

产业集群对粮食全要素生产率的影响研究^{*}

阮建青 张雨薇

(浙江大学中国农村发展研究院 杭州 310058)

摘要:提高粮食全要素生产率是实现农业高质量发展、保障国家粮食安全与促进乡村全面振兴的关键路径。本文基于2004—2022年县级数据,采用双向固定效应法分析粮食产业链产前、产中、产后三大环节的产业集群对粮食全要素生产率(TFP)的影响。研究发现,第一,产中和产后环节的集群发展能显著提升粮食TFP,且产后集群的促进作用更为突出;而产前集群的影响效应相对有限。第二,机制检验表明,三大环节产业集群的影响差异源于对TFP分解要素的作用分化,产前集群仅显著影响技术进步与规模效率,产中集群促进技术进步、技术效率及规模效率提升,产后集群则在技术进步、技术效率、规模效率与配置效率四个维度均呈现显著正向影响。第三,空间溢出效应显示,粮食产业集群主要提升本地TFP,对周边地区生产效率影响不显著。第四,异质性分析表明,这一促进作用在土地规模化水平和服务规模化水平较高的地区更为显著。从动态演进视角来看,乡村振兴战略的实施进一步强化了产后集群的TFP提升效应。本文为优化粮食产业空间布局、完善现代农业产业体系提供了新的经验证据,对推进粮食高质量发展具有重要政策启示。

关键词:粮食产业集群;粮食全要素生产率;四维分解;差异化路径

DOI:10.13246/j.cnki.jae.2026.01.003

一、引言

粮食事关国运民生,粮食安全是国家安全与社会稳定的基础,也是经济发展的重要前提。改革开放以来,中国粮食产量持续增长,从1978年的3.05亿吨提升至2024年的7.07亿吨,年均增长率达1.86%,为国家粮食安全提供了坚实保障^①。中国粮食综合生产能力不断提高,主要源于生产要素驱动和全要素生产率(TFP)提升(黄季焜等,2012)。过去传统影响粮食全要素生产率的因素主要包括农村制度改革、农业技术进步、农业基础设施建设、农业投入品的使用等(Lin,1992;Huang等,1996;朱晶等,2017;卓乐等,2018;张恒等,2021)。但在当前背景下,部分因素影响已经被削弱,部分因素受制于其他体制机制的约束而难以发挥持续的增效作用。因此,为保障中国粮食安全,必须推动粮食生产范式的转变,以寻求新的提升粮食生产效率的动力。

在工业领域,大量研究表明,产业集群通过促进知识溢出与协同创新,能够显著提升区域内企业的生产效率,并成为区域经济增长的重要驱动力(Marshall,1920;Porter,1990;Lu等,2019;Moretti,2021;陈露等,2024)。类似地,农业领域的产业集群同样具有多重经济效应。其一,地理集聚形成的

^{*} 项目来源:国家社科基金重大项目“中国粮食产业集群发展的理论建构与政策体系研究”(编号:22&ZD080)。张雨薇为本文通讯作者

^① 国家统计局. 国家统计局关于2024年粮食产量数据的公告, https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202412/t20241213_1957744.html

网络关系可加速农业技术扩散,缓解农户技术约束(杨子等,2019;章丹等,2022);其二,产业集群能够降低市场进入壁垒,促进农村剩余劳动力吸纳(Ruan等,2009;阮建青等,2011);其三,产业集群能够通过减少交易成本推动土地要素市场化(杨子等,2019;付阳奇等,2023)。联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations,FAO)报告也提出,农业产业集群通过价值链上下游主体的垂直协作与横向联动,能够实现农产品附加值提升、产业链延伸及经济效益优化(Galvez-Nogales,2023)。因此,一个亟待验证的问题是:粮食产业集群是否提升了全要素生产率?

近年来,在国家粮食安全战略与农业现代化转型的双重驱动下,中国粮食产业集群呈现规模化、集约化发展态势。2003年,农业农村部首次提出实施优势农产品区域布局规划,明确在13个粮食主产区打造具有国际竞争力的产业带^①。2017年以来,农业农村部等部门通过认定国家现代农业产业园、建设农业产业强镇等举措,推动农业产业集群快速发展^②。“十四五”时期,农业农村部《全国乡村产业发展规划(2020—2025年)》明确提出培育超百亿、千亿级优势特色产业集群的目标^③。目前,中国已形成东北玉米和水稻、黄淮海小麦、长江中下游稻米等“七区二十三带”的农业战略格局。粮食产业集群实现了从传统粮食产区到加工集聚区再到现代产业集群的三个阶段转型,但仍面临技术创新不足、加工转化率低等挑战。

现有文献直接探讨粮食产业集群与全要素生产率关系的成果较为有限,但相关农业领域研究可提供重要启示。有研究指出农业产业集聚能够通过正向直接效应和空间溢出效应促进农业全要素生产率的增长(韩海彬等,2023);产业融合则通过优化资源配置与规模经营实现效率提升(付阳奇等,2023)。然而,亦有研究指出,集聚效应可能存在非线性特征,高维龙(2021)提出“倒U型”关系假说,银西阳等(2022)则发现环境压力与虹吸效应可能导致本地及邻域绿色全要素生产率下降。值得注意的是,现有研究多聚焦于生产服务环节(张丽等,2021;顾晟景等,2022),而对种业、农资供应等产前环节与加工、物流等产后环节的全要素生产率影响机制研究仍显不足。在作用渠道方面,既有文献侧重技术进步维度(杨子等,2019;张恒等,2021),但近年研究表明,要素配置效率的作用日益凸显(盖庆恩等,2023)。由此引申出三个关键问题:粮食产业集群与全要素生产率是否存在显著关联?不同产业链环节的集群效应是否存在异质性?其具体作用渠道如何?

针对上述问题,本文基于2004—2022年县级面板数据,运用双向固定效应模型展开实证检验。本文的边际贡献如下:第一,理论层面,将产业集群理论系统引入粮食生产效率研究,构建了粮食产业集群影响全要素生产率的理论框架;第二,实证层面,突破既有研究对产业集群的整体性分析,依据产业链逻辑将粮食产业集群划分为产前、产中、产后三类,实证识别出不同环节集群对全要素生产率的差异化影响,为理解粮食产业集群内部的作用机制提供了新的经验证据;第三,政策层面,将全要素生产率进行四维分解,突破了既有研究多聚焦单一技术路径的局限,为制定差异化的粮食产业政策提供了理论依据。

① 农业部关于印发《优势农产品区域布局规划(2003—2007年)》的通知, https://jhs.moa.gov.cn/ghgl/201006/t20100606_1533116.htm

② 农业农村部 财政部关于认定首批国家现代农业产业园的通知, https://www.moa.gov.cn/nybgb/2019/201901/201905/t20190503_6288217.htm; 农业农村部办公厅 财政部办公厅 关于做好2019年农业产业强镇示范建设工作的通知, https://www.moa.gov.cn/govpublic/CWS/201903/t20190322_6177104.htm

③ 农业农村部关于印发《全国乡村产业发展规划(2020—2025年)》的通知, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-07/17/content_5527720.htm

二、理论分析与研究假说

(一) 概念界定

1. 粮食产业集群的界定。国内外知名学者对工业产业集群给出了定义,即产业集群是某一特定的产业及其相关领域中,大量联系密切的企业以及相关支撑机构在空间上集聚,并形成强劲、持续竞争优势的现象(Marshall, 1920; Porter, 1990; 王缉慈, 2001)。在综合工业产业集群定义的基础上,本文深入分析粮食产业的内在特征,将粮食产业集群定义为:粮食产业集群是指与粮食产业密切相关的主体、要素等,在一定空间范围内的有序集聚与融合发展的产业形态与系统。

粮食产业集群中的产业不仅仅指粮食种植业,实际上包含了粮食生产全产业链。已有研究指出,粮食产业链主要由粮食生产、收储、加工、销售等环节构成,并认为粮食产业链上游企业的主营业务为向粮食种植提供生产要素,中游企业主营业务包括原粮生产、收购、仓储等,下游企业则主要从事粮食产品的深加工及销售等经营活动(卢士军等, 2019; 朱湖英等, 2025)。寇光涛等(2016)的研究则强调,粮食产业链也要关注链条长度和宽度的同时变化,不仅包括多条产品链,还要涵盖依托多环节形成的服务链。因此,本文将粮食产业集群依据企业所属产业链的环节划分为产前、产中和产后三类集群。表1展示了粮食产业各环节企业主要经营范围*。

表1 粮食产业各环节企业主要经营范围

企业类型	主要经营范围	环节
种子销售企业	种子研究、开发,良种繁育,农作物种子经营销售	产前
农机制造企业	农业机械制造、农业机械配件制造,农机销售	
化肥农药企业	有机化肥研发、加工、销售,农药等农资销售	
农机服务企业	农业机械租赁,农作物收割服务,灌溉服务,农作物秸秆处理及加工利用服务	产中
粮食种植企业	水稻(谷物)、玉米、小麦、豆类的种植	
粮食粗加工企业	粮油加工及豆制品制造,具体包括谷物磨制、淀粉及淀粉制品制造、豆制品制造、食用油加工、饲料加工等	产后
粮食精加工企业	焙烤食品制造、方便食品制造、食品添加剂及调味品制造等	
粮食收储销售企业	原粮销售和成品粮销售	

2. 粮食全要素生产率及其分解要素的界定。本文所指的粮食作物主要包括稻谷、小麦、玉米三种主要粮食作物。粮食 TFP 是指粮食种植业经济增长中剔除投入要素(土地、资本、劳动等)的贡献之外的、其余要素(技术改进、要素配置效率优化等)对经济增长的贡献部分。通过剥离要素投入的贡献,粮食 TFP 能够更准确地揭示粮食产业高质量发展的内生动力,为政策制定提供理论依据。全要素生产率可以分解为技术进步、技术效率、规模效率和配置效率(Kumbhakar 等, 2000; Raa, 2005; Key 等, 2008)。技术进步是指在给定要素投入条件下,由于知识积累、创新或生产方法改进而导致的产出增加;技术效率衡量的是在既定技术水平下,生产单元实际产出与最大可能产出的接近程度;规模效率反映的是生产单元是否在最优生产规模上运营;配置效率则强调了在给定要素价格下,生产单

* 本文在实际测算产后集群水平时,未将粮食收储销售企业纳入计算范围,主要基于以下两方面考量:其一,在产后环节,粮食收储销售企业与粮食加工企业对全要素生产率的作用机制存在显著差异;其二,实践表明,粮食加工企业通过订单农业等多元化合作模式,已在一定程度上承担了农户粮食销售的渠道功能。这一处理方式更符合粮食产业发展的现实情境

元选择最优要素投入组合的能力。

(二) 理论分析与假说

1. 粮食产业集群对全要素生产率的直接影响。产业集群作为推动区域经济发展的重要组织形式,近年来受到多学科领域的广泛关注。以 Krugman(1991)为代表的新经济地理学派通过构建“中心—外围”模型,揭示了报酬递增、运输成本 and 市场需求之间的动态互动机制,从而解释了经济活动在空间集聚过程中的运行机制及内生作用。粮食生产因其特有的交易成本高、资源禀赋依赖性强、要素投入密集等产业特征,天然具有向优势区域集聚的内生动力。粮食产业集群将小规模分散生产主体与较大规模的关联企业有机聚合,具有产业空间集中和相互关联的特性。依据 Marshall(1920)在《经济学原理》中提出的产业集聚三大优势,粮食产业集群可通过中间品共享、劳动力池效应和技术外溢效应直接影响全要素生产率。第一,粮食产业集群作为一种高效的组织形态,推动了产业链各环节的专业化分工,催生了中间品供应商的规模化发展。这些供应商通过内部规模经济,以更低成本为集群主体提供高质量投入品,直接降低单位产出的可变成本,从而提升粮食生产效率。第二,粮食相关企业的空间集聚构建了区域性的专业化劳动力市场,有效缓解劳动力与企业需求之间的信息不对称。不同技能禀赋的劳动者得以通过精细化分工融入产业链相应环节,优化劳动力资源配置。这不仅提升了劳动边际产出,也增强了农户在生产决策中的科学性,进而改善全要素生产率。第三,集群各主体之间形成的强联结网络,显著促进了隐性知识的流动与传播。先进种植经验、管理方法与技术通过正式协作与非正式交流得以迅速扩散,降低了中小企业与农户获取前沿知识的门槛,使得知识的创造、传播与应用效率最大化,最终实现粮食生产可能性边界的外移。基于此,本文提出假说 H1:

H1: 粮食产业集群能够提高全要素生产率。

2. 粮食产业集群对全要素生产率的间接影响机制。(1)粮食产业集群对技术进步的影响。熊彼特创新产业集群理论和新熊彼特内生增长理论均强调,技术创新是推动经济结构调整与实现内生性增长的根本驱动机制,而粮食产业集群则是实现技术创新的关键路径。粮食产业集群通过地理邻近性,为各类主体构建了紧密互动的社会网络。通过劳动力要素流动和信息共享机制,有效促进了隐性知识与前沿技术的传播与扩散,从而加快粮食产业的技术进步与创新进程(陈绳栋等,2025)。此外,大量同类型经济主体的地理集聚,在资源要素稀缺性的约束下,形成高度竞争的市场环境。这种竞争压力促使粮食生产相关主体持续优化技术水平(高维龙,2021)。粮食生产技术的提升,使得相同投入组合下的产出水平最大化,直接推动生产可能性边界向外移动,构成全要素生产率增长的重要组成部分(章丹等,2022)。基于此,本文提出假说 H2:

H2: 粮食产业集群通过促进技术进步,进而提高全要素生产率。

(2)粮食产业集群对技术效率的影响。根据 Duranton 等(2004)的研究,经济主体的空间集聚可以通过匹配、分享和学习三种机制对经济增长产生影响,其中“匹配”效应被视为提升技术效率的重要机制。粮食产业集群吸引生产要素供给部门、生产服务机构,以及加工销售企业等主体在优势区内集聚,扩大了各类市场主体的搜寻范围与选择空间,从而推动良种、农机、化肥、农业技术、信息与人力资本等要素的有机整合,提高了要素配置的精准度与适配性(李霖等,2019)。匹配效率的提升直接缓解了因信息不对称和制度摩擦所导致的资源错配问题,并显著降低了产业链各环节之间的协调成本。对于农户而言,能够以更低的交易成本获取并充分应用现代生产技术,从而最大程度地释放既有技术在生产过程中的潜力,推动实际产出向既定技术条件下的生产前沿面靠拢(胡祎等,2018;孟祥海等,2019)。粮食产业集群通过提升要素匹配效率,降低了生产过程中的效率损失,促进技术效率的整体提升,并最终转化为全要素生产率增长的重要组成部分。基于此,本文提出假说 H3:

H3:粮食产业集群通过提高技术效率,进而提高全要素生产率。

(3)粮食产业集群对规模效率的影响。传统经济学理论普遍认为,农业部门因其生产过程的生物性、空间分散性及季节性等特征,面临着深化劳动分工的天然瓶颈,这一困境的理论根源可追溯至“斯密定理”与“科斯定理”的共同约束:分工程度取决于市场规模、外部交易费用与内部管理成本(斯密,1776;Coase,1960)。粮食产业集群作为一种新型的空间组织形态,可通过三个方面重构农业分工的可能性边界。第一,集群将大量分散的经济主体集聚于特定区域,从而将原本孤立的个体需求汇聚成结构稳定的“厚市场”,为分工深化提供了重要的经济前提。第二,各主体的地理邻近性与产业关联性显著降低了主体间的信息搜寻成本与契约执行成本,基于重复博弈与共同规范所形成的非正式治理机制能够有效抑制机会主义行为,进而解决了分工深化可能带来的交易费用膨胀问题。第三,集群带来的技术创新显著降低了粮食生产对自然季节的依赖性与各环节的不可分离性(罗必良,2017),使得农业领域难以进行的分工合作变得经济可行。杨小凯(1998)提出,农业分工的深化演进表现为中间产品种类增加,即在农业生产过程中更密集地投入现代化物质型中间产品和知识型中间要素。这些新型生产要素的规模化投入与组合优化,是实现规模报酬递增并驱动农业经济持续增长的关键(舒尔茨,1987)。基于此,本文提出假说 H4:

H4:粮食产业集群通过提高规模效率,进而提高全要素生产率。

(4)粮食产业集群对配置效率的影响。传统粮食种植业因其生产周期长、自然风险高、市场波动大等特征,呈现出典型的“弱质性”,根据舒尔茨的传统农业改造理论,突破这一困境的关键在于实现要素的优化配置。粮食产业集群作为现代农业组织的创新形态,主要通过“组织创新驱动”与“价值链赋能”两条路径实现生产要素的重新配置。首先,在组织创新层面,集群内龙头企业、合作社与农户通过长期契约、股份合作等正式制度与基于地缘、亲缘的非正式交流,构建起稳定的声誉机制与互信网络。这种以“企业+合作社+家庭农场”为代表的多元化产业化联合体,能够有效抑制交易中的机会主义行为,降低市场不确定性。稳定的合作预期增强了农户对产权流转的信心,显著提高了农地流转意愿,从而推动土地要素从生产效率较低的分散农户向更具经营效率的新型农业主体集中,实现了土地资源的优化配置(付阳奇等,2023;Liu等,2023)。其次,在价值链赋能层面,根据农业剩余劳动力转移理论,劳动力迁移决策根本上取决于预期收入差距。粮食产业集群通过横向专业化分工与纵向产业链整合,构成了一个利益共享的“价值共创网络”。该网络一方面通过提供生产技术指导、投入品统购和产品统销等服务,降低农户生产成本,并通过品牌化建设与质量追溯体系实现优质优价,有效抵御中间商的压价行为,保障农户在生产环节的基本收益;另一方面,通过将农户嵌入农产品精深加工、休闲农业、农村电商等二三产业环节,显著拓展其收入来源,使其能够分享产业链延伸带来的增值收益。这种实质性增收能力的提升,成为吸引并留住高素质劳动力的重要因素,从而优化了劳动力资源在产业间的配置。土地与劳动力两大核心要素配置效率的提升,实现了生产要素从低效率部门向高效率部门的持续流动,为全要素生产率增长提供持续动能(盖庆恩等,2017;Chari等,2021)。基于此,本文提出假说 H5:

H5:粮食产业集群通过提高配置效率,进而提高全要素生产率。

三、研究设计

(一) 指标测度

1. 粮食全要素生产率指标测度。学界已采用多种方法从不同角度对农业 TFP 进行测算。早期研究主要使用传统的生产函数对农业 TFP 进行估计,使用传统方法测度农业 TFP 存在两个主要缺陷,一是将 TFP 的增长全部由技术进步解释;二是假设技术进步外生,无法深入解释内在的增长机制

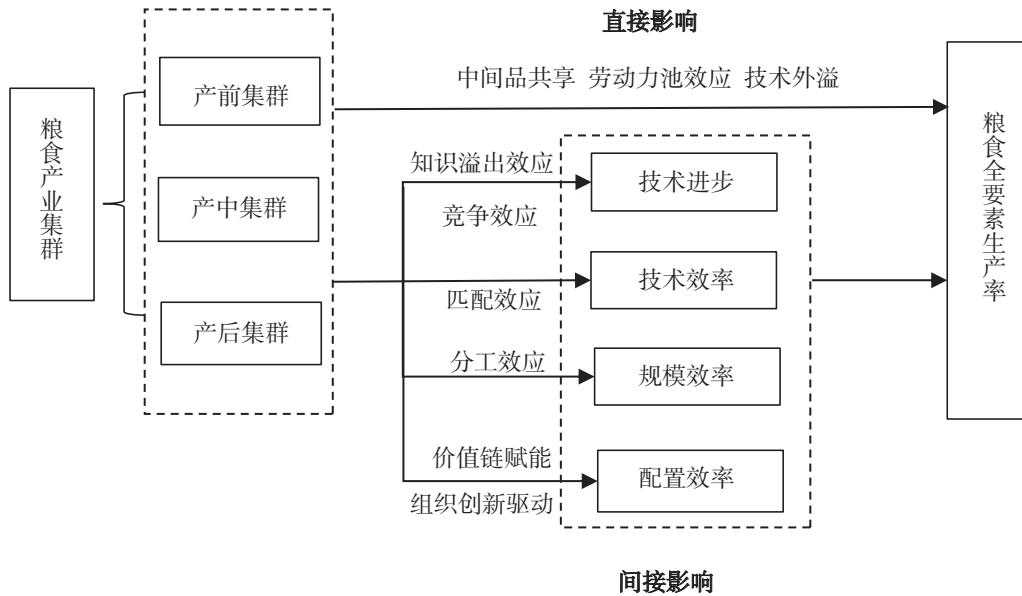


图 1 理论分析框架

(龚斌磊等,2024)。20 世纪 90 年代中期,随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis,SFA)和数据包络分析(Data Envelopment Analysis,DEA)逐渐成为学者研究农业 TFP 的主要方法。与传统测度方法相比,SFA 和 DEA 的共同优势在于能够将 TFP 进一步分解为技术变化和效率变化两部分。两种方法的区别在于,SFA 将误差项拆分为效率缺失项和随机扰动项(Aigner 等,1977),DEA 则采用非参数的方法估计农业 TFP。由于在农业生产过程中往往会面临不可预知的冲击和事件,因此 SFA 模型常被学者用来评估农业生产力的真实水平和发展状况(郑志浩等,2021)。基于此,本文选择随机前沿分析法来测算粮食全要素生产率。

本文首先以携带时变(Time-varying)技术无效率指数的随机前沿生产函数作为测度 TFP 的基本模型,设定形式如下:

$$y_{jt} = f(X_{jt}(t); \beta) \times \exp(v_{jt} - u_{jt}) \quad (1)$$

(1) 式为一般形式的随机前沿生产函数。其中, y_{jt} 为 j 县在 t 时期的产出; $f(\cdot)$ 为确定性前沿产出部分; $X_{jt}(t)$ 表示 j 县在 t 时期的要素投入; β 为待估参数; v_{jt} 是随机误差项,服从独立同分布; u_{jt} 为技术无效率项,因模型设定的不同服从的分布也存在差异。

进一步地,需要确定 $f(\cdot)$ 的具体形式。参照郑志浩等(2021)、龚斌磊(2022)等研究,本文选用超越对数生产函数(trans-log)作为生产函数的估计形式*。基于超越对数生产函数的随机前沿生产函数形式如下:

$$\ln y_{jt} = \alpha_0 + \sum_i \beta_i \ln X_{jit} + \beta_T T + \frac{1}{2} \sum_i \sum_k \beta_{ik} \ln X_{jit} \ln X_{kit} + \frac{1}{2} \beta_{TT} T^2 + \sum_i \beta_{iT} \ln X_{jit} T + v_{jt} - u_{jt} \quad (2)$$

其中, y_{jt} 表示各县粮食总产值,采用 2000 年的粮食作物生产者价格乘以各县粮食总产量,将粮食产量

* 超越对数生产函数放松了对要素替代弹性的限制,可以捕捉到生产过程中各要素复杂的交互作用与非线性关系。在实际应用中能够更好地拟合投入产出关系,目前已被广泛应用于宏观层面 TFP 的实证研究中

统一调整为 2000 年价格水平的价值量; X_i 表示投入要素,参照文献常用做法,选择土地、劳动力和资本性 3 个层面的要素。土地要素用各县粮食播种面积表示。劳动力要素用粮食生产劳动用工量表示。资本性要素,本文选择从化肥施用和机械使用两个角度代替资本性投入,分别用各县化肥施用量和粮食生产机械总动力表示*。时间趋势 T 表示中性的技术进步。根据模型的拟合情况,此处设定 u_{jt} 服从半正态分布。

在(2)式的基础上,参照郑志浩等(2021)对 TFP 近似公式的设定,得到各县粮食全要素生产率的近似表达式如下:

$$\ln(TFP_{jt}) \approx (\alpha_0 + \beta_1 T + 0.5 \beta_{11} T^2 + v_{jt}) + \sum_i \beta_{1i} \ln X_{ijt} - u_{jt} \quad (3)$$

2. 粮食产业集群指标测度。现有研究普遍采用赫芬达尔-赫希曼指数(HHI)、空间基尼系数(Gini)、区位熵指数(LQ)等方法衡量产业集聚程度,但均存在一定的局限性。具体来说,HHI 指数虽能有效反映市场集中度,但其测算基于行业市场份额的平方和,既未纳入地理空间维度,也未考虑行政区划的面积异质性,可能导致跨区域比较的偏差;空间基尼系数虽能刻画产业分布的空间不均衡性,但其仅依赖区域产业份额数据,未控制企业规模分布的影响,当某地区存在少数大型主导企业时,可能高估实际集聚水平;LQ 指数虽可识别区域专业化特征,但其本质为相对值指标,无法反映产业绝对规模,例如经济欠发达地区可能因基数较小而呈现高 LQ 值,但实际产业体量有限。基于此,本文借鉴 Guo 等(2020)的研究思路,采用密度法作为产业集群的度量办法,以单位行政区划面积内的粮食企业数量作为产业集群的测度指标。密度法是产业集聚研究中使用较为广泛且结果较为稳定的代表性指标,可以有效反映出某一产业的地理集聚效应,能够精准捕捉粮食产业的空间分布特征,因此本文选用密度法对粮食产业集群进行度量。

(二) 模型设定

本文采用双向固定效应分析产业集群对粮食全要素生产率的影响,设定的基准回归模型如下:

$$\ln(TFP_{jt}) = \beta_0 + \beta_1 Clusters_{jt-1} + X_{jt-1}\varphi + Region_j + Year_t + e_{jt} \quad (4)$$

其中, j 表示县, $t=2005, \dots, 2022$,表示样本区间; $\ln(TFP_{jt})$ 为采用超越对数随机前沿分析法测度的各县粮食全要素生产率的对数值。核心解释变量 $Clusters_{jt-1}$ 为采用密度法衡量的粮食产业集群,为避免反向因果问题将集群变量滞后一期处理。 X_{jt-1} 为滞后一期的控制变量向量**。参考卓乐等(2018)、龚斌磊(2022)的研究,本文控制了下述可能影响全要素生产率的变量:劳均耕地面积、人均耕地面积、粮食结构、人均地区生产总值、第一产业劳动力占比等。其中,劳均耕地面积和人均耕地面积反映了被研究县的资源禀赋情况;粮食结构是粮食总产值占地区生产总值的比重,会通过影响资源配置来调整要素结构进而对 TFP 产生影响;人均地区生产总值、第一产业劳动力占比等变量则反映了县域的经济社会发展状况。 $Region_j$ 表示地区固定效应,以控制地区层面不随时间变动的因素; $Year_t$ 表示时间固定效应,以控制时间层面不随地区变动的因素。 e_{jt} 表示随机误差项。

(三) 数据来源

本文主要使用 2004—2022 年中国县级层面的非平衡面板数据研究产业集群对粮食 TFP 的影响,通过多种渠道获得研究所需数据。粮食企业数据主要源于浙大卡特-企研中国涉农企业数据库(CCAD);粮食总产值、农业生产机械总动力、农作物播种面积等数据以及基准回归模型中涉及的县

* 由于缺乏直接的粮食生产机械总动力统计数据,本文采用以下方法进行估算:粮食生产机械总动力 = 农业生产机械总动力 × (粮食作物播种面积 / 农作物播种面积)

** 除了控制核心解释变量的内生性偏误,本文还担心其他控制变量也可能存在潜在的内生性问题,因此本文将其他所有控制变量滞后一期

级控制变量数据来自《中国县域统计年鉴》;粮食播种面积数据来自国泰安数据库(CSMAR);粮食生产劳动用工量、化肥施用量等变量以《全国农产品成本收益资料汇编》的亩均劳动用工量、化肥施用折纯用量代理,由亩均投入乘以县级粮食播种面积计算得到*;耕地面积数据整理自 Tu 等(2024)的中国年耕地数据集。本文在剔除未匹配、数据缺失县后,最终构建了 2004—2022 年中国 1250 个县级单位的非平衡面板数据。表 2 为详细的变量介绍与描述性统计分析。

表 2 变量介绍及描述性统计

变量	含义和赋值	观测值	均值	标准差
被解释变量				
全要素生产率	采用超越对数随机前沿分析法计算的粮食全要素生产率(取对数)	22047	-8.1602	0.3403
核心解释变量				
产前集群		22047	0.0772	0.3525
产中集群	单位行政面积内各环节相应企业数量(家/平方公里)	22047	0.0323	0.1335
产后集群		22047	0.0253	0.0542
控制变量				
劳均耕地面积	耕地面积与劳动力的比值(公顷/人)	22038	0.7411	1.1178
人均耕地面积	耕地面积与总人口的比值(公顷/人)	22038	0.2570	0.5980
人均地区生产总值	地区生产总值/当期人口数(万元/人)	22038	3.2661	3.3610
粮食结构	粮食总产值/地区生产总值	22038	0.0319	0.0344
第一产业劳动力占比	第一产从业人员/总从业人员	22038	0.4991	0.2003

注:研究涉及的被解释变量区间为 2005—2022 年,由于实际回归中对核心解释变量和控制变量进行滞后一期处理,因此汇报的核心解释变量和控制变量区间为 2004—2021 年

四、实证结果

(一) 基准回归

表 3 汇报了基准回归结果。表 3(1)(3)(5)列报告了未考虑控制变量情况下三类集群对粮食 TFP 的回归结果,可以看出,产中和产后集群对粮食 TFP 的提高具有正向影响,且在 1%的水平下显著,但产前集群的系数不显著。表 3(2)(4)(6)列为加入控制变量后的回归结果。在统计意义上,产中和产后集群对粮食 TFP 始终呈现显著的正向影响。在经济意义上,当控制其他条件不变时,产中集群每增加 1 个标准差(0.13),粮食 TFP 平均提高 0.70%**;产后集群每增加 1 个标准差(0.05),粮食 TFP 平均提高 2.10%。结合上文理论机制分析,粮食产业集群作为一种高效的产业组织形态,可通过中间投入品的专业化供给,显著降低粮食生产平均成本,为生产效率提高奠定基础;集群所形成的区域性专业化劳动力市场,使劳动力能够更好地融入现代化产业链分工,提高人岗匹配精度,从而优化劳动力的配置效率;集群内各类主体地缘相近,联结紧密,有助于构建高效的知识溢出与技术扩散渠道,不断推动粮食产业技术进步与创新应用,为全要素生产率的增长注入持续动力。

* 详细数据处理过程见本文数据及程序代码公开文件(www.iaecn.cn)

** 粮食 TFP 百分比变化=(exp(0.054×0.13)-1)×100%=0.70%,下面的计算方式相同

实证结果表明,粮食产业集群对全要素生产率的影响不仅在统计意义上显著,且具备明确的经济意义。产中集群与产后集群均表现出稳健的促进效应,产后集群具有更强的边际影响,印证了粮食产业链后端环节在价值创造与效率提升中的关键作用。这一发现与已有研究结论一致,产后环节通过粮食精深加工、品牌化等流程,实现产品差异化与附加值提升,从而对全要素生产率具有更强的正向影响(Reardon 等,2021)。本文基准回归结论验证了马歇尔的集聚经济理论在粮食产业领域的适用性,表明粮食产业集群通过中间品共享、劳动力池与技术溢出效应三大机制,直接推动粮食全要素生产率提升。假说 H1 得以论证。

表 3 粮食产业集群与 TFP 的基准回归结果

变量	粮食全要素生产率					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
产前集群	0.0085 (0.0055)	-0.0013 (0.0048)				
产中集群			0.0821*** (0.0208)	0.0540*** (0.0188)		
产后集群					0.4540*** (0.0797)	0.4148*** (0.0719)
控制变量		已控制		已控制		已控制
地区效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
R ²	0.1877	0.2401	0.1885	0.2405	0.1923	0.2439
样本量	22047	22038	22047	22038	22047	22038

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的水平上显著;括号内为估计系数的异方差稳健标准误。下同

(二) 稳健性检验

1. 稳健性检验一:工具变量法。为保证基准回归模型中的核心估计系数是一致估计量,一方面,要保证方程中控制了同时影响产业集群和粮食 TFP 的混杂因素;另一方面,要确保不能存在反向因果问题。尽管本文在基准模型设定时,已将核心自变量进行滞后一期处理,并尽可能将混杂因素作为控制变量纳入方程,但现实情况下仍难以完全满足 $E(\ln(TFP_{jt}) | Cluster_{jt-1}) = 0$ 的条件。因此,本文采用工具变量法处理潜在的内生性问题。

本文使用两个工具变量解决识别问题。第一个工具变量是现代农业产业园政策这一自然实验,现代农业产业园是在规模化种养基础上,通过“生产+加工+科技”模式,聚集现代生产要素,建设领先水平的现代农业发展平台^①。自 2017 年起,农业农村部、财政部先后认定五个批次的国家现代农业产业园,园区内推进产业链升级,发展粮食精深加工,一定程度上推动了粮食产业集群的发展。粮食生产受自然条件影响较大,而且在短期内,生产规模的调整也有一定限度。现代产业园政策首先影响企业的空间集聚和发展,通过企业之间的互动、资源整合等,逐步影响产业的创新能力和生产效率,难

^① 农业农村部办公厅 财政部办公厅关于做 2023 年农业产业融合发展项目申报工作的通知, https://www.moa.gov.cn/gk/cw/gk_1/nybt/202303/t20230316_6423242.htm

以直接改变自然条件和快速调整粮食生产规模,因此对粮食 TFP 无直接影响。第二个工具变量是地级市层面的农业产业集群,在经济学研究中,加总到更高层级的数据往往被用作局部解释变量的工具变量(Card 等,1996)。同一个地级市行政辖区内,市级层面的产业政策支持、基础设施投资和要素市场整合等都会对下辖各县的产业集群培育产生直接的辐射带动作用,因此市级农业产业集群与县级粮食产业集群的发展密切相关,但与县级的粮食生产效率变动无直接关联。

表 4 汇报了工具变量法的估计结果。面板 A 为第一阶段回归结果,Cragg-Donald Wald F 统计量均超过 Stock-Yogo 检验 10%临界值(19.93),通过弱工具变量检验。LM 统计量均在 1%水平下拒绝原假设,表明工具变量具备解释力。Sargan 统计量的 P 值均大于 0.1,说明在当前模型设定下,工具变量满足排他性约束。综合第一阶段分析结果,工具变量满足相关性和外生性条件,使用工具变量法估计结果可靠。表 4 的面板 B 汇报了第二阶段回归结果,结果显示,经过工具变量拟合后的三个环节产业集群均对粮食 TFP 具有正向影响,产前、产中、产后集群的系数依次增大,且通过 1%的显著性检验,验证了基准回归结果的稳健性。

表 4 工具变量法处理结果

面板 A:第一阶段估计	(1)	(2)	(3)
	产前集群	产中集群	产后集群
现代农业产业园政策	0.0174 (0.0227)	0.0165 (0.0111)	0.0049* (0.0025)
市级农业产业集群	0.1219*** (0.0058)	0.1141*** (0.0029)	0.0246*** (0.0006)
面板 B:第二阶段估计	粮食全要素生产率		
产前集群	0.1900*** (0.0474)		
产中集群		0.2030*** (0.0497)	
产后集群			0.9470*** (0.2295)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
LM statistic	429.8976	1465.3876	1344.5613
F statistic	220.2548	802.0460	730.0974
Sargan statistic	2.5014	2.5942	2.4350
样本量	16630	16630	16630

2. 稳健性检验二:更换被解释变量的度量方式。为了进一步验证基准回归结果的可靠性,本文采取了系列稳健性检验方法。首先,本文需要检验估计结果是否受到关键变量测度方式的影响,因此本文更换了被解释变量的度量方式,以增加值为基础重新计算粮食全要素生产率,即生产方程式左

边使用粮食总产值减去中间投入品价值得到的增加值,等式右侧为土地、资本和劳动三种投入要素*。表5给出了更换粮食TFP度量方式后的回归结果,产中集群和产后集群仍对粮食TFP具有显著正向作用,产前集群的影响不显著,佐证了基准回归分析的稳健性**。

表5 更换被解释变量度量方式的稳健性检验

变量	粮食全要素生产率		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	0.0432 (0.0441)		
产中集群		0.8047*** (0.1488)	
产后集群			0.6833*** (0.2506)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.2588	0.2608	0.2604
样本量	11920	11920	11920

3. 稳健性检验三:更换核心解释变量的度量方式。在基准回归中,粮食产业集群采用密度法进行度量,但连续变量可能受到极端值或者测量误差的影响,如将其离散化可能降低异常值对回归结果的干扰。因此本文参照Guo等(2022)的研究,使用DBI指数重新度量产业集群。该指数基于地理区域内同一行业企业的相对密度,反映了集群特征。如果一个县的企业数量排在前 α 个百分点(在本文,本文设定 $\alpha=5$),则表明该县至少存在一个集群,设定 $Cluster_{jt}$ 取1,否则为0。表6显示了使用DBI指数度量产业集群后的重新估计结果,发现产中和产后集群与粮食TFP显著正相关。拥有产中集群的县平均粮食TFP比没有产中集群的县高6.72%,拥有产后集群的县平均粮食TFP比没有产后集群的县高11.51%,产后集群在提升粮食生产效率方面发挥了更重要的作用,该检验支持了基准回归结果。

* 此处中间投入品主要为化肥费用,由于缺少县级化肥投入数据,因此采用省级数据代理,具体计算公式为:县级化肥费用=省级土地亩均化肥投入×县级粮食种植面积。在获得中间投入品价值后,本文进一步使用各省农业生产资料价格指数进行平减,并将粮食总产值与中间投入品价值作差计算得到增加值。由于数据来源不一致或者存在测量误差的情况,有部分样本的粮食增加值为负值,与常理不符,本文将异常样本进行剔除后再进行回归分析(剔除异常样本大约5901个)。且目前可获得的粮食种植面积最新数据更新至2019年,因此表5的样本区间为2005—2019年

** 由于增加值法强制假定中间品与总产值同比例变化($\beta=1$),但实际 β 往往小于1。产中集群通常伴随更高的中间品使用(如密集施肥),因此采用增加值法计算TFP会高估产中集群的作用。而产后集群更多依赖非中间品渠道对TFP产生作用,因此回归结果受TFP测度方法影响较小

表6 更换核心解释变量度量方式的稳健性检验

变量	粮食全要素生产率		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	0.0246 ^{***} (0.0084)		
产中集群		0.0672 ^{***} (0.0070)	
产后集群			0.1151 ^{***} (0.0107)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.2404	0.2421	0.2437
样本量	22038	22038	22038

4. 稳健性检验四:排除其他因素干扰。本文还从以下两个方面排除其他可能影响回归结果的干扰因素:第一,进行子样本回归检验。由于北京、上海、天津和重庆四个直辖市的农业功能区别于其他省份,因此本文剔除了四个直辖市样本。此外,本文还剔除了青海、西藏和新疆地区的样本,因其自然地理和社会经济状况有别于其他地区。在筛选样本后,表7结果显示产中和产后集群的回归系数依旧显著为正。第二,增加对财政支农水平、农业基础设施建设情况的控制。财政支农水平影响了农业生产要素的推广及使用,可为农业持续增长提供新动能(龚斌磊等,2021)。农业基础设施的完善有助于发挥成本节约效应,进而推动生产效率的提升(卓乐等,2018)。在排除以上干扰因素后,估计结果均与基准回归保持一致*。

表7 筛选样本回归的稳健性检验

变量	粮食全要素生产率		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	-0.0046 (0.0045)		
产中集群		0.0321 [*] (0.0164)	
产后集群			0.3815 ^{***} (0.0683)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.2212	0.2214	0.2248
样本量	20130	20130	20130

* 受篇幅限制,增加控制变量的稳健性检验参见本文数据及程序代码公开文件(www.iaecn.cn)

(三) 机制检验

基于前文理论分析可知,粮食产业集群可通过影响技术进步、技术效率、规模效率和配置效率,进而对粮食 TFP 产生影响。为深入探究其作用机制,本文将被解释变量替换为 TFP 的四维分解指标,系统考察三个环节产业集群对粮食 TFP 的影响渠道差异*。

表 8 展示了粮食产业集群对技术进步的影响。统计意义而言,三个环节的粮食产业集群均可显著促进技术进步。经济意义而言,产前集群每增加 1 个标准差,技术进步平均提升约 3.06%;产中集群每增加 1 个标准差,技术进步平均提升约 1.07%;产后集群每增加 1 个标准差,技术进步平均提升约 2.85%,这与邵帅等(2019)的研究结论一致,随着集群规模的扩大,区域技术水平得以提升。在集群内部,各经济主体的强联结大幅降低了隐性知识的传播成本,使新技术得以在主体间快速扩散。竞争激励机制则随着市场主体数量的增加而强化,倒逼企业持续开展技术创新以维持竞争优势,形成“创新—模仿—再创新”的良性循环。这一结果印证了集群内部建立纵向协作关系在缓解农户技术约束、推动技术生产边界外移方面的重要作用。实证结果支持假说 H2。

表 8 粮食产业集群对技术进步的影响

变量	技术进步		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	0.0862*** (0.0115)		
产中集群		0.0820** (0.0333)	
产后集群			0.5621*** (0.1094)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.4199	0.4191	0.4199
样本量	22038	22038	22038

表 9 展示了粮食产业集群对技术效率的影响。统计意义而言,产前集群对技术效率无显著影响,产中和产后集群则对技术效率具有显著正向影响,且在 1%水平上显著。经济意义而言,产中集群每增加 1 个标准差,技术效率平均提高约 0.34%;产后集群每增加 1 个标准差,技术效率平均提高约 1.14%。由此说明,粮食产业集群能发挥匹配效应使生产要素和资源有机整合,从而显著提升技术效率,这与相关研究所强调的集群内主体往往倾向于通过改善技术效率以增强自身适应能力与竞争韧性的结论相吻合(李义妹等,2025)。研究结果与假说 H3 的预期一致。

* TFP 的分解过程和相关说明参见本文数据及程序代码公开文件(www.iaecn.cn)

表 9 粮食产业集群对技术效率的影响

变量	技术效率		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	0.0031 (0.0025)		
产中集群		0.0257*** (0.0079)	
产后集群			0.2263*** (0.0355)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.2463	0.2465	0.2498
样本量	22038	22038	22038

表 10 展示了粮食产业集群对规模效率的影响。统计意义而言,三个环节的产业集群均对规模效率提升具有显著影响。经济意义而言,三大环节产业集群每增加 1 个标准差,相应的规模效率分别提升约 0.456%、0.391%和 0.386%。表 10 的回归结果表明,粮食产业集群可提升劳动力专业化分工与协作水平,同时借助地理邻近性和长期合作关系显著降低了信息搜寻、执行监督等交易成本,从而突破了制约农业部门分工深化的瓶颈。粮食产业集群这一新型产业组织形态使得基于比较优势的精细化分工在经济上成为可能。随着分工结构的持续深化,生产要素得以实现规模化投入和组合优化,推动规模报酬递增,从而显著提升粮食产业的规模效率水平,为假说 H4 提供了实证依据。

表 10 粮食产业集群对规模效率的影响

变量	规模效率		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	0.0127*** (0.0024)		
产中集群		0.0297** (0.0144)	
产后集群			0.0772*** (0.0251)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.3102	0.3101	0.3101
样本量	22015	22015	22015

表 11 展示了粮食产业集群对配置效率的影响。统计意义而言,仅产后集群对配置效率具有显著正向影响。经济意义而言,产后集群每增加 1 个标准差,配置效率平均提升约 0.47%。这一发现证实

了产后集群能够对要素配置产生优化作用,一方面,产后集群通过创造多样化的非农就业岗位,为农业剩余劳动力提供了有效的转移渠道,实现了劳动力资源的再配置;另一方面,产后集群通过稳定的产品需求和完善的契约关系,为土地规模化经营提供了市场保障,显著提升了土地要素的配置效率。这一发现与盖庆恩(2017)的研究结论相互印证,其研究表明若能消除土地要素扭曲,平均而言中国农业部门的全要素生产率将得到显著提升,假说 H5 得到证实。

表 11 粮食产业集群对配置效率的影响

变量	配置效率		
	(1)	(2)	(3)
产前集群	0.0016 (0.0016)		
产中集群		0.0030 (0.0042)	
产后集群			0.0930*** (0.0095)
控制变量	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
R ²	0.6931	0.6931	0.6966
样本量	22015	22015	22015

基于上述回归结果,本文发现由于三大环节产业集群的作用机理不同,对 TFP 的四维分解要素的影响也存在差异。首先,产前集群仅对技术进步和规模效率有显著影响。产前环节企业以提供粮食生产资料为主,“离田”式的技术创新虽然能够推动技术进步,但需要通过农户的实际应用才能转化为田间生产力。其次,产中集群对技术进步、技术效率和规模效率均产生促进作用,这一结果印证了诱致性技术变迁理论的核心观点。当产中集群提供便捷的服务时,农户会基于成本收益分析主动采用新技术或设备。最后,产后集群对技术进步、技术效率、规模效率和配置效率四个维度指标均表现出显著正向影响,这一结果表明,产后集群不仅能够推动技术进步与应用,促进规模化集约化生产,还能优化要素配置结构,从而对生产率的提升发挥更显著的综合影响。上述发现验证了前文的研究假说,阐释了三大环节产业集群影响粮食生产效率的异质性路径,为制定差异化的产业集群发展政策提供了理论依据。

(四) 空间溢出效应分析

粮食产业集群内非正式交流网络的形成,可能会促使技术和知识在企业、农户等主体间传播和扩散,从而充分发挥知识溢出效应(Marshall, 1920)。这种知识溢出效应可能通过乘数效应向周边地区扩散,进而推动邻近地区粮食生产模式转型升级,影响生产率的变动。因此本文使用空间计量模型,分析粮食产业集群的空间溢出效应*。

1. 空间自相关检验。为确保空间计量分析具有合理性,本文先采用莫兰指数(Moran' I)对粮食全要素生产率和产业集群进行空间自相关检验,以空间邻接矩阵作为空间权重矩阵,全局莫兰指数检

* 经前文的系列回归检验,产中和产后集群对粮食 TFP 有显著正向影响,产前集群的作用并不显著,因此在空间溢出效应分析和异质性分析过程中,仅对产中和产后集群的作用进行检验

验结果如表 12 所示。2005—2022 年,县级粮食全要素生产率和产中、产后集群的全局莫兰指数均为正值,且均在 1%水平上显著,表明这三个关键变量均具有显著的空间正相关特征,可进行空间计量分析*。

表 12 粮食全要素生产率和产业集群的全局莫兰指数

年份	粮食全要素生产率			粮食产中集群			粮食产后集群		
	莫兰指数	Z 值	P 值	莫兰指数	Z 值	P 值	莫兰指数	Z 值	P 值
2005	0.5977	28.4447	0.0000	0.6241	33.3126	0.0000	0.7642	42.2958	0.0000
2006	0.6161	29.3274	0.0000	0.6463	34.6663	0.0000	0.7716	42.2789	0.0000
2007	0.6217	29.6391	0.0000	0.6251	34.2475	0.0000	0.7338	40.5661	0.0000
2008	0.5635	26.8023	0.0000	0.5247	29.1453	0.0000	0.7358	41.1908	0.0000
2009	0.5915	28.1639	0.0000	0.6698	36.8469	0.0000	0.7391	40.9165	0.0000
2010	0.5546	26.4500	0.0000	0.6778	36.9583	0.0000	0.7257	39.0325	0.0000
2011	0.5540	26.3403	0.0000	0.6568	37.7751	0.0000	0.6828	36.8563	0.0000
2012	0.5432	25.8291	0.0000	0.6519	37.6036	0.0000	0.7050	36.8404	0.0000
2013	0.5603	26.6248	0.0000	0.5509	34.7453	0.0000	0.6238	31.7406	0.0000
2014	0.5485	26.0633	0.0000	0.5310	28.6634	0.0000	0.6018	29.7852	0.0000
2015	0.5733	27.2507	0.0000	0.4906	25.9161	0.0000	0.5949	29.1514	0.0000
2016	0.5061	24.0642	0.0000	0.4580	23.8206	0.0000	0.5645	27.4109	0.0000
2017	0.4923	23.4026	0.0000	0.4439	22.8361	0.0000	0.5674	27.2105	0.0000
2018	0.4648	22.1855	0.0000	0.3934	20.1351	0.0000	0.5613	26.8882	0.0000
2019	0.5343	25.3907	0.0000	0.3904	19.8150	0.0000	0.5559	26.6197	0.0000
2020	0.5321	25.2881	0.0000	0.3771	19.0832	0.0000	0.5556	26.6190	0.0000
2021	0.3560	17.0900	0.0000	0.3826	19.5414	0.0000	0.5416	25.9346	0.0000
2022	0.4498	21.4778	0.0000	0.4091	21.2555	0.0000	0.5329	25.5424	0.0000

2. 空间计量分析。经过 LM 检验,本文发现 LM 的检验结果在 1%的水平上拒绝原假设,说明本文样本同时具有空间滞后和空间误差自相关双重效应,可采用同时考虑两种效应的空间杜宾模型(SDM)进行分析。此外,LR 的检验结果也通过了 1%的显著性检验,可以认为空间杜宾模型不可简化为空间自回归模型或空间误差模型,再次验证了选用 SDM 模型展开空间效应分析的合理性。

参考 LeSage(2009)提出的偏微分方法,本文将粮食产业集群系数分解为直接、间接和总效应,表 13 汇报了空间效应的分解结果。产中、产后集群的直接效应为正且在 1%的水平上显著,但间接效应均不显著。表明本县的粮食产业集群对本县的粮食生产效率具有正向促进作用,但不具有显著的空间溢出效应。这可能是因为,粮食产业在某一区域内集聚,会产生虹吸效应,吸引周边地区的优质农业生产要素向本区域集中(银西阳等,2022)。虽然产业集群理论上能够产生知识溢出效应,但当要素虹吸的负面影响超过知识溢出的正向作用时,其对周边地区粮食 TFP 的提升作用将被削弱甚至抵消。

* 受篇幅限制,局部莫兰指数结果参见本文数据及程序代码公开文件(www.iaecn.cn)

表 13 空间杜宾模型检验结果

变量	粮食全要素生产率					
	直接效应		间接效应		总效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
产中集群	0.0393** (0.0157)		-0.0567 (0.0508)		-0.0174 (0.0538)	
产后集群		0.3627*** (0.0501)		-0.1749 (0.1193)		0.1878* (0.1129)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
空间自回归系数	—	—	—	—	0.6333*** (0.0085)	0.6271*** (0.0089)
误差项方差	—	—	—	—	0.0614*** (0.0006)	0.0613*** (0.0006)
地区效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
样本量	22014	22014	22014	22014	22014	22014

(五) 异质性分析

1. 空间异质性分析。前文基于全样本,分析了产业集群对粮食 TFP 的影响,但这一影响是否在粮食生产类型不同的地区存在差异?为回答这一问题,本文依据粮食生产规模化类型将区域进行划分。粮食生产过程存在三种类型的规模化,即土地规模化、服务规模化和立体规模化。土地规模化主要适用于北方平原地区,经营规模的扩大有助于增强粮食作物的生产效率,例如东北地区的水稻产业。服务规模化主要适用于南方产粮区,这些地区因为地形、人口密度等原因,土地无法大规模化,但是中间服务环节的专业化程度非常高,形成“小农户+大服务”的粮食生产模式。立体规模化主要适用于类似于浙江这种人口密集、土地稀缺、经济发达的粮食主销区,纯粹从市场经济角度而言,这些区域不具备粮食生产的比较优势,而为确保一定的粮食自给率,必须从粮食生产的立体空间上进行拓展,发展种养结合、多产融合、多功能拓展等各种生产形态,也即实现粮食产业的立体规模化。本文依据 2015 年的劳均耕地面积指标*将中国 31 个省份(港澳台除外)进行三等分,第一梯队的省份属于土地规模化地区,中间梯队的省份属于服务规模化地区,末位梯队的省份则归于立体规模化地区**。

表 14 呈现了在不同粮食生产规模区内产业集群的异质性影响。结果显示,在土地规模化和服务规模化地区,产中与产后集群均显著促进粮食 TFP 提升。这一结果符合理论预期,因为这两类地区以粮食生产为重心,产业链相对较短,发展产中集群和产后集群能够有效延伸产业链条,降低生产成

* 劳均耕地面积是指耕地面积与劳动力的比值,可较好反映资源禀赋情况。耕地数据整理自 Tu 等(2024)研究中的中国年耕地数据集,农业劳动力数据来自《中国县域统计年鉴》。本文对县级数据求平均得到省级层面数值。之所以选取 2015 年的劳均耕地面积作为区域划分依据,主要是因为 2015 年位于研究样本的时间序列中间,能够较好地平衡早期政策调整与近期发展趋势,避免因选择过早年份或近年份导致的阶段性偏差。经检验,按其他年份的劳均耕地面积指标进行分组结果与 2015 年的分组结果基本一致,组内省份排序略有调整不影响分组结果

** 最终划分结果参见本文数据及程序代码公开文件(www.iaecn.cn)

本、提升产品附加值,从而倒逼生产环节优化升级,最终推动 TFP 增长。在立体规模化地区,产中集群影响不显著,而产后集群则显著抑制 TFP 增长。这一差异可能源于以下原因:首先,立体规模化地区受地形和耕地资源限制,难以大规模推广机械化生产,导致产中集群的作用有限。其次,产后集群的扩张可能挤占本就稀缺的种植用地,同时由于本地粮源供给不足,易形成“重加工、轻种植”的产业格局,使得加工环节过度依赖外部输入,反而降低本地粮食生产的整体效率。综上,粮食产业集群对 TFP 的影响存在明显的地区异质性,其作用方向与各地资源禀赋、产业结构和市场化程度密切相关。

表 14 依据生产规模化类型划分的区域异质性分析

变量	粮食全要素生产率					
	土地规模化		服务规模化		立体规模化	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
产中集群	0.1771*** (0.0421)		0.0368*** (0.0128)		0.0496 (0.0430)	
产后集群		2.2302*** (0.1609)		0.3203*** (0.0617)		-0.5816*** (0.0989)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
地区效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
R ²	0.2589	0.2840	0.2381	0.2430	0.4289	0.4355
样本量	9494	9494	7506	7506	5038	5038

2. 时间异质性分析。空间异质性分析虽然揭示了粮食产业集群的空间差异,但无法捕捉同一地区随时间变化的动态效应。为弥补这一局限性,本文进一步引入时间异质性分析,重点考察 2017 年乡村振兴战略实施前后产业集群作用的演变。乡村振兴战略以“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”为总目标,通过技术创新、组织优化与政策扶持的协同机制,推动粮食生产向集约化、高效化转型。这一战略的实施可能为粮食产业集群提供更有利的制度环境,从而产生政策协同效应,进一步放大其对粮食 TFP 的促进作用。

表 15 汇报了在基准模型基础上引入“粮食产业集群”与“2017 年及之后”^{*}交互项的回归结果。如表 15 所示,乡村振兴战略提出后,产中集群对粮食 TFP 的影响没有额外增长;但产后集群每增加 1 个标准差,粮食 TFP 平均额外增长约 1.35%。造成这种差异的原因可能是,乡村振兴战略实施后,政府将更多资源倾斜于产后环节。一方面,农产品加工、物流仓储等产后环节获得了更直接的政策补贴和税收优惠;另一方面,冷链物流、电商平台等基础设施的完善显著降低了产后环节企业的运营成本。这种政策红利使得产后集群更容易形成规模效应和网络效应。产后集群的发展可以直接反哺生产端,通过订单农业、标准化生产等方式带动上游种植环节的效率提升。

(六) 进一步说明

需要指出的是,本文采用密度法测算核心解释变量,虽然能够有效反映粮食产业的地理集聚特征,但在识别企业间经济联系与协同效应方面存在一定局限,可能导致对物理邻近但缺乏经济关联的

* 当样本观测值所在年份为 2017 年及之后,取值为 1,否则为 0

企业产生误判。未来研究可通过融合多维度指标,搭建更为精准的产业集群度量框架,从而使本文的研究结论更具严谨性。同时,本文主要采用县级宏观数据分析产业集群对粮食全要素生产率的影响,未来可纳入微观农户数据,进一步验证产业集群对农业行为决策的影响,基于劳动力转移与土地流转双路径系统剖析产业集群影响要素配置的微观机理,从而为提高全要素生产率提供更为可行的政策路径。

表 15 时间异质性分析

变量	粮食全要素生产率	
	(1)	(2)
产中集群	0.1287*	
	(0.0774)	
产中集群×2017年及之后	-0.0787	
	(0.0793)	
产后集群		0.3318***
		(0.0809)
产后集群×2017年及之后		0.2685**
		(0.1133)
控制变量	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制
R ²	0.2405	0.2442
样本量	22038	22038

五、研究结论与政策启示

(一) 研究结论

本文使用2004—2022年的县级数据,基于粮食产业链产前、产中、产后三大环节的产业集群特征,系统考察了其对粮食全要素生产率(TFP)的影响机制及异质性特征,主要研究内容与结论如下:第一,产中集群和产后集群对粮食TFP均具有显著正向促进作用,且产后集群的边际效应更为明显;而产前集群的影响未通过显著性检验。第二,机制检验结果表明,三大环节产业集群影响差异的根源在于对TFP分解要素的作用分化:产前集群仅对技术进步和规模效率有显著影响;产中集群对技术进步、技术效率和规模效率均产生促进作用;而产后集群则对技术进步、技术效率、规模效率和配置效率四个维度指标均表现出显著正向影响。第三,空间溢出效应结果显示,粮食产业集群主要提升本地TFP水平,对周边地区生产效率的影响不显著。第四,异质性分析表明,空间维度上,粮食产业集群在土地规模化和服务规模化地区表现出显著的正向效应;时间维度上,乡村振兴战略实施后,产后集群对TFP的促进效应得到加强。

(二) 政策启示

基于上述结论,本文提出以下政策启示。第一,优化粮食产业集群战略布局。各地区需立足资源

禀赋,重点培育产业链龙头企业,着力推进产中环节标准化与产后环节精深化发展,搭建集群内部专用性资产共享平台,完善职业技能培训、资格认证及资源共享系统,通过发挥粮食产业集群的中间品共享、劳动力匹配与知识溢出效应,促进粮食生产提质增效。第二,精准施策推动多维效率协同提升。设立创新基金支持关键领域研发并建立产学研协同机制,加速技术成果转化。积极推广标准化生产规程与质量追溯体系,通过技术培训和对标管理提升生产管理水平。不断推进集群内部高标准农田建设,发展生产托管服务,破解小规模经营瓶颈。完善人才流动和金融服务机制,促进要素向高效率主体集聚,加快推动技术进步、技术效率、规模效率和配置效率的全面提升。第三,构建区域协同发展格局。为规避产业集群“虹吸效应”对周边地区的负面冲击,需强化区域政策协同与资源统筹。通过共建研发创新平台、共享供应链体系、组建跨区域产业联盟等方式,推动资源共享、要素互补,实现区域内产业协同发展与互利共赢。第四,实施差异化区域集群发展策略。在土地规模化与服务规模化优势区域,重点推进高标准农田建设和智慧农业技术应用,提升产中环节的集约化水平;加强产后集群建设,发展精深加工和品牌营销,完善冷链物流与电商服务体系。在立体规模化地区,则应推广种养结合、农旅融合等多元模式,提高土地综合效益,引导加工企业向高附加值方向转型。此外,紧扣乡村全面振兴目标,围绕绿色化、优质化、特色化、品牌化方向,因地制宜培育优势特色产业,健全联农带农机制,实现农民稳定增收与产业高质量发展的有机统一。

参 考 文 献

1. Aigner, D. , Lovell, C. K. , Schmidt, P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 1977(1) :21~37
2. Card, D. , Krueger, A. School Resources and Student Outcomes: An Overview of the Literature and New Evidence from North and South Carolina. *Journal of Economic Perspectives*, 1996(4) :31~50
3. Chari, A. , Liu, E. M. , Wang, S. , Wang, Y. Property Rights, Land Misallocation, and Agricultural Efficiency in China. *Review of Economic Studies*, 2021(4) :1831~1862
4. Coase, R. H. The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 1960(4) :1~44
5. Krugman, P. *Geography and Trade*. MIT Press, 1991
6. Reardon, T. , Liverpool-Tasie, L. S. O. , Minten, B. Quiet Revolution by SMEs in the Midstream of Value Chains in Developing Regions: Wholesale Markets, Wholesalers, Logistics, and Processing. *Food Security*, 2021(6) :1577~1594
7. Duranton, G. , Puga, D. Micro-foundations of Urban Agglomeration Economies. *Handbook of Regional and Urban Economics*, Elsevier, 2004:2063~2117
8. Galvez-Nogales, E. *Agro-based Clusters in Developing Countries: Staying Competitive in a Globalized Economy*. FAO, 2023
9. Guo, D. , Jiang, K. , Xu, C. , Yang, X. Industrial Clustering, Income and Inequality in Rural China. *World Development*, 2022:105878
10. Huang, J. , Rozelle, S. Technological Change: Rediscovering the Engine of Productivity Growth in China's Rural Economy. *Journal of Development Economics*, 1996(2) :337~369
11. Key, N. , McBride, W. , Mosheim, R. Decomposition of Total Factor Productivity Change in the U. S. Hog Industry. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2008(1) :137~149
12. Kumbhakar, S. C. , Lovell, C. A. K. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, 2000
13. LeSage, J. , Pace, R. K. *Introduction to Spatial Econometrics*. CRC Press, 2009
14. Lin, J. Y. Rural Reforms and Agricultural Growth in China. *American Economic Review*, 1992(1) :34~51
15. Liu, S. , Ma, S. , Yin, L. , Zhu, J. Land Titling, Human Capital Misallocation, and Agricultural Productivity in China. *Journal of Development Economics*, 2023:103165
16. Lu, Y. , Wang, J. , Zhu, L. Place-Based Policies, Creation, and Agglomeration Economies: Evidence From China's Economic Zone Program. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2019(3) :325~360
17. Marshall, A. *Principles of Economics*(8th ed.). Macmillan, 1920
18. Moretti, E. The Effect of High - Tech Clusters On the Productivity of Top Inventors. *American Economic Review*, 2021(10) :

3328~3375

19. Porter, M. The Competitive Advantage of Nations. Macmillan, 1990
20. Raa, T. T. Aggregation of Productivity Indices: The Allocative Efficiency Correction. Journal of Productivity Analysis, 2005 (2): 203~209
21. Ruan, J., Zhang, X. Finance and Cluster-based Industrial Development in China. Economic Development and Cultural Change, 2009 (1): 143~164
22. Tu, Y., Wu, S., Chen, B., Weng, Q., Bai, Y., Yang, J., Yu, L., Xu, B. A 30 m Annual Cropland Dataset of China from 1986 to 2021. Earth System Science Data, 2024(1): 537~556
23. 陈露, 刘修岩. 产业空间集聚、知识溢出与创新绩效——兼议区域产业多样化集群建设路径. 经济研究, 2024(4): 78~95
24. 陈绳栋, 韩梅雨, 何学松. 农业社会化服务对粮食安全保障效率的影响研究. 中国农业资源与区划, 2025: 1~20
25. 付阳奇, 朱玉春, 刘天军. 村庄产业融合对农地再配置的影响——来自江苏省的微观证据. 中国农村观察, 2023(4): 109~128
26. 盖庆恩, 李承政, 张无垠, 史清华. 从小农户经营到规模经营: 土地流转与农业生产效率. 经济研究, 2023(5): 135~152
27. 盖庆恩, 朱喜, 程名望, 史清华. 土地资源配置不当与劳动生产率. 经济研究, 2017(5): 117~130
28. 高维龙. 产业集聚驱动粮食高质量发展机制. 华南农业大学学报(社会科学版), 2021(2): 80~94
29. 龚斌磊, 王硕. 财政支出对中国农业增长的多途径影响. 农业经济问题, 2021(1): 54~68
30. 龚斌磊, 袁菱苒. 新质生产力视角下的农业全要素生产率: 理论、测度与实证. 农业经济问题, 2024(4): 68~80
31. 龚斌磊. 中国农业技术扩散与生产率区域差距. 经济研究, 2022(11): 102~120
32. 顾晟景, 周宏. 生产性服务业对农业全要素生产率的影响研究——基于中介效应的影响路径分析. 中国农业资源与区划, 2022(3): 106~116
33. 韩海彬, 杨冬燕. 农业产业集聚对农业绿色全要素生产率增长的空间溢出效应研究. 干旱区资源与环境, 2023(6): 29~37
34. 胡伟, 张正河. 农机服务对小麦生产技术效率有影响吗. 中国农村经济, 2018(5): 68~83
35. 黄季焜, 杨军, 仇焕广. 新时期国家粮食安全战略和政策的思考. 农业经济问题, 2012(3): 4~8
36. 寇光涛, 卢凤君. 中国粮食产业链增值的路径模式研究——基于产业链的演化发展角度. 农业经济问题, 2016(8): 25~32
37. 李霖, 王军, 郭红东. 产业组织模式对农户生产技术效率的影响——以河北省、浙江省蔬菜种植户为例. 农业技术经济, 2019(7): 40~51
38. 卢士军, 刘晓洁, 薛莉, 唐振闯, 刘刚, 程广燕. 中国水稻全产业链损耗和浪费量的估算及对应策略. 中国农业科学, 2019(18): 3134~3144
39. 罗必良. 论服务规模经营——从纵向分工到横向分工及连片专业化. 中国农村经济, 2017(11): 2~16
40. 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. 管理世界, 2019(1): 36~60
41. 李义妹, 严奉宪. 农业产业集聚对农业经济韧性的影响研究——以长江中下游 77 个地级市为例. 农业技术经济, 2025(4): 38~53
42. 孟祥海, 周海川, 杜丽永, 沈贵银. 中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长变迁——基于种养结合视角的再考察. 农业经济问题, 2019(6): 9~22
43. 阮建青, 张晓波, 卫龙宝. 不完善资本市场与生产组织形式选择——来自中国农村产业集群的证据. 管理世界, 2011(8): 79~91
44. 舒尔茨著. 梁小民译. 改造传统农业. 商务印书馆, 1987
45. 王缉慈. 创新的空间. 北京大学出版社, 2001
46. 亚当·斯密. 国民财富的性质和原因的研究(中译本). 商务印书馆, 1997
47. 杨小凯. 经济学原理. 中国社会科学出版社, 1998
48. 杨子, 饶芳萍, 诸培新. 农业社会化服务对土地规模经营的影响——基于农户土地转入视角的实证分析. 中国农村经济, 2019(3): 82~95
49. 银西阳, 贾小娟, 李冬梅. 农业产业集聚对农业绿色全要素生产率的影响——基于空间溢出效应视角. 中国农业资源与区划, 2022(10): 110~119
50. 张恒, 郭翔宇. 农业生产性服务业发展与农业全要素生产率提升: 地区差异性与空间效应. 农业技术经济, 2021(5): 93~107
51. 张丽, 李容. 农机作业服务是否影响粮食全要素生产率——基于农业分工的调节效应. 农业技术经济, 2021(9): 50~67

52. 章丹,徐志刚,刘家成. 外包与流转:作业服务规模化是否延缓农地经营规模化——基于要素约束缓解与地租上涨的视角. 中国农村观察,2022(2):19~38
53. 郑志浩,程申. 中国粮食种植业 TFP 增长率及其演进趋势:1980—2018. 中国农村经济,2021(7):100~120
54. 朱湖英,何佳敏,张四梅. 中国粮食产业链龙头企业的空间格局演变特征及影响因素研究. 中国农业资源与区划,2025:1~14
55. 朱晶,晋乐. 农业基础设施、粮食生产成本与国际竞争力——基于全要素生产率的实证检验. 农业技术经济,2017(10):14~24
56. 卓乐,曾福生. 农村基础设施对粮食全要素生产率的影响. 农业技术经济,2018(11):92~101

The Impact of Industrial Clusters on Grain Total Factor Productivity

RUAN Jianqing,ZHANG Yuwei

Abstract: Enhancing grain total factor productivity (TFP) is critical for achieving high-quality agricultural development, ensuring national food security, and promoting comprehensive rural revitalization. Based on county-level data from 2004 to 2022, this study employs a two-way fixed effects model to analyze the impact of industrial clusters in the upstream, midstream, and downstream segments of grain industry chain on grain TFP. The findings reveal as follows: First, the development of midstream and downstream clusters significantly improves grain TFP, with downstream clusters exhibiting a more pronounced effect, while the impact of upstream clusters is relatively limited. Second, mechanism analysis indicates that the differential effects arise from their distinct influences on TFP decomposition components. Upstream clusters only significantly affect technological progress and scale efficiency; midstream clusters promote technological progress, technical efficiency, and scale efficiency; whereas downstream clusters demonstrate significant positive effects across all four dimensions—technological progress, technical efficiency, scale efficiency, and allocation efficiency. Third, spatial spillover effects show that grain industrial clusters primarily enhance local TFP, with no significant impact on neighboring regions' productivity. Fourth, heterogeneity analysis suggests that these effects are more substantial in areas with higher land-scale and service-scale intensification. From a dynamic perspective, the implementation of the Rural Revitalization Strategy has further amplified the TFP-enhancing effect of downstream clusters. This study provides new empirical evidence for optimizing the spatial layout of grain industry and improving modern agricultural industrial systems, offering important policy implications for advancing high-quality grain development.

Keywords: Grain industrial cluster; Grain total factor productivity; Four-dimensional decomposition; Differentiated pathways

责任编辑:段艳艳