

畜禽废弃物循环视角下社会化服务组织模式的多维效率评估

—以牟平区畜禽废弃物循环处理为例

丛霖

(中国农业大学烟台研究院, 山东 烟台 264000)

摘要:本研究基于改进型CRITIC-超效率DEA模型,对牟平区4种畜禽废弃物循环处理模式进行三维效率评估。结果显示,村集体领办型综合效率最优(1.23),其土地集约化与社区信任机制实现经济-社会-生态均衡;企业衍生型生态效率领先(1.35),但社会效率短板显著(0.94);区域合作型生态效率高(1.25),经济效率低迷(0.89);个体农户互助型社会效率突出(1.23),生态效率最弱(0.88)。结果表明,模式效能取决于制度架构与多维目标的动态适配能力。未来政策需遵循“多维适配、分类施策”原则:优先推广村集体领办型,强化其市场化运营能力,企业衍生型则需平衡社会包容与生态效率,区域合作型降低协同成本并激活市场交易,个体农户互助型通过数字化与制度化实现现代化转型。最终构建“村集体主导-企业支撑-区域联动-农户参与”的协同网络。

关键词: 畜禽废弃物循环利用;社会化服务;改进型CRITIC-超效率DEA模型;“经济-社会-生态”效率评估

中图分类号:F325

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2025)04-0112-08

Multidimensional Efficiency Evaluation of Socialized Service Organization Models from the Perspective of Livestock and Poultry Waste Recycling

CONG Lin

(Yantai Research Institute, China Agricultural University, Yantai 264000, China)

Abstract: This study employs an improved CRITIC-super efficiency DEA model to conduct a three-dimensional efficiency evaluation of four types of livestock and poultry waste recycling models in the Mouping District. The results indicate that the village collective-led model exhibits the highest comprehensive efficiency (1.23), with land intensification and community trust mechanisms enabling economic-social-ecological balance; the enterprise-derived model leads in ecological efficiency (1.35), but has a significant shortcoming in social efficiency (0.94); the regional cooperative model has high ecological efficiency (1.25), but low economic efficiency (0.89); the individual farmer mutual aid model stands out in social efficiency (1.23), with the weakest ecological efficiency (0.88). The findings suggest that the effectiveness of the models depends on the dynamic adaptability of institutional frameworks and multidimensional goals. Future policies should adhere to the principle of "multidimensional adaptation and classified policies": prioritizing the promotion of the village collective-led model, strengthening its market operation capacity; balancing social inclusiveness and ecological efficiency for the enterprise-derived model; reducing collaborative costs and activating market transactions for the regional cooperative model; and achieving modernization for the individual farmer mutual aid model through digitization and institutionalization. Ultimately, a collaborative network of "village collective leadership-enterprise support-regional linkage-farmer participation" should be constructed.

收稿日期:2025-03-27

基金项目:山东省重点研发计划项目(2024TZXD079);烟台市教育局校地融合项目(2022XDRHXMQT24);2025年度山东省重点研发计划(软科学)项目(2025RZB0604)

作者简介:丛霖(2004-),女,在读本科,从事电子商务、农业经济研究。

Key words: Livestock and poultry waste recycling; Socialized services; Improved CRITIC-super efficiency DEA model; "Economic-social-ecological" efficiency assessment

全球农业可持续发展背景下,我国作为农业废弃物总量最大的国家,年畜禽废弃物产生量超38亿t,秸秆近9亿t^[1]。国务院明确提出,2025年秸秆综合利用率达85%以上,畜禽废弃物资源化利用水平需显著提升^[2]。当前,畜禽废弃物循环处理主要由社会化服务组织承担,其通过技术集成、资源调配与模式创新,推动种养环节高效衔接^[3]。然而实践表明,畜禽废弃物循环的区域差异显著,部分省份仍低于60%,且社会化服务组织覆盖率不足40%^[4],政策执行中过度依赖单一主体(如企业主导)导致农户参与率从2019年的61%降至2022年的48%,暴露出社会协同机制的薄弱^[5]。因此,亟待构建多维分析框架,揭示不同社会化服务组织模式在种养循环下的多维发展效应,为政策优化提供更好的发展建议,破解“政策热、执行冷”的困局。

现有研究表明,农业社会化服务组织通过经济、社会与生态三维协同机制显著提升农户综合效益。经济维度上,服务组织通过规模化经营^[6-8]、技术推广^[9-11]优化资源配置效率,其与农户的契约设计^[12]进一步强化了增收效应;社会维度上,服务组织通过深化分工^[13-14]、促进劳动力非农转移^[15-16]重构农村要素配置格局,同时依托服务网络统筹能力缩短响应时间,提高服务半径^[17],有效提升农户福祉;生态维度上,服务组织通过抑制过度投资^[18-19]、推动绿色技术标准应用^[20-22]降低农业面源污染,其规模化经营模式与农药化肥减量形成显著协同效应^[23]。基于此,本研究从农业社会化服务组织主要作用路径出发,以种养循环试点县烟台市牟平区为研究对象,通过构建“制度-社会-生态”三维交互模型,采用改进型CRITIC法与Super-Efficiency DEA模型,对现有社会化服务组织模式在畜禽废弃物循环中的影响效应进行研究。

1 研究区域畜禽废弃物循环利用及服务组织的发展概况

1.1 畜禽废弃物循环利用的实施现状

牟平区作为山东省首批绿色种养循环农业试点县,近年来在畜禽废弃物循环利用方面取得显著进展。截至2023年,全区通过财政补助支持,累计消纳畜禽废弃物32万余t,完成堆肥10.25万t,还

田面积1.4万hm²,初步构建了覆盖种养全环节的循环体系^[24]。

在技术模式上,全区754家规模养殖场已实现粪污处理设施100%配套,并创新应用纳米膜堆积发酵技术、污水发酵囊等新型处理方式,年处理粪便能力提升至42万t,污水处理能力达25万t以上^[25],例如龙泉镇小苇子村采用纳米膜技术年处理粪污1万t^[26],高陵镇范家庄村通过食用菌基料加工年消纳鸡粪7万t,形成“农牧结合”的典型模式。

政策层面,牟平区通过“五有”标准遴选75个专业化服务主体,建立粪肥来源追溯机制,并依托国家级试点项目推动有机肥厂建设,其中在建的东方宜农有机肥加工厂一期设计年处理能力40万t。当前全区畜禽废弃物综合利用率达76%^[25],但仍面临中小养殖场技术落地难、农户参与率下滑等挑战,需进一步强化政策协同与技术创新。

1.2 服务组织模式及特点

1.2.1 服务组织建设情况

牟平区依托绿色种养循环试点县项目,以推进粪肥就地就近还田利用为重点,扶持一批粪肥还田利用专业化服务主体。调研发现全区已有14个堆肥企业和31个农业合作社进行堆沤有机肥生产,项目探索并推广多种畜禽加工模式,旨在建立绿色种养循环机制。

实地调研发现,以畜禽废弃物循环利用为主导的服务组织模式分为5类,包括适度规模化的种养生态园型、个体农户互助型、村集体领办型、区域合作型和企业衍生型。其中种养结合生态园型不涉及服务组织,不做研究;参与个体农户互助型主要是适度规模的家庭农场,包括肉鸡存栏量为2.5万只及以上、生猪存栏量1000头及以上,作为本研究重点。其他小型养殖场能自我处理粪污,不依赖外部服务,不做研究。

1.2.2 服务组织模式特点

个体农户互助型作为本地畜禽粪污资源化利用的基石模式,占全区处理总量的62%,在胶东半岛特色农业生态系统中展现出独特生命力。其核心在于依托乡土社会差序格局形成的信任机制,以自然村落为边界构建3.1~6.7hm²的微型循环单元。通过农机共享,年均完成3.2万t禽粪的短途运输(平均运距<3km)与静态堆肥作业,运输成

本较市场化服务降低45%。同时,其处理周期与当地“冬小麦-夏玉米-春花生”两年三熟制形成时序耦合,85%堆肥产物可在秋整地期精准施用,构建起“畜禽养殖-高温堆肥-冬小麦基肥”的闭环物质流体系。典型案例如大窑街道小草根农场,通过引入高校技术团队建立腐熟度检测体系,配合配方施肥服务系统,实现土壤有机质含量三年内从1.8%提升至2.6%。

村集体领办型模式以基层党组织引领为核心特征,目前全区试点覆盖耕地50.7 hm²,呈现“双核驱动”发展格局。其中小苇子村采取“果园+猪粪”立体循环模式,整合42户分散养殖户,建成800 m³沼气工程,年产沼液肥3 000 t,配套滴灌系统覆盖20 hm²苹果园;南小洼村则创新“玉米青贮-肉牛养殖-粪肥还田”链条,通过土地流转形成13.3 hm²饲草基地,粪肥还田成本较市场价降低30%。村集体年均投入基础设施资金18万~25万元,建立“保底收益+二次分红”机制,带动参与农户均增收6 500元。但受制于村集体经济实力差异,该模式推广存在明显梯度效应,目前仅在经济强村实现落地。

区域合作型模式依托国家绿色种养循环农业试点政策而产生,目前,牟平区已形成“1个县级调度中心+3个镇级服务站+9个专业化组织”的三级服务体系。核心企业荣华生物科技配备槽式翻抛机、陈化筛分生产线等先进设备,日处理畜禽废弃物能力达150 t,产品含水率稳定控制在30%以下。服务组织采用“移动式预处理+集中式发

酵”的联合作业模式,建立17个临时收集点,服务半径拓展至15公里。但受运输成本制约,实际有效服务范围仍局限在8 km内。2022年统计显示,该模式单位处理成本达85元/t,较个体模式高出60%,需依赖每公顷60元的财政补贴维持运转。

企业衍生型模式凭借大型养殖企业的资金与技术优势,构建起“订单养殖-集中处理-商品化输出”的完整产业链条,其技术路径高度依赖工业资本投入,对中小养殖主体的辐射带动作用尚存局限。牟平区目前以仙坛股份、益生股份两大企业为龙头,构建起“合同养殖-集中收运-工厂化生产-定向销售”的垂直整合体系。其中仙坛生物科技建成华北首条鸡粪生物转化生产线,采用复合菌剂和48 h高温灭菌工艺,年产颗粒有机肥5万t,重金属钝化率达92%以上。通过“养殖场托管”模式链接47个规模养殖场,但万t级处理能力与中小散户需求存在匹配落差,服务覆盖率仅19%。产品结构以经济作物专用肥为主,大田作物用肥占比偏低,市场价格制约推广应用。

2 数据来源及研究模型

2.1 数据来源

采用分层抽样法对牟平区的种植主体、养殖主体及服务组织发放调查问卷,共计300份,回收276份,回收率92%,所有回收问卷均有效。覆盖4类模式主体(见表1、表2)。结合深度访谈获取质性数据,确保样本代表性。

表1 调研对象汇总
Table 1 Summary of research subjects

调研模式类型 Types of research models	调研数量 Number of surveys	
个体农户互助型	160家农户	28家养殖户 132家种植户
村集体领办型	2个村庄	4名村集体负责人 30户村民
区域合作型	9家社会化服务主体 30家试点农场	10家种植农场 20家养殖农场
企业衍生型	62家种植户 2家企业 50家农户	38家养殖户 12家种植户

表2 各模式问卷发放数量
Table 2 Number of questionnaires distributed for each mode

调研模式 Types of research models	问卷回收数量/份 Number of questionnaires collected
个体农户互助型	125
村集体领办型	30
区域合作型	61
企业衍生型	60

2.2 研究模型

为实现对畜禽废弃物循环领域的社会化服务组织模式在“经济-社会-生态”三维效率上的排序,借鉴王瑛等^[27]、赵春英^[28]、孔令成等^[29]和尹春洋等^[30]的研究,通过改进型CRITIC法客观赋权,结合超效率DEA模型量化效率值,兼具指标相关性与决策单元效率的协同分析优势。

采用改进型CRITIC法,将CRITIC权重作为DEA模型中输入输出指标的先验约束,可以避免

因主观权重分配导致某项指标被低估的问题,并引入国家相关标准^[31]中的优先级系数,确保权重分配与国家“双碳”目标及乡村振兴战略相契合。同时,应用超效率DEA模型解决传统DEA在完全有效单元间无法区分的缺陷,实现不同种养循环服务组织模式的效率排序。

变量体系构建遵循“系统性、可量化、政策导向”原则,基于研究框架,从经济效率、社会效率、生态效率3个维度选取12项指标(表3)。

表3 三维变量设置
Table 3 Three-dimensional variable settings

变量维度 Variable dimension	变量名称 Variable name	变量定义 Variable definition	均值 Mean	标准差 Standard deviation
经济效率	单位处理成本比(X ₁)	处理成本/区域平均处理成本(比值)	0.854	0.125
	政府补贴力度(X ₂)	补贴金额占总投资比例/%	12.573	3.239
	投入产出比(X ₃)	总收益/总投入(比值)	1.380	0.250
	健康存活率(X ₄)	畜禽健康存活比例/%	95.213	2.113
社会效率	服务响应时间(Y ₁)	服务请求平均响应时间/h	8.538	2.417
	就业机会创造(Y ₂)	创造就业岗位数/个	4.719	1.304
	服务覆盖范围(Y ₃)	服务农户数/区域总养殖户数/%	68.324	1.674
	服务质量评价(Y ₄)	用户满意度评分(百分制)	86.413	6.800
生态效率	技术适配度(Z ₁)	技术方案匹配度评分(5分制)	4.219	0.647
	化肥减施量(Z ₂)	有机肥替代化肥量/kg·hm ⁻²	1 816.260	375.690
	废弃物利用率(Z ₃)	资源化利用量/总产生量/%	85.079	7.981
	污染处理效果(Z ₄)	COD/氨氮等污染物去除率/%	92.504	4.367

2.2.1 指标赋权阶段——改进型CRITIC法

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \dots\dots\dots (1)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \dots\dots\dots (2)$$

首先,针对指标量纲差异,采用极差法进行归一化处理。对于正向输出指标,按式(1)处理;负向输入指标(如X₁、Y₁)按式(2)处理。式中,x_{ij}为第i个样本在第j项指标的原始值,max(x_j)和min(x_j)分别为指标极值。

$$CV_j = \frac{\sigma_j}{\bar{x}_j} \dots\dots\dots (3)$$

$$R_{jk} = 1 - |\rho_{jk}| \dots\dots\dots (4)$$

其次,采用式(3)计算对比强度,通过变异系数(CV)衡量数据离散程度,避免标准差受量纲影响。并使用式(4)基于Spearman相关系数构建冲突矩阵,衡量冲突性,量化指标间相关性。其中,σ_j为指标标准差,̄x_j为均值,ρ_{jk}为指标j与k的相关系数。

$$w_j^{CRITIC} = \frac{CV_j \cdot \sum_{k=1}^n R_{jk}}{\sum_{j=1}^n [CV_j \cdot \sum_{k=1}^n R_{jk}]} \dots\dots\dots (5)$$

观权重,通过 Kendall 协调系数检验($w=0.876, P<0.01$),验证权重与专家判断一致性,确保结果符合政策导向,结果如表 4 所示。

最后,按式(5)综合对比强度与冲突性计算客

表 4 改进型 CRITIC 法变量权重系数结果

Table 4 Results of the Variable Weight Coefficients of the Improved CRITIC Method

变量维度 Variable dimension	变量类型 Variable type	变量名称 Variable name	变量性质 Variable nature	权重系数 Weight coefficient
经济效率(0.384)	输入变量	单位处理成本比(X_1)	负向指标	0.128
		政府补贴力度(X_2)	正向指标	0.185
	输出变量	投入产出比(X_3)	正向指标	0.152
		健康存活率(X_4)	正向指标	0.136
社会效率(0.341)	输入变量	服务响应时间(Y_1)	负向指标	0.093
	输出变量	就业机会创造(Y_2)	正向指标	0.124
		服务覆盖范围(Y_3)	正向指标	0.105
		服务质量评价(Y_4)	正向指标	0.087
生态效率(0.275)	输入变量	技术适配度(Z_1)	正向指标	0.078
	输出变量	化肥减施量(Z_2)	正向指标	0.142
		废弃物利用率(Z_3)	正向指标	0.165
		污染处理效果(Z_4)	正向指标	0.149

2.2.2 效率评价阶段——超效率 DEA 模型

$$I_i = \sum_{j \in Input} w_j^{CRITIC} \cdot x_{ij}^* \dots\dots\dots (6)$$

$$O_i = \sum_{j \in Output} w_j^{CRITIC} \cdot x_{ij}^* \dots\dots\dots (7)$$

将 CRITIC 权重嵌入 DEA 模型,按式(6)和式(7)分别构建加权输入输出值。

$$\begin{aligned} &\max \theta \\ &s.t. \begin{cases} \sum_{k=1}^n \lambda_k I_k \leq \theta I_0 \\ \sum_{k=1}^n \lambda_k O_k \geq O_0 \\ \lambda_k \geq 0, \sum \lambda_k = 1 (\text{规模报酬可变假设}) \end{cases} \end{aligned} \dots\dots\dots (8)$$

采用投入导向型超效率 DEA 模型,其中, θ 为被评估决策单元(DMU)的超效率水平,允许效率

值 $\theta \geq 1$ 以区分有效决策单元的效率差异。 λ_k 为权重系数, I_0 和 O_0 分别为当前决策单元的输入输出值。

3 模型结果与分析

本研究基于改进型 CRITIC-超效率 DEA 组合模型,对牟平区 4 种典型种养循环社会化服务组织模式进行多维效率评估。由表 5 可知,各模式得分均实现 DEA 有效,表明各模式均具有存在的优势和必要性,其中,村集体领办型以综合效率值 1.23 位居首位,显著优于企业衍生型(1.17)、区域合作型(1.16)及个体农户互助型(1.05)。同时,各模式间存在显著效率分异,揭示了不同组

表 5 超效率 DEA 模型结果

Table 5 Results of the Super Efficiency DEA Model

组织模式 Organizational model	综合效率 Comprehensive	经济效率 Economic	社会效率 Social	生态效率 Ecological	综合效率排名 Ranking of comprehensive efficiency
村集体领办型	1.23	1.15*	1.18*	1.10*	1
企业衍生型	1.17*	1.25*	0.94	1.35*	2
区域合作型	1.16*	0.89	1.05*	1.25*	3
个体农户互助型	1.05*	1.01*	1.23*	0.88	4

注:“*”表示 DEA 有效单元(效率值 ≥ 1)。

Note: * indicates DEA effective unit (efficiency value ≥ 1).

织模式在“经济-社会-生态”协同发展中的差异化作用机制。

3.1 村集体领办型

村集体领办型服务组织模式以1.23的综合效率值居于首位,该优势源于其多维均衡发展特征,彰显该模式在“经济-社会-生态”三维协同中的制度优越性。

经济效率(1.15)得益于集体土地整合带来的规模效益,通过统一规划粪污处理设施与有机肥生产链,单位处理成本降低23%,而政府补贴力度的精准投放进一步强化了资源调配能力,构建了规模经济与范围经济的双重红利,既降低交易成本又提升资本周转效能。社会效率(1.18)则源于嵌入性治理结构对农村社会资本的激活,通过利益共享机制与内生性组织动员,有效弥合个体理性与集体行动的张力,形成社会网络的正外部性扩散,服务覆盖范围与服务评价的协同提升,使得农户参与率较企业衍生型高19%。生态效率(1.10)反映出制度刚性约束下生态要素的“准市场化”补偿机制,村集体自身的资金和技术限制导致生态可持续性较低,提示需要重构基层生态治理的激励相容机制。

3.2 企业衍生型

企业衍生型服务组织模式以1.17的综合效率值居于次席,其生态效率(1.35)的显著优势凸显资本与技术双轮驱动下生态外部性内部化的阶段性突破。

企业衍生型的经济效率(1.25)反映企业通过技术集约化与产业链整合,在要素配置与生产流程优化中实现边际成本递减,结合生态效率(1.35)的双高表现,凸显了资本驱动模式的技术与管理优势。规模化运营通过标准化流程将废弃物利用率提升至85%,且污染处理效果因末端处理技术的成熟达到优秀水平,然而,调研中发现32%的养殖户仍遭遇存储污染,也暴露了企业回收周期与农户日常生产的时序错配问题。社会效率(0.94)的显著短板反映出资本逐利性与社区福祉的张力。企业衍生型依托供应链垂直整合与数字化管理实现生产要素的高效配置,但也削弱了社区传统社会网络的功能性,当职业化雇佣关系替代互助共治传统、利润导向排斥弱势群体参与。

这一结果表明,技术革新与制度套利虽能短期破解生态约束硬边界,但未能构建包容性增长框架以调和市场理性与社会理性的冲突,需进行

社区赋权机制与文化适应性改造。

3.3 区域合作型

区域合作型服务组织模式虽以1.16的综合效率值突破DEA有效阈值,但其经济效率(0.89)的边际失效暴露出跨域协作中经济要素配置的深层结构性矛盾。

区域合作型的生态效率(1.25)凸显跨区域资源整合的生态溢价。通过构建粪污跨区消纳网络,建立跨区域基础设施共享或污染联防联控,废弃物利用率提升至82%,但经济效率(0.89)的低迷暴露了废弃物资源市场化对农户从交换转向购买的抑制作用,致使服务组织被迫寻找远销渠道,同时,政府补贴力度($X_2=0.185$)的权重未能有效转化为投入产出比的提升,表明当前跨区交易机制仍存在制度性摩擦,随着协作范围扩大,信息不对称加剧、利益协调成本攀升及边际收益递减规律共同作用,导致经济要素的配置效率出现系统性耗散。社会效率(1.05)的优势则源于服务覆盖范围的广度拓展,但服务质量评价($Y_4=0.087$)的低权重制约了可持续性。

研究结果提示,区域协同发展需超越地理边界整合的表层逻辑,通过产权重构、收益共享与风险共担机制的精细化设计,实现规模效应与制度红利的双重释放。

3.4 个体农户互助型

个体农户互助型综合效率(1.05)虽勉强达到DEA有效阈值,但其经济效率(1.01)与生态效率(0.88)暴露出分散化小农组织在“经济-社会-生态”协同中的系统性失衡。

个体农户互助型经济效率(1.01)略高于DEA有效阈值,表明分散化小农组织在局部经济维度实现了资源利用的有限优化,源于个体农户通过非正式互助网络对生产要素的灵活调配,通过劳动力共享或生产工具的季节性集约使用,从而在微观层面降低了边际成本。然而,社会效率(1.23)印证了小农经济的社会韧性,通过非正式合作网络,服务响应时间可缩短至0.8 h。生态效率(0.88)则指向分散经营模式下生态治理的负外部性困境,个体农户自身知识和资金技术的限制使其对废弃物的处理无法达到要求。实地调研显示,78.6%的农户采用祖辈沿袭的堆肥方式,其碳排放强度较现代技术高出42%。

研究结果表明,传统小农组织模式的现代化转型亟需突破“自发互助”的原始逻辑,通过嵌入外部制度供给与技术创新赋能,重构“资源集约-

制度激励-能力跃升”的协同演化路径。

4 结 论

研究表明,畜禽废弃物循环社会化服务组织模式的三维协同效应不仅取决于单一维度效率优化,更依赖于经济资本转化、社会网络构建与生态约束响应的动态适配机制。实证分析表明,牟平区4种模式均具备存在价值,并呈现差异化的耦合特征:个体农户互助型与村集体领办型侧重经济成本控制与服务响应效率,而区域合作型与企业衍生型聚焦废弃物污染治理与环境质量提升,各模式在特定情境下兼具优势与局限。其中,村集体领办型通过土地集约化与集体治理机制,实现生产要素高效配置与社会网络增值的协同,既规避个体农户互助型组织松散导致的系统低效,又通过权责共担框架调和资本逐利性与生态公共性矛盾,成为“经济-社会-生态”动态均衡的实践典范。

未来政策需遵循“多维适配、分类施策”原则:优先推广村集体领办型,强化其市场化运营能力,企业衍生型则需平衡社会包容与生态效率,区域合作型降低协同成本并激活市场交易,个体农户互助型通过数字化与制度化实现现代化转型。最终构建“村集体主导-企业支撑-区域联动-农户参与”的协同网络,推动农业绿色转型从“政策驱动”向“系统自洽”演进。

参考文献:

- [1] 国家标准委,农业农村部,生态环境部.关于推进畜禽粪污资源化利用标准体系建设的指导意见[R].北京:国家市场监督管理总局,2023.
Standardization Administration of China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Ministry of ecology and environment. Guiding opinions on promoting the construction of the standard system for resource utilization of livestock and poultry manure[R]. Beijing: State Administration for Market Regulation, 2023. (in Chinese)
- [2] 新华社.关于加快构建废弃物循环利用体系的意见[R].北京:中华人民共和国中央人民政府,2024.
Xinhua News Agency. Opinions on accelerating the establishment of a waste recycling system[R]. Beijing: State Council, the People's Republic of China, 2024. (in Chinese)
- [3] 国务院办公厅.关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见[R].北京:中华人民共和国中央人民政府,2017.
General Office of the State Council. Opinions on accelerating the resource utilization of livestock and poultry breeding waste [R]. Beijing: State Council, the People's Republic of China, 2017. (in Chinese)
- [4] 农业农村部,国家发展改革委,科技部,等.关于印发《“十四五”全国农业绿色发展规划》的通知[R].北京:中华人民共和国中央人民政府,2021.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology, et al. Notice on Issuing the "14th five-year plan" national plan for green agricultural development[R]. Beijing: State Council, the People's Republic of China, 2021. (in Chinese)
- [5] 新华社.关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见[R].北京:中华人民共和国中央人民政府,2024.
Xinhua News Agency. Opinions on accelerating the comprehensive green transformation of economic and social development [R]. Beijing: State Council, the People's Republic of China, 2024. (in Chinese)
- [6] 张永奇,单德朋.县域数字经济、农业社会化服务与小农户受益—基于宏观数据经验考察[J].上海财经大学学报,2024,26(1):94-107.
ZHANG Y Q, SHAN D P. County digital economy, agricultural socialized services and smallholders' benefit: an empirical study based on macro and micro data[J]. Journal of Shanghai University of Finance and Economics, 2024, 26(1): 94-107. (in Chinese)
- [7] 曹铁毅,邹伟.社会化服务供给对规模农户经济效益和绿色生产的影响[J].长江流域资源与环境,2023,32(3):653-664.
CAO T Y, ZOU W. Impact of socialized service supply on economic benefits and green production of scale farmers[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, 32(3): 653-664. (in Chinese)
- [8] 吕智超,孙日丹,洪小丽,等.吉林省农作物秸秆资源现状及利用对策[J].东北农业科学,2024,49(4):62-65.
LYU Z C, SUN R D, HONG X L, et al. Current status and utilization countermeasures of crop straw resources in jilin province [J]. Northeast Agricultural Sciences, 2024, 49(4): 62-65. (in Chinese)
- [9] 张永强,田媛.社会化服务模式对农户技术效率的影响[J].农业技术经济,2021(6):84-100.
ZHANG Y Q, TIAN Y. Impact of socialized service models on farmers' technical efficiency[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2021(6): 84-100. (in Chinese)
- [10] 潘晓峰,张永峰,那伟,等.松辽平原农牧结合循环农业技术发展研究[J].吉林农业科学,2010,35(6):54-57.
PAN X F, ZHANG Y F, NA W, et al. Research on the development of circular agriculture technology integrating farming and animal husbandry in songliao plain[J]. Jilin Agricultural Sciences, 2010, 35(6): 54-57. (in Chinese)
- [11] 曾智,何蒲明.农业社会化服务对农户绿色农业技术采纳的影响—基于要素配置的视角[J].农村金融研究,2025(2):51-66.
ZENG Z, HE P M. Impact of agricultural socialized services on farmers' adoption of green agricultural technology: From the perspective of factor allocation[J]. Rural Finance Research, 2025 (2): 51-66. (in Chinese)
- [12] 韩春虹.农业社会化服务组织模式与小农户满意度的比较

- 研究——一个新制度经济学分析视角[J]. 现代经济探讨, 2022(8): 124-132.
- HAN C H. A Comparative study of agricultural socialized service organization models and small farmers' satisfaction: from an analytical perspective of new institutional economics[J]. Modern Economic Research, 2022(8): 124-132. (in Chinese)
- [13] 江帆, 宋洪远, 高鸣. 农业生产托管保障国家粮食安全的理论分析——基于生成逻辑的视角[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(1): 11-19.
- JIANG F, SONG H Y, GAO M. Theoretical analysis on agricultural production trusteeship ensuring national food security: based on the perspective of generative logic[J]. Research of Agricultural Modernization, 2022, 43(1): 11-19. (in Chinese)
- [14] 丁娜, 陈彦彦. 黑龙江省农户参与农业废弃物资源化利用现状研究[J]. 东北农业科学, 2019, 44(6): 126-128.
- DING N, CHEN Y Y. Research on the current situation of farmers' participation in resource utilization of agricultural waste in heilongjiang province[J]. Northeast Agricultural Sciences, 2019, 44(6): 126-128. (in Chinese)
- [15] 张利国, 李颖. 农业社会化服务提高了农户经济福祉吗[J]. 江西财经大学学报, 2025(1): 74-85.
- ZHANG L G, LI Y. Do agricultural socialized services improve farmers' economic well-being? [J]. Journal of Jiangxi University of Finance and Economics, 2025(1): 74-85. (in Chinese)
- [16] 钟真, 蒋维扬, 李丁. 社会化服务能推动农业高质量发展吗? ——来自第三次全国农业普查中粮食生产的证据[J]. 中国农村经济, 2021(12): 109-130.
- ZHONG Z, JIANG W Y, LI D. Can socialized services promote high-quality agricultural development? Evidence from grain production in the third national agricultural census[J]. Chinese Rural Economy, 2021(12): 109-130. (in Chinese)
- [17] 张琛, 黄斌, 钟真. 农业社会化服务半径的决定机制: 来自四家农民合作社的证据[J]. 改革, 2020(12): 121-131.
- ZHANG C, HUANG B, ZHONG Z. The determination mechanism of agricultural socialized service radius: Evidence from four farmers' cooperatives[J]. Reform, 2020(12): 121-131. (in Chinese)
- [18] 李静, 孟天琦, 韩春虹. 土地托管影响农业产出机制: 投资效率及其解释[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(9): 142-149.
- LI J, MENG T Q, HAN C H. Mechanism of land trusteeship affecting agricultural output: Investment efficiency and its explanation[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(9): 142-149. (in Chinese)
- [19] 韩春虹, 张德元. 土地托管影响粮食产出的内在机制及效率制约因素[J]. 农业技术经济, 2020(3): 32-41.
- HAN C H, ZHANG D Y. Internal mechanism of land trusteeship affecting grain output and efficiency constraints[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2020(3): 32-41. (in Chinese)
- [20] 杜三峡, 罗小锋, 黄炎忠, 等. 风险感知、农业社会化服务与稻农生物农药技术采纳行为[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(7): 1768-1779.
- DU S X, LUO X F, HUANG Y Z, et al. Risk perception, agricultural socialized services and rice farmers' adoption behavior of biological pesticide technology[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(7): 1768-1779. (in Chinese)
- [21] 王英杰, 宋怡玮, 宋康宁, 等. 生态补偿与价值感知对畜禽废弃物循环利用的影响效应研究——基于莱阳市生猪养殖户的实证分析[J]. 东北农业科学, 2024, 49(4): 105-112.
- WANG Y J, SONG Y W, SONG K N, et al. Research on the impact effects of ecological compensation and value perception on recycling of livestock and poultry waste: Empirical analysis based on pig farmers in laiyang city[J]. Northeast Agricultural Sciences, 2024, 49(4): 105-112. (in Chinese)
- [22] 应瑞瑶, 徐斌. 农作物病虫害专业化防治服务对农药施用强度的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(8): 90-97.
- YING R Y, XU B. Impact of specialized prevention and control services for crop diseases and insect pests on pesticide application intensity[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(8): 90-97. (in Chinese)
- [23] 张露, 罗必良. 农业减量化: 农户经营的规模逻辑及其证据[J]. 中国农村经济, 2020(2): 81-99.
- ZHANG L, LUO B L. Agricultural reduction: The scale logic of farm household operations and its evidence[J]. Chinese Rural Economy, 2020(2): 81-99. (in Chinese)
- [24] 烟台市牟平区人民政府. 烟台市牟平区2023年政府工作报告[R]. 山东: 牟平区人民政府, 2023.
- People's Government of Muping District, Yantai City. Government work report of muping district, yantai city 2023[R]. Shandong: People's Government of Muping District, 2023. (in Chinese)
- [25] 牟平区农业农村局. 关于乡村畜禽粪便资源化利用的建议的提案的答复[R]. 山东: 牟平区人民政府, 2023.
- Bureau of Agriculture and Rural Affairs of Muping District. Reply to the proposal on resource utilization of livestock and poultry manure in rural areas[R]. Shandong: People's Government of Muping District, 2023. (in Chinese)
- [26] 农民日报. 生态苹果“种”出甜蜜生活——山东烟台小苇子村发展生态循环农业赋能乡村振兴[R]. 山东: 烟台市农业农村局, 2023.
- Farmers' Daily. Ecological apples 'grow' a sweet life - xiaoweizi village in yantai, shandong develops ecological circular agriculture to empower rural revitalization[R]. Shandong: Bureau of Agriculture and Rural Affairs of Yantai City, 2023. (in Chinese)
- [27] 王瑛, 蒋晓东, 张璐. 基于改进的CRITIC法和云模型的科技奖励评价研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2014, 41(4): 118-124.
- WANG Y, JIANG X D, ZHANG L. Research on evaluation of scientific awards based on improved CRITIC method and cloud model[J]. Journal of Hunan University(Natural Sciences), 2014, 41(4): 118-124. (in Chinese)
- [28] 赵春英, 马占新. 权重受限的超效率DEA模型及其投影分析[J]. 系统工程学报, 2019, 34(1): 116-129.
- ZHAO C Y, MA Z X. Super efficiency DEA model with restricted weights and its projection analysis[J]. (下转第128页)

- 报, 2019, 47(7): 90-98.
- SUN L, LI Y, ZHAO B Q, et al. Effects of moderate fire disturbance on soil respiration components and soil microbial biomass in secondary forest of Maoer Mountains, China[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2019, 47(7): 90-98. (in Chinese)
- [31] 王瑶, 张利敏, 徐胜楠, 等. 帽儿山3种森林生态系统土壤动物与土壤呼吸及其相互关系研究[J]. 生态学报, 2021, 41(1): 172-183.
- WANG Y, ZHANG L M, XU S N, et al. Analysis on soil animals, soil respiration and the correlation in three forest ecosystems in Maershan[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(1): 172-183. (in Chinese)
- [32] 杨金艳, 王传宽. 东北东部森林生态系统土壤呼吸组分的分离量化[J]. 生态学报, 2006, 26(6): 1640-1647.
- YANG J Y, WANG C K. Partitioning soil respiration of temperate forest ecosystems in Northeastern China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(6): 1640-1647. (in Chinese)
- [33] PIAO S, WANG X, PARK T, et al. Characteristics, drivers and feedbacks of global greening[J]. Nature Reviews Earth & Environment, 2020, 1(1): 14-27.
- [34] ALLEN C D, MACALADY A K, CHENCHOUNI H, et al. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 259(4): 660-684.
- [35] BOND LAMBERTY B, THOMSON A. Temperature-associated increases in the global soil respiration record[J]. Nature, 2010, 464: 579-582.
- [36] DAVIDSON E A, JANSSENS I A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change[J]. Nature, 2006, 440: 165-173.
- (责任编辑: 王 昱)

(上接第 119 页)

- Journal of Systems Engineering, 2019, 34(1): 116-129. (in Chinese)
- [29] 孔令成, 郑少锋. 家庭农场的经营效率及适度规模—基于松江模式的 DEA 模型分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2016, 16(5): 107-118.
- KONG L C, ZHENG S F. Operational efficiency and moderate scale of family farms: Analysis based on DEA model of Songjiang model[J]. Journal of Northwest A&F University(Social Science Edition), 2016, 16(5): 107-118. (in Chinese)
- [30] 尹春洋, 田露, 李志坚, 等. 肉牛养殖户适度规模经营效率及其优化路径实证分析—以西北优势产区为例[J]. 中国畜牧杂志, 2016, 52(8): 22-26, 30.
- YIN C Y, TIAN L, LI Z J, et al. An empirical analysis of operational efficiency of moderate scale and its optimization path for beef cattle farmers: Taking the northwest advantageous production area as an example[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2016, 52(8): 22-26, 30. (in Chinese)
- [31] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 农业社会化服务 农机专业合作组织建设指南[R]. 北京: 国家标准委, 2023.
- State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of China. Agricultural socialized services—guidelines for the construction of agricultural machinery professional cooperative organizations[R]. Beijing: Standardization Administration of China, 2023. (in Chinese)
- (责任编辑: 王 昱)