



于丽艳,史晨宇,杨鑫,穆月英.乡村数字化对中国农业韧性的影响机制——基于耦合协调度和中介效应模型的实证[J].中国农业大学学报,2023,28(07):308-320.
YU Liyan, SHI Chenyu, YANG Xin, MU Yueying. Impact mechanism of rural digitization on China's agricultural resilience: An empirical study based on the coupling coordination degree and mediating effect models[J]. Journal of China Agricultural University, 2023, 28(07): 308-320.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2023.07.26

乡村数字化对中国农业韧性的影响机制 ——基于耦合协调度和中介效应模型的实证

于丽艳¹ 史晨宇¹ 杨鑫² 穆月英^{3*}

(1. 天津科技大学 经济与管理学院, 天津 300457;

2. 中国社会科学院 农村发展研究所, 北京 100732;

3. 中国农业大学 经济管理学院, 北京 100083)

摘要 为探究乡村数字化对农业韧性的影响,利用2011—2020年中国30个省(直辖市、自治区)的面板数据(统计数据未含西藏及港澳台地区,下同),采用熵值法测算了中国农业韧性与乡村数字化发展水平。利用耦合协调度模型、中介效应模型分析了二者的协调程度,探究了乡村数字化对农业韧性的作用机制。结果表明:当前我国农业韧性水平与乡村数字化发展水平及二者的耦合协调程度总体呈上升趋势;乡村数字化可通过缩小城乡收入差距、提升农村人力资本水平促进农业韧性提高;乡村数字化在农业韧性水平低的地区提升效应更加明显。

关键词 乡村数字化; 农业韧性; 城乡收入差距; 农村人力资本; 耦合协调度

中图分类号 F323.3;F323.11

文章编号 1007-4333(2023)07-0308-13

文献标志码 A

Impact mechanism of rural digitization on China's agricultural resilience: An empirical study based on the coupling coordination degree and mediating effect models

YU Liyan¹, SHI Chenyu¹, YANG Xin², MU Yueying^{3*}

(1. College of Economics and Management, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China;

2. Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;

3. College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract In order to explore the impact of rural digitization on agricultural resilience, this study uses the panel data of 30 provinces (municipalities and autonomous regions) in China from 2011 to 2020 (Data do not include those of Tibet, Hong Kong, Macao and Taiwan regions. The same below), and adopts entropy method to estimate the development level of agricultural resilience and rural digitization in China. The coupling coordination degree model and the intermediary effect model are used to analyze the coordination degree of agricultural resilience and rural digitization, and the mechanism of rural digitization on agricultural resilience is explored. The results show that: The level of agricultural resilience, level of rural digitization development and degree of their coupling and coordination are on the rise. The rural digitization can improve agricultural resilience by narrowing urban-rural income gap and improving rural

收稿日期: 2023-02-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(71773121); 国家社会科学基金重大项目(18ZDA074); 现代农业产业技术体系北京市产业经济与政策创新团队项目(BAIC11-2023)

第一作者: 于丽艳(ORCID:0009-0006-1599-2606), 教授, 主要从事农业经济理论与政策研究, E-mail: yuliyant@tust.edu.cn

通讯作者: 穆月英(ORCID:0000-0003-3436-4593), 教授, 主要从事农业经济理论与政策研究, E-mail: yueyingmu@cau.edu.cn

human capital. The rural digitization is more effective in areas with low agricultural resilience.

Keywords agricultural resilience; rural digitization; urban-rural income gap; rural human capital; coupling coordination degree analysis

目前,中国正在由农业大国走向农业强国,面对复杂的外部环境,2023年“中央一号文件”提出我国要立足国情农情,建设产业韧性强的农业强国,突出强调了“韧性”对于农业高质量发展的重要性。随着以5G、大数据、区块链、人工智能等为代表的数字化基础设施的快速建设,数字经济成为了拉动经济增长的新动力,特别是伴随着数字化与农业的不断融合,数字技术在农业农村领域的应用程度日益攀升。2019年,我国在《数字乡村发展战略纲要》^①中明确提出,数字乡村是伴随网络化、信息化和数字化在农业农村经济社会发展中的应用,是乡村振兴的战略方向,重点强调了乡村数字化对于农业各领域的重要作用。因此,在该背景下探究乡村数字化对于农业韧性的影响具有重要意义。

“韧性”,是指物体受到外力冲击后能够依靠自身的抵抗力恢复到原有状态的能力,最早属于物理学概念,并于1973年被引入生态学研究^[1],后经经济学家 Huggins 等^[2]、Martin 等^[3]进行梳理引入经济学界,经济韧性可以概括为:经济系统在受到外界不利因素冲击后,依靠系统自身内在的抵抗力,恢复到原有经济状态,并获得可持续发展的能力。当前,我国对于经济韧性的研究对象主要集中在区域层面、城市层面与工业层面,研究思路主要集中在两个方面:一方面是关于经济韧性的测度与时空演化。当前研究表明,我国经济韧性整体上呈上升趋势,但区域内部差异明显,区域间差距呈上升趋势。经济韧性在城市群间存在着正向的空间溢出效应^[4-7]。另一方面是从经济韧性的影响因素出发,分别从政府调控能力^[8]、产业多样性^[9]、数字金融^[6]等方面实证研究了其对区域、工业经济韧性的影响。相较区域韧性、工业韧性的研究而言,目前学术界对于农业韧性的研究起步相对较晚。在农业韧性的内涵上,农业韧性于农业系统来说是固有存在的,并不会因受到外力的影响、政策的实施而突然的出现或消失,只会在不同的发展时期存在着韧性强弱的波动,即农业韧性是一种强弱水平的属性,而非所期望的目标或结果^[10]。已有国外文献表明,市场风险^[11]、粮

食价格波动^[12]、农业产业政策的调整^[13]、农业关键功能的调整^[14]被视为冲击农业系统的主要因素,而提高农业风险的预测能力和农业专业化水平是提高农业韧性的重要关键^[15],特别是在全球遭受新冠肺炎冲击后,许多国家发现,农产品销售模式的多元化、农村闲置人口向非农部门的转移、农民社会网络的构建、充足的财政补贴和优秀的企业家精神对农业韧性的提升具有着积极的促进作用^[13,16-18],且与国家的短期利益相比,提升农业韧性对于国家的经济系统的稳定运行更具有长期价值。与此同时,我国对于农业韧性的研究亦表明:当前,我国农业韧性整体呈不断优化趋势且各省份间存在着明显的空间关联性^[19],区域间农业韧性发展差异呈不断缩小趋势^[20],政府涉农财政支持力度、环境规制强度、科研投入水平、产业融合发展水平对农业韧性的发展具有显著影响^[10,19-21]。

乡村数字化是在全球数字经济发展的背景下,数字技术通过在农村领域的覆盖渗透,对农村生产技术手段、社会管理模式、组织联系方式进行数字化赋能的过程,乡村数字化是农村实现高质量发展的阶段性成果^[22]。本研究重点关注的是乡村数字化对于农业韧性的影响。国外研究表明,乡村数字化可以有效地降低农业生产成本与农业环境污染^[23],提高农产品产量,加快先进技术在农村领域的广泛传播^[24],带动农业可持续发展^[25],促进农业韧性提升。我国有关乡村数字化对于农业韧性的研究多从数字化对于农业现代化发展^[26]、农业绿色全要素生产率提升^[27]等方面隐含的表明数字化对于农业韧性的影响,仅有少量的研究将数字化对于农业韧性的影响做出直接研究:从影响路径上看,数字经济可通过产业结构优化提高农业韧性^[28]。在空间格局来看,数字乡村在我国流通数字化程度较高,产业融合较高的地区对我国粮食体系韧性的提升效果更为明显^[29]。此外,数字经济对农业韧性还存在着正向的空间溢出效应。

综上所述,我国当前针对数字化对韧性影响的研究多停留在区域整体层面^[30]、城市层面^[31],而乡

① 中共中央办公厅、国务院办公厅 2019 年印发, http://www.gov.cn/zhence/2019-05/16/content_5392269.htm

村数字化对农业韧性的实证研究有待进一步丰富。并且现有文献多倾向于研究数字化与农业韧性的单向作用关系,而基于二者协调发展视角出发的文献较少。其次,现有研究乡村数字化对农业韧性影响的文献中,仅从粮食韧性的角度进行分析,并未将农业整体韧性体系纳入测度的范围内。再次,当前研究发现数字乡村建设对于农业韧性的提升具有直接效应,考虑到乡村数字化发展对农业韧性可能存在着间接影响,乡村数字化对于农业韧性的影响路径仍有待进一步探索。同时,考虑到我国幅员辽阔,各地区的资源禀赋各不相同、经济发展程度也存在着明显差异,乡村数字化对农业韧性影响的区域异质性讨论仍有待丰富。基于以上分析,本研究采用2011—2020年省级面板数据,测算了样本期内全国30个省级行政区的乡村数字化与农业韧性水平,并探究了二者的协调发展程度及乡村数字化对于农业韧性的作用路径。以期为加速我国乡村数字化转型,提升农业韧性提供理论支持。

1 评价指标体系、分析模型及数据说明

1.1 评价指标体系构建

1.1.1 农业韧性的评价指标体系

本研究参考蒋辉^[32]的研究,从抵抗力、适应力、重构力3个维度出发,构建农业韧性指标体系。其中,生产能力、乡村居民的消费结构、农产品运输的时效性是衡量农业抵抗力的重要经济指标,反映了地区粮食、农产品的供给保障能力。选取农作物播种面积等8个指标进行衡量。适应力,反映了农业系统在遭受外力冲击至重新再构这一过渡过程中,经济发展水平、农民生活水平及自然生态的变化。因此,本研究采用第一产业增加值增长率等7个指标进行衡量。其中,由于农产品的生产、农业经济的增长离不开农业物质投入,但农业物质投入又在一定程度上加剧了农业生态环境的恶化,因此将该类指标的作用方向设定为负向。重构力,反映了农业系统在经过适应期后,依靠自身的调整与改进,使其获得可持续发展的能力。金融机构的信贷支持、政府财政补贴力度、研发机构资金与人才的支撑、生态环境的有效保护是重构力的重要组成部分。本研究用金融机构涉农贷款余额、农业研发投入等8个指标对重构力进行衡量(表1)。参考王军等^[33]的研究,利用熵值法确定各项指标的具体权重。

1.1.2 乡村数字化水平的评价指标体系

本研究参考金绍荣等^[34]、孙淑惠等^[35]的研究,利用熵值法从乡村数字化信息基础设施建设、乡村数字化服务与物联网技术应用投资、乡村数字化金融建设、乡村数字化交易与贸易服务4个维度对乡村数字化指数进行测度(表2)。

1.2 分析模型选取

1.2.1 耦合协调度模型

耦合协调度模型来源于物理学领域,常被用来分析两种变量间的发展协调程度。考虑到我国近年来乡村数字化与农业韧性不断发展,各地区受自然禀赋、发展定位的差异,农业韧性与乡村数字化发展可能存在着不同步、不一致的现象。因此本研究参考蒋辉等^[21]的研究,利用耦合协调度模型分析我国农业韧性与乡村数字化的协调发展程度。耦合协调度的表达式如式(1)~(3)所示。

$$CD = \left[\frac{Z_1 \times Z_2}{[(Z_1 + Z_2)/2]^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$DCC = \sqrt{CD \times T} \quad (2)$$

$$T = g_1 Z_1 + g_2 Z_2 \quad (3)$$

式中:CD为耦合度;T为综合发展指数;DCC为耦合协调度; γ_1 和 γ_2 为待定系数; Z_1 、 Z_2 分别为农业韧性、乡村数字化发展指数。考虑到农业韧性与乡村数字化具有同样的重要地位,故将 γ_1 、 γ_2 均设为0.5。耦合协调度等级划分如表3所示。

1.2.2 中介效应模型

本研究在采用熵值法测度农业韧性与乡村数字化发展水平的基础上,参考温忠麟等^[36]的研究,构建如下递归方程,检验乡村数字化对于农业韧性的直接效应与间接效应:

$$Aeres_{it} = \text{cons}_1 + \beta_1 \text{Agdig}_{it} + \delta_1 \text{Control}_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\text{Med}_{it} = \text{cons}_2 + \beta_2 \text{Agdig}_{it} + \delta_2 \text{Control}_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$Aeres_{it} = \text{cons}_3 + \beta_3 \text{Med}_{it} + \beta_4 \text{Agdig}_{it} + \delta_3 \text{Control}_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中:Aeres为农业韧性,为本研究的被解释变量。Agdig为乡村数字化发展程度,为本研究的核心解释变量。Control为一系列控制变量,本研究参考相关文献^[10,20],对以下变量做出了控制:水利基础设施(Facility)采用有效灌溉面积与耕地面积之比表示;对外开放水平(Fdi),采用地区当年外商直接投

表1 农业韧性的评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of agricultural resilience

一级指标 First-class index	二级指标 Second-class index	作用方向 Direction
抵抗力 Resistance	农作物播种面积	正向
	单位面积粮食产量	正向
	农业机械总动力	正向
	第一产业增加值占地区生产总值比重	正向
	第一产业从业人员数量	正向
	乡村消费品零售额占社会消费品零售额的比重	正向
	农村居民恩格尔系数	负向
	乡村公路里程	正向
适应力 Adaptability	第一产业增加值增长率	正向
	农村人均消费支出额	正向
	农村居民人均可支配收入	正向
	农作物受灾面积占农作物总播种面积比重	负向
	单位农业产值化肥消耗量	负向
	单位农业产值农药消耗量	负向
	单位农业产值农用柴油消耗量	负向
重构力 Reconstruction	金融机构涉农贷款余额	正向
	农村住户固定资产投资向农林牧渔业投资额	正向
	水土流失治理面积/辖区面积	正向
	农业研发投入	正向
	高等农业院校本、专科在校学生数	正向
	公有经济企事业单位农业技术人员	正向
	财政农林水支出	正向
农村用电量	正向	

表2 乡村数字化的评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of rural digitization

一级指标 First-class index	二级指标 Second-class index	作用方向 Direction
乡村数字化信息基础设施建设 Rural digital information infrastructure construction	农村互联网宽带接入用户	正向
	农村居民平均每百户彩色电视机拥有量	正向
	农村居民平均每百户计算机拥有量	正向
	农村居民平均每百户移动电话拥有量	正向
乡村数字化服务与物联网技术应用投资 Rural digital services and Internet of things technology application and investment	农业气象观测站个数	正向
	农村交通运输、仓储和邮政业固定资产投资	正向
	农村居民家庭人均交通通信消费支出	正向
	农村投递路线	正向
乡村数字化金融建设 Rural digital financial construction	农村数字普惠金融指数	正向
乡村数字化交易与贸易服务 Rural digital transaction and trade	电子商务销售额和采购额总额	正向

表3 耦合协调度等级划分标准

Table 3 Standard for grading coupling coordination degree

耦合协调度区间 Coupling coordination degree interval	协调程度 Coordination degree	协调对比类型 Coordinated contrast type
[0.0~0.1]	失调衰退	极度失调
(0.1~0.2]		严重失调
(0.2~0.3]		中度失调
(0.3~0.4]		轻度失调
(0.4~0.5]	过渡协调	临界协调
(0.5~0.6]		勉强协调
(0.6~0.7]	协调发展	初级协调
(0.7~0.8]		中度协调
(0.8~0.9]		良好协调
(0.9~1.0]		优质协调

资总额占地区当年生产总值的比重表示;工业化水平(Ind)采用地区工业增加值占地区生产总值的比

重表示;乡村人口老龄化程度(Poe)采用乡村抚养比表示;环境保护重视程度(EnvG)采用地区环境污染治理投资总额占GDP的比重表示。对于中介变量Med,城乡收入差距(Wagegap)和农村人力资本水平(Hp),分别采用泰尔指数法和农村实际人均人力资本指数来衡量。为缓解异方差问题,本研究对农村实际人力资本水平取对数化处理。 ϵ 为随机误差项, μ 和 ν 分别控制了省份、年份的固定效应, i 和 t 分别表示省份与年份。

1.3 数据说明

本研究数据取自2011—2020年我国30个省(直辖市、自治区),各级变量来源于《中国统计年鉴》^[37]、《中国农村统计年鉴》^[38]、国家统计局、国泰安数据库、EPS数据库、各省历年统计年鉴、中华人民共和国生态环境部官网及《中国人力资本报告2022》^①。其中个别变量在少数年份内存在数据遗漏和缺失,分别采用插补法、年平均增长率法进行补齐。此外,由于当前统计资料中并未对各省农业研发支出额作出直接的公示,因此本研究参考郝爱民等^[29]的做法,对该数值进行估算(表4)。

表4 变量设定及描述性统计

Table 4 Variable setting and descriptive statistics

变量 Variable	平均值 Mean	标准差 Std	最小值 Min	最大值 Max
农业韧性 Aeres	0.424	0.091	0.204	0.673
乡村数字化水平 Agdig	0.305	0.106	0.076	0.574
水利基础设施 Facility	0.535	0.221	0.204	0.996
对外开放程度 Fdi	0.116	0.165	0.000	0.944
工业化水平 Ind	0.337	0.080	0.100	0.574
乡村人口老龄化 Poe	0.443	0.100	0.207	0.748
环境保护重视程度 EnvG	0.014	0.009	0.003	0.094
城乡收入差距 Wagegap	0.089	0.039	0.018	0.202
农村人力资本水平 lnHp	4.937	0.389	3.794	5.894

2 乡村数字化对中国农业韧性机制

2.1 理论阐释

2.1.1 乡村数字化对农业韧性的直接效应

乡村数字化对农业韧性的直接效应在于,一方

面,乡村数字化以数据作为投入要素,可以利用数据所提供的信息价值,使得农民更加合理的进行农业物质投放,降低劳动力要素、资本要素在生产投入中的错配程度。在数字乡村建设背景下,随着农业模型、核心算法不断优化,农民可以对农产品、农资产

① 中央财经大学2022年8月发布, <http://cedcdata.cufe.edu.cn/cedc/metadata/list.html>

品的供给与需求、生产条件与气候变化等情况作出精准判断,以此快速调整生产计划、优化农作物种植结构,增强农民的风险预控能力,降低因市场周期性、季节性变化对农业生产造成的冲击^[34]。另一方面,乡村数字化通过传统农业生产的基础上给予数字赋能,加强了农业生物技术、节水技术、装备技术在农业生产中的使用程度,有效控制了农业土壤污染、水资源污染,降低了温室气体及农业面源污染物的排放量,提高了农业绿色全要素生产率^[35],增强了农业“适应力”。

据此,提出假设1:乡村数字化对农业韧性产生直接的促进作用。

2.1.2 乡村数字化对农业韧性的间接效应

1)缩小城乡收入差距 研究表明,数字化引领下的技术变革会带来城乡收入水平的调整^[39-40]。乡村数字化的发展对于城乡收入差距的影响在于:第一,乡村数字化提升了农村劳动力对就业信息的获取效率,释放了农村的闲置劳动力人口,优化了农村劳动力结构。第二,电商平台的快速兴起,改变了农产品销售模式。电商平台通过将供需双方在线进行快速匹配,农民可以随时关注消费者对于农产品的需求动态并及时调整自身的生产行为,既拓宽了农民的收入来源,又降低了因需求变动给农业生产带来的不稳定性。第三,数字普惠金融的快速应用,有效缓解了农村信贷市场的信息不对称,降低了农村经营者的信贷约束,增加了其经营收入。城乡收入差距的减小对于农业韧性的作用在于:一是可以调动农民生产的积极性,提升农业生产效率,保障农产品的有效供给,巩固了农业“生产韧性”,提高了农业的“抵抗力”。二是由于我国农村地区的收入水平与城市相比处于劣势,所以,增加低收入群体的收入水平,可以带来更高的边际消费倾向,以消费带动供给,巩固农业“适应力”。三是涉农企业经营收入的提升,会加速企业进行扩大再生产,加大技术研发投入。从而吸引更多的大学生、农业高等技术人才返乡工作,为农业“重构力”的提高给予了更高研发资金的支持与更多技术人才的储备。

据此,提出假设2:乡村数字化会通过缩小城乡收入差距提高农业韧性。

2)提升农村人力资本水平 乡村数字化的发展除了会通过缩小城乡收入差距,影响农业韧性外,还

会通过改变农村人力资本水平,进而对农业韧性产生影响。其影响在于:一是由于互联网在农村地区的不断普及,农民对于知识、技术、医疗卫生的获取变得不断趋于“低成本性”与“非排他性”。一方面,农民可以利用互联网教育平台、社交媒体迅速获取优质的教育资源,掌握先进的绿色生产技术,培养绿色生产意识,并在未来的农业生产中付诸实践。另一方面,农民还可以利用互联网在线医疗不断提升自身健康水平^[41],延长劳动年限。从而缓解了当前农村人口老龄化、农村劳动力短缺、农业绿色生产技术应用不足给农业生产、发展所带来的不利冲击,增强了农业“抵抗力”与“适应力”。二是乡村数字化的建设方便了农业技术人员利用数字平台进行跨区域的人才交流与合作,加强了知识溢出,为农业的科技创新、技术进步打下了坚实的基础,为农业可持续发展、获得农业“重构力”提供支持。

据此,提出假设3:乡村数字化会通过提升农村人力资本水平提高农业韧性。

2.3 实证分析:乡村数字化与中国农业韧性的耦合协调度和中介效应

2.3.1 农业韧性与乡村数字化的区域特征及耦合协调度分析

通过对我国农业韧性与乡村数字化发展水平进行测算,并将其代入耦合协调度模型进行计算检验可知^①:

第一,在样本期内,我国农业韧性强度呈不断上升趋势。从区域间发展水平来看,除直辖市受发展定位影响,与普通省份存在较大差异外,中东部地区的农业韧性水平普遍高于西部地区,但中东部地区间的农业韧性水平差距并不明显。农业韧性综合排名前五的省份为山东、江苏、河南、四川、河北。从区域内部发展水平来看,东中西部地区各省内部的农业韧性存在着较大差异,如四川在农业韧性方面在全国处于领先地位,而与之相邻的青海、甘肃则在全国处于落后水平。值得注意的是,虽然各省在样本期内农业韧性保持上升态势,但东北地区,如辽宁、吉林,农业韧性上升幅度较为缓慢,在样本期内农业韧性在全国排名水平呈下降趋势。而与之对应的是西南地区,如四川、贵州、云南省农业韧性增速不断提升,农业韧性排名在全

① 由于篇幅所限,检验结果备索

国呈攀升趋势。

第二,与农业韧性相对应的是我国乡村数字化水平同样呈不断上升趋势,初步表明乡村数字化与农业韧性间存在着正相关关系。在样本期内,乡村数字化发展水平排名前五的省份分别为江苏、浙江、广东、上海、北京,多位于我国东部沿海地区。而与农业韧性区域特征不同的是,东部地区总体的乡村数字化发展水平明显高于中部地区。东部地区虽在样本期内乡村数字化发展水平呈不断上升趋势,但多数省份出现不同程度的排名下滑。而中西部地区排名则多呈上升趋势,表明中西部地区乡村数字化水平虽同东部地区相比仍存在着一定的差距,但差距在不断缩小。综合来看,山东、江苏、广东、河北、河南、四川省在农业韧性与乡村数字化的平均表现排名全国前十位。

第三,在二者的耦合协调发展方面,样本期内我国农业韧性与乡村数字化发展的耦合协调度呈缓慢上升的趋势,均值从2011年的0.501上升至2020年的0.664,整体上已经从勉强协调型过渡到初级协调型。在样本期初,贵州、海南省的二者耦合协调度在0.4以下,还处于失调衰退阶段。而至样本期末,除海南、宁夏、青海、天津外,其余省份均步入协调发展阶段,多数省份处于初级协调的状态;其中,山东、江苏、四川、广东、浙江、河南、河北省步入了中级协调状态。表明我国农业韧性和乡村数字化的协调发展性趋好。分地区来看,二者的耦合协调度呈东中西部递减趋势。其中2011年东中西部的耦合协调程度均值分别为0.543、0.508、0.455,2020年耦合协调程度均值分别为0.688、0.668、0.637,中西部地区的耦合协调程度与东部地区相比,虽仍存在着差距,但差距呈不断缩小趋势。

2.3.2 中介效应

1) 基准回归 本研究首先在式(4)的基础上,在不考虑控制变量及省份、时间固定效应的情况下利用普通最小二乘法进行回归,初步检验乡村数字化对于农业韧性的影响,回归结果如表5所示。初步显示,乡村数字化对于农业韧性存在显著的正向作用。然后,在普通最小二乘法回归的基础上加入一系列控制变量,同时加入省份与时间固定效应,再次进行回归检验,结果表明乡村数字化对于

农业韧性仍在1%的水平下显著为正。最后,考虑到被解释变量与核心解释变量取值在0~1,因此利用面板Tobit模型再次进行回归估计,发现核心解释变量作用方向仍未发生显著性变化。乡村数字化对于农业韧性存在的直接效应成立,验证了假设1。

2) 间接效应检验 本研究在基准回归的基础上,将被解释变量、核心解释变量、控制变量以及中介变量城乡收入差距(Wagegap)、农村人力资本水平(lnHP)带入上述构建的中介递归方程中,以检验乡村数字化对农业韧性的间接效应。中介效应的实证结果如表6所示。

从表6可知,城乡收入差距的增大对于农业韧性具有显著的削弱作用,而乡村数字化的发展有效的抑制了城乡收入差距的进一步扩大,从而提高了农业韧性,验证了假设2。同时,乡村数字化的提升可以使农村人力资本水平获得进一步的增强,而农村人力资本水平的提高,对于农业韧性有显著的促进作用,验证了前文的假设3。综上所述,乡村数字化会通过抑制城乡收入差距、提升农村人力资本水平,进而提高农业韧性。

2.3.3 稳健性检验

1) 工具变量法 由于原模型中可能存在着内生性问题,导致估计结果可能存在着失真。本研究选择工具变量法,对研究结果进行稳健性检验。在工具变量的选取上,本研究参考赵涛等^[42]的研究,利用2008年农村移动手机拥有量与样本期内农村互联网宽带接入用户的乘积^①作为工具变量1(Tool1)。一方面,移动手机作为耐用品,农村持有移动手机的用户不易轻易更换。另一方面,2008年距样本期较近,样本期内农村率先进行互联网使用的用户往往距样本期前1~2年内拥有移动手机,并且乡村数字化水平的高低往往会反映在农村互联网用户的接入人数上。同时,为避免工具变量选择的偏误对结果产生干扰,本研究参考李欠男等^[43],将滞后一期的乡村数字化指数作为工具变量2(Tool2),选取该工具变量的原因为:滞后一期的乡村数字化发展水平与当期的乡村数字化发展水平具有较强的相关性,但当期农业韧性水平的提升并不会对滞后一期的乡村数字化发展水平造成直接影响,

① 由于原始的乘积值较大,所以在该计算结果的基础上同等缩小了1000倍,便于比较分析。

表 5 基准回归结果
Table 5 Baseline regression result

变量 Variable	农业韧性 Aeres		
	普通 OLS Ordinary least squares	面板 OLS Panel OLS	面板 Tobit Panel Tobit
乡村数字化水平 Agdig	0.515*** (12.922)	0.249*** (6.645)	0.465*** (17.734)
水利基础设施 Facility		0.049** (2.380)	0.013 (0.589)
对外开放水平 Fdi		-0.015 (-0.841)	0.058*** (-2.734)
工业化水平 Ind		0.030 (0.706)	-0.041 (-0.925)
农村人口老龄化 Poe		-0.102*** (-3.759)	0.036 (1.327)
环境保护重视程度 EnvG		0.110 (0.919)	0.003 (0.019)
双向固定效应 Two-way fixed effects	未控制 Uncontrolled	已控制 Controlled	未控制 Uncontrolled
观测值 Observation	300	300	300
调整的 R^2 adj. R^2	0.357	0.980	
F	166.966	10.252	

注：***，**，*，分别代表 1%，5%，10% 的显著性水平，括号内是 t 值。下同。

Note: ***, ** and * respectively represent significant at 1%, 5% and 10% levels. t -value are in parentheses. The same below.

因此工具变量 2 的外生性得到了保障。由结果可知，在缓解内生性后，除变量的回归系数大小有所改变外，核心解释变量的作用方向并没有发生显著性改变，乡村数字化依旧对农业韧性存在显著的正向作用。

2) 缩尾处理 为避免原模型中极端值对回归结果的影响，本研究对所有变量均进行 1% 的缩尾处理，并对处理后的变量重新带入原模型进行回归检验。根据表 7 的结果，在对变量进行缩尾处理后，核心解释变量的回归方向并没有发生显著性的变化。乡村数字化对农业韧性具有提升作用，这一结论是稳健可靠的。

4 异质性分析

4.1 分区域异质性检验

鉴于上述对样本期内各省农业韧性与乡村数字化水平的变化及耦合协调度的描述性分析，初步判断出各省的农业韧性与乡村数字化水平存在着明显的区域异质性。但是，不同区域乡村数字化对于农业韧性的作用效果是否亦存在着区域异质性仍有待分析。本研究在参照上述将样本分为东、中、西部区域的基础上，进一步验证乡村数字化对于农业韧性的异质性影响(表 8)。由表 8 可知乡村数字化对于农业韧性的作用力在我国西、中、东部呈递减趋势，

表6 中介效应检验

Table 6 Mediation effect test

变量 Variable	总体模型	城乡收入差距中介模型		人力资本中介模型	
	Total model	Wagegap gap model		Human capital model	
	农业韧性 Aeres	城乡收入差距 Wagegap	农业韧性 Aeres	农村人力资本 lnHp	农业韧性 Aeres
乡村数字化 Agdig	0.249*** (6.645)	-0.024* (-1.917)	0.227*** (6.307)	0.296** (2.251)	0.227*** (6.202)
城乡收入差距 Wagegap			-0.933*** (-5.332)		
农村人力资本 lnHp					0.074*** (4.296)
常数项 Constant term	0.357*** (14.225)	0.126*** (14.844)	0.475*** (14.595)	4.462*** (50.750)	0.025 (0.315)
控制变量 Control	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
双向固定效应 Two-way fixed effects	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
观测值 Observation	300	300	300	300	300
F	10.252	32.597	13.794	17.613	12.025

表7 稳健性检验

Table 7 Robustness test

变量 Variable	工具变量 1		工具变量 2		缩尾处理
	Instrumental variable analysis 1		Instrumental variable analysis 2		Winsorize
	乡村数字化 Agdig	农业韧性 Aeres	乡村数字化 Agdig	农业韧性 Aeres	农业韧性 Aeres
	第一阶段 Stage 1	第二阶段 Stage 2	第一阶段 Stage 1	第二阶段 Stage 2	
乡村数字化 Agdig		0.298*** (4.228)		0.272*** (4.854)	0.222*** (5.705)
工具变量 1 Tool1	0.001*** (10.088)				
工具变量 2 Tool2			0.803*** (14.187)		
控制变量 Control	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
双向固定效应 Two-way fixed effects	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
观测值 Observation	300	300	270	270	300
F	101.777	5.853	201.267	5.391	8.252

表8 乡村数字化对不同区域农业韧性影响的估计结果

Table 8 Estimation results of the impact of rural digitization on agricultural industry resilience in different regions

变量 Variable	东部地区 Eastern China	中部地区 Central China	西部地区 Western China
乡村数字化 Agdig	0.126** (2.189)	0.274*** (3.915)	0.332*** (5.117)
控制变量 Control	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
双向固定效应 Two-way fixed effects	已控制 Controlled	已控制 Controlled	已控制 Controlled
观测值 Observation	110	80	110
调整的 R^2 adj. R^2	0.989	0.969	0.980
F	6.923	6.724	10.625

即相比于乡村数字化水平较高的地区,在乡村数字化发展水平较低的地区,乡村数字化对于农业韧性的推动力更强。

5 结论与对策

本研究通过采用熵值法对农业韧性与乡村数字化水平进行测算,利用耦合协调度模型分析了农业韧性与乡村数字化的协调发展程度,利用中介效应模型分析了乡村数字化对农业韧性的作用机制,并做出区域异质性分析,得出以下结论:1)当前我国各省农业韧性与乡村数字化综合发展水平呈不断上升趋势,中东部地区的农业韧性、乡村数字化发展水平以及二者的耦合协调程度普遍要高于西部地区。2)乡村数字化的发展对农业韧性的提高有显著的促进作用,且城乡收入差距的缩小、农村人力资本水平的提升在其中起间接作用。3)分区域来看,乡村数字化水平对农业韧性的影响存在着区域异质性,影响程度呈西中东递减趋势,即在农业韧性水平较低的地区,乡村数字化对韧性提升效应更加明显。基于以上研究结论,提出如下建议:第一,根据研究结论乡村数字化可以缩小城乡收入差距,进而增强农业韧性。据此,为缩小城乡收入差距,应大力提升并优化数字化技术在涉农领域的应用。具体来说,一是利用大数据、云计算、人工智能与物联网技术对农业生产投入状况进行实时监控与管理,最大程度的降低对劳动力的使用成本与劳动力工作强度,推动

农业生产效率提升;二是通过不断优化农业模型与算法算力,对天气、农产品市场环境进行精准判断与预测,给出农民最优生产策略,降低自然灾害、市场风险给农民带来的经济损失,使农民收入水平得到保障;三是政府应加大农民数字化生产工具购买的补贴力度,降低农民对数字化工具的使用成本,增强农民对数字化技术使用的积极性,推动农民增产增收,提高农业面对风险的抵抗力与适应力。

第二,虽然本研究证明乡村数字化可以有有效的提高农村人力资本水平,但不可否认的是,由于我国城乡发展的不平衡性,农村地区的经济发展水平、基础设施建设较城市地区仍有较大差距,导致农村人才流失问题较为严重,现阶段我国农村人力资本仍处于较低水平。同时,由于传统的农业生产者受教育水平有限,对数字化接受程度普遍不高,存在思想保守、学习能力低下等问题。因而,针对这一问题,一是应不断加强对农民的培训力度,如地方政府可定期组织农民观看与数字化相关的公开课,为农民树立数字化生产意识,帮助农民学习数字化生产技术,加深农民对智慧农业、绿色农业的理解。并可以对农村青壮年劳动力作为重点培训对象,再由青壮年劳动力以家庭为单位向家中的中老年劳动力进行二次知识传播,进而实现农村人力资本水平的链式提升。二是鼓励涉农专业的高校大学生、研究生与农业技术人员进行下基层实地考察。一方面,涉农高等人才下基层考察可以及时了解当前农业生产所

面临的问题与难点,据此来设计与开发未来农业生产的数字化产品。另一方面,通过与农民的沟通交流,可帮助农民学习与掌握现有的农业数字化生产技术。三是基层政府管理人员应充分利用网络在线交流平台,定期组织交流沟通会,相互传递农村成功的管理经验,共同探讨农村现有问题的解决方案,带动农村管理模式的优化,提高农业在面对风险与挑战时的适应力与重构力。

第三,由于我国幅员辽阔,各地区因经济发展水平、自然资源禀赋的不同,而导致各地区的农业韧性水平、乡村数字化水平、二者的协调发展程度、乡村数字化对农业韧性的影响程度存在着明显的差异。针对这一现象,各地区应根据当地实际情况,制定与当地情况相适应的发展战略。具体来说,东部地区应不断缩小城乡数字鸿沟、缩小城乡收入差距,降低农村劳动力人口流失。可以用如落户补贴等一系列福利政策,吸引以大学生为代表的高等教育人才、农业技术人员返乡工作,为农村地区输送人才。中部地区应不断向东部地区吸取优秀的乡村数字化管理经验,向东部地区引进数字化生产技术,并结合地形地貌特点加快当地农业数字化、智慧化、生态化转型,不断缩小与东部地区的乡村数字化发展差距。西部地区应充分利用东数西算等政策红利,加大乡村数字化基础设施建设,向中东部地区引进高层次人才,提升数字金融普惠程度,鼓励农村创新创业。

参考文献 References

- [1] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 1973, 4(1): 1-23
- [2] Huggins R, Thompson P. Local entrepreneurial resilience and culture: the role of social values in fostering economic recovery[J]. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 2015, 8(2): 313-330
- [3] Martin R. Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks[J]. *Journal of Economic Geography*, 2012, 12(1): 1-32
- [4] 张明斗, 张震. 长三角城市群城市经济韧性的空间关联网络研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2023, 39(1): 69-79
Zhang M D, Zhang Z. Spatial correlation network of urban economic resilience in the Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2023, 39(1): 69-79 (in Chinese)
- [5] 黄杰, 李倩倩, 钟朋舒. 中国八大城市群经济韧性的空间差异与动态演进[J]. *统计与决策*, 2022, 38(17): 91-96
Huang J, Li Q Q, Zhong P S. Spatial differences and dynamic evolution of economic resilience in China's eight major urban agglomerations[J]. *Statistics & Decision*, 2022, 38(17): 91-96 (in Chinese)
- [6] 高隰彤, 孟霁, 田启波. 中国经济韧性时空演化及影响因素研究: 基于数字金融视角[J]. *经济问题探索*, 2022(8): 57-74
Gao L T, Meng F, Tian Q B. Study on the temporal and spatial

- evolution and influencing factors of China's economic resilience: From the perspective of digital finance[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2022 (8): 57-74 (in Chinese)
- [7] 杨桐彬, 朱英明, 姚启峰. 中国城市群经济韧性的地区差异、分布动态与空间收敛[J]. *统计与信息论坛*, 2022, 37(7): 45-60
Yang T B, Zhu Y M, Yao Q F. Regional differences, distribution dynamics and spatial convergence of economic resilience in Chinese urban agglomerations[J]. *Journal of Statistics and Information*, 2022, 37 (7): 45-60 (in Chinese)
- [8] 李连刚, 胡晓辉. 新冠肺炎疫情下中国区域经济韧性时空格局与影响因素分析[J]. *世界地理研究*, 2023, 32(3): 64-75
Li L G, Hu X H. Analysis on the spatial-temporal pattern and influencing factors of regional economic resilience in China under the COVID-19 pandemic[J]. *World Regional Studies*, 2023, 32(3): 64-75. (in Chinese)
- [9] 陈斌, 农锦华. 流通集聚、产业多样性与城市经济韧性的关系: 基于我国大中城市样本的实证[J]. *商业经济研究*, 2022(15): 189-192
Chen J, Nong J H. The relationship between circulation agglomeration, industrial diversity and urban economic resilience: An empirical study based on Chinese large and medium-sized cities[J]. *Journal of Commercial Economics*, 2022(15): 189-192 (in Chinese)
- [10] 郝爱民, 谭家银. 农村产业融合赋能农业韧性的机理及效应测度[J/OL]. *农业技术经济*: 1-20 [2023-05-08]. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.20220418.002
Hao A M, Tan J Y. Empowering agricultural resilience by rural industrial convergence: Influence mechanism and effect analysis[J/OL]. *Journal of Agrotechnical Economics*: 1-20 [2023-05-08]. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.20220418.002 (in Chinese)
- [11] Hammond B, Berardi G, Green R. Resilience in agriculture: Small-and medium-sized farms in Northwest Washington State[J]. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 2013, 37(3): 316-339
- [12] Yang Q, Zhang P, Ma Z, Guo Y. Agricultural economic resilience in the context of international food price fluctuation: An empirical analysis on the main grain-producing areas in northeast China[J]. *Sustainability*, 2022, 14(21): 14102
- [13] Buitenhuis Y, Candel J J L, Termeer K J A M, Feindt P H. Does the common agricultural policy enhance farming systems' resilience? Applying the resilience assessment tool (ResAT) to a farming system case study in the Netherlands[J]. *Journal of Rural Studies*, 2020, 80: 314-327
- [14] Berardi G, Green R, Hammond B. Stability, sustainability, and catastrophe: Applying resilience thinking to U.S. agriculture [J]. *Human Ecology Review*, 2011, 18(2): 115-125
- [15] Vroegindewey R, Hodbod J. Resilience of agricultural value chains in developing country contexts: A framework and assessment approach[J]. *Sustainability*, 2018, 10(4): 916
- [16] Rathi A. Is Agrarian resilience limited to agriculture? Investigating the "farm" and "non-farm" processes of agriculture resilience in the rural [J]. *Journal of Rural Studies*, 2022, 93: 155-164
- [17] Yoshida S, Yagi H. Long-term development of urban agriculture: Resilience and sustainability of farmers facing the COVID-19 pandemic in Japan[J]. *Sustainability*, 2021, 13(8): 4316
- [18] Magar D B T, Pun S, Pandit R, Rola-Rubzen M F. Pathways for building resilience to COVID-19 pandemic and revitalizing the Nepalese agriculture sector[J]. *Agricultural Systems*, 2021, 187: 103022
- [19] 于伟, 张鹏. 中国农业韧性时空分异特征及影响因素研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2019, 35(1): 102-108

- Yu W, Zhang P. Study on the spatial-temporal differentiation characteristics and influencing factors of agricultural development resilience in China[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2019, 35(1): 102-108 (in Chinese)
- [20] 张明斗, 惠利伟. 中国农业经济韧性的空间差异与影响因素识别[J]. 世界农业, 2022(1): 36-50
- Zhang M D, Hui L W. Spatial disparities and identification of influencing factors on agricultural economic resilience in China[J]. *World Agriculture*, 2022(1): 36-50 (in Chinese)
- [21] 蒋辉, 张驰, 蒋和平. 中国农业经济韧性对农业高质量发展的影响效应与机制研究[J]. 农业经济与管理, 2022(1): 20-32
- Jiang H, Zhang C, Jiang H P. Study on effect and mechanism of China's agricultural economic resilience on agricultural high-quality development [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2022(1): 20-32 (in Chinese)
- [22] 杨忍, 林元城. 论乡村数字化与乡村空间转型[J]. 地理学报, 2023, 78(2): 456-473
- Yang R, Lin Y C. Rural digitalization and rural spatial transformation [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(2): 456-473 (in Chinese)
- [23] Rolandi S, Brunori G, Bacco M, Scotti I. The digitalization of agriculture and rural areas: Towards a taxonomy of the impacts[J]. *Sustainability*, 2021, 13(9): 5172
- [24] Popescu M F, Chiripuci B C, Orndaru A, Constantin M, Scriciecu A. Fostering sustainable development through shifting toward rural areas and digitalization: The case of Romanian universities[J]. *Sustainability*, 2020, 12
- [25] Rijswijk K, Klerkx L, Bacco M, Bartolini F, Bulten E, Debruyne L, Dessein J, Scotti I, Brunori G. Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation[J]. *Journal of Rural Studies*, 2021, 85: 79-90
- [26] 梁琳. 数字经济促进农业现代化发展路径研究[J]. 经济纵横, 2022(9): 113-120
- Liang L. Research on the development path of digital economy to promote agricultural modernization[J]. *Economic Review Journal*, 2022(9): 113-120 (in Chinese)
- [27] 林青宁, 毛世平. 产业协同集聚、数字经济与农业全要素生产率[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(8): 272-286
- Lin Q N, Mao S P. Industrial synergy, digital economy and agricultural total factor productivity[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27(8): 272-286 (in Chinese)
- [28] 赵巍, 徐筱雯. 数字经济对农业经济韧性的影响效应与作用机制[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2023, 22(2): 87-96
- Zhao W, Xu X W. The effect and mechanism of digital economy on economic resilience[J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2023, 22(2): 87-96 (in Chinese)
- [29] 郝爱民, 谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2022, 21(3): 10-24
- Hao A M, Tan J Y. Impact of digital rural construction on food system resilience[J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2022, 21(3): 10-24 (in Chinese)
- [30] 陈胜利, 王东. 数字经济对经济韧性的影响效应及作用机制[J]. 工业技术经济, 2022, 41(6): 26-34
- Chen S L, Wang D. The effect and mechanism of digital economy on economic resilience[J]. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2022, 41(6): 26-34 (in Chinese)
- [31] 毛丰付, 胡承展, 魏亚飞. 数字产业发展与城市经济韧性[J]. 财经科学, 2022(8): 60-75
- Mao F F, Hu C C, Wei Y F. The development of digital industry and urban economic resilience[J]. *Finance & Economics*, 2022(8): 60-75 (in Chinese)
- [32] 蒋辉. 中国农业经济韧性的空间网络效应分析[J]. 贵州社会科学, 2022(8): 151-159
- Jiang H. Spatial network effect analysis on the resilience of China's agricultural economy[J]. *Guizhou Social Sciences*, 2022(8): 151-159 (in Chinese)
- [33] 王军, 邹广平, 石先进. 制度变迁对中国经济增长的影响: 基于 VAR 模型的实证研究[J]. 中国工业经济, 2013(6): 70-82
- Wang J, Zou G P, Shi X J. Impact of institutional change on China's economic growth: An empirical study based on VAR model[J]. *China Industrial Economics*, 2013(6): 70-82 (in Chinese)
- [34] 金绍荣, 任赞杰. 乡村数字化对农业绿色全要素生产率的影响[J]. 改革, 2022, 346(12): 102-118
- Jin S R, Ren Z J. The impact of rural digitalization on agricultural green total factor productivity [J]. *Reform*, No. 346 (12): 102-118 (in Chinese)
- [35] 孙淑惠, 刘传明, 陈晓楠. 数字乡村、网络溢出和农业绿色全要素生产率[J/OL]. 中国农业资源与区划: 1-19 [2023-05-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20221117.1144.008.html>
- Sun S H, Liu C M, Chen X N. Digital village, network spillover and agricultural green total factor productivity[J/OL]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*: 1-19 [2023-05-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20221117.1144.008.html> (in Chinese)
- [36] 温志麟, 张雷, 侯杰泰, 刘红云. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620
- Wen Z L, Zhang L, Hou J T, Liu H Y. Testing and application of the mediating effects[J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2004(5): 614-620 (in Chinese)
- [37] 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, 2012—2021
- National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistics Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2012—2021 (in Chinese)
- [38] 中华人民共和国国家统计局. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012—2021
- National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Agriculture Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2012—2021 (in Chinese)
- [39] 樊侠佚, 徐昊, 马丽君. 数字经济影响城乡居民收入差距的特征与机制[J]. 中国软科学, 2022(6): 181-192
- Fan Y X, Xu H, Ma L J. Characteristics and mechanism analysis of the influence of digital economy on the income gap between urban and rural residents[J]. *China Soft Science*, 2022(6): 181-192 (in Chinese)
- [40] 刘玮琳, 何光喜, 刘冬梅. 贫困地区淘宝村的增收效应: 基于 2005—2018 年四省份县域数据的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2021(9): 116-125
- Liu W L, He G X, Liu D M. Research on the income increasing effect of taobao village in poverty-stricken area: An empirical analysis based on county data in four provinces from 2005 to 2018[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2021(9): 116-125 (in Chinese)
- [41] 陈南旭, 李益. 数字经济对人力资本水平提升的影响研究[J]. 西北人口, 2022, 43(6): 65-76
- Chen N X, Li Y. Research on the impact of digital economy on the improvement of human capital level[J]. *Northwest Population Journal*,

2022, 43(6): 65-76 (in Chinese)

- [42] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展: 来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-76

Zhao T, Zhang Z, Liang S K. Digital economy, entrepreneurship, and high-quality economic development: Empirical evidence from urban China [J]. *Journal of Management World*, 2020, 36(10): 65-76 (in Chinese)

- [43] 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]. 中国农业大学学报: 社会科学版, 2020, 148(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, 148(4): 71-78, 177 (in Chinese)

责任编辑: 王岩



第一作者简介: 于丽艳, 博士, 教授, 天津科技大学经济与管理学院国际经济与贸易系系主任, 研究方向为农业经济理论与政策。2020年毕业于中国农业大学经济管理学院。主持天津市哲学社会科学基金项目: 京津冀农业生产空间布局优化(TJYY17-012); 天津市科技支撑项目: 基于京津冀协同发展的现代都市农业科技创新问题研究(16ZLZXZF00600); 天津市教委科研项目: 我国蔬菜生产区域变迁、差异分解与成因研究(2018SK021); 天津市社科联调研项目: 提高天津市蔬菜生产与销售效率的对策研究等。出版学术专著1部, 发表学术论文20余篇。



通讯作者简介: 穆月英, 毕业于日本国立鸟取大学, 博士, 中国农业大学经济管理学院农业经济系教授。研究方向为农业经济理论与政策。主持国家自然科学基金项目、国家社科基金重大项目、现代农业产业技术体系北京市产业经济与政策创新团队项目、日本住友财团基金、美国福特基金课题等。涉及的科研题目有: 农产品国际贸易研究、我国工农业两大部门协调发展研究、投入产出模型研究、农业合作组织研究和农业风险管理研究等。出版学术专著20余部, 发表学术论文100余篇。