

绿色技术采纳对寿光蔬菜绿色生产效率的影响 ——以经营规模为调节变量

丛霖¹, 方璐², 李梅芳¹, 尹宝全^{1*}

(1. 中国农业大学烟台研究院, 山东 烟台 264670; 2. 中国农业大学经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 本研究基于寿光市200份蔬菜种植户问卷调查数据, 运用多元线性回归方法, 实证检验绿色技术采纳对蔬菜绿色生产效率的影响及其作用机制。研究表明, 绿色技术采纳通过资源优化配置与环境负外部性削减显著提升绿色生产效率36%; 经营规模通过稀释固定成本和优化要素配置强化技术红利; 政策补贴与生产经验构成重要驱动, 而教育程度与技术培训未达显著, 可能因技术操作简化和培训同质化导致。研究建议通过分层补贴和合作社集中采购降低散户技术采纳成本, 推动绿色技术推广体系优化。本研究为农业绿色转型提供微观实证依据, 对未来政策设计具有参考价值。

关键词: 绿色技术采纳; 经营规模; 调节效应; 蔬菜绿色生产效率; 多元线性回归

中图分类号: F326.13

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2026)02-0087-08

Impact of Green Technology Adoption on the Green Production Efficiency of Shouguang Vegetables

CONG Lin¹, FANG Lu², LI Meifang¹, YIN Baoquan^{1*}

(1. Yantai Research Institute, China Agricultural University, Yantai 264670; 2. College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the questionnaire survey data of 200 vegetable growers in Shouguang City, a multiple linear regression model was constructed to empirically analyze the impact mechanism of green technology adoption on vegetable green total factor productivity (GTFP) and explore the moderating role of operational scale. The findings show that green technology adoption significantly improves GTFP by 36% through the optimization of resource allocation and the reduction of environmental negative externalities. Operational scale exerts a significant positive moderating effect on the relationship between green technology adoption and productivity, and scale expansion strengthens technological dividends by diluting fixed costs and optimizing factor allocation. Policy subsidies and production experience are important driving factors, while educational attainment and technical training have no significant effects, which may be attributed to the simplification of technical operations and the homogenization of training content. It is recommended to reduce the cost of technology adoption for small-scale farmers through hierarchical subsidies and centralized procurement by cooperatives, and promote the optimization of the green technology promotion system. This study provides micro-empirical evidence for agricultural green transformation and has reference value for future policy design.

Key words: Green technology adoption; Operational scale; Moderating effect; Vegetable green total factor productivity; Multiple regression model

作为我国第二大农作物, 蔬菜产业在过去十年间呈现显著增长趋势, 种植面积、总产量及单产水平分别增长21.43%、31.12%和7.98%, 支撑了

全国13%的农作物种植需求^[1]。作为种植业的核心支柱, 其产值占种植业总产值三分之一(约1.5万亿元), 占全国农林牧渔业总产值的20%, 与粮食、畜牧业形成“三足鼎立”格局^[2], 其产业链更是创造近1.8亿个就业岗位, 占农业产业链就业人口的30%以上^[3], 并通过年出口150亿美元平衡国际贸易, 保障了“菜篮子”稳定供应^[4]。随着《全国农业绿色发展规划(2023—2030年)》提出“绿色技术覆盖

收稿日期: 2024-10-05

基金项目: 烟台市教育局校地融合项目(2022XDRHXMQT24); 中国农业大学烟台研究院引导性课题项目(Z202304)

作者简介: 丛霖(2004-), 女, 在读硕士, 从事电子商务、农业经济研究。

通信作者: 尹宝全, E-mail: yinbaoquan@cau.edu.cn

率达60%”的阶段性目标,提升绿色生产效率已成为破解农业生态安全约束的关键路径。2023年,“新质生产力”理念的提出进一步强调了农业绿色生产效率优化的战略地位^[5],农业农村部于2024年再次发布文件提出加快农业绿色转型,但当前蔬菜绿色生产效率仍滞后于政策预期^[6],其技术瓶颈制约了资源集约利用与生态可持续性。因此,系统探究蔬菜绿色生产效率的驱动机制,对协调农业经济增长与环境保护、促进农民增收具有现实意义。

绿色生产效率是资源投入效率、环境约束效率与经济产出效率三者的有机统一,核心在于以最小化的资源消耗与环境代价实现最大化的经济产出,受多重因素制约。研究主要针对绿色技术。王雪娇等^[7]通过Malmquist-Luenberger指数验证技术进步对绿色全要素生产率的核心驱动作用。王洪丽等^[8]则强调科技投资、环境治理与专业化的协同效应。王宁柯等^[9]和刘继为等^[10]则发现绿色采纳技术的使用可以高效降低环境污染,显著区别于单纯人为处理。鲁庆尧等^[11]、胡新艳等^[12]和祝宏辉等^[13]均证实规模经营通过机械化普及降低单位环境成本。现有研究多聚焦单一因素的独立作用,对经营规模与技术采纳的交互机制尚未深入探讨,尤其缺乏规模扩张强化技术增效的路径分析与实证证据。基于此,研究将绿色技术采纳与经营规模的交互效应纳入统一分析框架,并通过引入碳排放作为非期望产出的DEA模型测算绿色生产效率,弥补了既有研究的缺陷,旨在揭示寿光市蔬菜种植户绿色技术采纳对蔬菜绿色全要素生产率的影响机制,并探讨经营规模的调节作用,以推进生态保护与产业升级,为破解农业生态约束、优化绿色技术推广策略提供实证依据。

1 寿光蔬菜发展现状

被誉为“中国蔬菜之乡”的寿光市,是全国设施农业发源地,依托“寿光模式”实现从经验驱动向数据驱动的转型,其绿色技术采纳路径具有行业标杆意义,并通过标准化生产和全链整合进一步放大了绿色技术红利^[4],可为其他地区提供可复制模式。因此,本研究聚焦寿光市蔬菜种植户,不仅能解析绿色技术对区域农业的微观影响,更能为全国农业现代化提供重要范本。

1.1 寿光蔬菜经营现状

寿光市作为全国最大的设施蔬菜生产基地与集散中心,其产业布局以科技创新与标准化为核心,形成覆盖全链条的现代化体系。在种植端,寿

光蔬菜以番茄、黄瓜、彩椒为主导(占设施蔬菜总面积75%),自主研发品种达205个,国产种子市场占有率从十年前的不足50%升至70%以上^[15]。蔬菜播种面积稳定在4万hm²,较2014年增长18%,年产蔬菜450万t,年产值达110亿元,年交易额突破200亿元,确定“全国最大集散中心”的地位^[16],凸显其在产业链中游的枢纽作用。

生产方式上,依托物联网、智能装备与生物技术,实现了从传统经验种植向数字化管理的转型。截至2024年,第七代智能化大棚普及率达85%以上,配备自动温控、水肥一体化系统及机器人作业,劳动生产率提升一倍以上,设施农业技术的高度普及^[17],规模化生产与集中流通形成正向循环,进一步巩固了寿光蔬菜区域农业产业集群的竞争力。在销售端,截至2022年,寿光蔬菜的价格指数监测系统覆盖全国2000余个批发市场,大数据预警模型92%的准确率^[18-19],标志着寿光流通环节的数字化治理能力跨越式提升,既保障了菜农收益稳定性,又通过数据驱动的供需匹配优化了资源配置效率。

流通层面,寿光市不仅覆盖本地生产的蔬菜,更通过强大的市场网络吸纳并辐射全国乃至全球的外埠蔬菜,形成“买全国、卖全球”的流通格局。寿光通过1600处村级田头市场覆盖95%直销,农产品物流园2023年日均交易量达7200t、辐射全国200余个城市,南菜北运高峰期占全国流通量18%^[20],已突破区域性市场边界,成为全国蔬菜供应链的“稳压器”。外埠蔬菜流通规模更大,年集散总量达900万t(本地产300万t、外埠菜600万t),实现“冬南菜北运、夏北菜南销”,交易品种超300种,价格指数成为全国风向标。

国际化进程方面,2023年蔬菜出口量达8.7万t、冷链网络新增东南亚航线^[21],显示寿光从传统出口向高附加值冷链贸易升级。目前,寿光获得欧盟GAP认证的蔬菜合作社达到5家基地^[22],表明其生产技术体系已通过国际合规性验证,实现从产品输出向技术标准输出的质变。

1.2 寿光蔬菜绿色技术采纳现状

合作社数量与农户组织化程度是提升绿色效率的关键杠杆。寿光创新“合作社+农户+企业”模式,全市拥有1621家果蔬合作社,带动85%的农户进入产业化体系,户均增收2万元/年。通过科技培训与“棚二代”培育(占比56%),10万农民获得绿色证书,180人成为“农民科技专家”^[23],推动高素质农民成为产业主力。品牌建设上,“寿光蔬菜”地理标志

集体商标及390个“三品一标”产品(如古城番茄、桂河芹菜)形成品牌矩阵,部分单品溢价翻倍^[24],为当地绿色技术的采纳奠定资金与技术基础。

寿光市蔬菜产业的绿色生产效率集中体现在资源节约、环境友好与产出效益的协同提升上,其核心是通过技术创新和组织优化实现“减肥、减药、减工”与“增产、增收、增效”的“三减三增”目标。具体表现为,水肥一体化技术覆盖率达80%,精准灌溉使资源消耗降低30%^[25];病虫害绿色防控技术普及率达50%以上,如天敌昆虫释放、生物农药应用,化学农药依赖显著减少^[26];废弃物资源化利用率达80%,通过秸秆还田、高温堆肥等技术,每年提升土壤有机质0.2%~0.3%,降低生产成本的同时改善生态环境^[27]。然而,绿色生产效率仍受多重因素制约。小农户规模化程度低(68.36%的蔬菜种植户面积不足3335 m²),导致技术采纳成本高、机械化应用难^[28];绿色技术普及不均衡,如果菜类采收环节仍依赖人工,机械化率仅44%。

2 相关理论及研究假设

2.1 绿色技术采纳对蔬菜绿色生产效率的直接效应

蔬菜绿色技术是指采用环保可持续的农业生产管理方式,在提高蔬菜生产效率的同时保护生态环境,确保蔬菜安全和质量,强调资源利用效率最大化和环境污染最小化^[29]。按照农业生产过程可将蔬菜绿色技术划分为产前保护性预防技术、产中节约型技术、产后再利用技术,本研究绿色技术采纳主要指蔬菜种植户在生产中使用绿色技术的状况,即产中节约型技术。绿色技术进步可以显著促进农业生产效率^[30],有效减少农业生产中产生的环境污染^[31]。绿色技术通过提高蔬菜抗灾能力、节约水肥,提高蔬菜生产品质,实现“高品质、低成本”的蔬菜产品,从而提高农业生产效率^[32],同时绿色技术可通过减少能源产品和使用替代低能源产品减少农业生产的环境负外部性。基于上述理论研究,提出假设H1。

H1:绿色技术采纳程度对蔬菜绿色生产效率有显著正向影响。

2.2 绿色技术采纳通过经营规模对绿色生产效率的间接效应

农业经营规模具体指农业生产中各种投入要素的数量及比例^[33],由于土地是农业生产最基础的要素投入,决定其他要素的投入数量及比例,因此大多学者用土地规模来衡量经营规模^[34]。蔬菜种植户作为理性经济人,绿色技术的采纳通常

以个人利益最大化为目标^[35],蔬菜种植户通过经营规模扩张从而实现内部规模经济,提高绿色技术采纳意愿,提高蔬菜绿色生产率^[36]。大规模农户可能更有能力投入资金引进先进的绿色生产设备和技術,从而提高生产效率^[37]。另一方面,经营规模也通过影响农户的认知和行为决策来影响绿色技术的采纳。较大规模的经营可能使农户更加注重长期效益和可持续发展,从而更倾向于采纳有利于环境保护的绿色技术^[38]。基于上述理论研究,提出研究假设H2。

H2:经营规模可以正向调节绿色技术采纳对蔬菜绿色生产效率的影响。

3 数据来源、研究变量及研究模型

3.1 数据来源

本研究数据来源于对寿光市的各类蔬菜种植者的问卷调查,内容涉及种植者的基本信息、技术使用、市场情况等,结合定量和定性问题。利用分层抽样法依镇级行政单位进行抽样,通过线上和线下两种方式发放问卷,共发放问卷220份,回收200份,回收率为90.9%,所有问卷均有效。除问卷调查外,对农业部门工作人员、农业合作社、蔬菜种植户等进行重点访谈,提供更加直观、具体的了解。

3.2 研究变量

3.2.1 被解释变量——绿色生产效率

选取蔬菜绿色生产效率作为被解释变量,农业绿色生产效率的核心思想是“农业生产活动的资源消耗和环境污染需在农业的生态承载能力范围内,应用更少的要素投入获得更多的期望产出(农产品产出)和更少的非期望产出(环境污染)^[39]”。基于此,考虑到环境约束引入碳排放作为非期望产出指标,采用投入导向的DEA模型,假设规模报酬可变,以最小化资源消耗为目标,测算绿色生产效率。具体变量设置见表1。

3.2.2 核心解释变量——绿色生产技术采纳

参考刘思宇等^[40]和李冬梅等^[41]的研究,依据调研问卷中设置问题“您在生产过程中是否采纳过绿色技术”来测度绿色技术采纳情况,包括“是”与“否”两个层级,生成“0~1”的二分类变量。

3.2.3 调节变量——经营规模

以寿光市蔬菜种植户实际种植面积作为衡量指标,通过问卷中设问“您家实际经营的种植面积一共有多少”来记录数值,形成连续变量。

3.2.4 控制变量

高天志等^[42]和耿宇宁等^[43]的研究中均提出文

表1 农业生产效率投入产出指标

Table 1 Input-output indicators of agricultural production efficiency

类型 Type	变量 Variable	单位 Unit
期望产出	蔬菜产量	kg/hm ²
非期望产出	碳排放	CO ₂ e/hm ²
投入	化肥投入	kg/hm ²
	农药投入	kg/hm ²
	农膜投入	kg/hm ²
	用水投入	m ³ /hm ²
	农机费用	元/hm ²
	人工费用	元/hm ²
	种子费用	元/hm ²

化程度、种植年限均显著影响蔬菜绿色生产效率,李晓静等^[44]中提出技术培训,技术补贴等影响蔬菜绿色生产效率。因此,选取受教育程度、农业生产经验、政策补贴、农业技术培训4项作为控制变量。各变量说明与描述性统计分析结果见表2。

3.3 研究模型

研究蔬菜绿色技术采纳对蔬菜绿色生产效率的影响研究,由于被解释变量为连续变量,因此选择构建多元线性回归模型进行回归分析,同时设定下列模型方程:

$$VGP_i = \beta_0 + \beta_1 GTO_i + \beta_2 SCO_i + \beta_3 EDU_i + \beta_4 APE_i + \beta_5 AT_i + \beta_6 PSS_i + \epsilon_i \dots\dots\dots (1)$$

$$VGP_i = \beta_0 + \beta_1 GTO_i + \beta_2 SCO_i + \beta_3 (GTO_i \times SCO_i) + \beta_4 EDU_i + \beta_5 APE_i + \beta_6 AT_i + \beta_7 PSS_i + \epsilon_i \dots\dots\dots (2)$$

表2 变量说明与描述性统计

Table 2 Variable explanation and descriptive statistics

变量类型 Variable type	变量 Variable	变量定义与赋值 Variable definition and assignment	均值 Mean	标准差 Standard deviation
被解释变量	蔬菜绿色生产效率(VGP)	DEA 计算结果	0.716	0.189
核心解释变量	绿色技术采纳(GTO)	是否采纳绿色技术(1=是,0=否)	0.690	0.465
调节变量	经营规模(SCO)	实际经营的土地面积/hm ²	5.361	4.787
控制变量	受教育程度(EDU)	实际受教育年限/年	10.120	3.436
	农业生产经验(APE)	种植年限/年	12.060	8.135
	政策补贴(PSS)	是否获得政府补贴(1=是,0=否)	0.530	0.502
	农业技术培训(AT)	包括参加培训的次数/次	1.840	1.774

β_0 是截距项; $\beta_1 \sim \beta_7$ 是回归系数,表示各自变量对因变量VGP的影响程度; ϵ_i 是误差项,表示模型未能解释的部分。

通过加入($GTO_i \times SCO_i$),即绿色技术采纳与经营规模的交互项来考察经营规模的调节作用。如果加入交互项后, R^2 有所提升,则表明经营规模对绿色技术采纳与蔬菜绿色生产效率之间的关系具有调节作用。

4 实证分析

4.1 多重共线性检验

为保证回归结果有效,首先对自变量间多重共线性进行检验(表3)。采用方差膨胀因子(VIF)作为多重共线性检验的指标。当VIF>3时,可认为解释变量之间存在一定程度的共线性;当VIF>10时,可认为解释变量之间存在高度共线性。

综合全部检验结果,各解释变量之间的共线性程度在1.143~1.692,均处于合理范围之内,满足独立性原则,不存在显著共线性。

表3 多重共线性检验

Table 3 Multi-collinearity test

变量 Variable	VIF值 VIF value	容忍度 Tolerance
政策补贴	1.692	0.591
受教育程度	1.546	0.647
绿色技术采纳	1.480	0.676
农业生产经验	1.267	0.790
农业技术培训	1.185	0.844
经营规模	1.143	0.875

4.2 模型回归结果分析

运用寿光蔬菜种植户调查数据,利用SPSS

23.0统计软件进行多元线性回归分析,参数估计结果如表4所示。由于各变量单位不同,因此回归系数符号仅能反映各个变量对蔬菜绿色生产效

率的影响方向,其大小并没有实际意义,为了消除量纲的影响在模型(2)数据基础上计算各变量的边际效应值。

表4 模型估计结果

Table 4 Estimation results of the multiple linear regression model

变量类型 Variable type	变量名称 Variable name	模型1	模型2	边际效应 (标准化系数) Marginal effect (Standardized coefficient)
		Model 1	Model 2	
		系数 Coefficient	系数 Coefficient	
核心解释变量	绿色技术采纳	0.204*** (0.035)	0.146** (0.032)	0.360
调节变量	经营规模		0.017** (0.003)	0.425
	绿色技术采纳*经营规模		0.026** (0.007)	0.262
控制变量	受教育程度	0.005 (0.005)	0.005 (0.040)	0.089
	农业生产经验	0.004* (0.002)	0.040* (0.002)	0.162
	农业技术培训	0.003 (0.008)	0.004 (0.007)	0.038
	政策补贴	0.115** (0.035)	0.077* (0.030)	0.204
	常数项	0.548 (0.060)	0.588 (0.051)	—
	R^2	0.509		0.659
	调整 R^2	0.482		0.633
	F值	$F(5,94)=19.458, P=0.000$		$F(7,92)=25.348, P=0.000$

注: *、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平;括号中为标准误;所有数字均为四舍五入后的结果。

Note: *, **, and *** indicate significance at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively; standard errors are in parentheses.

4.2.1 核心解释变量回归结果分析——绿色技术采纳

模型1目的在于研究不考虑经营规模的干扰时,绿色技术采纳对绿色生产效率的影响情况。其中,绿色技术采纳呈现出显著性($P=0.000<0.05$)。意味着绿色技术采纳对绿色生产效率会产生显著影响关系。

由表4可知,绿色技术采纳在5%水平上显著,其边际效应达到0.360。表明在控制其他变量条件下,采纳绿色技术的种植户相较未采纳者,绿色生产效率可提升36%。验证了绿色技术对绿色生产效率的促进作用。主要原因是,技术采纳通过要素动态配置与生产流程标准化驱动效率提升。采纳绿色技术的种植户能够将传统均质化农资投入模式转化为需求响应的动态供给系统,利

用生物防治降低化学农药依赖,使化学农药施用频次大幅减少。实地调研发现,生物防治技术通过替代可减少42%化学农药投入。蔬菜的生长周期在绿色技术采纳下也更为稳定,使得人工和机械可以实现更加精细化的管理,从而显著提高蔬菜绿色生产效率。

4.2.2 调节变量回归结果分析——经营规模

从回归结果看,从模型(1)至(2)的 R^2 从0.509提升至0.659,说明引入经营规模变量后解释力增强15个百分点,表明经营规模在提升蔬菜绿色生产效率过程中具有重要作用。

由表4可知,绿色技术采纳与经营规模的交互项在5%的水平上显著,且边际效应为0.262。意味着绿色技术采纳对于绿色生产效率影响时,在其他条件不变的情况下,蔬菜种植户的经营规

模每提升1个单位,其蔬菜绿色生产效率会提升0.262。主要原因是,规模扩张可通过稀释固定成本、优化要素配置,强化技术采纳的增效作用。规模扩张将引入绿色采纳技术的固定成本被规模效应稀释,规模经营种植户凭借更强的要素调配能力,可将绿色技术嵌入全产业链进行系统性优化。

规模扩张促使种植户试图改变劳动力成本随规模扩张产生的棘轮效应,因此大规模经营主体更倾向于采纳绿色技术,通过数字化管理,进行数据驱动的动态优化,降低管理复杂度。实地调研可知,当经营规模达到6 hm²时,人工投入反而下降24%,而环境参数调控精度却提升37%。

规模扩张可以触发技术网络的协同效应。大型生产基地通过纵向整合形成的技术生态圈,使绿色生产技术的正外部性内部化,使规模经营主体的全要素生产率提升幅度高于散户,最终形成“技术投入—效率跃升—再投资”的强化循环,推动蔬菜绿色生产进入规模报酬递增的新范式。因此,可以对经营规模≥5 hm²的农户提供绿色技术设备购置补贴(如财政承担50%),对散户则通过合作社集中采购降低技术采纳固定成本,构建分层分类的绿色技术推广体系。

4.2.3 控制变量回归结果分析

根据表4回归结果分析,控制变量对绿色生产效率的影响呈现差异化特征。从模型(1)至(2),在R²增长的基础上,调整后的R²从0.482提升至0.633,表明随着调节变量的引入控制变量的影响并未被稀释,而是与核心解释变量、调节变量共同作用于绿色生产效率,调整后的R²提升验证了这种协同效应的稳健性。

政策补贴在模型1中在5%水平上显著,边际效应为0.204,这一效应在引入经营规模变量后仍保持稳健(在10%水平上显著),凸显政策支持对技术采纳的关键激励作用,为差异化政策支持提供了支持。

农业生产经验在10%水平上显著,边际效应为0.162,说明经验积累可通过优化病虫害识别、水肥调控等田间管理细节间接促进生产率提升。

受教育程度与农业技术培训未通过显著性检验。可能与当前绿色技术操作流程的简化设计降低了技能门槛,以及培训内容同质化严重、未能精准匹配区域性种植需求有关。提示需进一步优化技术推广模式,受教育程度的非显著性也反映出绿色技术操作的易用性特征。

5 结论与启示

实证结果研究证实了规模经济与绿色技术采纳的协同效应,绿色技术采纳对蔬菜绿色生产效率具有显著正向促进作用,采纳绿色技术的农户生产效率提升幅度达36%。经营规模通过成本分摊、要素优化和技术协同三重机制强化技术采纳。控制变量中,政策补贴与生产经验对效率提升具有稳健激励,而技术培训与教育程度未呈现显著影响,反映出当前技术推广存在同质化与需求错配问题,为农业生产绿色转型提供了新的理论解释。

未来,政府应建立分层分类的绿色技术推广体系,第一,针对小规模农户,依托合作社构建技术共享平台,降低采纳门槛。第二,优化补贴政策设计,将补贴额度与碳排放强度挂钩,强化环境绩效导向。第三,重构技术培训机制,开发基于作物类型与生态区的模块化课程,提升培训精准度。推动绿色技术应用从碎片化试点向系统化集成升级。

参考文献:

- [1] 国家统计局网站. 农业发展阔步前行 现代农业谱写新篇——新中国75年经济社会发展成就系列报告之二[R]. 北京: 中华人民共和国中央人民政府, 2024.
- [2] 陈明均, 贺坦. 全球蔬菜产业发展现状[J]. 中国果菜, 2025, 45(5): 1-8.
CHEN M J, HE T. The current situation of global vegetable industry development[J]. China Fruit Vegetable, 2025, 45(5): 1-8. (in Chinese)
- [3] 国家信息中心. 数字经济的就业创造效应与就业替代效应探究[R]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2022.
- [4] 农业农村部. 关于加快农业全产业链培育发展的指导意见[R]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2023.
- [5] 中国共产党新闻网. 习近平总书记强调的“新质生产力”[R]. 北京: 中国共产党新闻网, 2024.
- [6] 农业农村部. 关于加快农业发展全面绿色转型促进乡村生态振兴的指导意见[R]. 北京: 中华人民共和国中央人民政府, 2024.
- [7] 王雪娇, 李隆伟, 耿仲钟, 等. 基于Malmquist-Luenberger指数的中国蔬菜绿色全要素生产率研究[J]. 农学学报, 2021, 11(10): 112-119.
WANG X J, LI L W, GENG Z Z, et al. Research on green total factor productivity of Chinese vegetables based on malmquist-luenberger index[J]. Journal of Agriculture, 2021, 11(10): 112-119. (in Chinese)
- [8] 王洪丽, 孙君, 张彬, 等. 基于Malmquist指数法的吉林省粳稻全要素生产率分析[J]. 东北农业科学, 2023, 48(5): 122-127.

- WANG H L, SUN J, ZHANG B, et al. Analysis of total factor productivity of japonica rice in Jilin Province based on malmquist index method[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2023, 48(5): 122–127. (in Chinese)
- [9] 王宁柯,张瑞,章胜勇.机械化服务程度和农地经营规模对玉米生产效率的影响[J].*浙江农业学报*,2023,35(3):698–707.
WANG N K, ZHANG R, ZHANG S Y. Impacts of mechanization service degree and farmland management scale on maize production efficiency[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2023, 35(3): 698–707. (in Chinese)
- [10] 刘继为,李雪飞,高鹏怀,等.基于DEA模型的河北省农业生产效率及影响因素研究[J].*东北农业科学*,2020,45(3):86–91,107.
LIU J W, LI X F, GAO P H, et al. Study on agricultural production efficiency and influencing factors in Hebei province based on DEA model[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2020, 45(3): 86–91, 107. (in Chinese)
- [11] 鲁庆尧,孟祥海.基于三阶段DEA模型的江苏省农业生产效率研究[J].*东北农业科学*,2021,46(1):94–99.
LU Q Y, MENG X H. Research on agricultural production efficiency of Jiangsu province based on three-stage DEA model[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2021, 46(1): 94–99. (in Chinese)
- [12] 胡新艳,陈颜,陈相泼.土地经营规模与化肥减量:来自农业龙头企业的证据[J].*中国农业大学学报*,2023,28(11):219–235.
HU X Y, CHEN Y, CHEN X P. Farmland management scale and chemical fertilizer reduction: evidence from agricultural leading enterprises[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(11): 219–235. (in Chinese)
- [13] 祝宏辉,杜美玲,尹小君,等.乡村振兴战略下农地规模经营对农业绿色发展的影响[J].*调研世界*,2023(7):55–66.
ZHU H H, DU M L, YIN X J, et al. The impact of farmland scale operation on agricultural green development under the rural revitalization strategy[J]. *The World of Survey and Research*, 2023(7): 55–66. (in Chinese)
- [14] 高志民.“中国蔬菜之乡”的蝶变[N].*人民政协报*,2025-05-06(009).
- [15] 王旭东,郭光宁.山东寿光积极探索设施农业用地耕地质量提升与生态化转型路径[J].*中国农业综合开发*,2026(3):56–58.
WANG X D, GUO G N. Shandong Shouguang actively explores the path of improving cultivated land quality and ecological transformation for facility agricultural land[J]. *Agricultural Comprehensive Development in China*, 2026(3): 56–58. (in Chinese)
- [16] 俞树红.“寿光模式”富漳县[N].*甘肃经济日报*,2026-02-03(003).
- [17] 李春洋.山东寿光市智能农机与农业生产的融合应用与发展[J].*农业工程技术*,2025,45(32):60–61.
LI C Y. Integration application and development of intelligent agricultural machinery and agricultural production in Shouguang City, Shandong Province[J]. *Agricultural Engineering Technology*, 2025, 45(32): 60–61. (in Chinese)
- [18] 弓义纬.智慧监管让“寿光蔬菜”金字招牌永不褪色[J].*食品安全导刊*,2022(7):5.
GONG Y W. Smart supervision makes the “Shouguang Vegetable” golden brand never fade[J]. *China Food Safety Magazine*, 2022(7): 5. (in Chinese)
- [19] 李祎,郎德山.物联网大数据助推寿光蔬菜产业上档升级[J].*中国瓜菜*,2018,31(8):49–51,63.
LI Y, LANG D S. IoT big data boosts the upgrade of Shouguang vegetable industry[J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2018, 31(8): 49–51, 63. (in Chinese)
- [20] 张敬敏,李光聚,李培之,等.设施蔬菜产业标准化“寿光模式”实践经验浅谈[J].*中国蔬菜*,2024(10):13–18.
ZHANG J M, LI G J, LI P Z, et al. Practical experience of the standardized “Shouguang model” for facility vegetable industry[J]. *China Vegetables*, 2024(10): 13–18. (in Chinese)
- [21] 中国农业科学院寿光蔬菜研发中心.寿光何以成为我国蔬菜出口龙头? [R].山东:寿光市人民政府,2024.
- [22] 张军生.寿光市农民专业合作社运营管理模式探析[J].*特种经济动植物*,2024,27(11):178–180.
ZHANG J S. Analysis on the operation and management mode of farmer cooperatives in Shouguang City[J]. *Special Economic Animals and Plants*, 2024, 27(11): 178–180. (in Chinese)
- [23] 梁禹,张永成,安姝,等.农业产业经济发展趋势与农业科研支撑作用[J].*东北农业科学*,2025,50(6):165–169.
LIANG Y, ZHANG Y C, AN S, et al. Development trends of agricultural industry economy and the supporting role of agricultural scientific research[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2025, 50(6): 165–169. (in Chinese)
- [24] 王蕾,冯震,李伟成.山东寿光:深入实施数字强农工程推动蔬菜全产业链提质增效[J].*中国农民合作社*,2025(9):19–21.
WANG L, FENG Z, LI W C. Shandong Shouguang: Deeply implementing the digital-strengthening-agriculture project to promote quality improvement and efficiency increase in the entire vegetable industry chain[J]. *China Farmer Cooperative*, 2025(9): 19–21. (in Chinese)
- [25] 农业农村部.关于加快实施农业五大提升工程,以现代高效农业发展助推乡村振兴的提案的答复[R].山东:寿光市人民政府,2022.
- [26] 李丽颖,崔建玲.以虫治虫,天敌昆虫潜能有多大? [R].北京:中国农业科学院植物保护研究所,2022.
- [27] 王金虎.山东寿光:低碳种田 提质增效[N].*经济日报*,2024-08-17(007).
- [28] 李瑶.山东省寿光市蔬菜种植户绿色生产行为影响因素研究[D].昆明:云南农业大学,2023.
- [29] 周圣越.我国种植业绿色生产效率增长测算及影响因素研究[D].郑州:河南农业大学,2024.
- [30] 杨桐彬,朱英明,王毅.土地集约、技术进步与农业生产效率[J].*农业经济与管理*,2020(1):54–65.
YANG T B, ZHU Y M, WANG Y. Land intensification, technological progress and agricultural production efficiency[J]. *Agricultural Economics and Management*, 2020(1): 54–65. (in Chinese)

- [31] 温丽平. 制度对新疆农户绿色生产行为影响研究: 价值感知、行为决策、效果评价[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2024.
- [32] 郭嘉. 种植类家庭农场绿色技术采纳行为研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2024.
- [33] 程璐, 李彩霞, 张艺伟. 农业适度规模经营主体融资意愿及其影响因素研究——基于 Logit 模型的天津 118 份调研样本的实证分析[J]. 天津农业科学, 2024, 30(10): 65-72.
CHENG L, LI C X, ZHANG Y W. Study on financing willingness and its influencing factors of agricultural moderate scale management entities — an empirical analysis based on Logit model with 118 survey samples in Tianjin[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2024, 30(10): 65-72. (in Chinese)
- [34] 仲新月, 刘二安, 王文棣. 甘肃省粮食生产效率时空演变及影响因素研究[J]. 农业科技管理, 2024, 43(4): 16-21.
ZHONG X Y, LIU E A, WANG W D. Study on the spatio-temporal evolution and influencing factors of grain production efficiency in Gansu Province[J]. Agricultural Science and Technology Management, 2024, 43(4): 16-21. (in Chinese)
- [35] 李联奇, 崔茂森. 山东省小麦生产效率评价及影响因素[J]. 农业工程, 2024, 14(6): 155-160.
LI L Q, CUI M S. Evaluation and influencing factors of wheat production efficiency in Shandong Province[J]. Agricultural Engineering, 2024, 14(6): 155-160. (in Chinese)
- [36] 石琦璠, 王翔宇, 张亮. 河北省粮食生产效率及影响因素研究[J]. 粮食科技与经济, 2024, 49(3): 6-12.
SHI Q F, WANG X Y, ZHANG L. Research on grain production efficiency and influencing factors in Hebei Province[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2024, 49(3): 6-12. (in Chinese)
- [37] 程晓娜. 经营规模、技术采纳与农业绿色生产效率[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2023.
- [38] 张拓, 曾光. 从农户适度规模经营到村组专业化外部性——水稻全要素生产率增长机制再审视[J]. 中国农业资源与区划, 2026, 47(1): 209-222.
ZHANG T, ZENG G. From farmers' moderate-scale management to the externality of village-group specialization: re-examining the growth mechanism of total factor productivity in rice[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2026, 47(1): 209-222. (in Chinese)
- [39] 陈中伟, 宋昕. 数字金融、规模经营和农业绿色发展——基于门槛效应的分析[J]. 吉林工商学院学报, 2024, 40(6): 93-100.
CHEN Z W, SONG X. Digital finance, scale operation and agricultural green development — An analysis based on threshold effect[J]. Journal of Jilin Business and Technology College, 2024, 40(6): 93-100. (in Chinese)
- [40] 刘思宇, 魏天知, 魏天言, 等. 互联网使用、经营规模与职业粮农蔬菜绿色生产技术采纳行为——基于家庭代际的调节效应[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2025, 19(2): 60-67.
LIU S Y, WEI T Z, WEI T Y, et al. Internet use, management scale and the adoption of green production technology by professional grain and vegetable farmers: the moderating effect of family intergenerationality[J]. Journal of Yunnan Agricultural University(Social Science), 2025, 19(2): 60-67. (in Chinese)
- [41] 李冬梅, 徐娟, 王汉朝. 知识共享、数字技术采纳与农户绿色生产行为研究——基于四川省的调查数据[J]. 四川农业大学学报, 2025, 43(1): 224-233, 241.
LI D M, XU J, WANG H C. Knowledge sharing, digital technology adoption and farmers' green production behavior: based on survey data from Sichuan Province[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2025, 43(1): 224-233, 241. (in Chinese)
- [42] 高天志, 冯辉, 陆迁. 数字农技推广服务促进了农户绿色生产技术选择吗——基于黄河流域3省微观调查数据围[J]. 农业技术经济, 2023(9): 23-38.
GAO T Z, FENG H, LU Q. Does digital agricultural technology extension service promote farmers' green production technology selection? — based on micro-survey data from three provinces in the Yellow River Basin[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2023(9): 23-38. (in Chinese)
- [43] 耿宇宁, 郑少锋, 陆迁. 经济激励、社会网络对农户绿色防控技术采纳行为的影响来自陕西猕猴桃主产区的证据[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2017(6): 59-69, 150.
GENG Y N, ZHENG S F, LU Q. Impact of economic incentives and social networks on farmers' adoption behavior of green control techniques: evidence from the main kiwifruit producing areas in Shaanxi[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2017(6): 59-69, 150. (in Chinese)
- [44] 李晓静, 陈哲, 刘斐, 等. 参与电商会促进猕猴桃种植户绿色生产技术采纳吗——基于倾向得分匹配的反事实估计[J]. 中国农村经济, 2020(3): 118-135.
LI X J, CHEN Z, LIU F, et al. Does participation in e-commerce promote the adoption of green production technologies by kiwifruit growers? — counterfactual estimation based on propensity score matching[J]. Chinese Rural Economy, 2020(3): 118-135. (in Chinese)

(责任编辑: 王 昱)