

数字经济赋能农业碳减排研究

张珂 任鹏

西安邮电大学，陕西省西安市，710121；

摘要：在新发展理念引领下，数字经济、绿色转型、技术创新成为推动经济转型的新引擎。本文基于2011年至2020年间中国31个省份的面板数据，实证分析了数字经济对农业碳排放产生的影响。研究结果显示，数字经济的发展有助于大幅度减少农业碳排放量，并且这一发现经过多重稳健性验证后依然保持有效。因此，故而，在我国经济向绿色转型的关键时期，应当充分挖掘数字经济的发展潜能，改善农业绿色技术创新的生态环境，实施差异化的数字基础设施布局策略，以期加快推动农业的低碳化转变进程。

关键词：数字经济；农业；碳排放；减排效应；低碳发展

DOI：10.69979/3029-2700.24.11.010

1 引言

农稳社稷，粮安天下，在过去的二十多年里，特别是迈入新世纪以来，中国的粮食生产维持了总体上的稳定态势。2012年，我国粮食总产量历史性地突破了1.2万亿斤大关，并且自2015年起，连续八年稳居1.3万亿斤以上，直至2022年，产量更是攀升至13731亿斤，迎来了连续第十九个丰收年。自改革开放以来，我国农业农村经济的蓬勃发展取得了举世瞩目的成就，但这一过程中也伴随着不小的付出与挑战。农业面源污染日趋严重，化肥、农药等投入品过量施用、畜禽养殖粪污处置不当、农用地膜和农药包装物回收不足等问题突出（罗海平等，2023）。中国作为世界第一农业大国，农业碳排总量高于欧美。2022年农林业等土地利用部门温室气体排放约占净人为温室气体排放的25%。有学者预测：2050年农业产业或将成为最大的CO₂排放源之一（贺青等，2023）。面对资源条件与生态环境的双重“紧箍咒”，在“双碳”目标下着力降低农业碳排放，积极推进农业农村绿色低碳转型，协同减污、扩绿、增长，迫在眉睫。

随着“数字化中国”构建与“碳达峰、碳中和”战略的迅速部署，数字经济与绿色可持续发展已成为我国经济社会前进道路上的两大核心导向，促进二者的紧密融合成为了驱动农业迈向绿色发展模式的关键举措。借助不断演进的网络信息技术与科技创新，数字经济能够整合前沿科技力量，将数字技术融入农业绿色发展战略之中，深化数据资源与传统生产要素的交融，从而加速农业的绿色变革步伐。故而，清晰界定数字经济与碳足

迹之间的联系，不仅拓宽了数字经济研究的视野，也为达成“双碳”目标提供了策略性的思考依据。

目前关于数字经济赋能低碳发展的研究还存在不足之处，主要探讨数字经济与绿色发展之间的关系，较少关注数字经济减碳效应在农业领域的影响。因此，在“双碳”目标约束的现实背景下，针对数字经济赋能农业低碳减排效应的研究亟待补充，需要利用数据进一步开展实证分析。

2 理论分析及研究假设

农业温室气体排放前四大源为畜牧业及其肥料使用，农业用地，作物燃烧，毁林。一方面，数字经济可以通过减少农业碳排放来推动农业绿色发展，从农业前端的种植养殖造成的土地退化和水资源污染，中端的加工仓储引起的温室气体、能源消耗，再到后端的消费者食品、包装浪费。数字经济可以借助生产、产业、产品和消费绿色化来实现农业碳减排（王山等，2023）。另一方面，数字经济可以改造农业产业生产、经营和服务体系，引领现代农业产业新业态新模式发展，在减少农业碳排放的同时有效提高农业绿色全要素生产率，是实现农业碳达峰、碳中和战略目标的重要路径（田红宇，2022）。此外，数字经济还可以通过加快数字农技推广服务来降低农户绿色生产搜寻成本、谈判成本和获取成本，正向强化生态补偿对农户绿色生产的促进作用，以农业大数据应用为依托，重构农业生产要素配置效率，推进农业资源整合利用，推动管理智能化、经营高效化、流通智慧化来进行加强土壤和植物的碳汇作用（王

群勇, 2023)。基于此, 本文提出如下研究假设: 数字经济发展水平的提升能够显著降低农业碳排放。

3 模型设定与数据说明

3.1 模型构建

为了检验数字经济发展对农业碳排放的影响, 构建基准回归模型如下:

$$Y_{it} = C + \alpha X_{it} + \theta_i Z_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中, Y 表示各地区碳排放水平, X 表示数字经济发展水平, Z 表示相关控制变量, ε_{it} 表示随机扰动项。 i 、 t 分别表示 i 省份第 t 年的变量值。

3.2 变量说明

3.2.1 被解释变量

本文的被解释变量为农业碳排放水平 (Y_{it})。利用以下公式对 6 类碳源的碳排放量进行测算, 其总和即为农业碳排放总量 (Y)。

$$Y = \sum Y_C = \sum T_C \times \delta_C$$

其中, Y_C 表示第 i 类碳源的碳排放量, T_C 、 δ_C 分别指代各类碳源的实际数量及其所对应的碳排放系数。根据既有统计数据, 实际测算中 6 类碳源及对应的碳排放系数如表 1 所示。

表 1 碳源种类及碳系数

碳源	碳系数	参考依据
化肥	0.8956kg/kg	美国橡树岭国家
农药	4.9341kg/kg	美国橡树岭国家
农膜	5.1800kg/kg	南京农业大学农业资源与 生态环境研究所
柴油	0.5927kg/kg	联合国气候变化政府间专 家委员会
翻耕	312.600kg/hm ²	中国农业大学生物与技术 学院
灌溉	20.4760kg/hm ²	李波 ^[24]

3.2.2 核心解释变量

本文的核心解释变量为数字经济发展水平 (X)。考虑各指标的数据可获得性, 选取以下五个一级指标、十个二级指标来构建中国省份数字经济评价指标体系, 如表 2 所示。

表 2 中国省份数字经济评价指标体系

主指标	一级指标	二级指标	三级指标
数字经济发展水平	数字基础	宽带互联网基础	每万人国际互联网用户数量(户)
	设施	移动互联网基础	每万人移动电话用户数量(户)
数字创新能力	电商产业发展	城市电子商务园区数量(个)	
	信息产业基础	信息传输和软件业从	

业人员数(万人)		
电信产业产出	电信业务总量(万元)	
数字创新要素支撑	科学技术支出(万元)	
数字创新产出水平	每万人数字经济相关专利数(个)	
覆盖广度	数字普惠金融覆盖广度指数	
数字普惠金融	使用深度	数字普惠金融使用深度指数
	数字化程度	数字普惠金融数字化程度指数

3.2.3 控制变量

能源消费结构 (E): 以可再生能源消费量占能源消费总量的比值表示。能源消费结构可以一定程度上反映碳排放水平, 利用更清洁的能源系统降低农业生产过程中的碳排放。

农户收入 (L): 衡量标准是农村人口人均可支配收入的对数。农户收入会通过农业投入进而影响农业碳排放强度。农户会将增加的收入扩大农业种植规模以提高农作物产量, 然而小农户劳动力成本并不显著, 对化肥和农药的使用也缺乏适当的认识, 这些因素导致农业正朝着高投入、高排放的方向发展, 反过来使农业碳排放进一步提高。

工业化水平 (I): 本文采用工业增加值占国内生产总值比重表示。工业化水平的提高可以影响农业清洁能源消耗、节能减排技术应用乃至农业低碳转型, 通过生产要素配置提高了农业生产资料的投入使用量, 从而增加农业碳排放。

3.2.4 数据来源

本文实证分析中采用的样本数据为 2011-2020 年中国 31 个省份的面板数据。上述各类统计数据主要源自北京大学数字金融研究中心的发布、《中华人民共和国统计年鉴》、《中国乡村统计概览》, 以及国家统计局官方网站与各地统计局的网络平台等渠道。

4 实证分析

4.1 基准回归结果

本文选定的基准回归模型是省份时点双向固定效应模型, 用于探究数字经济对农业碳排放产生的效应。基准回归结果如下表 3 所示。

表 3 基准回归及稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
X	-1.998** (-2.26)	-1.135*** (-2.58)	-1.159** (-2.31)
E		-0.115	-0.078

		(-0.99)	(-0.76)
L		2.250** (1.91)	2.485** (2.05)
I		0.363 (1.41)	0.392 (1.64)
常数项	22.054*** (178.57)	21.248*** (20.68)	21.849*** (19.20)
省份效应	控制	控制	控制
时点效应	控制	控制	控制
R2	0.417	0.608	0.619

在未考虑控制变量时,模型(1)的估算结果显示,数字经济的发展对农业碳排放有显著减少的作用。在引入控制变量的条件下,模型(2)的结果显示,数字经济成长与农业碳排放量之间保持着统计学上显著的负相关性,这表示数字经济的推进能够作为一种有效手段,减少农业领域的碳排放量。根据基准回归模型(2)的统计结果,数字经济发展每提升1个百分点,会导致农业碳排放水平降低1.135个百分点,表明数字经济发展对农业碳排放强度具有抑制作用,充分印证了数字经济的碳减排效应,假设成立。

4.2 稳健性检验

为了处理模型可能存在的内生性问题,本文采用数字经济的一阶滞后项作为工具变量,并运用两阶段最小二乘法进行回归分析。这一选择基于以下理由:数字经济的一阶滞后项与当期的数字经济紧密相连,而与误差项无关,满足了作为工具变量的相关性条件;同时,它并不直接影响被解释变量,符合工具变量外生性的要求。表3中的模型(3)回归结果显示数字经济发展对农业碳排放强度的估计系数依然显著为负,这进一步证实了基准回归结果的稳健性。

5 结论与政策建议

本文深入探讨了数字技术在推动农业绿色发展中的低碳减排作用机制,并基于中国2011年至2020年间31个省份的面板数据,对理论上的假设进行了实证验证。研究的核心发现如下:随着数字经济发展水平的增强,农业碳排放量显著降低,且这一结论在经历多种稳健性检验后仍保持稳定,表明数字技术赋能对加速农业绿色低碳转型具有显著的减排效果。

因此针对“双碳”目标,建议加大对农村地区的数字基础设施建设投入,提高农村地区的互联网普及率和网络质量,为数字技术在农业领域的应用提供基础保障。同时,鼓励和支持农业企业、科研机构等加大对数字技

术的研发和应用力度,推动数字技术在农业生产、加工、销售等各个环节的应用,提高农业生产效率和质量。通过对农业数据资源的深度开发和利用,可以实现农业生产的精细化管理和农业产业结构的优化升级,为农业绿色低碳高质量发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 罗海平,黄彦平,张显未.新时期中国粮食安全主要挑战及应对策略[J].新疆社会科学,2023(04):31-43+154-155. DOI: 10.20003/j.cnki.xjshkx.2023.04.004.
- [2] 贺青,张俊飚.粮食主产区政策对农业碳排放的影响[J].华中农业大学学报(社会科学版),2023(04):47-55. DOI: 10.13300/j.cnki.hnwxb.2023.04.006.
- [3] 赵涛,张智,梁上坤.数字技术助推我国能源行业碳中和目标实现的路径探析[J].管理世界,2020,36(10):65-76.
- [4] 宋洋.数字经济、技术创新与经济高质量发展[J].贵州社会科学2020(12):105-112.
- [5] TAPSCOTT D. The digital economy: promise and peril in the age of networked intelligence[M]. New York: McGraw-Hill 1996.
- [6] 张勋,万广华,张佳佳等.数字经济、普惠金融与包容性增长[J].经济研究,2019,54(08):71-86.
- [7] 戴翔,杨双至.数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J].中国工业经济,2022(09):83-101. DOI: 10.19581/j.cnki.ciejournal.2022.09.004.
- [8] 万永坤,王晨晨.数字经济赋能高质量发展的实证检验[J].统计与决策,2022,38(04):21-26. DOI: 10.13546/j.cnki.tjyjc.2022.04.004.
- [9] 温涛,陈一明.数字经济与农业农村经济融合发展:实践模式、现实障碍与突破路径[J].农业经济问题,2020(07):118-129. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2020.07.011.
- [10] 唐红涛,李胜楠.数字经济赋能农村经济高质量发展的机制研究[J].科技智囊,2020(09):13-18. DOI: 10.19881/j.cnki.1006-3676.2020.09.02.

作者简介:张珂(1999—),女,汉族,河南省安阳市,硕士研究生,西安邮电大学,数字经济;
任鹏(1999—),男,汉族,河南省三门峡市,硕士研究生,西安邮电大学,金融学。