



刘振涛, 周勋章, 刘璞, 邵红岭, 路剑. 碳交易视域下养殖户畜禽粪污资源化利用受偿意愿与影响因素——基于河北省7市694户养猪户调研数据[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(07): 284-296.

LIU Zhentao, ZHOU Xunzhang, LIU Pu, SHAO Hongling, LU Jian. Farmers' willingness to receive compensation for the utilization of livestock and poultry manure resources from the perspective of carbon trading and its influencing factors: Based on a survey data of 694 pig farmers in 7 cities of Hebei Province[J]. Journal of China Agricultural University, 2024, 29(07): 284-296.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.07.25

碳交易视域下养殖户畜禽粪污资源化利用受偿意愿与影响因素 ——基于河北省7市694户养猪户调研数据

刘振涛 周勋章 刘璞 邵红岭 路剑*

(河北农业大学 经济管理学院, 河北 保定 071000)

摘要 为进一步探究养殖户粪污资源化利用受偿意愿、受偿水平及其影响因素, 基于碳交易视角, 利用2023年3—4月对河北省7市694户养猪户的调研数据, 运用条件价值评估法、二元Logit模型和Tobit模型对此进行系统分析。结果表明: 1) 88.76%的养殖户愿意接受补偿, 其受偿水平在25.03~31.50元/t; 2) 养殖户年龄、养殖场地面积以及粪污资源化利用生态效益等因素会显著影响养殖户受偿意愿; 风险偏好、场地面积、养殖规模、养殖信息获取渠道、粪污资源化利用经济效益显著影响其受偿水平; 3) 规模异质性视角下, 粪污资源化利用生态效益显著正向影响不同规模养殖户受偿意愿。自动化设施配置数量和粪污资源化利用社会效益显著影响不同规模养殖户受偿水平, 但其影响方向存在显著差异。为使养殖户更好参与资源化利用, 应加强对畜禽粪污资源化利用正面效果的宣传, 将宏观政策规范与地方实际相结合、因地制宜, 有序推进碳交易补偿机制的建立。

关键词 碳交易; 养殖户; 畜禽粪污资源化利用; 受偿意愿; 影响因素

中图分类号 F326.3

文章编号 1007-4333(2024)07-0284-13

文献标志码 A

Farmers' willingness to receive compensation for the utilization of livestock and poultry manure resources from the perspective of carbon trading and its influencing factors: Based on a survey data of 694 pig farmers in 7 cities of Hebei Province

LIU Zhentao, ZHOU Xunzhang, LIU Pu, SHAO Hongling, LU Jian*

(College of Economics and Management, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract To further investigate the willingness of farmers to be compensated for the resource utilization of manure, the level of compensation and its influencing factors, this study uses the research data from 694 pig farmers in 7 cities of Hebei Province based on the perspective of carbon trading. Systematic analyses are performed by using the conditional value assessment method, binary logit model and Tobit regression model. The results showed that: 1) About 88.76% of pig farmers were willing to accept compensation, and

收稿日期: 2023-09-12

基金项目: 河北省现代农业产业技术体系建设专项资金(HBCT2024220301); 河北省社科基金一般项目(HB22YJ047); 河北省教育厅重大课题攻关项目(ZD202306); 河北省研究生创新能力培养资助项目(CXZZBS2024088)

第一作者: 刘振涛(ORCID: 0000-0002-3792-6961), 博士研究生, E-mail: gentle_liu0622@163.com

通讯作者: 路剑(ORCID: 0009-0009-8874-1447), 教授, 主要从事产业经济与畜牧经济研究, E-mail: ndlujian@126.com

their compensation level ranged from 25.03 to 31.50 Yuan/t; 2) Factors such as pig farmers' age, farming site area and ecological benefits of manure resource utilization significantly affected pig farmers' willingness to receive compensation. Risk appetite, site area, farming scale, access to farming information and economic benefits of manure resource utilization affected the level of compensation. 3) Under the perspective of scale heterogeneity, the ecological benefits of manure resource utilization significantly and positively affect the willingness of pig farmers of different scales to be reimbursed. However, there are significant differences in the direction of their influences. In order to enable farmers to better participate in resource utilization, publicity on the positive effects of resource utilization of livestock and poultry manure should be strengthened, and the establishment of a carbon trading reimbursement mechanism should be promoted in an orderly manner by combining macro policy norms with local practice and local adaptation.

Keywords carbon trading; farmers; resource utilization of livestock manure; willingness to be reimbursed; influencing factors

畜禽粪污资源化利用(以下简称“资源化利用”)是解决农业面源污染和碳排放问题的重要手段之一。作为资源化利用的直接参与者,养殖户能否有效参与其中关系到农业面源污染和农业绿色低碳可持续发展问题能否得到妥善解决。现实中养殖户为规范畜禽粪污处理增加大量投入,但由于现有补偿政策支持范围有限,养殖户参与资源化利用的正外部效益无法得到有效补偿,不仅严重制约了资源化利用目标的实现,长此以往,也将导致资源化利用难以为继。随着“双碳”目标的提出,碳排放配额交易价格(以下简称“碳价”)和碳排放权交易市场定价机制(以下简称“碳交易机制”)为资源化利用正外部效益的补偿提供了契机。碳交易是指将二氧化碳排放权作为一种商品,从而形成二氧化碳排放权的交易^[1]。碳价作为一种市场化补偿路径,拥有更高的灵活性和自主权,能够充分反映碳交易市场中的供求关系。资源化利用可以通过提高有机肥料利用率,改善土壤质量,减少二氧化碳等温室气体排放量;养殖户资源化利用创造的碳减排量能够通过碳交易转化为经济效益^[1]。碳交易能够通过提供经济补偿激励养殖户更好地参与到资源化利用项目当中。

已有关于资源化利用补偿的研究大都将政府作为补偿主体,旨在通过优化政府部门的补偿方式来更好地实现预定政策目标^[2-5]。生态补偿作为一种独特的补偿手段,被广泛应用于流域^[6]、草原^[7]和森林^[8]等领域的保护和治理中。张郁等^[9]发现生态补偿在分析养殖户资源禀赋对环境行为的影响中具有显著的正向调节作用;王建华等^[10]依托生态补偿手段,测度了养殖户资源化利用的受偿意愿,进一步丰富了生态补偿在畜禽粪污治理领域的应用。

在受偿意愿及其水平测度上,成本核算法^[11]、选择实验法^[12]、Tobit模型^[13]、样本选择模型^[10]和条件价值评估法等^[14]得到了诸多学者的认可。农业碳交易以种植业、养殖业等生产活动的碳减排量为基础,依赖于生物质、沼气等国家核证自愿减排(CCER)项目进入抵消市场,通过物质报酬激励农户和碳减排需求方参与其中^[15]。

综上,基于碳交易视角分析养猪户资源化利用受偿意愿、水平及其影响因素对提升养猪户参与资源化利用积极性、促进资源化利用长效发展具有重要意义。而基于微观层面,探究利用碳交易手段补偿资源化利用正外部效益的研究仍有待丰富。河北省是生猪养殖大省,是京津冀地区“肉篮子”的重要来源之一,每年畜禽粪污产生量约1.2亿t^[16],分析河北省养猪户的资源化利用意愿及影响因素,能够为解决同类型其他地区资源化利用补偿问题提供借鉴。为此,本研究基于碳交易运行机理,从养猪户参与资源化利用的正外部效益入手,将碳价作为测度工具,结合河北省调研数据,探讨养猪户资源化利用的受偿意愿、水平及其影响因素,以期为提高养猪户资源化利用水平,促进畜禽养殖绿色低碳发展提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 理论分析及研究假说

1.1.1 碳交易补偿养猪户资源化利用的机理分析

外部性理论认为,养猪户参与资源化利用具有显著的正外部性。养猪户参与资源化利用不仅可以使畜禽粪污作为生产资料重新投入到生产环节,还能改善粪污不合理排放导致的环境污染问题,创造正外部效益。但碍于当前资源化利用正外部效

益转化的市场机制尚未健全,仅依靠养猪户自身投入无法实现资源化利用长效发展。政府作为公共利益的代理人,尽管能够给予一定支持,但受限于补偿资金与补偿需求不匹配等客观情况,补贴效果较为有限。碳交易作为外部性理论与科斯产权理论的新阶段成果^[17],通过碳价对资源化利用碳减排量进行量化并提供交易尺度,为资源化利用补偿机制的设计提供了可能。

1.1.2 养猪户资源化利用受偿意愿的影响分析

Simon^[18]的有限理性理论认为,行为主体是在寻求“满意”,而非是“最大”或“最优”。碳交易为资源化利用生态效益转化为经济效益提供了条件,于养猪户而言,接受补偿能够降低资源化利用成本,且补偿水平越高效果越好。但受信息不对称等客观因素影响,养猪户无法做出“最优”选择,只能退而求其次,选择“满意”的补偿选择。结合既有研究成果^[19-20],本研究重点探讨养猪户个体禀赋特征、养殖特征以及资源化利用效益等因素对其受偿意愿和水平的影响。

已有研究表明,受偿意愿与年龄显著负相关^[21],与受教育水平显著正相关^[22],与风险认知水平显著正相关^[23]。碳交易作为一种新兴的市场化补偿手段,养猪户出于对未知事物的不确定性考虑,通常不会对此抱有过高期望。养殖规模越大,粪污产生量越大,资源化利用碳减排量在碳交易过程中愈加具有比较优势,养殖户会更倾向于获得补偿,对补偿水平亦会有较高期望^[24]。同时,养猪户信息获取渠道越多,越了解相关信息,其资源化利用受偿意愿及水平就越强^[25]。此外,养殖自动化和标准化程度越高,后期参与碳交易的难度就越低^[26]。感知价值会显著影响参与主体的行为意愿^[27]。资源化利用同样具有良好的经济、生态和社会效益^[28]。引入碳交易情境下,资源化利用效益同样会影响养猪户资源化利用受偿意愿和水平。

据此,本研究提出如下假说:

假说 1a:碳交易视域下,个体禀赋特征会负向影响养猪户资源化利用受偿意愿;

假说 1b:碳交易视域下,个体禀赋特征会影响养猪户资源化利用受偿水平但方向未知。

假说 2a:碳交易视域下,养殖特征会正向影响养猪户资源化利用受偿意愿;

假说 2b:碳交易视域下,养殖特征会正向影响

养猪户资源化利用受偿水平。

假说 3a:碳交易视域下,资源化利用效益会影响养猪户资源化利用受偿意愿但方向未知;

假说 3b:碳交易视域下,资源化利用效益会负向影响养猪户资源化利用受偿水平。

1.2 研究方法

1.2.1 条件价值评估法(CVM)

条件价值评估法(CVM)是一种评估项目及政策实施效果的经济评价方法。其原理是:在假想市场情景下,利用问卷直接询问被调查者对环境变化的受偿意愿(WTA),并引导被调查者对调查方案所描述的物品或服务给出期望价值。CVM属于陈述式偏好估计方法^[29],主要包括开放式、封闭式和支付卡式3种调查方式^[30],目前常用的方法有开放式出价、封闭式出价、支付价值卡等^[21]。

本研究在运用CVM调研养猪户资源化利用受偿水平时,采用开放式和支付卡式询价法相结合的方式^[20]。具而言之,调研中向养殖户询问:“2021年以来,北京市绿色交易所二氧化碳的价格为7.12~46.8元/t。如果您通过参与资源化利用来减少二氧化碳排放,最少给您多少钱,您才愿意参与”。其中7.12和46.8元/t分别是北京市绿色交易所2021年1月—2022年8月碳排放权交易价格的最低值和最高值,课题组在调研中将其提供给养猪户,但并不以此限制养猪户填写具体受偿水平,养猪户依旧享有充分的自主决定权。如此既能避免开放式出价在“最高支付多少”上缺乏参照点的困扰^[31],又可以避免支付卡式出价容易造成受偿水平过于集中于整数值的情况^[32]。最终,养殖户结合实际反馈出一个“理想价格”,由调查员进行记录,并以此作为计算养猪户受偿水平的依据。在计算养猪户的受偿水平期望 $E(WTA)$ 时,本研究沿用连续投标卡的方法,具体公式如下:

$$E(WTA) = \sum_{i=1}^n A_i P_i \quad (1)$$

式中: A_i 为养猪户受偿水平的算术平均值; P_i 为受偿水平的概率。为便于计算,本研究根据养猪户实际反馈的受偿水平,将受偿水平分为 $[0, 7]$ 、 $(7, 14]$ 、 $(14, 21]$ 、 $(21, 28]$ 、 $(28, 35]$ 、 $(35, 42]$ 和 $(42, 50]$ 7个区间。

1.2.2 二元Logit模型

养猪户资源化利用受偿意愿属于典型的二元离散选择问题,因此,本研究选用二元Logit模型对

影响养殖户资源化利用受偿意愿的因素进行实证分析,其原理是:通过计算自变量的线性组合,将其转化为(0,1)之间的概率值,然后使用一个阈值将概率值转化为二分类预测结果。模型的基本形式如式(2)。对式(2)进行对数转换,得到模型的线性表达式如下:

$$P(y=1)=\frac{F\left(\alpha+\sum_{i=1}^n\beta_iX_i\right)}{1+\exp\left(-\left(\alpha+\sum_{i=1}^n\beta_iX_i\right)\right)} \quad (2)$$

$$\ln\left(\frac{P(y=1)}{1-P(y=1)}\right)=\alpha+\sum_{i=1}^n\beta_iX_i \quad (3)$$

式中: P 为养殖户是否愿意接受资源化利用补偿的概率; α 为截距项; X_i 表示个体禀赋特征、养殖特征以及资源化利用效益等自变量; β_i 为自变量 X_i 的系数; n 为自变量的个数。

1.2.3 Tobit模型

对影响农户受偿水平的相关因素进行实证分析,既可以验证农户受偿水平(WTA)的有效性,也能为相关补偿政策或制度的确定提供依据^[33]。鉴于养殖户受偿水平的取值为连续分布,但存在部分观测值缺失的情况,属于标准的截断回归模型,而Tobit模型能够将截断数据转化为概率模型,解决变量值被限制在某个区间而无法被观测到的问题,从而实现了对截断数据的统计分析。因此本研究选用Tobit模型分析养殖户受偿水平的影响因素,其基本形式为:

$$\begin{cases} y_i=\beta X_i+\mu_i \\ y_i=y_i^*, \text{ if } \partial_i^l \leq y_i^* \leq \partial_i^u \\ y_i=0, \text{ if } y_i^* \leq \partial_i^l \text{ or } y_i^* \geq \partial_i^u \end{cases} \quad i \in N^* \quad (4)$$

式中: y_i^* 为潜变量,表示无法观测到的养殖户受偿水平; y_i 为因变量,表示能够观测到的养殖户受偿水平; X_i 为自变量, β 为相应自变量的待估参数, μ_i 为随机误差项, ∂_i^l 为下限, ∂_i^u 为上限。当 $\partial_i^l \leq y_i^* \leq \partial_i^u$ 时, y_i 能够被观测到,此时可进行回归分析。

1.3 数据来源

本研究数据来源于课题组2023年3—4月在河北省7市开展的实地调研。为保证样本数据的典型性和代表性,调查采用分层抽样和随机抽样法选取样本。结合河北省生猪养殖和粪污处理实际情况,每个市选取3个样本(区)县,每个样本(区)县抽取1~3个样本(乡)镇,在(乡)镇畜牧主管部门告知本(乡)镇各村生猪养殖和资源化利用情况后,随机抽选不同规模养殖户进行一对一调研。最后共回收问卷710份,剔除信息不完整及作答前后矛盾等问卷后,共获得694份有效问卷,有效问卷回收率为97.75%。

从养殖户基本情况看(表1),男性养殖户较多,占样本总量的87.90%;养殖户年龄集中在35~55岁,占样本总量的65.70%;学历以初中为主,占41.79%;60.37%的养殖户最少有过一种非农经历;52.31%的养殖户在风险偏好上属于保守型;养殖规模在101~500头的养殖户最多,占样本总量的43.63%;65.64%的养殖户配备了1~2种养殖自动化设施。

表1 养殖户基本情况

Table 1 Basic situation of pig farmers

指标 Indicator	类别 Category	频数 Number	频率% Frequency	指标 Indicator	类别 Category	频数 Number	频率% Frequency
性别 Gender	男	610	87.90	风险偏好 Risk appetite	风险追求型	238	34.29
	女	84	12.10		风险中立型	363	52.31
年龄 Age	≤35岁	136	19.60		风险中立型	93	13.40
	>35~45岁	227	32.70	养殖规模 (年出栏) Farming scale (Annual output)	≤100头	118	17.00
	>45~55岁	229	33.00		101~500头	298	42.94
	>55岁	102	14.70		501~2 000头	181	26.08
文化程度 Educational level	小学	78	11.24		2 001~3 000头	26	3.75
	初中	290	41.79		>3 000头	71	10.23
	高中	191	27.52	自动化设施 配置数量 Number of automated facilities configured	无配置	65	9.37
	大专及以上	135	19.45		配置一种	248	35.73
非农经历 Non-farm experience	从没有过	275	39.63		配置两种	209	30.12
	有过1种	338	48.70		配置三种	84	12.10
	有过2种	70	10.09		配置四种	85	12.25
	有过3种	5	0.72		配置五种	3	0.43
	有过4种	6	0.86				

1.4 变量选择及描述性统计

本研究的被解释变量为养猪户资源化利用受偿意愿和受偿水平。其中,受偿意愿为二分类变量,赋值为0、1;受偿水平为定量变量,变量数值为

养猪户填写的实际额度。核心解释变量包括养猪户个体禀赋特征、养殖特征和资源化利用效益3方面内容。变量详细说明及描述性统计分析如表2所示。

表2 变量说明及描述性统计情况
Table 2 Description of variables and descriptive statistics

变量 Variable	变量含义及赋值 Variable meaning and assignment	均值 Average	标准差 SD	最小值 Min	最大值 Max
受偿意愿 W	假设国家推出了一个资源化利用项目,该项目能够减少二氧化碳排放,您是否愿意参与该项目,将减少的二氧化碳卖钱?	0.89	0.32	0	1
受偿水平 M	2021年以来,北京市绿色交易所二氧化碳的价格为7.12~46.8元/t。如果让您通过参与资源化利用来减少二氧化碳排放,最少给您多少钱,您才愿意参与?	25.17	12.92	0	50
年龄 NL	被调查者的实际年龄,岁	45.05	9.68	20	74
文化程度 WH	小学=1;初中=2;高中=3;大专及以上=4	2.55	0.93	1	4
风险偏好 FX	风险追求型=3,风险规避型=1,风险中立型=2	1.79	0.66	1	3
场地面积 MJ	养殖场的占地面积(hm ²)	2.38	15.69	0.03	280
养殖规模 CL	0~100头=1;101~500头=2;501~2 000头=3; 2 001~3 000头=4;3 001头以上=5	2.47	1.13	1	5
自动化设施配置数量 ZDH	养殖场自动化设施配置:(自动喂料=1;自动饮水=1;自动清粪=1;智能环控=1;其他=1;都没有=0)(不同设备可累计)	1.83	1.16	0	5
信息获取渠道 WGM	获取养殖信息的渠道:(村委会=1;相关政府部门=1;合作社/企业=1;专业的市场分析人=1;电视、网络等媒体=1;同行交流=1;经纪人=1;其他=1)(不同渠道可累计)	2.27	1.19	1	8
资源化利 ZYH	您是否参与了资源化利用(是=1;否=0)	0.99	0.11	0	1
经济效益 ENB	收入得以增加=2;没算过,不知道=1;收入没有增加,反而增加大量成本=0	1.00	0.66	0	2
社会效益 SCB	得到了家人的肯定=1;得到了亲朋好友、邻里街坊的夸奖=1;得到了村委会或动检等部门的认可=1;受到同行的好评=1;没人说好,也没人说不好=0;没人说好,还被投诉或举报=-1	1.36	0.89	0	4
生态效益 ELB	空气质量得以改善=1;土地污染情况得以改善=1;水污染情况得以改善=1;其他环境得以改善=1;一点儿用都没有=0	1.91	0.96	1	4

注:样本量为694。
Note: Sample size is 694.

2 结果与分析

2.1 养猪户资源化利用受偿意愿及受偿水平分析

在694份有效问卷当中,愿意获得资源化利用补偿的养殖户占88.76%。剩余养猪户不愿获得补偿主要是因为“碳交易补偿资源化利用不切实际”

以及“与自身关系不大”。养猪户反馈的受偿水平主要分布在(28,35]、(35,42]2个区间,其次是(7,14]、(14,21]2个区间(见表3)。结合式(1),以碳价作为计算标准,测得非参数估计情况下,养猪户的受偿水平为25.03元/t。

与非参数结果相比,参数估计的计算结果考虑

表3 受偿水平的频率分析

Table 3 Frequency analysis of reimbursement levels

受偿水平/(元/t)	频数	频率/%
Level of reimbursement	Number	Frequency
[0,7]	40	5.76
(7,14]	128	18.45
(14,21]	127	18.30
(21,28]	62	8.93
(28,35]	151	21.76
(35,42]	156	22.48
(42,50]	30	4.32

了客观条件制约,能够使得估算结果更为准确^[21,34]。据此,本研究结合前述进行Tobit回归分析(表4),剔除不显著影响因素后,可得养殖户资源化利用受偿水平的函数式(式(5))。将显著性影响因素的均值代入式(5)后得到受偿水平的参数估计值为31.50元/t。综上,引入碳交易情境下,养殖户资源化利用的受偿水平在25.03~31.50元/t。通过确定补偿上下限,进行差异化补偿可以避免过度补偿和补偿不足问题,显著提升补偿效率^[35]。

$$M = -1.888 \times FX - 0.005 \times MJ + 1.436 \times CL + 0.912 \times WGM - 4.077 \times ENB + 33.522 \quad (5)$$

2.2 养殖户资源化利用受偿意愿及受偿水平的影响因素分析

运用二元Logit模型对养殖户资源化利用受偿意愿和受偿水平的影响因素进行实证分析。在回归分析前,本研究运用方差膨胀因子(VIF)检验自变量共线性,测得VIF结果远小于10,即本研究所选解释变量不存在严重多重共线性,满足独立性要求,可用于回归分析。利用数据拟合个体、养殖和资源化利用效益特征对碳交易情境下养殖户资源化利用受偿意愿和受偿水平影响的回归模型,结果如表4所示。

其中,结果4和8回归结果的似然比、卡方值和Pseudo R^2 均高于结果1~3和5~7,表明综合个体禀赋特征、养殖特征和资源化利用效益特征的回归结果具有说服力。因此,后续分析主要基于结果4和8展开。

在结果4中,除风险偏好和资源化利用经济效

益以外,其他自变量均显著影响养殖户资源化利用受偿意愿,结果整体显著性水平较高。其中,养殖特征中的养殖规模、自动化设施配置数量和资源化利用开展情况,以及资源化利用效益中的生态效益均显著正向影响养殖户的资源化利用受偿意愿。个体禀赋特征中的年龄、文化程度,养殖特征中的场地面积、养殖信息获取渠道,以及资源化利用效益中的社会效益显著负向影响其受偿意愿。可能的原因是:1)生猪养殖规模与畜禽粪污产量以及资源化利用情况密切相关。规模扩大、粪污产量增加,养殖户通过资源化利用碳减排潜力也随之扩大,通过碳交易获得高收益的可能性也进一步增加,因此受偿意愿会随之提高;2)养殖户增加自动化设施配置数量有助于提升猪场自动化水平,进而为开展资源化利用减碳增汇活动提供便利。此外,通过碳交易获得的收益也能够弥补相应的投入成本,因此自动化水平的提升亦有助于强化养殖户受偿意愿;3)生态环境的改善往往需要养殖户进行持续投入,在生态效益补偿机制尚未完善的情况下,通过资源化利用参与碳交易的补偿形式能够降低养殖户改善生态环境的投入成本。因此,资源化利用生态效益的提高会正向影响养殖户受偿意愿;4)养殖户年龄越大,其养殖决策越加谨慎,对新鲜事物的接受能力也会有所降低。因此,面对“资源化利用减少二氧化碳排放,进而卖钱”的新概念,也会更加谨慎,进而负向影响其受偿意愿;5)文化程度较高的养殖户,对决策前后结果的考虑会更加充分,如资源化利用参与碳交易的准入情况、成本收益情况等。当前碳交易在农业领域尚未完全展开,文化程度较高的养殖户尚无法判定其收益,因此对受偿意愿的负向影响更为显著;6)养殖场地面积越大,养殖户为参与资源化利用以及为开展碳交易需要投入的成本越高,因而场地面积增加对受偿意愿的负向影响更显著;7)养殖信息获取渠道越多,养殖户得到的消息越复杂。碍于碳交易在农业领域尚未开展,养殖户无法有效区分信息的有效性,因此会选择“保持现状”,不愿意接受相应补偿;8)资源化利用社会效益的提升有助于强化养殖户的公众形象。出于“做好事不留名”的考虑,养殖户可能会拒绝接受资源化利用补偿,以维持自身形象,总体来看,假说1a、2a、3a均得到验证。

在结果8中,个体禀赋特征中的风险偏好,养殖

表4 受偿意愿和受偿水平影响因素回归结果

Table 4 Regression results for factors affecting willingness to be paid and level of compensation

变量 Variable	受偿意愿 Willingness to be paid				受偿水平 Compensation levels			
	结果1	结果2	结果3	结果4	结果5	结果6	结果7	结果8
	Result 1	Result 2	Result 3	Result 4	Result 5	Result 6	Result 7	Result 8
年龄 NL	−0.009 (−0.68)			−0.028* (−1.90)	0.043 (0.75)			0.057 (1.00)
文化程度 WH	−0.203 (−1.51)			−0.434*** (−2.96)	−0.034 (−0.06)			−0.544 (−0.88)
风险偏好 FX	−0.141 (−0.77)			−0.061 (−0.31)	−1.952** (−2.38)			−1.888** (−2.32)
场地面积 MJ		−0.001* (−1.79)		−0.001** (−2.13)		−0.005** (−2.01)		−0.005** (−2.30)
养殖规模 CL		0.290* (1.93)		0.292* (1.88)		1.481*** (2.64)		1.436** (2.55)
自动化设施配置数量 ZDH		0.522*** (3.67)		0.590*** (3.97)		0.055 (0.10)		0.146 (0.27)
信息获取渠道 WGM		−0.170* (−1.69)		−0.242** (−2.11)		0.354 (0.78)		0.912* (1.94)
资源化利 ZYH		1.076 (1.40)		2.078** (2.40)		−8.388* (−1.76)		−7.464 (−1.58)
经济效益 ENB			−0.083 (−0.42)	−0.013 (−0.06)			−3.684*** (−4.36)	−4.077*** (−4.83)
社会效益 SCB			−0.151 (−0.90)	−0.303* (−1.75)			−0.519 (−0.78)	−0.616 (−0.93)
生态效益 ELB			0.732*** (4.35)	0.850*** (4.62)			0.396 (0.67)	0.054 (0.09)
常数 Constant	3.248*** (3.76)	−0.034 (−0.04)	1.114*** (3.53)	0.543 (0.48)	26.465*** (7.12)	28.692*** (5.91)	28.467*** (20.60)	33.522*** (6.01)
样本量 Sample size	694	694	694	694	694	694	694	694
似然比 Likelihood	−242.577	−227.046	−232.154	−208.978	−2542.152	−2537.031	−2533.486	−2519.381
卡方值 Chi ² Value	2.71	33.77***	23.56***	69.91***	0.27	16.37***	23.46***	51.67***
伪R ² Pseudo R ²	0.006	0.069	0.048	0.143	0	0.003	0.005	0.01

注:*** $P<0.01$, ** $P<0.05$, * $P<0.1$ 。括号数值为标准误,下同。结果1~8均为二元Logit模型回归结果。其中,结果1和5、2和6、3和7分别为仅考虑个体禀赋特征、养殖特征、资源化利用效益对养猪户受偿意愿和受偿水平影响的结果;结果4和8为包含所有核心自变量的综合回归结果。

Note: *** $P<0.01$, ** $P<0.05$, * $P<0.1$. Values in parentheses are standard errors. The same below. Results 1-8 are all binary Logit model regression results. Results 1 and 5, 2 and 6, and 3 and 7 are the results of considering only the effects of individual endowment characteristics, farming characteristics, and the benefits of manure resource utilization on pig farmers' willingness to be compensated and the level of compensation, respectively; results 4 and 8 are the results of the composite regression including all core independent variables.

特征中的场地面积、养殖规模和养殖信息获取渠道,以及资源化利用效益中的经济效益均显著影响养殖户资源化利用受偿水平。其中,养殖规模和养殖信息获取渠道显著正向影响养殖户资源化利用受偿水平;风险偏好、场地面积和资源化利用经济效益显著负向影响其受偿水平。可能的原因是:1)养殖规模越大,养殖户资源化利用投入成本越高,养殖户期望获得更高的补偿额度以弥补当前的投入成本;2)养殖信息获取渠道越多,养殖户对资源化参与碳交易的了解可能会更加全面。出于对新兴事物的高预期,养殖信息渠道获取数量对受偿水平的正向影响更加显著;3)偏向于风险追求型的养殖户,可能无法有效评估碳交易的预期效益,因此对受偿水平的预期较低;4)场地面积越大,养殖户为参与资源化利用以及开展碳交易需要投入的成本越高。当满足补偿条件时,补偿水平越高,越能够弥补养殖户投入成本;5)资源化利用经济效益越高,说明养殖户资源化利用配套设施越完善,能够获得的经济效益逐渐饱和。而参与碳交易不仅

需要养殖户再进行额外的投入,且在现有基础上创造的增值收益也尚未可知。因此,资源化利用经济效益对受偿水平的负向影响更为显著。养殖规模和风险偏好对资源化利用受偿水平的影响与预期假说一致;养殖户场地面积对受偿水平的影响机理同受偿意愿一致。总体来看,假说1b、2b、3b通过检验。

2.3 稳健性检验

为证明基准回归结果的稳健性,本研究采用二元Probit模型替换原有的二元Logit模型。其内在逻辑的合理性在于:若核心自变量在其他合理设定的模型中,其显著性均未发生较大变化,且系数正负保持一致,即证明前述所得回归结果是稳健的^[36]。对比表4和5结果,模型更换前后,核心自变量系数前的符号完全一致,在显著性水平上也无明显差异,进一步说明表4中不存在因分布误设而获得偶然性估计结果的情况。综上,养殖户资源化利用受偿意愿影响因素的实证结果在一定程度上是稳健的。

表5 受偿意愿稳健性检验

Table 5 Robustness test for willingness to be paid

变量 Variable	结果 Result	变量 Variable	结果 Result	变量 Variable	结果 Result	变量 Variable	结果 Result
年龄 NL	0.025 (-1.75)	养殖规模 CL	0.167** (2.07)	经济效益 ENB	0.036 (0.32)	伪R ² Pseudo R ²	0.144
文化程度 WH	-0.239*** (-2.95)	自动化设施配置数量 ZDH	0.303*** (3.98)	社会效益 SCB	0.307 (0.44)	卡方值 Chi ² value	70.41***
风险偏好 FX	-0.046 (-0.43)	信息获取渠道 WGM	-0.153** (-2.50)	生态效益 ELB	0.453*** (4.89)	似然比 Likelihood	-208.727
场地面积 MJ	-0.000** (-2.05)	资源化利用 ZYH	1.120** (2.34)	常数 Constant	0.368 (0.58)		

2.4 异质性分析

鉴于不同规模养殖户在养殖实际、政策运用以及生产动机等多方面均存在一定差异,继续探讨不同规模情况下养殖户资源化利用受偿意愿和受偿水平的影响因素是否存在差异。结合已有研究^[37]对不同规模的划分,本研究将养殖规模在500头以下的养殖户定义为非规模型养殖户,养殖规模在500头及以上的养殖户定义为规模型养殖户,分组后的回归结果如表6所示。

受偿意愿:1)资源化利用生态效益能够显著提升不同规模养殖户资源化利用受偿意愿,说明引入碳交易进行补偿时,要兼顾资源化利用生态效益和不同规模养殖户差异;2)与非规模型养殖户相比,规模型养殖户的资源化利用受偿意愿会显著受到风险偏好的影响;3)与规模型养殖户相比,影响非规模型养殖户资源化利用受偿意愿的显著性因素基本与结果4一致,但是养殖信息获取渠道、资源化利用开展情况、资源化利用社会效益和生态效益的

表6 异质性分析回归结果
Table 6 Heterogeneity analysis regression results

变量 Variable	受偿意愿 Willingness to be compensated		受偿水平 Level of compensation	
	结果 13:非规模型	结果 14:规模型	结果 15:非规模型	结果 16:规模型
	Result 13: Non-scale	Result 14: Large-scale	Result 15: Non-scale	Result 16: Large-scale
年龄 NL	-0.066*** (0.020)	0.004 (0.032)	-0.006 (0.065)	0.126 (1.53)
文化程度 WH	-0.709*** (0.188)	-0.112 (0.363)	0.386 (0.725)	-0.920 (-1.09)
风险偏好 FX	0.386 (0.264)	-1.390** (0.437)	-1.491 (0.911)	-0.725 (-0.62)
场地面积 MJ	-0.007*** (0.002)	0.022 (0.019)	-0.007 (0.008)	-0.005** (-2.30)
养殖规模 CL	0.789*** (0.220)	0.259 (0.265)	-1.564** (0.684)	1.650*** (2.67)
自动化设施配置数量 ZDH	-0.346** (0.141)	0.035 (0.285)	-0.474 (0.546)	2.290*** (3.44)
信息获取渠道 WGM	3.181*** (0.955)		1.458 (4.833)	-17.146** (-2.05)
资源化利用 ZYH	0.241 (0.291)	-0.530 (0.449)	-7.369*** (1.041)	-1.029 (-0.93)
经济效益 ENB	-0.531*** (0.200)	1.874** (0.882)	1.667** (0.769)	-4.319*** (-4.65)
社会效益 SCB	0.719*** (0.215)	1.331*** (0.497)	0.043 (0.690)	0.037 (0.05)
生态效益 ELB	2.055 (1.313)	0.702 (2.316)	33.072*** (5.765)	39.633*** (3.91)
样本量 Sample size	416	278	416	278
似然比 Likelihood	-130.102 36	-50.336	-1 631.344	-1 072.803
卡方值 Chi ² Value	72.19***	47.87***	52.34***	49.97***
伪 R ² Pseudo R ²	0.217	0.322	0.016	0.023

影响方向存在差异,说明在对非规模型养猪户进行引导时,要兼顾资源化利用生态效益和资源化利用行动的实际情况。

受偿水平:1)自动化设施配置数量和资源化利用社会效益会显著影响不同规模养猪户资源化利用受偿水平,但其影响方向不同,说明在引入碳交易补偿时,应适当减少对自动化设施配置数量的关

注,更多关注资源化利用社会效益;而在补偿规模型养猪户时,则应减少对资源化利用社会效益的关注,增加对自动化设施配置数量的关注;2)与非规模型养猪户相比,规模型养猪户的资源化利用受偿水平受场地面积和资源化利用开展情况的影响更为显著;3)非规模型养猪户的资源化利用受偿水平受资源化利用经济效益的影响更为显著。

3 讨论与结论

3.1 讨 论

受温室气体减排项目方法学以及实际碳排放量所限,碳交易主要集中在工业领域,林业碳汇和海洋碳汇依靠吸收二氧化碳的天然优势成为农业碳交易的主要参与形式。国外为解决温室气体排放导致的气候问题,出台了“中央政府设定限额+地方政府充分自主、灵活调整”的碳税政策,并取得一系列成效^[38]。美国碳税提案中的能源创新和碳红利法案(EICD)通过创建碳股息信托基金将碳税收入以一次性支付的方式奖励给低碳生活的个人^[39];加拿大政府于2018年引入碳税,并将碳价下限设定为每单位CO₂排放量10加拿大元,2022年增加到每单位50加拿大元,同时允许各省在此基础上灵活调整地方碳税价格^[40]。国内碳市场为支持资源化利用在内的农业领域项目参与碳交易进行了诸多尝试,但目前仅有湖北省通过精准扶贫支持农业碳减排项目参与碳交易实践^[41]。

碳交易能够将资源化利用生态效益转化为经济效益,养殖户更愿意接受由此带来的经济补偿^[42]。已有研究基于月补偿额探究了养殖户资源化利用的受偿水平^[10, 14, 20],受样本偏差和技术进步等因素影响,所得结果虽在数值上有所差异,但浮动范围基本一致。本研究以碳价作为测度指标衡量养殖户资源化利用受偿意愿。虽然受量纲影响,无法有效比较所得受偿水平与已有研究的差异,但在京津冀一体化趋势下,基于北京市绿色交易所的碳交易价格,测算河北省养殖户资源化利用受偿意愿和受偿水平具有一定合理性。

在养殖户资源化利用受偿意愿和受偿水平的影响因素上,本研究的基准回归结果与现有研究结论基本相同^[28]。但在异质性分析中,本研究发现风险偏好对规模型养殖户资源化利用受偿水平的负向影响更为显著,这与现有研究结果有所不同^[43],可能的原因是规模型养殖户为有效保障既得利益,对未知补偿额度的估计会更为保守;在受偿水平影响因素的异质性分析中,自动化设施配置数量和资源化利用社会效益对规模型养殖户和非规模型养殖户的影响方向完全相反。养殖设施配置和资源化利用社会效益对规模型养殖户资源化利用受偿意愿的影响与已有研究成果高度契合^[15, 26],但对非

规模型养殖户的影响却与之相反。可能是因为非规模型养殖户的投入资金有限,导致自动化设施配置数量相对较少,进一步阻碍了此类养殖户资源化利用水平的提升。同时,非规模型养殖户也想依靠社会效益带来的“好口碑”来获得更大的经济效益^[15]。

3.2 结 论

本研究利用河北省7市694户养殖户微观数据,运用条件价值评估法、二元Logit和Tobit模型对养殖户资源化利用受偿意愿及其影响因素进行实证分析,得出以下结论:1)碳交易作为补偿资源化利用正外部效益的重要手段,88.76%的养殖户愿意接受这一补偿,其受偿水平在25.03~31.50元/t。2)养殖特征中的养殖规模、自动化设施配置数量和资源化利用开展情况,以及资源化利用效益中的生态效益会显著正向影响其受偿意愿;而个体禀赋特征中的年龄、文化程度,养殖特征中的场地面积、养殖信息获取渠道,以及资源化利用效益中的社会效益则会显著负向影响其受偿意愿。养殖特征中的养殖规模和养殖信息获取渠道显著正向影响养殖户受偿水平;个体禀赋特征中的风险偏好,养殖特征中的场地面积和资源化利用经济效益对受偿水平的负向影响更为显著。3)不同规模情境下,个体禀赋特征、养殖特征和资源化利用效益特征对不同规模养殖户受偿意愿和受偿水平的影响存在显著差异。资源化利用生态效益的增加能够显著提升不同规模养殖户的受偿意愿;自动化设施配置数量和资源化利用社会效益会显著影响不同规模养殖户的受偿水平,但其影响方向存在显著差异。

综上,本研究提出:1)加强资源化利用正面效果宣传。为使养殖户更好参与资源化利用以及后续的碳交易,相关部门可以充分运用线上线下宣传渠道,强化对资源化利用正面效果以及碳交易的宣传^[44]。一方面,相关部门可以在线下围绕资源化利用和碳交易举办座谈会和研讨会,向养殖户普及资源化利用的重要性以及资源化利用参与碳交易的可行性。另一方面,也可以通过官方网站和社交媒体平台发布有关资源化利用和碳交易的市场信息、政策支持手段和发展趋势,帮助养殖户提升认知水平的同时提供实施指南;2)加快构建畜禽资源化利用碳交易补偿机制。首先,应适当加快资源化利用参与碳交易的方法学,在此基础上结合CCER确定

交易规则 and 标准。其次,通过与第三方机构合作或政府监管的方式建立资源化利用监测和验证体系,保障养殖户资源化利用碳减排效益顺利转化。最后,政府可以设置最低碳价,确保养殖户能够在碳交易中获得一定收益;3)注重资源化利用参与碳交易政策与实际相结合,因地制宜,避免“一刀切”。地方部门在落实上级政策时,要充分考虑地方养殖规模、类型以及种植作物等实际情况。同时,需要重点关注刚刚达到资源化利用参与碳交易门槛的养殖户,提供力所能及的支持措施,如技术培训、补贴等,以降低其参与门槛。此外,还应定期吸纳养殖户的反馈和建议,评估政策实施效果,并允许根据实际需要进行调整,以便政策更好地发挥预期效果。

参考文献 References

- [1] 杨建初. 碳达峰、碳中和知识解读[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2021
Yang J C. *Carbon Peak and Carbon Neutral Knowledge Interpretation* [M]. Beijing: CITIC Publishing Group Corporation, 2021 (in Chinese)
- [2] 杜红梅, 周健. 生猪养殖户粪污资源化利用意愿与行为一致性研究[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2022, 23(2): 92-102
Du H M, Zhou J. A study on the willingness and behavioural consistency of manure resource utilization among pig farmers[J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Science*, 2022, 23(2): 92-102 (in Chinese)
- [3] 杜红梅, 柳馨凯. 考虑粪污资源化利用湖南生猪养殖的最优规模选择[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2021, 44(3): 34-39
Du H M, Liu X K. Optimal scale selection of pig farming in Hunan province considering the resource utilization of manure [J]. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 2021, 44(3): 34-39 (in Chinese)
- [4] 谭永凤, 徐戈, 陆迁. “一揽子”补贴促进规模养殖户环境污染治理了吗: 以畜禽粪污资源化利用为例[J]. 农村经济, 2022(2): 62-71
Tan Y F, Xu G, Lu Q. Has the “package” subsidy promoted the environmental pollution control of large-scale farmers: A case study of resource utilization of livestock and poultry manure [J]. *Rural Economy*, 2022(2): 62-71 (in Chinese)
- [5] 赵佳佳, 刘灵芝. 环境规制政策下养殖户环境风险感知对粪污资源化处理意愿的影响: 以肉鸭养殖户为例[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(3): 282-296
Zhao J J, Liu L Z. The effect of farmers’ environmental risk perception on their willingness to treat manure resources under environmental regulation policies: The case of meat duck farmers [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(3): 282-296 (in Chinese)
- [6] 杜林远, 许莹莹, 高红贵. 流域生态补偿综合效益评估: 以湘江流域为例[J]. 统计与决策, 2022, 38(16): 77-81
Du L Y, Xu Y Y, Gao H G. Comprehensive benefit assessment of ecological compensation in river basins: Taking the Xiangjiang River Basin as an example [J]. *Statistics & Decision*, 2022, 38(16): 77-81 (in Chinese)
- [7] 杨莉, 乔光华. 基于牧民受偿意愿的生态保护红线区草原生态补偿标准研究[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(11): 55-60
Yang L, Qiao G H. Research on grassland ecological compensation standard of ecological protection red line area based on herdsmen’s willingness to be compensated [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(11): 55-60 (in Chinese)
- [8] 徐珂, 庞洁, 尹昌斌. 生态公益林补偿标准及其影响因素: 基于农户受偿意愿视角[J]. 中国土地科学, 2022, 36(6): 76-87
Xu K, Pang J, Yin C B. Compensation standard for ecological public welfare forests and its influencing factors: Based on the perspective of farmers’ willingness to be compensated [J]. *China Land Science*, 2022, 36(6): 76-87 (in Chinese)
- [9] 张郁, 齐振宏, 孟祥海, 张董敏, 郭兰娅. 生态补偿政策情境下家庭资源禀赋对养殖户环境行为影响: 基于湖北省248个专业养殖户(场)的调查研究[J]. 农业经济问题, 2015, 36(6): 82-91
Zhang Y, Qi Z H, Meng X H, Zhang D M, Wu L Y. Influence of household resource endowment on environmental behaviour of pig farmers in the context of ecological compensation policy: A survey study based on 248 professional farmers (farms) in Hubei Province [J]. *Issues in Agricultural Economic*, 2015, 36(6): 82-91 (in Chinese)
- [10] 王建华, 陶君颖, 陈璐. 养殖户畜禽废弃物资源化处理受偿意愿及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(9): 144-155
Wang J H, Tao J Y, Chen L. A study on the willingness to be paid for resource-based treatment of livestock and poultry waste by farmers and the factors affecting it [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(9): 144-155 (in Chinese)
- [11] 张晖. 中国畜牧业面源污染研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010
Zhang H. Research on surface source pollution of animal husbandry in China [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010 (in Chinese)
- [12] 张园园, 陈秋红. 生猪养殖主体对制度激励型碳减排政策的选择偏好: 基于选择实验法的分析[J]. 农业技术经济, 2021(10): 107-120
Zhang Y Y, Chen Q H. Selection preferences of pig farming subjects for institutional incentive-based carbon emission reduction policies: An analysis based on the choice experiment method [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(10): 107-120 (in Chinese)
- [13] 余亮亮, 蔡银莺. 基于农户受偿意愿的农田生态补偿: 以湖北省京山县为例[J]. 应用生态学报, 2015, 26(1): 215-223
Yu L L, Cai Y Y. Farmland ecological compensation based on farmers’ willingness to be compensated: A case study of Jingshan County, Hubei Province [J]. *China Journal of Applied Ecology*, 2015, 26(1): 215-223 (in Chinese)
- [14] 全世文, 刘媛媛. 农业废弃物资源化利用: 补偿方式会影响补偿标准吗[J]. 中国农村经济, 2017(4): 13-29
Quan S W, Liu Y Y. Resource utilization of agricultural waste: Does compensation mode affect compensation standard [J]. *China Rural Economy*, 2017(4): 13-29 (in Chinese)
- [15] 何可, 李凡略, 畅华仪. 构建低碳共同体: 地方性共识与规模养殖户农业碳交易参与: 以农村沼气CCER碳交易项目为例[J]. 中国农村观察, 2021(5): 71-91
He K, Li F L, Chang H Y. Building a low-carbon community: Local consensus and participation of large-scale pig farmers in agricultural carbon trading: An example of a rural biogas CCER carbon trading project [J]. *China Rural Survey*, 2021(5): 71-91 (in Chinese)
- [16] 河北新闻网. 沃野向“绿”循环生金: 河北大力发展生态循环农业[EB/OL]. [2023-09-12]. http://hebei.hebnews.cn/2021-03/30/content_8439683.htm, 2021-03-30/1/10

- Hebei News. Fertile field to the "green" cycle of gold: Hebei vigorously develop ecological recycling agriculture [EB/OL]. [2023-09-12]. http://hebei.hebnews.cn/2021-03/30/content_8439683.htm, 2021-03-30/1/10 (in Chinese)
- [17] 王能军, 田永, 许鲜. 乡村振兴低碳化发展的碳交易机制与路径[J]. 学术交流, 2021(1):109-119
- Wang N J, Tian Y, Xu X. Carbon trading mechanism and path for low-carbon development of rural revitalisation[J]. *Academic Exchange*, 2021(1):109-119 (in Chinese)
- [18] Simon H A. Rational decision making in business organizations[J]. *The American Economic Review*, 1979, 69(4):493-513
- [19] 宾幕容, 文孔亮, 周发明. 农户畜禽废弃物利用技术采纳意愿及其影响因素: 基于湖南462个农户的调研[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2017, 18(4):37-43
- Bin M R, Wen K L, Zhou F M. Adoption of livestock and poultry waste utilization technologies by farmers and their influencing factors: A study based on 462 farmers in Hunan [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Science*, 2017, 18(4):37-43 (in Chinese)
- [20] 何可, 张俊彪. 基于农户WTA的农业废弃物资源化补偿标准研究: 以湖北省为例[J]. 中国农村观察, 2013(5):46-54
- He K, Zhang J B. Research on the compensation standard of agricultural waste resourcing based on farmers' WTA: Taking Hubei Province as an example[J]. *China Rural Survey*, 2013(5):46-54 (in Chinese)
- [21] 庞洁, 靳乐山. 基于渔民受偿意愿的鄱阳湖禁捕补偿标准研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(7):169-176
- Pang J, Jin L S. Research on compensation standard of fishing ban in Poyang Lake based on fishermen's willingness to be compensated[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(7):169-176 (in Chinese)
- [22] 杜晓芹, 王芳, 赵卉卉, 王远, 朱晓东. 基于CVM的武进港水环境综合整治工程环境价值支付/受偿意愿评估[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(4):449-455
- Du X Q, Wang F, Zhao H H, Wang Y, Zhu X D. CVM-based assessment of willingness to pay/receive environmental value in Wujin harbour water environment comprehensive improvement project [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, 23(4):449-455 (in Chinese)
- [23] 贺志武, 胡伦, 陆迁. 农户风险偏好、风险认知对节水灌溉技术采用意愿的影响[J]. 资源科学, 2018, 40(4):797-808
- He Z W, Hu L, Lu Q. The effects of farmers' risk preference and risk perception on the willingness to adopt water-saving irrigation technology [J]. *Resource Science*, 2018, 40(4):797-808 (in Chinese)
- [24] 鞠光伟, 张燕媛, 陈艳丽, 高雷, 陈印军. 养殖户生猪保险参保行为分析: 基于428位养殖户问卷调查[J]. 农业技术经济, 2018(6):81-91
- Ju G W, Zhang Y Y, Chen Y L, Gao L, Chen Y J. Analysis of farmers' pig insurance participation behaviour: Based on 428 farmers' questionnaire survey [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018(6):81-91 (in Chinese)
- [25] 陈世文, 黄森慰, 陈静, 黄可扬, 何有幸. 环境规制如何影响农户生活垃圾分类意愿: 基于2020CLES公开数据[J]. 世界农业, 2023(5):104-115
- Chen S W, Huang S W, Chen J, Huang K Y, He Y X. How environmental regulation affects farmers' willingness to sort household waste: Based on 2020CLES public data [J]. *World Agriculture*, 2023(5):104-115 (in Chinese)
- [26] 邓远远, 朱俊峰, 王建华. 风险规制下病死猪无害化处理补偿标准考量: 基于养殖户受偿意愿的视角[J]. 农村经济, 2020(12):130-136
- Deng Y Y, Zhu J F, Wang J H. Consideration of compensation standards for harmless treatment of sick and dead pigs under risk regulation: A perspective based on farmers' willingness to be compensated [J]. *Rural Economy*, 2020(12):130-136 (in Chinese)
- [27] 任立, 甘臣林, 吴萌, 陈银蓉. 城市近郊区农户农地感知价值对其投入行为影响研究: 以武汉、鄂州两地典型样本调查为例[J]. 中国土地科学, 2018, 32(1):42-50
- Ren L, Gan C L, Wu M, Chen Y R. Research on the impact of perceived value of farmland of farmers in urban peri-urban areas on their input behaviour: Taking the typical sample survey in Wuhan and Ezhou as an example [J]. *China Land Science*, 2018, 32(1):42-50 (in Chinese)
- [28] 何可, 张俊彪. 农民对资源性农业废弃物循环利用的价值感知及其影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(10):150-156
- He K, Zhang J B. Farmers' value perception of resource-based agricultural waste recycling and its influencing factors [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(10):150-156 (in Chinese)
- [29] Mitchell R C C R T. *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method* [M]. Washington DC: Resources for the Future Press, 1989
- [30] 杜丽永, 蔡志坚, 杨加猛, 蒋瞻. 运用Spike模型分析CVM中零响应对价值评估的影响: 以南京市居民对长江流域生态补偿的支付意愿为例[J]. 自然资源学报, 2013, 28(6):1007-1018
- Du L Y, Cai Z J, Yang J M, Jiang Z. Using Spike model to analyse the effect of zero response on value assessment in CVM: An example of Nanjing residents' willingness to pay for ecological compensation in the Yangtze River Basin [J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(6):1007-1018 (in Chinese)
- [31] Dasgupta P P S K S. *Handbook of Environmental Economics* [M]. Amsterdam: Elsevier, 2018
- [32] 周学红, 马建章, 张伟, 王强. 运用CVM评估濒危物种保护的经济价值及其可靠性分析: 以哈尔滨市居民对东北虎保护的支付意愿为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(2):276-285
- Zhou X H, Ma J Z, Zhang W, Wang Q. Using CVM to assess the economic value of endangered species conservation and its reliability analysis: Taking the willingness to pay for northeast tiger conservation by Harbin City residents as an example [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(2):276-285 (in Chinese)
- [33] 蔡银莺, 余亮亮. 重点开发区域农田生态补偿的农户受偿意愿分析: 武汉市的例证[J]. 资源科学, 2014, 36(8):1660-1669
- Cai Y Y, Yu L L. Analysis of farmers' willingness to be compensated for ecological compensation of farmland in key development areas: An example from Wuhan City [J]. *Resource Science*, 2014, 36(8):1660-1669 (in Chinese)
- [34] 丘水林, 靳乐山. 生态保护红线区人为活动限制补偿标准及其影响因素: 以农户受偿意愿为视角[J]. 中国土地科学, 2021, 35(7):89-97
- Qiu S L, Jin L S. Compensation standard for anthropogenic activity restriction in ecological protection red line zone and its influencing factors: The perspective of farmers' willingness to be compensated [J]. *China Land Science*, 2021, 35(7):89-97 (in Chinese)
- [35] 高雅平, 蒋振, 靳乐山. 农户秸秆收集利用受偿意愿及影响因素研究[J]. 干旱区资源与环境, 2023, 37(2):76-87
- Gao Y H, Jiang Z, Jin L S. Study on the willingness of farmers to be paid for straw collection and utilization and the factors affecting it [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2023, 37(2):76-87 (in Chinese)

- [36] 何可, 李凡略, 叶丽红, 杨薇. 农村社区融入对规模养殖户采取非正式社会制裁行为的影响[J]. 中国农村观察, 2022(3):147-164
He K, Li F L, Ye L H, Yang W. The impact of rural community integration on the adoption of informal social sanctioning behaviour by large-scale farmers [J]. *China Rural Survey*, 2022 (3): 147-164 (in Chinese)
- [37] 吴林海, 袁光倩, 许国艳, 陈秀娟. 病死猪无害化处理政策对生猪养殖户行为的影响效应[J]. 中国农村经济, 2017(2):56-69
Wu L H, Qiu G Q, Xu G Y, Chen X J. Influence effect of harmless treatment policy for sick and dead pigs on pig farmers' behaviour [J]. *Chinese Rural Economy*, 2017(2):56-69 (in Chinese)
- [38] 刘振涛, 路剑. 畜禽养殖粪肥还田参与碳交易的实现路径探索[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023(6):1-6
Liu Z T, Lu J. Exploration of the realization path of livestock and poultry manure return to the field to participate in carbon trading [J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2023(6):1-6 (in Chinese)
- [39] Fellmann T, Witzke P, Weiss F, Van Doorslaer B, Drabik D, Huck I, Salputra G, Jansson T, Leip A. Major challenges of integrating agriculture into climate change mitigation policy frameworks [J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2018, 23(3):451-468.
- [40] Slade P. The effects of pricing canadian livestock emissions[J]. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 2018, 66(2):305-329
- [41] 金书秦, 韩冬梅, 林煜, 胡浚哲. 碳达峰目标下开展农业碳交易的前景分析和政策建议[J]. 农村金融研究, 2021(6):3-8
Jin S Q, Han D M, Lin Y, Hu J Z. Prospect analysis and policy recommendations for agricultural carbon trading under the peak carbon goal[J]. *Rural Finance Research*, 2021(6):3-8 (in Chinese)
- [42] 张新民. 农业碳减排的生态补偿机制[J]. 生态经济, 2013(10):107-110
Zhang X M. Ecological compensation mechanism for agricultural carbon emission reduction [J]. *Ecological Economy*, 2013 (10): 107-110 (in Chinese)
- [43] 朱凯宁, 靳乐山. 基于农户受偿意愿的丘陵山区化肥减量补偿标准研究[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(9):75-81
Zhu K N, Jin L S. Study on the compensation standard for fertilizer reduction in hilly mountainous areas based on farmers' willingness to be compensated [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(9):75-81 (in Chinese)
- [44] 何可, 李凡略, 刘颖. “双碳”目标下的畜禽养殖业绿色发展[J]. 环境保护, 2022, 50(16):28-33
He K, Li F L, Liu Y. Green development of livestock and poultry farming under the 'double carbon' target[J]. *Environmental Protection*, 2022, 50(16):28-33 (in Chinese)

责任编辑: 王岩



第一作者简介: 刘振涛, 河北农业大学经济管理学院农林经济管理专业博士研究生。先后获得河北农业大学优秀研究生、学业一等奖学金等。专业方向为农业经济管理、农业资源与环境经济。目前为河北省生猪产业创新技术团队主要成员, 参与了河北省现代农业产业技术体系建设专项资金(HBCT2024220301)和河北省教育厅重大课题攻关项目(ZD202306)等课题的申报立项工作。目前围绕畜禽养殖废弃物治理发表学术论文3篇, 参编学术著作4部, 多次参与生猪养殖及产业发展调研。



通讯作者简介: 路剑, 博士, 教授、博士生导师, 河北农业大学文管系党总支书记、系主任, 河北省生猪产业创新团队经济岗位专家。兼任河北省高等学校经济学教学指导委员会委员、沧州市社科联新型社科智库专家、中国林牧渔业经济学会第五届理事会常务理事。主要研究方向为农业经济。先后主研国家社科基金、科技部课题两项, 主持省部各级课题30余项, 并获得省社会科学优秀成果奖等课题奖励10余项。在光明日报出版社、中国农业出版社、清华大学出版社等先后出版著作22部。先后在《农业经济问题》《经济学动态》《农业工程学报》等刊物发表学术论文100余篇。