

农业绿色技术创新对农业经济增长的影响分析

任晨瑞

江西农业大学经济管理学院, 中国·江西 南昌 330045

摘要: 面对日益严峻的全球环境挑战, 农业绿色转型已成为实现可持续发展的必然选择。本文通过构建 VAR 模型, 系统考察江西省农业绿色技术创新对农业经济增长的动态影响。研究选取农业绿色技术创新投入、农业产值等关键变量, 综合运用单位根检验、协整分析等方法确保模型有效性, 并借助脉冲响应与方差分解揭示变量间的互动机制。实证结果表明, 农业绿色技术创新对江西省农业经济增长具有显著且持续的正向促进作用, 且影响存在一定滞后性, 其中政策支持与资源配置效率发挥着重要调节作用。基于此, 本文从加大创新投入、优化政策环境、提升技术推广效能等方面提出针对性建议, 以期对江西省及类似地区推动农业绿色高质量发展提供理论参考与实践路径。

关键词: 农业绿色技术创新; 农业经济增长; VAR 模型; 可持续发展

Analysis on the influence of agricultural green technology innovation on agricultural economic growth

Ren Chenrui

School of Economics and Management, Jiangxi Agricultural University, China Jiangxi Nanchang 330045

Abstract: Confronted with increasingly severe global environmental challenges, the green transformation of agriculture has become an inevitable choice for achieving sustainable development. This paper constructs a Vector Autoregressive (VAR) model to systematically examine the dynamic impact of agricultural green technology innovation on economic growth in Jiangxi Province. Key variables such as agricultural green technology innovation investment and agricultural output value are selected, with unit root tests and cointegration analysis comprehensively applied to ensure model validity. The interaction mechanisms among variables are revealed through impulse response analysis and variance decomposition. Empirical results demonstrate that agricultural green technology innovation exerts a significant and sustained positive promoting effect on Jiangxi's agricultural economic growth, though with certain lag effects. Policy support and resource allocation efficiency play crucial moderating roles. Based on these findings, targeted recommendations are proposed regarding increased innovation investment, optimized policy environment, and enhanced technology extension effectiveness. These suggestions aim to provide theoretical references and practical pathways for promoting high-quality green agricultural development in Jiangxi Province and similar regions.

Keywords: Agricultural green technology innovation; Agricultural economic growth; VAR model; Sustainable development

0 引言

在全球可持续发展浪潮的推动下, 农业绿色转型已成为保障国家粮食安全、维护生态平衡和促进农村繁荣的战略性举措。作为中国重要的农业省份, 江西省在实现农业经济显著增长的同时, 也面临着传统粗放式发展模式带来的严峻挑战。长期以来, 该省农业生产过度依赖化学投入品, 导致水资源利用效率低下、土壤有机质含量下降、耕地质量退化以及农业面源污染加剧等问题日益突出, 这不仅制约了农业自身的可持续发展, 也对区域生态环境造成了持续压力。在这一背景下, 农业绿色技术创新被视为推

动农业高质量发展的关键路径, 其核心在于通过环境友好型技术的研发、推广与应用, 实现农业生产效率提升与生态环境保护之间的协同发展。

在学术研究领域, 绿色技术创新已引发多维度探讨。现有文献主要围绕其影响因素与作用机制展开: 一方面, 研究证实环境规制能有效驱动绿色技术创新^[1], 如基于工业污染排放的分析揭示了其激励作用; 另一方面, 从企业内外部互动视角发现, 绿色创新有助于提升企业竞争力^[2], 实践也表明绿色生产对企业可持续性具有积极影响。在农业经济层面, 环境规制与科技投入被识别为两个关键变量。

研究显示,环境规制对农业绿色全要素生产率呈倒 U 型影响^[3],并存在空间溢出效应;而农业科技投入则与经济增长保持显著正向交互关系,且长期效应尤为稳定^[4,5]。

然而,通过对现有文献的系统梳理可以发现,针对特定区域尤其是江西省的农业绿色技术创新与经济增长关系的实证研究仍相对匮乏。尽管该省在农业绿色转型方面已取得积极进展——如农业绿色专利申请量稳步增长、化肥施用总量持续下降、农业科技投入力度不断加大等,但这些变化对农业经济增长的具体影响机制尚未得到系统评估。随着江西省被纳入国家生态文明试验区建设范围,以及“乡村振兴”战略的深入实施,科学量化农业绿色技术创新的经济效应具有重要的理论价值与现实意义。

基于此,本研究利用 2001–2023 年期间的省级面板数据,结合《江西省统计年鉴》《中国农村统计年鉴》等权威数据来源,构建包含化肥使用量、农业科技人员投入、农业科技资金投入等多维指标的农业绿色技术创新评价体系,并运用向量自回归(VAR)模型实证分析其与农业经济增长之间的动态关系。相较于现有研究,本文的边际贡献主要体现在三个方面:首先,填补了农业绿色技术创新经济效应在区域层面的实证研究空白;其次,通过 VAR 模型揭示了变量间的长期动态关联特征;最后,为地方政府制定精准化的农业绿色转型政策提供了科学依据。研究结论将对推动江西省农业高质量发展、实现农业现代化与生态环境保护协同推进具有重要的参考价值。

1 理论分析与研究假说

在农业绿色技术创新研究中,政府环境政策具有关键作用。环境规制常被视为推动绿色创新的重要驱动力,对环境保护与社会福利具有积极影响^[6]。哈佛大学波特教授提出,合理设计的环境规制可激励企业开展绿色技术创新,而创新带来的效益足以弥补初期投入,这一观点经后续研究发展为系统的“波特假说”,为政府制定环境政策提供了理论基础。例如,限制化肥用量作为一种环境规制手段,可促使农业主体加大绿色技术研发与应用投入,探索化肥替代方案,从而推动农业绿色创新与生产效率提升,助力农业经济增长。在创新理论方面,熊彼得将创新视为生产要素的重新组合,合理的组合可优化资源配置、降低成本并提升效益,即实现技术进步^[7]。傅家骥(1999)^[8]指出技术创新的价值在于实践应用;李成顺(2020)强调绿色创新旨在协调资源与环境效益^[9]。内生经济增长理论进一步指出,技术进步是经济体系的内生结果,研发投入是其关键推动力,打破了传统要素收益递减的假设^[10]。基于上述

理论,本文提出如下假说:

H1: 农业绿色技术创新对农业经济增长具有正向促进作用。

2 数据来源、变量选取与模型构建

2.1 数据来源

本研究数据源于 2001–2023 年的《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》和《江西省统计年鉴》。其中,全国性年鉴提供了宏观背景与专题数据,而《江西省统计年鉴》则作为核心来源,确保了研究立足于本省实际情况。

2.2 变量选取

2.2.1 解释变量

本文的解释变量为农业绿色科技创新,通过以下指标多维评估农业绿色科技创新:化肥使用量表征环境压力,科技人员与资金投入量反映研发力度。

2.2.2 被解释变量

本文的被解释变量为农业经济增长,以农业总产值(单位:万元)进行衡量,该指标能综合反映农业生产的总体规模与发展成果。

2.3 模型构建

2.3.1 向量自回归(VAR)模型选择依据

向量自回归模型(VAR)由 Sims(1980)引入经济学研究,用于分析多变量间的动态交互关系。该模型将每个内生变量表示为系统中所有变量滞后值的函数,从而以非结构化方式捕捉变量之间的双向影响与时间路径,适用于识别随机扰动对系统变量的动态冲击。在本文中,农业绿色技术创新(以化肥使用量、科技人员与资金投入衡量)与农业经济增长之间存在复杂的反馈机制。例如,限制化肥用量可能在短期内推高成本,长期则倒逼技术升级并促进增长;而经济增长又会为绿色创新提供更多资源支持。VAR 模型能够有效刻画此类双向、动态的内生关系,为理解两者相互演进过程提供合适的分析框架。

2.3.2 模型设定

基于研究目的和变量选取,构建包含农业经济增长、化肥使用量、农业科技从业人员投入量、农业科技资金投入量四个内生变量的 VAR 模型,其数学表达式为:

$$Y_t = A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \cdots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t Y_t \\ t=1,2,\dots,T$$

其中 A_i 为系数矩阵, p 为滞后阶数, ε_t 为误差项,满足零均值和同方差的假设。通过估计系数矩阵 A_i , T 则为研究样本数。

VAR 模型具有灵活性强、结构假设少的优点, 适合用于分析农业绿色技术创新与农业经济增长等多变量系统的相互作用。VAR 模型支持脉冲响应函数和方差分解等工具, 能够深入探讨冲击效应及变量间的贡献度。

3 实证分析

3.1 数据处理

由于对数变换往往可以消除异方差现象^[22], 对所有数据进行对数处理构建 VAR 脉冲影响模型, 研究这些变量之间存在的依存关系, 其中分别用 x1、x2、x3 和 y 来表示取自然对数后的化肥使用量、农业科技人员投入量、农业经费收入、农业生产总值, 其相应的差分序列为 Δx_1 、

Δx_2 、 Δx_3 和 Δy 。

3.2 平稳性检验

3.2.1 ADF 检验

本研究利用 EViews11.0 软件, 对各变量进行单位根检验, 以判断变量的平稳性。分别对原始序列和一阶差分后序列进行 ADF 检验, 其结果如 (表 1) 所示:

单位根检验结果显示, 所有变量的原始序列在 5% 显著性水平下均无法拒绝原假设, 表明其为非平稳序列。而一阶差分后, 各变量均在 1% 水平上显著拒绝原假设, 即差分序列平稳。由此可判定所有变量均为一阶单整 I(1) 序列, 满足构建 VAR 模型的同阶单整前提。

表1 平稳性检验结果

变量	ADF	1%临界值	5%临界值	10%临界值	P值	判定
x1	-0.0951	-2.6743	-1.9572	-1.6082	0.6397	不平稳
Δx_1	-6.2232	-4.4983	-3.6584	-3.2690	0.0003	平稳
x2	-2.2909	-3.7696	-3.0049	-2.6422	0.1833	不平稳
Δx_2	-4.2460	-4.4679	-3.6450	-3.2615	0.0156	平稳
x3	-3.0259	-4.4407	-3.6329	-3.2547	0.1478	不平稳
Δx_3	-6.1510	-4.4679	-3.6450	-3.2615	0.0003	平稳
y	-1.5332	-3.7696	-3.0049	-2.6422	0.4985	不平稳
Δy	-5.7964	-4.4679	-3.6450	-3.2615	0.0007	平稳

注: *、**、***分别表示在10%、5%和1%的水平下拒绝原假设, 下同。

表2 信息判别表

Lag	Log	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	58.2793	NA	5.16E-08	-5.4279	-5.2288	-5.3891
1	128.9488	106.0044*	2.28E-10	-10.8949	-9.8992*	-10.7005
2	147.8137	20.7514	2.16E-10	-11.1814	-9.3891	-10.8315
3	176.7869	20.2812	1.22e-10*	-12.4787*	-9.8898	-11.9733*

表3 模型拟合结果

	x1	x2	x3	y
$x_1(-1)$	0.5162	0.0330	-0.5828	0.3488
$x_1(-2)$	0.2400	-0.0775	0.1969	0.2423
$x_1(-3)$	0.4417	-0.8841	-0.0449	-0.1235
$x_2(-1)$	0.0719	-0.5067	0.7725	0.0857
$x_2(-2)$	-0.6234	-0.3755	0.2142	-0.1784
$x_2(-3)$	0.2425	-0.1173	-0.2212	0.1655
$x_3(-1)$	0.1718	0.6480	0.2972	0.1379
$x_3(-2)$	0.0298	0.0889	0.2165	0.1093
$x_3(-3)$	0.1703	-0.1621	-0.2755	0.1072
$y(-1)$	0.0114	-0.4075	-0.0240	0.1480
$y(-2)$	-0.3749	-0.1562	1.2245	-0.1048
$y(-3)$	-0.3557	-0.6336	0.0722	0.3904
C	8.1434	44.4149	-13.6448	-1.2639

3.3 协整检验

3.3.1 最优滞后阶数

为确定 VAR 模型的最优滞后阶数，本文综合参照 AIC、BIC 与 HQ 等信息准则进行判断。一般而言，这些统计量的取值随阶数变化，当其数值最小化时，对应的阶数即为最优选择。下表展示了基于 Eviews 软件计算得到的不同滞后阶数下的各准则统计值（如表 2）。

根据 Eviews 的输出结果，LR 与 SC 准则推荐的最大滞后阶数为 1，而 FPE、AIC 与 HQC 三种准则均推荐 3 阶。基于多数原则，本文最终确定使用一阶差分后的变量建立 VAR(3) 模型。

3.4 建立 VAR 模型

在确定了模型的滞后阶数后，我们就可以对 VAR 模型进行相应的估计，模型中各个参数的估计结果如（表 3）所示。

VAR 模型估计结果揭示了变量间的动态影响结构：被解释变量的波动受到其自身一阶、三阶滞后的正向拉动与二阶滞后的负向抑制，其他解释变量也整体呈现正向拉动效应。进一步地，x1 的变动主要源于各变量的正向贡献及其自身滞后期的影响；与之相反，x2 与 x3 的变动则主要受到各变量的负向影响。

3.5 AR 根验证模型稳定性

模型的稳定性是其用于预测分析的前提。只有满足稳定性条件，模型在受到外部冲击后才会收敛至均衡状态，从而保证预测的有效性。本文通过检验 VAR 模型特征方程的单位根进行判断：若所有单位根的模式均位于单位圆内，则模型稳定；反之则不稳定。具体检验结果如下图所示。

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial

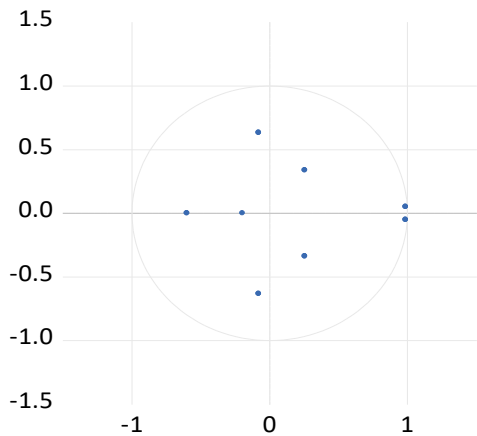


图1 稳健性检验

由上图可得，有 2 个单位根位于单位圆上，这一结果同上述内容中协整检验结果相一致，而其余的单位根都在

单位圆内，所以我们可以认为这个模型是稳定的，具有良好的预测功能。

3.6 脉冲响应分析

基于 VAR 模型的脉冲响应函数分析，各变量对未来 10 期内一个标准差冲击的动态反应路径，主要发现如下：（1）当 x1 受到一单位正向冲击后，对 y 的影响整体表现为持续正向效应。响应值在第 1-2 期小幅下降，随后逐步回升，至第 10 期达到峰值约 0.02。反向来看，y 对 x1 的冲击在短期内略升后转为负向，总体影响为负，与模型基本一致。（2）x2 对 y 的冲击同样以正向为主，在 1-4 期内迅速攀升至峰值约 0.01，随后缓慢回落，至第 10 期仍维持在 0.007 左右，表明其影响具有持续性。而 y 对 x2 的冲击较弱，前期为轻微负向，第 3 期后转正但影响有限。（3）x3 对 y 的冲击最为显著，在第 2 期即达到约 0.03 的峰值，第 10 期仍保持 0.02，说明其长期正向影响突出。同时，y 对 x3 也呈现明显的正向反馈，影响程度约 0.03，显著高于 x1 与 x2。

综上所述，x1、x2 与 x3 均对 y 产生持续正向影响，其中 x3 的作用最强且最为持久；而在反向作用中，仅 x3 对 y 的冲击表现出显著正向反馈，其余变量的反应相对较弱。

3.7 方差分解

为分析各个变量的影响程度，本文对脉冲响应结果进行方差分解，以做进一步分析，方差分解主要用于描绘各个变量对因变量的解释贡献程度随时间的变化趋势。下图展示了 4 个变量（x1、x2、x3、y）对 y 的方差贡献度变化情况。

表4 农业生产值的方差分解

Period	S.E.	x1	x2	x3	y
1	0.0533	27.9974	3.8893	33.3240	34.7894
2	0.0559	25.4251	21.8667	35.5344	17.1738
3	0.0582	29.9696	15.2498	42.8869	11.8937
4	0.0702	22.3478	21.9974	45.8450	9.8098
5	0.0707	15.6560	41.5025	35.5830	7.2585
6	0.0720	12.3835	50.5413	31.1984	5.8768
7	0.0751	14.0108	53.4211	27.2112	5.3570
8	0.0759	13.7103	58.1559	23.1607	4.9731
9	0.0769	13.7234	61.0541	20.5689	4.6537
10	0.0783	15.4562	60.4589	19.4286	4.6563

根据方差分解结果，变量 y 的波动在初期主要受自身历史影响（第 1 期贡献度为 34.79%），但该影响迅速衰减，至第 10 期降至 4.66%。与此同时，x1 的贡献度呈逐步

下降趋势,从 28.0% 降至 15.46%,但仍高于 y 自身; x_3 的贡献则相对稳定,在第 4 期达到峰值 45.85%;而 x_2 的贡献呈现显著上升趋势,从初期的 3.89% 持续增长至第 10 期的 60.46%,成为长期中影响 y 的决定性因素。综上所述,短期内 y 的波动主要受 x_2 与 x_3 共同影响,长期则主要由 x_2 主导。结合前文脉冲响应分析,上述结果进一步验证了假说 H1 的成立。

4 研究结论与政策启示

4.1 研究结论

脉冲响应分析显示,在 10 期预测期内,农业科技资金投入对农业经济增长的正向促进效应最为显著且持久,科技人员投入次之,化肥使用量影响整体为正但初期存在波动。农业经济增长仅对科技资金投入形成较明显的正向反馈。方差分解结果表明,长期中农业科技人员投入逐步成为影响农业经济增长波动的主要因素,科技资金投入在中短期作用稳定,而化肥使用量的贡献度随时间递减。综上,农业科技人力与资金投入是推动江西省农业经济增长的关键力量,且人员投入的长期贡献日益凸显;在环境规制下的化肥减量亦具有积极影响,但其效应随发展阶段而变化。

4.2 政策启示

4.2.1 优化农业科技资金投入机制

应进一步加大对农业绿色技术创新的财政支持,设立专项科研基金,重点投向绿色种植、生态养殖及资源循环利用等关键技术领域。在资金使用上,需优化分配结构,提升使用效率,确保资源精准服务于技术研发、设备升级与人才培养等核心环节,最大限度发挥资金对农业经济增长的驱动作用。

4.2.2 加强农业科技人才队伍建设

农业科技人员投入的长期效应显著,应将其置于政策关注的重要位置。一方面,加强对农业院校及相关学科的支持,优化课程体系,注重实践与创新能力培养;另一方面,完善人才引进与激励机制,吸引国内外高层次科技人才扎根江西,并为其提供稳定的科研环境与发展空间,充分激发人才在农业绿色转型中的核心作用。

4.2.3 合理调控化肥使用并推动绿色替代

在持续实施化肥总量控制、强化环境规制的同时,应积极推广精准施肥、有机肥替代等绿色技术。支持新型肥

料研发与推广应用,通过补贴等方式降低农户使用成本,引导形成绿色生产方式。此外,应加强农民教育培训,提升其科学施肥意识和技能,从需求端推动农业投入品的绿色转型。

4.2.4 构建多要素协同的政策体系

农业绿色技术创新涉及资金、人力、技术与管理等多重要素,建议建立跨部门协调机制,打破政策壁垒,促进各类要素良性互动。例如,引导科技人员围绕化肥减量等关键问题开展研发,配套专项资金支持;在项目设计中注重人力与资金的协同投入,形成政策合力,系统推动江西省农业向绿色、高质量方向转型。

参考文献:

- [1] 李健, 李宁宁, 苑清敏. 高新技术产业绿色创新效率时空分异及影响因素研究[J]. 中国科技论坛, 2021, No.300(04):92-101.
- [2] 王鹏. 区域创新环境、绿色技术创新与企业竞争优势:一个文献综述[J]. 产经评论, 2012,03(1):68-79
- [3] 赖小东, 王程田, 林秀丽. 空间溢出视角下的环境规制与绿色发展—困境还是协调? [J]. 中国环境管理, 2022,14(4):80-90.
- [4] 王建明. 提高我国农业科技投资效率的制度思考[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2009,9(01):47-51.
- [5] 梁平, 梁彭勇. 我国农业科技投入与农业经济增长关系的实证研究——基于 VAR 模型的检验分析[J]. 贵州财经学院学报, 2007(02):52-56.
- [6] 石锐. 农业环境规制、绿色技术创新与碳效率研究[D]. 西北农林科技大学, 2024.
- [7] 闵晨. 基于 VAR 模型的农业科技投入与农业经济增长关系研究[D]. 上海海洋大学, 2022.
- [8] 傅家骥. 技术创新是扩大内需的根本途径——兼论技术创新的阻力 [J]. 内部文稿, 1999, (21): 18-19.
- [9] 李成顺. 我国工业企业绿色创新效率评价——基于面板时变随机前沿模型的分析[J]. 技术经济, 2020,39(09): 119-125.
- [10] 贺昕琦. 农业技术创新对农业经济增长的影响研究[D]. 西北农林科技大学, 2024.

作者简介:任晨瑞(2001.07-)女,汉,山西晋中,硕士,研究方向:农村金融。