

MLP框架下农业低碳转型路径的前因组态研究

李瑞峰¹, 闫晨丽¹, 李德龙¹, 侯淑霞²

(1. 内蒙古财经大学 工商管理学院, 呼和浩特 010070; 2. 内蒙古财经大学 商学院, 呼和浩特 010070)

摘要: 低碳转型是推动农业可持续发展的重要实践,但现有研究缺乏对农业低碳转型路径的深入探讨。本文在社会-技术转型多层次(MLP)框架基础上,从微观利基层、中观体制层、宏观景观层三方面构建了农业低碳转型的理论模型,并运用必要性分析方法(NCA)和模糊集定性比较分析法(fsQCA)对中国31个省份(因数据缺失,不包含港澳台地区)案例数据进行分析,以探究农业低碳转型路径的前因组态。研究发现:①预设的6个前因条件均不构成高/低水平农业低碳转型的必要条件;②存在5条驱动高水平农业低碳转型的路径,具体分为两组,分别是“数字基础+数字金融”主导模式,“科研人力+机械投入”主导模式;③中国东中西部的农业低碳转型路径存在明显差异。研究不仅深化了对农业低碳转型理论机制的认识,也为农业低碳转型工作提供了政策建议和实践指导。

关键词: 农业低碳转型; MLP; 前因组态; NCA; fsQCA

中图分类号: F322 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)12—0123—11

一、引言

随着我国工业化、城镇化快速推进,农村经济取得了飞速发展(Zheng et al, 2021),并在2020年实现全面脱贫,但是随之而来的农业污染和生态环境问题逐渐成为制约地区持续快速发展的瓶颈(张燕龙等, 2021)。农业生产排放是产生温室气体重要来源,由此产生的气候变化会导致整体农业生产能力下降,若不及时采取措施遏制气候变暖的措施,将导致农业污染局势进一步恶化(叶兴庆等, 2022);并且随着国家在巴黎协会上提出2030年碳达峰,2060年碳中和的紧急任务(吴立军和曾繁华, 2022),碳减排在推动农业温室气体减排方面更为迫切。因此提升农业碳排放效率成为农业经济可持续发展的重要前提(尚杰等, 2022)。

现阶段关于乡村农业低碳转型的研究主要聚焦于以下三个方面:一是通过分析农业碳中和的重点难点,提出提高能源效率、改善土壤质量、推进可再生能源替代等可实施路径(张燕龙等, 2021);二是集中于对农业碳排放效率、农业生态补偿等方面的理论分析和模型构建(吴昊玥, 2021;牛志伟和邹昭晞, 2019);三是依托于计量模型,检验城镇化(黄晓慧等, 2022)、农业产业聚集(贺青等, 2021)、财政支农水平(刘琼和肖海峰, 2020)等单一变量与农业低碳转型的关系。但是农村农业低碳转型问题并不是简单地线性关系,其影响涉及多方面因素的协同作用,各因素之间往往产生牵一发而动全身的现象。因此从全景视角出发,探讨农业低碳转型路径的前因组态具有重要理论意义和实践价值。

鉴于此,本文在社会-技术转型多层次(MLP)理论框架下,构建了农业低碳转型的理论分析模型,并结合中国31个省份(省、自治区、直辖市,不包含港澳台地区)的案例数据,运用模糊集定性比较分析法(fsQCA)进行组态分析(林虹等, 2021),最后对农业低碳转型案例进行东、中、西部分区域路径研究。本文主要解决以下几个问题:①是否存在高/低水平农业低碳转型路径的必要条件;②影响高水平农业低碳转型的条件组态有哪些?哪些条件发挥主要作用,哪些发挥次要作用?③在不同组态之间是否存在替代效应?④中国东部、中部、西部的农业低碳转型路径存在哪些差异?本文不仅有助于拓展农业低碳转型的理论视角,加深对乡村农业低碳转型路径与作用机理的深入探讨;还可以使各地方政府能够根据区域特点和资源禀赋,选择合适的转型路径和有针对性的政策措施,进而实现乡村农业低碳转型。

收稿日期: 2022-06-28

基金项目: 祖国北疆资源利用与环境保护协调发展院士专家工作站开放课题“‘双碳战略’下考虑能源安全保障需求的内蒙古地区能源产业调整、布局与实施路径研究”(2021NCDYSZJGZZ-001)

作者简介: 李瑞峰,博士,内蒙古财经大学工商管理学院教授,研究方向:区域经济发展;闫晨丽,内蒙古财经大学工商管理学院硕士研究生,研究方向:低碳经济;李德龙,博士,内蒙古财经大学工商管理学院讲师,研究方向:技术经济及管理、应急管理;(通讯作者)侯淑霞,博士,内蒙古财经大学商学院教授,研究方向:农业产业与区域经济发展。

二、文献综述与模型构建

(一)文献综述

现有关于农业低碳转型路径的研究主要聚焦在以下两个方面。

第一,农业低碳转型的实践进展:农业低碳发展是推进农业现代化转型的重要路径(程秋旺等,2022),表1为农业低碳转型相关政策梳理。

表 1 农业低碳转型相关政策梳理

国内外相关政策	目标
2019年以来,欧盟委员会陆续颁布《欧洲绿色协议》《欧盟碳农业实施计划》等战略与行动,明确提出各项绿色发展目标及低碳农业相关行动计划	实现欧盟碳中和农业或负碳农业
2020年美国农业部发布《美国农业部科学蓝图》《气候智能型农业和林业战略:90天进度报告》《美国农业部气候适应与恢复行动计划》等规划和研究报告	打造智能型农林业,增强农业适应与缓解气候变化的能力;到2050年将美国农业部门的环境足迹减少一半,助力实现碳中和目标
2020年日本《绿色增长战略》将“食品、农林和水产业”列为14项绿色发展目标之一;《绿色食品系统战略》《农林水产省全球变暖对策计划》《农林水产省气候变化适应计划》等文件,明确指出要通过技术创新实现农业脱碳	降低生产过程中的环境负荷,创建兼顾环境、社会和经济平衡发展的可持续粮食系统,实现2050年实现碳中和农业目标
2010年英国发布《粮食2030》的新粮食战略,将粮食安全问题上升到同能源安全一样的同等地位	确保粮食安全和食品卫生
2011年底国家出台的《关于进一步加强农业和农村节能减排工作的意见》中,提出要借助发展生态、循环的低碳农业,通过推广节能高效农业技术来降低能源消耗和减少污染排放;通过建立目标责任制,将农业减排目标落实到位,并建立农业生态补偿机制和统计监测体系,完善农业减排政策体系和监管考核机制	推进农业和农村节能减排工作,降低农业源化学需氧量排放和氨氮排放
2017年党的十九大将实施乡村振兴战略的重大历史任务其作为七大战略之一写入党章,并提出实施农业绿色发展、坚持绿色发展	探索差异化的农业低碳转型路径和影响机制
2021年2月在农业减排方面,国务院于明确指出,要“加快推进农业绿色发展,促进农业固碳增效”	健全绿色低碳循环发展的生产体系,实现碳达峰、碳中和的目标
2021年9月,《“十四五”全国农业绿色发展规划》首次提出打造绿色低碳农业产业链,从绿色生产、加工、流通、消费等全过程对农业农村领域绿色低碳循环发展作系统安排,是中国首部农业绿色发展专项规划	明确深入推进中国农业绿色发展的思路目标、重点任务和重大措施,提出将严格落实2030年前力争实现碳达峰的要求
2021年10月,《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》文件颁布。提出要加快推进农业的绿色发展和固碳增效;在持续巩固提升碳汇能力方面,要开展耕地质量提升行动,实施国家黑土地保护工程	推动产业结构优化升级,提升生态农业碳汇。力争实现2030年前力争实现碳达峰2050年碳中和

第二,农业低碳转型的影响因素:在农业产业集聚分析方面,徐彬和周明天(2022)利用门槛模型从低碳视角对农业产业集聚与环境效率之间的关系进行研究,实证结果显示两者之间存在显著的U型曲线关系。在粮食主产区政策分析方面,杨晨等(2021)通过对粮食主产区政策的环境绩效进行研究,发现粮食种植比重的增加是粮食主产区政策减碳的有效机制之一,实现了主产区种植结构的调整和规模效应,使农业碳排放总量减少了。在城镇化分析方面,刘杨和刘鸿斌(2022)提出地区经济发展水平和城镇化率因素为农业碳排放量增加的主要因素,黄晓慧等(2022)进一步通过实证分析发现城镇化不仅直接影响本省农业碳排放,也通过间接效应影响邻省农业碳排放。农业低碳转型的技术基础方面,现阶段数字技术的进步成为突破当前农业发展瓶颈,借助数字技术推动农业低碳发展,是当前中国面临的重要任务(阮俊虎等,2020)。将数字技术纳入农业系统,不仅有助于提升农业的生产效率(易加斌等,2021);而且能够促进数字技术与农业低碳化的深度融合,打造农业新业态(谢华玲等,2022)。与此同时,将数字技术与“双碳”目标有机融合,能够用数字化路径实现农业“双碳”目标和农业绿色转型,进而实现农业系统的高效协调发展(程秋旺等,2022)。其中大数据、云计算等技术还可以进行风险甄别和风险定价,有利于数字普惠金融提供者将用户散落信息进行收集、筛选,从而构建有效甄别优质借贷者、精准把握借贷者违约风险的征信系统,实现能源要素的高效率配置(闫桂权等,2022)。同时,经济发展水平(邓悦等,2021)、农业产业结构(胡婉玲等,2020)、绿色技术创新(张翼,2020)等因素也对碳减排起到一定作用。

综上所述,现阶段学者们有关于农业低碳转型路径的研究主要是从理论出发的定性描述和依托于计量模型的定量研究。因此存在以下不足:首先,上述文献为农业低碳转型提供了理论依据,但是缺乏对归因组态及不同组态驱动机制的深入探讨,且现有定量分析大多探讨单一变量之间的关系。其次,现有注重因果对称关系的实证研究缺乏多重条件之间的协同效应研究和不对称因果分析,忽略了促使农业低碳转型路径的差异化现象。最后,由农业低碳转型的复杂性和动态性可知,单一因素变动往往会和其他因素产生联动效应,产生牵一发而动全身的现象(谭海波等,2019)。因此在中国农业发展的具体实践场景下,对农业低碳转

型的复杂机制和治理路径仍有待进一步厘清,并提供更具信服力的解释。

(二)理论视角:社会-技术转型多层级(MLP)框架

近年来,社会-技术转型理论成为研究可持续发展的重要理论框架(Geels et al, 2017)。在社会-技术转型分析框架下,创新不仅是多主体的非均衡动态交互过程,也是聚焦于实现社会可持续发展的目标导向过程(Geels et al, 2017)。随着研究的不断深入,出现了许多用于分析社会-技术转型的理论框架,其中以社会-技术转型多层级(multi-level perspective, MLP)框架应用最为广泛(Geels, 2018),该理论框架强调系统间的相互作用,是对社会-技术转型路径的进一步优化(郭丕斌等, 2019)。MLP以整个系统为分析对象,通过宏观、中观和微观三个层级之间动态协同和非均衡演化,推进系统的变革与创新,成为当前解决可持续发展问题的主流分析框架(Geels, 2018)。

MLP框架具体有三个层次构成,分别是微观层面的创新利基层,中观层面的社会-技术体制体系层和宏观层面的社会-技术景观层,3个层级相互作用、协同演进,从而打破社会-技术系统固有的、稳定的演化路径和方向(李慧和涂家豪, 2020)。具体实践中,是通过与相关技术、市场、政策、基础设施、用户实践等要素相互作用,以创建更广泛的社会-技术转型系统(郭丕斌等, 2019)。而农业低碳转型问题,便是以微观技术为基础,通过农业低碳创新、变革,推动新兴技术发展,进而应对中观层面的社会-技术体制转型问题。具体通过转变产业结构、机械投入等要素,推动农业整体低碳转型。而这一进程同样离不开宏观环境的支持,即需要政府协助和市场资金支持,来应对技术变迁。基于以上分析,本文在社会-技术转型的多层级视角下,从宏观、微观、中观三方面探索低碳转型的影响因素,能够进一步拓展MLP模型在低碳转型领域的应用,同时为农业低碳转型提供重要理论依据和经验方法。

(三)模型构建

(1)微观利基层,即新技术出现的场所,可以是小的市场利基或技术利基,其中资源由研发实验室或公共补贴提供(李慧和涂家豪, 2020)。微观利基层具体设立了数字基础设施和农村科研人力两个条件。数字基础设施:大数据时代,数字基础设施建设能够有效降低政策制定的交易成本和信息成本,依托于数字基础设施的数字技术,在处理信息不对称和控制信息成本上凸显优势。科斯的交易成本理论指出,交易成本的降低有利于政府政策或制度的产生,能够更好地协调组织行为(陶克涛等, 2021)。通过将用户散落于网络的庞杂行为数据和金融信息加以收集,甄别出农业生产、种植、运输环节的碳排放信息,进而通过信息反馈减少政策执行中的失败风险并提供成功经验借鉴(闫桂权等, 2022)。这不仅能够简化繁重的信息处理工作,也能大幅压缩交易成本。农村科研人力:乡村产业的发展需要人才基础,科研人力水平的提高使其能更好地胜任农业环保的工作岗位,进而提高农业废弃物处理能力和低碳类农业化学品使用效率,推动农业低碳转型进程(魏后凯和刘同山, 2017)。人力资本具有创新性,是可持续发展的内生动力和真正源泉,提高人力资本能抵消由于其他资本投入导致的边际收益递减趋势,促进环境效率的长期提升(赵晓颖等, 2022)。例如,在农业发展过程中,长期采取就地焚烧、犁入土壤和粪便随地排放的废弃物处理方式会增加对环境的负面影响,而老年人的环保意识相对较弱,长期养成的不良习惯则较难更改,此时农村人力资本的提升能够有效改善农作物有废弃物处理问题和粪便管理方式。

(2)中观体制层,社会-技术体制形成了MLP中的中观层次(郭丕斌等, 2019)。具体由三个相互关联的维度组成:第一,行动者和社会群体网络,主要是指重要参与者、大型工业用户等重要的参与者;第二,指导行为者活动的规范和认知规则,正式规则的例子有法规、标准、法律,认知规则的例子有信念、议程、指导原则、启发式搜索等因素,规范性规则的例子有角色关系、行为规范;第三,材料和技术要素,这些包括资源、投入等(李慧和涂家豪, 2020)。中观体制层体设立了农业产业结构和农业机械投入两个条件。一是农业产业结构。农业产业聚集对农业碳排放的影响具有双重门槛效应,随着农业产业聚集水平的提高,农业碳排放量呈现出倒U型;在农业产业聚集水平较低时,农业产业聚集对农业碳排放的促进作用最大,但随着聚集水平发展到较高的程度,农业碳排放的状况会逐渐改善(雷振丹等, 2020)。二是农业机械投入。随着农业机械化水平的不断提升,石油燃料等能源的消耗加速了农业碳排放,但是随着农业机械使用率的提升,有利于更加高效地完成完成施肥、喷药和灌溉等一些列流程,提升农业生产效率(刘琼和肖海峰, 2020)。此时,农业生产将更加高效、低耗,一定程度上减少了碳排放。

(3)宏观景观层,宏观层面是社会技术景观层,是一个通常变化缓慢并影响生态位和政权动态的外

生环境(Geels, 2018)。宏观景观层设立了财政支农水平和数字普惠金融两个条件。财政支农可以通过促进技术创新、调整财政支出结构,进而提升农业的全要素能源效率,达到降低碳排放的目的(韩金雨等, 2021)。政府通过出台财政优惠政策为农民使用新技术提供资金扶持,能够有效推动农业技术创新能力,从而降低碳减排成本(刘琼和肖海峰, 2020)。数字普惠金融:数字普惠金融为农村地区发展奠定了资金良好基础,使农民对于农业低碳转型建设没有后顾之忧(庞凌霄, 2022)。同时,良好的数字普惠金融环境,有利于提升农民的环保意识,补齐发展短板,进而推动整个农业的低碳转型(程秋旺等, 2022)。综上所述,共构建了数字基础设施、农村科研人力、农业产业结构、农业机械投入、财政支农水平、数字普惠金融 6 个条件,具体理论模型如图 1 所示。

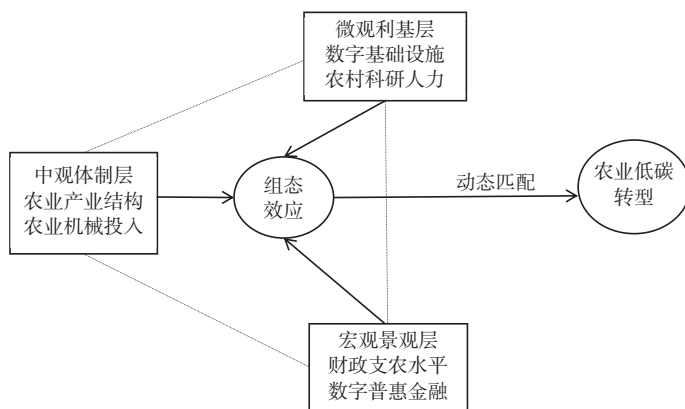


图 1 理论模型

三、研究方法 with 数据构建

(一)NCA 与 fsQCA 混合的方法

由 Ragin(1987)提出的定性比较分析(qualitative comparative analysis, QCA)方法,最初主要应用于政治学、社会学和管理学等学科,近年来学术界将其拓展到组织管理、战略管理和技术应用等领域(谭海波等, 2019; Xie 和 Wang, 2020)。首先,模糊集定性比较分析(fsQCA)方法坚持从案例导向出发研究组合现象,实现了理论与案例的对话,回应了案例定性分析的“可推广性”质疑,弥补了大样本分析对于定性解释的不足(张明等, 2019)。其次,与主要探索单一变量的“净效应”的传统回归分析方法相比,fsQCA 主要用于解决复杂类因果关系的问题,非常适合分析本文中前因条件组态与农业低碳转型的关系(Fainshmidt et al, 2020)。

由 Dul(2016)开发的必要性分析(NCA)方法能够灵活、简单地适用于各种性质的前因条件对结果的必要性分析,对 fsQCA 的必要性分析均是一种有效补充。相比于 fsQCA 方法来说,必要性分析方法(NCA)不仅可以识别出农业低碳转型的必要条件,还可以分析出条件对结果影响的必要程度。特别是对于 fsQCA 分析来说,数据变化不仅是“是”或“否”的结果,还包括详细的隶属分数。因此在解决农业低碳转型问题上,使 NCA 与 fsQCA 结合能够发挥出更大价值(Vis 和 Dul, 2018)。

本文首先用 NCA 方法对农业低碳转型的前因条件进行必要性检验,其次采用 fsQCA 方法检验必要性分析结果的稳健性,最后借助 fsQCA 方法从组态视角出发,基于社会-技术转型多层级框架的前因条件对农业低碳转型进行跨案例比较分析,探索 6 个前因条件产生的前因组态对于高水平农业低碳转型结果的影响。

(二)样本选择与数据来源

本文将案例样本定位到中国 31 个省(自治区、直辖市,因数据缺失,不包括港澳台地区),样本选取标准遵循 fsQCA 方法中样本选择的两点依据,即总体充分同质性和内部最大异质性(查尔斯, 2019):首先在总体充分同质性方面,选取的 31 的省具有较好的代表性;其次由样本异质性要求可得,各省市的经济发展水平和资源禀赋不同,可形成相互比较。在数据选择上,由于 2017 年 10 月党的十九大提出,实施农业绿色生产、坚持绿色兴农是推进农业现代化转型、践行乡村振兴战略的重要路径,并将实施乡村振兴战略作为的重大历史任务写入党章,在我国“三农”发展的历史进程上具有重要意义;同时考虑到农业低碳转型实施效果具有滞后效应。因此本文对条件的测量采用 2018 年数据,对结果的测量采用 2019 年数据。数据主要来源于《中国统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》。

(三)测量与校准

1. 结果测量(农业碳排放效率)

农业碳排放效率的提升是推动农业低碳转型、实现双碳目标的关键。农业碳排放效率越高,其在相同农业投入下所产出的经济价值越高或产生的碳排放越少,越有利于地区农业低碳转型。因此本文借鉴尚杰等(2022)的研究,通过构建农业碳排放效率投入产出指标体系,对 2019 年农业碳排放效率进行衡量。

2. 条件测量

数字基础设施:借鉴赵云辉等(2021)的测量方法,使用每百万人口的互联网宽带的接入户数表示。农村科研人力:借鉴程秋旺等(2022)的测量方法,使用农村平均受教育年限表示。农业产业结构:借鉴黄晓慧等(2022)的测量方法,采用农业产值占农林牧渔业总产值表示。农业机械投入:采用农业机械化总动力与农作物总播种面积比值(千米/公顷)表示(刘琼和肖海峰,2020)。财政支农水平:采用各地区农林水支出占地方一般公共预算支出比例表示(黄晓慧等,2022)。数字普惠金融:采用北京大学数字普惠金融指数(2011—2018年)进行分析。变量测量标准和数据来源见表2,数据描述性统计结果见表3。

表2 变量测量标准和数据来源

变量	测量方法	数据来源
农业碳排放效率	构建农业碳排放效率指标体系	2020年《中国农村统计年鉴》
数字基础设施	每百万人口的互联网宽带的接入户数	2019年《中国统计年鉴》
农村科研人力	(文盲×0+小学×6+初中×9+高中×12+大专及以上学历×16)/6岁及以上总人口数	2019年《中国人口和就业统计年鉴》
农业产业结构	农业产值占农林牧渔业总产值	2019年《中国农村统计年鉴》
农业机械投入	农业机械化总动力/农作物总播种面积(千米/公顷)	2019年《中国农村统计年鉴》
财政支农水平	农林水支出/地方一般公共预算支出	2019年《中国统计年鉴》
数字普惠金融	数字普惠金融指数	北京大学数字普惠金融指数(2011—2018年)

表3 描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值	样本量	变量	均值	标准差	最小值	最大值	样本量
数字基础设施	62.414	13.975	40.173	95.185	31	财政支农水平	0.119	0.037	0.053	0.187	31
农村科研人力	7.921	0.733	5.373	9.610	31	数字普惠金融	300.208	29.290	263.120	377.730	31
农业产业结构	0.534	0.087	0.387	0.703	31	农业碳排放效率	0.758	0.236	0.170	1.000	31
农业机械投入	0.675	0.322	0.333	2.019	31						

3. 数据校准

参照已有研究(谭海波等,2019),并结合本文案例数据分布,本文将完全隶属、交叉点和完全不隶属分别设置为95%分位数、50%分位数和5%分位数;各条件和结果的具体校准数据见表4。

表4 条件与结果的校准

条件和结果	完全隶属	交叉点	完全不隶属	条件和结果	完全隶属	交叉点	完全不隶属
数字基础设施	89.204	61.463	42.125	财政支农水平	0.182	0.118	0.057
农村科研人力	8.875	8.030	7.000	数字普惠金融	362.995	294.300	269.195
农业产业结构	0.696	0.507	0.404	农业碳排放效率	1.000	0.776	0.399
农业机械投入	1.113	0.568	0.398				

四、数据分析与实证结果

(一)单个条件的必要性分析

NCA除了可以识别特定条件是否为某一结果的必要条件外,还可以分析其效应量(effect size),效应量代表产生特定结果需要必要条件的最低水平(杜运周等,2020)。在分析其效应量时,常使用上限回归(CR)和上限包络(CE)分析分别生成对应函数,得到其效应量。效应量取值在0~1,取值越小代表效应越小(Dul,2016)。在NCA方法中,当前因条件的效应量不小于0.1(Dul,2016)且P显著(Dul et al,2020)时,产生必要条件。

表5报告了NCA方法对单个条件的必要性分析结果。本文对于各变量分别用CR与CE两种方法计算其效应量,根据NCA的分析结果判断其是否为必要条件。由表5可以看出,尽管前因条件的效应量均小于0.1,但是其P均不显著。因此6个前因条件均不构成农业低碳转型的必要条件。

表5 NCA方法单个条件的必要条件分析结果

前因变量 ^a	方法	精确度	上限区域	范围	效应量(<i>d</i>) ^b	<i>P</i> ^c	前因变量 ^a	方法	精确度	上限区域	范围	效应量(<i>d</i>) ^b	<i>P</i> ^c
数字基础设施	CR	100%	0.000	0.87	0.000	1.000	农业机械投入	CR	100%	0.000	0.92	0.000	1.000
	CE	100%	0.000	0.87	0.000	1.000		CE	100%	0.000	0.92	0.000	1.000
农村科研人力	CR	93.5%	0.036	0.94	0.038	0.140	财政支农水平	CR	100%	0.000	0.86	0.000	1.000
	CE	100%	0.055	0.94	0.059	0.165		CE	100%	0.000	0.86	0.000	1.000
农业产业结构	CR	100%	0.000	0.87	0.000	1.000	数字普惠金融	CR	100%	0.013	0.89	0.015	0.245
	CE	100%	0.000	0.87	0.000	1.000		CE	100%	0.027	0.89	0.030	0.190

注:^a表示校准后模糊隶属度值;^b表示0.0≤*d*<0.1时为“低水平”,0.1≤*d*<0.3时为“中等水平”;^c表示NCA分析中的置换检验(permutation test,重抽次数=10000)。

表6报告了前因条件的瓶颈水平分析结果。见表6,如要达到50%的农业低碳转型水平,需要农村科研人力3.8%水平的制度质量;要达到60%的数字普惠金融水平,需要数字普惠金融1.8%水平的制度质量。而其他5个前因变量不存在瓶颈水平。

表 6 NCA 方法瓶颈水平(%)分析结果

瓶颈水平	数字基础设施	农村科研人力	农业产业结构	农业机械投入	财政支农水平	数字普惠金融	瓶颈水平	数字基础设施	农村科研人力	农业产业结构	农业机械投入	财政支农水平	数字普惠金融
0	NN	0.4	NN	NN	NN	NN	60	NN	4.5	NN	NN	NN	1.8
10	NN	1.1	NN	NN	NN	NN	70	NN	5.2	NN	NN	NN	2.4
20	NN	1.8	NN	NN	NN	NN	80	NN	5.9	NN	NN	NN	3.0
30	NN	2.4	NN	NN	NN	0.0	90	NN	6.6	NN	NN	NN	3.6
40	NN	3.1	NN	NN	NN	0.7	100	NN	7.3	NN	NN	NN	4.2
50	NN	3.8	NN	NN	NN	1.3							

注:使用CR方法计算效应量;NN表示不必要。

为了检验NCA结果的稳定性,本文进一步使用fsQCA方法检验必要条件。fsQCA方法中必要条件检验的标准是看其一致性水平高低(Mingyue et al,2022),本文依据以往研究标准(唐开翼等,2021),将一致性水平阈值设为0.9,并通过fsQCA3.0软件对各条件是否构成高/低水平农业碳排放效率的影响因素进行“必要性”分析。具体分析结果见表7,其中7个条件对高水平农业碳排放效率和低水平农业碳排放效率影响的一致性水平均小于0.9。因此不能构成必要条件,这一结果与NCA结果一致,体现了农业低碳转型的复杂性,进一步说明了应重点探讨技术、组织、环境三方面条件联动对结果的协同效应。

表 7 fsQCA 方法单个条件的必要性分析结果

前因条件	高水平农业碳排放效率		低水平农业碳排放效率		前因条件	高水平农业碳排放效率		低水平农业碳排放效率	
	一致性	覆盖度	一致性	覆盖度		一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
数字基础设施	0.672	0.764	0.468	0.450	农业机械投入	0.607	0.677	0.589	0.557
非数字基础设施	0.516	0.534	0.755	0.661	非农业机械投入	0.603	0.634	0.659	0.587
农村科研人力	0.631	0.713	0.573	0.550	财政支农水平	0.515	0.557	0.746	0.684
非农村科研人力	0.602	0.625	0.701	0.617	非财政支农水平	0.708	0.767	0.517	0.475
农业产业结构	0.644	0.661	0.622	0.541	数字普惠金融	0.678	0.829	0.432	0.448
非农业产业结构	0.553	0.633	0.610	0.592	非数字普惠金融	0.548	0.532	0.835	0.688

(二)条件组态的充分性分析

充分条件指前因条件组合充分地产生结果(Dul,2016)。充分性分析的一致性水平不应低于0.75;频数阈值的设定则需要根据样本规模进行调整,中小样本可以为1,而大样本应大于1(张明等,2019)。基于现有研究成果(陶克涛等,2021),结合本文案例数据分布,将一致性阈值设为0.8,频数阈值设为1,一致性门槛值(PRI)设为0.7。

表8共呈现出5条路径,单个解和总体解的一致性水平均高于0.89,大于可接受的最低标准0.75(查尔斯,2019)。因此5条路径的前因组态可以视为高水平农业低碳转型的充分条件组合,其中总体解一致性为0.885,表明在满足这5组条件组态案例中,有88.5%的可能性达到高水平绿色智慧建设水平,具体分为以下两种类型路径。

1. “数字基础+数字金融”双重驱动型

组态1中数字基础设施和数字普惠金融为核心存在条件,农业产业结构为边缘存在条件,农业机械投入和财政支农水平为边缘缺乏条件,农村科研人力不确定。表明在农村数字普惠金融和数字基础设施普遍提高的共同作用下,结合农业产业结构的边缘作用,能够显著推动农业低碳转型进程。该组态的一致性为0.929,表明有92.9%的可能性达到高水平农业低碳转型状态;原始覆盖度为0.279,唯一覆盖度为0.073,表明约有27.9%的案例能够解释该组态,并且约有7.3%的案例仅能被该组态所解释。组态2中数字基础设施和

表 8 高水平农业低碳转型路径的前因组态分析

条件组态	1	2	3	4	5
数字基础设施	●	●	●	⊗	
农村科研人力			●	●	●
农业产业结构	●	⊗	⊗	●	●
农业机械投入	⊗	●	●	●	●
财政支农水平	⊗	⊗		⊗	⊗
数字普惠金融	●	●	●		●
一致性	0.929	0.916	0.902	0.896	0.891
原始覆盖度	0.279	0.382	0.347	0.304	0.349
唯一覆盖度	0.073	0.051	0.021	0.092	0.005
总体覆盖度	0.585				
总体一致性	0.885				

注:●或●代表条件存在;⊗或⊗代表条件缺乏;●或⊗代表核心条件;●或⊗代表边缘条件;空白代表条件可能存在也可能不存在。

数字普惠金融为核心存在条件,农业机械投入为边缘存在条件,农业产业结构和财政支农水平为边缘缺乏条件,农村科研人力不确定。表明在数字普惠金融和数字基础设施水平普遍提高的共同作用下,结合农业机械投入的边缘作用,能够显著推动农业低碳转型进程。该组态的一致性为0.916,表明有91.6%的可能性达到高水平农业低碳转型状态;原始覆盖度为0.382,唯一覆盖度为0.051,表明约有38.2%的案例能够解释该组态,并且约有5.1%的案例仅能被该组态所解释。组态3中数字基础设施和数字普惠金融为核心存在条件,农村科研人力和农业机械投入为边缘存在条件,农业产业结构为边缘缺乏条件,财政支农水平不确定。表明在数字普惠金融和数字基础设施水平普遍提高的共同作用下,结合农村科研人力和农业机械投入的边缘作用,能够显著推动农业低碳转型进程。该组态的一致性为0.902,表明有90.2%的可能性达到高水平农业低碳转型;原始覆盖度为0.347,唯一覆盖度为0.021,表明约有34.7%的案例能够解释该组态,并且约有2.1%的案例仅能被该组态所解释。

可以看出组态1~组态3的核心条件涉及数字基础设施和数字普惠金融。因此将其命名为“数字基础+数字金融”双重驱动型。地区数字基础设施的提升能够有效推动信息技术的发展水平,而数字金融正是依靠信息技术与传统金融相结合,进行新一代的网上支付、网上贷款等金融业务。农村数字金融的普惠程度提升,能够推动农业的市场化水平,进而推进数字技术的发展。在信息基础和数字金融的推动下,数字技术能够有效运用到农业生产、运输、销售的各个环节,有效降低农作物供应链过程中产生的碳排放,推动农业低碳转型进程。

2. “科研人力+机械投入”双重驱动型

组态4和组态5均呈现出,农村科研人力和农业机械投入为核心存在条件,财政支农水平为核心缺乏条件。因此将其归类为“科研人力+机械投入”双重驱动型。表明在农村科研人力和农业机械投入共同核心作用下,即使财政支农水平较低,也可以达到高水平的农业低碳转型。其中组态4的农业产业结构为边缘存在条件,数字基础设施为边缘缺乏条件,数字普惠金融不确定。该组态的一致性水平为0.896,表明组态4有89.6%的可能性达到高水平农业低碳转型的建设状态;原始覆盖度为0.304,表明约30.4%的案例能够解释该组态;唯一覆盖度为0.092,表明约9.2%的案例仅能被该组态所解释。组态5中农业产业结构和数字普惠金融为边缘存在条件,数字基础设施不确定。该组态的一致性水平为0.891,表明组态5有89.6%的可能性达到高水平的农业低碳转型;原始覆盖度为0.349,表明约34.9%的案例能够解释该组态;唯一覆盖度为0.005,表明约0.5%的案例仅能被该组态所解释。

(三)稳健性检验

一致性水平改变和校准标准不同均会影响逻辑最小化的真值表行(组态)的数量,进而对结果产生影响(查尔斯,2019)。本文通过改变校准区间和一致性阈值两种途径对结果进行稳健性检验,具体包括用6%,96%来代替5%、95%来调整校准区间;调整一致性阈值从0.8下调至0.76。通过检验发现结果组态之间虽有微弱变化,但仍具有清晰的子集关系。因此认为研究结论具有良好的稳健性。

五、中国东部、中部、西部农业低碳转型差异化路径研究

为实现2030年碳达峰、2060年碳中和的双碳目标,作为重要碳排放来源的农业活动,承担着重要责任。但是由于经济水平和资源禀赋的差异,农业低碳转型水平存在明显的区域异质性。另外,不同制度环境的差异也可能导致技术基础设施、财政支农水平及农业产业结构等对农业低碳转型进程产生不同的作用效果。因此本文将全样本数据分为东部、中部、西部三类,并运用fsQCA方法进行差异化路径分析。校准过程中,一致性水平分别设为0.92、0.94、0.97;频数阈值均设为1,PRI分别设为0.80、0.90、0.90。通过对6个条件进行组态分析,探索在利基层、体制层和景观层的共同作用下,不同区域的农业低碳转型路径,具体组态结果见表9。

由表9可以看出,中国东、中、西部地区农业低碳转型路径具有明显差异。整体来看,共存在7种组态,一致性均高于0.85,大于可接受的最低标准0.75。因此7条路径的前因组态可以视为高水平农业低碳转型的充分条件组合。

东部地区:组态1~组态3为东部地区的农业低碳转型路径。其中组态1中农村科研人力为核心存在条件;组态2和组态3中均呈现出,数字基础设施为核心存在条件,科研人力资本为核心缺乏条件。由于三组组

态的核心条件均在利基层。因此可以看出利基层在东部地区农业低碳转型进程中发挥着举足轻重的作用。由于东部地区经济发达,数字化水平相对较高,拥有较为完善的技术基础和人力资本。因此在科研人力资本的核心作用下,即使数字化基础显著缺乏,在联合边缘存在条件(农业产业结构、农业机械投入)的共同作用下,也能够达到高水平的农业低碳转型效果;在数字基础设施的核心作用下,能够有效降低数字技术发展的交易成本,即使科研人力资本显著缺乏,在联合其他边缘存在条件的共同作用下,也能够推动农业低碳转型进程。因此利基层的发展对东部地区尤为重要,能够有效提升农业碳排放效率,降低农业碳排放。

中部地区:组态 4、组态 5 为中部地区农业低碳转型路径,两组组态的核心存在条件均为农业产业结构和数字普惠金融,体现出农业产业结构和数字普惠金融的协同作用对中部地区农业碳排放效率水平提升的重要性。由于中部地区农业大省较多,如河南、河北、四川、内蒙古等地,农业种植面积较大,但经济发展水平相对东部较低。因此实施农村数字金融对农村经济发展和农业低碳转型具有较大的促进作用,在农业产业结构不断提升的同时,引入数字平台,有助于激励农民进行农业碳减排工作,进而减少传统金融机构的服务成本和交易成本。

西部地区:组态 6、组态 7 为西部地区农业低碳转型路径,两组组态均呈现出,数字普惠金融为核心存在条件,科研人力资本为核心缺乏条件。体现出数字普惠金融对西部地区的重要性,即使在科研人力资本显著缺乏的情况下,也能够通过数字普惠金融的核心作用,推动西部地区的低碳化进程。西部地区大多地处沙漠、高原等生态脆弱带,水土流失严重,农业技术水平相对落后,随着城市化进程的加速,西部地区的大量人口流入城市,造成城市的人才集聚现象,推动了整个城市的经济发展。但是造成农村人才流失现象严重,无法更好地完成农业低碳技术研究和农业低碳转型进程的管理工作。同时,西部地区大多城市属于经济欠发达地区,数字技术相对欠缺,而数字普惠金融是实现乡村振兴的重要手段,其普惠性和共享性能够更好地满足小微企业的资金需求;政府也高度重视农业低碳转型问题,正在加大对数字基础设施的通入,这为农村数字经济发展创造了良好的环境。因此大力推广数字金融,能够有效推动西部地区的农业低碳转型进程。综上所述,中国东、中、西部地区受微观利基层、中观体制层和宏观景观层等多方面因素的影响,导致不同地区的农业碳减排路径也存在显著差异。

六、研究结论与政策建议

(一)研究结论

本文基于 MPL 框架,运用 fsQCA 方法,以中国 31 个省(因数据缺失,不包含港澳台地区)作为观测样本进行条件组态分析,探讨了 7 个影响因素对乡村农业低碳转型的“联合效应”,揭示了影响农业碳排放效率的核心条件及其复杂本质。现有研究结论如下:①从单一变量观察,在 NCA 和 fsQCA 的双重分析下,7 个前因条件均不构成农业碳排放的必要条件,说明单个要素并不构成影响农业碳排放效率的瓶颈条件,进一步证明多因素联合是驱动农村农业低碳转型发展的有效途径;②从整体路径分析,发现高水平的农业低碳转型进程是多因素的协同作用,结果共存在 5 条动态组合路径,具体可以归纳为两类,分别是“数字基础+数字金融”双重驱动型路径和“科研人力+机械投入”双重驱动型路径,以“殊途同归”的方式影响着农业的低碳化进程;③从东部、中部、西部部分区域农业低碳转型路径来看,东部地区主要是以技术基础设施或科研人力资本为核心存在条件的利基层主导型,中部地区是农业产业结构和数字普惠金融为核心存在条件的体制层和景观层共同主导型,西部地区是以数字普惠金融为核心存在条件的景观层主导型,区域间治理路径存在明显差异,这也进一步阐释了造成高水平农业低碳转型异质性的因素是千差万别的。

表 9 东、中、西部高水平农业低碳转型路径的前因组态分析

条件组态	东部地区			中部地区		西部地区	
	1	2	3	4	5	6	7
数字基础设施	⊗	●	●	●	⊗	⊗	●
农村科研人力	●	⊗	⊗	⊗	●	⊗	⊗
农业产业结构	●	⊗	⊗	●	●	●	⊗
农业机械投入	●	●	⊗	⊗	●	⊗	⊗
财政支农水平	⊗	●	●	⊗	⊗	⊗	⊗
数字普惠金融	⊗	⊗	●	●	●	●	●
一致性	0.837	0.955	0.941	0.998	0.980	0.885	1
原始覆盖度	0.169	0.231	0.175	0.292	0.345	0.194	0.214
唯一覆盖度	0.080	0.672	0.034	0.143	0.197	0.119	0.138
总体覆盖度	0.345			0.489		0.333	
总体一致性	0.913			0.986		0.930	

注:●或●代表条件存在;⊗或⊗代表条件缺乏;●或⊗代表核心条件;●或⊗代表边缘条件;空白代表条件可能存在也可能不存在。

(二)理论贡献与政策启示

1. 理论贡献

(1)本文从“组态视角”出发,应用fsQCA方法更加细粒度地解释了条件之间的相互替代效应和因果不对称关系,发现多组态的组合路径能够达到殊途同归的效果,这一发现是从整体视角解释农业低碳转型路径选择的一种崭新尝试,也是对基于权变视角的影响因素研究的丰富和补充,在一定程度上推动了农业低碳转型研究从权变视角向组态视角的转变。

(2)本文以社会-技术转型多层级(MPL)框架为基础,结合中国农业低碳转型的现状和特点,考察微观利基层、中观体制层、宏观景观城三方面因素的联动效应,拓展了MPL框架在农业问题上的低碳转型和可持续发展研究,是对研究框架的进一步丰富和拓展。

(3)本文不仅探讨了中国31个省份的农业低碳转型进程的前因组态,更进一步分析出东、中、西部分地区的差异化治理路径,有助于地方政府结合区域特点选择针对性的农业低碳治理模式。

2. 政策启示

(1)从整体治理视角出发,中央和地方政府应明确农业低碳转型是实现双碳目标和可持续发展的必由之路,设立农业低碳转型的具体目标,引导和推动农业向低碳生产转型;加强微观利基层、中观体制层和宏观景观层三方面因素的协调整合,竭力提升农业碳排放效率。

(2)从分类型路径研究出发,“数字基础+数字金融”双重驱动型路径,应注重乡村数字基础建设,推动农村数字化发展;同时,应借助金融平台助力农户实现农业碳减排,发挥政府、社会、企业三方优势,共同推进农业低碳转型目标的实现。“科研人力+机械投入”双重驱动型路径,应发挥农业低碳创新力,建设农业低碳转型的管理平台、服务平台,打造信息集散中心,减少农业碳排放管理的交易成本,从而形成以数字技术为中心的现代化农业;同时还需发挥人才培育力,为乡村人才提供继续教育、专业培训服务,推进数字人才的建设工作,进而提升创新率,推动农业低碳转型进程;在农业绿色发展理念推动下,农民在进行机械投入时应加大对农业绿色新技术、新品种的使用,减少农业碳排放。

(3)从中国东、中、西部分区域路径研究出发,各地方政府应结合区域资源禀赋和经济发展水平选择差异化农业低碳转型路径和具有针对性的治理模式。东部地区要继续发挥自身优势,大力推进数字基础设施建设和科研人力的培养,同时应结合体制层和景观层建设,发挥利基层与两者的协同作用;中部地区应大力发展数字金融,以数字金融推动农业科技进步和产业结构调整,加强农业产业结构和数字普惠金融的协同作用;西部地区应制定数字普惠金融的转型补贴和激励政策,在乡村大力推广数字金融,推动农业低碳转型的发展进程。

(三)不足与展望

虽然本文从组态视角探讨了农业低碳转型路径,弥补了权变视角下单一因素的净效应,但仍有不足之处。首先,在质性分析上,虽然已对定性资料进行补充,但仍同其他fsQCA研究方法一样,面临如何深化质性分析的共同挑战。其次,在数据收集上,限于数据的可获得性,只对中国31个省份数据进行了研究,在一定程度上影响了结论的可推广性,未来可收集更多样本,精确到地级市或区县,对农业低碳转型的组态路径进行进一步分析。最后,只对一年的静态数据进行分析,限制了研究结论在时间维度上的解释力度,且鉴于fsQCA方法对动态时间变化的应用有待完善,未来可以对时序fsQCA方法进行合理发展,收集跨时间案例数据进行研究。

参考文献

- [1] 查尔斯 C. 拉金, 2019. 重新设计社会科学研究[M]. 杜运周, 等, 译. 北京: 机械工业出版社.
- [2] 程秋旺, 许安心, 陈钦, 2022. “双碳”目标背景下农业碳减排的实现路径——基于数字普惠金融之验证[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 43(2): 115-126.
- [3] 邓悦, 崔瑜, 卢玮楠, 等, 2021. 市域尺度下中国农业低碳发展水平空间异质性及影响因素——来自种植业的检验[J]. 长江流域资源与环境, 30(1): 147-159.
- [4] 杜运周, 刘秋辰, 程建青, 2020. 什么样的营商环境生态产生城市高创业活跃度? ——基于制度组态的分析[J]. 管理世界, 36(9): 141-155.
- [5] 韩金雨, 曲建升, 徐丽, 2021. 支农财政对农业碳排放强度的空间效应: 基于空间杜宾模型的实证分析[J]. 生态与农村环境学报, 37(11): 1404-1412.
- [6] 郭丕斌, 李繁荣, 吕文栋, 2019. 社会-技术变迁驱动能源转型研究框架与述评[J]. 科技进步与对策, 36(10):

- 153-160.
- [7] 贺青, 张虎, 张俊飏, 2021. 农业产业聚集对农业碳排放的非线性影响[J]. 统计与决策, 37(9): 75-78.
- [8] 胡婉玲, 张金鑫, 王红玲, 2020. 中国农业碳排放特征及影响因素研究[J]. 统计与决策, 36(5): 56-62.
- [9] 黄晓慧, 杨飞, 陆迁, 2022. 城镇化、空间溢出效应与农业碳排放——基于 2007—2019 年省级面板数据的实证分析[J]. 华东经济管理, 36(4): 107-113.
- [10] 雷振丹, 陈子真, 李万明, 2020. 农业技术进步对农业碳排放效率的非线性实证[J]. 统计与决策, 36(5): 67-71.
- [11] 李慧, 2019. 社会-技术转型多层级视角: 形成背景、理论渊源及构成框架[J]. 中国科技论坛, (4): 42-49.
- [12] 李慧, 涂家豪, 2020. 多层级视角下能源低碳转型因素组态研究——基于我国 30 个省域的模糊集定性比较分析[J]. 技术经济, 39(8): 152-160.
- [13] 林虹, 林志明, 池仁勇, 2021. 海归创业企业绩效影响因素组态与提升路径——基于模糊集定性比较分析方法[J]. 技术经济, 40(9): 102-111.
- [14] 刘琼, 肖海峰, 2020. 农地经营规模与财政支农政策对农业碳排放的影响[J]. 资源科学, 42(6): 1063-1073.
- [15] 刘杨, 刘鸿斌, 2022. 山东省农业碳排放特征、影响因素及达峰分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 30(4): 558-569.
- [16] 牛志伟, 邹昭晞, 2019. 农业生态补偿的理论与方法——基于生态系统与生态价值一致性补偿标准模型[J]. 管理世界, 35(11): 133-143.
- [17] 潘爽, 叶德珠, 叶显, 2021. 数字金融普惠了吗——来自城市创新的经验证据[J]. 经济学家, (3): 101-111.
- [18] 庞凌霄, 2022. 数字普惠金融、农村减贫与乡村振兴[J]. 统计与决策, (10): 57-62.
- [19] 阮俊虎, 刘天军, 冯晓春, 2020. 数字农业运营管理: 关键问题、理论方法与示范工程[J]. 管理世界, 36(8): 222-233.
- [20] 尚杰, 吉雪强, 石锐, 2022. 中国农业碳排放效率空间关联网络结构及驱动因素研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 30(4): 543-557.
- [21] 谭海波, 范梓腾, 杜运周, 2019. 技术管理能力、注意力分配与地方政府网站建设——一项基于 TOE 框架的组态分析[J]. 管理世界, 35(9): 81-94.
- [22] 唐开翼, 欧阳娟, 甄杰, 等, 2021. 区域创新生态系统如何驱动创新绩效? ——基于 31 个省市的模糊集定性比较分析[J]. 科学学与科学技术管理, 42(7): 53-72.
- [23] 陶克涛, 张术丹, 赵云辉, 2021. 什么决定了政府公共卫生治理绩效? ——基于 QCA 方法的联动效应研究[J]. 管理世界, 37(5): 128-138, 156, 10.
- [24] 汪亚楠, 谭卓鸿, 郑乐凯, 2020. 数字普惠金融对社会保障的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 37(7): 92-112.
- [25] 魏后凯, 刘同山, 2017. 论中国农村全面转型——挑战及应对[J]. 政治经济学评论, (5): 84-116.
- [30] 吴昊玥, 黄瀚蛟, 何宇, 2021. 中国农业碳排放效率测度、空间溢出与影响因素[J]. 中国生态农业学报(中英文), 29(10): 1762-1773.
- [26] 吴立军, 曾繁华, 2022. 行业视角下减排成本估算及减排路径研究[J]. 技术经济, 41(4): 120-129.
- [27] 谢华玲, 迟培娟, 杨艳萍, 2022. 双碳战略背景下主要发达经济体低碳农业行动分析[J]. 世界科技研究与发展, 44(5): 605-617.
- [28] 徐彬, 周明天. 低碳视角下产业集聚对农业环境效率的影响研究[J]. 价格理论与实践, (4): 154-158.
- [29] 闫桂权, 何玉成, 张晓恒, 2022. 数字普惠金融发展能否促进农业机械化——基于农机作业服务市场发展的视角[J]. 农业技术经济, (1): 51-64.
- [30] 杨晨, 胡珮琪, 刁贝娣, 2021. 粮食主产区政策的环境绩效: 基于农业碳排放视角[J]. 中国人口·资源与环境, 31(12): 35-44.
- [31] 叶兴庆, 程郁, 张玉梅, 2022. 我国农业活动温室气体减排的情景模拟、主要路径及政策措施[J]. 农业经济问题, (2): 4-16.
- [32] 易加斌, 李霄, 杨小平, 2021. 创新生态系统理论视角下的农业数字化转型: 驱动因素、战略框架与实施路径[J]. 农业经济问题, (7): 101-116.
- [33] 张明, 陈伟宏, 蓝海林, 2019. 中国企业“凭什么”完全并购境外高新技术企业——基于 94 个案例的模糊集定性比较分析(fsQCA)[J]. 中国工业经济, (4): 117-135.
- [34] 张燕龙, 刘畅, 刘洋, 2021. 碳达峰与碳中和实施指南[M]. 北京: 化学工业出版社.
- [35] 张翼, 2020. 中国省域绿色技术创新与低碳发展协同的测度与推进研究[J]. 技术经济, 39(11): 36-43.
- [36] 赵晓颖, 郑军, 张明月, 2022. 乡村振兴战略下新型农业经营主体绿色生产行为研究——基于资本禀赋的水平、结构和互补性视角[J]. 农村经济, (1): 89-97.
- [37] 赵云辉, 王蕾, 冯泰文, 2021. 新冠疫情下政府差异化复工复产路径研究[J]. 科研管理, 42(4): 191-200.
- [38] 庄旭东, 王仁曾, 2021. 数字金融能促进产业创新成果转化吗[J]. 现代经济探讨, (6): 58-67.
- [39] DU Y, KIM P H, 2021. One size does not fit all: Strategy configurations, complex environments, and new venture

- performance in emerging economies[J]. *Journal of Business Research*, 124: 272-285.
- [40] DUL J, 2016. Necessary condition analysis (NCA) logic and methodology of “necessary but not sufficient” causality [J]. *Organizational Research Methods*, 19(1): 10-52.
- [41] DUL J, VAN DER LAAN E, KUIK R, 2020. A statistical significance test for necessary condition analysis [J]. *Organizational Research Methods*, 23(2), 385-395.
- [42] FAINSHMIDT S, WITT M A, AGUILERA R V, et al, 2020. The contributions of qualitative comparative analysis (QCA) to international business research[J]. *Journal of International Business Studies*, 51, 455-466.
- [43] GEELS F W, 2018. Disruption and low-carbon system transformation: Progress and new challenges in socio-technical transitions research and the multi-level perspective[J]. *Energy Research & Social Science*, 37, 224-231.
- [44] GEELS F W, SOVACOL B K, SCHWANEN T et al, 2017. The socio-technical dynamics of low-carbon transitions[J]. *Joule*, 1(3), 463-479.
- [45] MINGYUE F, NDAVI J W, QALATI S A, et al, 2022. Applying the time continuum model of motivation to explain how major factors affect mobile learning motivation: A comparison of SEM and fsQCA [J]. *Online Information Review*, 46(6), 1-20.
- [46] RAGIN C C, 1987. *The comparative method: Moving beyond qualitative and quantitative strategies* [M]. Berkeley: University of California Press.
- [47] VIS B, DUL J, 2018. Analyzing relationships of necessity not just in kind but also in degree: Complementing fsQCA with NCA[J]. *Sociological Methods & Research*, 47(4), 872-899.
- [48] XIE X, WANG H, 2020. How can open innovation ecosystem modes push product innovation forward? An fsQCA analysis [J]. *Journal of Business Research*, 108: 29-41.
- [49] ZHENG L, SHEPHERD D, BATUO M E, 2021. Variations in the determinants of regional development disparities in rural China[J]. *Journal of Rural Studies*, 82, 29-36.

Research on Antecedent Configuration of Agricultural Low-carbon Transformation Path under MLP Framework

Li Ruifeng¹, Yan Chenli¹, Li Delong¹, Hou Shuxia²

(1. School of economics and management, Inner Mongolia Finance and Economics University, Hohhot 010070, China;

2. Business School, Inner Mongolia Finance and Economics University, Hohhot 010070, China)

Abstract: Low carbon transformation is an important practice to promote the sustainable development of agriculture, but the existing research lacks in-depth discussion on the path of agricultural low carbon transformation. Based on the MLP framework, a theoretical model of agricultural low-carbon transformation was constructed from the three aspects of micro grass-roots level, meso system level and macro landscape level, and NCA and fsQCA to analyze the case data of 31 provinces in China was used, so as to explore the antecedent configuration of the path of agricultural low-carbon transformation. The results show that: First, the six pre-set antecedents do not constitute the necessary conditions for the low-carbon transformation of high / low-level agriculture. Second, there are five paths to drive the low-carbon transformation of high-level agriculture, which are specifically divided into two groups: the leading mode of “digital foundation + digital finance” and the leading mode of “scientific research manpower + machinery investment”. Third, there are obvious differences in the path of agricultural low-carbon transformation in eastern, central and western China. The research not only deepened the understanding of the theoretical mechanism of agricultural low-carbon transformation, but also provided policy suggestions and practical guidance for the work of agricultural low-carbon transformation.

Keywords: agricultural low-carbon transformation; MPL; antecedent configuration; NCA; fsQCA