

引用格式:

徐珂怡, 易小燕, 吴银毫, 张泽蔚. 高标准农田建设对耕地绿色利用的影响研究 [J]. 农业现代化研究, 2024, 45(4): 601-611.
Xu K Y, Yi X Y, Wu Y H, Zhang Z W. The impacts of well-facilitated farmland construction on green utilization of cultivated land [J]. Research of Agricultural Modernization, 2024, 45(4): 601-611.
DOI: 10.13872/j.1000-0275.2024.0193



高标准农田建设对耕地绿色利用的影响研究

徐珂怡¹, 易小燕^{1*}, 吴银毫², 张泽蔚¹

(1. 北方干旱半干旱耕地高效利用全国重点实验室 / 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081;
2. 河南农业大学经济与管理学院, 河南 郑州 450046)

摘要: 探究高标准农田建设对耕地绿色利用的政策效应与影响机制, 为实现耕地绿色利用提供科学参考。本文基于中国 30 个省份的面板数据, 利用连续型双重差分法估计高标准农田建设对耕地绿色利用的政策效应与作用机制。研究表明: 1) 高标准农田建设对耕地绿色利用具有显著的促进作用, 稳健性检验也证实了结果的可靠性; 2) 以耕地类型维度划分和生产功能区维度划分的异质性结果表明, 高标准农田建设对旱田、水田以及非粮食主产区的耕地绿色利用效应更显著; 3) 高标准农田建设通过调整种植结构和提升农业机械化水平来实现耕地绿色利用。为持续推进耕地绿色利用, 应继续贯彻落实高标准农田建设政策, 加强高标准农田建后管护, 提升耕地产能的同时注重耕地养护; 根据不同耕地类型差异化精准施策, 完善粮食主产区的耕地保护政策, 生态脆弱区域注重生态环境保护, 避免过度开垦; 完善要素配置与耕地绿色利用协调发展, 鼓励粮食种植专业化, 开展集中连片种植, 提升农机综合作业水平。

关键词: 高标准农田建设; 绿色利用; 耕地效率; 政策效应; 作用机制

中图分类号: F323 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0275 (2024) 04-0601-11

The impacts of well-facilitated farmland construction on green utilization of cultivated land

XU Ke-yi¹, YI Xiao-yan¹, WU Yin-hao², ZHANG Ze-wei¹

(1. State Key Laboratory of Efficient Utilization of Arid and Semi-arid Arable Land in Northern China/Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;
2. College of Economics & Management, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450046, China)

Abstract: To explore the policy effect and the mechanism of well-facilitated farmland construction on green utilization of cultivated land, this paper provides a science reference for realizing the green utilization of cultivated land. Based on a panel data of 30 provinces in China, this paper estimates the policy effect and the mechanism of well-facilitated farmland construction on the green utilization of cultivated land by the continuous difference-in-differences model. Results show that: 1) the well-facilitated farmland construction had a significant effect on green utilization of cultivated land, and the robustness test also confirmed the reliability of results; 2) the effects of well-facilitated farmland construction on green utilization of cultivated land in dry, paddy and main non-grain producing areas were more significant; 3) the well-facilitated farmland construction helps the realization of green utilization of cultivated land by adjusting the planting structure and upgrading the level of agricultural mechanization. Therefore, to continuously promote the implementation of well-facilitated farmland construction policies, this paper suggests: enhancing the post-construction management and maintenance of high-standard farmland, focusing on cultivated land conservation while improving agricultural productivity, improving protection policies for primary grain-producing areas according to the specific types of land, preserving the ecological environment in ecologically fragile areas to prevent over-cultivation, improving the coordination of factor allocation and the green utilization of cultivated land, and encouraging the specialization in grain cultivation, centralized and continuous cultivation, and elevation of comprehensive operation level of agricultural machinery.

Key words: well-facilitated farmland construction; green utilization; cultivated land efficiency; policy effects; mechanisms of action

收稿日期 Received: 2024-02-19; 接受日期 Accepted: 2024-05-31

基金项目: 中国农业科学院重大科技任务 (CAAS-ZDRW202419, CAAS-ZDRW202202)。Supported by Chinese Academy of Agricultural Sciences Major Science and Technology Tasks (CAAS-ZDRW202419, CAAS-ZDRW202202).

* 通信作者 Corresponding author (yixiaoyan@caas.cn)

党的二十大报告提出推动绿色发展,促进人与自然和谐共生,绿色作为农业发展的底色,将更加注重资源节约与环境友好。随着《“十四五”全国农业绿色发展规划》推进,农业绿色转型进入新阶段,耕地利用更加注重绿色技术应用,进而实现农业绿色高质量发展。由此,伴随绿色发展理念不断深化,探究耕地绿色利用成为农业高质量发展的关键议题。耕地绿色利用是指在保障粮食安全、维持生态可持续和农业绿色发展要求下,通过合理投入,最大限度地降低碳排放和面源污染等农业非期望产出,提高粮食产量和产值等期望产出^[1],其“绿色”体现在合理控制农业化肥、农药等要素投入,尽可能地减少耕地利用过程中的非期望产出,实现资源-经济-生态耦合协调发展。既有研究表明耕地绿色利用受地形、降水等自然因素^[2],农户收入、农业GDP等经济因素^[3]和人口密度、城镇化率等社会因素^[4]的多重影响,其中政策因素作为外生驱动因素影响耕地保护与利用,不容忽视^[5]。

自1998年起,我国就开始探索中低产田改造和高标准农田建设,2005年首次在中央一号文件中提出“高标准农田建设的概念”,并于2011年正式实施高标准农田建设政策。该政策旨在改善农田基础设施条件,通过对中低产田和基本农田进行改造和提升,建成集中连片、生态友好、土壤健康的良田,发展集约化、生态友好型的高质量耕地,实现农业生产与生态保护相协调^[6]。政策实施以来,农田基础设施不断完善,耕地质量明显提升,截止到2022年底,全国已建成6700万 hm^2 高标准农田,耕地质量平均提高约1个等级,农田可持续利用水平提升。

学术界就高标准农田建设展开了广泛的讨论。学者们从实证研究的角度分析了高标准农田建设的经济效益和生态效益,他们认为高标准农田建设政策通过扩大粮食播种面积有效提升种粮比较收益,促进种植结构“趋粮化”^[7];促进土地平整、农业环境保护和农业基础设施的改善实现粮食增产^[8];提高农业经营效益、降低农业经营风险从而促进农地流转^[9];推动农机服务发展实现农民增收^[10]和促进农业绿色技术进步实现农业碳减排^[11-12]。高标准农田建设作为保护耕地数量和质量的的重要举措,学者们在耕地利用方面也展开了讨论,部分学者认为高标准农田建设能够改善耕地质量偏低、退化等问题,挖掘耕地资源生产潜力^[13-14],如张天恩等^[15]认为高标准农田建设有效改善农业灌溉水平,增加高产田面积占比,明显提高耕地质量等级,其贡献率达51.85%,周引弟等^[16]以甘肃省为例,得出高标

准农田建设可提升耕地质量等级、改善土壤理化性状的结论,促进了耕地绿色利用。而也有学者认为高标准农田建设存在“水土不服”“高标不标”效果不尽如人意的现象^[17],并没有提升耕地质量,未实现绿色利用。

综上所述,现有文献为本研究奠定良好基础,但仍存在以下不足。一是已有研究多侧重于高标准农田建设的经济效益或生态效益,鲜有研究从耕地角度,将高标准农田建设对耕地利用的经济效益和生态效益进行有机结合,而如何确保在耕地利用的同时提高耕地质量、促进绿色利用是值得研究的。二是现有文献多从定性角度关注高标准农田建设对耕地利用的影响结果,对于政策如何影响、多大程度影响并未厘清,缺乏实证探讨。因此,本文实证分析高标准农田建设政策对耕地绿色利用的影响,将2011年高标准农田建设政策实施作为一次准自然实验,用连续型双重差分法来识别2004—2017年30个省(区、市)(不包括西藏及港澳台地区)高标准农田建设政策对耕地绿色利用的影响,并进一步补充2018—2021年缺失数据进行分析。其边际贡献在于:一是从高标准农田建设的新视角出发,综合探究了高标准农田建设对耕地利用的经济效益与生态效益,从是否影响、影响方向和影响程度三个维度对政策的耕地绿色利用效果进行深入的因果识别研究。二是构建了包括调整种植结构和提高农业机械化水平的理论分析框架,从规模经营和要素替代的角度探析高标准农田建设政策对耕地绿色利用的影响机理和传导机制,有助于深化政策对耕地绿色利用影响的认识。三是基于高标准农田建设对不同耕地类型和生产功能区的政策效果进行了识别与评估,有助于进一步揭示高标准农田建设差异化效果的成因,为更好地通过高标准农田建设推进耕地绿色发展指明了实践方向。

1 理论分析与研究假说

1.1 高标准农田建设政策对耕地绿色利用的影响

高标准农田建设政策通过采取农田基础设施改造、土地整治、土壤培肥改良等措施提高粮食产能,提高土壤质量,建设生态友好型的高质量耕地。在基础设施方面,高标准农田建设完善农村机耕道网络,建设排灌沟渠,鼓励农民使用精准播种机、智能化喷灌设备等现代化农机设备,提高农业生产效率,促进精确施肥,降低农业非期望产出,有利于提高耕地绿色利用效率,实现耕地绿色利用。在耕作技术方面,高标准农田建设政策倡导农民采用科

学的耕作技术，如精细施肥、合理灌溉、病虫害防治等，提高农作物的产量和质量，有利于耕地保护和绿色利用。在土壤培肥方面，高标准农田建设政策通过合理轮作休耕、有机肥料利用等措施改善土壤结构，提升土壤肥力，提高耕地内在质量和产出能力，实现耕地绿色可持续利用。

据此，提出假说 H1：高标准农田建设政策能够促进耕地绿色利用。

1.2 高标准农田建设政策促进耕地绿色利用的作用机制

中国农业污染的本质实际是生产要素配置与绿色发展的失衡^[18]，如何促进耕地绿色利用这一问题就归结为实现要素合理配置与绿色发展协调共进。接下来基于诱致性技术变迁理论分析高标准农田建设政策促进耕地绿色利用的传导机制。

首先，在农业生产中，农户作为基本的生产决策单位，其行为表现为追求利润最大化、投入最小化以及风险最小化等多重目标。一方面，“趋粮化”揭示了节本增效的内在逻辑^[19]，高标准农田建设政策通过合理归并田块，促进耕地集中连片形成规模化，规模经济效应的驱动下农户经济利益增加，实现节本增效^[7]，为连片种植粮食作物提供条件。另一方面，高标准农田建设的工程措施完善农业生产条件，在一定程度上降低粮食生产风险，调动农户种粮积极性，农户会选择便于种植管理、易于机械替代劳动力的粮食作物，促进种植结构“趋粮化”^[20]。而种植结构的调整又关系到耕地利用：一是种植结构“趋粮化”具有明显的“配置优势”^[21]，能够促进分工和专业化，实现土地连片规模经营，带来规模经济效应，提高生产效率^[22]从而增加期望产出。二是农业种植结构的“趋粮化”会降低农业碳排放量^[23]。瓜、果、蔬菜等经济作物农资需求多且土地生态服务功能较低，农业面源污染问题严重，而粮食作物对农业化学品的需求量更少^[24]，并且其本身拥有的碳汇功能在一定程度上可以促进碳减排^[25]。

种植结构“趋粮化”充分发挥粮食种植的比较优势，促使农业期望产出增加和非期望产出减少有助于实现耕地绿色利用。

其次，资源稀缺性变化将诱致技术变革的产生，劳动力成本的不断提升诱致机械技术进步以替代劳动力。而机械替代劳动力不仅受相对价格的影响，且受替代难度的影响^[26]。在高标准农田建设之前，地块细碎化、土地不平整、设施不配套等问题增加了机械替代难度^[27]，制约农机发展水平，而高标准农田建设通过田间道路修建、地块合并与“改地适机”等措施，优化农机作业环境，提升农机化水平。由要素替代效应理论可知，先进技术的运用可代替传统劳动要素，新古典增长理论又揭示了与资源禀赋相耦合的技术进步将有利于生产效率的提升^[28]。农业机械化水平的提升有助于替代农业劳动力，引入具有高效作业功能和环保技术的先进农机具装备^[29]，优化农业要素投入，精准施肥、节水灌溉等机械的使用提高农资利用效率和农业生产效率，增加农业期望产出同时降低非期望产出进而实现耕地绿色利用。

据此，提出假说 H2：高标准农田建设政策通过调整种植结构和提高农业机械化水平实现耕地绿色利用。理论框架如图 1 所示：

2 研究方法

2.1 模型选取

我国高标准农田建设政策是于 2011 年在全国范围内实施展开的，由于各省（区、市）自然条件和农业生产条件的差异，仅用单一的虚拟变量表示政策是否实施不能体现其实施效果，故采用连续型双重差分法，保证了样本的异质性，避免普通双重差分法所忽略的政策影响差异性。

1) 基准回归模型。将 2011 年高标准农田建设政策实施作为一次准自然实验，构建连续型双重差分模型：

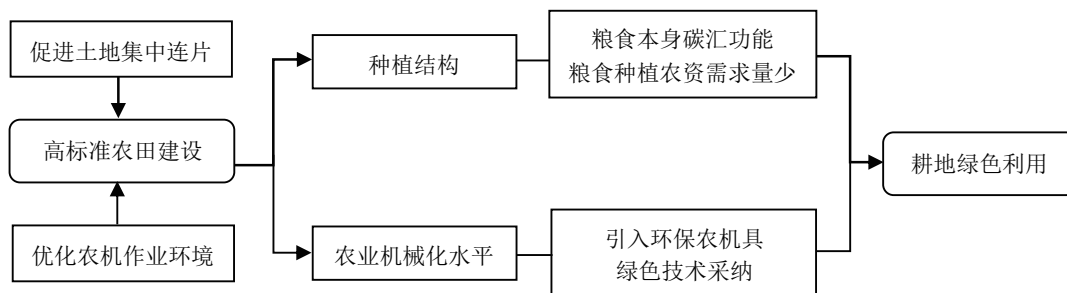


图 1 理论分析框架

Fig. 1 Theoretical analysis framework

$$E_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 H_i \times I_t^p + \beta_k X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中： E_{it} 为耕地绿色利用效率， i 、 t 分别表示地区、年份； H_i 为高标准农田建设面积比例； I_t^p 为政策实施虚拟变量， $t < 2011$ 时，取值为0，反之为1； X_{it} 为控制变量； α_0 为截距项； α_1 为政策实施对耕地绿色利用效率的净效应； β_k 为控制变量系数； σ_i 、 μ_t 、 ε_{it} 分别表示省份固定效应、时间固定效应和随机扰动项。

2) 平行趋势检验。

$$E_{it} = \alpha_0 + \sum_{t=2011}^{2017} \alpha_t H_i \times Y_t + \beta_k X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中： Y_t 表示年份虚拟变量；系数 α_t 用以估计高标准农田建设政策对耕地绿色利用效率影响的动态变化过程。

3) 机制检验模型。参见李建明和罗能生^[30]的机制检验法，第一阶段验证高标准农田建设政策对机制变量的影响，第二阶段验证传导机制对耕地绿色利用效率的影响。具体设定如下：

$$M_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 H_i \times I_t^p + \lambda_k X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$E_{it} = \alpha_0 + \eta M_{it} + \beta_k X_{it} + \sigma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中： M_{it} 为机制变量， φ_0 、 φ_1 和 η 为待估参数。其他变量与系数设定与(1)式保持一致。

2.2 变量设定

1) 被解释变量。耕地绿色利用。参考已有学者的研究^[31]，用耕地绿色利用效率作为耕地绿色利用的衡量指标，从“投入-产出”角度构建耕地绿

色利用效率评价体系，使用超效率SBM模型对耕地绿色利用效率进行测算。结合前人研究^[32]，投入指标选取土地、劳动力、化肥、农药、农膜、柴油和灌溉投入，产出指标包含期望产出^[33]和非期望产出^[34]两部分。

2) 核心解释变量。高标准农田建设政策。用高标准农田建设面积比例与政策实施时点虚拟变量的交互项表示核心解释变量，用改造中低产田面积和高标准农田示范工程面积之和与耕地面积的比值表示高标准农田建设面积比例，能够较好地反映不同省份受到高标准农田建设政策冲击的强度。

3) 控制变量。耕地绿色利用受多方因素综合影响，因此选取部分关键因素作为控制变量。具体而言，选取人均地区生产总值、农村居民收入水平、财政支农水平、农机服务水平、农村人力资本水平、农业产业集聚和工业化水平。

4) 机制变量。结合前文理论分析，用种植结构和农业机械化水平作为机制变量。

2.3 样本说明及变量描述性统计

以2004—2017年中国30个省(区、市)作为研究对象，数据来自《中国财政年鉴》《中国农业机械工业年鉴》《中国农村统计年鉴》以及各省(区、市)统计年鉴。由于部分数据缺失，本文不包括西藏及港澳台地区。需要说明的是，改造中低产田面积和高标准农田示范工程面积在2017年之后缺失，因此选择政策实施前7年和实施后7年作为时间区间。为消除价格波动造成的误差，以2004年为基期，对各年农业总产值和各生产总产值平减。变量描述性统计见表1。

表 1 变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of the variables

指标类型	指标名称	指标说明	均值	标准差
被解释变量	耕地绿色利用效率	超效率 SBM 模型	0.706	0.194
解释变量	高标准农田建设面积比例	改造中低产田面积和高标准农田示范工程面积之和与耕地面积的比值	0.027	0.020
控制变量	人均地区生产总值(元/人)	该地区人均生产总值	29 843.43	23 202.80
	农村居民收入水平(元/人)	农村居民人均可支配收入	4 244.86	2 937.35
	财政支农水平(%)	农林水事务支出与政府财政支出之比	31.834	22.344
	农机服务水平(万 hm ²)	农机服务面积	36.146	40.898
	农村人力资本水平(年)	按照 6 种受教育程度计算各地区乡村人均实际人力资本存量*	7.444	0.677
	农业产业集聚	各省份农林牧渔业总产值与全国农林牧渔业总产值之比除以该省份生产总值与全国生产总值之比	0.999	0.168
机制变量	工业化水平(%)	第二产业增加值与地区生产总值之比	35.167	8.703
	种植结构(%)	粮食种植面积与农作物播种总面积之比	66.110	13.095
	农业机械化水平	农作物耕种收综合机械化率	0.452	0.216

注：* 平均受教育年限 = (文盲人数 × 0 + 小学学历人数 × 6 + 初中学历人数 × 9 + 高中和中专学历人数 × 12 + 大专及以上学历人数 × 16) / 6 岁以上人口总数。

3 结果与分析

3.1 高标准农田建设政策与耕地绿色利用效率现状分析

为初步了解高标准农田建设政策实施效果与耕地绿色利用效率之间的关系，先进行特征事实分析。由图2可以直观地看出，在2011年之前两者基本不存在响应关系，而在2011年之后，随着《全国土地整治规划（2011—2015年）》（简称《规划》）和《高标准基本农田建设规范（试行）》发布，高标准农田建设面积的增加，耕地绿色利用效率呈现上升趋势。需要注意的是2015年高标准农田建设面积出现下降，可能的原因是《规划》处于收尾阶段，但是这并没有抑制耕地绿色利用效率提升的发展趋势，一定程度上表明高标准农田建设可以促进耕地

绿色利用效率。那么，高标准农田建设政策与耕地绿色利用效率之间具体的因果关系如何？本文就此开展实证分析。

3.2 高标准农田建设对耕地绿色利用效率的影响

本文利用 stata17 软件计算分析，表2展示了高标准农田建设政策对耕地绿色利用效率的基准回归结果。列（1）未加入控制变量，列（2）-（4）加入控制变量，为避免时间序列相关和异方差问题，在双向固定效应模型基础上使用聚类稳健标准误进行估计，结果表明高标准农田建设政策对耕地绿色利用效率有显著的促进作用。以列（4）为例，高标准农田建设政策的实施提高了1.388%的耕地绿色利用效率，通过了5%的显著性水平检验。据此，假说H1得证。

从实际情况来看，我国高标准农田建设旨在夯

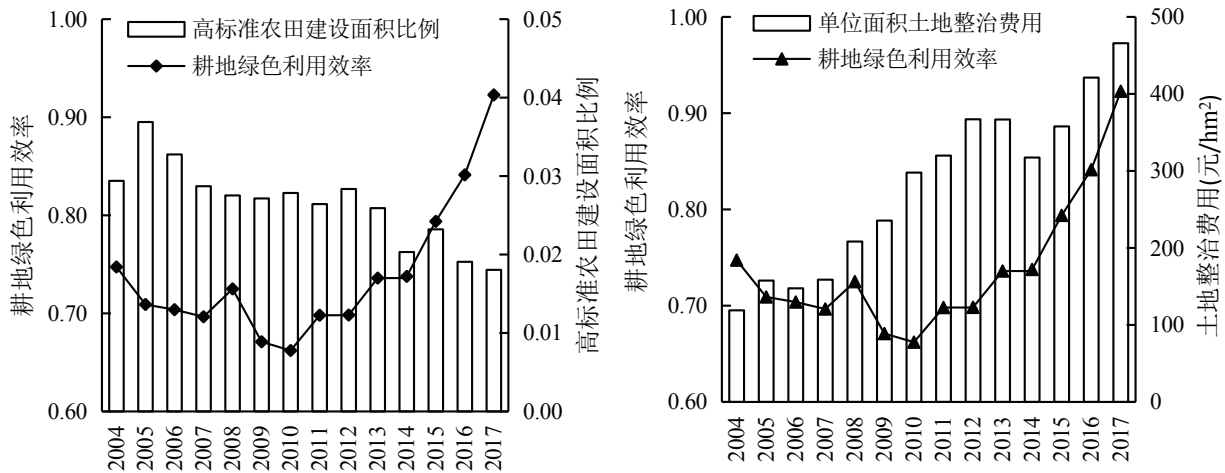


图2 描述性证据

Fig. 2 Descriptive evidence

表2 高标准农田建设政策对耕地绿色利用效率的影响回归结果

Table 2 Regression results of the impacts of high standard farmland construction policy on green utilization efficiency of cultivated land

变量	(1) 普通标准误	(2) 普通标准误	(3) 稳健标准误	(4) 聚类稳健标准误
高标准农田建设政策	1.495***(0.568)	1.388***(0.478)	1.388***(0.476)	1.388***(0.627)
人均地区生产总值		-0.320***(0.094)	-0.320***(0.096)	-0.320*(0.157)
农村居民收入水平		-3.111***(0.286)	-3.111***(0.285)	-3.111***(0.532)
财政支农水平		-0.052**(0.022)	-0.052**(0.026)	-0.052(0.035)
农机服务水平		0.018***(0.004)	0.018***(0.004)	0.018***(0.006)
农村人力资本水平		-0.023(0.208)	-0.023(0.223)	-0.023(0.266)
农业产业集聚		0.221***(0.081)	0.221***(0.070)	0.221***(0.094)
工业化水平		-0.124***(0.054)	-0.124***(0.061)	-0.124***(0.054)
常数项	0.689***(0.008)	29.876***(2.465)	29.876***(2.538)	29.876***(4.681)
年份效应			已控制	
省份效应			已控制	
R ²	0.722	0.813	0.813	0.813
样本量	420	420	420	420

注：括号内为标准误，*、**和***分别表示在10%、5%和1%的水平上显著，下表同。

实粮食安全根基,提升耕地质量,促进农业生产方式转型升级。早期的高标准农田建设偏重产能提升,随着绿色可持续理念的不断深入,耕地持续生产能力备受关注,投资力度进一步增强,高标准农田农业生产条件显著改善。我国高标准农田建设能够显著促进耕地绿色利用的原因主要有以下三个方面:一是促进土地连片规模经营和生态环境示范工程建设。相关数据显示,高标准农田规模化经营比例比一般农田高 30% 至 40%,其通过土地平整、沟渠挖掘、道路建设和地力提升方面建设,形成“田成方、林成网、渠相通、路相连、旱能灌、涝能排、产量高”的格局,遵循绿色发展理念,打造绿色生态示范区域,促进农田生产和生态和谐发展,不断提升耕地可持续产出能力。二是促进绿色技术采纳,合理配置投入要素。早前高投入高产出的化肥农药利用方式导致局部区域耕地质量退化,高标准农田建设倡导农民采用科学的耕作技术,如精细施肥、合理灌溉、病虫害防治等技术,降低农药、化肥等农资的投入,通过合理配比农业生产要素投入,降低农业非期望产出,进而实现耕地绿色利用。三是提高农业机械化水平。高标准农田建设的机械化水平比一般农田高 15~20 个百分点,有效防止了耕地撂荒问题发生,提高了土地产出率,增加农业期望产出进

而促进耕地绿色利用。

在控制变量方面,地区经济发展水平、农村居民收入水平、财政支农水平、农机服务水平、农业产业集聚、工业化水平在不同程度上对耕地绿色利用产生影响。然而,考虑到控制变量存在的目的在于缓解“遗漏变量”所导致的内生性问题,本文不对控制变量的估计系数做出解释。

3.3 平行趋势检验及政策动态响应

3.3.1 平行趋势检验 平行趋势检验通过是双重差分模型应用的前提,接下来参照王斌等^[35]的做法,将政策实施年份之前(2004—2010年)和政策实施年份之后(2012—2017年)各年的高标准农田建设面积比例与年份的交互项系数进行联合显著性检验,结果见表 3。在高标准农田建设政策实施前,估计系数不显著,接受政策实施前系数不存在显著差异的原假设;在政策实施之后, F 统计量值为 1.96, P 值为 0.071,通过了 10% 的显著性水平检验,拒绝系数不存在显著差异的原假设。

为进一步检验结果的稳健性,加入省份虚拟变量与时间趋势项的交互项进行回归,以消除因时间趋势造成的误差。政策干预前联合分布检验估计系数不显著,可以说明无论是否加入时间趋势项,政策实施前耕地绿色利用效率具有相同发展趋势,满

表 3 估计系数联合显著性检验
Table 3 Joint significance test of estimated coefficients

时间范围及原假设	未加入时间趋势项		加入时间趋势项	
	F 统计量	P 值	F 统计量	P 值
政策干预前 $H_0: \alpha_{2004}=\dots=\alpha_{2010}=0$	0.95	0.465	0.78	0.600
政策干预后 $H_0: \alpha_{2012}=\dots=\alpha_{2017}=0$	1.96	0.071	2.03	0.061

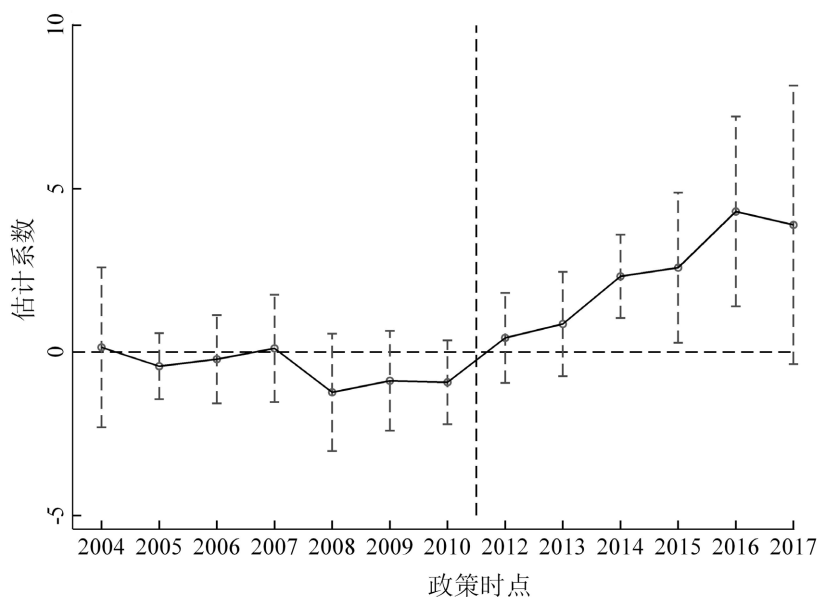


图 3 平行趋势检验与政策的动态影响

Fig. 3 Parallel trend tests and the impacts of policy dynamics

足平行趋势假设，平行趋势检验通过。图3清晰地展示了高标准农田建设政策在95%置信区间下的估计系数变化趋势。综合来看，以上回归检验均满足平行趋势假设。

3.3.2 政策动态响应 表4展示了高标准农田建设政策对耕地绿色利用效率的动态影响。高标准农田建设政策实施前，对耕地绿色利用效率并无显著影响。从2012年起，政策对耕地绿色利用效率的影响为正。但是值得注意的是，2015年之前估计系数并不显著，自2015年起才开始出现政策效应，这表明高标准农田建设政策的耕地绿色利用效应并未立即生效，存在滞后期，随着政策的实施，耕地绿色利用效果逐渐显现。

3.4 稳健性检验

1) 改变政策实施时点。考虑到政策在全面实施前政府会采取行动从而对结果产生影响，因此改

变政策实施时点进行安慰剂检验，将2008年作为虚拟政策时间点进行回归。结果如表5列(1)所示，高标准农田建设政策的估计系数未通过显著性检验，表示政策实施前并不存在影响效应，基准回归结果是可靠的。

2) 替换核心解释变量。高标准农田建设政策不仅反映在中低产田改造和基本农田提升上，还体现在土地治理费用投入上，因此用单位耕地面积土地整治费用投入的对数值与年份虚拟变量的交互项作为核心替换变量。结果见表5列(2)，替换核心解释变量之后，估计系数显著为正，这表示高标准农田建设政策确实促进了耕地绿色利用。

3) 排除其他政策干扰。2015年我国提出化肥农药零增长行动方案，该政策的颁布实施对农业减污提质增效提出新要求，必然会对耕地绿色利用造成影响。为排除该政策干扰，将2015年及其之后

表4 政策动态估计结果
Table 4 Policy dynamic estimation results

交互项	估计系数	标准误	P值
高标准农田建设面积比例 × 2004	0.695	1.405	0.621
高标准农田建设面积比例 × 2005	-0.774	0.544	0.156
高标准农田建设面积比例 × 2006	-0.767	0.719	0.287
高标准农田建设面积比例 × 2007	-0.339	0.859	0.694
高标准农田建设面积比例 × 2008	-1.659	0.984	0.092
高标准农田建设面积比例 × 2009	-1.246	0.772	0.107
高标准农田建设面积比例 × 2010	-0.381	1.059	0.719
高标准农田建设面积比例 × 2012	0.278	0.671	0.679
高标准农田建设面积比例 × 2013	0.227	0.763	0.766
高标准农田建设面积比例 × 2014	0.499	0.759	0.511
高标准农田建设面积比例 × 2015	2.505	1.240	0.044
高标准农田建设面积比例 × 2016	2.869	1.162	0.014
高标准农田建设面积比例 × 2017	4.073	2.252	0.071
常数项	31.135	2.693	0.000
控制变量		已控制	
年份效应		已控制	
省份效应		已控制	
R ²		0.819	
样本量		420	

表5 稳健性检验
Table 5 Robustness test

变量	(1) 改变政策实施时点 2008	(2) 替换核心解释变量	(3) 排除其他政策干扰	(4) 控制变量滞后一期	(5) 补充 2018—2021 年数据的回归检验	
					线性插值法	多重补漏分析法
高标准农田建设政策	0.529(0.685)	0.032**(0.012)	1.089**(0.552)	1.023**(0.476)	2.076**(1.004)	1.766*(0.931)
常数项	29.888*** (2.494)	29.941*** (2.539)	30.167*** (2.945)	27.989*** (2.884)	8.661*** (1.369)	8.615*** (1.375)
控制变量				已控制		
年份效应				已控制		
省份效应				已控制		
R ²	0.809	0.812	0.802	0.821	0.818	0.705
样本量	420	420	330	390	540	540

年份的数据剔除。结果见表 5 列 (3), 排除其他政策干扰后, 估计系数显著为正, 表明基准回归结果稳健。

4) 控制变量滞后一期。考虑到解释变量和被解释变量双向因果带来的内生性问题, 接下来将控制变量滞后一期带入模型估计以弱化内生性。回归结果显示: 高标准农田建设政策对耕地绿色利用效率有显著提升作用, 基准回归结果稳健。

5) 补充 2018—2021 年数据的回归检验。现有统计年鉴对改造中低产田面积和高标准农田示范工程面积这两个数据的统计只汇总到 2017 年, 接下来利用线性插值法和多重补漏分析法补充 2018—2021 年的数据以检验前文结论是否成立。为了验证两种方法的可靠性, 本文通过计算得出截止到 2021 年, 全国累计建成高标准农田面积约为 5 600 万 hm^2 , 与农业农村部公布的 6 000 万 hm^2 数据较为相近, 在一定程度上说明结果的可靠性。回归结果如表 5 列 (5) 所示, 显示高标准农田建设政策的实施提高了耕地绿色利用效率, 通过了 10% 的显著性水平检验。

3.5 异质性分析

考虑到不同省份耕地资源禀赋和耕地生产压力的差异会影响政策实施效果, 接下来以耕地类型维度和生产功能区维度划分, 了解不同维度政策效果差异, 分析异质性。

1) 以耕地类型维度划分。根据耕地类型将样本划分为旱地区、水田区和牧区三种进行回归, 研究发现高标准农田建设政策对旱地和水田区域的耕地绿色利用效率回归系数显著为正, 而对牧区的回归系数不显著 (表 6)。说明高标准农田建设政策能够促进旱地和水田区域的耕地绿色利用, 其原因可能是旱区多位于北方地区, 耕地立地条件较好, 土地连片集中程度较高; 水田区多位于南方, 由于细碎化程度高, 多以山地丘陵为主, 政策发挥效果虽较弱于旱区但仍然显著; 而牧区高寒气候, 耕地立地条件差, 土壤养分贫瘠, 可耕地少, 农田建设基础条件薄弱, 政策效果相对较差。

2) 以生产功能区维度划分。将样本划分为粮食主产区和非粮食主产区回归, 结果发现粮食主产区高标准农田建设政策的耕地绿色利用效率系数并未通过显著性检验, 非粮食主产区的影响系数显著为正 (表 6)。可能的原因是, 国家自设立粮食主产区以来, 政策和资金多有倾向, 各种激励措施有助于农业绿色技术采纳, 实现节肥节药, 加之粮食主产区本身耕地条件好, 生产效益高, 耕地绿色利用效率高, 高标准农田建设政策的耕地绿色利用边际效应有限。而非粮食主产区耕地资源禀赋相对较差, 高标准农田建设政策对非粮食主产区的耕地绿色利用边际效应明显, 产生显著促进作用。这点也与钱龙等^[7]的结论相一致。

表 6 异质性分析
Table 6 Heterogeneity analysis

变量	(1) 旱地区	(2) 水田区	(3) 牧区	(4) 粮食主产区	(5) 非粮食主产区
高标准农田建设政策	1.631*** (0.411)	2.210** (0.920)	-8.118 (4.888)	-0.053 (1.092)	1.778*** (0.535)
常数项	20.287*** (4.118)	31.255*** (6.022)	36.004** (15.094)	2.568 (8.463)	32.245*** (3.390)
控制变量			已控制		
年份效应			已控制		
省份效应			已控制		
R^2	0.870	0.822	0.868	0.836	0.816
样本量	168	210	42	182	238

表 7 机制分析
Table 7 Mechanism analysis

变量	(1) 种植结构	(2) 农业机械化水平	(3) 耕地绿色利用效率	(4) 耕地绿色利用效率
高标准农田建设政策	1.002*** (0.282)	2.170** (1.088)		
种植结构			0.469*** (0.084)	
农业机械化水平				0.086*** (0.023)
常数项	11.191*** (1.454)	6.659** (5.614)	24.776*** (2.577)	29.499*** (2.449)
控制变量			已控制	
年份效应			已控制	
省份效应			已控制	
R^2	0.941	0.928	0.823	0.816
样本量	420	420	420	420

3.6 作用机制分析

上文实证部分已充分证实高标准农田建设政策有助于耕地绿色利用,但作用途径和机制分析尚未明了。如前文理论部分所述,其内在传导机制可归结为通过调整种植结构和提升农业机械化水平来实现耕地绿色利用。

1) 考察种植结构的影响。表7列(1)表明高标准农田建设政策对种植结构的回归结果显著为正,列(3)估计系数显著为正,表明高标准农田建设政策通过调整种植结构进而促进耕地绿色利用。其可能的原因是高标准农田建设立足确保谷物基本自给、口粮绝对安全的原则,以提升粮食产能为首要目标,遏制“非农化”、防止“非粮化”,调整粮食种植结构。粮食种植规模的扩大一方面有助于比较收益的增加,另一方面降低生产所需的农业化学品投入,生产中的期望产出增加、非期望产出减少,有利于耕地绿色利用。

2) 考察农业机械化水平的影响。表7列(2)表明高标准农田建设政策对农业机械化水平的回归结果显著为正,列(4)估计系数显著为正,表明高标准农田建设通过提升农业机械化水平进而促进耕地绿色利用。其可能的原因是高标准农田建设优化机耕路、生产道路布局,提高田块归并程度,修筑机械下田坡道等附属设施,满足机械化作业要求,提升机械化水平。机械化水平的提高提高农资利用效率,增加农业期望产出同时降低非期望产出进而促进耕地绿色利用。据此,假说H2得证。

4 结论与对策建议

4.1 结论

本文从高标准农田建设的新视角出发,将经济效益与生态效益有机结合,探究了高标准农田建设的耕地绿色利用效应及其中的影响机制,基于2004—2017年中国30个省份面板数据,使用超效率SBM模型对耕地绿色利用效率进行测算,得出以下结论:

1) 高标准农田建设政策能够显著促进耕地绿色利用效率,平均提高了1.388%个单位的耕地绿色利用效率。

2) 由于耕地立地条件的差异,高标准农田建设对旱田、水田以及非粮食主产区的耕地绿色利用效应更显著,对牧区和粮食主产区的边际贡献有限。

3) 高标准农田建设政策通过调整种植结构和提升农业机械化水平,来实现规模经济效应、调整农业生产空间布局,增加农业期望产出和降低非期

望产出从而实现耕地绿色利用。

4.2 对策建议

本文的研究对于高标准农田建设政策优化及促进耕地绿色利用具有借鉴意义。随着政策的不断推进,高标准农田建设政策将更加注重耕地绿色利用,但考虑到其滞后性和区域差异性,动态监测高标准农田建设的耕地质量、了解建后管护情况和分区施策至关重要。

1) 提升高标准农田建设投入标准,完善建后管护机制。截至2022年底,全国已累计建成高标准农田超过0.67亿 hm^2 ,剩余未建的基本都是位置相对偏远,分布相对零散,建设条件相对较差,建设成本较高的地块。高标准农田是重要的公共基础设施,公益性强,项目建设资金主要以中央政府和地方政府投入为主,未来应鼓励支持金融和资本投入高标准农田建设。农田建设“三分建、七分管”,做好建后管护是确保工程设施长期发挥效益的关键,为此需设立耕地质量监测网络,长期跟踪监测耕地质量,保证高标准农田建设的实施效果,健全建后管护机制,明确管护主体责任,建立完整的奖惩机制。

2) 因地制宜、分区分类精准施策。一是综合考虑农田的自然条件、土壤水肥状况等因素,差异化推进高标准农田建设,切忌“一刀切”,对于生态脆弱区域,要注重生态环境保护,合理规划农田布局,避免过度开垦和污染。二是完善增加对粮食主产区的耕地保护政策。粮食主产区承担着我国粮食安全重担,耕地绿色利用不是一蹴而就的,要以发展的眼光看问题,把握过程、着眼未来。应进一步提升粮食主产区的利益补偿机制,增加支持保护补贴政策,整区推进高标准农田建设,以耕地保护为重点,创新生态绿色农田建设,集成应用农业绿色技术,在保证粮食产出的同时兼顾耕地绿色利用。

3) 合理配置生产要素,持续提升粮食产能,进一步发挥高标准农田政策效果。研究表明,高标准农田建设通过调整种植结构和提升农业机械化水平来实现耕地绿色利用。因此,应继续鼓励粮食种植专业化,开展集中连片种植,推进适度规模经营,提高粮食种植比较收益;针对农田基础设施薄弱、机械化水平相对较低的区域,平整土地,优化田间道路,更新改造农田设施,补齐基础设施短板,改善农业生产条件,提升农机综合作业水平。

参考文献:

- [1] 柯楠,卢新海,匡兵,等.碳中和目标下中国耕地绿色低碳利用的区域差异与影响因素[J].中国土地科学,2021,35(8):67-76.
Ke N, Lu X H, Kuang B, et al. Regional differences and

- influencing factors of green and low-carbon utilization of cultivated land under the carbon neutrality target in China[J]. *China Land Science*, 2021, 35(8): 67-76.
- [2] 卢新海, 崔海莹, 柯善淦, 等. 湖北省耕地利用绿色转型与粮食全要素生产率的耦合协调及其驱动机制研究[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(8): 75-84.
- Lu X H, Cui H Y, Ke S G, et al. Coupling coordination and driving mechanism of green transition of farmland use and total factor productivity of grain in Hubei Province[J]. *China Land Science*, 2022, 36(8): 75-84.
- [3] 刘涛, 尚晓菲, 苏原原, 等. “双碳”目标下黄河下游耕地绿色利用效率、收敛性与影响因素[J]. *水土保持通报*, 2023, 43(1): 291-299.
- Liu T, Shang X F, Su Y Y, et al. Green utilization efficiency, convergence, and influencing factors of cultivated land in lower Yellow River under “double carbon” target[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2023, 43(1): 291-299.
- [4] 邢晓男. 中国耕地绿色利用效率测度及影响因素研究[D]. 长春: 吉林大学, 2022.
- Xing X N. Research on the measurement and influencing factors of green use efficiency of cultivated land in China[D]. Changchun: Jilin University, 2022.
- [5] 李志, 符平杰, 江泰, 等. 近十年我国耕地保护政策的回顾与启示[J]. *中国国土资源经济*, 2024, 37(1): 63-75.
- Li Z, Fu P J, Jiang T, et al. Review and enlightenment of cultivated land protection policy in China in recent ten years[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2024, 37(1): 63-75.
- [6] 刘春芳, 王佳雪, 许晓雨. 基于生态系统服务流视角的生态补偿区域划分与标准核算——以石羊河流域为例[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(8): 157-165.
- Liu C F, Wang J X, Xu X Y. Regional division and standard accounting of ecological compensation from the perspective of ecosystem service flow: A case study of Shiyang River Basin[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(8): 157-165.
- [7] 钱龙, 刘聪, 钟钰. 高标准农田建设、种植结构“趋粮化”与粮食安全[J]. *江海学刊*, 2023(4): 103-110, 255.
- Qian L, Liu C, Zhong Y. High-standard farmland construction, grain-oriented planting structure and food security[J]. *Jianghai Academic Journal*, 2023(4): 103-110, 255.
- [8] 龚燕玲, 张应良. 高标准基本农田建设政策对粮食产能的影响[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2023(4): 175-190.
- Gong Y L, Zhang Y L. Influence of well-facilitated capital farmland construction policy on grain productivity[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2023(4): 175-190.
- [9] 钱龙, 刘聪, 郑淋议, 等. 高标准农田建设如何影响农地流转[J]. *中国土地科学*, 2023, 37(2): 62-70.
- Qian L, Liu C, Zheng L Y, et al. How does high-standard farmland construction affect farmland transfer[J]. *China Land Science*, 2023, 37(2): 62-70.
- [10] 戴浩, 李傲波, 魏君英. 高标准农田建设政策和农机服务对农户收入的影响[J]. *中国农机化学报*, 2024, 45(6): 257-263, 302.
- Dai H, Li A B, Wei J Y. Impact of high standard farmland construction policy and farm machinery services on farm household income[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2024, 45(6): 257-263, 302.
- [11] 陈宇斌, 王森. 农业综合开发投资的农业碳减排效果评估——基于高标准基本农田建设政策的事件分析[J]. *农业技术经济*, 2023(6): 67-80.
- Chen Y B, Wang S. Evaluation of agricultural carbon emission reduction effect of agricultural comprehensive development investment: Event analysis based on high-standard farmland construction[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2023(6): 67-80.
- [12] 张志新, 周亚楠, 丁鑫. 高标准农田建设政策对农业绿色发展的影响研究[J]. *农林经济管理学报*, 2023, 22(1): 113-122.
- Zhang Z X, Zhou Y N, Ding X. Impact of well-facilitated capital farmland construction programs on green agricultural development[J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2023, 22(1): 113-122.
- [13] Song W, Wu K N, Zhao H F, et al. Arrangement of high-standard basic farmland construction based on village-region cultivated land quality uniformity[J]. *Chinese Geographical Science*, 2019, 29(2): 325-340.
- [14] 梁鑫源, 金晓斌, 韩博, 等. 藏粮于地背景下国家耕地战略储备制度演进[J]. *资源科学*, 2022, 44(1): 181-196.
- Liang X Y, Jin X B, Han B, et al. Evolution of the national cultivated land strategic reserve system under the background of storing grain in the land[J]. *Resources Science*, 2022, 44(1): 181-196.
- [15] 张天恩, 李子杰, 费坤, 等. 高标准农田建设对耕地质量的影响及灌排指标的贡献[J]. *农业资源与环境学报*, 2022, 39(5): 978-989.
- Zhang T E, Li Z J, Fei K, et al. Effects of high-standard farmland construction on farmland quality and contribution of irrigation and drainage index[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2022, 39(5): 978-989.
- [16] 周引弟, 蔡立群, 董博, 等. 高标准农田建设项目实施前后耕地质量等级变化——以甘肃省灵台县为例[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2023, 59(3): 331-338.
- Zhou Y D, Cai L Q, Dong B, et al. Changes in cultivated land quality grades before and after the implementation of high standard farmland construction project: A case study of Lingtai County, Gansu Province[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2023, 59(3): 331-338.
- [17] 郑庆宇, 尚旭东, 王煜. 耕地保护何以难: 目标、实践及对策——来自西部粮食主产区的观察[J]. *经济学家*, 2023(4): 98-107.
- Zheng Q Y, Shang X D, Wang Y. Why is it difficult to protect arable land: Objectives, problems and countermeasures: Observation from the main grain-producing areas in the west[J]. *Economist*, 2023(4): 98-107.
- [18] 邵喜武, 周杨, 吴佩蓉. 基于空间溢出效应的粮食主产区粮食增产与农业生态污染关系研究[J]. *地理科学*, 2022, 42(5): 831-840.
- Shao X W, Zhou Y, Wu P R. Relation of grain increase and agricultural ecological pollution based on spatial spillover effects in major grain producing areas[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(5): 831-840.
- [19] 周发明, 唐望, 彭柳林. 农业生产性服务政策对种植结构趋粮化的影响——来自准自然实验的证据[J]. *管理科学*, 2023, 36(6): 55-67.

- Zhou F M, Tang W, Peng L L. The impact of agricultural productive service policies on the "grain orientation" of planting structure: Evidence from quasi natural experiments.[J]. *Journal of Management*, 2023, 36(6): 55-67.
- [20] 易小燕,陈印军.农户转入耕地及其“非粮化”种植行为与规模的影响因素分析——基于浙江、河北两省的农户调查数据[J]. *中国农村观察*, 2010(6): 2-10, 21.
- Yi X Y, Chen Y J. An empirical study of farmers' behavior of non-grain crops planting in the transferred cultivated land: Based on the survey data of households in Zhejiang Province and Hebei Province[J]. *China Rural Survey*, 2010(6): 2-10, 21.
- [21] 罗必良,张露,仇童伟.小农的种粮逻辑——40年来中国农业种植结构的转变与未来策略[J]. *南方经济*, 2018(8): 1-28.
- Luo B L, Zhang L, Qiu T W. Logics of small households' grain production[J]. *South China Journal of Economics*, 2018(8): 1-28.
- [22] 赵丹丹,周宏.农业生产集聚:如何提高粮食生产效率——基于不同发展路径的再考察[J]. *农业技术经济*, 2020(8): 13-28.
- Zhao D D, Zhou H. Agricultural production agglomeration: How to improve food production efficiency? Re-examination based on different development paths[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2020(8): 13-28.
- [23] 杨晨,胡珮琪,刁贝娣,等.粮食主产区政策的环境绩效:基于农业碳排放视角[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(12): 35-44.
- Yang C, Hu P Q, Diao B D, et al. Environmental performance evaluation of policies in main grain producing areas: From the perspective of agricultural carbon emissions[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(12): 35-44.
- [24] 郭旋,张良茂,胡荣桂,等.华中地区种植业生产碳排放驱动因素分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(5): 695-701.
- Guo X, Zhang L M, Hu R G, et al. Influencing factor decomposition of planting carbon emission in Central China[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(5): 695-701.
- [25] 王雅楠,张琪琳,陈伟.基于碳汇功能的省域农业碳排放及减排潜力研究——以中国三种主要粮食作物为例[J]. *重庆社会科学*, 2022(5): 58-75.
- Wang Y N, Zhang Q L, Chen W. Study on provincial agricultural carbon emission and emission reduction potential based on carbon sink function: Taking China's three main grain crops as an example[J]. *Chongqing Social Sciences*, 2022(5): 58-75.
- [26] 郑旭媛,徐志刚.资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例[J]. *经济学(季刊)*, 2017, 16(1): 45-66.
- Zheng X Y, Xu Z G. Endowment restriction, factor substitution and induced technological innovation: A case research on the grain producing mechanization in China[J]. *China Economic Quarterly*, 2017, 16(1): 45-66.
- [27] 郭阳,钟甫宁,纪月清.规模经济与规模户耕地流转偏好——基于地块层面的分析[J]. *中国农村经济*, 2019(4): 7-21.
- Guo Y, Zhong F N, Ji Y Q. Economies of scale and farmland transfer preferences of large-scale households: An analysis based on land plots[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019(4): 7-21.
- [28] 吴伟伟.支农财政、技术进步偏向的农田利用碳排放效应研究[J]. *中国土地科学*, 2019, 33(3): 77-84.
- Wu W W. Effect of fiscal support to agriculture and technical-biased progress on carbon emission from farmland use[J]. *China Land Science*, 2019, 33(3): 77-84.
- [29] 孙杰,周力,应瑞瑶.精准农业技术扩散机制与政策研究——以测土配方施肥技术为例[J]. *中国农村经济*, 2019(12): 65-84.
- Sun J, Zhou L, Ying R Y. A study on the diffusion mechanisms and policies of precision agriculture technology: A case study of soil testing and formulated fertilization technology[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019(12): 65-84.
- [30] 李建明,罗能生.高铁开通改善了城市空气污染水平吗?[J]. *经济学(季刊)*, 2020, 19(4): 1335-1354.
- Li J M, Luo N S. Has the opening of high-speed rail improved the level of urban air pollution?[J]. *China Economic Quarterly*, 2020, 19(4): 1335-1354.
- [31] 张佳伊,张盼,鲁莎莎.喀斯特地区农村劳动力流失对耕地绿色利用的影响分析[J]. *湖南农业大学学报(社会科学版)*, 2023, 24(3): 45-53.
- Zhang J Y, Zhang P, Lu S S. Analysis of the impact of rural labor force loss on the green cultivated land utilization in the Karst areas of China[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences)*, 2023, 24(3): 45-53.
- [32] 黄佟,曲艺,舒帮荣,等.耕地利用规模对耕地生态效率的影响研究——以黄淮海地区为例[J]. *农业现代化研究*, 2023, 44(6): 1070-1081.
- Huang T, Qu Y, Shu B R, et al. The impacts of farmland operational scale on farmland ecological efficiency: A case study of the Huang-Huai-Hai Plain[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2023, 44(6): 1070-1081.
- [33] 田云,林子娟.中国省域农业碳排放效率与经济增长的耦合协调[J]. *中国人口·资源与环境*, 2022, 32(4): 13-22.
- Tian Y, Lin Z J. Coupling coordination between agricultural carbon emission efficiency and economic growth at provincial level in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2022, 32(4): 13-22.
- [34] 赖斯芸,杜鹏飞,陈吉宁.基于单元分析的非点源污染调查评估方法[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2004, 44(9): 1184-1187.
- Lai S Y, Du P F, Chen J N. Evaluation of non-point source pollution based on unit analysis[J]. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2004, 44(9): 1184-1187.
- [35] 王斌,王力,李兴锋.高标准基本农田建设政策能否抑制农业面源污染?[J]. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(8): 1736-1747.
- Wang B, Wang L, Li X F. Can the policy of building high standard farmland curb agricultural surface source pollution?[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, 32(8): 1736-1747.

(责任编辑:王育花)