

# 数字素养对农户粮食生产脆弱性的影响

## ——基于 CRRS 的微观证据

罗光强, 彭丽鹏

(湖南农业大学 经济学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 构建农户数字素养-行为响应-粮食生产脆弱性的三位一体分析框架, 理论探析数字素养对农户粮食生产脆弱性的影响, 并采用 2020 年中国乡村振兴综合调查数据(CRRS)进行实证分析, 结果表明: 农户数字素养提高可以降低粮食生产脆弱性, 进一步用工具变量估计、倾向得分匹配、遗漏变量检验后结论依然成立; 异质性检验结果表明, 中青年和较高学历的户主家庭具有显著性行为响应效果; 中介效应表明, 农户数字素养通过资本配置效率提高、生产行为创新、市场空间拓宽, 降低粮食生产脆弱性。

**关键词:** 农户数字素养; 行为响应; 粮食生产; 脆弱性

中图分类号: F49; F326.11

文献标识码: A

文章编号: 1009-2013(2024)05-0038-08

## Impact of digital literacy on the vulnerability of farmers' grain production:

### Microscopic evidence based on CRRS

LUO Guangqiang, PENG Lipeng

(School of Economics, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** By adopting the 2020 China Rural Revitalization Survey (CRRS), a triadic analysis framework (digital literacy+behavior response+grain production vulnerability) was constructed, and the influence of digital literacy on the vulnerability of farmers' grain production was researched empirically. The study shows that enhanced digital literacy of farmers could significantly reduce grain production vulnerability, and the conclusion still stands after estimating instrumental variables, matching propensity scores and verifying missing variables. Heterogeneity test results demonstrate that young and middle-aged farmers and farmers with a higher educational background have significant behavioral response effect. Mediation analysis further reveals that enhanced digital literacy could reduce grain production vulnerability by improving the capital allocation efficiency, innovating production behavior, and expanding market space.

**Keywords:** farmers' digital literacy; behavioral response; grain production; vulnerability

## 一、问题的提出

2024 年中央一号文件进一步强调要抓好粮食生产和提高粮食产能。确保粮食生产现实产能和边际增长产能是我国粮食安全政策的首要目标。然而, 在全球极端气候现象频发和强度倍增的当下, 粮食生产的脆弱性与日俱增, 极大地挫伤了种粮农户的积极性和自主性, 影响着我国粮食安全保障的

稳定性。据统计, 2024 年上半年, 极端天气造成我国农作物受灾面积达 657.9 千公顷, 直接经济损失达 85.9 亿元<sup>①</sup>。因此, 如何创新粮食生产方式, 增强农户抗击风险能力, 降低农户粮食生产脆弱性, 是保障种粮农户收益, 全方位夯实粮食安全根基的理论现实问题。

脆弱性概念起源于对自然灾害的研究, 粮食生产脆弱性较早为气象专家所关注。国内气象专家黄朝迎于 1989 年就提出必须高度重视我国粮食生产系统的脆弱性<sup>[1]</sup>。段兴武、谢立勇等就气候影响下粮食生产脆弱性问题进行研究后, 提出应加强气候

收稿日期: 2024-07-11

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(20AJY012)

作者简介: 罗光强(1963—), 男, 湖南湘乡人, 二级教授, 主要研究方向为粮食经济。

预测和农田基础设施建设等<sup>[2,3]</sup>。近年来,姚成胜、李长松、董恺等分别从粮食生产脆弱性演变的时空特征<sup>[4]</sup>、水贫困与水资源非农化对粮食生产脆弱性影响<sup>[5,6]</sup>、粮食生产脆弱性对农户收入的影响<sup>[7]</sup>等展开了进一步的研究,提出了从生态环境治理、农田水利建设、节水耕作技术推广、高标准农田建设、生产方式创新等建议。

数字化时代数字要素作为新一轮技术革命的标志,将以全新方式改造粮食全产业链,推动传统粮食生产方式转型,增强农户运用现代技术抵御风险的能力,降低粮食生产的脆弱性。实现粮食生产数字化转型,既需要大力发展数字化基础设施和数字化技术装备,更需要实施积极的农户数字素养培育工程。农户数字素养培育问题是当前我国农业农村现代化最重要且最紧迫的问题,农业“数字鸿沟”现象的普遍性和严重性大大制约着农户粮食生产的数字化转型。已有文献主要从农户数字素养提高家庭金融资产配置效率<sup>[8]</sup>、提升农产品流通效率<sup>[9]</sup>、降低生产交易成本<sup>[10]</sup>、促进粮食生产绿色化<sup>[11]</sup>、加强新技术采纳<sup>[12]</sup>、推进经营方式现代化<sup>[13]</sup>等视角展开相关研究,提出了加强农户数字素养培育的政策建议。但鲜有研究将数字素养与农户粮食生产脆弱性结合起来进行分析,基于此,本文拟构建农户数字素养-行为响应-粮食生产脆弱性的三位一体研究框架,探讨数字素养对农户粮食生产脆弱性的影响及其作用机理,并利用 2020 年中国乡村振兴综合调查数据进行实证检验,以期为提高农户数字素养和降低粮食生产脆弱性、确保我国粮食安全提供参考。

## 二、理论框架和研究假设

农户数字素养包括有形数字素养和无形数字素养。从有形数字素养分析,农户特别是家庭农场等新型主体必须锚定粮食产业现代化目标,不断熟练掌握数字化、网络化、智能化技术,例如数智化耕作技术、智慧灌溉技术、智能喷洒农药技术、土壤和作物健康检测技术等,以更精确更高效地进行粮食生产,减少生产经营中的无谓损失,确保粮食产量和质量,从而降低粮食生产脆弱性。从农户无形数字素养分析,农户的数字化信息获取能力和转化应用能力越强,其甄别处理生产、分配、交换、

消费的市场信息能力越强,能较好地优化要素配置和适应市场变化,通过信息筛选和预警分析应对病虫害和极端天气挑战,从而降低粮食生产的脆弱性。据此,提出假设:

H<sub>1</sub>: 农户数字素养提升可以降低粮食生产脆弱性。

粮食生产行为是典型的配置性生产行为和再生性生产行为<sup>[14]</sup>。配置性生产行为和再生性生产行为需要与之相适配的资本要素予以保障和支持。农户的数字化匹配决策与适应性响应行为可以最大限度地实现现代粮食生产以资本要素为中心的配置效率提高<sup>[15]</sup>,以资本的可及性创新(诸如粮食绿色生产等方式<sup>[16]</sup>)和丰富的衍生工具(诸如粮食作物政策性保险)提高众多不确定性风险下的经营可控性<sup>[17]</sup>。因此,农户数字素养越高,其对资本的可及性和可控性能力越强,从而通过金融市场的“去中介化”,减少交易成本<sup>[18]</sup>,提高资本流转速度,满足系统再生产资本配置需求,增进系统再生能量,提高系统抗风险能力,实现降低粮食生产脆弱性目标。据此,提出假设:

H<sub>2a</sub>: 数字素养可以提高农户资本配置效率,降低粮食生产脆弱性。

实现数字素养与数智化技术的有机结合,是推动农户粮食生产行为创新的最有效途径。农户应用数智化技术可以创新土地流转模式、优化土地资源配置<sup>[19]</sup>、实现种植结构的动态调整<sup>[20]</sup>、提高土地综合生产效率和粮食全要素生产率<sup>[21]</sup>,实现粮食规模化集约化经营<sup>[22]</sup>。例如,利用数智化技术进行种养模式创新,运用现代化的绿色种养循环技术可以释放集约化规模化耕地的多功能,实现现代粮食产业发展的粮食安全、生态安全与农户增收多重目标,增强农户粮食生产的稳定性和持续性。据此,提出假设:

H<sub>2b</sub>: 数字素养可以推动农户生产行为创新,促进集约化专业化经营,降低粮食生产脆弱性。

运用数字化技术可以打破市场分割<sup>[23]</sup>,拓展产品市场空间;运用数字化技术实时传播和仿真功能可以解决产品市场信息的不对称性问题,提高产品消费的知名度、美誉度、忠诚度,提高产品市场竞争力<sup>[24]</sup>。当前我国农产品数字化服务平台和电商正呈现加速发展态势,形成了具有中国特色的数字化

营销物流体系,打造了具有流通链链主型特性的典型企业群体,建立了连接千家万户、面向全球营销的网络体系。可以预见,随着国家乡村数字化战略的进一步推进和农户数字素养的进一步提升,农户利用数字化销售渠道拓展产品市场空间的能力将大大增强。据此,提出假设:

H<sub>2c</sub>: 数字素养提高农户的产品市场拓展能力,降低粮食生产脆弱性。

综合以上分析,本文构建农户数字素养-行为响应-粮食生产脆弱性的理论框架(图1)。

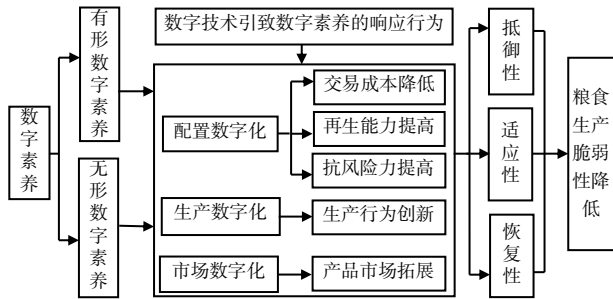


图1 数字素养影响农户粮食生产脆弱性的机理

### 三、研究设计

#### 1. 基准模型设定与变量说明

根据数字素养降低农户粮食生产脆弱性的机理,构建如下基准模型:

$$VFP_i = \alpha_0 + \alpha_1 Dirf_i + \alpha X_i + u_i \quad (1)$$

其中, $VFP_i$ 为农户*i*的粮食生产脆弱性; $Dirf_i$ 为农户*i*的数字素养; $\alpha_0$ 为截距项; $X_i$ 为系列控制变量,包括个体控制变量和村庄控制变量; $u_i$ 为随机扰动项。考虑到截面数据所存在的异方差问题会对参数估计产生偏误,本文在实证分析中均使用稳健标准误进行修正。

被解释变量为粮食生产脆弱性( $VFP_i$ )。关于脆弱性在微观层面的测度,学术界有三种经典的测度方法:期望效用的脆弱性(VEU)、风险暴露的脆弱性(VER)、期望贫困的脆弱性(VEP)。相较于其他两种测度方法,VEP测度方法的数据要求相对较低,可用于截面数据分析,并且充分考虑了可观测特征和不可观测特征对未来状态的影响<sup>[25]</sup>。因此,本文使用VEP测度方法并结合Amemiya<sup>[26]</sup>提出的三阶段可行广义最小二乘法(FGLS)测度农户粮食生产脆弱性,即农户个人或家庭遭受风险冲击之后粮食产出水平波动到一般水平以下的概率。

首先,选取亩均粮食产量对数 $LnY_i$ 作为被解释变量,同时选择系列影响粮食产出的亩均投入变量 $\omega_i^k$ 对式(2)进行回归获得拟合值和残差项,亩均投入变量 $\omega_i^k$ 包括亩均机械化耕地服务支出、耕地劳动投入、机械化播种服务支出、自购种子费用、播种劳动投入、机械化施药服务支出、自购杀虫剂费用、自购防病药物费用、自购除草剂费用、打药劳动投入、机械化施肥服务支出、自购化肥费用、施肥劳动投入、收获和运输费用、收获和运输劳动投入、其他费用等影响粮食产出的变量。

$$LnY_i = \beta \omega_i^k + \xi_i \quad (2)$$

其次,构建权重进行FGLS估计,得到亩均粮食产出的期望值 $\hat{E}$ 和方差 $\sigma_{ei}^2$ 。

$$\hat{E}(LnY_i | \omega^k) = \omega_i^k \beta \quad (3)$$

$$\hat{V}(LnY_i | \omega^k) = \sigma_{ei}^2 = \omega_i^k \eta \quad (4)$$

最后,假设家庭粮食亩均产量对数服从正态分布,根据式(5)得到粮食生产脆弱性。

$$VFP_i = \widehat{Pr}(LnY_i \leq LnProduct) = \Phi\left(\frac{LnProduct - \omega_i^k \beta}{\sqrt{\omega_i^k \eta}}\right) \quad (5)$$

其中, $LnProduct$ 为产量线,以《中国乡村振兴综合调查研究报告(2021)》公布的该粮食作物生产效率(公斤/亩)作为脆弱线。

解释变量为数字素养。根据联合国教科文组织《全球数字素养框架》的数字素养测度框架以及王汉杰<sup>[27]</sup>的研究,从设备和软件操作、信息和数据素养、沟通与协作、创造数字内容、数字安全、问题解决、职业相关素养等七个维度共计十个指标采用熵值法计算得到农户数字素养指标(表1)。同时,在后文的稳健性检验当中使用等权重法和因子分析法测算农户数字素养。

控制变量:为了尽可能控制其他因素对回归结果的影响,本文参考已有的研究<sup>[27-29]</sup>,从个体层面和村庄层面选取控制变量,其中个体层面包括户主性别、婚姻状况、年龄、年龄平方、受教育程度、是否在本村任职,村庄层面包括村庄经济发展状况、村委会到县政府的距离。

中介变量:为了检验数字素养影响粮食生产脆弱性的内在机制,本文设置资本配置效率提高、生产行为创新、产品市场拓展三个中介变量。其中资本配置效率提高选取调查问卷中“是否用数字金融支付?”

“申请贷款是否获得？”“是否购买了农业保险？”“进行土地流转？”来衡量；产品市场拓展选取调查问卷进行综合评价；生产行为创新选取调查问卷中“是否”卷中“是否有意愿网上销售？”来衡量。

表 1 农户数字素养指标体系

维度	题项	赋值	属性
设备和软件操作	家庭是否有上网设备?	无上网设备=0; 有上网设备=1	+
	是否使用 4G/5G 手机?	否=0; 是=1	+
信息和数据素养	家里网络条件如何?	较差, 经常断网=0; 可以, 偶尔断网=1; 非常好=2	+
	使用 4G/5G 手机的功能存在困难吗?	较困难=0; 有些困难=1; 不存在困难=2	+
	如有日常需求, 能否通过手机或网络随时获取相关信息?	比较困难=0; 有时可以=1; 完全可以=2	+
沟通与协作	最倾向于村委会通过何种方式传递重要信息?	非网络方式=0; 网络方式=1	+
创造数字内容	是否通过村内微信群就重要公共事务开展过交流?	从未=0; 很少=1; 有时=2; 经常=3	+
数字安全	是否曾经为手机 App 服务支付过一定费用?	否=0; 是=1	+
问题解决	如有日常需求, 能否通过手机或网络随时获取相关信息?	比较困难=0; 有时可以=1; 完全可以=2	+
职业相关素养	是否受过电脑或手机上网培训?	否=0; 是=1	+

2. 数据来源与描述性统计

本文数据源自中国社会科学院农村发展研究所中国乡村振兴调查 (China Rural Revitalization Survey, 以下简称 CRRS) 2020 年数据。CRRS 调查采取等距随机抽样方法, 涉及广东、浙江、山东、安徽、河南、黑龙江、贵州、四川、陕西和宁夏等 10 个省 (区) 50 个县 (市) 156 个乡镇 (镇), 共获

得 300 份村庄调查问卷和 3800 余份农户调查问卷。为凸显国家粮食安全的重要性和中国乡村数字化建设的难点重点, 本文选取 CRRS 数据中的山东、安徽、河南、黑龙江、四川等五个粮食主产区的农户调查数据进行研究, 剔除缺失和异常值后共计得到 647 个样本观测值。

变量定义与描述性统计结果如表 2 所示。

表 2 变量定义与描述性统计结果

变量类型	变量名称	变量定义	均值	标准差
因变量	粮食生产脆弱性	VEP方法测算得出	0.459	0.499
自变量	数字素养	熵值法测得	0.228	0.165
控制变量	性别	户主性别, 男性=1; 女性=0	0.978	0.146
	婚姻状况	户主婚姻, 已婚=1; 其他=0	0.958	0.200
	年龄	户主年龄	56.056	10.112
	年龄平方	户主年龄平方	3244.321	1136.724
	受教育程度	户主受教育程度, 未上学=0; 小学=6; 初中=9; 高中、中专、职高技校=12; 大学专科=15; 大学本科=16	7.849	2.926
	是否在本村任职	本村无任职=0; 本村有任职=1	0.131	0.338
中介变量	村庄经济发展状况	村人均可支配收入的对数	9.398	0.596
	村委到县政府距离	村委会距县政府距离的对数	2.809	0.721
	资本配置效率提高	是否用数字金融支付? 否=0; 是=1	0.227	0.419
		申请贷款是否获得? 否=0; 是=1	0.168	0.375
		是否购买了农业保险? 否=0; 是=1	0.587	0.493
	生产行为创新	是否进行土地流转? 否=0; 是=1	0.569	0.496
产品市场拓展	是否有意愿网上销售? 否=0; 是=1	0.252	0.434	

四、实证分析

1. 基准回归

结果如表 3 所示, 其中列 (1) 至列 (3) 分别为不加入控制变量、加入个体控制变量、加入个体与村庄控制变量的回归结果。数字素养对粮食生产

脆弱性的影响系数为-0.2398, 具有显著负效应, 即数字素养提高能显著降低农户粮食生产脆弱性, H<sub>1</sub> 得到验证。此外, 是否在本村任职、村委会到县政府的距离对粮食生产脆弱性也存在显著影响, 说明农户个体特征和所在村庄特征也是影响粮食生产脆弱性的重要因素。

表3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
数字素养	-0.239 8** (-2.029 0)	-0.282 6** (-2.278 9)	-0.262 1** (-2.114 7)
性别		-0.236 6* (-1.884 3)	-0.274 8** (-2.216 3)
婚姻状况		-0.025 3 (-0.247 4)	-0.035 5 (-0.350 1)
年龄		0.008 5 (0.517 9)	0.014 0 (0.842 8)
年龄平方		-0.000 1 (-0.754 8)	-0.000 2 (-1.057 1)
受教育程度		-0.012 7* (-1.839 8)	-0.009 7 (-1.428 3)
是否在本村任职		0.116 5* (1.950 9)	0.105 8* (1.805 3)
村庄经济发展状况			-0.043 4 (-1.314 5)
村委会到县政府的距离			0.076 9*** (2.664 8)
常数项	0.513 8*** (15.329 6)	0.744 6 (1.567 8)	0.798 3 (1.371 3)
观测值	647	647	647
Adj. R <sup>2</sup>	0.004 8	0.016 5	0.031 4

注：\*\*\*、\*\*、\*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平，括号内为  $t$  值。

## 2. 稳健性检验

为了进一步验证结果的稳健性，本文采取更换解释变量和计量模型对回归结果进行稳健性检验。首先，参考王汉杰<sup>[27]</sup>、周立新<sup>[29]</sup>的研究设计，使用因子分析和等权重法重新测度农户数字素养，结果

见表 4 列 (1) 和 (2)。从回归结果来看，数字素养对粮食生产脆弱性仍然具有显著的负向影响，表明即使替换核心解释变量测度方法后基准回归的结论依然成立。其次，由于被解释变量粮食生产脆弱性为二分类变量，本文进一步选择 Probit 模型和 Logit 模型进行稳健性检验。表 4 列 (3) 和 (4) 表明，即使替换计量模型，农户数字素养对粮食生产脆弱性依然有显著负向影响，进一步说明了基准回归结果的稳健性。

## 3. 内生性检验

实证分析中，农户数字素养与粮食生产脆弱性可能存在双向因果和遗漏变量的问题导致估计结果产生偏误。首先是双向因果问题。高素质素养水平的农户可以有效利用数字设备获取最新信息，粮食生产全链条全时空能较好地采纳高新技术，从而降低粮食生产脆弱性；而高粮食生产脆弱性的农户，其收入处于不稳定状态，其生产处于低效劳作状态，多因素制约着数字化、网络化、智能化等现代粮食生产技术的采纳，这种联动效应会影响农户数字素养的提升。其次是遗漏变量问题。尽管已控制农户个体特质和村庄特征变量，但仍然可能存在遗漏变量问题，如农户学习能力、是否抵触智能设备、村庄文化和社会因素等。为保证基准回归结果的可靠性，笔者采用工具变量法 (IV-2SLS)、倾向得分匹配法 (PSM) 和遗漏变量检验模型可能存在的内生性问题。

表4 稳健性检验结果

变量	替换解释变量		替换计量模型	
	(1)因子分析法	(2)等权重法	(3)Probit 模型	(4)Logit 模型
数字素养	-0.115 1** (-2.193 1)	-0.010 2** (-1.971 5)	-0.690 2** (-2.097 4)	-1.110 0** (-2.064 7)
个体控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
村庄控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	0.705 9 (1.214 7)	0.668 1 (1.149 1)	0.830 5 (0.535 6)	1.295 9 (0.520 8)
样本量	647	647	647	647
Adj. R <sup>2</sup>	0.032 0	0.030 7		

注：\*\*\*、\*\*、\*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平，列 (1) 和 (2) 括号内为  $t$  值，列 (3) 和 (4) 括号内为  $z$  值。

(1) 工具变量法检验。参考苏岚岚等<sup>[30]</sup>的做法，选取除农户自身外所在村庄的平均数字素养作为工具变量，该工具变量与农户自身数字素养存在较强相关性而并不会对农户粮食生产脆弱性产生

影响，因此，工具变量的选取满足相关性和外生性条件。表 5 第一阶段回归结果显示，工具变量对农户数字素养具有显著正向影响，第二阶段工具变量估计结果则表明在解决内生性问题之后，农户数字

素养仍然与粮食生产脆弱性呈负相关关系。进一步，工具变量法估计中其  $F$  检验、弱工具变量检验和识别不足检验都表明了工具变量选取的合理性，这也验证了基准结果的稳健性。

表 5 工具变量法检验结果

变量	(1)	(2)
	第一阶段	第二阶段
数字素养		-1.387*** (-3.33)
工具变量	0.538*** (7.52)	
个体控制变量	已控制	已控制
村庄控制变量	已控制	已控制
常数项	0.656*** (3.47)	1.783** (2.52)
样本量	647	647
Adj. $R^2$		-0.077
Kleibergen-Paap rk LM statistic	56.573	56.573
Cragg-Donald Wald $F$ statistic	94.043	94.043

注：\*\*\*、\*\*、\*分别代表 1%、5%、10%的显著性水平，列（1）括号内为  $t$  值，列（2）括号内为  $z$  值。

（2）倾向得分匹配法（PSM）检验。参考华静等<sup>[28]</sup>的研究设计，以数字素养平均水平为参考线，数字素养高于其均值的为处理组，低于其均值的为对照组，选取所有控制变量为协变量，利用 Logit 模型计算倾向得分，分别使用 1 : 4 最近邻匹配、半径卡尺匹配、核匹配重新检验农户数字素养

与粮食生产脆弱性的关系。回归结果如表 6 所示，可知核心解释变量数字素养的影响仍显著为负，说明倾向得分匹配之后基准回归结论依然成立。

表 6 倾向得分匹配法结果

变量	(1)	(2)	(3)
	近邻匹配	半径卡尺匹配	核匹配
数字素养	-0.275 7** (-2.037 7)	-0.274 3** (-2.142 1)	-0.271 1** (-2.174 8)
个体控制变量	已控制	已控制	已控制
村庄控制变量	已控制	已控制	已控制
常数项	0.586 4 (0.840 8)	1.131 9* (1.799 3)	0.880 5 (1.482 0)
样本量	480	606	623
Adj. $R^2$	0.026 8	0.027 2	0.029 0

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

（3）遗漏变量分析。为进一步检验不可观测遗漏变量所造成的估计偏误，参考 Oster 的方法检验潜在遗漏变量对回归结果产生的影响<sup>[31]</sup>。该检验有两种方法：第一种为取  $\delta=1$ ， $R_{\max}$  为当前拟合优度的 1.3 倍，如果  $\beta^*(R_{\max}, \delta)$  落在了估计参数的 95%置信区间内，说明遗漏变量对结果的干扰较小，则通过检验；第二种为在给定  $R_{\max}$  为拟合优度的 1.3 倍时，计算使  $\beta=0$  的  $\delta$  取值，若  $\delta$  取值大于 1，则通过检验。检验结果如表 7 所示，两种检验方法均通过检验，说明遗漏变量对于基准回归结果所造成的影响较小，验证了基准回归结果的稳健性。

表 7 Oster 遗漏变量检验结果

检验方法	判断标准	实际计算结果	是否通过
(1)	$\beta^*(R_{\max}, \delta) \in [-0.5054, -0.1872]$	$\beta^*(R_{\max}, \delta) = -0.2714$	是
(2)	$\delta > 1$	$\delta = 44.459$	是

#### 4. 异质性分析

不同年龄层次的农户户主对新信息、新技术、新生事物的接受度和应用能力存在差异，本文将户主年龄在 65 岁以上的样本划分为老龄组，将户主年龄在 65 岁以下的样本划分为中青年组，回归结果如表 8 列（1）和（2）所示。结果显示，对中青年组来说，数字素养能显著性降低其粮食生产的脆弱性；对老龄组而言，其数字素养对粮食生产脆弱性的影响并不显著。可能的原因是，中青年户主更容易接受和应用数字技术，而老龄户主可能在技术接受和应用方面存在困难。这种差异可能会影响农户利用数字技术的能力，进而影响到农户粮食生产脆弱性。

受教育水平不同的人群对信息的获取、处理和应用能力也存在差异，根据样本特征，将小学学历以上的样本划分为受教育程度较高组，将小学学历以下的样本划分为受教育程度较低组，回归结果如表 8 列（3）和（4）所示。结果显示，户主教育程度高，农户数字素养能显著性地降低其粮食生产脆弱性；户主教育程度低，农户数字素养对粮食生产脆弱性的影响并不显著。可能的原因是，受教育程度高的户主更容易掌握和创新性地应用数字技术，运用互联网资源获取相关决策信息，灵活地调整粮食生产，应对粮食生产全过程全时空中的不确定性挑战，实现粮食生产系统的稳定性和抗逆性。

表8 异质性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	中青年组	老龄组	受教育程度低组	受教育程度高组
数字素养	-0.300 0** (-2.095 7)	-0.124 9 (-0.489 2)	-0.074 3 (-0.346 0)	-0.367 5** (-2.380 9)
个体控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
村庄控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	-0.182 2 (-0.207 7)	-2.961 0 (-0.242 2)	1.239 0 (1.262 8)	0.547 4 (0.734 6)
观测值	504	143	253	394
Adj. R <sup>2</sup>	0.037 0	0.011 6	0.015 3	0.031 5

### 5. 机制检验

根据理论分析框架,农户数字素养可以通过提高资本配置效率、创新生产行为、拓展产品市场,降低粮食生产脆弱性。为验证以上理论分析结论,本文借鉴江艇<sup>[32]</sup>的操作思路进行中介效应检验(表8),避免中介变量的内生性问题,侧重于核心解释变量对机制变量的影响。由表8列(1)和(2)(3)可知,在资本配置效率提高方面,数字素养对农户数字支付、获得贷款、购买农业保险等行为有显著正向影响, H<sub>2a</sub> 得证。农户数字素养越高,对支付宝、微信、网上银行等便捷数字金融工具的使用能力越强,也越容易通过诸如贷款资质审查和从数字金融等正规渠道进行融资,提高信贷的可得性和保险工具的有效性,从而增强粮食生产的抗风

险能力。由表8列(4)可知,数字素养对农户生产行为创新有显著正向影响, H<sub>2b</sub> 得证。农户数字素养越高,越能通过土地流转等行为扩大经营规模,越能通过数字化平台掌控市场趋势和政策信息等进行理性决策,实现生产行为创新,保障适度规模经营利润,提升抗自然与市场风险的能力。由表8列(5)可知,数字素养对农户产品市场拓展有显著正向影响, H<sub>2c</sub> 得证。农户数字素养越高,其越具有网上销售意愿。数字化技术实现从田间地头到消费终端远距离供需对接,减少流通环节,提高农户收益。特别地,农户通过数字化平台实时获取市场价格和需求信息,促进了生产决策和定价决策的合理性和科学性,避免信息滞后引致的生产者福利损失。

表9 机制检验结果

变量	资本配置效率提高			生产行为创新	产品市场拓展
	数字支付	获得贷款	农业保险	土地流转	网上销售
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
数字素养	0.679 4*** (6.366 9)	0.187 6* (1.717 3)	0.380 7*** (3.365 9)	0.214 8* (1.802 6)	0.414 6*** (3.700 0)
个体控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
村庄控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
常数项	-0.834 6 (-1.562 3)	0.316 7 (0.634 2)	-0.921 6 (-1.595 9)	-0.001 1 (-0.001 8)	-0.043 0 (-0.089 7)
观测值	647	647	647	647	647
Adj. R <sup>2</sup>	0.142 8	0.038 8	0.030 6	0.012 9	0.065 7

## 五、研究结论与政策建议

上述研究表明:农户数字素养提高可以降低粮食生产的脆弱性,进行系列稳健性检验和内生性处理后结论依然成立;异质性检验结果表明,中青年和受教育程度较高的户主家庭具有显著的数字素养行为响应能力;中介效应表明,数字素养的提升可以提高资本配置效率、生产行为创新、拓展产品市场,降低粮食生产脆弱性。

根据以上结论,为提高农户数字素养,降低粮食生产脆弱性,保障我国粮食安全,本文提出如下政策建议:第一,全面实施农户数字素养提升工程,

特别是需要全面贯彻《数字乡村发展战略纲要》和《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》文件精神和工作部署,真正从现代新型粮农的数字技术与能力提升视角实施具有计划性和目标性的行动方案;第二,农户数字素养提升工程必须首先瞄准重点对象——中青年农民或新型经营主体,以通过重点打造的示范效应作用,持续推进农户数字素养能力提升工程,构建粮食生产数字化技术与数字化人才相匹配的长效机制;第三,着力释放数字素养的行为响应效应,发挥数字技能的“干中学”行为作用,实现数字素养深度融进粮食产业,特别需要

发挥村集体组织的作用,实现粮食生产数字化作业方式的整村推进;第四,需要以新质生产力为导向,将农户数字素养与现代粮食生产的数智化技术创新结合,促进粮食生产数字化发展的社会化工分与集约化作业,从根本上降低农户粮食生产脆弱性,提高农户粮食生产的积极性。

#### 注释:

- ① 数据来源:《国家防灾减灾救灾委员会办公室应急管理部发布 2024 年上半年全国自然灾害情况》, <https://www.mem.gov.cn/xw/yjglbgzdt/202407/t20240712-494600.shtml>。

#### 参考文献:

- [1] 黄朝迎. 气候变化对我国北方冬小麦生产的影响[J]. 山东气象, 1989(S1): 36-40, 49.
- [2] 段兴武, 谢云, 刘刚, 等. 黑龙江省粮食生产对气候变化影响的脆弱性分析[J]. 中国农业气象, 2008(1): 6-11.
- [3] 谢立勇, 李悦, 钱凤魁, 等. 粮食生产系统对气候变化的响应: 敏感性脆弱性[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 25-30.
- [4] 姚成胜, 殷伟, 黄琳, 等. 中国粮食生产与消费能力脆弱性的时空格局及耦合协调性演变[J]. 经济地理, 2019, 39(12): 147-156.
- [5] 李长松, 周霞, 周玉玺. 中国粮食主产区农业水贫困与粮食生产脆弱性的时空耦合研究[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(4): 965-975.
- [6] 李长松, 周玉玺. 水资源非农化与粮食生产脆弱性[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2023, 22(5): 25-37.
- [7] 董恺, 穆月英. 粮食生产脆弱性如何影响农户收入?[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(7): 42-51.
- [8] 王小华, 刘云, 宋檬. 数字能力与家庭风险金融资产配置[J]. 中国农村经济, 2023(11): 102-121.
- [9] 杨佳利, 吴从亮. 数字素养、电商认知与农户电商参与行为——基于湘粤地区 528 份调查数据[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2023, 24(6): 23-34.
- [10] 胡南燕, 胡永浩, 罗屹, 等. 农户数字素养提升能降低小麦储存损失吗?[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(4): 1-11.
- [11] 张鹏, 李小红, 吴雨. 农户数字素养对化学农药减量使用的影响及其机制研究[J]. 中国软科学, 2024(2): 64-73.
- [12] 王翌秋, 刘学胜, 曹蕾. 数字素养、信息化技术与家庭农场经营绩效[J]. 农村金融研究, 2023(4): 68-80.
- [13] 杨玉珍, 张雪珂. 数字素养对小农户衔接现代农业的影响研究——基于黄河流域 9 省区 1592 户小农户的调查[J]. 经济经纬, 2024, 41(3): 42-53.
- [14] 罗光强, 宋新宇. 区域粮食经济高质量发展的系统评价比较与合作战略——以湘粤为例[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2023, 24(5): 27-35.
- [15] 张哲晰, 穆月英, 侯玲玲. 参加农业保险能优化要素配置吗?——农户投保行为内生化的生产效应分析[J]. 中国农村经济, 2018(10): 53-70.
- [16] 郑骏川, 苏莉. 绿色信贷对农户生态农业技术实施行为的影响——基于生态认知的中介作用及农业收入占比的调节效应[J]. 湖北社会科学, 2023(1): 74-81.
- [17] 富丽莎, 汪三贵, 秦涛. 农业保险的增收效应及其作用机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(12): 153-165.
- [18] 易恩文, 王军, 朱杰. 数字经济、资源配置效率与农业高质量发展[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2023, 43(12): 20-37.
- [19] 曾雅婷, 吕亚荣, 刘文勇. 农地流转提升了粮食生产技术效率吗——来自农户的视角[J]. 农业技术经济, 2018(3): 41-55.
- [20] 李克乐, 杨宏力. 劳动力转移、土地流转和溢出效应对农户种植结构的影响[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2021, 24(5): 77-89.
- [21] 王震, 辛贤. 土地跨村流转能否实现粮食生产率增长?——基于 15 省农户调查数据的实证分析[J]. 中国农村观察, 2022(2): 2-18.
- [22] 张永奇. 数字普惠金融对农村土地流转的影响及机制研究——来自 CFPS 与 PKU-DFIIC 的经验证据[J]. 经济与管理, 2022, 36(3): 30-40.
- [23] 尹志超, 吴子硕. 电子商务能降低农村家庭贫困脆弱性吗?——基于“电子商务进农村综合示范”项目的准自然实验研究[J]. 经济科学, 2024(3): 138-157.
- [24] 张丽, 张子馨, 刘天军. 电商参与会促进农户农产品质量认证吗?——基于黄土高原苹果优势产区农户的分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2024, 24(4): 127-136.
- [25] CHAUDHURI S, JALAN J, SURYAHADI A. Assessing household vulnerability to poverty from cross-sectional data: A methodology and estimates from Indonesia[R]. New York: Columbia University, 2002.
- [26] AMEMIYA T. The maximum likelihood and the nonlinear three-stage least squares estimator in the general nonlinear simultaneous equation model[J]. Econometrica, 1977, 45(4): 955.
- [27] 王汉杰. 数字素养与农户收入: 兼论数字不平等的形成[J]. 中国农村经济, 2024(3): 86-106.
- [28] 华静, 潘嗣同. 数字素养鸿沟与农户收入不平等[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2024, 23(3): 35-47.
- [29] 周立新, 屈彩萍, 王淑敏. 数字素养的农户收入增长效应研究[J]. 西部论坛, 2024, 34(2): 40-54.
- [30] 苏岚岚, 彭艳玲. 农民数字素养、乡村精英身份与乡村数字治理参与[J]. 农业技术经济, 2022(1): 34-50.
- [31] OSTER E. Unobservable selection and coefficient stability: Theory and evidence[J]. Journal of business & economic statistics, 2019, 37(2): 187-204.
- [32] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.

责任编辑: 李东辉