



高雪,李欠男.高标准农田建设对粮食生产韧性的影响及作用机制[J].中国农业大学学报,2025,30(08):255-267.

GAO Xue, LI Qiannan. Impact of high-standard farmland construction on the resilience of grain production and its mechanism [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(08): 255-267.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.08.21

高标准农田建设对粮食生产韧性的影响及作用机制

高雪^{1,2} 李欠男^{3*}

(1. 东北大学秦皇岛分校 经济学院, 河北 秦皇岛 066004;

2. 东北大学 文法学院, 沈阳 110169;

3. 湖北文理学院 经济与管理学院, 湖北 襄阳 441053)

摘要 为探究高标准农田建设在保障粮食稳定供给中发挥的作用,采用粮食生产韧性来衡量粮食稳定供给能力,基于中国31个省(市、自治区)的省级面板数据(统计数据未含港、澳、台地区,下同),利用连续型DID方法,考察高标准农田建设对粮食生产韧性的影响,揭示蕴含其中的作用机制。结果表明:1)高标准农田建设对粮食生产韧性具有显著的促进作用,这一实证结果在替换核心解释变量和替换政策评估时点后仍然稳健。2)异质性分析结果显示,高标准农田建设对非粮食主产区、东部地区粮食生产韧性的影响效果最显著。3)从作用机制看,高标准农田建设能显著推动农业技术进步、提高农田灌溉面积、增强农业机械化水平,从而有效提升了粮食生产韧性。基于上述结论,建议继续推进高标准农田建设,并根据各地区的经济发展水平和农业功能定位,因地制宜制定差异化策略。

关键词 高标准农田建设; 粮食生产韧性; 连续型DID; 农业功能区; 作用机制

中图分类号 F323

文章编号 1007-4333(2025)08-0255-13

文献标志码 A

Impact of high-standard farmland construction on the resilience of grain production and its mechanism

GAO Xue^{1,2}, LI Qiannan^{3*}

(1. School of Economics, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China;

2. School of Humanities and Law, Northeastern University, Shenyang 110169, China;

3. College of Economics and Management, Hubei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, China)

Abstract To investigate the role of high-standard farmland construction in ensuring stable grain supply, grain production resilience is adopted to determine the grain supply stability capacity. Based on a set of provincial panel data from 31 provinces (municipalities and autonomous regions) in China (Data do not include those of Hong Kong, Macao and Taiwan regions. The same below), this study employs the DID method to examine the impact of high-standard farmland construction on the resilience of grain production and its underlying mechanisms. The research findings indicate that: 1) High-standard farmland construction has a significant positive impact on food production resilience. This result is robust after substituting the core explanatory variables and adjusting the policy evaluation time points. 2) Heterogeneity analysis shows that the impact of high-standard farmland construction on food production resilience is the greatest in non-grain-producing areas and eastern regions. 3) In terms of mechanism, the high-standard

收稿日期: 2024-10-17

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(24YJC790048)

第一作者: 高雪(ORCID:0009-0002-1905-7982), 讲师, 主要从事农业生产经济学研究, E-mail: gaixue@neuq.edu.cn

通讯作者: 李欠男(ORCID:0009-0006-7968-0011), 讲师, 主要从事农业技术经济学研究, E-mail: 1137169595@qq.com

farmland construction promotes agricultural technological progress, increases farmland irrigation coverage, and enhances agricultural mechanization, thereby effectively improving food production resilience. Based on the above conclusions, it is recommended to continue advancing high-standard farmland construction and develop differentiated strategies tailored to local conditions, taking the economic development levels into account and the agricultural functional positioning of each region.

Keywords high-standard farmland construction; grain production resilience; continuous DID; agricultural functional zones; mechanism

粮食的稳定供给和质量安全直接关系到民生福祉与社会稳定。抓好粮食生产、保障粮食安全始终是治国安邦的首要任务。党中央高度重视粮食生产,实施一系列重要举措,并取得显著成效。尽管如此,中国的粮食生产仍面临诸多挑战。一方面,全球变暖趋势仍在持续且极端气候事件增多变强^[1]。另一方面,农业劳动力结构正发生深刻转型,表现为非农就业规模持续扩大与农村人口老龄化程度不断加深^[2-3]。面对上述不利冲击和潜在风险,亟需未雨绸缪,加快提升粮食生产韧性,即提升粮食生产抵御不利冲击并从中迅速恢复的能力^[4]。在此背景下,分析中国粮食生产韧性及其提升策略对加快农业强国建设具有重要现实意义。

根据联合国的界定,韧性是指全社会各部门预防、预测、消化、适应和应对不利冲击的能力,这一能力可以使各部门维持可接受的运转水平^[5]。简言之,韧性是指各部门抵抗不利冲击并在冲击后迅速恢复的能力^[6-7]。联合国粮农组织将韧性概念引入粮食体系,提出粮食体系韧性,即粮食体系(包括生产、运输、储备、消费、贸易等环节)在遭遇不利冲击后,却仍能为所有人提供充足、安全和营养的粮食的能力^[5,8]。学者们则聚焦粮食体系中的某一特定环节,提出了粮食生产韧性、供应链韧性及贸易韧性^[9-12]。其中,粮食生产韧性被视为粮食体系韧性的基本组成部分,是确保粮食体系稳定运行的重要前提。

围绕粮食生产韧性,现有研究可分为以下3方面。第一,粮食生产韧性的测度。粮食生产韧性通常被定义为粮食生产抵御不利冲击并从中恢复的能力^[13-16]。基于这一定义,部分学者从抵御能力和恢复能力2个维度构建了综合指标体系,并通过合适的赋权方法对粮食生产韧性进行量化^[13]。随着抵御能力和恢复能力的提升,粮食产出的稳定性将得到有效保障。因此,部分学者采用粮食产出偏差水平来测度粮食生产韧性^[12,17-18]。例如,陈有华等^[17]将粮食产出偏差水平定义为实际粮食产量与

平滑后的粮食产量的比值。第二,气候变化和劳动力结构变化对粮食生产韧性具有不利影响。例如,范振楠等^[19]指出,极端气候事件增多变强是降低粮食生产韧性的重要外部因素。王兆林等^[20]指出,农村劳动力老龄化会降低先进农技采用率,而这不利于粮食增产。第三,围绕如何提升粮食生产韧性,学者们从多个角度开展影响因素分析。基于农机社会化服务和农技培训的视角,已有研究发现它们对粮食生产韧性具有显著正向影响^[12,16]。为缓解粮农在生产中面临的资金、信息等约束,学者们关注了农业保险、数字经济和信息预警等手段^[21-23]。此外,生产条件的改善也发挥着重要作用。例如,农业水利基础设施的完善能提升粮食生产韧性^[24]。农业生产条件既包括农业水利基础设施,也包括农田质量改善。然而,学者们主要关注农业水利基础设施,却忽视了农田质量改善对粮食生产韧性的影响。

农田质量的改善早已体现在中国的高标准农田建设政策中^[25]。一方面,通过“小田并大田”工程,高标准农田建设推动了田块的平整化、集中化及适度规模化,有效优化了农田布局。另一方面,通过土壤改良和农田林网建设,高标准农田建设为提高土壤肥力创造了有利条件。同时,高标准农田建设注重完善田间道路、水利基础设施,进一步夯实了农业生产的物质条件。截至2023年,我国已建成高标准农田0.667亿hm²。在此基础上,学者们集中关注高标准农田建设对粮食生产能力的影响,探究其中的影响路径^[26-28]。从宏观层面看,高标准农田建设对粮食总产量具有显著促进效应^[26]。从影响路径上看,这一促进效应依赖于粮食单产和粮食生产韧性的共同提升。然而,少有研究深入探讨高标准农田建设与粮食生产韧性之间的关系。彭继权等^[29]聚焦自然灾害,分析了高标准农田建设与农田减灾能力之间的关系。但自然灾害只是诸多不利冲击中的一种,只考虑自然灾害很可能会低估高标准农田建设的韧性效应。

综上,现有研究具有重要参考价值,但也存在以下可拓展空间。第一,学者们普遍强调农业生产条件改善对粮食生产韧性提升的正面效应。关于农业生产条件的改善,已有研究重点关注了农业水利基础设施对粮食生产韧性的影响,却忽视了农田质量改善所带来的影响。第二,高标准农田建设的核心内容既包括农田质量的改善,也包括农业水利设施的完善,可以全面地反映中国农业生产条件的改善。基于高标准农田建设视角,有学者考察了其对于农田灾害风险抵御能力的影响。只考察高标准农田建设对农田减灾能力的影响,很可能会低估高标准农田建设在保障粮食稳定供给上的重要性。在实践中,确保粮食稳定供给不仅需要提升农田灾害风险抵御能力,而且需要应对农业劳动力老龄化对粮食生产体系带来的挑战。鉴于此,本研究以粮食生产韧性来衡量粮食的稳定供给能力,基于中国31个省(市、自治区)的省级面板数据(统计数据未含港澳台地区,下同),利用连续型DID方法,刻画高标准农田建设对粮食生产韧性的影响。同时,基于中国粮食生产所面临的现实挑战(如自然灾害、劳动力老龄化),揭示高标准农田建设为何能显著影响粮食生产韧性,以期为推进高标准农田建设和保障粮食安全提供科学依据。

1 理论分析与研究假说

自2011年以来,党中央、国务院高度重视高标准农田建设,并出台一系列政策。国务院于2012年批准颁布的《全国土地整治规划(2011—2015)》指出,到2015年完成高标准农田建设0.267亿 hm^2 。国务院于2013年批准的《国家农业综合开发高标准农田建设规划(2011—2020)》指出,争取在规划结束后完成高标准农田建设0.533亿 hm^2 。国务院于2018年印发的《乡村振兴战略规划(2018—2022)》再次明确目标,力争到2022年完成高标准农田建设目标0.667亿 hm^2 。根据GB/T30600—2022《高标准农田建设通则》^[30],高标准农田指的是“地块平整、集中连片、宜机作业、设施完备、土壤肥沃、生态友好、抗灾能力强,与现代农业生产和经营方式相适应的耕地”。高标准农田建设的内容很丰富,但本研究只关注与农业生产条件改善相关的内容:农田质量改善(地块平整、集中连片、土壤肥沃)、基础设施完备(灌溉设施、田间道路的完善)。农田质量

改善能促进农业技术进步,进而降低自然灾害对粮食生产韧性的不利影响;基础设施完备(灌溉设施完善)能提升农田灌溉面积,进而降低自然灾害对粮食生产韧性的不利影响;基础设施完备(田间道路完善)还能促进农业机械化水平提升,进而降低劳动力老龄化对粮食生产韧性的负面影响。因此,高标准农田建设将通过促进农业技术进步、扩大农田灌溉面积、提升农业机械化水平的路径来提高粮食生产韧性。具体说明如下:

1.1 高标准农田建设、农业技术进步与粮食生产韧性

自然灾害对粮食生产构成了严峻挑战,提高粮食生产韧性是积极应对自然灾害的必然选择。已有研究表明,促进农业技术进步,引导农户积极采用先进农业技术(如抗逆性种子、保护性耕作技术),是应对自然灾害和保障粮食稳定产出的有效策略^[31-32]。在高标准农田建设中,农田质量改善能从以下3方面促进农户采用先进农业技术。第一,随着田块集中化、连片化和适度规模化,粮农进行生产的目标将转为实现经济效益最大化。为保障粮食产出和实现经济收益的最大化,农户倾向于选择抗逆性品种以应对气候变化带来的不利影响。第二,规模化生产降低了农户购买抗逆性品种的成本,而成本的显著下降会提高农户采用抗逆性品种的积极性。第三,提高土壤肥沃度是农田质量改善的重要体现。随着土壤有机质含量的增加,土壤的持水能力将得到提升,从而在一定程度上缓解高温对粮食生长的胁迫。当农户认识到这一点,他们更倾向于采用保护性耕作技术(如增施有机肥、秸秆还田等)。

1.2 高标准农田建设、农田灌溉面积与粮食生产韧性

面对当前和未来的升温趋势和自然灾害频发风险,有必要增强粮食生产韧性。根据自然灾害的发生频率及其致灾机理,确保农田灌溉面积无疑是保障农作物正常生长的重要策略。干旱是中国最为频发的自然灾害^[17]。在不考虑人工干预的情况下,干旱会导致土壤水分不足,进而导致水稻的穗粒数和结实率下降;干旱会降低小麦的光合作用,增强其呼吸作用,进而抑制小麦的正常生长;干旱会导致玉米叶片的光合保护机制受损,影响叶片生理功能。然而,当农户增加灌溉强度和频率后,这种抑制作用将得到明显减弱^[31]。在高标准农田建设过程中,很多地区新建了蓄水池。蓄水池不仅能在旱季贮存水资源,提高灌溉面积,还能与膜下滴

灌技术相结合,提高灌溉用水效率^[33]。例如,高标准农田建设要求灌溉水的利用系数不低于0.6,通过优化灌溉系统,减少输水过程中的渗漏和蒸发损失^[29],从而使更多水资源用于农田灌溉,增加了农田灌溉面积和灌溉效率。

1.3 高标准农田建设、农业机械化水平与粮食生产韧性

面对农业劳动力老龄化加剧的现实挑战,提升粮食生产韧性已成为保障国家粮食安全的迫切需求。根据要素替代理论,以机械替代劳动力能缓解劳动力数量不足和质量不佳问题^[34]。在实际生产中实现机械对人力的有效替代,必须依赖于良好的农田道路设施。高标准农田建设恰好为农田道路设施的完善提供了有力支撑。一方面,改善农田形态及分布是高标准农田建设的重要内容。通过对田块进行“小并大、弯变直、短变长、陡变缓”的系统性改造,农田道路得以优化。这种优化不仅提高了土地的利用效率,还改善了农业机械的通行条件,推动了粮食生产的现代化进程。另一方面,机耕道的优化是高标准农田建设的重要环节。机耕道布局的持续优化能满足大型农业机械的通行需求,既提高了农机作业效率,也增强了农机作业安全性,从而为粮食稳产提供了重要支撑。

基于上述分析,提出如下研究假设:

H1:高标准农田建设通过推动农业技术进步,有效提升了粮食生产韧性。

H2:高标准农田建设通过扩大农田灌溉面积,有效提升了粮食生产韧性。

H3:高标准农田建设通过提升农业机械化水平,有效提升了粮食生产韧性。

2 研究设计

2.1 模型设定

根据前述,我国于2011年正式实施高标准农田建设^[25],由于不同省份的高标准农田建设目标和进度不同,使得同一省份在政策实施后的高标准农田数量明显不同,且同一时点上不同省份的高标准农田数量存在明显差异。基于上述2项差异和高标准农田建设的连续性变化,采用连续型DID模型进行实证分析。模型设定如下:

$$\text{Resilience}_{it} = \alpha + \beta \text{HL}_i \times I_t + \delta X_{it} + \mu_i + v_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中:Resilience_{it}为被解释变量,表示第*i*省在第*t*年的粮食生产韧性;HL_{*i*}×*I_t*为核心解释变量,表示HL_{*i*}与*I_t*的乘积。其中,HL_{*i*}为高标准农田建设面积,*I_t*为高标准农田建设政策实施时点的虚拟变量。当*t*≥2011时,*I_t*为1;当*t*<2011时,*I_t*为0。*X_{it}*为一系列控制变量; α 为常数项; β 、 δ 为待估参数; μ_i 为地区固定效应; v_t 为时间固定效应; ϵ_{it} 为随机误差项。

为进行平行趋势检验和高标准农田建设的动态效应分析,设定如下模型:

$$\text{Resilience}_{it} = \alpha + \sum_{t=2005}^{2017} \beta_t \text{HL}_i \times T_t + \delta X_{it} + \mu_i + v_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

式中:*T_t*为年份虚拟变量; β_t 为动态估计系数;其余变量界定与式(1)相同。如果观察到基准年份前的 β_t 未通过显著性检验,则表明在政策时点前控制组(高标准农田建设面积占比较低的样本)和实验组(占比较高的样本)的粮食生产韧性的变化趋势一致,满足平行趋势假定。

2.2 变量定义及说明

1)被解释变量。被解释变量是粮食生产韧性。根据前述对粮食生产韧性的界定,同时借鉴陈有华等^[17]、Zampieri等^[35]的研究,利用粮食产量数据来测度粮食生产韧性。具体而言:首先,对各省份历年的粮食产量数据进行平滑化处理,即 $Y_i = \text{lowess}(y_i)$,因为这种处理方式能过滤掉因气候变化、劳动力结构变化等因素导致的粮食产出波动。其次,将实际粮食产量数据 y_i 与其平滑化处理后数据 Y_i 进行比值化处理,旨在得到粮食生产韧性。如果比值结果>1或接近于1,表明实际粮食产量没有偏离预期,粮食生产韧性较好;如果比值结果明显<1,表明实际粮食产量明显偏离预期,粮食生产韧性较差。

2)核心解释变量。本研究的核心解释变量是高标准农田建设面积与高标准农田建设政策实施时点的交互项。为进行稳健性检验,以土地整治投资完成额来替代高标准农田建设面积,并构建土地整治投资完成额与高标准农田建设政策实施时点的交互项。在具体实践中,高标准农田建设需要大量资金投入,而这些资金投入将直接反映在土地整治投资完成额上。

3)控制变量。参考已有研究^[4,17,22,29],选取的控制变量包括以下几个方面:农村地区经济发展水平(农村居民可支配收入、城镇化率、农村居民人均用电量)、政府对农业发展的支持力度(财政支农力

度、农业科技活动经费)、人力资本水平(农村劳动力平均受教育年限)、土地要素流动的活跃度(土地流转率)、气候因素(年均气温、年均降水总量、水旱灾受灾率)。其中,城镇化率是指城镇人口占年末常住人口的比值;财政支农力度是指地方财政农林水事务支出占一般预算支出的比值;农村劳动力平均受教育年限的测算需考虑教育层级^[33];受灾率是指水灾和旱灾受灾面积占总播种面积的比值。

4)机制变量。根据上述理论分析和研究假说,选取以下机制变量:农业技术进步、农田灌溉面积、农业机械化水平。农业技术进步是指农业生产前沿面的外拓。本研究借鉴高鸣等^[36]的研究,采用随机前沿分析法来测度农业技术进步水平。农田灌溉面积在本研究中为比值,即有效灌溉面积与农作物播种面积的比值;农业机械化水平为比值,即农业机械总动力与农作物播种面积的比值。上述变量的描述性统计见表 1。

表 1 变量定义及描述性统计
Table 1 Variable definition and descriptive statistics

变量 Variable	变量说明 Variable definition	均值 Mean	标准差 SD
粮食生产韧性 Grain production resilience	实际粮食产量与其平滑化处理值的比值	1.001	0.851
高标准农田建设面积 High-standard farmland construction	高标准农田建设面积,万 hm ²	4.634	3.201
农村居民可支配收入 Disposable income of rural residents	农村居民可支配收入,元	8 099.052	4 593.272
城镇化率 Urbanization rate	城镇人口/年末常住人口, %	52.313	0.147
农村居民人均用电量 Electricity for rural use	农村用电量/农村人口, (kW·h/人)	154.878	405.329
财政支农力度 Fiscal support for agriculture	政府财政农林水事务支出占比, %	10.383	0.033
农业科技活动经费 R&D funding	农业科技活动经费,亿元	36.232	41.787
受教育年限 Education year	农村人均受教育年限	7.378	0.873
土地流转率 Land transfer rate	家庭承包耕地流转面积/家庭承包耕地总面积, %	20.037	16.307
年均气温 Average temperature	各气象站年平均气温的平均值,℃	13.632	5.453
年均降水总量 Total precipitation	各气象站年降水总量的平均值,mm	946.164	457.98
水旱灾受灾率 Flood and drought disaster rate	水旱灾受灾面积/农作物播种面积, %	29.376	0.396

2.3 数据来源

本研究利用中国 31 个省(市、自治区)2005—2017 年省级层面数据,高标准农田建设面积和土地整治投资完成额数据来源于《中国财政年鉴》^[37],统计时间始于 2005 年并持续至 2017 年。农村居民可支配收入、城镇人口、年末常住人口数据来源于《中国统计年鉴》^[38]。地方财政农林水事务支出、地方财政一般预算

支出数据来源于《中国财政年鉴》^[37]。农业科技活动经费数据来源于《中国科技统计年鉴》^[39]。家庭承包耕地流转面积数据来源于《中国农村经营管理统计年报》^[40]。乡村人口受教育程度数据来源于《中国人口和就业统计年鉴》^[41]。各省份年均气温、降水总量数据来源于中国气象科学数据网。其余所有数据均来源于《中国农村统计年鉴》^[42]。

3 结果与分析

3.1 基准回归结果

利用式(1)估计高标准农田建设对粮食生产韧性的影响(表2)。由模型(1)和(2)可知,无论是否纳入控制变量,核心解释变量 $HL_i \times I_i$ 的系数都通过了显著性检验且为正,说明高标准农田建设对粮食生产韧性的提升具有显著的促进作用。在纳入控制变量的模型(2)中,核心解释变量的系数为0.024,表明高标准农田建设的实施与推进使粮食生产韧性水平提升了0.024。模型(3)和(4)依次呈现的是纳入控制变量的省级层面聚类标准误和Bootstrap自助法随机抽样千次后获得标准误的估计结果。结果显示,核心解释变量的系数均在10%水平上显著为正,说明高标准农田建设的韧性效应具有一定的稳健性。

关于控制变量对粮食生产韧性的影响,由模型(2)可知,农村居民可支配收入对粮食生产韧

性具有显著的正向影响。随着可支配收入的增加,农户将有更多的资金用于购买优质种子和肥料,而这些能促进粮食的稳产增产^[43]。城镇化对粮食生产韧性具有显著负向影响。随着城镇化率的提升,大量青壮年劳动力进城务工,导致农村劳动力老龄化和粮食生产发展后劲不足^[44]。财政支农、农业科技活动经费投入具有积极影响。财政支农通过向农户提供生产补贴、降低生产成本等措施,有效激发了农户的种粮积极性,进而提高了粮食生产的可持续性^[36]。农业科技投入有助于农业技术的研发与推广,而这些是粮食生产可持续和韧性发展的关键^[12]。土地流转率对粮食生产韧性具有积极影响。土地流转率的增加能有效推动土地的集中化和规模化经营。规模化经营能促进农业机械化和现代化技术的应用,进而提高粮食生产的抗风险能力。此外,水旱灾受灾率会增加粮食生产风险和粮食产出波动,因而对粮食生产韧性具有显著不利影响。

表2 高标准农田建设影响粮食生产韧性的估计结果

Table 2 Impact of high-standard farmland construction on grain production resilience

变量 Variable	模型(1) Model (1)	模型(2) Model (2)	模型(3) Model (3)	模型(4) Model (4)
$HL_i \times I_i$	0.030*** (0.010)	0.024* (0.014)	0.024* (0.015)	0.024* (0.014)
农村居民可支配收入 Disposable income		0.992* (0.495)	0.992* (0.495)	0.992** (0.495)
城镇化率 Urbanization rate		-3.220** (1.471)	-3.220** (1.471)	-3.220** (1.520)
农村居民人均用电量 Electricity for rural use		0.018 (0.048)	0.018 (0.048)	0.018 (0.076)
财政支农力度 Fiscal support for agriculture		2.757** (1.266)	2.757** (1.266)	2.757** (1.231)
农业科技活动经费 R&D funding		0.161* (0.092)	0.161* (0.092)	0.161* (0.092)
受教育年限 Education years		0.602 (0.357)	0.602 (0.357)	0.602* (0.361)
土地流转率 Land transfer rate		0.007* (0.004)	0.007* (0.004)	0.007* (0.004)
年均气温 Average temperature		0.024 (0.102)	0.024 (0.102)	0.024 (0.117)
年均降水总量 Total precipitation		0.072 (0.049)	0.073 (0.049)	0.073 (0.055)
水旱灾受灾率 Flood and drought disaster rate		-0.074*** (0.004)	-0.074*** (0.026)	-0.074*** (0.028)

表 2 (续)

变量 Variable	模型 (1) Model (1)	模型 (2) Model (2)	模型 (3) Model (3)	模型 (4) Model (4)
地区效应 Regional fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes
年份效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项 Constant term	1.002*** (0.023)	-5.538* (3.062)	-5.538* (3.062)	-5.538* (3.066)
观测量 Observation	403	403	403	403
R^2	0.231	0.384	0.384	0.384

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著，括号内的数字为标准误。除比值变量和虚拟变量外，核心解释变量和其余控制变量均取对数。下同。模型(1)未加入控制变量、模型(2)~(4)均加入控制变量。模型(1)和(2)采用稳健性标准误、模型(3)采用聚类标准误、模型(4)采用Bootstrap自助法获得的标准误。

Note: ***, **, and * are significant at the level of 1%, 5%, and 10% respectively. Numbers in brackets are standard errors. In addition to the ratio variable and dummy variable, the core explanatory variable and other control variables are logarithmic. The same below. Model (1) has no controls; Models (2)-(4) include controls. Models (1) and (2) employ robust standard errors, Model (3) utilizes province-clustered standard errors, and Model (4) applies standard errors obtained through the Bootstrap method.

3.2 平行趋势检验及动态效应分析

利用式(2)进行平行趋势检验和动态效应分析,并以2005年为基准年进行评估。图1绘制的是由式(2)得到的 β_i 的数值。在图1中,虚线为估计系数的95%置信区间。由其可知,在政策实施时点前

的 β_i 均未通过显著性检验,说明在此期间控制组和实验组的粮食生产韧性不存在显著差异。在政策实施时点后的 β_i 均通过了显著性检验,说明政策实施后控制组和实验组存在显著差异。因此,平行趋势检验得到验证。

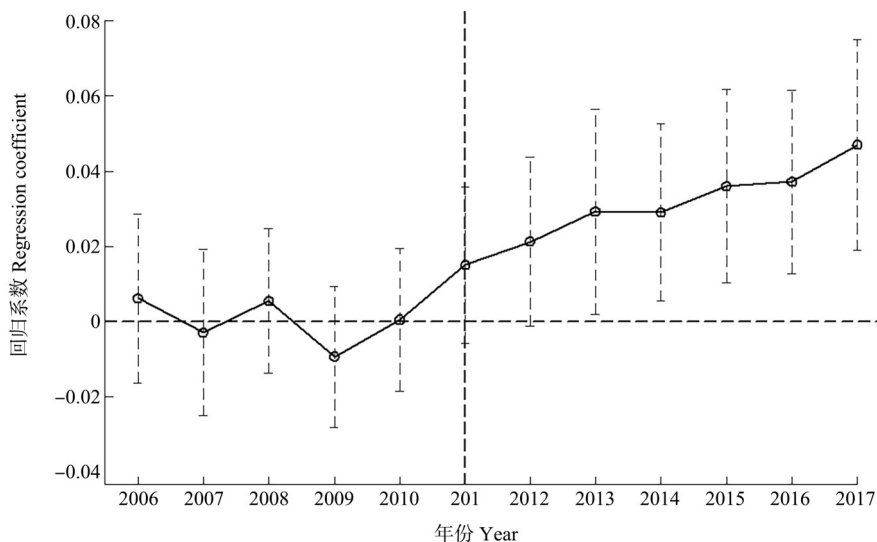


图 1 高标准农田建设韧性效应的平行趋势检验

Fig. 1 Parallel trend test of the resilience effect of high-standard farmland construction

表3汇报的是由式(2)得到的动态效应估计结果。由其可知,在高标准农田建设政策实施时点前,回归系数 β_i 均未通过显著性检验,但在政策实施时点后,回归系数 β_i 均通过显著性检验,且数值

为正,说明高标准农田建设确实具有韧性提升效应。 $HL \times I_{2011}$ 的系数为正但未通过显著性检验,表明高标准农田建设的韧性提升效应具有一定滞后性。

表3 高标准农田建设韧性效应的动态评估结果

Table 3 Dynamic evaluation results of the resilience effect of high-standard farmland construction

变量 Variable	模型(5) Model(5)	变量 Variable	模型(5) Model(5)
$HL \times I_{2006}$	0.006 (0.014)	$HL \times I_{2015}$	0.036*** (0.013)
$HL \times I_{2007}$	-0.003 (0.011)	$HL \times I_{2016}$	0.037*** (0.012)
$HL \times I_{2008}$	0.005 (0.009)	$HL \times I_{2017}$	0.046*** (0.014)
$HL \times I_{2009}$	-0.009 (0.010)	控制变量 Control variables	Yes
$HL \times I_{2010}$	0.000 (0.009)	地区效应 Regional fixed effect	Yes
$HL \times I_{2011}$	0.015 (0.011)	年份效应 Year fixed effect	Yes
$HL \times I_{2012}$	0.021* (0.011)	常数项 Constant term	2.105* (0.342)
$HL \times I_{2013}$	0.029** (0.014)	观测量 Observation	403
$HL \times I_{2014}$	0.029** (0.012)	R^2	0.984

3.3 稳健性检验

通过替换核心解释变量、改变政策干预时点的方式进行稳健性检验。表4的模型(6)和(7)汇报的是替换核心解释变量后的实证结果,由其可知,无论是否纳入控制变量,在将高标准农田建设面积(HL_i)替换为土地整治的投资额(HI_i)后,

核心解释变量的系数均在1%水平上显著为正。模型(8)~(10)依次汇报的是以2008、2009和2010年为政策实施时点的安慰剂检验,但所有系数均未通过显著性检验,表明在2011年之前并不存在政策效应。综合而言,基准回归模型具有稳健性。

表4 高标准农田建设韧性效应的稳健性检验

Table 4 Robustness test of the resilience effect of high-standard farmland construction

变量 Variable	模型(6) Model(6)	模型(7) Model(7)	模型(8) Model(8)	模型(9) Model(9)	模型(10) Model(10)
$HI_i \times I_t$	0.028*** (0.010)	0.005*** (0.002)	0.023 (0.145)	0.023 (0.015)	0.024 (0.016)
控制变量 Control variable	No	Yes	Yes	Yes	Yes
地区效应 Regional fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项 Constant term	1.002** (0.023)	1.769 (0.594)	0.007* (0.004)	-5.550* (0.692)	-5.466* (3.048)
观测量 Observation	403	403	403	403	403
R^2	0.266	0.147	0.344	0.383	0.361

3.4 异质性分析

为探析高标准农田建设对粮食生产韧性的异质性影响,本研究基于农业功能区(粮食主产区和非粮食主产区)、区位经济发展程度(东部、中部及西部地区)来进行异质性分析。表 5 的模型(11)和(12)依次汇报的是粮食主产区、非粮食主产区的高标准农田建设的韧性效果。由其可知,高标准农田建设对粮食生产韧性具有显著的正向促进作用,这一效应在粮食主产区和非主产区均呈现一致性特征。不过,高标准农田建设的韧性效应在非粮食主产区更明显。可能的原因在

于,粮食主产区原本的农田质量较高,使得粮食生产具备一定的抵御风险能力。模型(13)~(15)依次汇报了东部、中部及西部地区的高标准农田建设效果。由其可知,在东部地区,高标准农田建设对粮食生产韧性具有显著的积极影响,但在中、西部地区,高标准农田建设未通过统计上的显著性检验。东部地区效果显著的原因在于,相对于其他地区,东部地区的经济发展水平更高,能够为高标准农田建设提供更充足的配套资金。这一异质性分析结果与彭继权等^[29]的研究较为一致。

表 5 高标准农田建设韧性效应的异质性分析

Table 5 Heterogeneity analysis of the resilience effect of high-standard farmland construction					
变量 Variable	模型(11) Model(11)	模型(12) Model(12)	模型(13) Model(13)	模型(14) Model(14)	模型(15) Model(15)
$HL_i \times I_i$	0.019** (0.007)	0.042*** (0.013)	0.058*** (0.022)	0.009 (0.008)	0.023 (0.021)
控制变量 Control variable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区效应 Regional fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项 Constant term	1.718 (1.038)	1.239 (0.862)	3.856** (1.406)	0.826 (0.854)	0.185 (1.315)
观测量 Observation	156	247	133	78	156
R^2	0.332	0.275	0.390	0.555	0.265

3.5 作用机制分析

本研究根据上述理论分析和研究假说,利用连续型 DID 方法进行作用机制检验,实证结果见表 6。模型(16)~(18)依次汇报的是高标准农田建设对农业技术进步、农田灌溉面积、农业机械化水平的影响。由模型(16)可知,核心解释变量的系数在统计上显著,表明高标准农田建设对农业技术进步具有积极影响。该系数大小为 0.003,表明高标准农田建设的实施与推进使农业技术进步水平提高了 0.003。根据农业增长理论,农业技术进步是促进农产品稳产保供的关键因素。因此,本研究的 H1 得以验证。由模型(17)可知,核心解释变量的系数

在 10% 的水平上显著,系数大小为 0.029,表明高标准农田建设的实施与推进使农田灌溉面积占比提高了 0.029。在实践中,农田灌溉用水保障是粮食稳产增产的关键支撑。因此,本研究的 H2 得以验证。由模型(18)可知,核心解释变量的系数显著为正,表明高标准农田建设有效推动了农业机械化水平的提升。农业机械化水平的提升有助于粮食稳产保供。一方面,农业机械化水平的提升能确保农户在不利天气来临前完成收割^[45];另一方面,农业机械化是应对农业劳动力老龄化问题的重要手段,对保障粮食产出具有不可替代的作用^[3]。因此,本研究的 H3 得以验证。

表6 高标准农田建设韧性效应的机制检验

Table 6 Mechanism test of the resilience effect of high-standard farmland construction

变量 Variable	模型(16) Model(16)	模型(17) Model(17)	模型(18) Model(18)
$HL_i \times I_t$	0.003* (0.002)	0.029* (0.017)	0.052* (0.030)
控制变量 Control variable	Yes	Yes	Yes
地区效应 Regional fixed effect	Yes	Yes	Yes
年份效应 Year fixed effect	Yes	Yes	Yes
常数项 Constant term	0.305 (0.273)	-5.258 (2.732)	-4.064 (4.402)
观测量 Observation	403	403	403
R^2	0.056	0.062	0.026

4 研究结论与政策建议

在全球气候变化加剧与农业劳动力结构深刻调整的背景下,推动粮食生产更具韧性不仅是保障国家粮食安全的关键举措,也是改善农民福利水平、促进农村可持续发展的必然要求。本研究聚焦高标准农田建设,利用中国31个省(市、区)的省级面板数据,采用连续型DID模型,实证分析高标准农田建设对粮食生产韧性的影响,检验其中的作用机制。研究发现:

1)高标准农田建设对粮食生产韧性具有显著正向影响,且该结论通过了多重稳健性检验。从影响程度看,高标准农田建设的实施与推进使粮食生产韧性水平提升了0.024。此外,农村居民可支配收入、财政支农力度、农业科技活动经费投入、土地流转率对粮食生产的韧性水平具有显著正向影响。

2)异质性分析结果显示,高标准农田建设对粮食生产的韧性强化效应会因农业功能区、区域经济发展水平的不同而存在差异。在中国的粮食主产区和东部地区,高标准农田建设对粮食生产韧性的提升效果更明显。

3)从作用机制看,高标准农田建设通过推动农业技术进步、扩大农田灌溉面积和提升农业机械化水平,有效缓解了不利气候变化和农业劳动力老龄化对粮食生产的负面影响,从而增强了粮食生产韧性。

根据上述研究结论,提出如下政策建议。

1)为持续提升粮食生产韧性和农业抗灾减灾能力,有必要进一步加强高标准农田建设,重点在于精准识别并系统补齐区域高标准农田建设的短板,包括土壤质量不佳、农业基础设施薄弱、水资源利用效率低下等问题。

2)基于高标准农田建设效果在不同地区间的差异,应分区域制定差异化建设规划,全面提升高标准农田建设的数量和质量。具体而言,对于高标准农田建设水平较高的地区,应进一步优化农田基础设施的系统性和完整性,同时构建长效管护机制,通过定期维护和动态监测,最大限度延长农业基础设施的使用寿命。对于高标准农田建设的薄弱地区,应加大政策倾斜和资金投入力度,提供更具针对性的技术支持。例如,推广适应当地土壤和地形条件的土壤改良技术及小型化农业机械。此外,还应加强区域间的技术协作和经验交流,通过示范项目引领高标准农田建设的整体推进,逐步缩小区域间差距,实现全国范围内高标准农田建设的均衡发展。

3)为整体推进高标准农田建设,应构建完善的资金保障机制,拓宽多元化资金筹集渠道。例如,在加大财政投入的基础上,创新金融支持方式,引入社会资本和鼓励农业龙头企业参与。

4)在推进高标准农田建设的同时,需加快农业技术进步和农业机械化进程。只有多项并举、协同

发力,才能全面提升粮食生产的韧性水平,为国家粮食安全提供坚实保障。

参考文献 References

- [1] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2023)[M]. 北京:科学出版社,2023
National Climate Centre. *Blue Book on Climate Change in China* (2023) [M]. Beijing: Science Press, 2023: 35-45 (in Chinese)
- [2] 蒋健, 吴海涛, 李双双, 柳清瑞. 农村人口老龄化对农业经济韧性的影响: 基于生产要素视角的分析[J]. 华东经济管理, 2024, 38(8): 94-105
Jiang J, Wu H T, Li S S, Liu Q R. Impact of rural population aging on the resilience of the agricultural economy: Analysis based on the perspective of production factors [J]. *East China Economic Management*, 2024, 38(8): 94-105 (in Chinese)
- [3] 高玉婷, 李波, 甘天琦. 人口老龄化、农业技术效率与农业经济韧性: 基于人口普查与抽样调查数据的分析[J]. 世界农业, 2024(8): 115-127
Gao Y T, Li B, Gan T Q. Population aging, agricultural technical efficiency and agricultural economic resilience: Analysis based on census and sample survey data [J]. *World Agriculture*, 2024(8): 115-127 (in Chinese)
- [4] 曾福生, 蔡林军. 劳动力转移影响粮食生产韧性的理论机制与实证检验[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2024, 23(5): 84-94
Zeng F S, Cai L J. Theoretical mechanism and empirical verification of impact of labor transfer on the resilience of grain production [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2024, 23(5): 84-94 (in Chinese)
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses[R]. Rome, 2021
- [6] Springmann M, Clark M, Mason-D' Croz D, Wiebe K, Bodirsky B L, Lassaletta L, de Vries W, Vermeulen S J, Herrero M, Carlson K M, Jonell M, Troell M, DeClerck F, Gordon L J, Zurayk R, Scarborough P, Rayner M, Loken B, Fanzo J, Godfray H C J, Tilman D, Rockström J, Willett W. Options for keeping the food system within environmental limits[J]. *Nature*, 2018, 562: 519-525
- [7] Tendall D M, Joerin J, Kopainsky B, Edwards P, Shreeck A, Le Q B, Krutli P, Grant M, Six J. Food system resilience: Defining the concept [J]. *Global Food Security*, 2015(6): 17-23
- [8] Bene C. Resilience of local food systems and links to food security: A review of some important concepts in the context of COVID -19 and other shocks[J]. *Food Security*, 2020(12): 805-822
- [9] 何亚莉, 杨肃昌. “双循环”场景下农业产业链韧性锻造研究[J]. 农业经济问题, 2021(10): 78-89
He Y L, Yang S C. Study on ductile forging of agricultural industry China under the “Double Circulation” [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2021(10): 78-89 (in Chinese)
- [10] 刘梦珂, 林发勤. 新冠病毒感染疫情期间中国农产品进出口贸易韧性差异研究[J]. 国际经贸探索, 2023, 39(11): 51-67
Liu M X, Lin F Q. The impact of COVID-19 Pandemic on the resilience of China's agricultural trade [J]. *International Economics and Trade Research*, 2023, 39(11): 51-67 (in Chinese)
- [11] 左秀平, 叶林祥. 中国粮食体系韧性: 水平测度及动态演进[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2024, 23(1): 88-101
Zuo X P, Ye L X. China's grain system resilience: Level measurement and dynamic evolution [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2024, 23(1): 88-101 (in Chinese)
- [12] 马永喜, 丁芮, 俞书傲. 技术培训对农户粮食生产韧性的影响效应与作用机制[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2024, 25(5): 27-37
Ma Y X, Ding R, Yu S A. The impacts of technical training on farmers' grain production resilience and its mechanism [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Sciences*, 2024, 25(5): 27-37 (in Chinese)
- [13] 蒋辉, 陈瑶, 刘兆阳. 中国粮食生产韧性的时空格局及其影响因素[J]. 经济地理, 2023, 43(6): 126-134
Jiang H, Chen Y, Liu Z Y. Spatio-temporal patterns of food production resilience in China and their influencing factors [J]. *Economic Geography*, 2023, 43(6): 126-134 (in Chinese)
- [14] Slijper T D, de Mey Y, Poortvliet P M, Meuwissen M P M. Quantifying the resilience of European farms using FADN [J]. *European Review of Agricultural Economics*, 2022, 49(1): 121-150
- [15] Ward F A. Enhancing climate resilience of irrigated agriculture: A review [J]. *Journal of Environmental Management*, 2022, 302: 114032, DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114032
- [16] 朱满德, 张青. 农业生产性服务与粮食生产韧性: 影响机制与实证检验[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2024, 25(6): 1-11
Zhu M D, Zhang Q. Agricultural productive services and grain production resilience: Influencing mechanisms and empirical tests [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Sciences*, 2024, 25(6): 1-11 (in Chinese)
- [17] 陈有华, 曾梦晴, 陈彬. 气候变化对粮食生产韧性的影响: 基于作物多样化的调节效应研究[J]. 生态学报, 2024, 44(16): 6937-6951
Chen Y H, Zeng M Q, Chen B. Impact of climate change on the resilience of food production: Research of the moderating effect based on crop diversification [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(16): 6937-6951 (in Chinese)
- [18] Lamichhane P, Miller K K, Hadjikakou M, Bryan B A. Resilience of smallholder cropping to climatic variability [J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 719: 137464, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137464>
- [19] 范振楠, 覃朝晖, 余思明. 极端气温对粮食生产韧性的影响效应研究: 基于绿色金融视角[J]. 中国生态农业学报, 2024, 32(5): 896-910.
Fan Z N, Qin Z H, Yu S M. Impact of extreme temperature on the resilience of grain production: Perspectives on green finance [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2024, 32(5): 896-910 (in Chinese)
- [20] 王兆林, 王营营, 吕秋杭, 吴月. 农村劳动力老龄化对粮食生产的影响及作用机制[J]. 农林经济管理学报, 2024, 23(2): 160-169
Wang Z L, Wang Y Y, Lv Q H, Wu Y. Impact and mechanism of aging agricultural labor force on grain production [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2024, 23(2): 160-169 (in Chinese)
- [21] 汪振, 刘滨, 朱家仪. 数字经济对中国粮食体系韧性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(11): 261-275
Wang Z, Liu B, Zhu J Y. Effects of the digital economy on China's food system resilience [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(11): 261-275 (in Chinese)
- [22] 周密, 牛浩, 魏超, 陈盛伟. 农业保险保障对粮食生产韧性的影响研究[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(8): 44-55
Zhou M, Niu H, Wei C, Chen S W. The impact of agricultural insurance guarantee on the food production resilience [J]. *Chinese Journal of*

- Agricultural Resources and Regional Planning*, 2024, 45(8): 44-55 (in Chinese)
- [23] 高鸣, 魏佳翔. 促进农民农村共同富裕: 历史方位和实现路径[J]. 中国软科学, 2022(8): 45-57
- Gao M, Wei J S. Promoting farmers and rural areas to achieve common prosperity: Historical orientation and realization path [J]. *China Soft Science*, 2022(8): 45-57 (in Chinese)
- [24] 唐莹, 陈梦涵. 农业基础设施对农业经济韧性的作用机制与效应研究[J]. 农林经济管理学报, 2023, 22(3): 292-300
- Tang Y, Chen M H. Mechanism and effect of agricultural infrastructure on agricultural economic resilience [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2023, 22(3): 292-300 (in Chinese)
- [25] 梁志会, 张露, 张俊彪. 土地整治与化肥减量: 来自中国高标准基本农田建设政策的准自然实验证据[J]. 中国农村经济, 2021(4): 123-144
- Liang Z H, Zhang L, Zhang J B. Land consolidation and fertilizer reduction: Quasi-natural experimental evidence from China's well-facilitated capital farmland construction [J]. *Chinese Rural Economy*, 2021(4): 123-144 (in Chinese)
- [26] 张志新, 高鸣涛, 张秀杰. 高标准农田建设、农业新质生产力与粮食增产[J]. 西南金融, 2024(10): 17-29
- Zhang Z X, Gao M T, Zhang X J. High-standard farmland construction, agricultural new quality productivity and increased food production [J]. *Southwest Finance*, 2024(10): 17-29 (in Chinese)
- [27] 陈莉莉, 彭继权. 中国高标准农田建设政策对粮食生产能力的影响及其机制[J]. 资源科学, 2024, 46(1): 145-159
- Chen L L, Peng J Q. Influence of high-standard farmland construction policy on grain production capacity and mechanism [J]. *Resources Science*, 2024, 46(1): 145-159 (in Chinese)
- [28] 钱龙, 杨光, 钟钰. 有土斯有粮: 高标准农田建设提高了粮食单产吗[J]. 南京农业大学学报: 社会科学版, 2024, 24(1): 132-143
- Qian L, Yang G, Zhong Y. Land is the mother of grain: Does high-standard farmland construction increase grain yield per unit area [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2024, 24(1): 132-143 (in Chinese)
- [29] 彭继权, 刘毅南, 陈莉莉. 高标准农田建设对农田减灾的影响及作用机制[J]. 生态学报, 2024, 44(17): 7589-7603
- Peng J Q, Liu Y N, Chen L L. Influence and mechanism of high standard farmland construction on farmland disaster reduction [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(17): 7589-7603 (in Chinese)
- [30] GB/T30600-2022. 高标准农田建设通则[S]. 北京: 国家标准化管理委员会, 2022
- GB/T30600-2022. Well-facilitated farmland construction: General rules [S]. Beijing: National Standardization Administration Committee, 2022 (in Chinese)
- [31] Wang Y, Huang J, Wang J, Findlay C. Mitigating rice production risks from drought through improving irrigation infrastructure and management in China [J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2017, 62(1): 161-179
- [32] Huang J, Wang Y, Wang J. Farmers' adaptation to extreme weather events through farm management and its impacts on the mean and risk of rice yield in China [J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2015, 97(2): 602-617
- [33] Gao X, Qin S. Meteorological disasters, downside risk of grain yield and mitigation effect of high-standard farmland construction policy in China [J]. *Climate Risk Management*, 2024, 45: 100633, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100633>
- [34] 李谷成, 李焯阳, 周晓时. 农业机械化、劳动力转移与农民收入增长: 孰因孰果[J]. 中国农村经济, 2018(11): 112-127
- Li G C, Li Y Y, Zhou X S. Agricultural mechanization, labor transfer and the growth of farmer's income: A re-examination of causality [J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(11): 112-127
- [35] Zampieri M, Toreti A, Ceglar A, De Palma P, Chatzopoulos T, Michetti M. Analysing the resilience of agricultural production systems with ResiPy, the Python production resilience estimation package [J]. *SoftwareX*, 2021, 15, 100738, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2021.100738>
- [36] 高鸣, 魏佳翔. 收入性补贴与粮食全要素生产率增长[J]. 经济研究, 2022, 57(12): 143-161
- Gao M, Wei J S. Promoting farmers and rural areas to achieve common prosperity: Historical orientation and realization path [J]. *China Soft Science*, 2022(8): 45-57 (in Chinese)
- [37] 国家财政部. 中国财政年鉴[M]. 北京: 中国财政杂志社, 2006—2018
- Ministry of Finance, People's Republic of China. *China Fiscal Yearbook* [M]. Beijing: China Finance Magazine, 2006-2018 (in Chinese)
- [38] 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, 2006—2018
- National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistics Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2018 (in Chinese)
- [39] 国家统计局社会科技和文化产业统计司, 科学技术部战略规划司. 中国科技统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006—2018
- Statistics Department of Social Science, Technology and Cultural Industries, National Bureau of Statistics, Department of Strategic Planning, Ministry of Science and Technology. *China Statistical Yearbook of Science and Technology* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2018 (in Chinese)
- [40] 中华人民共和国农业农村部. 中国农村经营管理统计年报[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006—2018
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. *China Rural Management Statistical Annual Report* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006-2018 (in Chinese)
- [41] 国家统计局人口和就业统计司. 中国人口和就业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006—2018
- Population and Employment Statistics Division of National Bureau of Statistics. *China Rural Statistics Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2018 (in Chinese)
- [42] 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, 2006—2018
- Rural Social and Economic Survey Department of National Bureau of Statistics. *China Population and Employment Statistics Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006-2018 (in Chinese)
- [43] 刘海英, 谢建政. 政府补贴、农户收入和城镇化对粮食生产效率的影响[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2016, 40(1): 22-26, 32
- Liu H Y, Xie Z Z. The effect of government subsidies, rural incomes and urbanization proceeding on the grain productivity [J]. *Journal of Jiangxi Normal University: Natural Science Edition*, 2016, 40(1): 22-26, 32 (in Chinese)
- [44] 赵丽平, 侯德林, 闵锐. 城镇化对农户粮食生产技术效率的影响: 以湖南、

河南两省477个农户为例[J]. 中国农业大学学报, 2018, 23(4): 148-156

Zhao L P, Hou D L, Min R. Impact of urbanization on the technical efficiency of grain production: Taking 477 farmers in the two provinces of Hunan and Henan as examples [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2018, 23(4): 148-156 (in Chinese)

[45] Wang T, Yi F, Wu X, Zhang Y Y. Calamitous weather, yield risk and mitigation effect of harvest mechanization: Evidence from China's winter wheat[J]. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2024, 68(2), 386-412

责任编辑: 王岩



第一作者简介: 高雪, 博士, 东北大学秦皇岛分校经济学院专任教师, 主要研究方向为农业生产经济学、资源与环境经济学。近年来主持教育部人文社会科学研究青年基金项目(24YJC790048)、河北省社会科学基金项目(HB20YJ056)、河北省自然科学基金项目(G2022501005)、河北省高等学校科学研究项目(SQ2021171)。在《中国农村经济》《国际贸易问题》《资源科学》《中南财经政法大学学报》《华中农业大学学报(社会科学版)》《中国农业大学学报》《中国农机化学报》等国内期刊上发表学术论文10余篇。



通讯作者简介: 李欠男, 博士, 湖北文理学院经济管理学院讲师, 硕士生导师, 主要研究方向为农业技术经济、农业资源与环境。主持湖北省教育厅哲学社会科学研究青年项目(22Q183)、襄阳市社科联“汉江智库”课题(HJZKYBKT2021028)、湖北文理学院开放基金项目(XK2021020); 参与国家社会科学基金重大项目(18DA072)、国家自然科学基金项目(71873050)等。在《华中农业大学学报(社会科学版)》《统计与信息论坛》《中国农业大学学报》《中国农业资源与区划》《自然资源学报》等期刊上发表论文多篇。指导学生参加全国高校商业精英挑战赛“中图科信杯”品牌策划竞赛暨(新加坡)全球品牌策划大赛, 荣获国家级三等奖、湖北省三等奖等。