

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

于伟¹ 张鹏² 姬志恒¹

(1. 山东财经大学 工商管理学院, 济南 250014;

2. 济南大学 商学院, 济南 250002)

摘要 利用2001—2016年数据和空间联立方程模型方法对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进行了研究,结果表明:1)农村教育人力资本和农业全要素生产率之间存在互促效应,这种效应具有时间异质性,农业全要素生产率居于优势地位;2)城市化进程和市场化程度对农村教育人力资本和农业全要素生产率存在差异化影响方向,空间互动状态下二者存在显著溢出效应。为此需实施科技兴农和农业集约化发展战略,优化农村教育生态系统,统筹区域间农村教育和农业生产效率,实现农村教育人力资本和农业生产率互促协调发展。

关键词 农村教育; 农业全要素生产率; 空间交互; 溢出效应; 空间联立方程

中图分类号 F323 **文章编号** 1007-4333(2019)03-0192-11 **文献标志码** A

Spatial interaction effect of rural education human capital and agricultural total factor productivity in China: Empirical analysis based on spatial simultaneous equations

YU Wei¹, ZHANG Peng², JI Zhiheng¹

(1. Business Administration School, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, China;

2. Business School, Jinan University, Jinan 250002, China)

Abstract To improve rural education and agricultural total factor productivity has great significance to optimize the development energy of rural area and agriculture. Based on the data of 2001–2016, the spatial interaction effect of rural education human capital and agricultural total factor productivity in China is analyzed by using the spatial simultaneous equation model. The results show that: There is a mutual promotion effect between rural education human capital and agricultural total factor productivity. The effect also has time heterogeneity. The direction of influence of urbanization and marketization on rural education human capital and agricultural total factor productivity is different. The rural educational human capital and agricultural total factor productivity have significant spillover effects under the condition of spatial interaction. In conclusion, it is necessary to implement the strategy of developing agriculture with science and technology, optimize the rural education ecosystem and coordinate rural educational human capital and agricultural total factor productivity to realize the coordinated development.

Keywords rural education; agricultural total factor productivity; spatial interaction; spillover effect; spatial simultaneous equation

农业供给侧结构性改革背景下提升全要素生产率贡献份额成为推动农业增产的必然选择。作为技

术进步和效率改进驱动的集约式发展,农业全要素生产率增长依赖农村人力资本优化,农村教育在其

收稿日期: 2019-04-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(71673109);山东省软科学项目(2019RKB01028)

第一作者: 于伟,副教授,主要从事区域发展研究, E-mail: longkouyuwei@sina.com

中发挥重要作用。进入新世纪以来,随着义务教育普及和农村教育投入的大幅增加,我国农村教育人力资本不断充实^[1]。根据《中国人口与就业年鉴》^[2]数据测算,2001年全国农村人口平均受教育年限为7.78年,后义务教育人口占比为12.01%,2016年则分别增长到8.62年和15.65%,持续发展的农村教育为农业增产和农民增收提供了较好的知识和人力基础(本研究小学、初中、高中、中专和大专及以上受教育年限分别赋值6、9、12、12和16年。囿于数据可得性,数据不含港澳台地区和西藏,下同),日益成为农业现代化发展的内在决定因素。学者们针对农村教育人力资本的农业生产率影响效应进行了大量探究。研究显示,农村教育和农业现代化发展具有内在耦合机制^[3],劳动力平均受教育年限和农村科技人员数量比重对农业技术效率和劳动生产率具有显著影响^[4-6],通过提升农民受教育水平和有针对性的农户培训有助于促进土地流转、农业信息化水平以及农业技术发明和传播,进而提升生产绩效^[7-10]。农村教育人力资本对农业经济增长促进作用较健康人力资本、城市化进程和工业化水平更为明显,是促进产业结构升级的重要因素^[10-11]。此外,农村教育人力资本对农业生产率增长存在时空异质性^[12],不同层次教育人力资本对农业全要素生产率存在差异化影响方向和强度^[13-14]。

优化农村教育发展和农业全要素生产率均是农业和农村发展政策施力重点。一方面,从推动现代农业发展视角出发,我国农业需突出“舒尔茨模式”,扩大知识和技能对农业经济增长的贡献^[15],通过高素质劳动力资源支撑农业全要素生产率提升;另一方面,农村教育发展也需要包括农业生产率提升在内的农村教育生态系统整体优化,明确二者间关系对提升政策措施针对性和有效性具有重要价值。既有研究普遍揭示了农村教育人力资本对农业全要素生产率具有促进作用,就二者关系而言仍有需要突破之处:1)已有研究多聚焦于农村教育对农业全要素生产率的单向影响,忽略了农业全要素生产率提升对农村教育的反向作用。通过农业全要素生产率提升带动的创新扩散和农民增收有助于提高农村居民教育支付意愿和支付能力并优化农村教育供给,如何使二者产生“互促循环”是培育壮大农村农业发展新动能的重要内容;2)随着资源要素跨区域流动规模的增大,特定区域农业发展和农村教育不可避免会受到周边区域影响,从推动农业生产率和农村

教育区域间协调发展视角出发,有必要进一步明确跨区域互动关系以确保统筹对策的有效性;3)进入新世纪以来我国农村教育呈现稳定发展趋势,一定程度上会使得教育人力资本和农业全要素生产率间的关系强度存在时间异质特征,这种时序差异需要进一步厘清。鉴于此,本研究以省域(省、自治区、直辖市)为研究单元,探究农村教育和农业全要素生产率之间的互动机理,利用空间联立方程测度二者空间交互溢出方向及强度,并考察其演进特征,以期优化农村教育生态和提升农业全要素生产率提供借鉴。

1 理论分析

1.1 农村教育人力资本对农业全要素生产率的影响

农业全要素生产率增长依赖于农业生产过程中的创新驱动和效率改进,农村教育人力资本能够通过创新涌现、创新扩散、资源聚合和效率提升等方式优化农业全要素生产率。首先,创新驱动是农业全要素生产率增长的基本动力,教育人力资本则是农村创新生态系统的核心组成部分。农村教育人力资本积累推动区域农业创新有助于提升知识资本对农业生产的贡献度,这种作用会因教育人力资本效应的累积特征长期惠及农业生产率^[16]。其次,农村教育发展有利于强化农村劳动力对市场信息的捕捉和对新技术的敏感性,提高农户技术模仿和应用能力,推动农业创新扩散^[17]。其中基础教育的发展有助于提升农村人力资本发展潜能和对创新要素的接纳能力,生产导向的技术培训则有助于直接将技术进步新成果引入农业生产领域,提升科技要素对农业经济增长的贡献份额和农业现代化水平。再次,作为创新生态中的活化要素,农村教育人力资本积累有助于农户高效整合和配置生产要素,一方面,农业投入资源存在向农村人力资本高地聚合趋势,并在教育人力资本外溢效应推动下得以高效利用,特别的,当区域人力资本到达相应阈值时,农业信息化对农业全要素生产率的贡献会产生加速递增效果^[8];另一方面,教育人力资本提升也有助于克服现阶段农业生产投入要素短板,提升农业综合生产能力。最后,随着农村教育人力资本的进一步充实,农村居民教育支付意愿和能力将显著提升,这会推动农村教育人力资本发挥自我学习效应并实现内生增长,即通过“干中学”和“学中干”产生自加速,系统提升

农业生产效率。此外,农村教育人力资本提升还有助于缩小城乡知识落差,消弭以城带乡发展过程中知识鸿沟的阻尼效应,充实农业生产的系统动力。

1.2 农业全要素生产率对农村教育人力资本的影响

农业全要素生产率提升能够通过需求引导、资源投入、产学合作和环境优化等方式夯实农村教育发展基础,提升农村教育水平。首先,农业全要素生产率提升意味着农业增长更多依靠传统投入要素之外的知识技能和先进生产工具实现,知识技能增长和先进工具普及则需要农户通过学习加以积累,这有助于通过需求引导方式提升农户教育支付意愿,并在一定程度上缓和农村教育的“离农”倾向。其次,农业全要素生产率提升使得产出端增幅超过了投入端,直接推动农户增收,能够提升农户教育支付能力,减少因农户支付能力不足造成的辍学和教育中止现象。再次,区域农业技术进步和生产效率提升能够扩大新需求和现有知识基础之间的缺口,为农户培训和农业产学合作提供目标,进一步密切农业创新主体间的合作,有针对性的提升农村人力资本培训质量和农业科技创新绩效。最后,农业全要素生产率提升意味着农业生产过程吸纳新知识和其他创新要素,并实现高效率整合和集约化利用,这有利于充实农村教育资源,完善农村教育生态系统,为农村教育人力资本积累提供张力。

1.3 农村教育人力资本与农业全要素生产率的空间溢出效应

空间互动状态下特定区域农村教育人力资本和农业生产率提升不可避免受到周边区域影响,这种影响存在“双向”效应。一方面,周边区域农村教育水平和农业全要素生产率提升会通过要素溢出和辐射效应惠及本地,特别是周边区域对农业新技术和新要素的采纳会直接通过创新示范改善本地农村教育和农业生产动能;另一方面,区域竞争背景下,邻近区域间的农村教育落差会通过教育人力资本的资源聚合功能放大区域间农业创新生产要素的不均衡格局,换言之,周边区域农村教育会通过资源虹吸等方式削弱本地发展潜能,农业全要素生产率的区域间差异也会因回报率差异和创新环境不同移出滞后区域农业创新资源。由于农村教育人力资本和农业生产率空间溢出效应存在复杂性,其影响方向和强度还需通过结合区域实际进一步验证。综上,本研究提出如下假设框架:农村教育人力资本积累和农业全要素生产率增长能够形成内部正反馈机制,农村教育人力资本积累有助于通过创新驱动和效率改进等提升农业全要素生产率,农业全要素生产率增长会通过支付意愿和能力改进以及教育生态系统优化等充实农村教育人力资本,空间互动状态下二者还存在跨区域作用效应。二者关系具体如图 1 所示。

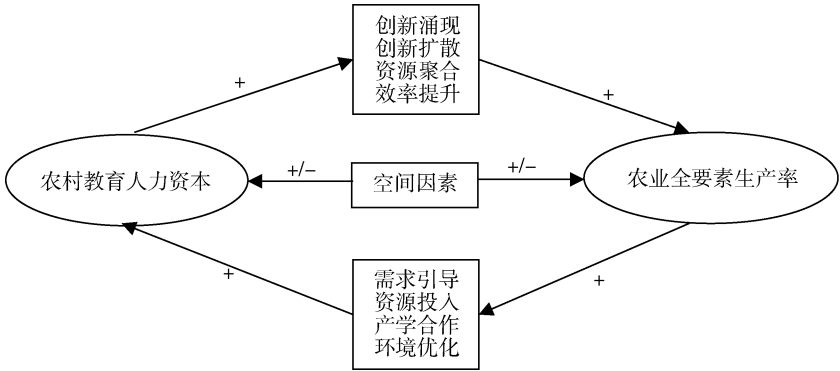


图 1 农村教育人力资本和农业全要素生产率增长关系

Fig. 1 Relationship between rural education human capital and agricultural total factor productivity

2 研究方法、指标选取与数据来源

2.1 农村教育人力资本和农业全要素生产率测度方法

根据“技术不会遗忘”的观点,本研究采用基于

序列 DEA 的 SE-U-SBM 和 Malmquist 指数计算农业全要素生产率,基于序列 DEA 的 SE-U-SBM 依据第 T 期及其之前所有期的投入产出数据确定当期最佳生产前沿,克服了传统 DEA 未考虑松弛变量和非“期望产出”以及无法区分有效决策单元的不

足,具体计算过程从略。进一步的,农业全要素生产率增长可分解为技术进步(TC)和技术效率(TE),前者是指生产函数所代表的生产前沿向产出增加方向上的移动,后者是指给定投入前提下实际产出向生产前沿面的移动。在变量选择中,投入变量包括农业牧渔从业人数、中间消耗和播种面积,分别刻画农业生产过程中的人力、生产资本和土地投入,产出指标为农林牧渔增加值,其中中间消耗和增加值数据进行了消胀处理。

2.2 空间联立方程

传统联立方程忽视了变量可能存在的空间溢出效应,而空间滞后模型(SLM)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM)等传统空间计量模型并未对解释变量和被解释变量交互作用进行刻画。为考察农村教育人力资本和农业全要素生产率之间的交互影响及其空间溢出效应,本研究构建如式(1)和(2)所示的空间联立方程:

$$\text{redu}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \sum_{j \neq i}^n \mathbf{W} \text{redu}_{jt} + \alpha_2 \sum_{j \neq i}^n \mathbf{W} \text{atfp}_{jt} + \alpha_3 \text{atfp}_{it} + \alpha X_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$\text{atfp}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \sum_{j \neq i}^n \mathbf{W} \text{atfp}_{jt} + \beta_2 \sum_{j \neq i}^n \mathbf{W} \text{redu}_{jt} + \beta_3 \text{redu}_{it} + \beta Z_{it} + \eta_{it} \quad (2)$$

式中: redu_{it} 和 atfp_{it} 分别指代*i*省域第*t*年农村教育人力资本和农业全要素生产率; X_{it} 和 Z_{it} 分别为影响农村教育人力资本和农业全要素生产率的一组控制变量; α_0 和 β_0 为常数项; ϵ_{it} 和 η_{it} 为随机误差项; α_1 为周边省域农村教育人力资本空间溢出的估计系数,表征农村教育人力资本空间溢出强度和方向; β_1 为周边省域农业全要素生产率溢出的估计系数,表征农业全要素生产率空间溢出强度和方向; α_2 和 β_2 用于检验农村人力资本和农业全要素生产率的空间交互影响,前者刻画周边省域农业全要素生产率对本地农村教育人力资本的影响强度和方向,后者刻画周边省域农村教育人力资本对本地农业全要素生产率的影响强度和方向; α_3 和 β_3 刻画了农村教育人力资本和农业全要素生产率的内生关系,以 α_3 为例,该数值显著为正(负)则表示农业全要素生产率提升对本地农村教育人力资本具有推动(抑制)作用; $\mathbf{W}$ 为空间权重矩阵。本研究依据各省省会城市经纬度坐标计算相互间直线距离,并在无量纲化

处理的基础上取倒数作为权重。

农村教育人力资本和农业全要素提升均为开放复杂系统,需要置于城市化进程、区域整体创新绩效和发展软环境以及农业生产条件等背景下综合考量。为尽可能避免遗漏变量导致的偏误,结合先前学者研究、指标代表性和数据可得性,本研究选取多个控制变量:1)城市化水平(Urbanization,urb),以非农人口占总人口比重刻画,城市化发展有助于通过示范和溢出效应充实农村教育资源和推动农业技术进步,但城市化进程中的虹吸效应对农村教育和农业创新资源积累也存在下行压力。2)产业结构升级(Industrial structure upgrading,ind),通过二三产业增加值占GDP比重刻画,产业结构升级有助于优化区域经济发展动能,增强农户教育支付意愿和农业新技术推广,但产业结构升级也存在移出农村创新资源削弱农村教育和农业生产率可能。3)政府财力(Government financial resource,gov),通过地方财政一般预算收入与GDP比值刻画,在农村教育资源仍以政府供给为主的前提下,政府财力增长有助于改善农村教育供给,对农业和农村基础设施投入也有助于改善农业生产效率。4)创新水平(Innovation,inn),通过万人均国内专利授权量刻画。创新水平提升有助于通过产学合作方式改善农村教育供给,农业创新要素的培育和引入能够显著提升农业生产效率。5)市场化程度(Marketization degree,mar),通过个体和私营企业就业人口占总人口比重确定,市场化程度提升有助于资源的高效流动和配置,增加创新要素的空间连接度,改善农村和农业发展动能,但市场程度高区域也有可能因企业就业和农业生产之间的收入落差削弱农户持续受教育意愿。6)农村固定资产投资(Rural fixed assets investment,fix),通过农村人均固定资产投资额刻画,农村固定资产投资能够改善农村教育和农业生产条件,提高农业经济韧性,并吸纳和留置创新资源。7)农业机械化水平(Agricultural mechanization,mec),通过农均机械动力计算,机械投入减少了农业生产过程中的体力付出,减少土地对农户劳动力资源的粘滞,机械化生产的示范效应也有助于提升农户参与教育和培训意愿。本研究核心变量和控制变量的原始数据均取自《中国统计年鉴》^[18]、《中国农村统计年鉴》^[19]和《中国人口和就业统计年鉴》^[2]和各省城年度统计公报,各指标均取对数处理,相关经济数据均进行了消胀。考察期内个别缺失值通过

插值法补齐,末期缺失值则依据趋势外推得出。

3 实证结果与分析

3.1 农村教育人力资本和农业全要素生产率测度结果

囿于篇幅,表1只报告了各省域农村教育人力资本和农业全要素生产率2001和2016年度值和考察期内均值。时序研究表明,考察期内我国农村教育人力资本呈现稳步上升趋势,农业全要素生产率则出现波动增长,进一步测算显示考察期内我国农业全要素生产率主要由技术进步引致,技术效率改进缓慢。西南和西北板块农村教育人力资本增幅居前,这与国家倾斜性区域政策特别对西部农村教育投入支持大幅增加有关;长江中游和西南省域农业全要素生产率增幅居前,这与农业创新空间扩散等有关。空间格局研究显示,我国农村教育人力资本仍呈现东中西梯度递减格局,农业全要素生产率则以江苏、上海、湖北和重庆等沿江等省域为高地。2001、2008和2016年省域农村教育人力资本的变异系数(CV)值分别为0.111、0.106和0.098,农村教育人力资本省际差异呈缩小趋势,3个年度农业全要素生产率CV值依次为0.061、0.083和0.040,全域内部农业全要素生产率差异存在有波动的缩小趋势。

3.2 空间相关性检验

参照Elhorst^[20]的做法,本研究通过观察非空间面板模型特定参数的方式确定农村教育人力资本和农业全要素生产率是否具有空间相关性。以农村教育人力资本为被解释变量方程为例,似然比(LR)检验显示时间固定效应显著,该模型下的拉格朗日乘数(LM)在1%显著水平下拒绝被解释变量不存在空间滞后项和空间滞后残差项的原假设,说明省域间农村教育人力资本存在空间相关性;同理,省域间农业全要素生产率也存在空间相关性(具体计算结果备索)。因而采用传统联立方程会导致估计结果出现偏差,需应用空间联立方程进行估计。

3.3 空间联立方程估计结果

本研究构建的空间联立方程模型中,农村教育人力资本和农业全要素生产率是内生变量,同时也作为解释变量出现,这种情况下使用OLS会导致估计失去一致性。根据模型识别条件,本研究所构建的空间联立方程属于过度识别,可采用广义三阶段最小二乘法(GS3SLS)进行整体估计。GS3SLS同

时考虑了内生变量潜在空间相关性和各方程随机扰动项之间可能存在的相关性,提高了估计的有效性。各变量方差膨胀因子VIF检验值均在5以下,表明本研究解释变量间不存在严重的多重共线性问题。基于GS3SLS估计结果如表2和3所示。

由表2和3可知,本地农村教育人力资本对农业全要素生产率影响系数为0.591且通过1%显著水平检验,在其他因素不变前提下,以受教育年限刻画的农村教育人力资本每提升1%,农业全要素生产率增长0.591%;本地农业全要素生产率对农村教育人力资本影响系数为1.476且通过1%显著水平检验,农业全要素生产率增长1%则会推动农村教育人力资本增长1.476%。农村教育人力资本和农业全要素生产率之间存在双向互促效应,农业全要素生产率在其中处于相对优势地位。农村教育人力资本积累能够通过创新扩散和资源聚合等方式提升农业全要素生产率,农业全要素生产率的提升则会改善农户教育支付意愿和支付能力,优化农村教育供给,不仅如此,农业全要素生产率增长对农村教育人力资本存量 and 结构调整都会产生引导作用,使之符合区域农业发展需要,充实农村教育发展的系统动力。空间互动状态下周边区域农村教育人力资本对本地农村教育影响显著为正,周边区域农村教育发展能够通过示范效应和资源溢出惠及本地;周边区域农业全要素生产率增长对本地农村教育人力资本影响显著为负,周边区域农业生产效率提升会通过资源移出方式削弱本地农村教育基础;周边区域农业全要素生产率和农村教育人力资本对本地农业全要素生产率分别具有显著的正向和负向影响,农业全要素生产率增长推动的涉农创新跨区域扩散和示范作用有利于本地农业提质增效,但周边区域农村教育的发展则会通过资源转移削弱本地农业发展潜能。

农村教育人力资本其他影响因素中,如表2所示,城市化进程影响显著为正,城市和城镇发展的示范效应有助于强化农村居民教育支付意愿,城市教育和其他资源向农村的反哺也有助于改善农村教育发展环境。政府财力和区域创新发展对农村教育人力资本影响方向为正但未通过显著性检验($P > 0.1$),现阶段随着城市化进程的快速推进,对农村教育资源形成了“抽水机”现象,造成农村教育特别是基础教育资源出现一定程度空心化,从夯实农村和农业发展基础出发,财政支出仍有必要向农村教育

表 1 省域农村教育人力资本和农业全要素生产率:2001 和 2016 年度值及考察期均值
Table 1 Provincial rural education human capital and agricultural total factor productivity:
The mean value of investigation period and year of 2001 & 2016

省(市、自治区) Province	2001		2016		均值 Mean	
	农村教育 人力资本 Rural education human capital (redu)	农业全要素 生产率 Agricultural total factor productivity (atfp)	农村教育 人力资本 Rural education human capital (redu)	农业全要素 生产率 Agricultural total factor productivity (atfp)	农村教育 人力资本 Rural education human capital (redu)	农业全要素 生产率 Agricultural total factor productivity (atfp)
北京 Beijing	9.561	1.099	10.874	0.997	10.311	1.026
天津 Tianjin	8.482	1.024	9.470	1.024	8.940	1.041
河北 Hebei	8.513	1.075	9.200	1.004	8.879	1.054
山西 Shanxi	8.349	1.020	8.923	0.992	8.682	1.033
内蒙古 Neimenggu	7.856	1.067	8.523	0.981	8.194	1.028
辽宁 Liaoning	8.436	1.022	8.752	0.922	8.687	1.064
吉林 Jilin	8.138	0.980	8.264	0.955	8.215	1.033
黑龙江 Heilongjiang	8.242	1.080	8.236	0.996	8.295	1.064
上海 Shanghai	8.762	1.062	10.088	1.014	9.499	1.088
江苏 Jiangsu	7.973	1.049	8.902	1.005	8.473	1.129
浙江 Zhejiang	7.852	1.071	8.775	1.044	8.275	1.056
安徽 Anhui	7.434	1.009	8.463	1.021	7.831	1.033
福建 Fujian	7.812	1.059	8.757	1.122	8.232	1.073
江西 Jiangxi	7.704	1.082	8.293	1.009	8.058	1.043
山东 Shandong	8.293	1.039	9.002	1.010	8.732	1.049
河南 Henan	8.145	1.039	8.812	1.006	8.511	1.035
湖北 Hubei	7.998	1.021	8.735	1.086	8.359	1.066
湖南 Hunan	8.187	1.288	8.702	1.023	8.476	1.044
广东 Guangdong	8.137	1.065	9.270	1.056	8.674	1.052
广西 Guangxi	7.872	0.917	8.840	1.027	8.493	1.024
海南 Hainan	8.113	0.951	9.032	1.067	8.550	1.047
重庆 Chongqing	7.399	1.028	8.303	1.116	7.826	1.071
四川 Sichuan	7.256	0.970	7.991	1.026	7.673	1.012
贵州 Guizhou	6.167	0.991	7.455	1.065	6.919	1.030
云南 Yunnan	6.294	1.051	7.671	1.018	6.958	1.025
陕西 Shaanxi	7.782	1.033	8.724	1.042	8.309	1.054
甘肃 Gansu	6.693	1.032	8.512	1.013	7.491	1.031
青海 Qinghai	5.201	1.046	5.914	1.021	5.934	1.026
宁夏 Ningxia	6.832	1.004	7.840	1.009	7.013	1.037
新疆 Xinjiang	7.275	0.968	8.393	1.002	7.903	1.072

表 2 农村教育人力资本回归结果

Table 2 Regression results of rural education human capital

变量 Variables	系数 Coefficient	标准误 standard error	T 值 T value	P 值 P value	95%置信区间 95% confidence interval	
农村教育人力资本空间滞后项 $W * redu$	1.858	0.319	5.820	0.000	1.232	2.485
农业全要素生产率空间滞后项 $W * atfp$	-1.589	0.407	-3.910	0.000	-2.387	-0.791
农业全要素生产率 $atfp$	1.476	0.243	6.070	0.000	0.998	1.953
城市化水平 urb	0.205	0.027	7.660	0.000	0.153	0.258
产业结构升级 ind	-0.160	0.099	-1.610	0.107	-0.355	0.035
政府财力 gov	0.003	0.022	0.120	0.903	-0.041	0.046
创新水平 inn	0.010	0.009	1.050	0.295	-0.008	0.028
市场化程度 mar	-0.066	0.017	-3.880	0.000	-0.099	-0.033
农村固定资产投资 fix	-0.028	0.013	-2.210	0.027	-0.053	-0.003
农业机械化水 mec	-0.014	0.014	-1.050	0.296	-0.041	0.013
R^2			0.997			

表 3 农业全要素生产率回归结果

Table 3 Regression results of agricultural total factor productivity

变量 Variables	系数 Coefficient	标准误 standard error	T 值 T value	P 值 P value	95%置信区间 95% confidence interval	
农业全要素生产率空间滞后项 $W * atfp$	1.050	0.122	8.580	0.000	0.810	1.291
农村教育人力资本空间滞后项 $W * redu$	-1.077	0.167	-6.430	0.000	-1.405	-0.748
农村教育人力资本 $redu$	0.591	0.052	11.430	0.000	0.489	0.692
城市化水平 urb	-0.149	0.023	-6.500	0.000	-0.194	-0.104
产业结构升级 ind	0.083	0.068	1.220	0.221	-0.050	0.216
政府财力 gov	0.004	0.014	0.310	0.756	-0.024	0.032
创新水平 inn	-0.004	0.006	-0.610	0.542	-0.016	0.008
市场化程度 mar	0.051	0.012	4.290	0.000	0.028	0.074
农村固定资产投资 fix	0.017	0.009	1.950	0.052	0.000	0.034
农业机械化水平 mec	0.009	0.009	0.940	0.345	-0.010	0.027
R^2			0.571			

倾斜。此外,农村教育和科技创新之间的响应机制亦有待建立,进一步通过科技创新的应用和示范效应深度优化农村教育生态。值得注意的是,以私营和个体从业人数占比刻画的区域市场化程度对农村教育人力资本影响显著为负,持续教育意味着农户的持续投入,而中断学业进入企业则意味着收益,尽管持续教育有助于改善个体发展潜能,但受经济压力

的影响,提前中断学业进入企业成为农户短期内的理性选择,因此需要多措并举提升农村教育收益率,并通过稳定农业生产和推动农民增收进一步增强农户接受高层次教育意愿。农村固定资产投资对农村教育人力资本影响为负,我们推测其中部分原因在于现阶段农村固定资产投资仍倾向于中西部地区,与农村教育人力资本关联度较低,此外住房等固定资产投资

在一定程度上也抑制了农户教育支付能力。

农业全要素生产率其他影响因素中,如表3所示,城市化进程影响显著为负,快速城市化发展对农村创新资源的产生了虹吸作用,因而对农业提质增效产生了下行压力,因此需进一步发挥以城带乡作用,推动城市创新资源向农村溢出,提升农业发展效率。政府财力和区域创新水平对农业全要素生产率影响不显著($P>0.1$),从推动农业提质增效出发,农业财政支出和涉农技术创新仍需深入。市场化进程和农村固定资产投资对农业全要素生产率影响显著为正,市场化程度推动了创新要素流转和配置效率,农村固定资产投资有助于改善农业生产条件和抗风险能力,提升农业发展效率。农业机械化水平对农业全要素生产率影响不显著,我国农业机械化

仍需进一步推广和普及。

本研究进一步分别测度了农村教育人力资本与农业技术进步(ATC)和技术效率(ATE)的空间交互溢出效应,如表4所示。农村教育人力资本与农业技术进步之间以及农村教育人力资本与农业技术效率提升之间均存在双向互促关系,技术进步和技术效率在其中发挥优势作用。比较显示,农业技术进步对农村教育人力资本的推动作用较农业技术效率更为明显,农村教育对农业技术效率的推动作用比对农业技术进步的影响更为明显。由技术创新和创新扩散直接引致的农业技术进步通过发展示范效应和社会生态环境优化能够显著促进农村教育发展,农村教育人力资本提升则能够通过生产技能提升和创新聚合效应显著改善农业技术效率。

表4 农村教育人力资本与农业技术进步/技术效率交互效应

Table 4 Interaction effect of rural education human capital and agricultural technical progress/technical efficiency

变量 Variables	农业技术进步 Agricultural technical change		农业技术效率 Agricultural technical efficiency	
	农村教育人力资本 redu	农业技术进步 ATC	农村教育人力资本 redu	农业技术效率 ATE
农村教育人力资本空间滞后项 $W * redu$	0.524(0.353)	-0.179* (0.085)	1.785*** (0.282)	-1.142*** (0.179)
农业技术进步空间滞后项 $W * ATC$	-1.040(0.859)	0.879*** (0.104)	—	—
农业技术效率空间滞后项 $W * ATE$	—	—	-1.370*** (0.331)	1.026*** (0.112)
农村教育人力资本 $redu$	—	0.200*** (0.029)	—	0.630*** (0.060)
农业技术进步 ATC	2.416*** (0.644)	—	—	—
农业技术效率 ATE	—	—	1.287*** (0.248)	—
控制变量 $Control\ variables$	—	—	—	—
R^2	0.995	0.873	0.998	0.198

注: * $P<0.1$, ** $P<0.05$, *** $P<0.01$,括号内数值为标准误,下同。
Note: * $P<0.1$, ** $P<0.05$ and *** $P<0.01$. Standard error is in brackets. The same below.

3.4 分时段估计结果

本研究考察时段为2001—2016年,期间我国农村教育人力资本和农业生产效率存在明显变化,本部分将考察时段分为十五(2001—2005)、十一五(2006—2010)和十二五(2011—2015)3个时段,考察不同阶段农村教育人力资本和农业全要素生产率交互溢出效应变化,各阶段估计结果如表5所示。十五期间农村教育人力资本和农业全要素生产率的交互效应均显著为负,这期间农村教育的相对滞后

导致人力资本成为推动农业全要素生产率增长“短板”,不利于农业创新涌现和创新扩散,农业全要素生产率增长对教育人力资本的支撑作用亦不完善。十一五期间农村教育人力资本和农业全要素生产率的交互效应由负转正但仍不显著($P>0.1$),随着农村教育资源持续投入和教育水平提升,教育人力资本对农业全要素生产率的抑制作用得以缓和,农业全要素生产率增长的创新驱动为农村教育人力资本增长提供了资源基础和需求引导。十二五期间农村

教育人力资本和农业全要素生产率的交互效应显著为正,二者形成正向互促机制,农村教育水平提升为农业全要素生产率增长提供了人力支撑,农业提质增效也进一步优化了农村教育发展潜能。其他影响因素中,城市化进程对农村教育人力资本影响在3个时段内均显著为正且随时间推移呈强化趋势,十五期间城市化发展对农业全要素生产率影响显著为正,十一五期间并不显著,十二五期间则为负,十一五以来的快速城市化发展对农业生产绩效产生了下行压力,城市化进程中更需彰显城乡协调发展。十五期间政府财力对农村教育和农业全要素生产率影响显著为负,十二五期间则不显著,强化三农财政支

出仍是推动农村教育和农业发展的重要内容。区域创新水平在十五期间对农村教育人力资本和农业全要素生产率影响显著为正,在十二五期间影响并不显著,尽管现阶段我国专利授权增长迅速,但对农村教育和农业提质增效的推动作用仍较弱。市场化程度对农村教育人力资本影响在三阶段均显著为负,提升农业生产的比较收益和农户教育收益率对提升农村教育人力资本具有重要意义。十二五期间农村固定资产投资和农业机械化水平对农业全要素生产率影响显著为正,随着农业生产条件的逐步完善和土地合理流转,优化农业基础设施建设和机械化水平成为提升农业全要素生产率的重要途径。

表 5 分时段估计结果
Table 5 Estimation results of time segments

变量 Variables	十五 10th Five-Year Plan period		十一五 11th Five-Year Plan period		十二五 12th Five-Year Plan period	
	农村教育 人力资本 redu	农业全要 素生产率 atfp	农村教育 人力资本 redu	农业全要 素生产率 atfp	农村教育 人力资本 redu	农业全要 素生产率 atfp
农村教育人力资本空间 滞后项 $W * redu$	1.170*** (0.348)	0.489 (0.323)	0.734 (0.495)	0.051 (0.535)	2.116*** (0.451)	-1.380*** (0.338)
农业全要素生产率空间 滞后项 $W * atfp$	0.525 (0.353)	0.775*** (0.138)	-0.579 (0.392)	1.111*** (0.205)	-0.839** (0.364)	1.000*** (0.156)
农村教育人力资本 redu	—	-0.478*** (0.122)	—	0.120 (0.152)	—	0.469*** (0.083)
农业全要素生产率 atfp	-0.856** (0.406)	—	0.133 (0.209)	—	0.920*** (0.219)	—
城市化水平 urb	0.146*** (0.046)	0.094** (0.047)	0.245*** (0.039)	-0.043 (0.060)	0.258*** (0.051)	-0.130*** (0.045)
产业结构升级 ind	-0.525*** (0.132)	-0.252* (0.139)	-0.406*** (0.138)	-0.099 (0.173)	-0.361** (0.144)	0.106 (0.118)
政府财力 gov	-0.141*** (0.044)	-0.108*** (0.035)	-0.040 (0.027)	-0.065** (0.032)	-0.038 (0.030)	0.031 (0.024)
创新水平 inn	0.097*** (0.019)	0.053*** (0.020)	0.046*** (0.014)	0.008 (0.018)	0.002 (0.012)	0.011 (0.008)
市场化程度 mar	-0.035* (0.020)	-0.011 (0.019)	-0.087*** (0.028)	0.064* (0.035)	-0.057** (0.022)	0.029 (0.018)
农村固定资产投资 fix	-0.043 (0.028)	-0.021 (0.026)	-0.032 (0.021)	-0.050** (0.021)	-0.061*** (0.017)	0.051*** (0.011)
农业机械化水平 mec	0.035* (0.020)	0.017 (0.019)	0.008 (0.019)	0.005 (0.025)	-0.045** (0.020)	0.039** (0.016)
R^2	0.992	0.583	0.993	0.807	0.996	0.747

4 讨论与结论

提升农村教育水平和农业全要素生产率对推动农业供给侧结构性改革和乡村振兴都具有深远意义。基于2001—2016年数据和空间联立方程模型研究表明,农村教育人力资本和农业全要素生产率之间存在互促效应,农业全要素生产率在其中居于优势地位,空间互动状态下周边区域农村教育人力资本发展能够惠及本地农村教育但不利于本地农业全要素生产率增长,周边区域农业全要素生产率增长对本地农业全要素生产率存在正向溢出但不利于本地农村教育发展,农村教育人力资本和农业全要素生产率的空间交互效应存在时间异质性。此外,城市化进程对农村教育人力资本具有积极影响,市场化程度对农村教育人力资本则具有一定程度消极影响,农村固定资产投资和农业机械化水平对农业全要素生产率的推动作用随时间推移愈发显著。

本研究结论具有较强的政策启示。首先,提升农业全要素生产率不仅有助于农业增产和农民增收,对农业教育人力资本积累具有显著促进作用。因此,需进一步完善农业基础设施建设,改善农业生产条件,实施科技兴农战略,加大农业生产中的机械投入,推动土地合理流转,提升知识资本对农业生产的贡献,实现农业集约式发展。在快速城市化发展背景下,特别需要发挥城市和二三产业对农业提质增效的反哺效应,增强农业内生发展能力。其次,优化农村教育生态系统,充实农村教育人力资本。农村教育在优化人力资本和夯实农村发展潜能中具有重要地位,对推动农业提质增效也具有显著意义,现阶段需进一步统筹城乡教育发展,强化农村教育在公共财政投入中的优先地位,建立制度化的农村弱势群体教育机会补偿机制,鼓励社会资本加入农村教育。在全面巩固农村义务教育成果基础上,因地制宜深入完善农村后义务教育特别是职业教育发展体系,全面改善乡村信息和文化环境,拓展农户获取信息渠道,让农村适龄青年和劳动力便捷进入“开放大学”学习,不断提升农村劳动力的教育收益率。再次,强化农村教育人力资本和农业生产率之间的互促关系。农村教育特别是农户培训需要强化生产效率导向,推动农业创新资源和先进生产技术扩散,提升知识资本对农业产出的贡献;通过农业生产率提升强化农户教育支付意愿和能力,提升农户科技和信息素养,实现农村教育和农业生产率的“循环上

升”。最后,统筹区域间农村教育和农业全要素生产率关系,鼓励领先区域农村教育资源和农业生产技术溢出,发挥发展高地的辐射作用,推动创新资源在不同区域农村相对均衡配置,对发展相对滞后区域而言,需进一步夯实农村教育和农业发展基础,为承接领先区域创新要素转移创造条件。

本研究实证分析了农村教育人力资本和农业全要素生产率的空间交互作用,未来研究可按如下方面深入展开:一是将研究空间尺度由省域向市县拓展,关注省域内部不平衡现象,为市县农村教育和农业发展提供启示;二是分析不同层次农村教育与农业全要素生产率之间的关系,为优化配置农村教育资源和增加教育投入资源绩效提供依据;三是增加政策仿真研究,观察和比较不同政策对空间互动状态下农村教育人力资本和农业全要素生产率相互关系的影响,为优化农村教育和农业生产绩效提供直接借鉴。

参考文献 References

- [1] Yue A, Tang B, Shi Y J, Tang J J, Shang G M J, Medina A, Rozelle S. Rural education across China's 40 years of reform: Past successes and future challenges[J]. *China Agricultural Economic Review*, 2018, 10(1): 93-118
- [2] 国家统计局人口和就业统计司. 中国人口和就业统计年鉴(2002—2017)[M]. 北京: 中国统计出版社(2002—2017)
Department of Population and Employment Statistics in National Bureau of Statistics. *China Population & Employment Statistics Yearbook* (2002—2017)[M]. Beijing: China Statistics Press(2002—2017) (in Chinese)
- [3] 于伟, 张鹏. 我国省域农村教育与农业现代化的耦合协调发展[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2015, 14(1): 16-24
Yu W, Zhang P. Study on the coordinated development of provincial rural education and agricultural modernization of China's provinces[J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2015, 14(1): 16-24 (in Chinese)
- [4] 周晓时, 李谷成, 刘成. 人力资本、耕地规模与农业生产效率[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2018(2): 8-17
Zhou X S, Li G C, Liu C. Human capital, land scale and agricultural production efficiency[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2018(2): 8-17 (in Chinese)
- [5] 彭代彦, 吴翔. 中国农业技术效率与全要素生产率研究: 基于农村劳动力结构变化的视角[J]. 经济学家, 2013(9): 68-76
Peng D Y, Wu X. A study on China's agricultural technology efficiency and TFP: A perspective on the changes in the

- structure of rural labor force[J]. *Economist*, 2013(9): 68-76 (in Chinese)
- [6] 孙一平, 周向. 异质性人力资本对中国农业经济增长的影响研究[J]. 农业技术经济, 2015(4): 108-119
Sun Y P, Zhou X. Research on the impact of heterogeneous human capital on China's agricultural economic growth[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2015(4): 108-119 (in Chinese)
- [7] 王兴稳, 钱忠好. 教育能促进农地承包经营权流转吗: 基于江苏、湖北、广西、黑龙江4省120户农户的调查数据[J]. 农业技术经济, 2015(1): 11-21
Wang X W, Qian Z H. Can education promote the transfer of farmland contracting and management rights: based on the survey data of 120 peasant households in four provinces of Jiangsu, Hubei, Guangxi and Heilongjiang[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2015(1): 11-21 (in Chinese)
- [8] Deng R, Ran G H, Zheng Q, Wu X J. The nonlinear effect of agricultural informatization on agricultural total factor productivity in China: A threshold test approach[J]. *Custos e Agronegocio On Line*, 2018, 14(2): 213-236
- [9] 刘洋, 熊学萍, 刘海清, 刘恩平. 农户绿色防控技术采纳意愿及其影响因素研究: 基于湖南省长沙市348个农户的调查数据[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(4): 263-271
Liu Y, Xiong X P, Liu H Q, Liu E P. Research on farmers willingness to adopt green control techniques and influencing factors: Empirical evidence from 348 farmers in Hunan Province [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2015, 20(4): 263-271 (in Chinese)
- [10] 官爱兰, 蔡燕琦. 农村人力资本开发对农业经济发展的影响: 基于中部省份的实证分析[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(1): 31-37
Guan A L, Cai Y Q. Effects of rural human capital exploitation on agricultural economy development: An empirical analysis of the central province[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2015, 36(1): 31-37 (in Chinese)
- [11] 李文华. 基于DEA-Malmquist指数的中国农业全要素生产率时空差异及影响因素分析[J]. 山东农业大学学报: 社会科学版, 2018, 20(2): 96-103
Li W H. Total factor productivity of China's agriculture based on DEA-Malmquist index analysis of time and space difference and influencing factors[J]. *Journal of Shandong Agricultural University: Social Science Edition*, 2018, 20(2): 96-103 (in Chinese)
- [12] 石慧, 吴方卫. 中国农业生产率地区差异的影响因素研究: 基于空间计量的分析[J]. 世界经济文汇, 2011(3): 59-73
Shi H, Wu F W. Research on the influencing factors of regional difference of agricultural productivity in China: Based on spatial measurement[J]. *World Economic Papers*, 2011(3): 59-73 (in Chinese)
- [13] 陈刚, 王燕飞. 农村教育、制度与农业生产率: 基于中国省级层面数据的实证研究[J]. 农业技术经济, 2010(6): 18-27
Chen G, Wang Y F. Rural education, system and agricultural productivity: An empirical study based on data at provincial level in China[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2010(6): 18-27 (in Chinese)
- [14] 韩海彬, 赵丽芬, 张莉. 异质型人力资本对农业环境全要素生产率的影响: 基于中国农村面板数据的实证研究[J]. 中央财经大学学报, 2014(5): 105-112
Han H B, Zhao L F, Zhang L. The influence of heterogeneous human capital on agricultural environmental total factor productivity: Empirical research based on rural panel data[J]. *Journal of Central University of Finance & Economics*, 2014(5): 105-112 (in Chinese)
- [15] 王英姿. 中国现代农业发展要重视舒尔茨模式[J]. 农业经济问题, 2014, 35(2): 41-44
Wang Y Z. Shultz model should be paid attention to in the development of modern agriculture in China [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2014, 35(2): 41-44 (in Chinese)
- [16] Schultz T W. The value of ability to deal with disequilibria [J]. *Journal of Economic Literature*, 1975, 13(3): 827-846
- [17] Welch F. Education in production[J]. *Journal of Political Economy*, 1970, 78(1): 35-39
- [18] 国家统计局. 中国统计年鉴(2002—2017)[M]. 北京: 中国统计出版社(2002—2017)
National Bureau of Statistics. *China Statistics Yearbook (2002—2017)*[M]. Beijing: China Statistics Press (2002—2017) (in Chinese)
- [19] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴(2002—2017)[M]. 北京: 中国统计出版社(2002—2017)
Department of Rural Socio Economic Investigation in National Bureau of Statistics. *China Rural Statistics Yearbook (2002—2017)*[M]. Beijing: China Statistics Press (2002—2017) (in Chinese)
- [20] Elhorst J P. Spatial panel data models[M]. In: Fischer M M, Getis A, eds. *Handbook of Applied Spatial Analysis*. Berlin: Springer, 2010: 377-407

责任编辑: 王岩