

# 新质生产力视角下的农业全要素生产率:理论、测度与实证<sup>\*</sup>

龚斌磊 袁菱苒

(浙江大学中国农村发展研究院,杭州,310058)

**摘 要:**新质生产力是推动经济高质量发展的重要动能,农业新质生产力则是农业强国建设的核心驱动力。本文认为,全要素生产率提升作为新质生产力的核心标志,是深入认识新质生产力内涵的重要抓手。本文关注新质生产力视角下农业全要素生产率的测度研究和实证研究:第一,在测度体系方面,回顾了以索洛余值、数据包络分析和随机前沿分析为代表的农业全要素生产率传统测算体系,并对该体系的主要缺陷进行了归纳总结;在此基础上,结合变系数模型和新增长核算法等前沿方法,以技术创新导向、农业特征导向和多维目标导向为核心线索,对农业全要素生产率的测度体系进行了重构,并以农业数智化技术为例,展示了新测度体系的应用。第二,在实证评估方面,本文从研究范式和研究方法两个维度对现有研究进行了梳理。一方面,对三类主要研究范式进行了归纳;另一方面,对简约式模型和结构式模型两大方法各自的优势、局限和应用场景进行了比较。此外,本文进一步对未来农业新质生产力的测度研究和实证评估进行了展望。

**关键词:**新质生产力;全要素生产率;农业生产函数;农业生产率

## 一、引言

“食为人天,农为正本”。加快建设农业强国,全面推进乡村振兴是守好“三农”基本盘的关键,也是保障国家粮食安全和社会稳定的核心基石。当前,资源环境约束趋紧和农业科技支撑不足是实现农业高质量发展的两大掣肘。一方面,改革开放以来,粗放型的农业发展模式对中国确保粮食安全做出了重要贡献,但也带来了水土资源流失和污染等问题。另一方面,现代农业科技和物质装备支撑不足,缺少重大农业科技突破使得中国在现代育种技术、大型农机装备等农业科技领域面临着“卡脖子”风险。

在农业发展的两大现实约束下,如何区分传统

生产力增长因子,加速农业领域的新质生产力形成具有重要意义。习近平总书记在新时代推动东北全面振兴座谈会上首次提出新质生产力,并将加快形成新质生产力作为新时期高质量发展的重要动能。根据马克思主义政治经济学的基本原理,生产力是指具有劳动能力的人与生产资料相结合,形成利用和改造自然的能力,主要包括劳动者、劳动资料、劳动对象这三个要素,其中劳动者在生产过程中所使用的劳动资料与劳动对象的总和构成了生产资料。习近平总书记强调,新质生产力是由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生的当代先进生产力,它以劳动者、劳动

<sup>\*</sup> 项目来源:国家自然科学基金(编号:72161147001,72173114,72061147002),国家社科基金重大项目(编号:21&ZD092),CGIAR全球低碳食物系统重大科学项目(编号:Mitigate+),清华大学中国农村研究院博士论文奖学金项目(编号:202322),浙江大学国际合作专项资助。袁菱苒为本文通讯作者

资料、劳动对象及其优化组合的质变为基本内涵,以全要素生产率提升为核心标志,以绿色发展为底色<sup>①</sup>。

深入理解农业新质生产力不仅需要参考新质生产力的一般性概念,也有必要充分考虑农业生产的主要特征。作为自然再生产过程与社会再生产过程的交织,农业生产要素在构成和使用上具有一定的特殊性。在生产要素的构成上,除了劳动力和资本两大传统要素,光照、水热、土壤有机质等自然条件亦是农业生产要素的重要构成。在生产要素的使用上,农业投入要素具有明显的季节性和时效性,投入要素必须在特定的农时内完成才能在生产过程中发挥作用(钟甫宁,2023)。上述特征决定了农业新质生产力的核心是利用技术创新、制度变迁和产业转型改善自然投入的利用效率,提高自然投入和经济投入之间的配置效率,以实现农业高质量发展的多维目标。

马克思主义政治经济学为理解农业新质生产力的内涵奠定了理论基础,而现代西方经济学则为实现农业新质生产力的测度,评估农业新质生产力的形成机制和作用路径提供了量化工具基础。从测算研究的角度来看,全要素生产率作为生产函数模型和增长核算方法的核心,为科学评估农业新质生产力提供了一个重要指标。然而,现有的全要素生产率测算体系能否刻画并反映农业新质生产力的核心内涵,是值得进一步思考的重要话题。《新帕尔格雷夫经济学大辞典》将全要素生产率定义为产出中投入要素不能解释的部分。这一解释与索洛的认识基本一致。索洛余值方法将产出增长率中扣除生产要素投入增长率的部分归于技术进步,并将这部分外生的技术进步等同于全要素生产率(Solow,1956);随机前沿分析和数据包络分析在索洛余值法的基础上将全要素生产率进一步分解为狭义技术进步和效率水平的提高。然而,由传统测算体系得到的全要素生产率影响因素众多,仍然是一个难以打开的“黑箱”(龚斌磊等,2020;范欣等,2023),主要存在三个方面的缺陷:一是本质上是产出增长为单一目标的增长核算,在多维目标

场景下的兼容性与灵活度相对欠缺;二是将技术进步和效率提升分别作为一个整体进行估计,无法识别各类前沿技术进步和制度优化的具体贡献和作用路径,难以判断各类技术进步和制度变迁的真实效果和作用路径;三是在生产要素的选择上不考虑自然条件的作用,且尚未将劳动力、化肥、农机等主要生产要素的质量纳入测算体系,难以厘清要素质量提升与技术进步之间的关系。因此,如何以传统生产函数和增长核算方法为基础,结合农业部门的特征,重新构建全要素生产率的测算体系,对准确测算农业新质生产力具有重要意义。

准确测度农业全要素生产率为判断农业新质生产力发展水平提供了量化参考,而深入认识农业新质生产力的形成机制和作用路径则需要进一步的实证研究。从研究范式的角度来看,现有实证研究主要包括三类研究范式:第一类研究范式是在利用不同方法测算农业全要素生产率后,将反映技术进步、制度改革、基础设施、财政投入的代理变量作为解释变量。这一实证范式为刻画农业全要素生产率与不同影响因素之间的相互关系提供了可能。第二类研究范式则聚焦于某一具体的技术进步或制度改革,利用因果识别的方法评估其对农业全要素生产率的影响。第三类范式则不再着眼于农业全要素生产率本身,而是关注前沿技术突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级等农业新质生产力的核心内涵,尝试厘清农业新质生产力形成过程中的主要掣肘。从研究方法的角度来看,针对农业新质生产力的实证评估研究主要采用简约式模型,实现了由影响因素研究到因果识别研究的转变,但对结构式模型的认识存在一定的不足。两类研究方法并没有优劣之分,适用于不同的研究问题,结构式模型能够在一般均衡和反事实分析两个维度对简约式模型进行较好的补充。本文以农业领域的资源错配和农业生产率提升在经济转型中的作用为例,对结构式模型在农业新质生产力实证评估研究中的具体应用进行阐述和说明。

本文以马克思主义政治经济学下的生产力概

<sup>①</sup> 习近平总书记在中共中央政治局第十一次集体学习时强调加快发展新质生产力扎实推进高质量发展, [http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2024-02/02/nw.D110000renmrb\\_20240202\\_1-01.htm](http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2024-02/02/nw.D110000renmrb_20240202_1-01.htm); 中央财办有关负责同志详解中央经济工作会议, [https://www.gov.cn/zhengce/202312/content\\_6920788.htm](https://www.gov.cn/zhengce/202312/content_6920788.htm)

念为内核,以现代西方经济学中的全要素生产率为抓手,从测度体系和实证评估研究两个方面对农业新质生产力进行了系统性回顾,主要回答两大问题:一是如何在全要素生产率的测度框架基础上进

行重构,充分反映农业高质量发展的现实需求;二是如何在新质生产力科学测算的基础上,有效融合多种实证方法,打开新质生产力的“黑箱”,厘清不同因素对新质生产力的作用路径。

## 二、传统测算体系下的农业生产力:回顾与反思

2023年中央经济工作会议指出,要以科技创新推动产业创新,特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能,发展新质生产力。全要素生产率是理解新质生产力的核心工具,因此,系统性梳理全要素生产率的研究体系对正确认识农业新质生产力具有重要意义。

### (一) 索洛余值法

索洛余值法在模型中考虑的是具有一个目标产出和N种要素投入的生产过程,将索洛余值框架运用到农业领域主要需要三个环节:一是明确生产函数形式,二是选定产出指标的代理变量,三是挑选主要投入要素。以一个经典的C-D生产函数形式的农业全要素生产率测度为例,农林牧渔总产值是产出指标中最常见的选择,而投入要素主要分为劳动力、土地、资本和中间投入四个部分。考虑到变量的可得性和跨时间的可比性,农机总动力和化肥施用量分别是资本和中间投入最为常见的选择(龚斌磊,2022)。同时,资本由于涉及到资本购入的时间、资本折旧率等计算条件,在利用中观数据和宏观数据测算农业全要素生产率时通常被忽视,基于长面板微观农户数据的证据也表明,资本投入弹性始终维持在0.02左右的较低水平(王璐等,2020)。综上所述,索洛余值框架下的农业生产函数可以表示为:

$$Y = AL^{\beta_L} K^{\beta_K} F^{\beta_F} M^{\beta_M} e^{\mu} \quad (1)$$

其中,Y代表农林牧渔总产值,A表示农业全要素生产率,L表示农林牧渔劳动力人数,K表示耕地数量,F表示农用化肥施用量,M表示农机总动力。 $A'$ 、 $L'$ 、 $K'$ 、 $F'$ 和 $M'$ 代表农业全要素生产率和各类生产要素的增量。 $\beta_K$ 、 $\beta_F$ 和 $\beta_M$ 分别代表劳动力、土地、化肥和机械四种投入要素的产出弹性,农业全要素生产率的表达式为:

$$TFP = \frac{A'}{A} = \frac{Y'}{Y} - \beta_L \frac{L'}{L} - \beta_K \frac{K'}{K} - \beta_F \frac{F'}{F} - \beta_M \frac{M'}{M} \quad (2)$$

索洛余值框架下的农业全要素生产率测算为区分传统生产力和新质生产力提供了一个基准,但也存在两大主要缺陷:一是索洛余值框架对技术进步的理解过于宽泛,将无法由实物要素投入增加而解释的总产出的增加全部归因于技术进步。然而,这种方法可能包含测量误差、生产无效率等其他非技术进步因素,因此使用该方法测算出的技术进步贡献无法准确区分颠覆性技术进步和其他部分,导致技术进步测量结果可能存在偏差,并不能完全反映新质生产力。二是索洛余值框架尽管为量化技术进步提供了可能性,但它假设技术进步是外生变量,无法为理解新质生产力的形成机制提供深入见解,难以为真实世界的农业技术创新和制度改革路径提供可操作的政策建议。

### (二) 随机前沿分析和数据包络分析

相较于索洛余值法,随机前沿分析和数据包络分析的共同优势在于能够在索洛余值法的基础上进一步将全要素生产率分解为技术进步和效率提升两个部分。技术进步反映了新质生产力中颠覆性技术突破,而效率提升则主要与新质生产力中的生产要素创新性配置相对应。图1展示了农业全要素生产率的分解。在时期t,P点位于前沿面 $f_0(x,t)$ 之下,表明该农业生产主体处于技术无效率状态。最优产出在当期前沿面上P'点处对应的 $Y_{P'}$ ,P'点处于技术完全效率状态。PP'的距离反映了技术无效率的程度。同样,在时期t+1,QQ'的距离也对应了个体技术效率的缺失程度。此外,从时期t到t+1,生产前沿面由 $f_0(x,t)$ 移动到 $f(x,t+1)$ ,说明在时期t+1,该农业生产主体在既定投入下可以获得更多产出,这体现了技术进步带来的生产前沿面移动。由此可见,从时期t的P点到时期t+1的Q点,该农业生产主体不由投入增加带来的产出增长主要可以分为两个部分:一是由生产前沿面向上移动所反映的技术进步,二是由生产主体与生产前沿面距离缩短所反映的效率改善。



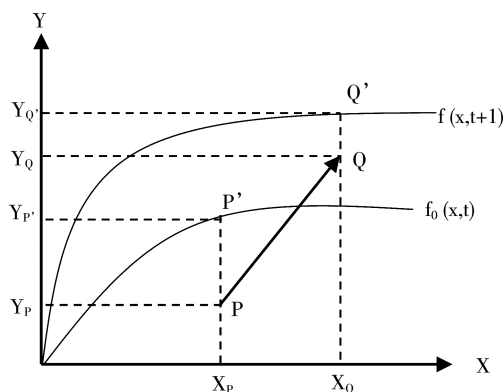


图1 农业全要素生产率的变化及分解

随机前沿分析和数据包络分析在农业全要素生产率测度中互有优劣。随机前沿分析的优势是在生产函数的设定中允许技术无效率的存在,将误差项进一步分为生产者无法控制的随机扰动项和效率缺失项(Aigner等,1977;Meeusen等,1977)。考虑到农业生产中存在自然灾害等诸多随机冲击,随机前沿分析有助于控制测量误差和不确定因素的影响,从而更好地反映农业新质生产力的真实水平。数据包络分析是一种利用非参数法估计农业全要素生产率测算方法,其主要优势在于无需提前设定投入与产出之间的生产函数关系,进而有效地避免了生产函数设定和估计过程中的分布假定等问题。

### (三) 针对传统测算体系的评述

索洛余值法为区分传统生产力和新质生产力提供了一个基准,但由此测算得到的全要素生产率仍然是一个“黑箱”。随机前沿分析和数据包络分析通过对生产函数和估计方法进行优化,进一步将全要素生产率分解为技术进步和效率提升两个部分,一定程度上与新质生产力内涵中的前沿技术突破和生产资料创新性配置相对应。然而,从新质生产力视角来看,针对农业全要素生产率的传统测算体系仍然存在三大主要缺陷。

一是难以与实际农业生产中的技术进步相联系,易陷入“黑板经济学”的陷阱。在随机前沿分析和数据包络分析中,技术进步的实质是指生产前沿面的移动,这看似反映了新质生产力中所强调的技术创新,但由于无法与农业实际生产中种业、农机、化肥等各类技术进步相联系,难以识别各类农业生产资料的实际贡献。

二是传统测算体系基本不考虑劳动力、土地等传统生产要素在质量上的动态提升,无法揭示化肥、农机、种子等现代要素质量提升对农业新质生产力的贡献。以劳动力为例,农业劳动力质量的提升不仅是新质生产力的重要组成部分,也有助于农业生产主体更充分地使用各类新兴技术。传统测算体系主要聚焦于农业劳动力的数量变化,而对农业劳动力的质量变化缺乏关注。除了农业劳动力质量外,传统测算框架中对现代要素质量提升与技术进步之间的关系缺乏统一性认识。以农业机械为例,在地区加总数据中,通常以农机总动力指标作为代理变量。然而,对于不同质量的农机而言,同样的农机动力在生产中发挥的作用存在差异(Caunedo等,2021)。2004年中国农机发展由小型化阶段迈入大型化阶段,小型拖拉机所提供的总动力保持在相对稳定的水平,而大型拖拉机提供的总动力迅速上升,并于2014年超过小型拖拉机所提供的总动力(方师乐等,2019),这一农机使用结构的变化无法体现在农机总动力这一指标中。

三是传统测算体系主要将产出增长作为目标函数,但难以将农业高质量发展的其他目标纳入分析框架。尽管产出增长是确保粮食和重要农产品安全供给的基础,但农民增收、农业可持续发展、农食系统的包容性和韧性建设同样是农业高质量发展的重要目标。在追求绿色发展目标时,我国面临着水土资源环境约束日益加剧的现实挑战。传统依赖于投入要素大量增加支撑农业增长的发展模式已不符合新质生产力的要求。因此,农业需要转向更为可持续和环保的发展路径。而在共同富裕目标方面,新质生产力的发展需要建立在新型生产

关系之上。为此,一个市场评价贡献、贡献确定报酬的分配机制是促进收入合理分配的基础,有助于

实现农业生产要素的创新性配置。

### 三、农业新质生产力:一个新的全要素生产率测算体系

科学测算农业全要素生产率是认识农业部门新质生产力的基础,一方面需要克服传统测算体系的缺陷,进行理论模型和测算方法的重构;另一方面,在构建新测算体系时需要充分考虑农业生产的特征,结合中国农业发展的实际困境和建设农业强国的现实需求。

#### (一)新测算体系与新质生产力之间的关系

图2展示了新质生产力在传统测算体系和新测算体系的对应关系。在传统测算体系中,要素投入贡献被视为传统生产力,而由索洛余值代表的生产率贡献则代表着新质生产力。在随机前沿分析和数据包络分析中,生产率贡献可以进一步分解为技术进步和效率提升两个部分。传统测算体系中的技术进步和效率提升是两个相对抽象的概念,本质上是生产前沿面的向上移动和生产主体与前沿面之间的距离缩短,难以与真实的农业生产相对应。本文所提出的新测算体系主要致力于更好地反映新质生产力的内涵。首先,新测算体系不再以农业产出增长作为唯一的目标函数,而是统筹考虑产出增长、绿色转型等农业新质生产力发展过程中的多维目标。

其次,新测算体系利用变系数生产函数模型放松了传统测算体系中要素弹性固定的假设,能够更全面地考虑农业生产的特征。改革开放以来,不同地区的农林牧渔结构变化存在明显差异,而各要素在农林牧渔业中的作用也有所不同。同时,农业生产作为自然再生产与社会再生产的交织,光照、水热等自然条件在农业生产中具有重要作用。变系数生产函数模型一方面能够捕捉不同地区的农林牧渔结构变化,另一方面能够将光照、水热等分为两个部分纳入模型。这些自然条件既直接影响农业生产,又通过改变化肥、农机等其他投入要素的利用效率间接影响农业生产。

最后,新测算体系创新性地代表新质生产力的生产率贡献分为要素嵌入型生产率和要素无关型生产率两部分。其中,要素嵌入型生产率的提高主要源于生产要素的技术进步与质量提升,例如抗逆品种的研发和大规模推广,农业机械技术的更新迭代,以及新型农业经营主体发展带来的农业劳动力人力资本提升。要素无关型生产率则主要源于制度改革、产业转型等非要素动能。与传统测算体系相比,新测算体系将相对抽象的技术进步转换为具象的各要素质量提升,有助于从真实世界认识新质生产力中的技术进步内涵。

#### (二)新测算体系下的模型构建

新测算体系将以随机前沿分析为基础,通过将传统测算体系中的固定系数生产函数转换为变系数函数,将索洛增长核算转换为新增长核算,在考虑农业结构变化和农业生产特征的基础上进行构建。基于现有文献的基本设定(Gong, 2018; 刘晓光等, 2021),新测算体系下变系数生产函数模型如下:

$$y_{it} = h_0(\theta_{it}) + h_1(\theta_{it}) L_{it} + h_2(\theta_{it}) K_{it} + h_3(\theta_{it}) W_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中,为简化而不失一般性, $L_{it}$ 代表农业生产中劳动力和土地两大常规投入要素, $K_{it}$ 代表化肥、农药、农机和种业等现代投入要素, $W_{it}$ 代表农业生产中光照水热等自然投入要素。

传统测算体系下,代表投入要素产出弹性的 $\beta_1$ 是不随生产主体和时间变化的,如(3)式所示;新测算体系基于变系数生产函数模型,其中一个重要特征是要素弹性是随生产主体和时间变化的。变系数生产函数利用一个关于变量 $\theta_{it}$ 的非参数方程来预测各投入要素的产出弹性<sup>①</sup>。考虑到农业内部的结构变化、农业生产的特征和新质生产力形成

① 考虑到另一种观点认为,二氧化碳、水、阳光等自然投入是农业生产的原料,而经济投入主要是为了维持动植物的生命活动,进而获得期望的自然产出(钟甫宁, 2023)。按照这种理解构造的生产函数为: $y_{it} = h_0(\theta_{it}) + h_1(\theta_{it}) W_{1,it} + h_2(\theta_{it}) W_{2,it} + h_3(\theta_{it}) W_{3,it} + \varepsilon_{it}$ 。其中, $W_{1,it}$ 、 $W_{2,it}$ 和 $W_{3,it}$ 表示二氧化碳、水、阳光等自然投入,而 $\theta_{it}$ 则主要包括劳动力、化肥、农机等经济投入。基于该模型设定,仍可以利用本文提出的新增长核算进行建模

的主要影响因素,本文将农林牧渔的结构比例、光照水热等自然条件和农业科研创新体制改革等作为影响 $\theta_{it}$ 的主要变量,进而更好地反映新测度体系

的结构导向、农业特征导向和技术进步导向、有助于从真实农业生产的角度量化新质生产力。

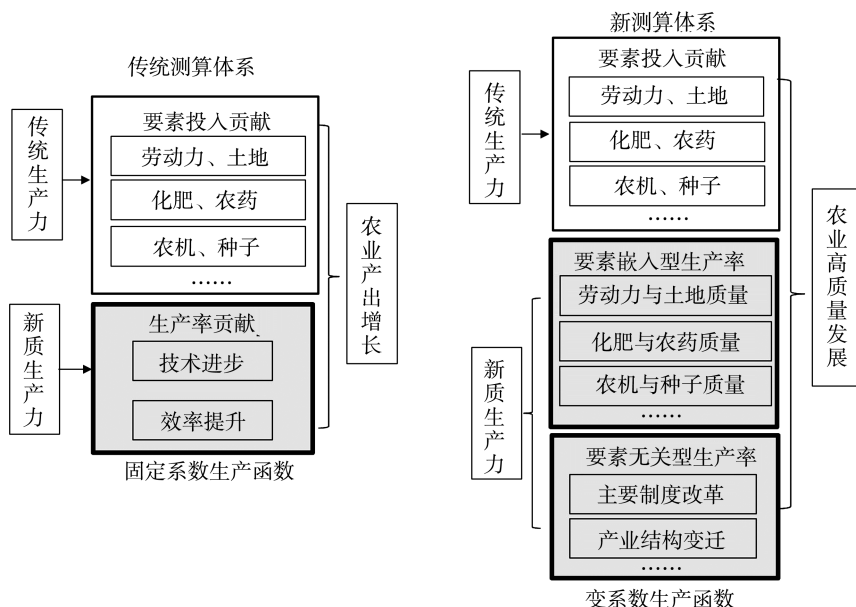


图2 传统测算体系与新测算体系的比较

$\beta_{lit}$ 、 $\beta_{2it}$ 和 $\beta_{3it}$ 不仅反映了产出弹性的大小,也显示了各类投入要素对产出的贡献,是投入要素质量变化的重要体现(Gong, 2020)。变系数生产模型的使用有助于打开生产率“黑箱”,将一部分生产率贡献细化为生产要素的技术进步和质量提升,进而反映新测度体系的技术导向型特征。例如,二十年前的联合收割机与最新的联合收割机相比,即使功率相同,反映在农机总动力上的指标一样,前沿技术的突破带来了联合收割机的质量提升,由此形成的新质生产力将对农业生产产生积极作用。在传统测算体系下,由于要素的产出弹性是固定的,这类生产要素上的技术进步被包含在了索洛余值中。当新测算体系允许产出弹性变化后,这部分与生产要素质量相关的技术进步将从索洛余值中转移到要素的产出弹性中,通过新增长核算可以进一步将全要素生产率分解为:

$$\Delta TFP_{it} = \underbrace{\frac{\Delta \beta_{lit}(L_{it} + L_{it-1})/2}{\text{常规要素嵌入型}}}_{\text{现代要素嵌入型}} + \underbrace{\frac{\Delta \beta_{2it}(K_{it} + K_{it-1})/2}{\text{自然要素嵌入型}}}_{\text{要素无关型}} + \underbrace{\frac{\Delta \beta_{3it}(W_{it} + W_{it-1})/2}{\text{要素无关型}}}_{\text{要素无关型}} + \delta_{it} \quad (4)$$

其中,各类要素嵌入型生产率主要反映了实体技术

突破带来的新质生产力。常规要素嵌入型生产率主要反映为土地要素和劳动力要素的质量改善,例如高标准农田建设后的农村土地地力优化,返乡农民工试点政策带来的农村劳动力人力资本水平提升。现代要素嵌入型生产率主要表现为化肥、农机、种子等现代投入要素中的技术进步,例如针对丘陵山地地区的农机推广,优良品种的研发和推广等。自然要素嵌入型则代表自然资源要素的质量提升,例如灌溉水资源中的氮氧化物等污染指标降低等。最后,要素无关型技术进步则主要反映了由于制度改革和产业结构优化形成的新质生产力。

上述模型一定程度上反映了新测算体系的技术进步导向、结构变迁导向和农业特征导向。在此基础上,考虑到农业高质量发展一方面需要贯彻创新、协调、绿色、开放和共享的发展理念,另一方面有必要由过去追求产出增长的单目标策略向产出增长、农民收入提升、农业可持续性发展、农食系统的包容性和韧性建设等多维目标转换。在只考虑期望产出的全要素生产率基础上,绿色全要素生产率将农业生产带来的环境污染作为非期望产出纳入测算框架。例如,有学者基于数据包络分析和方



向距离函数提出了 Malmquist-Luenberger (ML) 指数 (Chung, 1997), 并逐步实现了由径向、角度的数据包络分析向非径向、非角度的数据包络分析转换。李谷成 (2014) 和吕娜等 (2019) 基于非径向、非角度的数据包络分析模型, 分别对 1978—2008 年和 2011—2015 年的中国农业绿色全要素生产率进行了测算。然而, 由此得到的绿色全要素生产率是一个综合指标, 并不能分解为经济 (期望产出) 效率和环境 (非期望产出) 效率, 难以厘清农业新质生产力形成过程中产出增长和绿色发展之间的内在联系。

在绿色全要素生产率的基础上, 本文提出新的期望非期望双产出模型, 主要有三大优势: 一是不再以数据包络分析为基础, 而是以随机前沿分析作为方法内核, 允许随机扰动项的存在; 二是绿色全要素生产率不再只作为一个综合性指标, 而是可以分解为经济效率和环境效率两大部分, 进而能进一步利用不同的实证方法研究技术进步、制度改革和产业转型等关键因素对经济效率和环境效率各自的影响路径; 三是传统的绿色全要素生产率测算体系中主要以产出增长作为期望产出, 以农业生产中的各类污染作为非期望产出, 而新期望非期望双产出模型则更加适用于新质生产力的多维目标要求, 期望产出不仅包括产量增长, 还可以包括农民收入提升和农食系统的韧性指数增强等, 非期望产出则包括以温室气体为代表的大气污染物, 以化学需氧量为代表的水体污染物、以重金属含量为代表的土壤污染物等。(5) 式展示了新期望非期望双产出模型的基本结构:

$$\begin{cases} y_{it} = \delta_{it}^1 + \beta_{1it} x_{it}^b + \beta_{2it} x_{it}^g + \varepsilon_{it}^1 & (5a) \\ b_{it} = \delta_{it}^2 + C_{1it} x_{it}^b + C_{2it} x_{it}^g + \varepsilon_{it}^2 & (5b) \end{cases}$$

其中, (5a) 式是以农业产出、农民收入、农食系统韧性指数等期望产出为目标函数的生产函数模型, (5b) 式是以大气污染物、水体污染物、土壤重金属等非期望产出为目标函数的生产函数模型。 $y_{it}$  是农业生产中的期望产出,  $b_{it}$  是农业生产中的非期望产出。 $x_{it}^b$  是不直接带来非期望产出的中性生产要素, 例如土地、劳动力等,  $x_{it}^g$  则表示可能影响非期望产出的生产要素, 例如化肥、农药等。在变系数生产函数模型和新增长核算模型的基础上, 这一测算框架可以进一步分析得出要素嵌入型生产率和要

素无关型生产率对农业高质量发展中各主要目标 (期望产出目标和非期望产出目标) 的影响及其作用机制。

### (三) 新测算体系的运用: 以数智化技术为例

科技创新是形成新质生产力的核心环节。大力发展数字化、智能化农业技术是强化农业科技和装备支撑的重要措施, 以人工智能为核心的数智化技术在农业农村现代化建设中具有多种应用场景。从新质生产力的视角出发, 将数智化技术纳入新测算体系主要可以分为三种形式 (见图 3): 一是将其视为一种新的现代农业投入要素加入生产函数模型; 二是作为要素嵌入型生产率纳入生产函数模型, 利用生产要素产出弹性的变化体现生产要素质量的变化; 三是作为要素无关型生产率提升的重要组成部分。

第一类数智化技术的表现形式主要为农业生产过程中的各类智能化装备设施。这些设施包括自动化农机、精准农药喷洒系统等。通过在播种、施肥、灌溉、病虫害防治等环节运用智能化装备设施, 不仅能高效替代农业劳动力要素, 还能完成对传统农业机械的更新迭代, 进而支撑农业的产出增长和可持续发展。

第二类数智化技术主要包括智能育种、土壤遥感监测等, 该类数智化技术并不直接作为投入要素进入农业生产, 而是通过提高主要投入要素的转换效率影响农业生产。以智能育种为例, 通过综合利用先进的信息技术、生物技术和大数据分析等手段, 结合遗传学和生态学知识, 高效筛选和精准预测, 组合优良性状, 优化育种方案, 加速动植物品种的育种进程, 提高品种适应性和产量, 最终为种业投入要素的产出弹性带来积极影响。

第三类数智化技术以农业智能管理系统为代表。该类技术以物联网和区块链作为底层技术支撑, 通过实时监测、数据分析和智能决策, 实现了对农业生产过程的管理优化, 帮助农业管理者做出科学决策, 进而科学合理利用各类投入要素, 降低生产成本, 提高农作物产量和品质, 减少农业活动带来的污染, 改善环境质量。该类技术在新测算体系中主要表现为优化农业生产主体的管理决策能力, 提高要素无关型部分的生产率水平, 是农业新质生产力的重要组成部分。

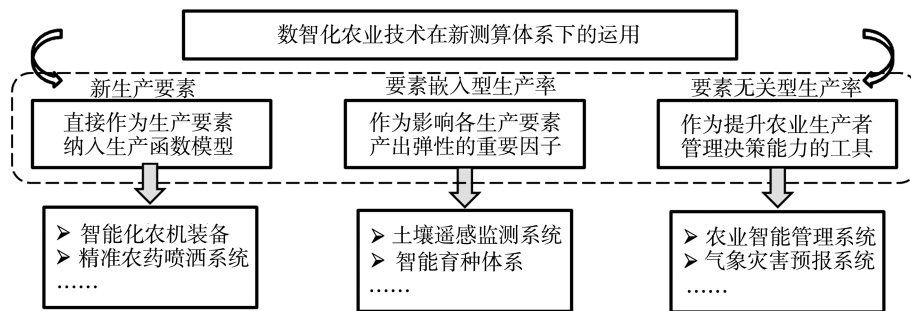


图3 数智化农业技术在新测算体系下的运用

#### 四、农业新质生产力评估：基于实证研究范式的思考

正确认识农业新质生产力一方面需要建立农业全要素生产率的新测度体系,从而为量化农业新质生产力提供可比性指标;另一方面也有必要结合各类研究范式和方法,进行系统性的实证评估研究,以期为加强新时期农业新质生产力建设提供科学依据。

##### (一) 研究范式的比较与联系

1. 第一类研究范式。针对农业新质生产力的实证评估研究主要包括三类研究范式。第一类研究范式在测算农业全要素生产率之后,将构建一个农业全要素生产率的决定因素模型。该模型将技术进步、制度变迁、财政投入等新质生产力形成的主要影响因素作为解释变量,并采用双向固定效应模型进行估计,其模型构建如下:

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} \cdots + \beta_n X_{nit} + \theta_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中,  $TFP_{it}$  代表各地区或生产主体的农业全要素生产率,  $X_1, X_2, \dots, X_n$  则代表  $n$  个影响农业全要素生产率的影响因素。  $\theta_i$  代表时间固定效应,  $\delta_i$  代表地区固定效应或者个体固定效应,进而控制地区或个体层面之间不随时间变化的固有差异。这一范式的优势在于能够根据数据可得性,较为全面地分析农业新质生产力水平与各类影响因素之间的相关关系。然而,这类研究范式仍然存在两方面的缺陷:一是无法为所有潜在影响因素找到合适的代理变量;二是难以构建因果识别框架以得到所有影响因素的因果效应。

2. 第二类研究范式。为解决第一类研究范式在识别因果关系上的缺陷,第二类研究范式不再将

所有新质生产力的潜在影响因素纳入一个回归模型,而是利用双重差分法、工具变量法、断点回归法等因果识别方法,实证评估针对新质生产力的某一特定影响因素,例如杂交水稻或转基因棉花的研发和推广、城市户籍制度和农村土地制度等一系列改革。

Jin 等(2002)为探讨技术进步在农业新质生产力中的作用提供了一个典型案例。Jin 等(2002)利用1980—1995年《全国农产品成本收益资料汇编》的水稻、小麦和玉米的数据,首先利用指数法测算了三大主粮的全要素生产率,其次运用工具变量方法实证检验了种业技术进步对三大主粮全要素生产率的影响程度和主要机制。研究结果表明,在1980—1995年,种业技术进步是三大主粮全要素生产率提升的主要驱动力。Chari 等(2021)则是研究农村土地制度改革与农业新质生产力关系的代表作,其利用各省《农村土地承包法》实施时间的差异作为准自然实验,利用双重差分方法分析了土地制度改革对农户全要素生产率的影响,并从土地资源配置的视角进行了一系列的机制分析。Chen 等(2021)在单纯使用因果识别方法的基础上更进一步,提供了一个实证研究外生冲击与农业新质生产力关系的范式,实现了因果识别方法与增长核算框架的结合。具体而言,极端高温这一外生冲击对农业产出的影响可以分为对要素投入的影响和对全要素生产率的影响两个部分,前者反映了“外生冲击—传统生产力—农业产出”的影响机制,后者则体现了“外生冲击—新质生产力—农业产出”的作用路径。龚斌磊等(2023)利用1994—2015年县



级面板数据,运用双重差分模型实证研究了“省直管县”财政体制改革对县域农业增长的影响和作用机制,发现该政策对农业全要素生产率的负向影响,进一步利用三重差分模型发现涉农定向激励可以显著缓解这种负面影响,因此“财政分权+定向激励”的政策组合可以对地方政府的离农行为进行修正。

3. 第三类研究范式。前两类研究范式的共同点是直接以农业全要素生产率作为主要被解释变量进行实证评估,第三类研究范式的不同之处在于,该范式下的实证研究不直接研究农业全要素生产率本身,而是直接着眼于前沿技术突破、生产要素创新型配置等新质生产力形成的主要组成部分。

技术进步能为农业全要素生产率带来积极影响是各界的共识,但对于如何形成有效的技术进步目前主要停留在定性讨论中(仇焕广等,2022;黄季焜等,2023),缺乏实证研究提供可靠的经验证据。农业部门的技术创新主要依靠公共农业研发机构。然而,公共研发机构的职能和市场作用尚未厘清,公益性和商业性科技创新活动依然混淆,导致农业技术进步中科技与产业“两张皮”的问题长期存在。因此,关于农业新质生产力下技术进步的研究不应局限于评估各类技术进步对农业全要素生产率的影响,而应从新质生产力的形成出发,延伸至技术进步背后的农业科技创新体制。

制度改革是优化生产要素配置的核心动能。在农业发展中,土地要素和劳动力要素的合理配置是新质生产力的重要来源。《农村土地承包法》的颁布,新一轮农地确权的全面实施、户籍制度改革的不断深化提供了一系列准自然实验。因此,前两个范式下,针对制度改革的实证研究主要聚焦于运用各类因果识别方法,评估各轮政策改革对农业全要素生产率的长短期影响和作用机制。值得进一步思考的是,在经历多轮土地制度和户籍制度改革后,土地要素和劳动力要素的制度性障碍逐渐弱化。然而,农业领域的土地和劳动力配置效率仍然没有完全达到政策预期。如何在实证评估中进一步探讨制度改革后农业生产要素配置的主要掣肘,并在此基础上提供针对性的政策优化建议对于全面理解农业新质生产力具有重要意义。

## (二) 研究方法的融合与思考

1. 简约式模型与结构式模型比较。实证研究方法主要分为简约式模型和结构式模型两大流派(Gong等,2020;Card,2022;Todd等,2023)。以中国农业全要素生产率为主题的实证评估研究主要以简约式模型为主,经历了由传统影响因素分析向因果识别研究的转换。简约式模型下的因果识别研究在很大程度上克服了内生性问题,但在农业新质生产力的相关研究上仍然存在两大局限性:一是较难考虑一般均衡效应,无法评估技术进步、制度改革等新质生产力核心动能带来的总体效应。以双重差分法的运用为例,其估计系数反映的是处理组相较于控制组在改革后的平均处理效应,本质上是局部均衡下的处理组与控制组的相对比较。二是简约式模型下的因果识别主要对已经发生的政策进行实证评估,无法对现行政策的备选方案 and 不同改进措施的潜在结果进行反事实模拟,难以为潜在的农业新质生产力发展方案提供量化比较。

因此,结合简约式模型和结构式模型各自的优势有助于进一步从实证角度深入了解农业新质生产力,并为致力于提升农业新质生产力的不同方案提供量化比较。本节将以资源错配和经济转型两类结构式模型为例,探讨结构式模型在农业新质生产力主题上的实际应用,并对潜在的注意事项进行解释说明。

2. 结构式模型在新质生产力中的应用实例。发展农业新质生产力需要全面深化改革,形成与之相适应的新型生产关系。与简约式因果识别研究直接探讨特定政策对农业全要素生产率的影响不同,结构式模型为量化资源错配对农业发展的整体影响带来了可能性。通过假设一个符合农业生产特征的生产结构,利用一阶条件构建资源有效分配的分析框架。通过比较实际状态下的资源配置情况与理想状态下的资源配置情况,结构式模型将量化得到资源错配对农业发展的总体影响。Adamopoulos等(2022)利用结构式模型对中国农业资源错配程度展开了量化分析。该研究将农业生产中的要素错配分为两个部分,即农民间农业生产要素的错配和部门间农民职业选择的错配。结合中国农户微观数据的量化结果,该研究揭示了1993—2002年中国农业资源错配对农业发展的总体

影响。

结构式模型为建立农业新质生产力与整体经济增长之间的联系提供了可能性。考虑到新质生产力的提出背景是推动整体经济的高质量发展,揭示农业新质生产力在经济转型和增长中的总体作用具有重要的现实意义。Matsuyama(1992)从理论上讨论了农业生产率与经济转型和增长之间的关系。Restuccia等(2008)基于两部门一般均衡模型和全球国家层面的数据,利用结构式模型分析了农

业发展与总体经济发展水平之间的关系。Cao等(2013)采用结构模型和数值模拟探讨了中国农业生产率与经济转型关系,该文首先利用CHNS的面板数据,在考虑农业劳动力质量异质性的前提下测算了农业全要素生产率,并进一步将估计参数带入两部门一般均衡模型进行校准。研究结果发现农业全要素生产率的年均增速为6.5%,对总体和非农部门经济增长的贡献与非农部门全要素生产率增长相当。

## 五、结论与未来展望

新质生产力是创新起主导作用,摆脱传统经济增长模式和生产力发展路径,符合新发展理念的先进生产力形态。农业作为国民经济的支柱性产业,大力发展农业新质生产力,一方面是推动农业高质量发展的主要路径,另一方面是支撑经济高质量发展的重要基础。本文对农业新质生产力进行了重新审视,将相关研究主要分为测度研究和实证评估研究两大类。

测度研究是认识农业新质生产力的基础。全要素生产率提升是新质生产力的核心标志,为测度新质生产力提供了量化指标。农业全要素生产率的传统测算体系以索洛余值法、随机前沿分析和数据包络分析为基础,为区分传统生产力和新质生产力提供了一个基准,但由此测算得到的农业全要素生产率是一个“黑箱”,存在三大主要缺陷:一是难以与实际农业生产中的技术革命性突破相联系;二是基本不考虑生产要素质量的提升,无法揭示生产要素质量与创新性配置之间的内在联系;三是以产出增长作为目标函数,难以将农民增收、农业可持续发展、农食系统包容性和韧性建设等农业高质量发展的多维目标纳入测算体系。

为克服传统测算体系的缺陷,本文通过综合运用变系数生产函数、新增长核算法和期望非期望双产出模型,对农业全要素生产率的测度体系进行了重构。新测度体系主要有三大导向:技术创新导向、农业特征导向和多维目标导向。变系数生产函数模型对生产要素弹性固定这一关键假设进行了放松。一是能够将农林牧渔的结构变化和农业生产过程中的自然条件作为影响生产要素弹性的关键因子,充分考虑农业生产与工业生产的区别;二

是变系数生产函数与新增长核算法的结合进一步将农业全要素生产率中的要素嵌入型部分进行提取,进而反映农业生产要素的前沿技术突破;三是通过与期望非期望双产出模型融合,将农业高质量发展的多维目标纳入测度框架。最后,本文以农业数智化技术为例,对如何运用新测度体系进行了阐述说明。

实证评估研究厘清农业新质生产力形成机制和作用路径的关键。本文从研究范式和研究方法两个维度对现有实证评估研究进行了评述。从研究范式的维度来看,以农业全要素生产率作为被解释变量的多元回归分析是实证评估研究的起点。为进一步解决多元回归分析中的内生性问题,针对农业新质生产力特定影响因素的因果识别研究不断涌现。第三类研究范式不再拘泥于农业全要素生产率本身,而是将因果识别框架与问题意识相结合,聚焦于前沿技术突破、生产要素创新型配置在真实农业发展中的潜在掣肘。从研究方法的角度来看,目前针对农业新质生产力的研究主要以简约式回归为主。本文首先对简约式模型和结构式模型在研究农业新质生产力问题上的优势和局限性进行了比较,其次重点介绍了结构式模型在量化农业资源错配、探究农业发展和经济转型关系上的具体应用。

基于前文对农业新质生产力研究的总结和反思,本文提出以下前沿思考,值得未来进一步探索。一是在测度研究中,已有的农业全要素生产率测度研究主要针对种植业部门,对于畜牧业和渔业的全要素生产率测度较为缺乏。考虑到新时期全方位多途径开发食物资源的大食物观理念,通过遥感大

数据与经济学方法的结合,打破农业全要素生产率的数据藩篱,实现农林牧渔多部门的新质生产力测度具有重要意义。其次,利用测度方法的优化提供新的农业全要素生产率指标固然有一定的学术价值,但更重要的是在方法优化的过程中回应农业高质量发展的现实关切,打开农业全要素生产率的“黑箱”,为农业新质生产力提升提供新的洞见。

二是在实证研究中,需要深入考虑研究问题的选择和研究方法的融合。从研究问题的选择来看,现有研究主要关注具体的技术创新和制度改革对农业全要素生产率的影响及其作用机制,但在如何提高农业技术创新质量、如何在改革进入深水区后充分发挥制度优势等研究问题上缺乏系统性分析。具体而言,现行的农业科技创新体制是否阻碍了前沿技术的出现?如何通过科技创新体制的完善加快颠覆性农业技术突破的涌现?土地制度和户籍制度渐进式完善后,利用制度改革推进生产要素创新性配置的关键着力点和主要制约因素是什么?哪种形式的配套改革能够充分发挥新质生产力中的制度动能?从研究方法的融合来看,现有研究主要利用简约式模型识别各类因素对农业全要素生产率的影响,综合运用简约式模型和结构式模型探讨前沿技术突破、生产要素创新性配置等新质生产力核心内涵的实证研究还较为缺乏。结构式模型的运用不仅能够形成农业新质生产力与经济高质量发展间的有效连接,也有助于在科学研究中利用

反事实模拟对潜在的政策优化方案进行量化比较,真正为政策优化提供数据支撑。

三是对农业新质生产力的认识需要革新和深化。首先,当前该领域的研究主要关注技术进步、制度创新等驱动因素对全要素生产率的影响,对各类驱动因素的成本鲜有讨论。实际上,无论是前沿技术突破还是重要制度改革,都伴随着大量的研发成本和制度成本,如何从成本收益的综合视角对各类新质生产力驱动因素的真实绩效进行评估,具有重要的学术价值和实践意义。其次,大量实证评估研究主要关注技术进步、制度创新的本地效应和短期效应,一方面没有考虑技术扩散和政策推广中的潜在溢出效应及其作用条件,另一方面对技术的生命周期和制度改革效果的可复制性缺乏关注。以农业领域的数字技术为例,由于前期存在大量的研发成本和推广成本,在技术生命周期的早期阶段对其进行评估可能会发现该项数字技术对农业全要素生产率产生了负向影响。然而,当结合溢出效应和长期效应时,技术优化和制度调整将可能带来技术的有效扩散,既能摊平技术研发和推广的固定成本,又扩大了技术收益的潜在范围,这是形成农业新质生产力的关键路径。对于上述问题的探索 and 答案不仅有助于更好地理解 and 把握农业新质生产力的发展规律,也为加快农业新质生产力形成,推动农业强国建设提供了科学指导。

## 参考文献

1. Adamopoulos, T., Brandt, L., Leight, J., et al. Misallocation, Selection, and Productivity: A Quantitative Analysis with Panel Data from China. *Econometrica*, 2022(3): 1261~1282
2. Aigner, D., Lovell, C. A. K., Schmidt, P. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 1977(1): 21~37
3. Cao, K. H., Birchenall, J. A. Agricultural Productivity, Structural Change, and Economic Growth in Post-reform China. *Journal of Development Economics*, 2013(3): 165~180
4. Card, D. Design-based Research in Empirical Microeconomics. *American Economic Review*, 2022(6): 1773~1781
5. Caunedo, J., Keller, E. Capital Obsolescence and Agricultural Productivity. *Quarterly Journal of Economics*, 2021(1): 505~561
6. Chari, A., Liu, E. M., Wang, S. Y., et al. Property Rights, Land Misallocation, and Agricultural Efficiency in China. *Review of Economic Studies*, 2021(4): 1831~1862
7. Chen, S., Gong, B. Response and Adaptation of Agriculture to Climate Change: Evidence From China. *Journal of Development Economics*, 2021(1): 102557
8. Chung, Y., Fare, R., Grosskopf, S. Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach. *Journal of Environmental Management*, 1997(3): 229~240
9. Domar, E. D. *Essays in the Theory of Economic Growth*. Oxford University Press, 1957



10. Gong B. Agricultural Reforms and Production in China: Changes in Provincial Production Function and Productivity in 1978—2015. *Journal of Development Economics*, 2018, 132: 18~31
11. Gong, B. Newgrowth Accounting. *American Journal of Agricultural Economics*, 2020(2): 641~661
12. Gong, B., Sickles, R. Non-Structural and Structural Models in Productivity Analysis: Study of the British Isles during the 2007—2009 Financial Crisis. *Journal of Productivity Analysis*, 2020(2): 243~263
13. Harrod, R. F. *Towards a Dynamic Economics: Some Recent Developments of Economic Theory and Their Application to Policy*. MacMillan and Company, 1948
14. Jin, S., Huang, J., Hu, R., et al. The Creation and Spread of Technology and Total Factor Productivity in China's Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 2002(4): 916~930
15. Lin, J. Y. Rural Reforms and Agricultural Growth in China. *The American Economic Review*, 1992: 34~51
16. Matsuyama, K. Agricultural Productivity, Comparative Advantage, and Economic Growth. *Journal of Economic Theory*, 1992(2): 317~334
17. Meeusen, W., van Den Broeck, J. Efficiency Estimation from Cobb - Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 1977: 435~444
18. Restuccia, D., Yang, D. T., Zhu, X. Agriculture and Aggregate Productivity: A Quantitative Cross-country Analysis. *Journal of Monetary Economics*, 2008(2): 234~250
19. Solow, R. M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1956(1): 65~94
20. Todd, P. E., Wolpin, K. I. The Best of Both Worlds: Combining Randomized Controlled Trials With Structural Modeling. *Journal of Economic Literature*, 2023(1): 41~85
21. 范 欣, 刘 伟. 全要素生产率再审视——基于政治经济学视角. *中国社会科学*, 2023(6): 4~24+204
22. 方师乐, 黄祖辉. 新中国成立 70 年来我国农业机械化的阶段性演变与发展趋势. *农业经济问题*, 2019(10): 36~49
23. 龚斌磊, 张书睿, 王 硕, 袁菱苒. 新中国成立 70 年农业技术进步研究综述. *农业经济问题*, 2020(6): 11~29
24. 龚斌磊. 中国农业技术扩散与生产率区域差距. *经济研究*, 2022(11): 102~120
25. 龚斌磊, 张启正, 袁菱苒, 马光荣. 财政分权、定向激励与农业增长: 以“省直管县”财政体制改革为例. *管理世界*, 2023(7): 30~45
26. 黄季焜, 胡瑞法. 中国种子产业: 成就、挑战和发展思路. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2023(1): 1~8
27. 李谷成. 中国农业的绿色生产率革命: 1978—2008 年. *经济学(季刊)*, 2014(2): 537~558
28. 吕 娜, 朱立志. 中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长研究. *农业技术经济*, 2019(4): 95~103
29. 刘晓光, 龚斌磊. 面向高质量发展的新增长分析框架、TFP 测度与驱动因素. *经济学(季刊)*, 2022(2): 613~632
30. 仇焕广, 张祎彤, 苏柳方, 李登旺. 打好种业翻身仗: 中国种业发展的困境与选择. *农业经济问题*, 2022(8): 67~78
31. 王 璐, 杨汝岱, 吴 比. 中国农户农业生产全要素生产率研究. *管理世界*, 2020(12): 77~93
32. 钟甫宁. 重新构建农业经济学的思路. *农业经济问题*, 2023(3): 4~12
33. 朱希刚. 我国农业技术进步作用测定方法的研究和实践. *农业技术经济*, 1984(6): 37~40

## Agricultural Total Factor Productivity from the Perspective of New Quality Productivity: Theory, Measurement and Empirical Research

GONG Binlei, YUAN Lingran

**Abstract:** New quality productivity plays a vital role in fostering high-quality economic development, particularly within the agricultural sector, where they serve as a cornerstone for building up China's strength in agriculture. This article asserts that the enhancement of total factor productivity (TFP) serves as a pivotal indicator of new quality productivity, providing a significant starting point for a deeper understanding of its essence. In the context of measuring agricultural TFP through the lens of new quality productivity, this article examines the traditional methods used to calculate agricultural

TFP, such as Solow, data envelopment analysis, and stochastic frontier analysis, providing a concise overview of the primary limitations inherent in these systems. Building upon this foundation, the paper revamps the measurement framework for agricultural TFP. It achieves this by incorporating the varying coefficient model and the new growth accounting method, with an emphasis on technological innovation, agricultural characteristics, and multidimensional objectives. Moreover, the paper illustrates the practical application of this updated measurement system through an example involving agricultural digital technology. In terms of empirical research, this article systematically reviews existing literature from two perspectives: research paradigms and methodologies. On the one hand, it categorizes three primary research paradigms. On the other hand, it compares and contrasts the advantages, limitations, and application scenarios of two major methodologies: reduced-form model and structural-form model. Furthermore, this article provides a forward-looking perspective on the measurement research and empirical evaluation of future new quality agricultural productivity.

**Keywords:** New quality productivity; Total factor productivity; Agricultural production function; Agricultural Productivity

责任编辑:吕新业