Bootstrap）的方法对规模养猪户进行重新抽样，进而得到经验样本，并通过该样本计算出经验 $P$ 值，以此观测两组样本之间系数是否存在显著性差异。

以预期养殖规模的异质性为例，经验 $P$ 值的获取步骤为：1）将来自非规模扩大组和规模扩大组的样本混合起来，假设来自两个组中的规模养猪户数目分别为 $n_1$ 和 $n_2$，则共有 $n=n_1+n_2$ 位规模养猪户；2）在每一轮模拟中，需要从这 $n$ 位规模养猪户中随机抽取 $n_1$ 和 $n_2$ 位规模养猪户，并将其划分为非规模扩大组和规模扩大组；3）分别估计上述两个组中的系数值，并记录下系数差值 $d_i$；4）将第 2 步和第 3 步反复执行 $k$ 次（在本文中，$k$=1000），从而计算出 $d_i$（$i$=1, 2, ⋯, 1 000）大于实际系数差值 $d_0$ 的百分比，即经验 $P$ 值。

### 2.4 变量设置

本文的因变量为规模养猪户的农业碳交易参与，使用条件价值评估法（Contingent Valuation Method， CVM）进行调查。具体可分为两个阶段：第一阶段是规模养猪户参与农业碳交易项目的意愿，若受访者回答“愿意”则赋值为 1，“不愿意”则赋值为 0。若规模养猪户表示愿意参与该项目，则继续询问规模养猪户“近 1 年来湖北二氧化碳的价格为 11~18 元 /t，您希望最少以多少元 /t 的价格出售减排的二氧化碳？”，以此测量他们的期望碳价水平（表 1）。

值得一提的是，虽然 CVM 法已经在评估自然资源或环境产品的价值方面得到广泛应用，但由假想市场条件引起的信息偏差问题通常不容忽视 [24]。许多研究认为，在 CVM 调查的过程中，需要采用提前披露策略，确保受访者足够了解与调查内容相关的背景信息 [25]。具体到本研究，在询问农业碳交易项目的相关问题之前，调研人员会先向受访者介绍农业碳交易项目的具体背景和知识，并详细说明湖北省碳市场的基本情况，尽可能为规模养猪户模拟出一个真实的市场环境，从而克服信息偏差，以得到尽可能准确的期望碳价评估结果。

本文的核心自变量为规模养猪户对农业碳交易项目所提供的环境产品价值的认知（表 1）。在户用沼气 CCER 碳交易项目中，规模养猪户通常需要利用秸秆、畜禽粪便等农业废弃物制取沼气，以此减少农业碳排放，保护生态环境，并换取对应的经济收益。因此，通过询问规模养猪户对采取秸秆 / 畜禽粪便制沼气等农业废弃物处理方式作用这一具体问题的看法来测量他们对农业碳交易项目提供的环境产品价值的认知。其中，在“创造就业岗位”“带动当地产业经济发展”“提高农民收入”和“节约生活、生产成本”上的作用代表规模养猪户对农业碳交易项目的市场价值认知，取值范围为 1~3 分，分数越高代表作用越大；在“提高环境质量”“减少疾病传播”“改善村容村貌”和“合理开发资源”上的作用代表规模养猪户对农业碳交易项目的非市场价值认知，取值范围为 1~3 分，分数越高代表作用越大。与此同时，将上述几个对应问题的变量通过主成分分析提取出最主要的成分作为测量规模养猪户的市场价值认知和非市场价值认知指标。经检验，市场价值 4 个指标的 KMO 检验值为 0.817，大于 0.7。并且 Bartlett 球形度检验的近似卡方为 1 221.028，对应的 sig 值为 0.000。这表明市场价值

**表 1　变量设置、赋值说明与描述性统计**

**Table1　Variable definition, assignment description, and descriptive statistics**

| 变量 | 赋值说明 | 全体样本 | | 有参与意愿样本 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 均值 | 标准差 | 均值 | 标准差 |
| 参与意愿 | 愿意参与农业碳交易项目 =1；不愿意 =0 | 0.932 | 0.252 | - | - |
| 期望碳价 | 二氧化碳出售价格（元 /t） | - | - | 15.262 | 7.252 |
| 市场价值认知 | 对农业碳交易项目市场价值的看法，取第一主成分 | 0.000 | 1.000 | -0.002 | 1.004 |
| 非市场价值认知 | 对农业碳交易项目非市场价值的看法，取第一主成分 | 0.000 | 1.000 | -0.015 | 1.003 |
| 性别 | 男 =1；女 =0 | 0.913 | 0.282 | 0.915 | 0.280 |
| 年龄 | 实际年龄（周岁） | 47.116 | 8.481 | 46.980 | 8.423 |
| 受教育年限 | 接受正规教育的时间（年） | 8.869 | 3.093 | 8.942 | 3.140 |
| 干部户 | 家中有人担任（或曾担任）干部 =1；其他 =0 | 0.266 | 0.442 | 0.271 | 0.445 |
| 家庭总人口 | 家庭总人口（人） | 4.812 | 1.375 | 4.831 | 1.348 |
| 家庭年收入 | 家庭年收入（万元），取对数 | 2.843 | 1.030 | 2.831 | 1.024 |
| 科技示范户 | 科技示范户 =1；其他 =0 | 0.439 | 0.497 | 0.437 | 0.496 |
| 生猪养殖规模 | 前一年生猪出栏量（头），取对数 | 5.455 | 0.958 | 5.473 | 0.962 |
| 种植规模 | 前一年土地经营面积（$hm^2$），取对数 | 0.500 | 0.581 | 0.493 | 0.569 |
| 养猪场位置 | 养猪场位于村庄内 =1；其他 =0 | 0.504 | 0.500 | 0.501 | 0.500 |
| 是否参加合作社 | 加入专业合作社 =1；其他 =0 | 0.358 | 0.480 | 0.361 | 0.481 |
| 时间成本 | 对“保护环境需要花费很多时间”的看法 | 3.637 | 0.915 | 3.637 | 0.903 |
| 经济成本 | 对“保护环境需要花费很多金钱”的看法 | 3.684 | 0.942 | 3.676 | 0.932 |
| 精力成本 | 对“保护环境需要花费很多精力”的看法 | 3.698 | 0.890 | 3.696 | 0.873 |
| 平原 | 平原 =1；其他 =0 | 0.191 | 0.393 | 0.195 | 0.397 |
| 山地 | 山地 =1；其他 =0 | 0.399 | 0.490 | 0.406 | 0.492 |
| 鄂东 | 鄂东地区 =1；其他 =0 | 0.299 | 0.458 | 0.274 | 0.447 |
| 鄂中 | 鄂中地区 =1；其他 =0 | 0.266 | 0.442 | 0.267 | 0.443 |
| 县（区）支付比例 | 所在县（区）样本愿意参与农业碳交易项目比例 | 0.932 | 0.088 | 0.940 | 0.081 |
| 样本量 | | 692 | | 645 | |

注：时间成本、经济成本和精力成本的赋值为 1~5 分，分数越高代表越认同。

的 4 个变量适合进行因子分析。非市场价值的 4 个指标 KMO 检验值为 0.792，Bartlett 球形度检验的近似卡方为 1 329.652，对应的 sig 值为 0.000。这表明非市场价值的 4 个变量也适合进行因子分析。

借鉴生态环境领域的相关研究 [26-27]，本文选取了规模养猪户的个体特征、家庭特征和生产经营特征作为控制变量。其中，个体特征包括规模养猪户的性别、年龄和受教育年限，家庭特征包括家庭成员是否当过村干部、家庭总人口、家庭年收入和是否为科技示范户，生产经营特征包括生猪养殖规模、种植规模、养猪场位置和是否参加合作社。同时，本文加入了规模养猪户对环境保护产生的时间成本、经济成本和精力成本的感知。此外，考虑到不同地区的社会经济条件存在差别，本文还控制了地形与地区特征，包括平原、山地、鄂东和鄂中。

Lennox 等 [28] 指出，Heckman 选择模型的第一阶段需要有“排除性约束”（Exclusion Restrictions），该变量与工具变量类似，需要与规模养猪户的参与意愿相关，但与期望碳价没有直接关系。因此，本文在第一阶段加入了县区支付比例作为排除性约束变量。具体来说，该变量由同一地区愿意参与农业碳交易项目的人数（不包括回答问题的受访者）除以当地全部受访者人数而得到。使用该变量的原因在于，人们在进行生产或生活的决策时，存在“同群效应”（Peer Effects）。换言之，本地区其他人参与农业碳交易项目的决策有可能会影响到规模养猪户参与该项目的决策。与此同时，这一效应又不会对规模养猪户的期望碳价造成直接影响。因此，在理论上可以使用同一地区其他规模养猪户参与农业碳交易项目意愿的比例作为受访规模养猪户参与该项目意愿的排除性约束变量。事实上，也有类似的研究基于这一思路设计了工具变量 [29]。相关变量的设置、赋值说明与描述性统计详见表 1。

## 3 结果与分析

### 3.1 规模养猪户的价值认知和参与农业碳交易项目的现状分析

从市场价值认知来看，分别有 35.12%、40.32%、41.91% 和 44.22% 的规模养猪户认为农业碳交易项目能够在创造就业岗位、提高农民收入、带动当地产业经济发展和节约生活、生产成本上起到较大作用；从非市场价值认知来看，分别有 52.60%、53.61%、58.09% 和 49.13% 的规模养猪户认为农业碳交易项目在提高环境质量、减少疾病传播、改善村容村貌和合理开发资源上的作用较大（表 2）。不难发现，规模养猪户对农业碳交易项目价值的认知有待进一步加强，尤其是市场价值认知。

1）参与意愿。调研样本中，有 645 户规模养猪户表示愿意参与农业碳交易项目，约占全体样本的 93.21%（表 1）。这表明当前湖北省的规模养猪户有着较强的农业碳交易参与意愿，在一定程度上反映出农业碳交易项目发展的广阔前景。需要指出的是，存在一些规模养猪户不愿意参与农业碳交易项目，其原因可能在于这些规模养猪户对该项目价值的认知程度较低。

2）期望碳价。整体上，规模养猪户的平均期望碳价为 15.26 元 /t。绝大部分规模养猪户的期望碳价集中在 11~15 元 /t 和 16~20 元 /t，532 户规模养猪户的期望碳价处于此区间（图 1），约占全体样本的 76.88%。

### 3.2 价值认知对规模养猪户参与农业碳交易项目的影响分析

表 3 报告了 Heckman 选择模型回归的结果。不

**表 2 规模养猪户对农业碳交易项目价值的认知**

**Table 2 Large-scale hog farms’ perception towards the value of agricultural carbon trading project**

| 市场价值认知 | 基本情况 | 频数 | 频率（%） | 非市场价值认知 | 基本情况 | 频数 | 频率（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 创造就业岗位 | 很小 | 132 | 19.08 | 提高环境质量 | 很小 | 98 | 14.16 |
| | 一般 | 317 | 45.80 | | 一般 | 230 | 33.24 |
| | 很大 | 243 | 35.12 | | 很大 | 364 | 52.60 |
| 提高农民收入 | 很小 | 110 | 15.90 | 减少疾病传播 | 很小 | 100 | 14.45 |
| | 一般 | 303 | 43.78 | | 一般 | 221 | 31.94 |
| | 很大 | 279 | 40.32 | | 很大 | 371 | 53.61 |
| 带动当地产业经济发展 | 很小 | 94 | 13.58 | 改善村容村貌 | 很小 | 67 | 9.68 |
| | 一般 | 308 | 44.51 | | 一般 | 223 | 32.23 |
| | 很大 | 290 | 41.91 | | 很大 | 402 | 58.09 |
| 节约生活、生产成本 | 很小 | 109 | 15.75 | 合理开发资源 | 很小 | 110 | 15.90 |
| | 一般 | 277 | 40.03 | | 一般 | 242 | 34.97 |
| | 很大 | 306 | 44.22 | | 很大 | 340 | 49.13 |

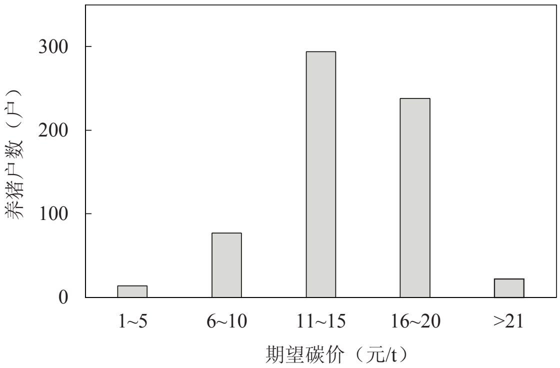


**图 1　规模养猪户参与农业碳交易项目后的期望碳价**

**Fig. 1　Expected carbon price of large-scale hog farms after their participation in agricultural carbon trading project**

难发现，Wald 检验结果是显著的，表明样本存在选择偏误，需要使用 Heckman 选择模型予以纠正。其中，IMR 的 VIF 值小于 10，表明第二阶段不存在严重的多重共线性问题，第一阶段变量的选择是合适的。

回归结果显示，市场价值认知对规模养猪户参与农业碳交易项目意愿的影响在 5% 的置信水平上显著为正（表 3），表明在其他条件不变的情况下，市场价值认知能够增强规模养猪户参与农业碳交易项目的意愿。但非市场价值认知对规模养猪户参与农业碳交易项目意愿的影响并不显著。可能的解释是，在经济理性的条件下，规模养猪户往往更为看重经济利益，而对于生态或社会效益不够重视 [30]。

市场价值认知对规模养猪户期望碳价的影响并不显著，而非市场价值认知对规模养猪户期望碳价的影响在 5% 的置信水平上显著为正（表 3），说明对于愿意参与农业碳交易项目的规模养猪户而言，非市场价值认知有利于增加其期望碳价。这是因为，若规模养猪户对农业碳交易项目的非市场价值有一个较强的认知，其将能够认识到减少碳排放为社会和生态环境带来的价值和效用，从而提高他们对碳减排价值的评估。

### 3.3 稳健性检验

本文核心自变量与因变量表征的对象没有直接联系，从这个角度来看，基准模型中应该不存在严重的内生性问题。但基于更严谨的角度，仍使用工具变量法进行了稳健性检验。参考 Wooldridge [31] 的研究，采用 IV-Heckman 模型进行工具变量的估计。同时，借鉴 Rozelle 等 [29]、陆铭和张爽 [32] 的思路，采用村域层面的平均市场价值认知和非市场价值认知作为市场价值认知和非市场价值认知的工具变量。通常来说，居住在同一村庄的规模养猪户的生产和生活状况具有相似性，同一村庄其他规模养猪户对于农业碳交易项目价值的看法会影响受访者对该项目的看法，而不会对受访者的参与意愿和期望碳价产生直接影响，符合工具变量的相关性和外生性假定。IV-Heckman 模型估计结果的弱工具变量检验 Cragg-Donald Wald F statistic 大于 10（表 4），本文选取的工具变量是合适的。此外，回归结果也与基准回归一致，表明本文的研究结论是稳健的。

**表 3　基准回归结果**

**Table 3　Baseline regression results**

| 变量 | 参与意愿 | | 期望碳价 | |
|---|---|---|---|---|
| | 系数 | 稳健标准误 | 系数 | 稳健标准误 |
| 市场价值认知 | 0.245** | 0.101 | 0.280 | 0.339 |
| 非市场价值认知 | -0.135 | 0.156 | 1.333** | 0.577 |
| 性别 | 0.135 | 0.203 | 0.967* | 0.493 |
| 年龄 | -0.005 | 0.008 | -0.052* | 0.029 |
| 受教育年限 | 0.107*** | 0.031 | 0.201 | 0.123 |
| 干部户 | 0.151 | 0.163 | 1.070 | 1.119 |
| 家庭总人口 | 0.112** | 0.053 | 0.081 | 0.163 |
| 家庭年收入 | -0.096 | 0.125 | 0.481* | 0.280 |
| 科技示范户 | 0.161 | 0.115 | -2.074*** | 0.678 |
| 生猪养殖规模 | 0.527*** | 0.132 | -0.557 | 0.443 |
| 种植规模 | -0.117 | 0.127 | -1.311** | 0.650 |
| 养猪场位置 | -0.046 | 0.221 | -0.274 | 0.881 |
| 是否参加合作社 | -0.058 | 0.154 | 0.121 | 0.795 |
| 时间成本 | 0.130 | 0.102 | -0.449 | 0.412 |
| 经济成本 | -0.224*** | 0.032 | 0.133 | 0.386 |
| 精力成本 | 0.037 | 0.075 | -0.235 | 0.752 |
| 平原 | 0.059 | 0.238 | 5.152** | 2.033 |
| 山地 | 0.102 | 0.209 | 0.871 | 1.031 |
| 县（区）支付比例 | 11.361*** | 0.840 | - | - |
| 鄂东 | 0.385** | 0.178 | 3.021** | 1.190 |
| 鄂中 | -0.384 | 0.276 | -1.872 | 1.687 |
| IMR | - | - | -1.474* | 0.830 |
| 常数项 | -12.230*** | 1.367 | 18.163*** | 3.927 |
| VIF of IMR | - | | 1.64 | |
| Wald test | 3.67 ($P$=0.055) | | | |
| 观测值 | 692 | | 645 | |

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下显著。

除此之外，尽管前文提到基于 MLE 的 Heckman 选择模型效率更高，但有时也可能产生不稳健的回归结果 [33]。因此，本文重新使用两步法对 Heckman 选择模型进行了估计。然而，有研究表明，如果 Heckman 选择模型的第二阶段存在共线性问题，直接使用 OLS 估计可能是最稳健和最简单的方法 [33]。尽管表 3 报告的 IMR 的 VIF 值远小于 10，表明第二阶段并没有太严重的多重共线性问题，但为了进一步保证研究结果的稳健性，本文仍使用 OLS 对第二阶段重新进行估计。除此之外，还进一步报告了使用 Logit 和 Tobit 模型回归的结果（表 5）。不难发

表 4 稳健性检验：IV-Heckman 模型

Table 4 Robustness test: IV-Heckman model

| 变量 | 参与意愿 | | 期望碳价 | |
|---|---|---|---|---|
| | 系数 | 稳健标准误 | 系数 | 稳健标准误 |
| 市场价值认知 | 0.408** | 0.200 | -0.371 | 0.399 |
| 非市场价值认知 | -0.201 | 0.205 | 2.632*** | 0.443 |
| 常数项 | -12.530*** | 2.618 | 20.454*** | 3.193 |
| Cragg-Donald Wald F statistic | - | | 240.528 | |
| 观测值 | 692 | | 645 | |

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下显著，已控制其他控制变量。

表 5 稳健性检验结果：替换回归模型

Table 5 Robustness test: Replacement regression model

| 变量 | Heckman-twostep | | | | Probit | | OLS | | Logit | | Tobit | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 参与意愿 | | 期望碳价 | | 参与意愿 | | 期望碳价 | | 参与意愿 | | 期望碳价 | |
| | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 |
| 市场价值认知 | 0.241* | 0.141 | 0.240 | 0.403 | 0.241** | 0.116 | 0.306 | 0.341 | 0.486** | 0.233 | 0.306 | 0.397 |
| 非市场价值认知 | -0.138 | 0.152 | 1.391*** | 0.404 | -0.138 | 0.140 | 1.297*** | 0.268 | -0.300 | 0.293 | 1.297*** | 0.396 |
| 观测值 | 692 | | 645 | | 692 | | 645 | | 692 | | 645 | |

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下显著;Probit 模型、OLS 模型和 Logit 模型的标准误为稳健标准误，已控制其他控制变量。

现，回归结果均支持原有结论，进一步验证了基准回归结果的稳健性。

### 3.4 异质性分析

已有研究表明，农户对未来的预期很有可能影响到他们的低碳生产行为[34]。对于规模养猪户而言，若打算扩大养殖规模，那么将面临更严峻的畜禽粪便处理难题。在此情况下，若规模养猪户对农业碳交易项目的价值有着足够认知，那么将很有可能认识到农业碳交易项目在处理畜禽粪便上发挥的重要作用，进而会对该项目表现出较强的参与意愿，同时为弥补扩大养殖规模的成本，也会倾向于表达出更高的期望碳价。基于上述分析，本文探讨了不同预期养殖规模情景下，农业碳交易项目价值认知对规模养猪户参与该项目的异质性影响。以规模养猪户对“未来 3 年，您养猪数量会变吗？”问题的回答作为预期养殖规模划分的标准。从参与意愿来看，市场价值认知能够显著增加规模扩大组参与农业碳交易的意愿，但对非规模扩大组不显著，并且两组之间的系数差异在 10% 的水平下显著（表 6）。这表明规模扩大组对市场价值认知更为敏感。从期望碳价来看，非市场价值认知能够显著增加规模扩大组参与农业碳交易项目后的期望碳价水平，而对非规模扩大组不显著（表 6）。这意味着未来想要扩大养殖规模的养猪户倾向于表达更高的期望碳价。

随着信息和通讯技术的不断发展，互联网对人们的生活习惯和价值观念产生了重要影响。已有研究表明，互联网的使用很有可能提高人们的生态环境认知，并促进人们积极采取保护环境的行为[35]。这意味着，对于家中接入了互联网的规模养猪户而言，其很有可能会通过互联网了解到有关农业碳交易项目市场和非市场价值的知识，由此可能对参与该项目表现出更强的积极性。为检验这一差异，本文根据规模养猪户对“您家是否接入了移动 / 宽带互联网？”问题的回答，将规模养猪户划分为未接入互联网组和接入互联网组。不难发现，接入互联网组会受到市场价值认知的影响而选择参与农业碳交易，而非市场价值认知对两组规模养猪户的期望碳价均存在显著正向影响（表 7）。

表 6 异质性分析：预期养殖规模的影响

Table 6 Heterogeneity analysis: The impact of the expectation of hog breeding scale

| 变量 | 参与意愿 | | | | | 期望碳价 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 非规模扩大组 | | 规模扩大组 | | 经验 $P$ 值 | 非规模扩大组 | | 规模扩大组 | | 经验 $P$ 值 |
| | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | |
| 市场价值认知 | -0.068 | 0.290 | 0.398** | 0.185 | 0.070* | 0.309 | 0.850 | 0.136 | 0.625 | 0.408 |
| 非市场价值认知 | -0.025 | 0.333 | -0.212 | 0.193 | 0.273 | 1.148 | 0.852 | 1.348** | 0.621 | 0.418 |
| 观测值 | 267 | | 425 | | | 250 | | 395 | | |

注：bootstrap=1000；*、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 水平下显著；经验 P 值代表两组系数之间是否存在显著差异，表中的标准误均为稳健标准误，已控制其他控制变量，下同。

表 7 异质性分析：互联网接入的影响

Table 7 Heterogeneity analysis: The impact of internet access

| 变量 | 参与意愿 | | | | | 期望碳价 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 未接入互联网组 | | 接入互联网组 | | 经验 *P* 值 | 未接入互联网组 | | 接入互联网组 | | 经验 *P* 值 |
| | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | |
| 市场价值认知 | 0.232 | 0.320 | 0.309* | 0.181 | 0.305 | -0.399 | 0.544 | 0.292 | 0.503 | 0.198 |
| 非市场价值认知 | -0.166 | 0.335 | -0.177 | 0.194 | 0.420 | 0.971* | 0.523 | 0.962* | 0.519 | 0.467 |
| 观测值 | 159 | | 533 | | | 144 | | 501 | | |

中国农民自古以来就有着浓厚的乡土情结，这种乡土情结能够在促进农户参与生态环境治理项目中发挥重要作用[36]。对于拥有较强家乡认同感的农户而言，若他们能够了解到农业碳交易项目的重要价值，那么可能表现出更强的农业碳交易项目参与积极性。故而，有必要进一步从村庄认同的角度，探讨价值认知对于规模养猪户参与农业碳交易项目的影响。

根据规模养猪户对“我很喜欢目前生活的村庄”问题的看法，本文将规模养猪户划分为低认同村庄组和高认同村庄组。若规模养猪户表示“比较同意”和“非常同意”，则将其定义为高认同村庄组；反之，则定义为低认同村庄组。在参与意愿方面，市场价值认知对高认同村庄组参与农业碳交易的意愿表现出显著的正相关，而对低认同村庄组并不显著（表 8）。在期望碳价方面，非市场价值认知能够显著提高两组规模养猪户参与农业碳交易项目后的期望碳价水平，并且这一差距在 1% 的水平下显著，这意味低认同村庄组对非市场价值认知更为敏感。究其原因，低认同村庄组对于家乡的认同感较弱，只有通过更多的回报才能够激励他们参与农业碳交易项目。

表 8 异质性分析：村庄认同的影响

Table 8 Heterogeneity analysis: The impact of village identification

| 变量 | 参与意愿 | | | | | 期望碳价 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 低认同村庄组 | | 高认同村庄组 | | 经验 *P* 值 | 低认同村庄组 | | 高认同村庄组 | | 经验 *P* 值 |
| | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | | 系数 | 标准误 | 系数 | 标准误 | |
| 市场价值认知 | 0.695 | 0.471 | 0.404** | 0.190 | 0.260 | 0.387 | 0.877 | 0.354 | 0.314 | 0.481 |
| 非市场价值认知 | 0.267 | 0.434 | -0.343 | 0.211 | 0.076* | 2.237*** | 0.822 | 0.757** | 0.326 | 0.007*** |
| 观测值 | 260 | | 432 | | | 247 | | 398 | | |

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

研究表明，不同价值认知对规模养猪户参与农业碳交易项目的影响是存在差异的。规模养猪户对农业碳交易项目的市场价值认知是影响自身参与该项目的关键因素，只有认为农业碳交易项目能够给自身带来实际的经济收益，才会愿意参与该项目。而非市场价值认知则对规模养猪户参与农业碳交易项目后的期望碳价具有显著正向影响。

进一步的异质性分析表明，规模扩大组、接入互联网组和高认同村庄组更容易受到市场价值认知的影响而表现出更强的农业碳交易参与意愿，同时规模扩大组和低认同村庄组会因为较高的非市场价值认知而表现出更高的期望碳价。农业碳交易项目的推广和应用离不开政府的宣传与引导，提高规模养猪户对农业碳交易项目价值的认知水平十分必要。同时，亦需重视规模养猪户个体之间的差异，更有针对性地推广农业碳交易项目。

当前，规模养猪户对农业碳交易项目价值的认知较低，尤其是市场价值认知，进一步强化规模养猪户对农业碳交易项目价值的认知具有重要现实意义。此外，本文仅考虑了规模养猪户参与农业碳交易项目的意愿及其期望碳价，如何发挥价值认知在带动农业碳交易实际参与行为上的作用还有待深入研究。

### 4.2 建议

1）多渠道加强农业碳交易项目价值宣传。规模养猪户对农业碳交易项目价值的认识既是提升其参与意愿的关键所在，也是增加其期望碳价的重要因素。因此，可以利用各种传播媒介，有针对性地宣传农业碳交易项目的市场价值和非市场价值。以新农村广播系统、电视节目、网络等为载体，积极宣传农业碳交易项目，并通过专家座谈、农业碳交易体验等活动，使规模养猪户直观感受到农业碳交易项目的价值，尤其是市场价值。

2）鼓励未来打算扩大养殖规模的规模养猪户积极参与农业碳交易项目。未来打算扩大养殖规模的规模养猪户是未来畜禽粪污排放和农业碳排放的重要主体，而他们对农业碳交易项目的市场价值认知往往是促使其参与农业碳交易项目的重要因素。因此，需给予他们更大的关注。

3）加强农村信息化服务体系建设。需要贯彻落实“数字乡村”战略，加强农村互联网基础设施建设，提高乡村互联网普及率。通过促进规模养猪户接入互联网，更好地发挥价值认知的作用。

4）培养规模养猪户的村庄认同感。需充分发掘乡村特有的风俗习惯、民俗建筑等传统文化，同时丰富和发展乡村集体文化活动（如广场舞、太极拳、乡村春晚等），以此提高规模养猪户对乡村的认同感，进而充分发挥出价值认知的重要作用。

**参考文献：**

[1] 田云, 张俊飚. 中国农业碳排放、低碳农业生产率及其协调性研究 [J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(5): 208-213, 215-218.
Tian Y, Zhang J B. Agricultural carbon emission, low carbon agricultural productivity and their coordinated relation in China[J]. Journal of China Agricultural University, 2017, 22(5): 208-213, 215-218.

[2] 何可, 李凡略, 张俊飚, 等. 长江经济带农业绿色发展水平及区域差异分析 [J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(3): 43-51.
He K, Li F L, Zhang J B, et al. Green development levels and regional differences of agriculture in the Yangtze River Economic Belt[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(3): 43-51.

[3] 廖文龙, 董新凯, 翁鸣, 等. 市场型环境规制的经济效应: 碳排放交易、绿色创新与绿色经济增长 [J]. 中国软科学, 2020(6): 159-173.
Liao W L, Dong X K, Weng M, et al. Economic effect of market-oriented environmental regulation: Carbon emission trading, green innovation and green economic growth[J]. China Soft Science, 2020(6): 159-173.

[4] Coomes O, Grimard F, Potvin C, et al. The fate of the tropical forest: Carbon or cattle?[J]. Ecological Economics, 2008, 65(2): 207-212.

[5] Benessaiah K. Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets[J]. Ecological Economics, 2012, 77: 1-6.

[6] 朱臻, 沈月琴, 白江迪. 南方集体林区林农的风险态度与碳汇供给决策: 一个来自浙江的风险偏好实验 [J]. 中国软科学, 2015(7): 148-157.
Zhu Z, Shen Y Q, Bai J D. Research on risk attitude and carbon supply decision for rural households in Southern Collective Forest Area: A case from risk preference experiment in Zhejiang[J]. China Soft Science, 2015(7): 148-157.

[7] 明辉, 漆雁斌, 李阳明, 等. 林农有参与林业碳汇项目的意愿吗——以 CDM 林业碳汇试点项目为例 [J]. 农业技术经济, 2015(7): 102-113.
Ming H, Qi Y B, Li Y M, et al. Do farmer has the willingness to participate in forestry carbon sequestration project—Case of CDM forestry carbon sequestration pilot project[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015(7): 102-113.

[8] 龚荣发, 曾维忠. 政府推动背景下森林碳汇项目农户参与的制约因素研究 [J]. 资源科学, 2018, 40(5): 1073-1083.
Gong R F, Zeng W Z. Factors restricting the participation of farmers in Forest Carbon Sequestration Projects[J]. Resources Science, 2018, 40(5): 1073-1083.

[9] 史恒通, 睢党臣, 徐涛, 等. 价值认知对农民流域生态治理参与意愿的影响——以陕西省渭河流域为例 [J]. 中国农村观察, 2017(2): 68-80.
Shi H T, Sui D C, Xu T, et al. The influence mechanism of ecological value cognition on farmers' willingness to participate in ecological management: An example from Weihe Basin in Shaanxi Province[J]. China Rural Survey, 2017(2): 68-80.

[10] Li M, Wang J, Zhao P, et al. Factors affecting the willingness of agricultural green production from the perspective of farmers' perceptions[J]. Science of the Total Environment, 2020, 738: 140289. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140289.

[11] 戴婧, 陈彬, 齐静. 低碳沼气工程建设的生态经济效益核算研究——以广西恭城瑶族自治县为例 [J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(3): 157-163.
Dai J, Chen B, Qi J. Study on poverty alleviation performance of forest carbon sink on the basis of farmers' perception[J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(3): 157-163.

[12] 龚荣发, 程荣竺, 曾梦双, 等. 基于农户感知的森林碳汇扶贫效应分析 [J]. 南方经济, 2019(9): 84-96.
Gong R F, Chen R Z, Zeng M S, et al. Study on poverty alleviation performance of forest carbon sink on the basis of farmers' perception[J]. South China Journal of Economics, 2019(9): 84-96.

[13] Shi H, Zhao M, Aregay F, et al. Residential environment induced preference heterogeneity for river ecosystem service improvements: A comparison between urban and rural households in the Wei river basin, China[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2016, 2016: 6253915. DOI: https://doi.org/10.1155/2016/6253915.

[14] 王波, 李越. 农村能源发展新模式——四川省井研县农村沼气发展现状及问题分析 [J]. 农村经济, 2013(11): 81-84.
Wang B, Li Y. A new model of rural energy development: Analysis of the current situation and problems of rural biogas development in Jingyan County, Sichuan Province[J]. Rural Economy, 2013(11): 81-84.

[15] Ajzen I. From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior[M]. Berlin Heidelberg: Springer, 1985.

[16] 朱庆莹, 陈银蓉, 胡伟艳, 等. 社会资本、耕地价值认知与农户耕地保护支付意愿——基于一个有调节的中介效应模型的实证 [J]. 中国人口 • 资源与环境, 2019, 29(11): 120-131.
Zhu Q Y, Chen Y R, Hu W Y, et al. A study on the relationship between social capital, cultivated land value cognition and farmers' willingness to pay for cultivated land protection: An empirical analysis based on a moderated mediator model[J]. China Population, Resources and Environment, 2019, 29(11): 120-131.

[17] Feng D, Liang L, Wu W, et al. Factors influencing willingness to accept in the paddy land-to-dry land program based on contingent

value method[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 183: 392-402.

[18] 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 [J]. 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[J]. Chinese Rural Economy, 2017(2): 70-83.

[19] 赵俊伟 , 姜昊 , 陈永福 , 等 . 生猪规模养殖粪污治理行为影响因素分析——基于意愿转化行为视角 [J]. 自然资源学报 , 2019, 34(8): 1708-1719.
Zao J W, Jiang H, Chen Y F, et al. Analysis on influencing factors of manure pollution treatment in scale pig breeding: Based on the perspective of willingness-to-behavior transformation[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(8): 1708-1719.

[20] Heckman J. Sample selection bias as a specification error[J]. Econometrica, 1979, 47(1): 153-161.

[21] 王恒 , 易小燕 , 陈印军 , 等 . 粮豆轮作补贴政策效果及影响因素分析——以黑龙江省海伦市和嫩江县为例 [J]. 农业现代化研究 , 2019, 40(4): 638-645.
Wang H, Yi X Y, Chen Y J, et al. Effects and influencing factors of the subsidy policy for crop rotation between grains and beans: Case study of Hailun City and Nenjiang County of Heilongjiang Province[J]. Research of Agricultural Modernization, 2019, 40(4): 638-645.

[22] 王安邦 , 何可 , 张俊飚 . 社会互动对规模养殖户环保饲料支付意愿的影响研究——基于改进的目标导向理论模型分析框架 [J]. 中国农业资源与区划 , 2020, 41(11): 64-72.
Wang A B, He K, Zhang J B. Impact of social interaction on willingness to pay for green feed of scale breeders[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(11): 64-72.

[23] Nawata K, Nagase N. Estimation of sample selection bias models[J]. Econometric Reviews, 1996, 15(4): 387-400.

[24] Penn J M, Hu W. Understanding hypothetical bias: An enhanced meta-analysis[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2018, 100(4): 1186-1206.

[25] Day B, Bateman I J, Carson R T, et al. Ordering effects and choice set awareness in repeat-response stated preference studies[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2012, 63(1): 73-91.

[26] Zhang J, Kotani K, Saijo T. Public acceptance of environmentally friendly heating in Beijing: A case of a low temperature air source heat pump[J]. Energy Policy, 2018, 117: 75-85.

[27] 罗岚 , 李桦 , 许贝贝 . 绿色认知、现实情景与农户生物农药施用行为——对意愿与行为悖离的现象解释 [J]. 农业现代化研究 , 2020, 41(4): 649-658.
Luo L, Li H, Xu B B. Green cognition, reality and farmers' biological pesticide application behaviors: Explaining the deviation between farmers' willingness and their behaviors[J]. Research of Agricultural Modernization, 2020, 41(4): 649-658.

[28] Lennox C, Francis J, Wang Z. Selection models in accounting research[J]. Accounting Review, 2012, 87(2): 589-616.

[29] Rozelle S, Taylor J, Debrauw A. Migration, remittances, and agricultural productivity in China[J]. American Economic Review, 1999, 89(2): 287-291.

[30] 王淇韬 , 郭翔宇 . 感知利益、社会网络与规模养猪户耕地质量保护行为——基于河南省滑县 410 个粮食种植户调查数据 [J]. 中国土地科学 , 2020, 34(7): 43-51.
Wang Q T, Guo X Y. Perceived benefits, social network and farmers' behavior of cultivated land quality protection: Based on 410 grain growers' surveys in Hua County, Henan Province[J]. China Land Science, 2020, 34(7): 43-51.

[31] Wooldridge J M. Econometric analysis of cross section and panel data[M]. MIT press, 2010.

[32] 陆铭 , 张爽 . 劳动力流动对中国农村公共信任的影响 [J]. 世界经济文汇 , 2008(4): 77-87.
Lu M, Zhang S. The effect of labor migration on public trust in rural China[J]. World Economic Papers, 2008(4): 77-87.

[33] Puhani P. The Heckman correction for sample selection and its critique[J]. Journal of Economic Surveys, 2000, 14(1): 53-68.

[34] 田云 . 认知程度、未来预期与农户农业低碳生产意愿——基于武汉市农户的调查数据 [J]. 华中农业大学学报 ( 社会科学版 ), 2019(1): 77-84, 166.
Tian Y. Cognition degree, Future expectation and farmers' low-carbon willingness in agricultural production: Based on the survey data of farmers in Wuhan[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2019(1): 77-84, 166.

[35] Zhao Q, Pan Y, Xia X. Internet can do help in the reduction of pesticide use by farmers: Evidence from rural China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28: 2063-2073.

[36] 王学婷 , 张俊飚 , 童庆蒙 . 地方依恋有助于提高农户村庄环境治理参与意愿吗 ?——基于湖北省调查数据的分析 [J]. 中国人口 · 资源与环境 , 2020, 30(4): 136-148.
Wang X T, Zhang J B, Tong Q M. Does place attachment help to enhance farmers' willingness to participate in rural environmental governance?—Based on the survey data of Hubei Province[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(4): 136-148.

（责任编辑：童成立）