



农业资源与环境学报

CSCD 核心期刊
中文核心期刊
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

农地利用可持续集约化水平评估及其影响因素研究

叶曼飞, 单玉红

引用本文:

叶曼飞, 单玉红. 农地利用可持续集约化水平评估及其影响因素研究[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(6): 1185–1195.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0644>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

农业可持续发展研究热点与趋势——基于文献计量的可视化分析

胡斯威, 米长虹, 师荣光, 杨琰琰

农业资源与环境学报. 2022, 39(1): 1–10 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0612>

黄土高原沟道农地转换特征及影响机制初探

璩路路

农业资源与环境学报. 2022, 39(4): 806–816 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0335>

乡村转型视角下山地丘陵区农地规模经营影响因素与分区

廖仕梅, 刘卫平, 谢德体, 倪九派

农业资源与环境学报. 2018, 35(2): 181–188 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0241>

新时代广州市耕地多功能评价及时空演变分析

唐春云, 臧俊梅

农业资源与环境学报. 2021, 38(2): 332–343 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0648>

农户粪肥施用的关键驱动和障碍因素——以曲周为例

黄晓芙, 张涛, 侯勇

农业资源与环境学报. 2022, 39(1): 149–156 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0674>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

叶曼飞, 单玉红. 农地利用可持续集约化水平评估及其影响因素研究[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(6): 1185–1195.

YE M F, SHAN Y H. Study on the assessment of sustainable intensification level of farmland use and its influencing factors[J]. *Journal of*

Agricultural Resources and Environment, 2022, 39(6): 1185–1195.



开放科学 OSID

农地利用可持续集约化水平评估及其影响因素研究

叶曼飞, 单玉红*

(华中农业大学公共管理学院, 武汉 430070)

摘要:为探寻提高农地利用可持续集约化水平的路径,基于湖北省5区1市的416份农户调研数据,采用DEA-BCC模型测算农户的农地利用可持续集约化水平,并构建农户生计脆弱性、农地价值认知、农地流转影响农地利用可持续集约化水平的概念模型,采用结构方程模型(SEM)对数据进行拟合。结果表明:研究区农户的农地利用可持续集约化水平较低,转入户、转出户以及未流转户的平均水平分别为0.417、0.351、0.310。农户生计脆弱性对农地利用可持续集约化水平不具有直接效应,农地价值认知对农地利用可持续集约化水平具有正向直接效应。相对于生计脆弱性低的农户而言,生计脆弱性高的农户由于对农地具有依赖性,反而表现出较高的农地价值认知,进而间接正向影响农地利用可持续集约化,但仅依靠这种基于个人需求角度产生的农地价值认知并不能真正实现农地利用的可持续集约化。农地流转在农地价值认知与农地利用可持续集约化水平之间具有正向调节效应,促进了认知到行为的转化。研究建议:通过鼓励转入农地、完善农业生产补贴政策,降低缺乏农业资源的农户的生计脆弱性;通过完善社会保障制度、加强非农技能培训,降低生产能力较弱农户的生计脆弱性;完善农地流转价格评估体系,深化农地资产价值;加强农业技能培训,确保农地流转的有效性。

关键词:可持续集约化;农户生计脆弱性;农地价值认知;农地流转;中介效应;调节效应

中图分类号:F321.1

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2022)06-1185-11

doi: 10.13254/j.jare.2021.0644

Study on the assessment of sustainable intensification level of farmland use and its influencing factors

YE Manfei, SHAN Yuhong*

(School of Public Administration, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: To explore ways to improve the level of sustainable intensification of farmland use, data collected from a survey of 416 farmers in five districts and one city in Hubei Province was analyzed. A DEA-BCC model was used to measure the level of sustainable intensification of farmland use and construct a conceptual model of farmers' livelihood vulnerability, farmland value cognition, and farmland transfer affecting the level of sustainable intensification of farmland use. Structural equation modeling was used to fit the data. The results showed that the sustainable intensification of farmland use by farmers in the study area was low, with the average levels of transfer-in households, transfer-out households, and non-transfer households being 0.417, 0.351, and 0.310, respectively. The vulnerability of farmers' livelihoods has no direct effect on the level of sustainable intensification of farmland use, and farmland value cognition has a positive and direct effect on the level of sustainable intensification of farmland use. Compared to farmers with low livelihood vulnerability, farmers with high livelihood vulnerability show higher cognition of farmland value due to their dependence on farmland, which indirectly positively affects the sustainable intensification of farmland use. However, relying only on this cognition of farmland value based on the perspective of individual needs cannot truly realize the sustainable intensification of farmland utilization. Farmland transfer has a positive moderating

收稿日期: 2021-09-22 录用日期: 2021-11-05

作者简介: 叶曼飞(1997—),女,河南洛阳人,硕士研究生,从事土地经济与管理方面研究。E-mail: 1650873825@qq.com

*通信作者: 单玉红 E-mail: shanyuhong@mail.hzau.edu.cn

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(16YJC630016);中央高校基本科研业务费专项基金(2662020GGPY003)

Project supported: Humanities and Social Science Research Youth Fund Project of Ministry of Education(16YJC630016);Fundamental Research Funds for the Central Universities(2662020GGPY003)

effect on the cognition of farmland value and the level of sustainable intensification of farmland use, which improves the conversion rate from cognition to behavior. Based on this, the recommendations of the study are: (1) encourage transfer-in to farmland, improve agricultural production subsidy policies, and reduce the livelihood vulnerability of farmers lacking agricultural resources; (2) improve social security system, strengthen non-agricultural skills training, and reduce the livelihood vulnerability of farmers affected by weaker production capacity; (3) improve the farmland transfer price evaluation system, and increase the value of farmland assets; (4) strengthen agricultural skills training to ensure the effectiveness of farmland transfer.

Keywords: sustainable intensification; vulnerability of farmers' livelihoods; farmland value cognition; farmland transfer; mediating effect; moderating effect

改革开放以来,我国农业经济得到快速发展,但与此同时,这种单纯依靠资源消耗提高产量的农业生产方式,使我国农业发展面临着面源污染加重和土壤肥力衰退等生态环境问题^[1]。为缓解农业生产与资源约束之间的矛盾,自2014年以来中央一号文件连续多年强调在资源环境约束趋紧的背景下,农业发展应转变方向,既要确保农产品的有效供给,又要进一步加强农业资源保护,实现农业绿色可持续发展。为寻求农地利用可持续集约化实现的路径,学术界也进行了一些探索。有研究认为,农地利用的可持续集约化是农地的集约化利用与可持续利用的协同耦合,具体是指力图通过优化生产要素投入,增强要素投入的有效性,进而在提高农地产出的同时使环境负面效应最小化^[2]。事实上,人类活动总会不可避免地影响到生态环境的质量,因此,在农业日益卷入社会化大生产的背景下,应从转变农地利用方式和优化生产要素结构两方面入手,解决“产出提高”和“生态环境不退化”这一对立矛盾。

农地利用的可持续集约化由农户的生产决策所决定^[3],随着城乡不断融合,区别于以往相对封闭的小农式生产,农户的生产决策在趋于社会化的同时,也受到多方面因素的影响:一是农户的生计脆弱性。随着农户生计资本的分化,农户的生计趋于多元,面临着更多的自然、社会和家庭风险,风险暴露程度、敏感程度以及抗风险能力不同的农户有着不同的农地经营意愿和行为偏好,已有研究证实农户生计脆弱性会对土壤肥力及粮食生产能力产生影响^[4]。二是农户对农地的价值认知。农户会基于其价值认知对自身资源禀赋进行分配,进而作出差别化的农地经营决策,以获取最大化收益,研究证实农户对农地的价值认知会影响到农户的合理施肥行为^[5]、生物农药采用行为^[6]和农用地膜回收意愿等^[7]。三是农地经营过程中要素投入的适配度。生产要素的适配是现代农业可持续集约化的内在要求,但是家庭承包责任制主要是根据家庭人口,兼顾农地的质量好坏和位置远近等

对土地要素进行相对平均的分配^[8],这一分配方式可能会造成农户的生产能力与经营规模失配。研究表明,农地流转可以减少对农地的破坏^[9],农地适度规模经营也将推动农业生态系统的可持续发展^[10]。但是也有研究表明,农地流转并不一定能够推动农地利用的可持续集约化,除非流转后增加新的生产要素或者原有生产要素发生质的提高^[11]。

综上,笔者认为,在农业现代化进程中农户的生计脆弱性、农地价值认知和农地流转三者之间也存在着相互作用:农户的生计脆弱性会影响其对农地价值的认知,而农地价值认知影响农地利用可持续集约化的过程中又将受到农户流转决策的影响。但已有研究较少将三者纳入同一个体系分析其对农地利用可持续集约化水平的影响。另外,依据2018年中央全面深化改革委员会第四次会议审议通过的《关于促进小农户和现代农业发展有机衔接的意见》,小农户家庭经营依旧是我国当前及今后很长时期内农业的主要经营方式之一,农户层面的农地可持续集约利用的引导工作不可或缺。因此,笔者首先通过梳理“农户生计脆弱性”“农户对农地的价值认知”“农地流转”和“农地利用可持续集约化水平”之间的内在逻辑,探寻影响农地利用可持续集约化水平的因素。其次,在湖北省武汉黄陂区、蔡甸区、江夏区、鄂州鄂城区、梁子湖区以及孝感汉川市等区域开展入户调查,测算样本农户的农地利用可持续集约化水平,然后选用结构方程模型(SEM)阐释了影响农地可持续集约化水平的因素,并据此提出具有针对性的推动农地利用可持续集约化的建议。

1 材料与方法

1.1 理论分析与研究假说

1.1.1 农户生计脆弱性对农地利用可持续集约化的影响

“生计脆弱性”中的“生计”是指建立在个人能力与资源禀赋之上的谋生方式,而“脆弱性”是指在面对外部冲击时个体遭遇风险的可能性与抵抗风险的能

力^[12]。因此,根据农户生计脆弱性内涵的界定,可以从“风险暴露程度”“风险敏感程度”及“风险抵抗能力”三个方面来衡量农户的生计脆弱性^[13]。其中:风险暴露程度指可能面临的自然风险、社会风险和家庭风险;风险敏感程度指农户在经历风险后所表现的状态;风险抵抗能力指农户利用自己拥有的资源抵御风险的能力。

农户的生计情况决定其土地利用决策^[14],进而决定其农地利用是否朝着可持续集约化的方向发展,因此,理论上农户的生计脆弱性会直接影响到农地利用的可持续集约化水平。风险暴露度和风险敏感度高度的农户,容易受到外界环境的影响^[15],其家庭劳动力农业生产能力较弱,对于农地生产方式的选择较为保守,新技术的采纳度较低,农地多处于粗放利用状态;风险抵抗力较高的农户,其生产资源较为丰富,具备进行农业绿色生产的资金和能力,在一定程度上会促进农地利用的可持续集约化。由此,提出假说H₁:“农户的生计脆弱性”会直接影响到“农地利用的可持续集约化水平”。具体而言,农户的“风险暴露度”越高,其“农地利用可持续集约化水平”越低;农户的“风险敏感程度”越高,其“农地利用可持续集约化水平”越低;农户的“风险抵抗力”越高,其“农地利用可持续集约化水平”越高。

1.1.2 农地价值认知对农地利用可持续集约化的影响

价值认知,是行为个体在进行某项行为决策时,通过权衡和比较成本与收益而形成的对某一行为的态度^[5]。认知行为理论表明:个体对某事件的认知水平越高,则这一事件的行为越容易得到落实^[16]。因此,农户对农地价值的认知水平会直接决定其是否选择可持续集约化生产方式。

农户对农地的价值认知可以分为市场价值认知和非市场价值认知两个层面^[17]。“理性小农”理论认为,农户一切行动的根源都是为了追求自身利益最大化^[18]。研究表明当农户对农地价值有全面的认识,并且意识到农地质量的改善可以带来农地价值增量时,会产生保护农地的意愿^[17]和行为^[19],进而采用可持续集约化的生产方式。由此,提出假说H₂:农户对“农地的市场价值认知和非市场价值认知”会直接影响“农地利用可持续集约化水平”,农户的“认知水平”越高,“农地利用可持续集约化水平”越高。

1.1.3 农地流转对农地利用可持续集约化的影响

实现农地利用的可持续集约化需要提升劳动生产率 and 土地产出率。农业生产中,土地、劳动和资本

作为生产三要素,彼此相互影响、互为依托,农地流转可通过协调三者关系来提升劳动生产率和土地产出率^[20]。对转入户而言,经营规模的扩大以及农业劳动力要素相对不足,会促使其通过农业机械化替代部分劳动,从而提升单位劳动生产率;对转出户而言,经营规模的减小可有效提升其剩余生产要素的配备水平^[21],从而提升土地产出率。因此农地流转可推动土地要素的流动,在产生边际产出拉平效应的同时^[22],通过提升单位劳动生产率和土地产出率这一路径,推动农地利用的可持续集约化。由此,提出假说H₃:“农地转入”和“农地转出”直接正向影响“农地利用可持续集约化水平”。

1.1.4 农户生计脆弱性、农地的价值认知和农地流转之间的相互作用

首先,农户的生计脆弱性决定着农户对农地的情感依赖,进而决定其对农地的价值认知。风险暴露度及风险敏感度高度的农户认为农地是其“安身立命的根本”,会对农地产生更为强烈的禀赋效应^[23],既认可农地市场价值,也较为认可农地的非市场价值。而风险抵抗力高的农户,由于生计选择的多样性而对农地的物质和情感依赖程度均不断弱化^[14],对农地价值的认知也普遍停留在市场价值层面。因此,推断生计脆弱性可以通过影响农地价值认知来影响农地利用的可持续集约化水平。由此,提出假说H₄:“农户的生计脆弱性”会直接影响“农户对农地的价值认知”,进而会间接影响“农地利用可持续集约化水平”。

其次,农地利用的可持续集约化取决于农户对农地的价值认知、生产能力等与其可以支配的土地生产资料是否匹配^[24]。例如,当农户的生产能力较弱反而拥有较大的经营规模时,即使其对农地具有较高的价值认知,因生产能力所限,其农地利用也难以趋向可持续集约化。因此“农地流转”在“农户对农地的价值认知”和“农地利用的可持续集约化”之间可能发挥调节作用。由此,提出假说H₅:“农地转入”和“农地转出”在“农户对农地的价值认知”与“农地利用可持续集约化水平”之间存在调节作用。

根据以上分析,绘制出各变量之间的关系(图1)。

1.2 数据来源

选取武汉的黄陂区、蔡甸区、江夏区,鄂州的鄂城区、梁子湖区,孝感的汉川市为研究区域,研究区农业生产环境相近,存在农地流转现象,可更好地反映农地规模经营对农地利用可持续集约化的影响。数据收集过程包括:问卷设计、预调研、修改问卷和正式调

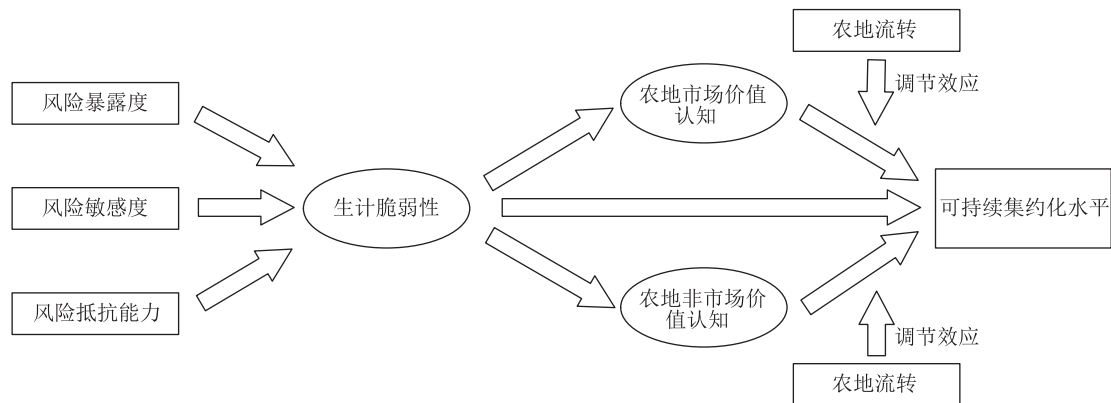


图1 农地利用可持续集约化的实现路径概念模型

Figure 1 Conceptual model of the realization path of sustainable intensification of farmland use

研4个阶段。按照距离武汉市中心远近,采取分层随机抽样的方法,在每个研究区分别选取3~6个村庄,各村庄选取10~20户。于2020年10—12月采取一对一对访谈方式,调查了相关农户的个人及家庭基本情况、土地承包经营情况、生产中的具体投入产出情况以及农地价值认知等,最终得到416份有效问卷。样本总体基本特征如表1所示:受访者男性略多于女性;年龄偏大,56岁以上的中老年人占比达70.91%,符合当前农村劳动力实际情况;整体受教育程度偏低,初中及以下学历农户占比78.61%;样本总体中流转户占比54.09%。

1.3 农地利用可持续集约化水平的测算

1.3.1 农地利用可持续集约化水平的测算指标选取

依据农户的农地投入和产出情况衡量其农地利用可持续集约化水平更为客观^[3]。因此,根据研究区实际生产情况及已有研究成果^[20,25],选用“要素投入”和“生态产值”来衡量农地利用的可持续集约化水平,具体指标详见表2。

(1)要素投入:主要包括土地投入、资本投入和劳动力投入。

表2 农地利用可持续集约化水平测算的指标体系

Table 2 Index system for the measurement of sustainable intensification level of farmland use

指标 Indicator	单位 Unit	测算方法 Calculation method
土地投入	hm ²	农户实际经营的土地面积
资本投入	元	机械、化肥、农药、种子和灌溉费用
劳动力投入	人	农业从业人数
农地生态产值	元	农地生态产值=农地经济产值-农药污染损失-碳排放量价值损失-化肥流失成本

(2)生态产值:由经济产值扣除环境污染损失计算得到,其中环境污染损失包括农药污染损失、碳排放量价值损失及化肥污染损失三部分,具体计算如下:

①农药污染损失:由农业生产中农药过量或不合理使用导致的土壤与环境污染,以及农作物中有毒物质残留超标造成的生态损失^[26]。

$$y_1 = \sum S_i \times T_i \times P_i \times R \quad (1)$$

式中: S_i 为农作物*i*受污染面积, hm²; T_i 为作物*i*单位面积产量, kg·hm⁻²; P_i 为作物*i*市场价格, 元·kg⁻¹; R 为农作物价格损失率, %, 取值10%^[27]。

②碳排放量价值损失:农业生产中碳排放造成的生态损失,按下式^[28]计算:

$$y_2 = \sum Q_i \times C = \sum T_i \times \delta_i \times C \quad (2)$$

式中: Q_i 为碳排放量,包括化肥、农药、灌溉、翻耕所产生的碳排放, kg; T_i 表示化肥(kg)、农药(kg)消耗量以及灌溉(hm²)、翻耕(km²)面积; δ_i 表示各类碳源的排放系数(见表3); C 表示碳排放权交易价格,根据湖北省2020年12月29日碳排放权交易价格(0.027 93元·kg⁻¹)计算。

③化肥污染损失:农业生产中化学肥料过量或不合理使用导致的土壤与环境污染等生态损失^[27]。根

表1 农户样本特征

Table 1 Characteristics of the sample of farmers

特征 Feature	类别 Category	比例 Proportion	特征 Feature	类别 Category	比例 Proportion
性别	男	54.33%	流转情况	转入	28.13%
	女	45.67%		转出	25.96%
年龄	≤45	10.34%		未流转	45.91%
	46~55	18.75%	文化程度	小学及以下	42.79%
	56~65	43.27%		初中	35.82%
	≥66	27.64%		高中及以上	21.39%

表3 农业碳排放碳源、系数及参考来源

Table 3 Carbon sources, coefficients and reference sources of agricultural carbon emissions

碳源 Carbon source	碳排放系数 Carbon emission factor	参考文献 Reference source
化肥	0.895 6 kg·kg ⁻¹	[28-29]
农药	4.934 1 kg·kg ⁻¹	[28]
翻耕	312.6 kg·km ⁻²	[30]
农业灌溉	20.476 kg·hm ⁻²	[28]

据化肥流失损害治理成本估算方法,使用下式计算该项损失:

$$y_3 = \sum U_i \times (1-U) \times P_i \quad (3)$$

式中: U_i 为第*i*种化肥使用量,kg; U 为第*i*种化肥有效利用率,%; P_i 为第*i*种化肥单价,元·kg⁻¹。样本农户使用化肥主要为复合肥,参照以往文献,取化肥有效利用率为35%^[31]。

1.3.2 农地利用可持续集约化水平的测算方法

数据包络分析(DEA)是一种以相对概率为基础,根据决策单元(DMU)的实际输入和输出数据确定最优权重的非参数分析方法。该方法无需对数据进行无量纲化处理和权重假定,具有客观性^[31]。因此,根据以上指标,选用DEA来测算各样本农户的农地利用可持续集约化水平(*SI*)。DEA的原理为通过保持DMU的输入或者输出不变,借助于数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面,若DMU位于生产前沿面上,则实现农地利用的可持续集约化,其值为1;若未落在生产前沿面上,则未实现农地利用的可持续集约化,其值介于0~1之间。DEA方法主要包括规模报酬不变模型(CCR)^[32]和规模报酬可变模型(BCC)^[33]两种。考虑到现实情况中并非每一个DMU都是最优规模的生产状态,因此,选用规模报酬可变模型下的产出导向型进行分析。具体模型如下:

$$\begin{cases} \max SI \\ s.t. \sum_{j=1}^n \beta_j \times x_j + s^- = x_0 \\ \sum_{j=1}^n \beta_j \times y_j - s^+ = SI \times y_0 \\ \sum_{j=1}^n \beta_j = 1 \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0, \beta_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

式中: SI 表示决策单元相对水平的衡量指标,其值越接近于1,农地利用可持续集约化水平越高; j 表示实证数据中第*j*个微观农户样本; n 表示农户样本数; β_j

表示样本农户*j*的投入和产出指标组合系数; x_j 和 y_j 分别表示样本农户*j*的投入、产出指标; s^- 和 s^+ 表示样本农户*j*对应投入和产出指标的松弛变量; x_0 和 y_0 分别表示样本农户最优投入量和产出量。

1.4 农地利用可持续集约化水平的影响因素分解

1.4.1 各影响变量的描述

(1) 农户生计脆弱性测算

根据农户生计脆弱性的内涵,参考相关研究^[13],构建包含“风险暴露程度”“风险敏感程度”和“风险抵抗能力”三个层面的指标体系(表4),为准确客观地反映各样本情况,在对数据进行标准化处理后,选择熵值法确定各指标的权重。

(2) 农地价值认知变量

包括“农地市场价值认知”和“农地非市场价值认知”,具体见表5。

(3) 农地流转变量

分为“农地转入”“农地转出”和“未流转”三类,1=转入,2=转出,3=未流转。

1.4.2 结构方程模型(SEM)

由于“农地价值认知”难以直接准确测量,需要通过观察变量间接测量,传统的统计方法不能有效处理潜变量,而结构方程模型(SEM)则能同时处理潜变量及其指标^[34]。因此,根据前文对“农户生计脆弱性”“农地价值认知”“农地流转”和“农地利用可持续集约化水平”之间的逻辑关系分析,构建SEM模型来验证农户生计脆弱性、农地价值认知、农地流转对农地利用可持续集约化的影响,以及农户生计脆弱性、农地价值认知、农地流转三者之间的关系,其中,农地流转的调节效应采用多群组分析进行检验。其表达式为:

$$x = \Lambda_x \times \xi + \delta \quad (5)$$

$$\xi = A \times \alpha + \beta \quad (6)$$

$$y = B \times \alpha + \Gamma \times \xi + \zeta \quad (7)$$

式(5)为测量模型,式(6)、(7)为结构模型。其中: x 为内生观测变量向量; ξ 为内生潜变量向量,指“农地市场价值认知”以及“农地非市场价值认知”; Λ_x 为 x 在 ξ 上的因子载荷矩阵; δ 为 x 的测量误差项。 α 为外生显变量,指“风险暴露度”“风险敏感度”及“风险抵抗能力”; A 为外生显变量与内生潜变量关系矩阵; β 为式(6)的误差项。 y 为内生显变量,指“农地利用可持续集约化水平”; B 为外生显变量与内生显变量关系矩阵; Γ 为内生潜变量与内生显变量间的关系矩阵; ζ 为式(7)的误差项。

表4 农户生计脆弱性评价指标体系

Table 4 The evaluation index system of rural households' livelihood vulnerability

变量 Variable	一级指标 First-level indicator	二级指标 Secondary indicator	指标说明 Index description	指标赋值 Indicator score
风险暴露程度 (E)	自然风险	自然灾害频率(E1)	等级越高表示暴露程度越高	1=几乎没有,2=较低,3=一般,4=较高,5=很高
	社会风险	非农就业风险(E2)	非农就业人数占总人数比例	1=[0,20%),2=[20%,40%),3=[40%,60%), 4=[60%,80%),5=[80%,100%]
		农产品贸易风险(E3)	农产品销售占比	1=[0,20%),2=[20%,40%),3=[40%,60%), 4=[60%,80%),5=[80%,100%]
	家庭风险	家庭生命周期(E4)	以户主年龄表征	1=[18,30),2=[30,35),3=[35,50),4=[50,65), 5=[65,90]
风险敏感程度 (S)		生计替代数量(S1)	农户谋生方式的数量	1=5种及以上,2=4种,3=3种,4=2种,5=1种
		很难获得帮助(S2)	遭遇风险获外界帮助难易程度	1=完全不同意,2=比较不同意,3=一般, 4=比较同意,5=完全同意
		农业收入不稳(S3)	因自然或市场环境冲击难以维持收入稳定	1=完全不同意,2=比较不同意,3=一般, 4=比较同意,5=完全同意
		非农收入不稳(S4)	因自然或市场环境冲击难以维持收入稳定	1=完全不同意,2=比较不同意,3=一般, 4=比较同意,5=完全同意
风险抵抗能力 (R)	人力资本	家庭劳动能力(R1)	劳动力年龄结构	0=未成年人,0.5=60岁以上,1=成年劳动力
		受教育程度(R2)	劳动力质量	0.5=高中以下,1=高中及以上
	自然资本	人均农地面积(R3)	家庭农地总面积/家庭总人数	标准化处理
		农地质量(R4)	农户对农地肥力的主观评价	1=非常差,2=差,3=一般,4=良好,5=优质
	物质资本	水利设施(R5)	农户对水利设施的主观评价	1=非常差,2=差,3=一般,4=良好,5=优质
		道路条件(R6)	农户对道路条件的主观评价	1=非常差,2=差,3=一般,4=良好,5=优质
	金融资本	家庭年收入(R7)	以“元”为单位	标准化处理
		农地补贴(R8)	是否能够获得农地补贴	0=不能获得,1=能获得
	社会资本	新型经营主体(R9)	农户与新型农业主体合作	0=无合作,1=有合作
		技能培训(R10)	农户参与技能培训的机会	1=几乎没有,2=较少,3=一般,4=较多,5=很多

表5 农地价值认知变量

Table 5 Variables of farmland value cognition

潜变量 Latent variable	变量维度 Variable dimension	测量指标 Measurement indicator	变量赋值 Variable score
农地市场价值认知(MP)	经济价值认知(MP1)	提供农产品及经济收入(a1)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同
	资产价值认知(MP2)	通过流转带来资金收入(a2)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同
农地非市场价值认知(NP)	生态价值认知(NP1)	净化空气(b1)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同
		维持生物多样性(b2)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同
		涵养水源,防止水土流失(b3)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同
	社会保障价值认知(NP2)	养老就业保障(c1)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同
		休闲娱乐(c2)	1=非常不赞同,2=不赞同,3=一般,4=较赞同,5=非常赞同

2 结果与讨论

2.1 农地利用可持续集约化水平的评估

对比转入、转出和未流转农户的单位面积生态产值及可持续集约化水平(表6)可发现,转入户和转出户的单位面积生态产值及可持续集约化水平分别高于未流转户。但从总体上来看,研究区农户的农地可持续集约化处于较低水平,原因主要在于:从单位面积

劳动力投入来看,转出户为9.998人·hm⁻²,高于转入户和未流转户,但转出户的农地利用可持续集约化水平却低于转入户,这说明在转出户中存在着劳动力剩余问题,需拓宽就业渠道,在农户转出土地后及时转移剩余劳动力;从单位面积资本投入来看,转入户为8 050.724元·hm⁻²,高于转出户和未流转农户,但转入户的单位面积生态产值却低于转出户,这说明转入户追加的单位面积资本投入并没有最大程度地提升

表6 样本农户的农地可持续集约利用情况分类比较

Table 6 Classification comparison of the sustainable and intensive use of farmland by sample farmers

类别 Category	转入 Transfer-in		转出 Transfer-out		未流转 Non-transferred	
	均值 Average	CV	均值 Average	CV	均值 Average	CV
单位面积劳动力投入/(人·hm ⁻²)	2.617	1.675	9.998	0.693	7.017	1.035
单位面积资本投入/(元·hm ⁻²)	8 050.724	0.489	7 564.781	0.703	7 433.305	0.645
单位面积生态产值/(元·hm ⁻²)	15 693.257	0.535	17 211.581	0.914	13 671.456	0.596
可持续集约化水平	0.417	0.523	0.351	0.524	0.310	0.557

农地产出,因此实现农地利用的可持续集约化需从转变农地利用方式和优化要素结构两方面同步入手,在通过农地流转实现要素结构调整后,提供专业化的农技指导,使农户掌握科学的种植方法,增加要素投入的有效性。

2.2 生计脆弱性及农地价值认知对农地利用可持续集约化水平影响的检验

2.2.1 模型适配度检验

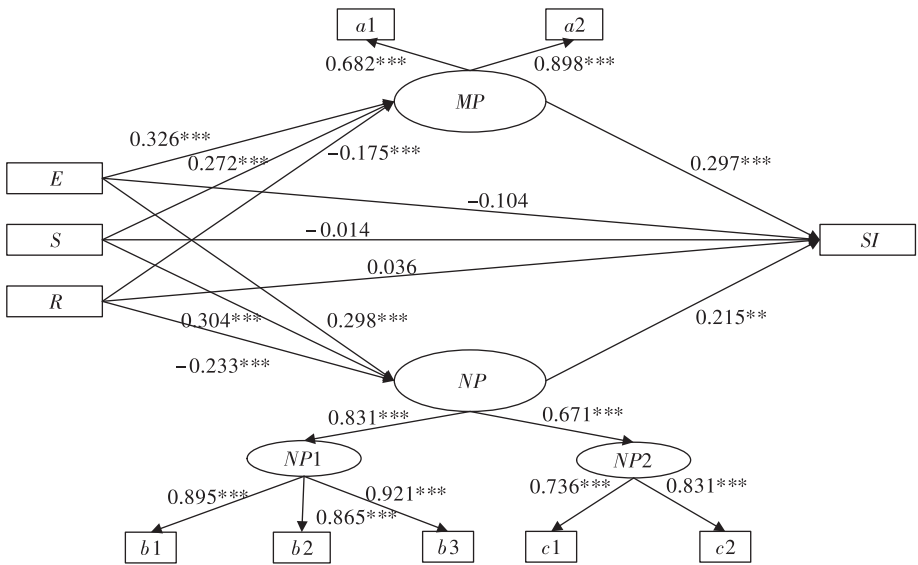
基于R语言对构建的假设模型进行参数估计,该模型的P值为0.088,大于标准值0.05,CFI为0.990、GFI为0.972,均大于标准值0.9,SRMR为0.059,小于临界值0.08,说明构建的模型拟合度较好。各变量标准化路径系数及显著性如图2所示,其中,农地市场价值认知为一阶潜变量,农地非市场价值认知为二阶潜变量,潜变量的各测量指标路径系数均在1%的统计水平上显著,表示测量模型中的各观测变量均能很

表7 结构方程模型拟合结果

Table 7 Fitting results of structural equation model

路径解释 Path explanation	具体路径 Specific path	标准化系数 Standardization factor	P	研究假设 Research hypothesis
农户生计脆弱性→农地利用可持续集约化水平	E→SI	-0.104	0.158	H ₁
	S→SI	-0.014	0.848	
	R→SI	0.036	0.578	
农地价值认知→农地利用可持续集约化水平	MP→SI	0.297	***	H ₂
	NP→SI	0.215	**	
农户生计脆弱性→农地市场价值认知	E→MP	0.326	***	H ₄
	S→MP	0.272	***	
	R→MP	-0.175	***	
农户生计脆弱性→农地非市场价值认知	E→NP	0.298	***	H ₄
	S→NP	0.304	***	
	R→NP	-0.233	***	

注:***、**、*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。下同。
Note:***, **, and * indicate significant at the levels of 1%, 5% and 10%, respectively. The same below.



***、**、*分别表示在1%、5%和10%水平下显著
***, **, and * indicate significant at the levels of 1%, 5% and 10%, respectively

图2 结构方程模型图

Figure 2 Structural equation model diagram

好地反映其相对应的潜变量。

2.2.2 模型拟合结果

由表7模型拟合结果可知:①“风险暴露程度”“风险敏感程度”及“风险抵抗能力”对“农地利用可持续集约化水平”不具有直接效应,假设 H_1 未得到验证。②“农地市场价值认知”和“农地非市场价值认知”对“农地利用可持续集约化水平”的直接效应分别在1%和5%统计水平上通过显著性检验,路径系数分别为0.297和0.215, H_2 得到验证。③“风险暴露程度”“风险敏感程度”及“风险抵抗能力”均在1%统计水平上直接影响农户对农地的市场和非市场价值认知,进而间接影响“农地利用可持续集约化水平”,其中,“风险暴露程度”“风险敏感程度”及“风险抵抗能力”经由“农地市场价值认知”产生的间接效应分别为0.097($E \rightarrow MP \rightarrow SI$)、0.081($S \rightarrow MP \rightarrow SI$)、-0.052($R \rightarrow MP \rightarrow SI$),经由“农地非市场价值认知”产生的间接效应分别为0.064($E \rightarrow NP \rightarrow SI$)、0.065($S \rightarrow NP \rightarrow SI$)、-0.050($R \rightarrow NP \rightarrow SI$), H_4 得到验证,但是生计脆弱性越高,对农地的价值认知反而也越高。

由此可知:①农户的生计脆弱性无论高低,都不会直接影响农地利用的可持续集约化水平,因此若只关注农户的生计脆弱性是无助于提升农地利用可持续集约化水平的;②显著直接影响农地利用可持续集约化水平的是农地价值认知,进一步分析发现农户的市场价值认知对农地利用可持续集约化产生的促进作用大于非市场价值认知,这说明现阶段研究区农户从事农业生产活动的最主要目标是为了将农地的市场价值变现;③农户的生计脆弱性越高,农户对农地的价值认知反而越高,这说明当前阶段该研究区农户对农地的价值认知实质上还是从个人需求角度出发,建立在对农地的依赖性基础上对农地价值的一种个人主观认知,而非站在社会需求角度上的对农地价值的一种客观认知。在实地调研中也发现,研究区生计脆弱性较高的农户会因自身资源有限及收入来源单一,而在生计和情感上更加依赖农地;生计脆弱性较低

的农户会因农业收入在其家庭总收入中占比较低,而不依赖农地。所以,在该研究区,生计脆弱性高的农户对农地价值的认知高于生计脆弱性低的农户。但显然不能基于此通过提升农户的生计脆弱性来提升农地利用可持续集约化水平,因为从长期来看,生计脆弱性较高的农户难以满足农地利用可持续集约化对生产者能力及农业资源的刚性要求。

2.3 农地流转调节效应检验

2.3.1 模型适配度检验

为验证“农地流转”的调节作用,根据农户的“农地流转类型”将样本划分为3组,即“转入组”“转出组”和“未流转组”,将“转入组”“转出组”分别与“未流转组”进行对比分析,构建“转入组 vs 未流转组”和“转出组 vs 未流转组”两个多群组。表8为两个多群组的模型拟合度,首先假定各群组内的2个组斜率相等,结果显示两个群组的 P 值均小于0.05,拒绝原假定,说明各个群组内斜率差异显著,即农地流转存在调节效应。两个多群组分析模型的 CFI 值和 GFI 值均大于标准值0.9, $SRMR$ 值均小于其临界值0.08,因此,从模型适配度标准来看,模型适配良好。

表8 模型适配度

Table 8 Model adaptation

群组 Group	P	CFI	GFI	$SRMR$
转入组 vs 未流转组	<0.001	0.949	0.992	0.072
转出组 vs 未流转组	0.001	0.954	0.992	0.063

2.3.2 模型拟合结果

多群组分析结果如表9所示。相较于未流转组,转入农地组的“农地市场价值认知”和“农地非市场价值认知”对“农地利用可持续集约化水平”的正向影响分别在1%、5%的统计水平上通过了显著性检验;转出农地组的“农地市场价值认知”对“农地利用可持续集约化”的正向影响在1%的统计水平上通过了显著性检验,“农地非市场价值认知”对“农地利用可持续集约化”的正向影响虽未通过显著性检验,但路径系

表9 多群组分析结果

Table 9 Results of multi-group analysis

路径 Path	转入组 vs 未流转组 Transfer-in vs Non-transferred				转出组 vs 未流转组 Transfer-out vs Non-transferred			
	转入 Transfer-in		未流转 Non-transferred		转出 Transfer-out		未流转 Non-transferred	
	标准化系数 Standardization factor	P	标准化系数 Standardization factor	P	标准化系数 Standardization factor	P	标准化系数 Standardization factor	P
$MP \rightarrow SI$	0.474	***	0.029	0.772	0.699	***	-0.049	0.673
$NP \rightarrow SI$	0.274	**	0.157	0.149	0.440	0.394	0.009	0.943

数得到明显提高,假设 H_3 、 H_5 得到验证。这说明农地流转可以有效地促进认知转化为行为,即农业要素结构的优化配置对于实现农地利用的可持续集约化起到关键性作用。对研究区农户参与流转的原因进行分析可发现:在转入户中,有27.4%的农户是为了获取保障其家庭正常生存的粮食,72.6%的农户认为转入土地可以为其带来可观的收入;在转出户中,有30.5%的农户是因为缺乏劳动力或生产能力有限,55.6%的农户认为租金收入要大于其经营收入,13.9%的农户是因为政府征用。因此,研究区已发生的农地流转满足了不同类型农户的经营需求,实现了农地资源的优化协调,减少了土地荒芜现象的发生。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)研究区农户的农地利用可持续集约化水平普遍较低,实现农地利用可持续集约化需同步开展农地利用方式转变与生产要素结构调整。

(2)农户生计脆弱性对农地利用可持续集约化水平不具有直接效应,农户的农地价值认知对农地利用可持续集约化水平具有正向直接效应。

(3)相对于生计脆弱性低的农户而言,生计脆弱性高的农户由于在生计和情感上对农地的依赖性,反而表现出较高的农地价值认知,进而间接正向影响农地利用可持续集约化,但从长远来看,仅依靠这种基于个人需求角度产生的农地价值认知并不能实现农地利用的可持续集约化。

(4)农地流转在农地价值认知和农地利用的可持续集约化之间发挥了显著的正向调节作用,表明研究区已发生的农地流转活动,实现了农地资源在不同类型农户之间的优化协调,促进了认知到行为的转化。

3.2 建议

总体来说,研究区在推进农地利用可持续集约化的进程中,面临着如何在降低农户生计脆弱性的同时,提高农户对农地价值认知的难题,为此提出以下建议:

(1)稳定农业生产的基础,降低农户生计脆弱性。对因缺乏农业资源而生计脆弱性高的农户,可鼓励其通过转入农地,增加农地资源禀赋;完善农业生产相关政策,及时改变流转后农业补贴主体,加大补贴力度,提供良种补贴、有机肥补贴、生物农药补贴等,以降低农业生产成本,提高农业收益。

(2)拓宽非农就业渠道,降低农户生计脆弱性。

对因缺乏农业劳动力或劳动力生产能力较弱而生计脆弱性较高的农户,可通过进一步地统筹城乡医疗、教育及养老保障等,降低其对农地的依赖性,鼓励其转出土地,同时对农户家庭内的剩余劳动力加强非农技能培训,稳定其非农收入,提高农户的生计多样性。

(3)完善农地流转价格评估体系,深化农地资产价值。生计脆弱性低的农户,在生计上对农地的依赖性较低,使其农地经营意愿不强烈,可通过宣传农地流转政策,完善农地流转价格的评估体系,强化农地的资产价值,引导其积极转出土地。

(4)加强农业技能培训,确保农地流转的有效性。对转入户和转出部分土地的农户,提供专业化的农技指导,使农民掌握测土配方施肥、精准滴灌等科学种植方式,确保农地流转的有效性。

参考文献:

- [1] 吕晓,牛善栋,谷国政,等.“新三农”视域下中国耕地利用的可持续集约化:概念认知与研究框架[J]. 自然资源学报, 2020, 35(9): 2029-2043. LÜ X, NIU S D, GU G Z, et al. Conceptual cognition and research framework on sustainable intensification of cultivated land use in China from the perspective of the “New Agriculture, Countryside and Peasants” [J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(9): 2029-2043.
- [2] 牛善栋,吕晓,史洋洋. 山东省农地的可持续集约化经营水平的时空格局[J]. 应用生态学报, 2018, 29(2): 607-616. NIU S D, LÜ X, SHI Y Y. Spatial-temporal pattern of sustainable intensification of agricultural land-use in Shandong Province, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(2): 607-616.
- [3] 彭文龙,吕晓. 农户视角下耕地规模经营与集约利用的耦合关系[J]. 地理与地理信息科学, 2019, 35(4): 91-97. PENG W L, LÜ X. Coupling relationship between scale management and intensive use of cultivated land from the perspective of farmer household: Empirical analysis of 502 questionnaires in Shandong Province[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2019, 35(4): 91-97.
- [4] 李翠珍,徐建春,孔祥斌. 大都市郊区农户生计多样化及对土地利用的影响——以北京市大兴区为例[J]. 地理研究, 2012, 31(6): 1039-1049. LI C Z, XU J C, KONG X B. Farm household livelihood diversity and land use in suburban areas of the metropolis: The case study of Daxing District, Beijing[J]. *Geographical Research*, 2012, 31(6): 1039-1049.
- [5] 刘美玲,王桂霞. 资本禀赋、价值认知对稻农有机肥施用行为的影响研究——基于东北水稻种植区486份稻农调查数据[J]. 世界农业, 2021(4): 91-100. LIU M L, WANG G X. Study on the influence of capital endowment and value cognition on rice farmer's organic fertilizer application behavior: Based on the survey data of 486 rice farmers in northeast China[J]. *World Agriculture*, 2021(4): 91-100.
- [6] 杨钰蓉,何玉成,闫桂权. 不同激励方式对农户绿色生产行为的影响——以生物农药施用为例[J]. 世界农业, 2021(4): 53-64. YANG

- Y R, HE Y C, YAN G Q. The effect of different incentives on farmer's green production behavior: A case study of biopesticides use[J]. *World Agriculture*, 2021(4):53-64.
- [7] 王太祥, 杨红红. 社会规范、生态认知与农户地膜回收意愿关系的实证研究——以环境规制为调节变量[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(3):14-20. WANG T X, YANG H H. Social norms, ecological cognition and film recycling willingness: Based on the moderating effect of environmental regulation[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(3):14-20.
- [8] 曾雅婷, 吕亚荣, 刘文勇. 农地流转提升了粮食生产技术效率吗——来自农户的视角[J]. 农业技术经济, 2018(3):41-55. ZENG Y T, LÜ Y R, LIU W Y. Does farmland transfer promote the technical efficiency of grains production: From the farmer's perspective[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018(3):41-55.
- [9] 王晓敏, 葛文光, 吕颖. 农地流转对耕地保护的影响——以生态农业为视角分析[J]. 现代化农业, 2020(7):43-46. WANG X M, GE W G, LÜ H. Impact of farmland circulation on farmland protection: An analysis from the perspective of eco-agriculture[J]. *Modernizing Agriculture*, 2020(7):43-46.
- [10] 程相友, 信桂新, 陈荣蓉, 等. 农地流转对农业生态系统的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(3):335-344. CHENG X Y, XIN G X, CHEN R R, et al. Impact of farmland transfer on agro-ecosystem[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(3):335-344.
- [11] 贺振华. 农村土地流转的效率: 现实与理论[J]. 上海经济研究, 2003(3):11-17. HE Z H. The efficiency of rural land circulation: Reality and theory[J]. *Shanghai Journal of Economics*, 2003(3):11-17.
- [12] 童磊, 郑珂, 苏飞. 生计脆弱性概念、分析框架与评价方法[J]. 地球科学进展, 2020, 35(2):209-217. TONG L, ZHENG K, SU F. Concept, analytical framework and assessment method of livelihood vulnerability[J]. *Advances in Earth Science*, 2020, 35(2):209-217.
- [13] 谷雨, 王青. 新时期不同类型农户生计脆弱性研究——以重庆市合川区为例[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(7):1715-1720. GU Y, WANG Q. The vulnerability of different types of farmers' livelihood in the new era: A case of Hechuan District of Chongqing City[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2013, 52(7):1715-1720.
- [14] 李慧, 刘志有, 肖含松, 等. 基于乡村振兴视角下西部绿洲流转农户生计脆弱性影响因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(11):234-242. LI H, LIU Z Y, XIAO H S, et al. Study on the influencing factors of livelihood vulnerability of rural households in the western oasis from perspective of rural revitalization[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(11):234-242.
- [15] 和月月, 周常春. 贫困地区农户生计脆弱性的评价[J]. 统计与决策, 2020, 36(9):72-76. HE Y Y, ZHOU C C. Evaluation of the vulnerability of farmers' livelihoods in poor areas[J]. *Statistics & Decision*, 2020, 36(9):72-76.
- [16] 郭清卉, 李世平, 南灵. 环境素养视角下的农户亲环境行为[J]. 资源科学, 2020, 42(5):856-869. GUO Q H, LI S P, NAN L. Farming household's pro-environmental behaviors from the perspective of environmental literacy[J]. *Resources Science*, 2020, 42(5):856-869.
- [17] 史雨星, 李超琼, 赵敏娟. 非市场价值认知、社会资本对农户耕地保护合作意愿的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(4):94-103. SHI Y X, LI C Q, ZHAO M J. The impact of non-market value cognition and social capital on farmer's willingness in farmland protection cooperation[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(4):94-103.
- [18] SCHULTZ T W. Transforming traditional agriculture[M]. New Haven: Yale University Press, 1964.
- [19] 陈银蓉, 王晓妹. 基于中介效应的农户分化对耕地保护行为的影响[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(12):2261-2270. CHEN Y R, WANG X M. Impact of rural-household differentiation on cultivated land protection behavior based on intermediary effect[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2020, 32(12):2261-2270.
- [20] 曲滕, 赵凯, 周升强. 耕地流转对小麦生产效率的影响——基于农户生计分化的调节效应分析[J]. 资源科学, 2019, 41(10):1911-1922. QU M, ZHAO K, ZHOU S Q. Effect of farmland transfer on wheat production efficiency: Analysis of adjustment effect based on household livelihood differentiation[J]. *Resources Science*, 2019, 41(10):1911-1922.
- [21] 戚焦耳, 郭贯成, 陈永生. 农地流转对农业生产效率的影响研究——基于 DEA-Tobit 模型的分析[J]. 资源科学, 2015, 37(9):1816-1824. QI J E, GUO G C, CHEN Y S. The impact of farmland transfer on agricultural production efficiency based on the DEA-Tobit model[J]. *Resources Science*, 2015, 37(9):1816-1824.
- [22] 姚洋. 中国农地制度: 一个分析框架[J]. 中国社会科学, 2000(2):54-65. YAO Y. Rural land system in China: An analytical framework[J]. *Social Sciences in China*, 2000(2):52-65.
- [23] 朱文珏, 罗必良. 农地流转、禀赋效应及对象歧视性——基于确权背景下的 IV-Tobit 模型的实证分析[J]. 农业技术经济, 2019(5):4-15. ZHU W Y, LUO B L. The formation of farmland endowment effect and its object discrimination: An empirical analysis based on IV-Tobit model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019(5):4-15.
- [24] 畅倩, 颜俨, 李晓平, 等. 为何“说一套做一套”——农户生态生产意愿与行为的悖离研究[J]. 农业技术经济, 2021(4):85-97. CHANG Q, YAN Y, LI X P, et al. Why “say one thing and do another”? A study on the deviation of willingness and behavior of farmer's ecological production[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(4):85-97.
- [25] 方永丽, 曾小龙. 中国省际农业生态效率评价及其改进路径分析[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(1):135-142. FANG Y L, ZENG X L. Evaluation and improvement of agricultural eco-efficiency in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(1):135-142.
- [26] 杨友, 杨宁, 邹冬生. 张家界市农田生态系统服务功能价值损益特征分析[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(1):132-136. YANG Y, YANG N, ZOU D S. Farmland ecosystem function service values in Zhangjiajie City[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2015, 36(1):132-136.
- [27] 张应龙, 谢永生, 文曼, 等. 黄土高原沟壑区粮食生产的资源环境成本[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6):269-277. ZHANG Y L, XIE

- Y S, WEN M, et al. Resource-environmental cost of grain production in the gully areas of Loess Plateau[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(6):269-277.
- [28] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(8):80-86. LI B, ZHANG J B, LI H P. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(8):80-86.
- [29] WEST T O, MARLAND G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: Comparing tillage practices in the United States[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2002, 91(1/2/3):217-232.
- [30] 伍芬琳, 李琳, 张海林, 等. 保护性耕作对农田生态系统净碳释放量的影响[J]. 生态学杂志, 2007(12):2035-2039. WU F L, LI L, ZHANG H L, et al. Effects of conservation tillage on net carbon flux from farmland ecosystems[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007(12):2035-2039.
- [31] 吴小庆, 王亚平, 何丽梅, 等. 基于 AHP 和 DEA 模型的农业生态效率评价——以无锡市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(6):714-719. WU X Q, WANG Y P, HE L M, et al. Agricultural eco-efficiency evaluation based on AHP and DEA model: A case of Wuxi City[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2012, 21(6):714-719.
- [32] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6):429-444.
- [33] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis[J]. *Management Science*, 1984, 30(9):1078-1092.
- [34] 李明月, 陈凯. 农户绿色农业生产意愿与行为的实证分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2020(4):10-19, 173-174. LI M Y, CHEN K. An empirical analysis of farmer's willingness and behaviors in green agriculture production[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University(Social Sciences Edition)*, 2020(4):10-19, 173-174.