

产业协同集聚、数字经济与农业全要素生产率

林青宁 毛世平*

(中国农业科学院 农业经济与发展研究所,北京 100081)

摘要 为探究产业协同集聚与数字经济对农业全要素生产率的影响与作用机制,基于2013—2019年我国省级面板数据,采用SBM-GML指数对农业全要素生产率进行了测算,并使用系统GMM方法进行实证检验。结果表明:1)农业与二三产业协同集聚均显著促进了农业全要素生产率提高,且一三产业协同集聚对农业全要素生产率的促进作用更为明显。在一系列的稳健性检验后,结果依旧成立。2)数字经济对农业全要素生产率不仅存在显著的正向影响,还在一二产业协同集聚、一三产业协同集聚对农业全要素生产率影响中起到显著的正向调节作用。3)地区异质性研究发现,农业与二三产业协同集聚对西部地区与东北地区农业全要素生产率的促进作用更为明显;而数字经济对东中部地区农业全要素生产率的促进作用更为明显。为此,本研究提出了加强农业与二三产业交流协作、强化数字经济建设等提高农业全要素生产率的对策建议。

关键词 产业协同集聚;数字经济;农业全要素生产率;SBM-GML指数

中图分类号 F062.4 **文章编号** 1007-4333(2022)08-0272-15 **文献标志码** A

Industrial synergy, digital economy and agricultural total factor productivity

LIN Qingning, MAO Shiping*

(Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract In order to explore the impact and mechanism of industrial collaborative agglomeration and digital economy on agricultural total factor productivity, based on China's provincial panel data from 2013 to 2019, SBM-GML index is used to measure agricultural total factor productivity, and the system GMM method is used for empirical tests. The results show that: 1) The collaborative agglomeration of agriculture, secondary and tertiary industries has significantly promoted the improvement of agricultural total factor productivity, and the collaborative agglomeration of primary and tertiary industries has a more obvious promotion effect on agricultural total factor productivity. The results hold true after a series of robustness tests. 2) Digital economy not only has a significant positive impact on agricultural total factor productivity, but also plays a significant positive moderating role in the impact of collaborative agglomeration of primary and secondary industries, and collaborative agglomeration of primary and tertiary industries on agricultural total factor productivity. 3) The regional heterogeneity study shows that the collaborative agglomeration of agriculture and secondary and tertiary industries has a more obvious promoting effect on agricultural total factor productivity in western China and northeast China; Digital economy plays a more significant role in promoting agricultural total factor productivity in the eastern and central regions. To this end, this research puts forward countermeasures and suggestions to improve agricultural total factor productivity, such as strengthening the exchanges and cooperation between agriculture and the secondary and tertiary industries, and strengthening the construction of the digital economy.

收稿日期:2021-11-04

基金项目:国家自然科学基金项目(71673275);国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(71761147005)

第一作者:林青宁,助理研究员,主要从事科技创新与发展研究,E-mail:linqingning@caas.cn

通讯作者:毛世平,研究员,主要从事技术经济、科技创新研究,E-mail:maoshiping@caas.cn

Keywords industrial synergy and agglomeration; digital economy; agricultural total factor productivity; SBM-GML index

农业作为我国国民经济的基础产业,提高我国农业全要素生产率是转变发展动能,实现农业创新驱动的重要途径。当前,农业科技创新、基础设施建设、经营规模等内部因素^[1-4]以及制度安排、气候变化、非农就业等外部因素^[5-7]均被证实是影响农业全要素生产率的重要因素。然而,伴随农业发展进入新阶段,农业与二三产业的联系愈加密切,数字经济赋能经济增长的作用逐渐显现。因此,在协同发展与数字经济战略背景下,研究产业协同集聚与数字经济对农业全要素生产率的影响,对提升农业全要素生产率、推进农业高质量发展具有一定的现实意义。

产业协同集聚的研究最早由 Ellison 等^[8]开始,认为产业协同集聚是不同产业间呈现出相互依赖、相互关联的空间集聚现象。此后的研究多认为马歇尔外部性(MAR 外部性)、雅格斯布外部性(Jacobs 外部性)、累积效应等是产业协同集聚发挥作用的主要原因^[9-10]。围绕上述理论,学者就产业协同集聚对全要素生产率的影响开展了系列研究,并主要形成了3种观点。一是促进论;这类研究认为产业协同集聚能够实现规模效应、强化知识溢出,从而显著促进了全要素生产率水平。包括产业协同集聚对全要素生产率影响的元分析、产业协同集聚对日本不同产业全要素生产率的影响以及制造业与生产性服务业协同集聚对我国城市全要素生产率的影响^[11-13]。二是无效论与抑制论;这一论点认为产业协同集聚存在拥挤效应与挤出效应,从而导致无效率;如 Ke^[14]认为产业协同集聚会对城市产生一定的拥挤效应,从而不利于全要素生产率提高。此外,相关研究还有制造业与生产性服务业协同集聚对长江经济带上游区域全要素生产率以及对高行政等级城市全要素生产率的影响^[15-16]。三是产业协同集聚对全要素生产率的影响是非线性的,两者之间存在门槛效应、“U”型或倒“U”型关系^[17-19]。数字经济的研究最先从 Tapscott^[20]开始,认为数字是融合机器、知识与智慧的载体,能够带来经济发展并推动社会进步。此后的研究普遍认为数字经济通过优化资源配置方式、降低交易成本等措施赋能经济发展^[21-22]。近年来伴随数字经济发展,数字经济对全要素生产率影响的实证研究开始增多。部分学者肯

定了数字经济对省份全要素生产率、产业全要素生产率以及绿色全要素生产率的积极作用^[23-27]。当然也有学者认为数字经济存在生产率悖论,存在滞后效应、错配效应,从而影响全要素生产率^[28-30]。然而,在农业领域,数字经济对农业全要素生产率的研究还处于起步阶段,仅是以数字经济的某个方面为切入点(如互联网)展开对农业全要素生产率的研究^[31-33]。

已有研究为本研究提供了相关理论与支撑,但仍存在完善的空间,为此本研究拟从以下几个方面进行拓展与补充:1)现有关于农业全要素生产率的研究主要从农业科技创新、基础设施建设、经营规模等内部因素以及制度安排、气候变化、非农就业等外部因素角度入手。在协同发展战略背景下,本研究试图回答农业与二三产业协同集聚是否有助于农业全要素生产率提高,一定程度上拓宽了农业全要素生产率研究的理论意义与实践价值。2)既有关于产业协同集聚的研究,多是探究制造业与生产性服务业协同集聚的经济效应,对于农业产业的研究还不够系统。因此,在农业与其他产业的联系愈加密切的背景下,本研究将产业协同集聚的研究拓展到农业领域,探究了农业与二三产业协同集聚对农业全要素生产率的影响,一定程度上是对现有多关注制造业与生产性服务业协同集聚经济效应研究的补充。3)党的十九大以来数字经济已逐渐成为我国经济增长与产业转型升级的新动能,但关于数字经济对全要素生产率的研究未达成一致结论,同时农业领域关于数字经济发展经济效应的研究还十分有限,与之相关的也是以数字经济的某个方面为切入点(如互联网)展开对农业全要素生产率的研究^[31-33]。本研究从农业数字经济整体规模入手,更为全面地刻画了数字经济对农业全要素生产率的影响。4)已有研究对产业协同集聚经济效应影响机制进行了探究,但在新发展阶段,数字经济蓬勃发展,具有弱化组织边界、降低信息不对称等作用,因此数字经济在相互依赖、相互关联的产业协同集聚中的作用机制有待进一步思考。

基于此,本研究将产业协同集聚与数字经济纳入到农业全要素生产率分析框架中,在使用 SBM-GML 指数对 2013—2019 年我国各省农业全要素生产率测算的基础上,使用系统 GMM 模型实证检验

农业与二三产业协同集聚、数字经济对农业全要素生产率的影响,并探究数字经济在农业与二三产业协同集聚对农业全要素生产率影响中的调节效应。不仅回答了在协同创新以及数字经济高速发展背景下,产业协同集聚与数字经济能否成为提高农业全要素生产率的新动能;也为新发展阶段政府制定农业全要素生产率提升策略提供依据。

1 理论分析与研究假说

1.1 产业协同集聚对农业全要素生产率的影响

产业协同集聚是不同产业间呈现出相互依赖、相互关联的空间集聚现象^[8]。主要通过合作效应、规模效应、知识溢出效应以及价值俘获效应来影响农业全要素生产率。1)合作效应。农业与二三产业的协同集聚强化了产业间的耦合互动关系,能够通过网络联结获取二三产业供应链信息、运营模式、金融资本等方面的支持。同时,耦合互动关系还有助于强化二三产业对农业的技术咨询、技术服务强度,提高农业全要素生产率^[34]。此外,农业与二三产业协同集聚的合作效应还能“倒逼”农业发展,从而促使农业生产不断优化。2)规模效应。农业与二三产业的协同集聚能够形成联动效果,使农业生产发展需要的供应服务、信息服务等不断嵌入到农业生产流程,从而降低农业生产的成本;此外,农业与二三产业的协同集聚强化了二三产业与农业融合的嵌入水平与交叉方式,产业间要素集聚程度与流动速度不断加大,从而有助于实现农业生产的规模效应^[35]。3)知识溢出效应。农业与二三产业的协同集聚有助于形成知识传输网络,因此农业接触到二三产业知识技术的速度更快、成本更低,从而强化了显性知识的溢出效果^[36]。此外,知识还具有内隐性,因此空间上集聚的大量知识技术难以被有效传播,而农业与二三产业的协同集聚还加强了产业间劳动力的交流与学习,从而增强了隐性知识的溢出^[37]。综上,农业与二三产业协同集聚强化了知识溢出的效果,从而有助于技术进步与农业全要素生产率提升。4)价值俘获效应。二三产业为农业生产提供了有力的智力支持,可以将自身高素质的智力资本、规范化的商业模式以及专业化的服务流程不断向第一产业嵌入,从而引导农业生产过程不断向高附加值延伸,提高农业生产价值链水平^[18]。同时,农业与二三产业协同集聚提高了农业上下游产业链的黏性,并衍生多种农业新业态(如智慧农业、

订单农业、农业电商、观光农业等),从而增强了农业价值链的竞争力,俘获更多利润价值。基于以上分析,提出研究假说 H1:

H1:农业与二三产业协同集聚有助于农业全要素生产率的提高。

1.2 数字经济对农业全要素生产率的影响

数字经济具有自我迭代、无限收敛以及边际成本无限趋于零的特点,主要通过以下几个方面影响农业全要素生产率。1)数字经济有助于实现农业生产的规模经济,从而提高全要素生产率。农业生产面临农药、化肥等固定成本以及管护成本、辅助生产成本等交易成本,前者属不可避免的沉没成本,而后者则可以通过数字经济范式加以降低。此外,数字经济实现了技术、信息、物质等要素的平台化^[22],有助于农业生产者更便捷地获取生产活动中所需要的相关要素乃至合作者,从而降低了相关交易成本,形成规模经济。2)数字经济有助于优化农业生产流程,从而提高农业全要素生产率。①产前阶段,农业生产面临融资约束、市场参与度不高等问题,数字经济的发展可以使农业生产更精准地把握市场的差异化需求,从而缓解农业生产与市场需求的信息不对称^[38]。同时,数字经济还能强化农业与金融机构的信任,从而更容易获得金融机构的融资支持等。②产中阶段,数字经济发展(如遥感技术等)实现了农业生产中养分、气候变化、市场波动等重要数据的持续监控、实时获取,同时大数据技术可以实时对监控的数据进行分析,模拟最优的生产流程,实现精准作业与效率最优化^[39]。此外,数字经济发展还能实现农业知识技术、农业研发人员、农业生产过程的物联,服务农民生产决策。③产后阶段,农业生产面临的问题在于交易过程的人为机会成本以及交易范围的地理局限。而区块链中智慧合约、加密技术与数据存储技术可以实现交易过程的自动化,避免人为的机会成本;同时物联网能有效衔接物理空间与网络空间,拓宽了农产品的交易空间^[38]。3)数字经济有助于实现技术进步,从而提高农业全要素生产率。熊彼特的创新理论提出创新就是要实现生产要素的重新排列组合,数字经济为生产函数带来了新的生产要素,这样生产函数由传统的 $Y=AF(L,K)$ 转变为 $Y=AF(D,L,K)$,信息要素与原有资本要素的耦合与重新排列,从而带来技术进步。基于以上分析,提出研究假说 H2:

H2:数字经济有助于农业全要素生产率的

提高。

1.3 数字经济的调节效应

本研究认为数字经济在产业协同集聚对农业全要素生产率影响中发挥正向调节作用，主要原因包括：①农业与二三产业协同集聚的第一个突出表现为产业间耦合互动，形成合作网络；此时，数字经济能够基于默克尔树(Merkle 树)等多种算法，能够迅速、准确地调动农业与二三产业合作网络中的相关资源^[40]，并检索未知的市场与可能的合作者，提高了信息的流转速度。此外，数字经济通过不可篡改、可溯源的分布式记账手段^[41]，可以为农业与二三产业合作网络增添加密性、有限访问性、数字签验证等特征，提高了合作网络的稳定性。②农业与二三产业协同集聚的第二个突出表现为外部性特征；此时，

数字经济可以通过构建产业间合作背书机制^[41]，降低农业搜寻、复制二三产业知识技术，核实二三产业合作伙伴合法性，追踪二三产业外部知识技术的成本，提高合作各方的嵌入程度与资源拼凑速度。③农业与二三产业协同集聚的第三个突出表现为二三产业在农业中的内嵌化；此时，数字经济中的区块链技术作为一种去中心化的分布式记账方式^[42]，加强了农业与二三产业的联系与互动，降低了双方之间的信息不对称，加强了双方之间的信任，农业从而更容易获得二三产业的支持。基于以上分析，提出研究假说 H3：

H3: 数字经济在农业与二三产业协同集聚对农业全要素生产率影响中发挥正向调节作用。

基于上述分析，本研究构建理论分析框架如下：

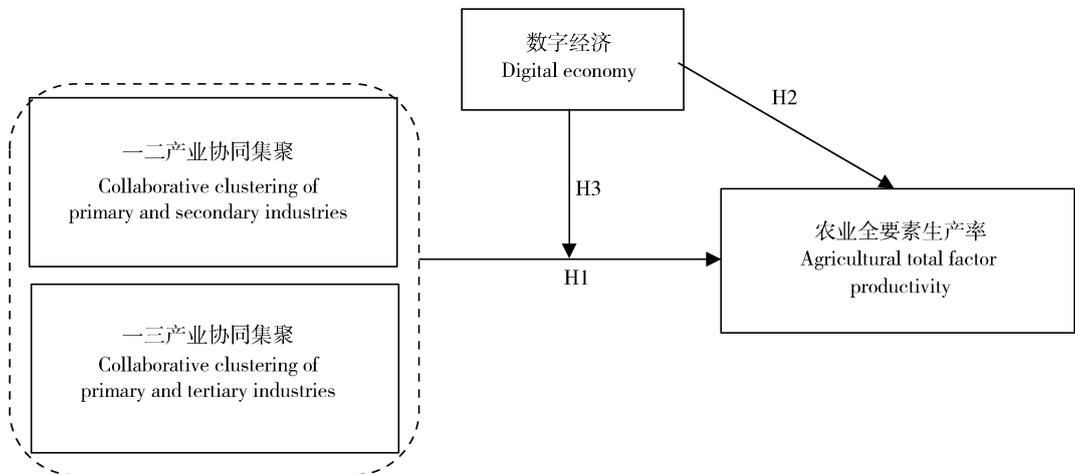


图 1 理论分析框架

Fig. 1 Theoretical analysis framework

2 模型构建与实证分析

2.1 数据来源和变量设置

本研究数据来源于《中国农村统计年鉴》^[43]、《中国统计年鉴》^[44]、《中国城市统计年鉴》^[45]、各省统计年鉴以及《中国数字经济发展白皮书》^[46]。其中测算农业全要素生产率指数的投入产出指标数据来源于《中国农村统计年鉴》^[43]、《中国统计年鉴》^[44]以及各省的统计年鉴，数字经济数据来源于《中国数字经济发展白皮书》^[46]，产业协同集聚数据来源于《中国城市统计年鉴》^[45]以及各省统计年鉴。数据类型为 2013—2019 年的省级面板数据。

1) 因变量。本研究的因变量为农业全要素生产

率(TFP)，借鉴已有研究^[2]，使用 SBM-GML 指数对 2013—2019 年我国各省农业全要素生产率测算，相对于 ML 指数，SBM-GML 指数解决了非径向距离与非循环性的问题，测算结果更为准确。SBM 模型与 GML 指数定义如下：

①SBM 模型：

假定决策单元(DMU)的个数为 n ，每个决策单元使用的投入数量为 m ，产出的数量为 s ，这样对于决策单元，产出导向可变规模报酬下的 SBM 模型如下：

$$\begin{aligned} \max \frac{1}{\rho} &= 1 + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s s_r^+ / y_{rk} \\ \text{s. t. } X\lambda &\leq X_i \\ Y\lambda - s^+ &= y_k \end{aligned}$$

$$\lambda, s^+ \geq 0 \quad (1) \quad \text{变量。}$$

式中： ρ 为效率值； λ 为权重向量； s_t^+ 为产出的松弛

②GML指数：

$$\begin{aligned} \text{GML}_i(X_{t+1}, Y_{t+1}, b_{t+1}; X_t, Y_t, b_t) &= \frac{1 + D'_G(X_t, Y_t, b_t)}{1 + D_G^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}, b_{t+1})} = \frac{1 + D'_G(X_t, Y_t, b_t)}{1 + D_G^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}, b_{t+1})} \times \\ &\left[\frac{((1 + D'_G(X_t, Y_t, b_t)) / ((1 + D'_G(X_t, Y_t, b_t))))}{((1 + D_G^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}, b_{t+1})) / ((1 + D_G^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}, b_{t+1}))))} \right] = \frac{\text{GTE}^{t+1}}{\text{GTE}^T} \times \left[\frac{\text{PG}_{t+1}^{t+1}}{\text{PG}_t^{t+1}} \right] = \\ &\text{GTEC}^{t,t+1} \times \text{GTC}^{t,t+1} \end{aligned} \quad (2)$$

式中： $D'_G(x, y, b) = \max\{\beta \mid (y + \beta y, b - \beta b) \in P_G(x)\}$ ； P_G 为Global生产可能性集合；GTE与GTEC分别为农业技术效率与农业技术效率变动情况，GTC为农业技术进步。本研究使用2013—2019年我国31个省份的农业投入产出数据(统计数据未含港、澳、台地区)对农业全要素生产率指数及其分解项进行测算，由于本研究倾向于计算农林牧渔业中农业的全要素生产率指数，故借鉴已有研究^[3]，本研究的投入产出指标选取如下：①产出指标：农业生产总值(万元)，并使用CPI指数进行平减处理，数据来源于历年《中国农村统计年鉴》^[43]；②投入指标：第一产业从业人员(万人)，数据来源于各省的统计年鉴，其中由于辽宁与西藏2019年的数据还未公布，因此使用插值法进行估算；此外投入指标还包括农作物播种面积(万 hm^2)、农用化肥施用量(万t)、农业机械总动力(万kW)以及农业用水总量(万 m^3)，数据来源于历年《中国农村统计年鉴》^[43]。本研究使用MAXDEA 7.0软件对农业全要素生产率指数及其分解项进行测算。此外，本研究还将使用MI指数对农业全要素生产率进行测算，以进行稳健性检验。

2)自变量。本研究的自变量包括产业协同集聚与数字经济，其中：

①产业协同集聚指数。Ellison等^[8]最早对产业协同集聚进行了测算，其核心思想是“标靶模型”，在此基础上，后续诸多研究进行了改进与发展，本研究借鉴王静田等^[13]的方法，测算农业与第二产业协同集聚指数、农业与第三产业协同集聚指数，具体如下：

$$\text{coag}_{ij} = \left[1 - \frac{|L_{ri} - L_{rj}|}{L_{ri} + L_{rj}} \right] + [L_{ri} + L_{rj}] \quad (3)$$

式中： coag_{ij} 为*i*产业与*j*产业的协同集聚指数； L_{ri} 为*r*省份*i*产业的区位熵； L_{rj} 为*r*省份*j*产业的区位熵。若 coag_{ij} 值越大，则说明在*r*省份，*ij*产业之间的相关依赖、相互关联程度越强，协同集聚水平越高，反之亦然。

②数字经济。农业产业数字经济规模(digital)，来源于《中国数字经济发展白皮书》^[46]对各省农业产业数字经济规模的测算，相关核算已得到学术界广泛应用^[22,47]。

(3)控制变量。借鉴已有研究^[6,48]，本研究的控制变量包括：①农业种植业结构(aps)；以粮食播种面积与农作物播种面积的比值表征。②自然环境(aenvir)；以受灾面积与农作物播种面积比值表征。③财政支农(afs)；以农业获得的财政支出与财政总支出的比值表征。④农机密度(amd)；以农业机械总动力与农作物播种面积的比值表征。⑤收入分配结构(indis)；以农村居民人均可支配收入与城镇居民人均可支配收入的比值表征。

上述各变量描述性分析见表1。总体来看，近年来我国农业全要素生产率总体呈现递增趋势。一二产业协同集聚的均值为2.800，略小于一三产业协同集聚程度的均值(2.802)，说明当前我国农业与第三产业的集聚程度更强；此外，全国31个省区市一二产业协同集聚程度总体呈现下降趋势，而一三产业协同集聚程度总体上是上升的。同时，表2汇报了各变量的相关系数。

2.2 模型构建

由于产业协同集聚指数的计算使用了第一产业从业人员数，但辽宁与西藏2019年的数据使用了插值法，因此可能会导致因测量误差而导致的内生性问题，因此为解决这一内生性问题以及可能因遗漏变量导致的内生性问题，在实证检验产业协同集聚、数字经济对农业全要素生产率的影响时，本研究选择系统GMM模型。分别构建以下模型：

$$\text{TFP}_i = \alpha_0 + \alpha_1 \text{aicoag}_i + \sum \alpha_n X_i^n + \varphi_i + \mu_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

$$\text{TFP}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{ascoag}_i + \sum \beta_n X_i^n + \varphi_i + \mu_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

$$\text{TFP}_i = \gamma_0 + \gamma_1 \text{digital}_i + \sum \gamma_n X_i^n + \varphi_i + \mu_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

表 1 各变量描述性分析
Table 1 Descriptive analysis of each variable

变量 Variable	均值 Mean	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
农业 TFP 指数 Agricultural total factor productivity index	1.046	0.068	0.781	1.258
技术效率 Technical efficiency	1.003	0.045	0.814	1.162
技术进步 Technical progress	1.043	0.052	0.860	1.259
数字经济 Digital economy	552.215	598.415	4.670	3 896.230
一二产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and secondary industries	2.800	0.857	0.647	5.911
一三产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and tertiary industries	2.802	0.712	1.436	6.932
收入分配结构 Income distribution structure	2.631	0.199	2.288	2.940
农业种植业结构 Agricultural planting industry structure	0.650	0.142	0.357	0.971
自然环境 Natural environment	0.136	0.114	0.000	0.618
农机密度 Agricultural machinery density	0.690	0.359	0.330	2.463
财政支农 Financial support for agriculture	0.118	0.035	0.041	0.203

$$TFP_{it} = \pi_0 + \pi_1 digital_{it} + \pi_2 aicoag_{it} + \pi_3 aicoag_{it} \times digital_{it} + \sum \pi_n X_{it}^n + \varphi_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$TFP_{it} = \pi_0 + \pi_1 digital_{it} + \pi_2 ascoag_{it} + \pi_3 ascoag_{it} \times digital_{it} + \sum \pi_n X_{it}^n + \varphi_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

上述模型中， TFP_{it} 为农业全要素生产率； $aicoag_{it}$ 与 $ascoag_{it}$ 分别为一二产业协同集聚程度和一三产业协同集聚程度； $digital_{it}$ 为数字经济发展； φ_t 、 μ_i 、 ε_{it} 分别为时间固定效应、个体固定效应以及随机扰动项。其中模型(4)与(5)分别用来检验一二产业协同集

聚、一三产业协同集聚对农业全要素生产率的影响；模型(6)用来检验数字经济对农业全要素生产率的影响；模型(7)和(8)用来检验数字经济在产业协同集聚对农业全要素生产率影响中的调节作用。

2.3 实证结果分析

在使用 GMM 模型回归前，由于数字经济值偏大，在实证检验时将数字经济除以 100，同时使用稳健的标准误，以避免可能的异方差等问题。此外，为避免实证结果出现“伪回归”，使用 HT 检验对主要变量进行单位根检验，结果强烈拒绝了面板包含单位根的原假设，说明面板为平稳过程(表 3)。

表2 各变量相关系数

Table 2 Correlation coefficient of each variable

变量 Variable	农业 TFP 指数 Agricultural total factor productivity	数字 经济 Digital economy	一二产业 协同集聚 Collabo- rative clustering of primary and secondary industries	一三产业 协同集聚 Collabo- rative clustering of primary and tertiary industries	收入分 配结构 Income distrib- ution structure	农业种 植业结构 Agricul- tural planting industry structure	自然 环境 Natural environ- ment	农机 密度 Agricul- tural machi- nery density	财政 支农 Financial support for agricul- ture
农业 TFP 指数 Agricultural total factor productivity index	1								
数字经济 Digital economy	0.182	1							
一二产业协同集聚 Collaborative cluste- ring of primary and secondary industries	0.247	-0.264	1						
一三产业协同集聚 Collaborative cluste- ring of primary and tertiary industries	0.266	-0.249	0.355	1					
收入分配结构 Income distribution structure	0.233	-0.319	0.059	0.029	1				
农业种植业结构 Agricultural planting industry structure	-0.152	-0.099	0.245	0.112	-0.385	1			
自然环境 Natural environment	0.025	-0.248	0.164	0.117	0.006	0.156	1		
农机密度 Agricultural machinery density	0.134	0.011	-0.173	-0.116	0.025	0.050	-0.153	1	
财政支农 Financial support for agriculture	0.250	-0.531	0.435	0.482	0.349	0.144	0.298	-0.001	1

表 3 主要变量单位根检验
Table 3 Unit root test of main variables

变量 Variable	HT 检验 HT test		结论 Conclusion
	Z 值 Z value	P 值 P value	
农业全要素生产率指数 Agricultural total factor productivity index	-8.280	0.000	平稳 Smooth
一二产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and secondary industries	-6.178	0.000	平稳 Smooth
一三产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and tertiary industries	-7.279	0.000	平稳 Smooth
数字经济 Digital economy	-13.888	0.000	平稳 Smooth

在此基础上,使用系统 GMM 模型对模型(4)~(8)进行实证检验,AR(2)未通过显著性检验,说明不能拒绝不存在二阶序列相关的原假设,故使用系统 GMM 模型是合理的。Hansen test 的结果未通过显著性水平检验,说明不能拒绝所有工具变量都有效的原假设,故模型设置与工具变量选取是合理的。具体的回归结果如下:

第一,①从模型(1)和(2)的回归结果可以看出,农业与第二产业协同集聚、农业与第三产业协同集聚的系数分别为 0.062 与 0.068,分别通过了 5%与 1%显著性水平检验,说明农业与第二产业协同集聚、农业与第三产业协同集聚均有助于农业全要素生产率的提高,验证了研究假说 H1,即农业与二三产业协同集聚有助于农业全要素生产率的提高。这一结论证明了现有关于产业协同集聚具有马歇尔外部性(MAR 外部性)与雅各布斯外部性(Jacobs 外部性)的特征,从而正向影响经济增长、创新能力等的研究^[9-10],并从农业产业实践的角度进行了补充。②此外,从显著性水平与回归系数可以看出,现阶段农业与第三产业协同集聚对农业全要素生产率的促进作用要优于农业与第二产业协同集聚的促进作用。主要的原因可能在于当前我国农业企业实力普遍不强,深度嵌入农业生产并形成一体化农业平台的能力还有待完善,此外农业议价能力较弱,收益多被第二产业摄取;而一三产业协同集聚在近年来不断衍生了冷链物流、电商农业、智慧农业等一三产业融合的新业态;等等原因造成了一三产业协同集聚对农业全要素生产率的促进作用要高于一二产业协同集聚的促进作用。

第二,从模型(3)的回归结果可以看出,数字经济对农业全要素生产率影响的系数为 0.009,通过了 10%显著性水平检验,说明数字经济显著提升了我国农业全要素生产率,验证了研究假说 H2,即数字经济有助于农业全要素生产率的提高。当前关于数字经济与农业全要素生产率的研究还不够系统,已有的研究主要是以数字经济的某个方面为切入点展开对农业全要素生产率的研究^[30-32],但互联网普及及移动电话拥有量等指标更多的是反映了数字产业化化的范畴,然而数字经济还包括数字产业化中的大数据应用、云计算以及数字化治理等诸多方面,因此本研究更为全面地刻画了数字经济对农业全要素生产率的影响。

第三,从模型(4)和(5)的回归结果可以看出,数字经济与一二产业协同集聚交互项以及数字经济与一三产业协同集聚交互项的系数均为正(系数分别为 0.016、0.028),且分别通过了 10%与 5%显著性水平检验,说明数字经济在一二产业协同集聚、一三产业协同集聚对农业全要素生产率影响中发挥显著的正向调节作用,验证了研究假说 H3,说明数字经济具备的自我迭代、无限收敛以及边际成本无限趋于零等特点,能够强化农业与二三产业合作的稳定性与效率、提高产业间嵌入程度与资源拼凑速度、降低产业间信息不对称,从而提高农业全要素生产率。

第四,在基准回归的基础上,进行地区异质性检验,根据 2019 年各地区的平均总产值,西部地区与东北地区各省平均总产值较为接近,东部地区与中部地区各省平均总产值较为接近,因此设置地区虚拟变量(东部地区、中部地区=0,西部地区、东北地

表4 实证回归结果
Table 4 Empirical regression results

变量 Variable	模型(1) Model (1)	模型(2) Model (2)	模型(3) Model (3)	模型(4) Model (4)	模型(5) Model (5)
TFP(滞后一期) L. TFP	-0.261** (-2.08)	-0.253** (-2.00)	-0.540*** (-4.58)	-0.493** (-1.96)	-0.571* (-1.86)
一二产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and secondary industries	0.062*** (3.02)			-0.009 (-0.18)	
一三产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and tertiary industries		0.068*** (2.87)			-0.054 (-0.74)
数字经济 Digital economy			0.009* (1.82)	-0.049 (-1.45)	-0.0881 (-1.46)
一二产业协同集聚×数字经济 Collaborative clustering of primary and secondary industries×Digital economy				0.016* (1.80)	
一三产业协同集聚×数字经济 Collaborative clustering of primary and tertiary industries×Digital economy					0.028** (2.06)
收入分配结构 Income distribution structure	0.081 (0.63)	0.167 (1.50)	0.331* (1.79)	-0.011 (-0.03)	0.332 (1.12)
农业种植业结构 Agricultural planting industry structure	-0.179 (-1.02)	-0.027 (-0.16)	-0.033 (-0.18)	-0.449 (-1.57)	-0.255 (-1.02)
自然环境 Natural environment	-0.469* (-1.90)	0.068 (0.79)	0.149* (1.71)	0.045 (0.40)	0.054 (0.56)
农机密度 Agricultural machinery density	0.083** (2.22)	0.058* (1.66)	0.096 (1.38)	0.191** (2.18)	0.102 (0.77)
财政支农 Financial support for agriculture	0.034 (0.06)	-0.221 (-0.47)	1.172* (1.68)	-0.904 (-0.53)	-1.787 (-1.39)
常数项 Constant	1.199*** (2.60)	0.715 (1.55)	0.573 (0.89)	2.462** (2.52)	1.681 (1.22)
AR(2)检验-P值 AR (2) test-P value	0.209	0.582	0.470	0.166	0.826
Hansen 检验-P值 Hansen test-P value	0.387	0.903	0.114	0.431	0.588

注：*，**，*** 分别表示通过了10%，5%，1%显著性水平检验；括号内为Z值。下同。

Note: *，** and *** indicate that they have passed the 10%，5%，and 1% significance level test respectively. Z value is in parentheses. The same below.

区=1)。从表 5 的地区异质性回归结果看：①西部地区与东北地区一二产业协同集聚、一三产业协同集聚对农业全要素生产率影响的系数分别为 0.014 与 0.018，分别通过了 10% 与 5% 显著性水平检验；这说明，相对东中部地区，农业与二三产业协同集聚对西部地区和东北地区农业全要素生产率的促进作用更为明显。可能的原因在于，当前东中部地区农业与二三产业协同集聚水平已经较好，因此西部地

区与东北地区农业与二三产业协同集聚的边际效应更高。②西部地区与东北地区数字经济对农业全要素生产率影响的系数为-0.005，通过了 10% 显著性水平检验；这说明相对西部地区 and 东北地区，数字经济对东中部地区农业全要素生产率的影响更为显著。可能的原因在于，数字经济作为一种新兴范式，存在一定的前期投入与不确定性，一定的经济发展水平是农业数字化转型的战略基础与前置因素。

表 5 地区异质性检验
Table 5 Regional heterogeneity test

变量 Variable	一二产业协同 集聚地区异质性 Regional heterogeneity of the collaborative clustering of primary and secondary industries	一三产业协同 集聚地区异质性 Regional heterogeneity of the collaborative clustering of primary and tertiary industries	数字经济 地区异质性 Regional heterogeneity of the digital economy
TFP(滞后一期) L. TFP	-0.353*** (-11.47)	-0.519*** (-11.50)	-0.299*** (-21.93)
一二产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and secondary industries	0.068*** (7.22)		
一三产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and tertiary industries		0.026** (1.98)	
数字经济 Digital economy			0.001 (1.32)
一二产业协同集聚×地区(地区=1) Collaborative clustering of primary and secondary industries× region (Region=1)	0.014* (1.66)		
一三产业协同集聚×地区(地区=1) Collaborative clustering of primary and tertiary industries× region (Region=1)		0.018** (2.00)	
数字经济×地区(地区=1) Digital economy×region (Region=1)			-0.005* (-1.91)
控制变量 Control variable	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
常数项 Constant	1.417***	1.695***	1.229***
AR(2)检验-P 值 AR (2) test-P value	0.165	0.265	0.129
Hansen 检验-P 值 Hansen test-P value	0.222	0.100	0.981

2.4 稳健性检验

在实证结果的基础上,本研究首先使用替换因变量的方法进行稳健性检验,回归结果见表6。稳健性结果与实证结果所得出的结论基本一致,验证了实证结果的稳健性。

其次,本研究还通过选取地区协同环境作为产业协同集聚的工具变量进行内生性检验,选取依据为产业协同集聚是产业间相互关联与依赖的现象,当一个地区的协同环境更好时,产业间协同集聚的可能性越大,且协同环境并不会直接影响农业全要

素生产率。为此,借鉴张慧等^[49]的方法,采用“省份名称+协同”为关键词在百度上搜索的独立网站数量表征地区协同环境。在选取好工具变量后,使用面板工具变量GMM方法进行实证检验,结果表明,一二产业协同集聚对农业全要素生产率影响的系数为0.063,通过了5%显著性水平检验;一三产业协同集聚对农业全要素生产率影响的系数为0.167,通过了10%显著性水平检验。这一结果表明,在控制内生性后,实证分析结果依然稳健。

最后,本研究还对产业协同集聚进行变量替换,

表6 稳健性检验结果
Table 6 Robustness test results

变量 Variable	模型(1) Model (1)	模型(2) Model (2)	模型(3) Model (3)	模型(4) Model (4)	模型(5) Model (5)
TFP(滞后一期) L. TFP	-0.271** (-3.70)	-0.326*** (-3.16)	-0.242*** (-20.38)	-0.257*** (-15.29)	-0.256*** (-34.40)
一二产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and secondary industries	0.044** (1.99)			0.010 (0.40)	
一三产业协同集聚 Collaborative clustering of primary and tertiary industries		0.046* (1.66)			-0.144*** (-3.85)
数字经济 Digital economy			0.019*** (2.62)	0.001 (0.02)	-0.089*** (-4.30)
一二产业协同集聚×数字经济 Collaborative clustering of primary and secondary industries×Digital economy				0.006* (1.64)	
一三产业协同集聚×数字经济 Collaborative clustering of primary and tertiary industries×Digital economy					0.036*** (4.83)
控制变量 Control variable	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
常数项 Constant	1.046*** (4.01)	0.869*** (2.63)	0.757*** (3.11)	0.806*** (3.29)	1.257*** (5.83)
AR(2)检验-P值 AR(2) test-P value	0.405	0.168	0.178	0.166	0.826
Hansen 检验-P值 Hansen test-P value	0.631	0.985	0.814	0.431	0.588

以检验实证结果的稳健性。在实证分析中,农业与二三产业协同集聚的测算方法参考了王静田等^[13]的方法,即使用各省三产从业人员数计算各省份不同产业的区位熵与产业协同集聚指数。在稳健性检验中,本研究使用各省三产产值计算各省份不同产业的区位熵与产业协同集聚指数,在此基础上,使用系统GMM方法进行稳健性检验,结果显示,一二产业协同集聚对农业全要素生产率影响的系数为0.051,通过了10%显著性水平检验;一三产业协同集聚对农业全要素生产率影响的系数为0.090,通过了1%显著性水平检验。这一结论验证了实证结果的稳健性。

3 结论与建议

新发展阶段,农业与二三产业的联系愈加密切,数字经济逐渐成长为我国经济发展的新动能。为此,本研究基于产业协同集聚与数字经济的视角,探究了农业与二三产业协同集聚、数字经济对我国农业全要素生产率的影响与机制。结果发现,近年来我国农业全要素生产率总体呈现递增趋势。一二产业协同集聚程度总体呈现下降趋势,而一三产业协同集聚程度总体上是上升的,且一二产业协同集聚程度小于一三产业协同集聚程度。回归结果显示:农业与第二产业协同集聚、农业与第三产业协同集聚均有助于我国农业全要素生产率的提升,且从显著性水平与回归系数可以看出,现阶段农业与第三产业协同集聚对农业全要素生产率的促进作用要优于农业与第二产业协同集聚的促进作用。数字经济不仅显著提高了我国农业全要素生产率,还在一二产业协同集聚、一三产业协同集聚对农业全要素生产率影响中发挥显著的正向调节作用。

基于此,从以下方面提出农业全要素生产率提高的建议。首先,加强农业与二三产业的交流协作。实证结果显示农业与二三产业协同集聚均显著提高了农业全要素生产率,因此应加强农业与二三产业的交流协作,政府可通过农业技术示范园区、农业现代产业园等协同集聚区的建立,引导二三产业深度嵌入到农业生产的全过程。其次,优化第二产业,强化第三产业。研究结果显示当前一三产业协同集聚对农业全要素生产率提高的促进作用要优于一二产业协同集聚。因此,应重点发展第三产业,根据农业与第三产业相互关联的可能性,有针对性地选取部分第三产业进行重点培育,以尽可能地创造一三产

业融合新业态。同时还要优化第二产业,尤其是要加大对农业企业的资金支持与政策引导,强化农业企业的主体地位,从而为农业发展提供全产业链服务。第三,强化数字经济建设。要充分发挥数字经济在实现规模经济、优化农业生产流程以及缓解产业合作中面临的信息不对称与正外部性问题中的积极作用,进一步转变农业生产方式,由传统的要素投入或“要素投入+科技”发展方式向依靠“要素投入+科技+数字经济”驱动型发展方式转变,释放数字经济潜能,逐步培养数字经济成为农业经济发展新的增长极。

参考文献 References

- [1] Yee W C. A study of the effects of fission fragment recoils on the oxidation of zirconium (thesis)[J]. *Journal of Molecular Catalysis*, 2002, 16(4): 289-292
- [2] 尹朝静,李谷成,范丽霞,高雪. 气候变化、科技存量与农业生产率增长[J]. *中国农村经济*, 2016(5): 16-28
Yin C J, Li G C, Fan L X, Gao X. Climate change, science and technology stock and agricultural productivity growth[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(5): 16-28 (in Chinese)
- [3] 李谷成,尹朝静,吴清华. 农村基础设施建设与农业全要素生产率[J]. *中南财经政法大学学报*, 2015, 208(1): 141-147
Li G C, Yin C J, Wu Q H. Rural infrastructure construction and agricultural total factor productivity [J]. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*, 2015, 208(1): 141-147 (in Chinese)
- [4] 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[J]. *农业技术经济*, 2017(10): 14-24
Zhu J, Jin L. Agricultural infrastructure, grain production cost and international competitiveness: An empirical test based on total factor productivity [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2017(10): 14-24 (in Chinese)
- [5] Fan Y H, Ren H, Xiao L, Wu S T. Tunable-focus liquid crystal microlens arrays for display applications[C]. In: *Lasers and Electro-Optics Society*, 2004. Colorado: the Meeting of the IEEE, 2004(1): 41-42
- [6] Chen S, Gong B. Response and adaptation of agriculture to climate change: Evidence from China [J]. *Journal of Development Economics*, 2021, 148(1): 1-17
- [7] 黄祖辉,王建英,陈志钢. 非农就业、土地流转与土地细碎化对稻农技术效率的影响[J]. *中国农村经济*, 2014(11): 4-16

- Huang Z H, Wang J Y, Chen Z G. Effects of non-agricultural employment, land transfer and land fragmentation on technical efficiency of rice farmers[J]. *Chinese Rural Economy*, 2014 (11): 4-16 (in Chinese)
- [8] Ellison G, Glaeser E L. Geographic concentration in US manufacturing industries: A dartboard approach[J]. *Journal of Political Economy*, 1997(5): 889-927
- [9] Duranton G, Overman H G. Testing for localization using micro-geographic data[J]. *The Review of Economic Studies*, 2005(4): 1077-1106
- [10] Lanaspá L, Sanz-Gracia F, Vera-Cabello M. The (strong) interdependence between intermediate producer services' attributes and manufacturing location[J]. *Economic Modelling*, 2016, 57(9): 1-12
- [11] Melo P C, Graham D J, Noland R B. A meta-analysis of estimates of urban agglomeration economies [J]. *Regional Science & Urban Economics*, 2009, 39(3): 332-342
- [12] Otsuka A, Goto M, Sueyoshi T. Industrial agglomeration effects in Japan: Productive efficiency, market access, and public fiscal transfer[J]. *Papers in Regional Science*, 2010, 89 (4): 819-840
- [13] 王静田, 张宝懿, 付晓东. 产业协同集聚对城市全要素生产率的影响研究[J]. *科学学研究*, 2021, 39(5): 842-853, 866
Wang J T, Zhang B Y, Fu X D. The mechanism of cross-border integration of emerging technology knowledge network and its empirical research[J]. *Studies in Science of Science*, 2011, 39(5): 842-853, 866 (in Chinese)
- [14] Ke S. Agglomeration, productivity, and spatial spillovers across Chinese cities[J]. *Annals of Regional Science*, 2010, 45(1): 157-179
- [15] 张治栋, 陈竞. 异质性产业集聚及其协同发展对经济效率的影响:以长江经济带 108 个城市为例[J]. *工业技术经济*, 2019, 38(6): 97-104
Zhang Z D, Chen J. The influence of heterogeneous industry agglomeration and its coordinated development on economic efficiency: Take the Yangtze river economic belt as an example [J]. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2019, 38(6): 97-104 (in Chinese)
- [16] 邢会, 谷江宁, 张金慧. 京津冀产业单一、协同集聚与制造业全要素生产率提升:要素禀赋结构的调节作用[J]. *工业技术经济*, 2021, 40(10): 70-76
Xing H, Gu J N, Zhang J H. Single agglomeration, co-agglomeration and total factor productivity of manufacturing industry in Beijing, Tianjin and Hebei: The moderating effect of factor endowment structure [J]. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2021, 40(10): 70-76 (in Chinese)
- [17] 伍先福. 生产性服务业与制造业协同集聚提升全要素生产率吗[J]. *财经论丛*, 2018(12): 13-20
Wu X F. Can producer services and manufacturing industry co-agglomeration promoted total factor productivity[J]. *Collected Essays on Finance and Economics*, 2018 (12): 13-20 (in Chinese)
- [18] 王燕, 孙超. 产业协同集聚对产业结构优化的影响:基于高新技术产业与生产性服务业的实证分析[J]. *经济问题探索*, 2019(10): 146-154
Wang Y, Sun C. Influence of industrial co-agglomeration on industrial structure optimization: Based on the empirical analysis of high-tech industry and producer services [J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2019 (10): 146-154 (in Chinese)
- [19] 陈阳, 唐晓华. 制造业集聚对城市绿色全要素生产率的溢出效应研究:基于城市等级视角[J]. *财贸研究*, 2018, 29(1): 1-15
Chen Y, Tang X H. Spillover effects of manufacturing agglomeration on urban green total factor productivity: Based on the perspective of urban grade [J]. *Finance and trade research*, 2018, 29(1): 1-15 (in Chinese)
- [20] Tapscott D. *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence* [M]. New York: McGraw-Hill, 1996
- [21] 张昕蔚. 数字经济条件下的创新模式演化研究[J]. *经济学家*, 2019(7): 32-39
Zhang X W. Research on evolution of innovation model under the condition of digital economy [J]. *Economist*, 2019 (7): 32-39 (in Chinese)
- [22] 荆文君, 孙宝文. 数字经济促进经济高质量发展:一个理论分析框架[J]. *经济学家*, 2019(2): 66-73
Jing W J, Sun B W. Digital economy promotes high-quality economic development: A theoretical analysis framework [J]. *Economist*, 2019(2): 66-73 (in Chinese)
- [23] 杨慧梅, 江璐. 数字经济、空间效应与全要素生产率[J]. *统计研究*, 2021, 38(4): 3-15
Yang H M, Jiang L. Digital economy, spatial effect and total factor productivity [J]. *Statistical Research*, 2021, 38 (4): 3-15 (in Chinese)
- [24] 郭吉涛, 梁爽. 数字经济对中国全要素生产率的影响机理:提升效应还是抑制效果[J]. *南方经济*, 2021(10): 9-27
Guo J T, Liang S. The impact mechanism of the digital economy on China's total factor productivity: An uplifting effect or a restraining effect [J]. *South China Journal of*

- Economics, 2021(10): 9-27 (in Chinese)
- [25] 刘平峰, 张旺. 数字技术如何赋能制造业全要素生产率[J]. 科学学研究, 2021, 39(8): 1396-1406
Liu P F, Zhang W. How does digital technology empower the total factor productivity of the manufacturing sector [J]. *Studies in Science of Science*, 2021, 39(8): 1396-1406 (in Chinese)
- [26] 李治国, 王杰. 数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升[J]. 经济学家, 2021(10): 41-50
Li Z G, Wang J. Digital economy development, allocation of data elements and productivity growth in manufacturing industry[J]. *Economist*, 2021(10): 41-50 (in Chinese)
- [27] 程文先, 钱学锋. 数字经济与中国工业绿色全要素生产率增长[J]. 经济问题探索, 2021(8): 124-140
Cheng W X, Qian X F. Digital economy and green total factor productivity growth of China's industry [J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2021(8): 124-140 (in Chinese)
- [28] Aghion P, Jones B F, Jones C I. Artificial intelligence and economic growth[J]. *National Bureau of Economic Research*, 2018: 237-282
- [29] Brynjolfsson E, Rock D, Syverson C. Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics [J]. *National Bureau of Economic Research Chapters*, 2017: 23-57
- [30] Acemoglu D, Restrepo P. Artificial intelligence, automation and work[J]. *National Bureau of Economic Research*, 2018: 197-236
- [31] 朱秋博, 白军飞, 彭超, 朱晨. 信息化提升了农业生产率吗[J]. 中国农村经济, 2019(4): 22-40
Zhu Q B, Bai J F, Peng C, Zhu C. Has informatization improved agricultural productivity[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019(4): 22-40 (in Chinese)
- [32] 李欠男, 李谷成. 互联网发展对农业全要素生产率增长的影响[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2020(4): 71-78, 177
Li Q N, Li G C. The impact of internet development on agricultural total factor productivity growth[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2020(4): 71-78, 177 (in Chinese)
- [33] 韩海彬, 张莉. 农业信息化对农业全要素生产率增长的门槛效应分析[J]. 中国农村经济, 2015(8): 11-21
Han H B, Zhang L. Threshold effect analysis of agricultural informatization on agricultural total factor productivity growth [J]. *Chinese Rural Economy*, 2015(8): 11-21 (in Chinese)
- [34] 原毅军, 高康. 产业协同集聚、空间知识溢出与区域创新效率[J]. 科学学研究, 2020, 38(11): 1966-1975, 2007
Yuan Y J, Gao K. The synergetic agglomeration of industries, spatial knowledge spillovers and regional innovation efficiency [J]. *Studies in science of science*, 2020, 38(11): 1966-1975, 2007 (in Chinese)
- [35] 金浩, 刘肖. 产业协同集聚、技术创新与经济增长: 一个中介效应模型[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(11): 46-53
Jin H, Liu X. Industrial co-agglomeration, technological innovation and economic growth: Base on the mediating effect model[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2021, 38(11): 46-53 (in Chinese)
- [36] Amiti M. Location of vertically linked industries: Agglomeration versus comparative advantage[J]. *Centre for Economic Policy Research Discussion Paper*, 2001, 49(4): 809-832
- [37] 崔书会, 李光勤, 豆建民. 产业协同集聚的资源错配效应研究[J]. 统计研究, 2019, 36(2): 76-87
Cui S H, Li G Q, Dou J M. Research on resource misallocation effect of industrial co-agglomeration [J]. *Statistical research*, 2019, 36(2): 76-87 (in Chinese)
- [38] Bajari P, Nekipelov D, Ryan S P, Yang M Y. Machine learning methods for demand estimation [J]. *American Economic Review*, 2015, 105(5): 481-485
- [39] 许宪春, 任雪, 常子豪. 大数据与绿色发展[J]. 中国工业经济, 2019(4): 5-22
Xu X C, Ren X, Chang Z H. Big data and green development [J]. *China Industrial Economics*, 2019(4): 5-22 (in Chinese)
- [40] Irene B, Daniel C, Gordon K. More bits-more bucks: Measuring the impact of broadband internet on firm performance [J]. *Social Science Research Network Electronic Journal*, 2011, 25(3): 1-17
- [41] Jesse Y H, Deokyeon K, Sujin C, Sooyong P, Kari S. Where is current research on blockchain technology: A systematic review[J]. *Plos One*, 2016, 11(10): e0163477
- [42] 刘志阳, 陈咏昶. 全数字技术—社会新范式: 以区块链社会创新为例[J]. 东岳论丛, 2020, 41(8): 113-124, 191-192
Liu Z Y, Chen Y C. New digital techno-society paradigm: Taking blockchain as an example[J]. *Dongyue Tribune*, 2020, 41(8): 113-124, 191-192 (in Chinese)
- [43] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014—2020
Rural Social and Economic Survey Department of National Bureau of Statistics. *China Rural Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2014—2020 (in Chinese)
- [44] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014—2020
National Bureau of Statistics of the People's Republic of

- China. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2014—2020 (in Chinese)
- [45] 国家统计局城市社会经济调查总队, 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014—2020
- Urban Socio-Economic Survey Team of the National Bureau of Statistics, National Bureau of Statistics. *China City Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2014—2020 (in Chinese)
- [46] 中国信息通信研究院. 中国数字经济发展白皮书[M]. 北京: 中国信息通信研究院, 2014—2020
- China Academy of Information and Communications Technology. *White Paper on China's Digital Economy Development* [M]. Beijing: China Academy of Information and Communications Technology, 2014—2020 (in Chinese)
- [47] 蔡昌, 林高怡, 李劲微. 中国数字经济产出效率: 区位差异及变化趋势[J]. 财会月刊, 2020(6): 153-160
- CAI C, Lin G Y, Li J W. Output efficiency of China's digital economy: Locational differences and changing trends [J]. *Finance and Accounting Monthly*, 2020 (6): 153-160 (in Chinese)
- [48] 于伟, 张鹏, 姬志恒. 中国省域农村教育人力资本与农业全要素生产率的空间交互效应: 基于空间联立方程的经验分析[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(3): 192-202
- Yu W, Zhang P, Ji Z H. Spatial interaction effect of rural educational human capital and agricultural total factor productivity in China: Empirical analysis based on spatial simultaneous equations [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(3): 192-202 (in Chinese)
- [49] 张慧, 周小虎, 陈莹. 地区创业活动差异: 基于制度与经济的交互分析[J]. 管理科学, 2021, 34(3): 94-106
- Zhang H, Zhou X H, Chen Y. Regional differences in entrepreneurial activities: An interactive analysis based on institution and economy [J]. *Journal of Management Science*, 2021, 34(3): 94-106 (in Chinese)

责任编辑: 王岩