

# 新质生产力赋能农业“减污降碳” 协同增效:理论机制和实证研究

张可馨,白永秀

(西北大学 经济管理学院,陕西 西安 710127)

**摘要:**新质生产力作为新时代推进农业由“旧质”向“新质”跨越式转型的新型生产力,为促进农业“减污降碳”协同增效提供了新动能。在理论分析新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效内在机理的基础上,利用2003—2022年中国31个省份面板数据,通过构建双向固定效应模型分析新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响。研究表明:新质生产力对农业“减污降碳”协同增效具有显著促进作用;机制分析中,技术创新、人力资本、产业升级是新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的重要传导机制;异质性分析中,新质生产力对东部地区、粮食主产区农业“减污降碳”协同增效的影响更为显著;新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响具有显著空间溢出特点。为此提出,应充分发挥新质生产力“助推器”作用,强化技术创新引领,培育与提升农村人力资本,加大产业结构调整步伐,因地制宜有序推进各区域实现农业“减污降碳”协同增效。

**关键词:**新质生产力;减污降碳;农业“减污降碳”协同增效;技术创新;人力资本;产业升级

**中图分类号:**F124.5;F323.22 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9841(2026)01-0167-12

## 一、引言和文献综述

农业作为国民经济的基础产业,既是温室气体排放的重要来源,也是面源污染的主要造成者,推进农业“减污降碳”协同增效对于经济社会全面绿色转型意义重大<sup>[1]</sup>。现阶段,中国农业正处于从传统生产模式向现代生产模式转型的攻坚阶段,如何构建与生态安全要求相适配的生产体系是当前加快推进农业全面绿色转型所面临的现实问题。2023年9月,习近平总书记在黑龙江考察,首次提出“新质生产力”<sup>[2]</sup>。2025年1月,中央一号文件提出“因地制宜发展农业新质生产力”<sup>[3]</sup>,要求以科技创新引领先进生产要素集聚,为推动农业生产方式变革注入了创新动力。2025年10月,党的二十届四中全会在北京召开,将发展新质生产力放在更加突出的战略地位,明确提出要“加快高水平科技自立自强,引领发展新质生产力”<sup>[4]</sup>,进一步为我国应对资源环境约束、转变生产动能指明了方向。新质

**作者简介:**张可馨,西北大学经济管理学院,博士研究生。

**通讯作者:**白永秀,西北大学经济管理学院,教授,博士生导师。

**基金项目:**国家社会科学基金重大项目“西部地区巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接的路径及政策研究”(21ZDA063),项目负责人:白永秀;国家社会科学基金青年项目“涉农平台经济现代化治理体系构建研究”(22CJY040),项目负责人:张旺。

生产力作为由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生的先进生产力,其本身就是绿色生产力<sup>[5]</sup>。在如今技术革命深入发展、国家战略系统升级、农业生态环境问题突出的背景下,新质生产力的出场既是生产力理论演进的必然结果,更是破解农业“转型阵痛”的现实选择,其创新属性将成为重构农业生产体系、激活乡村发展动能、衔接绿色转型目标的核心引擎。

新质生产力已成为学术研究的热点。关于新质生产力概念内涵,有学者认为,新质生产力是以科技创新为主导,以关键性颠覆性技术为突破的生产力,具备高效能等特征,是摆脱传统增长路径、符合高质量发展要求的新型生产力<sup>[6]</sup>。有学者从农业领域进行界定,认为新质生产力是以技术创新、科技赋能为核心,推动农业从传统要素到重构基要函数的根本性转变、从能源农业到数智农业的跨越性提升的新型生产力<sup>[7]</sup>。关于新质生产力的内容,多数学者认为新劳动者、新劳动对象和新劳动资料是新质生产力的基本构成要素<sup>[8]</sup>。关于新质生产力水平的测度,有学者从开放、绿色、数字、共享、协作等维度<sup>[9]</sup>,或从科技创新能力、产业转型升级和生产要素创新配置等维度<sup>[10]</sup>,构建其评价指标体系。关于新质生产力与农业“减污降碳”协同增效的研究,有学者认为新质生产力能够突破传统农业均衡,促进物质与非物质要素整合迭代,并将新技术、新知识等新要素引入农业生产中,以实现农业绿色跃迁<sup>[11]</sup>。另有学者认为新质生产力是全面重塑生态产品价值实现的过程,能加速生态产品获得可度量以及可交易等属性,为绿色生态产品价值实现奠定基础<sup>[12]</sup>。

综上,现有文献对新质生产力进行了大量研究,但仍存在不足之处,对新质生产力的研究主要聚焦于内涵、构成和测度等,关于新质生产力的“减污降碳”功能有所忽视,较少文献从农业“减污降碳”协同增效角度考察新质生产力的“减污降碳”功能,并探讨其作用机制。鉴于此,本文立足绿色发展背景和碳达峰碳中和目标要求,将新质生产力纳入农业“减污降碳”协同增效的分析框架,探讨新质生产力发展对农业“减污降碳”协同增效的影响。研究的边际贡献在于:一是在研究视角方面,本文基于农业“减污降碳”协同增效视角,系统回答“新质生产力的发展是否具有农业‘减污降碳’功能”这一问题。二是在研究意义方面,通过理论分析和实证研究考察新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响,为深入解析新质生产力的内在命题,寻求推进农业“减污降碳”协同增效的新路径提供理论依据。

## 二、理论分析与研究假说

### (一)新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的直接影响分析

农业“减污降碳”协同增效是改善农业生态环境质量和实现“双碳”目标的必然选择<sup>[13]</sup>。促进农业领域实现“减污降碳”协同增效是锚定美丽中国建设与碳达峰碳中和目标,坚定不移走高质量发展道路的抓手。新质生产力作为以高质量为目标、以创新引领为基础、以科技赋能为内核的一种新质态,在摆脱传统农业增长方式和生产力发展路径、实现农业生产方式根本变革的同时,也为推进农业“减污降碳”协同增效塑造新动能。

第一,要素优化重组效应。从传统要素到现代要素的创新性转变,新质生产力的发展有助于农业生产方式绿色变革。传统农业生产主要依赖人力和畜力劳作,农业生产技能化、自动化和规模化水平有限,导致农业发展难以达到低消耗、低成本、高质量要求<sup>[14]</sup>。突破传统农业均衡的根本在于供给新的生产要素,农业新质生产力作为先进生产力代表,其本质就是对传统生产要素的根本性革新,通过技术革命和系统变革,打破对传统要素的局限,激活传统要素的潜在价值,实现从依赖单一的土地、劳动力、资本等传统要素向多元化的数据、技术、知识等现代要素的转型升级,从而释放农业“减污降碳”协同增效潜力。从突破传统要素稀缺性约束来讲,要素质变打破了地理限制,减少了对土地要素的刚性依赖,在优化资源利用率的同时,推动农业自动化和机械化替代重复劳动,提高了对高素质劳动力的要素需求。并且,新质生产力发展并非简单的要素跃迁,还具有要素重组功能,其通过打破传统要

素固化配置,将数据、技术、知识等现代要素与传统要素深度融合,重构生产模式,从而在源头上促进农业“减污降碳”协同增效。

第二,数智赋能效应。从能源赋能到数智赋能的跨越式提升,新质生产力的发展有助于农业脱碳转型。农业新质生产力作为以 AI、大数据、云计算等数智技术为代表的新一轮技术革命引致的生产力,其发展逐渐依托数智化系统赋能农业系统。新质生产力的农业“减污降碳”协同增效功能,就是通过无人机、遥感技术等数智技术实现农业各环节的精准监测和管理,促使生产动能逐步走向低碳化、高效化和智慧化。例如,新质生产力发展驱动下的精准农业,通过数字平台实现对农作物远程管理,实现对作物苗情和病虫害发展趋势的精准化分析和模拟,为减少资源浪费提供空间信息。并且,具备现代自动化设备、农业大数据分析以及智能供应链等的智慧农业,利用现代智能化设备实现精准播种、灌溉、施肥、喷洒有机农药等生产任务,通过物联网和大数据等技术手段进一步实现对农产品生产、加工、运输等全过程监控和管理,再通过智能供应链,生产者可以更加准确地了解市场需求,合理安排生产计划,最大限度优化农业投入。

第三,功能拓宽效应。从单一生产到功能拓宽的突破性转型,新质生产力的发展有助于孕育绿色低碳产业。传统的农业发展模式不仅面临边际生产力下降和生态环境受损等困局,更无法满足人民日益增长的美好生活需要。新质生产力作为“农业 4.0”时代的新型生产力,能够充分应对新一轮科技革命和产业变革深入发展,以“质”促“新”推动农业与战略性新兴产业、未来产业相融相长、耦合共生<sup>[15]</sup>。从生产端看,通过孵化节能环保、清洁生产和清洁能源等环保产业有效控制碳源与污染物产生,驱动节能技术与设备加速迭代,促使环保产业蓬勃发展,从而提升农业节能减排成效。从治理端看,新质生产力能够孵化出更多农业环境监测与治理、农业生态修复与保护等生态产业。尤其是数字技术同生态修复等产业的深度融合,推动我国环境智能修复水平不断提升,为助力农业复绿扩绿提供保障。新质生产力也为农业观光、农耕体验、民宿康养、研学科普等产业的崛起注入强劲动力。这些以追求舒适美丽、清新康养、科技创新为鲜明标识的产业模式是目前农业农村发展的变革方向,也成为加快推进从产品供给、效率提升等单一结构的“生产农业”向追求生态环境、生活价值等功能拓宽的“生命农业”转变的重要途径。对此,本文提出研究假说 H1。

H1:新质生产力能够促进农业“减污降碳”协同增效。

## (二)新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的间接影响分析

第一,技术创新。技术创新是改造传统农业的关键,传统农业技术长期停滞不前导致农业边际生产率和环境效益较低。新质生产力作为具有革命性和颠覆性的前沿科技生产力,能够将能源利用技术、保护性耕作技术、废弃物处理技术、数字化管理技术等先进生产技术和科学管理方法纳入生产环节<sup>[16]</sup>,改变农业生产方式,进而通过分工经济和迂回生产的方式形成专业化技术服务群体,为生产者提供全流程、高品质、个性化的农业技术辅导,帮助其破解技术应用障碍,加快实现低碳技术规模化应用。

第二,人力资本。人力资本在农户绿色生产行为转变中起着重要的决定作用<sup>[17]</sup>。农业领域的新质人才区别于传统小农户,也非目前一般意义上的专业大户,是指掌握前沿科技并能够作用于涉农新业态的农业从业人员,是具有原创精神、共享精神、合作精神和环保意识的创新性人才。当前,我国在涉农人才的培养环节面临多方面挑战,例如存在知识体系陈旧、创新能力不足等问题。新质生产力的发展通过提升劳动者创新能力和生态素养,能够推动农业与现代科技融合,促进各经营主体知识共享和沟通协作,减少农业活动对环境的负面影响。

第三,产业升级。在第四次科技和产业革命的浪潮中现代产业变革在蓬勃发展,产业链条持续延伸成为发展趋势。一二三产业融合发展也为绿色、低碳等新业态提供了更多可行性路径<sup>[18]</sup>。人工智

能、数字技术以及互联网等对产业的全方位、全链条改造,使得直播带货、电商等“互联网+”新业态在农村地区广泛应用,在加速产业转型升级的同时,重塑着农业的价值创造方式。尤其随着信息技术进步,部分农村地区特色产业快速发展,吸引了相关产业集聚。农业、工业与服务业交叉融合成为趋势,不仅促进了专业化分工,拓宽了农业发展空间,也促使环境保护从成本负担转变为收益来源,为形成“产业升级—污染减排—碳汇增值”的良性循环创造出新价值。基于上述分析,提出如下研究假说 H2。

H2:新质生产力通过技术创新、人力资本、产业升级促进农业“减污降碳”协同增效。

### (三)新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的空间溢出效应分析

新经济地理学“中心—外围”理论认为,要素在区域中心和外围城市间流动会对绿色发展产生重要影响,并形成扩散效应<sup>[19]</sup>。在数智化时代背景下,新质生产力的发展具有较强空间外溢性<sup>[20]</sup>。首先,新质生产力具备示范引领效应。借助大数据和互联网技术,新质生产力能够促使创新资源向传统农业流动,推动本地区传统农业智能化、绿色化、现代化转型。对于发展前景较好、基础优势较突出的地区,通过打造创新园区和示范园区,能够助推周边地区获取高质量劳动对象、高素质劳动者和高效率劳动工具,优化周边地区农业生产经营全流程,引领周边地区农业转型。其次,新质生产力具备技术扩散效应。以数据为基本要素的新质生产力在跨时空条件下复制和传输成本较低,能有效打破时空限制,拓展市场渠道,提高地区间的信息交互程度。对于新质生产力发展水平较高的地区,可以通过搭建资源共享平台,推进周边地区共享农业相关成果。另外,新技术、新农人、新资源等优质生产要素通过资源共享平台跨区域流动,在增进本地区与周边地区农业合作交流的同时,也能带动周边地区传播绿色生产理念、采纳农业低碳技术。基于上述分析,提出如下研究假说 H3。

H3:新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响具有正向空间溢出效应。

综上,新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的作用机制如图 1 所示。

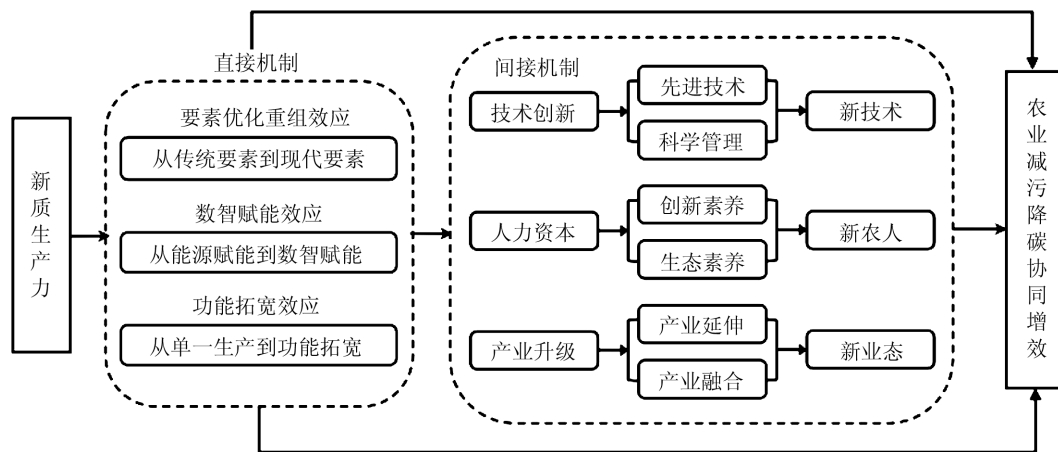


图 1 新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的作用机制

## 三、研究设计

### (一)模型构建

#### 1. 基准回归模型

为进一步揭示新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响效果,借鉴黄群慧等的研究构建如下基准回归模型<sup>[21]</sup>:

$$Y_{it} = \beta + \beta_1 NPL_{it} + \beta_2 Control_{it} + u_i + v_t + \theta_{it} \quad (1)$$

其中, $Y_{it}$ 表示第  $t$  年第  $i$  省的农业“减污降碳”协同增效水平; $NPL_{it}$ 表示新质生产力水平;

$Control_{it}$  为控制变量; $\beta$  为常数项, $\beta_1$ 、 $\beta_2$  为各变量估计系数; $u_i$ 、 $v_t$  分别为地区固定效应和时间固定效应; $\theta_{it}$  为随机扰动项。

## 2. 中介效应模型

根据上述理论分析,为了考察新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效的间接效应,参考邵帅等的中介效应检验方法<sup>[22]</sup>,在基准回归模型的基础上设定如下模型:

$$M_{it} = \mu + \mu_1 NPL_{it} + \mu_2 Control_{it} + u_i + v_t + \theta_{it} \quad (2)$$

$$Y_{it} = \rho + \rho_1 NPL_{it} + \rho_2 M_{it} + \rho_3 Control_{it} + u_i + v_t + \theta_{it} \quad (3)$$

公式(2)代表新质生产力(NPL)对于中介变量(M)的回归,公式(3)表示同时考虑新质生产力和中介变量后对农业“减污降碳”协同增效的回归。

## (二) 变量设定

### 1. 被解释变量

依据农业“减污降碳”协同增效的概念内涵和生态环境部、国家发展和改革委员会等7部门2022年联合印发的《减污降碳协同增效实施方案》,选取农业碳排放强度(ACI)、农业面源污染强度(ANI)和农业“减污降碳”协同增效(ANC)作为被解释变量。

(1)农业碳排放强度。农业碳排放强度是指农业单位产值所产生的碳排放量,其体现了资源使用效率。具体计算为农业碳排放量与农业总产值的比值<sup>[23]</sup>,同时在回归时进行对数化处理。

(2)农业面源污染强度。农业面源污染强度是指单位产值所产生的农业面源污染物排放量<sup>[24]</sup>。具体计算为农业面源污染物排放量与农业总产值的比值,同时在回归时进行对数化处理。本文参考2021年生态环境部发布的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》和国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室发布的《农业污染源产排污系数手册》,采用单元调查评估方法核算农业面源污染排放量。

(3)农业“减污降碳”协同增效。参考2020年生态环境部环境规划院气候变化与环境政策研究中心发布的《中国城市二氧化碳和大气污染协同管理评估报告(2020)》中对城市二氧化碳和大气污染协同管理评估的方法,评估农业“减污降碳”协同增效水平,具体计算如下。

$$\text{农业降碳率}(ACIR) = \frac{2002 \text{ 年 } ACI - \text{ 当年 } ACI}{2002 \text{ 年 } ACI} \quad (4)$$

$$\text{农业减污率}(ANIR) = \frac{2002 \text{ 年 } ANI - \text{ 当年 } ANI}{2002 \text{ 年 } ANI} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} ACIR、ANIR \text{ 均为正, 排名最优, } ANC &= \frac{ACIR + ANIR}{2} \\ ACIR、ANIR \text{ 为一正一负, 排名居中, } ANC &= 0 \\ ACIR、ANIR \text{ 均为负, 排名最差, } ANC &= \frac{ACIR + ANIR}{2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

### 2. 解释变量

本文解释变量为新质生产力(NPL)。一方面,新质生产力发展快、应用广,以既定划分范围测算逐年变化水平,可能因遗漏、重复、过度测算产生偏差;另一方面,新质生产力对农业“减污降碳”协调增效的影响难以剥离,农业“减污降碳”协调增效不仅是新质生产力的作用结构,二者还可能存在一定的内生性问题。鉴于此,参考以往学者测度数字经济的方法<sup>[25]</sup>,筛选出2003—2022年发布的与新质生产力相关的政策文件,以统计并汇总与新质生产力相关的词汇频数表征新质生产力水平。由于数据具有典型的“右偏性”特征,因而将其进行对数化处理。

### 3. 中介变量

本文中介变量为技术创新(*TI*)、人力资本(*HC*)和产业升级(*IU*)。技术创新用绿色发明专利授权数与绿色实用新型专利授权数之和并取对数来衡量<sup>[26]</sup>。人力资本用当年在校大学生人数占当年各地区人口比例来衡量<sup>[27]</sup>。产业升级用产业结构高度化来衡量,表征产业结构从第一产业逐渐向第三产业演进的程度<sup>[28]</sup>。

### 4. 控制变量

借鉴相关研究,选取城乡收入差距(*IG*,城乡居民收入水平比)<sup>[24]</sup>、农业发展水平(*AD*,第一产业增加值与地区生产总值比并取对数)<sup>[24]</sup>、电力基础设施(*EI*,农村用电量与农村人口比重)<sup>[29]</sup>、文化教育程度(*ED*,加权平均受教育年限)<sup>[20]</sup>、自然灾害程度(*ND*,农作物受灾面积占农作物播种面积比重)<sup>[11]</sup>、农产品贸易水平(*TP*,农产品贸易额与农林牧渔业增加值比重)<sup>[30]</sup>作为控制变量。

### (三)数据来源

考虑到数据可获得性和统计口径的一致性,选取2003—2022年中国31个省份面板数据进行实证研究(未含香港、澳门和台湾数据)。数据主要来自历年的《中国农村统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》等。描述性统计见表1。

表1 描述性统计

变量类型	变量名称	符号	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	农业“减污降碳”协同增效	<i>ANC</i>	0.600	0.276	0	0.992
	农业碳排放强度	<i>ACI</i>	-1.427	0.527	-3.237	-0.170
	农业面源污染强度	<i>ANI</i>	-1.587	1.022	-4.397	0.847
解释变量	新质生产力	<i>NPL</i>	3.360	0.506	0	4.543
中介变量	技术创新	<i>TI</i>	-2.903	2.020	-9.210	1.512
	人力资本	<i>HC</i>	1.752	0.733	0.315	4.362
	产业升级	<i>IU</i>	2.333	0.137	2.028	2.836
控制变量	城乡收入差距	<i>IG</i>	2.828	0.602	1.830	5.610
	农业发展水平	<i>AD</i>	2.179	0.888	-1.609	3.635
	电力基础设施	<i>EI</i>	0.155	0.425	0.002	4.087
	文化教育程度	<i>ED</i>	7.403	0.901	3.238	9.915
	自然灾害程度	<i>ND</i>	0.199	0.148	0.002	0.936
	农产品贸易水平	<i>TP</i>	0.576	0.262	0.051	0.999

## 四、实证结果与分析

### (一)基准回归结果

表2报告了基准回归模型的估计结果。由回归结果(1)和(2)显示,在未添加控制变量时农业碳排放强度的系数在1%的统计水平上显著为负,加入控制变量后农业碳排放强度的回归系数由-0.292上升到-0.075,但仍在1%的统计水平上显著为负,表明新质生产力与农业碳排放强度之间存在显著负向关系,新质生产力有助于降低农业碳排放强度。由回归结果(3)和(4)显示,无论是否添加控制变量,新质生产力对农业面源污染强度的影响均在1%的统计水平上显著为负,表明新质生产力的减污效果明显,有助于矫正粗放式农业经营模式,降低农业面源污染强度。由回归结果(5)和(6)显示,新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响在1%的统计水平上显著为正,说明新质生产力能够显著促进农业“减污降碳”协同增效。上述结果证实了假说H1。

表 2 基准回归结果

	ACI		ANI		ANC	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>NPL</i>	-0.292*** (0.042)	-0.075*** (0.027)	-0.527*** (0.072)	-0.142*** (0.046)	0.173*** (0.020)	0.050*** (0.012)
<i>IG</i>		0.238* (0.136)		0.515** (0.188)		-0.084 (0.054)
<i>AD</i>		-0.004 (0.119)		0.111 (0.173)		-0.061 (0.061)
<i>EI</i>		-0.019 (0.033)		-0.042 (0.051)		-0.001 (0.016)
<i>ED</i>		-0.493*** (0.106)		-0.782*** (0.158)		0.267*** (0.055)
<i>ND</i>		0.374*** (0.093)		0.483*** (0.135)		-0.188*** (0.050)
<i>TP</i>		0.430*** (0.113)		0.710*** (0.175)		-0.287*** (0.071)
<i>Constant</i>	-0.660*** (0.142)	1.413** (0.781)	-0.020** (0.010)	2.519** (1.199)	-0.003*** (0.001)	-1.055*** (0.372)
时间固定	是	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是	是
$R^2$	0.679	0.855	0.685	0.876	0.666	0.853
观测值	651	651	651	651	651	651

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著,括号内为稳健标准误,下同。

## (二) 稳健性检验

考虑到被解释变量的选取是否具有代表性,本文选择农业降碳率(*ACIR*)和农业减污率(*ANIR*)作为被解释变量进行稳健性检验。为避免样本时间选取产生的误差,选取2004—2020年时间段样本进行回归检验。为保证模型估计的可靠性和无偏性,使用PSM模型再次进行回归检验。结果如表3所示,在进行更换被解释变量、更换时间窗口、更换模型的一系列稳健性检验后,新质生产力的回归系数依旧显著,且符号未发生改变。稳健性检验结果与表2基准回归结果一致,说明回归结果是稳健的,再次证明了研究假说H1。

表 3 稳健性检验结果

	更换被解释变量		更换时间窗口(2004—2020)			更换模型(PSM)		
	<i>ACIR</i>	<i>ANIR</i>	<i>ACI</i>	<i>ANI</i>	<i>ANC</i>	<i>ACI</i>	<i>ANI</i>	<i>ANC</i>
<i>NPL</i>	0.037*** (0.011)	0.044*** (0.013)	-0.056* (0.029)	-0.089** (0.039)	0.050*** (0.015)	-0.075*** (0.027)	-0.142*** (0.046)	0.050*** (0.012)
<i>Constant</i>	-1.059* (0.587)	-0.377*** (0.148)	-0.858*** (0.388)	-0.406*** (0.047)	-0.027*** (0.010)	1.413** (0.820)	2.519* (1.499)	-1.055** (0.542)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是	是	是	是
$R^2$	0.87	0.874	0.799	0.852	0.769	0.855	0.877	0.854
观测值	651	651	527	527	527	651	651	651

## (三) 作用机制检验

表4为技术创新(*TI*)的中介效应检验结果。根据回归结果显示,新质生产力对技术创新的影响在1%的统计水平上显著为正,表明新质生产力对技术创新具有促进作用。在基准回归模型基础上引入技术创新时,可以看出新质生产力对农业碳排放强度、农业面源污染强度以及农业“减污降碳”协

同增效的影响均通过了显著性检验,技术创新对三者的影响也通过了显著性检验。由此可得出,技术创新在新质生产力影响农业碳排放强度、农业面源污染强度以及农业“减污降碳”协同增效的过程中发挥着中介作用。

表4 技术创新的中介效应检验结果

	机制 1: $NPL \rightarrow TI \rightarrow ACI/ANI/ANC$			
	TI	ACI	ANI	ANC
NPL	0.442*** (0.158)	-0.034* (0.018)	-0.067** (0.027)	0.043*** (0.015)
TI		-0.093*** (0.008)	-0.170*** (0.015)	0.016** (0.006)
Constant	-5.946*** (1.059)	-0.970*** (0.318)	-0.814** (0.395)	0.130*** (0.028)
控制变量	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.724	0.898	0.915	0.934
观测值	651	651	651	651

表5为人力资本(HC)的中介效应检验结果。根据回归结果显示,新质生产力对人力资本的影响在1%的统计水平上显著为正,表明新质生产力对人力资本具有促进作用。引入人力资本后,新质生产力对农业碳排放强度、农业面源污染强度以及农业“减污降碳”协同增效的影响依旧显著,人力资本对三者的影响也均通过了显著性检验。由此可得出,人力资本在新质生产力影响农业碳排放强度、农业面源污染强度以及农业“减污降碳”协同增效的过程中发挥着中介作用。

表5 人力资本的中介效应检验结果

	机制 2: $NPL \rightarrow HC \rightarrow ACI/ANI/ANC$			
	HC	ACI	ANI	ANC
NPL	0.157*** (0.043)	-0.031* (0.018)	-0.038* (0.022)	0.041*** (0.011)
HC		-0.280*** (0.024)	-0.662*** (0.032)	0.057*** (0.013)
Constant	-0.525*** (0.150)	1.065*** (0.289)	2.152*** (0.424)	0.243*** (0.013)
控制变量	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.742	0.900	0.932	0.888
观测值	651	651	651	651

表6为产业升级(IU)的中介效应检验结果。根据回归结果显示,新质生产力对产业升级的影响在1%的统计水平上显著为正,表明新质生产力对产业升级具有促进作用。引入产业升级可看出,新质生产力对农业碳排放强度、农业面源污染强度以及农业“减污降碳”协同增效的影响依然显著,产业升级对三者的影响也均通过了显著性检验。由此可得出,产业升级在新质生产力影响农业碳排放强度、农业面源污染强度以及农业“减污降碳”协同增效的过程中发挥着中介作用。

表 6 产业升级的中介效应检验结果

	机制 3: $NPL \rightarrow IU \rightarrow ACI/ANI/ANC$			
	<i>IU</i>	<i>ACI</i>	<i>ANI</i>	<i>ANC</i>
<i>NPL</i>	0.015*** (-0.005)	-0.049* (-0.026)	-0.095** (-0.041)	0.034*** (-0.010)
<i>IU</i>		-1.733*** (-0.470)	-3.133*** (-0.648)	1.067*** (-0.246)
<i>Constant</i>	2.287*** (-0.143)	5.521*** (-1.275)	9.807*** (-1.498)	-3.559*** (-0.442)
控制变量	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是
$R^2$	0.815	0.841	0.731	0.875
观测值	651	651	651	651

为进一步检验上述所得结果的稳健性,本文使用 Bootstrap 法随机抽样 1 500 次进行估计检验。其中,技术创新(*TI*)、人力资本(*HC*)和产业升级(*IU*)发挥的中介效应在偏差矫正后的 95% 置信区间里均不包含 0,表明技术创新、人力资本和产业升级具有中介作用。综上,新质生产力通过技术创新、人力资本、产业升级促进农业“减污降碳”协同增效,由此验证了假说 H2 成立。

## 五、拓展性分析

### (一) 异质性分析

为进一步探索新质生产力对不同区域农业“减污降碳”协同增效的影响效果,本文从地理区位和农业功能两方面进行分析。

将样本分为东部、中部、西部地区进行分析。如表 7 所示,西部地区新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的影响不显著,东部、中部地区新质生产力的影响均显著,但估计系数绝对值与显著性有较大的差异。东部地区的影响系数为 0.068,大于中部地区,且在 1% 的统计水平上显著,说明新质生产力对东部地区农业“减污降碳”协同增效的作用效果更强。这种差异的可能原因是,我国东部地区发展较好,新质生产力在东部地区发展时间较早、水平也较高,使得新质生产力的促进作用能够得到更好释放。

将样本分为粮食主产区、主销区、产销平衡区进行分析。结果如表 7 显示,新质生产力在粮食主产区和粮食主销区的影响系数分别为 0.039、0.062,且在 1%、10% 的统计水平上显著,在粮食产销平衡区的影响系数不显著。原因可能是粮食主产区是中国主要的粮食产地,是解决民生问题、保障国家粮食安全、守住 18 亿亩耕地红线的重要区域,成为国家关注的重点,农业新质生产力的重点发展区域也以粮食主产区为主,因此新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的促进作用在粮食主产区更为显著。

表 7 异质性检验结果

	地理区位			农业功能		
	东部地区	中部地区	西部地区	粮食主产区	粮食主销区	粮食产销平衡区
<i>NPL</i>	0.068*** (0.024)	0.030** (0.015)	0.029 (0.020)	0.039*** (0.015)	0.062* (0.033)	0.016 (0.021)
<i>Constant</i>	-1.544*** (-0.331)	-0.423*** (-0.126)	-0.280*** (-0.043)	-0.966*** (-0.333)	-0.976** (-0.414)	-0.405* (-0.209)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是	是
$R^2$	0.872	0.935	0.865	0.898	0.889	0.864
观测值	248	193	210	273	147	231

## (二)空间溢出效应分析

已有研究指出农业“减污降碳”协同增效具有地域差异性与空间协同性<sup>[1]</sup>。为此,借鉴已有学者研究<sup>[31]</sup>,通过构建空间计量模型检验新质生产力对农业“减污降碳”协同增效的空间溢出效应,具体模型设定如下:

$$Y_{it} = \alpha W_{it} \times Y_{it} + \epsilon NPL_{it} + \lambda W_{it} \times NPL_{it} + \gamma Control_{it} + \varphi W_{it} \times Control_{it} + u_i + v_t + \theta_{it} \quad (7)$$

$$\theta_{it} = \delta W_{it} \theta_{it} + \xi_{it} \quad (8)$$

(7)式中 $\alpha$ 为空间自回归系数, $\epsilon$ 为解释变量估计系数, $\lambda$ 为解释变量的空间交互项估计系数, $\gamma$ 为控制变量估计系数, $\varphi$ 为控制变量的空间交互项估计系数, $W_{it}$ 为空间权重矩阵。(8)式中 $\delta$ 为空间误差自相关系数。若 $\delta=0$ ,则为空间杜宾模型(SDM);若 $\delta=0$ 且 $\lambda=0$ ,则为空间滞后模型(SLM);若 $\alpha=0$ 且 $\lambda=0$ ,则为空间误差模型(SEM)。

本文通过各模型检验选取最优空间计量模型。结果如表8显示,地理距离空间权重矩阵和经济距离空间权重矩阵下各检验均通过了显著性检验考察,最终选取双向固定的SDM模型。表8报告了在地理距离空间权重矩阵和经济距离空间权重矩阵下新质生产力对农业“减污降碳”协同增效影响的空间溢出效应及分解结果。观察结果可知,无论是地理距离空间权重矩阵还是经济距离空间权重矩阵,直接效应、间接效应和总效应均显著为正。此结果验证了假说H3,表明在考虑空间溢出效应后新质生产力仍可显著促进农业“减污降碳”协同增效。

表8 空间杜宾模型溢出效应分解结果

变量	地理距离空间权重矩阵	经济距离空间权重矩阵
$W \times NPL$	0.059*** (0.020)	0.045*** (0.012)
直接效应	0.025** (0.012)	0.091*** (0.023)
间接效应	0.745*** (0.225)	0.308*** (0.054)
总效应	0.770*** (0.235)	0.399*** (0.073)
控制变量	是	是
时间固定	是	是
地区固定	是	是
观测值	651	651
LM 检验	LM spatial error:667.986*** Robust LM spatial error:4.332*** LM spatial lag:920.077*** Robust LM spatial lag:256.423***	LM spatial error:165.249*** Robust LM spatial error:24.753*** LM spatial lag:306.665*** Robust LM spatial lag:166.169***
Hausman 检验	62.76***	1 431.35***
LR 检验	LR both ind:107.41*** LR both time:482.52***	LR both ind:861.13*** LR both time:476.76***
Wald 检验	Wald spatial error:43.98*** Wald spatial lag:65.42***	Wald spatial error:465.53*** Wald spatial lag:252.24***

## 六、研究结论与政策建议

### (一)研究结论

本文在理论分析新质生产力赋能农业“减污降碳”协同增效内在机理的基础上,利用2003—2022年中国31个省份面板数据,实证分析新质生产力发展对农业“减污降碳”协同增效的影响,研究结论如下:第一,新质生产力对农业“减污降碳”协同增效具有显著促进作用,这一结果在进行一系列稳健性检验

后仍然成立。第二,机制分析中新质生产力可通过技术创新、人力资本、产业升级有效促进农业“减污降碳”协同增效。第三,异质性分析中新质生产力对东部地区、粮食主产区农业“减污降碳”协同增效的赋能效果更为显著。第四,考虑空间溢出效应后发现,无论是在地理距离空间权重矩阵下还是在经济距离空间权重矩阵下,新质生产力仍显著促进农业“减污降碳”协同增效。

## (二) 政策建议

第一,充分发挥新质生产力“助推器”作用。积极借助物联网、互联网、云计算、大数据等现代信息技术改造传统农业,拓展农业新质生产资料与农业新质生产对象的边界与内涵,大力发展节能降耗型新质生产要素,促进农业生产领域的颠覆性变革。加强农业数字化基础设施建设,构建包含农业生产经营管理、农产品质量监管在内的农业智能化信息平台,不断依托数字手段创新农业发展新模式,实现农产品生产的智能化、精准化和绿色化。

第二,强化技术创新引领。着眼农业科技前沿和国家发展需要,重点关注智能农业机械装备、生态环境保护等领域,构建创新研发体系,强化交叉融合技术研究。充分利用科技领军企业在生物育种、智能装备、绿色防控等领域的引领功能,引导龙头企业建设特色农产品加工基地和示范园区,提升科技引领农业减污降碳的潜力。建立政府、企业、社会共同参与的农业技术推广服务体系,和现代农业有机衔接,加速低碳科技成果转化。

第三,齐力并举培育与提升农村人力资本。完善新型农业人才培养机制,深化产教融合和校企合作,全方位培养拥有知农爱农情感、兼具跨学科素养和顺应现代农业发展趋势的新型人才。加大农村教育投入力度,提升农村硬件设施和教学水平,确保农村居民接受良好教育,加强对精准农业技术应用等方面知识和技能培训,提高农民绿色认知。鼓励农业企业、农民合作社、家庭农场等新型农业经营主体相互合作,形成紧密利益联结机制。

第四,加大产业结构调整步伐。推动新质生产力与传统产业融合,大力培育新兴产业,推进生态的产业化进程及产业的生态化转型。激励各地开发农业多种功能,探索乡村多种价值,重点推进农产品加工、乡村休闲旅游、农村电商等产业发展,建立以资源价值最大化、产品市场化运作为导向的绿色产业架构。实施“数商兴农”工程,推进电子商务进乡村。

第五,因地制宜有序推进各区域实现农业“减污降碳”协同增效。对于资源禀赋丰富但技术发展滞后地区,增强技术扶持与政策倾斜以促进生态要素流入,激发农业绿色生产行为和消费行为产生。对于市场需求强劲但资源匮乏地区,要倡导发展节约资源产业,提高资源利用效率。充分考虑区域间的互动性,通过建立农业新质生产力示范区、农业技术交流与合作平台以及推广环保成功案例等提高农业新质生产力的渗透率,合力推动生态文明建设。

## 参考文献:

- [1] 胡毅航,张俊飏. 空间视角下农业减污降碳协同增效:发展特征、现实问题与路径选择[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2025(5):65-78.
- [2] 习近平在黑龙江考察时强调 牢牢把握在国家发展大局中的战略定位 奋力开创黑龙江高质量发展新局面[N]. 人民日报,2023-09-09(1).
- [3] 中共中央国务院关于进一步深化农村改革 扎实推进乡村全面振兴的意见[N]. 人民日报,2025-02-24(1).
- [4] 中国政府网. 中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议公报[EB/OL]. (2025-10-23)[2025-11-18]. [https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202510/content\\_7045444.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202510/content_7045444.htm).
- [5] 黄承梁,方世南. 习近平生态文明思想推动新质生产力发展的理论贡献和全球意义[J]. 经济学动态,2025(10):5-17.
- [6] 周文,许凌云. 论新质生产力:内涵特征与重要着力点[J]. 改革,2023(10):1-13.
- [7] 黄季焜. 农业新质生产力:内涵与外延、潜力与挑战和发展思路[J]. 中国农村观察,2024(5):19-34.
- [8] 韩文龙,张瑞生,赵峰. 新质生产力水平测算与中国经济增长新动能[J]. 数量经济技术经济研究,2024(6):5-25.

- [9] 徐蕊婷,代宇杰,刘震. 中国省域新质生产力:统计测度、动态演进与关联网络[J]. 统计研究,2025(10):3-18.
- [10] 韩建雨,胡登月,李平星,等. 中国新质生产力水平时空格局及其影响因素[J]. 经济地理,2025(7):1-12.
- [11] 郭海红,韩文燕. 农业新质生产力何以促进农业绿色全要素生产率跃迁[J]. 西南大学学报(社会科学版),2024(6):182-196.
- [12] 李严,杨玉文. 新质生产力赋能下绿色金融支持边疆地区生态产品价值实现路径研究[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版),2024(3):101-109.
- [13] 张德钢,唐瑜梳. 粮食主产区政策对农业减污降碳协同的影响[J]. 资源科学,2025(6):1358-1373.
- [14] 唐小兵. 从“合作社”到“联合体”:数字赋能与小农共富[J]. 求索,2025(1):141-150.
- [15] 毛世平,张琛. 以发展农业新质生产力推进农业强国建设[J]. 农业经济问题,2024(4):36-46.
- [16] 陆杉,李雯. 技术创新对能源利用效率影响的空间效应与机制——基于中国278个地级以上城市的面板数据[J]. 中南大学学报(社会科学版),2024(2):101-113.
- [17] 肖剑,罗必良. 小农的绿色发展转型:人力资本维度的考察——来自农民工回流农户的证据[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2023(5):20-30.
- [18] 郑军,仲嘉维. 中国农村三产融合与农业绿色转型系统适配性评价及影响因素[J]. 自然资源学报,2025(10):2701-2717.
- [19] 孟望生,李丁,张扬. 黄河流域高铁运营强度对包容性绿色发展的影响——基于7大城市群中心—外围的分析视角[J]. 中国人口·资源与环境,2025(2):185-194.
- [20] 钱力,金雨婷,马草原. 数字新质生产力与农民增收:理论分析与经验证据[J]. 西南大学学报(社会科学版),2024(5):15-30.
- [21] 黄群慧,余泳泽,张松林. 互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济,2019(8):5-23.
- [22] 邵帅,张可,豆建民. 经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J]. 管理世界,2019(1):36-60.
- [23] 伍国勇,刘金丹,杨丽莎. 中国农业碳排放强度动态演进及碳补偿潜力[J]. 中国人口·资源与环境,2021(10):69-78.
- [24] 马九杰,杨晨,崔恒瑜,等. 农业保险的环境效应及影响机制——从中国化肥面源污染视角的考察[J]. 保险研究,2021(9):46-61.
- [25] 杨刚强,王海森,范恒山,等. 数字经济的碳减排效应:理论分析与经验证据[J]. 中国工业经济,2023(5):80-98.
- [26] 程莉,王伟婷,章燕玲. 数字经济何以推动乡村生态振兴——基于中国省级面板数据的经验证据[J]. 中国环境管理,2023(6):105-114.
- [27] 詹新宇,刘文彬. 中国式财政分权与地方经济增长目标管理——来自省、市政府工作报告的经验证据[J]. 管理世界,2020(3):23-38,75.
- [28] 袁航,朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J]. 中国工业经济,2018(8):60-77.
- [29] 卓乐. 农业基础设施对粮食增产的作用机理及效应分析[J]. 求索,2021(4):125-132.
- [30] 陈芳,杨梅君. 农产品国际贸易对中国农业绿色全要素生产率的影响[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2021(5):94-104.
- [31] 王阳,郭俊华. 创新集聚对工业绿色转型的影响[J]. 商业研究,2024(2):1-12.

责任编辑 任剑乔 柳为易

网 址: <http://xbbjb.swu.edu.cn>