



基于农户视角农业绿色全要素生产率的测度与分析

程永生, 张德元, 汪 侠

Measurement and analysis of agricultural green total factor productivity based on farmers' perspectives

CHENG Yongsheng, ZHANG Deyuan, and WANG Xia

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12357/cjea.20220562>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

生态价值视角下中国省域粮食绿色全要素生产率时空特征分析

Temporal and spatial characteristics of China's provincial green total factor productivity of grains from the ecological value perspective

中国生态农业学报(中英文). 2021, 29(10): 1786–1799

中国畜牧业绿色全要素生产率演变及区域差异研究

Evolution of green total factor productivity and regional disparity in China's husbandry

中国生态农业学报(中英文). 2019, 27(4): 613–622

绿色防控技术采纳行为的影响因素和生产绩效研究——基于四川省水稻种植户调查数据的实证分析

Impact factors and production performance of adoption of green control technology: An empirical analysis based on the survey data of rice farmers in Sichuan Province

中国生态农业学报(中英文). 2020, 28(1): 136–146

中国农业碳排放效率测度、空间溢出与影响因素

Measurement, spatial spillover and influencing factors of agricultural carbon emissions efficiency in China

中国生态农业学报(中英文). 2021, 29(10): 1762–1773

小农户衔接生态农业产业链的偏好与异质性研究

Linkage preference and heterogeneity of small farmers and the eco-agricultural industry chain: Based on the choice experiment method

中国生态农业学报(中英文). 2021, 29(12): 2126–2138

农业土地资源利用效率评价及改善路径研究——以江西省11个设区市为例

Evaluation and improvement of agricultural land resource utilization efficiency: A case study of Jiangxi Province

中国生态农业学报(中英文). 2019, 27(5): 803–814



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.12357/cjea.20220562

程永生, 张德元, 汪侠. 基于农户视角农业绿色全要素生产率的测度与分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(5): 820-834

CHENG Y S, ZHANG D Y, WANG X. Measurement and analysis of agricultural green total factor productivity based on farmers' perspectives[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2023, 31(5): 820-834

基于农户视角农业绿色全要素生产率的测度与分析*

程永生^{1,2}, 张德元², 汪侠¹

(1. 阜阳师范大学商学院 阜阳 236032; 2. 安徽大学创新发展战略研究院 合肥 230601)

摘要: 提升农业绿色全要素生产率, 加快农业绿色转型是全面建成社会主义现代化强国的必然选择。研究以中国家庭追踪调查 (China Family Panel Studies, CFPS) 的全国性大容量样本农户数据为蓝本, 在微观测度方法比较分析的基础上, 基于技术优化的 Malmquist-Luenberger 指数为基准, 测度分析了农户层农业绿色全要素生产率的状况, 并进一步选用核密度估计法和 Dagum 基尼系数法, 揭示了微观样本农业绿色全要素生产率的动态演变规律及其区域差异特征。主要研究发现如下: 1) 技术优化的 Malmquist-Luenberger 指数测度显示, 2014年、2016年和2018年3期样本农户的农业绿色全要素生产率均值为1.0030, 总体发展态势良好; 农业绿色技术变化、绿色技术效率变化的共同作用是驱动农户层面农业绿色发展变化的主要引致因素, 且后者的影响程度远大于前者; 农户资源配置、管理模式及组织方式的改善优化, 在现阶段是农户发展绿色农业的提升关键, 其影响相对高于农户农业生产技术的革新。2) 通过核密度估算发现, 2016年和2018年样本农户的绿色全要素生产率集中度较高, 农业绿色技术效率并未出现两级分化, 但农业绿色技术进步呈现上升趋势。3) Dagum 基尼系数法结果表明, 农户层面农业绿色全要素生产率的区域差距不断缩小, 区域差距的降幅达22.32%, 超变密度是引致主因; 在区域内差距上, 东、西、中部地区内部, 农户的绿色农业差距依次递减; 在区域间差距上, 东西、东中、中西部间差距不断缩小、协同性不断增强, 但差距易受到环境因素影响。

关键词: 农户视角; 农业绿色全要素生产率; 技术优化的 Malmquist-Luenberger 测度; 差距识别

中图分类号: F32

开放科学码(资源服务)标识码(OSID):



Measurement and analysis of agricultural green total factor productivity based on farmers' perspectives*

CHENG Yongsheng^{1,2}, ZHANG Deyuan², WANG Xia¹

(1. School of Business, Fuyang Normal University, Fuyang 236032, China; 2. Academy of Strategies for Innovation and Development, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract: Improving agricultural green total factor productivity (AGTFP) and hastening agricultural green transformation are unavoidable choices for comprehensively building a strong socialist, modernized country. Based on a comparative analysis of micro-measurement methods, this study analyzed the status of AGTFP at the farmer household level based on the technically optimized Malmquist-Luenberger index. The kernel density estimation method and the Dagum Gini coefficient method were further used to reveal the dynamic evolution of AGTFP and its regional differences in the micro-sample. The main findings are as follows: 1) From the measurement results, the mean value of AGTFP in the microfield in 2014, 2016 and 2018 was 1.0030, with a good overall develop-

* 安徽省2022年度哲学社会科学规划项目(AHSKQ2022D039)资助

程永生, 主要研究方向为绿色高质量发展与产业经济。E-mail: chengyongsheng@aliyun.com

收稿日期: 2022-07-21 接受日期: 2022-10-20

* The study was supported by the Philosophy and Social Science Foundation of Anhui Province (AHSKQ2022D039).

Corresponding author, CHENG Yongsheng, E-mail: chengyongsheng@aliyun.com

Received Jul. 21, 2022; accepted Oct. 20, 2022

ment trend. The mean value of AGTFP of farmers in 2016 was 1.0099, and agricultural green development had a good growth trend. The mean values of technical efficiency change and technical progress change were 1.0165 and 0.9928, respectively, indicating that the improvement in farmers' green agricultural technical efficiency was the main driving factor while the change in technical progress was relatively slow. In 2018, the mean value of AGTFP by farmers was 0.9960, which showed a decreasing trend. The corresponding mean values of technical efficiency change and technical progress change were 0.9765 and 1.0200, respectively, indicating that the technical efficiency improvement of green agriculture did not achieve a sustainable spillover effect and that the innovation function of technical progress change played a role in the improvement. 2) In terms of contributing factors, the use of subjective environmental assessment scores or objective provincial-level environmental pollution data as proxies for non-desired outputs among farmers with higher levels of AGTFP, agricultural green technological progress, and agricultural green technological efficiency was found to be more effective. For farmers with high levels of AGTFP, both green technological advances and green technological efficiency in agriculture were drivers of green growth, and the contribution of the latter was greater than that of the former. 3) From the perspective of a dynamic evolution pattern, in terms of AGTFP, the concentration in 2016 and 2018 was high, showing distinct clustering; however, the divergence phenomenon was not obvious, and the number of farmers with a high level of green development in 2018 was much higher than that in 2016; in terms of the agricultural technical efficiency of farmers, there was no bifurcation in 2016 and 2018. The number of low-level farmers in 2018 was higher than that in 2016, indicating that there was a regression phenomenon, and the difference between the agricultural technical efficiency of high- and low-level farmers was obvious. In terms of agricultural green technical progress of farmers, the overall trend was increasing, the number of low-level farmers in 2016 was lower, and the number of high-level farmers was relatively higher, while in 2018, the number of high- and low-level farmers remained the same, and a spatial clustering effect was evident. In 2018, the number of farmers with low levels of agricultural green technology progress decreased "precipitously." On the premise that the number of farmers remained unchanged, this part of the low-level farmers moved to the middle- and high-level groups, forming the dynamic transfer effect of "internal push and external pull." 4) From the perspective of regional disparity, the overall gap in AGTFP in the sample period was decreasing, with a decline of 22.32%. From the source decomposition, the hyper-variance density was the main cause of the overall regional disparity in AGTFP. From the contribution rate, the contribution rate of hyper-variance density was much higher than the contribution rate of intra- and inter-regional disparity, indicating that the cross-over problem between different regions was the main cause of the overall disparity in AGTFP at the farmer level. Further, from the intra-regional disparity, the disparity of AGTFP at the household level decreased within the eastern and western regions; from the inter-regional disparity, the disparity between the eastern and western, eastern and central, and central and western regions decreased continuously during the sample period, and the synergy was the highest, but this gap was susceptible to environmental factors.

Keywords: Farmers' perspective; Agricultural green total factor productivity; Malmquist-Luenberger measure for technology optimization; Gap recognition

绿色发展是中国式现代化的重要内涵,也是建设农业强国、发展生态农业的题中之义^[1]。农业绿色发展是绿色发展理念在农业生产中的贯彻体现,是现代农业发展的内在要求,更是生态文明建设的重要组成部分^[2]。农业绿色全要素生产率是在传统全要素生产率之上,加入了非期望(不合意)产出因素的“升级版”生产率指标,既符合现实农业生产过程,又充分体现了绿色可持续发展理念,可以充分揭示高质量发展的本质内涵^[3],符合现代农业和农业现代化的内在要求,是衡量农业绿色发展的重点测度指标,也是学界的共性做法^[4-5]。

农业绿色全要素生产率基于全面绿色转型的现实诉求,增加了客观存在的负向产出,侧重考察了要素投入与含负向产出在内的实际产出间的效率关系,更为符合农业经济发展状况和真实绩效。学界现有的丰富探讨,主要聚焦在如下方面: 1) 方法选择及差异。纵观学界日臻成熟的测算方法大体可分为两大

类: 一是通过设定生产函数形式来实现的参数估算法,最常见的有随机前沿法(SFA)、索洛残差法(SRA)等。参数法关注了随机误差,优点明显,可通过假设统计检验技术,很好地处理测度误差和其他“噪声”,并兼顾了环境要素、随机变化等对生产行为的可能影响,与农业生产特性更相符^[6]。但不足之处在于需要确定具体函数形式,而错误函数的确定又难免会引发“无法回避”问题,且往往局限于单一产出类型^[7]。二是无需预设函数形式的非参数估计法,最常见是以数据包络法(DEA)为主要代表,直接从数据出发进行结果测算,可用于单产出和多投入多产出评价,还可通过实物形式测算前沿生产函数,将产出直接分为“好”“坏”两类进行处理,更符合经济发展现实,因其适用广泛、特点鲜明,故得到了极大推广。近40年来,“DEA估算法与绿色全要素生产率相联系,被广泛使用在农业生产率测度中”^[8],可分为静、动态两类模型视角。依据DEA分析法的演进历程,全

要素生产率的估算大体有谢泼德产出距离函数(SDF)及 Malmquist 指数法、方向距离函数(DDF)及 Malmquist-Luenberger(以下简称 M-L)指数法、基于松弛值测算模型(SBM)及 Luenberger 指数法等。从既有文献来看,绝大部分学者倾向选用非参数估计法,其中尤以 M-L 生产率指数为代表的 DEA 技术,应用最为集中和频繁,其优点是可以同时实现正向性产出的增加与负向性产出的减少,但是该方法存在不一致性和非可行性问题,可能导致测量结果偏误^[9]。有鉴于此, Aparicio 等^[10]在 M-L 指数的基础上引入优化技术,较好地克服了上述不足,这也正是本文方法选择的考量。2) 指标选择设计。农业绿色全要素生产率增加考量了“绿色”要素、纳入了资源环境损耗等负外部因素影响,使得既有生产率核算体系更加科学完善、更贴近农业生产发展真实境况。目前,主流文献对资源环境因素的处理,主要有两种方法:一是作为“特殊”投入指标纳入生产函数,视资源环境损耗等同于“一种具有影子价格的投入要素”,但面临着“影子价格”不易衡量、误差较大,且很难反映生产实际过程等难题^[11]。所以更多学者倾向于将其作为一种负向(非期望)产出指标,认为资源环境是生产过程中被损耗、污染的,是产出中无可避免的“不良副产品”。选用产出法核算绿色全要素生产率要先建构农业污染单元构成,再确定含正、负向产出的指标体系。因研究对象和数据可得性约束,上述各项指标构成差异较大,不同学者间亦存有争议,这也是造成测度结果差异的可能原因之一。已有文献对近 10 年农业绿色全要素生产率文献进行了集中整理呈现^[12],此处不再赘述。一般而言,农业投入指标的构成主要有:劳动力、电力、土地、水资源、化肥、灌溉、机械、农药、役畜、雇工、机械租赁等,产出指标中大多采用以农业总产量(产值)为表征的正向性产出,同时以“农业面源污染”及“碳排放总量”等为表征的负向性产出也日渐进入学者视野^[13]。3) 微观测度研究。在微观层面的有限研究中,既有文献的关注主要集中于企业层面,以制造业为代表的全要素生产率研究,业已形成了一大批较为成熟的研究成果,在较为常见的方法应用中,囊括运用了参数、半参数法的,诸如最小二乘法、固定效应法、Olley-Pakes 法(OP法)和 Levinsohn and Petrin 法(LP法)等,进行工业企业的生产率核算,其主导思想是利用中间投入品作为工具变量,处理计量模型的内生性可能,解决样本的选择性偏误。但具体到农业绿色全要素生产率的研究则相对不足,

尤其是以微观数据为基础的研究较为缺乏^[14]。作为现实农业生产经营占绝对比重的庞大农户层面,其微观群体的场域缺失,往往容易导致主观期望良好,但客观低效率、高污染,从而不能达到政策效用的最大化,而宏观指标无法观测现实中庞大个体的农业绿色发展状况。在为数不多的利用微观数据测算农户生产率的研究中,尤以 DEA 方法运用居多,且从文献梳理情况来看,有限的研究基于不同的研究视角与测算方法,相关结论尚未达成共识^[15-16]。

综上所述,忽视资源环境耗损会带来生产率估算偏高,而农业绿色全要素生产率较好地弥补了这一缺陷,成为了发展经济学近年来热点议题,且相关测算技术日趋优化、基本成熟,为本文推进奠定了坚实基础,但在评价指标建构、影响因素框架探索上,研究较为分散、客观深入不够,尤其是对微观农户层面的系统讨论,还未见有学者较多涉猎,不便于后续聚焦探讨。有鉴于此,本文依据权威大样本调查数据库,尝试丰富可靠性的微观经验证据,在变量定义、测度方法上进行探索性尝试,并努力改进和丰富相关研究,这也正是本文的边际贡献和可能的创新之处,以期为农业强国建设新征程中的绿色农业发展提供些许科学支持。

1 研究方法

1.1 数据来源

研究的基础性数据源于中国家庭追踪调查(China Family Panel Studies, CFPS)的公开库,以此合并建构了平衡短面板数据蓝本。研究选用的 2014 年、2016 年和 2018 年 3 个批次,是目前公开的最新全国性微观入户调查数据,具有极高样本代表率,约可代表涵盖 95% 的中国人口^[17];数据信度和效度良好,具有较高权威性,可视为一个全国代表性样本。

1.2 测算指标体系

从 CFPS 数据库的特点出发,参考既有文献^[14,18]中关涉农业绿色全要素生产率测算的指标选择,微观农户研究对象的特殊性,以及农业生产正、负向产出的相关性等因素,本研究尝试合理改进了微观层面农业绿色全要素生产率的投入—产出指标体系(表 1)^[19]。

1.2.1 农户农业投入指标

1) 劳动力投入

农业劳动投入会显著影响农业生产效率^[20]。鉴于研究需要,此处的劳动力投入重点关注的是农户自家农业劳动力的供给内容。关于农户农业劳动力供给,现有研究有用农业劳动参与比表征^[21],也有文

表1 改进后的农业绿色全要素生产率测算体系
Table 1 An improved system for measuring agricultural green total factor productivity

目标层 Target layer	一级指标 Primary indicator	二级指标 Secondary indicator	变量定义 Specific variable and description	指标单位 Indicator unit	符号 Symbol
农业绿色全要素生产率 Agricultural green total factor productivity	投入指标 Input indicators	资本 Capital	农业生产的流动性资本投入与固定性资本投入之和 Sum of liquid capital inputs and fixed capital inputs in agricultural production	¥	x_1
		劳动力 Labor	过去12个月参与的自家农业生产活动的家庭成员数 Number of household members involved in home-based agricultural production activities in the past 12 months	Persons	x_2
		土地 Land	承包地面积与租用地面积之和 Sum of contracted land area and leased land area	hm ²	x_3
	期望产出指标 Desired output indicators	农产品总产出 Total agricultural output	过去12个月, 家庭所生产的农产品、养殖物及副产品销售收入以及自家消费总值之和 Sum of income from the sale of agricultural products, farm products and by-products produced by the household and the total value of own consumption in the past 12 months	¥	y_1
			农业面源污染 Agricultural non-point source pollution	农业化学需氧量(COD)等标排放量 Agricultural chemical oxygen demand (COD) equivalent emissions	t
	非期望产出指标 Non-desired output indicators	农业面源污染 Agricultural non-point source pollution	农业总氮(TN)等标排放量 Agricultural total nitrogen (TN) equivalent emissions		y_{a3}
			农业总磷(TP)等标排放量 Agricultural total phosphorus (TP) equivalent emissions		y_{a4}
			主观污染感知度 Subjective pollution perception degree	采用农业活动管账人对环境污染问题严重程度的感知, 0代表不严重, 10代表非常严重 Perception of the severity of environmental pollution problems by the custodians of agricultural activities: 0 = not serious, 10 = very serious.	

献用农业劳动供给时间来衡量^[14], 还有部分学者使用单位面积劳动力投入, 即农户从事农业生产的劳动力人数与耕地面积的占比来表示^[22]。由于本文立足全国层面的数据库, 劳动供给时间会因地区、种植结构、响应水平的差异而不同, 特别是在当前农业兼业化日趋加深的大背景下, 家庭成员的农业劳动参与, 更能体现家庭对农业生产的重视和依赖程度。因此, 本文舍弃农业劳动供给时间, 而选用家庭成员农业劳动参与情况, 作为农户农业劳动供给变量的衡量表征。

2) 土地资源投入

土地是农业生产的基本载体, 关乎农业规模经济的实现与否, 也是影响生产效率的另一个重要因素。目前, 学界对农业土地投入指标选取存在争议, 有部分学者^[23]认为耕地面积不能反映耕地的复种情况, 农作物的总播种面积更为贴切; 也有学者^[24]主张用耕地面积, 因为现实中绝大部分的农户所拥有的、具有普遍生产意义的农地类型是耕地, 且其他类型的土地(林、牧、池塘等)的样本量偏少。鉴于本文所关注的是农户的农业生产土地投入, 综合考量选用的是农户的承包地面积。虽然该项数据在CFPS数据库中存在部分年份的数据缺失, 但是影响不大, 笔者借鉴已有做法^[25], 匹配了2010年CFPS的数据库, 具体包括第一个问题: 您家从集体分配到的各类

型土地加起来一共有多少亩? 含耕地、林地、牧场、水塘; 以及第二个问题: 过去一年, 您家从别人或者集体那里租用了多少亩土地? 同样包括耕地、林地、牧场和水塘等。

3) 资本投入

鉴于研究议题, 本文所关注的农户资本投入主要是与农业生产相关的资本性投入, 而非生活性资本投入等其他非生产过程方面的内容。关于农业生产性的资本投入, 目前不同研究有不同的考量方式, 尚未见到统一的处理方式。研究参照文献^[26]做法, 重点关注的生产性投资有两类: 一是直接关联现实农地的流动性投资; 二是不直接与土地发生关联的, 如农机设备等固定投资。具体而言, 从家庭农业生产的实际出发, 采用农户家庭总支出与文化旅游等非生产性消费支出的差来表征流动性资本投入; 选用各年度农户家庭所拥有的各种农用机械总价值来表征固定性资本投入, 缺失值用上一年份数值取代。

1.2.2 农户农业产出指标

研究表明, 不考虑负向产出的农业生产率, 无法客观准确地反映农业生产对资源环境的消耗, 不利于绿色可持续发展, 甚至会造成政府决策的偏误^[27], 因而需要将资源环境因素作为负向性产出, 纳入到测算当中。

1) 期望产出

期望产出是有益于总体目标、符合预期的产出量,其值越大越好。在农业生产中,期望产出反映了农业经济的增长情况,具体到农户家庭而言,其期望产出是农业生产的总收入,具体而言,鉴于现实农村家庭生产经营中,很大一部分的农产品被用于自家消费,故研究采用的是过去 12 个月,家庭所生产的农产品、养殖物及副产品销售收入以及自家消费总值之和^[28]。

2) 非期望产出

如前所述,负产出与正产出相伴而存、相随相生,且因农业对自然环境更深的依赖,致使其负向产出的特殊性亦更明显,既有文献主要采用两种衡量方法^[29]:第 1 种是基于赖斯芸等^[30]清单分析法,结合全国首次污染普查的《农业面源污染源污染系数手册》测算的农业面源污染量表征;第 2 种是基于农业生产中的化肥、农药、柴油、农膜、灌溉和翻耕等 6 类碳排放的总量,作为替代变量进行测算后衡量。虽然农业面源污染是约束生态环境主要污染源头,但由于其排放具有隐蔽性、随机性以及非点源的特征,导致现实中的农业污染往往难以精准衡量,故大多学者倾向单元调查评估法。该方法是综合调查为基础的清单分析法,所得结果相对准确,同时具有较强的可操作性,在污染物测算领域中得到了广泛应用。据此,结合现有文献^[19,22]的共性经验,综合选用以虚拟户主(农业活动管账人)主观评价为主,同步匹配客观公开数据,主客关联、互为验证的方式,表征农户层面农业绿色全要素生产率的负向性产出。主观环境评价的优点在于能够更为综合地反映区域环境状况,使得研究更加具有集中性和代表性,而同步利用省级层面的客观环境污染数据总磷(TP)、总氮(TN)和化学需氧量(COD),作为负向性产出的替代指标进行对比分析,又最大程度地降低了可能的测度“偏误”,较好地保证了结论的有效性。因 CFPS 的问卷调查绝大部分问题是针对过去 12 个月的调查,故匹配数据亦采用省级层面上一年对应的数值。

1.3 方法选择

鉴于研究对象是 CFPS 数据库中农户层面的农业绿色全要素生产率,不仅涉及到了多投入、多产出,且同时含有正、负向产出方面,无法采用构建生产函数形式的参数方法进行度量。因此,从微观基础农户的视角出发,基于测算技术的可行性与数据的可获得性,综合选择技术优化的 M-L 指数进行测算与分析。同时,采用核密度估计法和 Dagum 基尼

系数法,分别揭示微观场域农业绿色全要素生产率的动态演变规律以及区域差异特征。

1.3.1 技术优化的 M-L 指数测度法

技术优化的 M-L 指数测度法不仅可以避免传统算法的偏误可能,而且可以实现正向性产出增加和负向性产出减少的同步刻画^[19],其具体方法如下:

$$ML^s = \frac{1 + \vec{D}_\delta(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{1 + \vec{D}_\delta(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \quad (1)$$

式中:ML 表示从 t 期到 $t+1$ 期的指数函数; s 表示时期集合向量, $s=(t, t+1)$; x 为投入向量; y 为期望产出向量; b 为非期望产出向量。同时,式 (1) 又可进一步分解为:绿色技术效率变化 (MLTEC) 和绿色技术进步变化 (MLTC) 的乘积。

1.3.2 核密度估计法

作为非参数估计法中的一种,核密度估计主要是利用连续密度曲线,对随机变量的分布形态进行刻画。该方法已经在经济领域得到广泛运用,主要描述经济变量的非均衡分布状态。假设随机变量 X 的密度函数为 $f(x)$,当随机变量 $X=x$ 时,密度函数 $f(x)$ 可以利用公式 (2) 进行估计。其中,需要选取适宜的核函数(诸如均匀核函数、高斯核函数、伽马核函数等),本部分根据数据拟合程度,采用高斯核函数(见公式 3 所示)描述农户层面的农业绿色全要素生产率的动态演变规律^[12]。

$$f(x) = (1/Nh) \sum_{i=1}^N K[(X_i - \bar{X})/h] \quad (2)$$

$$K(x) = (1/\sqrt{2\pi}) \exp(-x^2/2) \quad (3)$$

式中: N 为数据观测值个数, X_i 服从独立同分布, \bar{X} 为数据均值, h 为带宽, $K(x)$ 为核函数。

1.3.3 Dagum 基尼系数法

现有研究文献中,测算区域差距的传统方法主要有变异系数、泰尔指数和基尼系数等,相比于传统方法, Dagum 基尼系数法在分解区域总体差距来源的同时,还可有效解决区域间样本交叉重叠问题,准确辨识区域间差距较之总体差距的贡献程度,有效避免基尼系数法和泰尔指数法的使用局限^[31]。因此,本研究采用 Dagum 基尼系数法测算农户层绿色全要素生产率的区域差距,并根据地理区位进一步将广东、天津、山东、河北、浙江、福建、辽宁、江苏、上海等 9 省(直辖市)农户划分为东部区域,中部地区覆盖山西、湖南、湖北、吉林、河南、黑龙江、江西、安徽等 8 省,而西部地区覆盖广西、甘肃、贵州、陕西、云南、四川、重庆等省(直辖

市或自治区) 7 个区域。

$$G = \sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| / 2n^2\mu \quad (4)$$

式中: G 为总体基尼系数, y_{ji} (y_{hr}) 表示 j (h) 区域内 i (r) 农户的农业绿色全要素生产率, n 为农户个数, μ 表示所有农户绿色全要素生产率的均值, k 为区域划分的个数, n_j (n_h) 是 j (h) 区域内农户个数。同时, 进一步将 G 分解为: $G = G_w + G_{nb} + G_t$, 设定 G_w 表示区域内的差距差异贡献, G_{nb} 为区域间净差距的净值差异贡献, G_t 则为超变密度贡献。

2 结果与分析

2.1 农业绿色全要素生产率变量的描述性统计

研究依据 CFPS 数据库的家庭识别码匹配出有效的微观农户家庭, 并据此筛选建构了 2014 年、2016 年、2018 年跨 3 期的 3245 个样本农户平衡

短面板数据。相关指标的描述性统计结果如表 2 所示。

鉴于运用 DEA 方法进行估算之前, 需要先期对所选取的投入和产出指标间的相关性进行统计性检验, 考察是否满足 DEA 方法中的“等张性”原则, 即要求农户层的农业绿色全要素生产率投入、产出指标是同时增加或者减少的。由表 3 可知, 农户层的农业绿色全要素生产率投入、产出指标之间的相关变量系数均通过 1%、5%、10% 的显著性水平检验, 说明研究建构的微观农业绿色全要素生产率的投入、产出指标体系可信度高, 满足测度方法的“等张性”原则, 可以采用基于技术优化的 M-L 指数, 进行后续农户层的农业绿色全要素生产率测算。

2.2 农业绿色全要素生产率的测度

农业绿色全要素生产率可分解为农业绿色技术

表 2 农业绿色全要素生产率测算的投入和产出指标的描述性统计结果

Table 2 Results of descriptive statistics for input and output indicators for measuring agricultural green total factor productivity

指标 Index	样本量 Sample size	均值 Mean value	标准差 Standard deviation	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value
资本 Capital	9735	11.0715	29.6284	0.0060	1000.0000
劳动力 Labor	9735	3.8680	1.8298	1.0000	21.0000
土地 Land	9735	0.8235	2.3192	0.0067	73.3333
农产品总产出 Total agricultural output	9735	16.4968	35.8345	0.0010	900.0000
主观污染感知度 Subjective pollution perception degree	9735	6.5300	2.5024	1.0000	10.0000
化学需氧量等标排放量 Chemical oxygen demand equivalent emissions	9735	2.0374	2.1763	0.0087	9.4930
总氮等标排放量 Total nitrogen equivalent emissions	9735	38.5440	27.1381	1.4973	131.6150
总磷等标排放量 Total phosphorus equivalent emissions	9735	13.5534	10.0784	0.9760	58.9300

表 3 农业绿色全要素生产率测算的投入和产出指标的相关性检验

Table 3 Correlation test of input and output indicators for measuring agricultural green total factor productivity

指标 Index	资本 Capital	劳动力 Labor	土地 Land	农产品 总产出 Total agricultural output	主观污染 感知度 Subjective pollution perception degree	化学需氧量 等标排放量 Chemical oxygen demand equivalent emissions	总氮等标 排放量 Total nitrogen equivalent emissions	TP等标 排放量 Total phosphorus equivalent emissions
资本 Capital	1.0000	—	—	—	—	—	—	—
劳动力 Labor	0.0453***	1.0000	—	—	—	—	—	—
土地 Land	0.0512***	0.0191*	1.0000	—	—	—	—	—
农产品总产出 Total agricultural output	0.7714***	0.0507***	0.0324***	1.0000	—	—	—	—
主观污染感知度 Subjective pollution perception degree	0.0421***	0.0400***	0.0378***	0.0233**	1.0000	—	—	—
化学需氧量等标排放量 Chemical oxygen demand equivalent emissions	0.0473***	0.0939***	0.0568***	0.0285***	0.0435***	1.0000	—	—
总氮等标排放量 Total nitrogen equivalent emissions	0.0377***	0.0875***	0.0703***	0.0193*	0.0161***	0.3675***	1.0000	—
总磷等标排放量 Total phosphorus equivalent emissions	0.0352***	0.1113***	0.0595***	0.0415***	0.0212***	0.4296***	0.8178***	1.0000

、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平显著。、** and * denote significance at the 1%, 5%, and 10% levels.

进步和绿色农业技术效率两部分,其中前者代表着生产前沿面的移动状态,表征着决策单元通过技术外部引进和内部创新等途径,推动农业绿色技术革新的过程,被视为微观农业绿色发展的主要驱动力;而后者则代表着决策单元与生产前沿面的距离,取决于现实生产要素的投入变化同技术进步偏向间的配置与匹配度,可以客观反映出微观样本农户的资源配置、管理模式以及组织方式的改善程度。从理论上而言,农业绿色全要素生产率取决于农业生产要素的投入变化与技术进步偏向配置的变化,若变化方向和类型一致则会产生提升效应,否则存在不确定性^[19]。有鉴于此,基于上述算法比较,选择初始年份 2014 年为基期,分别计算出样本农户 2016 年、2018 年的农业绿色全要素生产率 (ML)、农业绿色技术效率变化 (MLTEC) 和绿色技术进步变化 (MLTC)。

如表 4 所示,当使用虚拟户主的主观污染感知度作为非期望产出时,农户 2016 年农业绿色全要素生产率 ML(1) 指数均值为 1.0099 (>1),说明其农业绿色发展处在良好的增长态势;农业技术效率变化 MLTEC(1) 和技术进步变化 MLTC(1) 的均值分别为 1.0165 和 0.9928,说明农户的绿色农业技术效率的提升是主要助推因素,而农业技术进步变化相对缓慢。到 2018 年农户的 ML(1) 指数均值为 0.9960,出现了下降态势,对应的绿色农业技术效率变化 MLTEC(1) 和技术进步变化 MLTC(1) 的均值分别为 0.9765 和 1.0200,说明样本农户的绿色农业技术效率提升没有实现可持续的溢出效应,而绿色农业技术进步变化的革新功能在这一时期起到了助推作用。不仅如此,当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时,结果亦完全一致,仅指数数值略有变化:农户 2016 年的农业绿色全要素生产率 ML(2)、绿色技术效率变化 MLTEC(2)、绿色技术进步变化 MLTC(2) 的均值分别为 1.0175、1.0294、0.9828,2018 年的农业绿色全要素生产率 ML(2)、绿色技术效率变化 MLTEC(2) 和绿色技术进步变化 MLTC(2) 的均值分别为 0.9974、0.9713 和 1.0259,有效印证了测度方法的合理可靠与测度结果的相对稳健。

更进一步地以农业绿色全要素生产率 (ML) 为依据,重点聚焦排名前 15 位和后 15 位的样本农户个体,测度结果及其分解项所得如表 4 所示。当使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出时,2016 年前 15 位农户的农业绿色全要素生产率均处于提升态势,位于区间 [1.8424, 3.7512],平均值为 2.3470,增长率达到 134.70%,农业绿色技术效率变化 (ML-

TEC) 和农业绿色技术进步变化 (MLTC) 都处于增长趋势,平均增长率分别为 70.39% 和 36.75%,表明农业绿色技术效率和农业绿色技术进步共同引致前 15 位农户的绿色发展增长,农户的绿色生产方式属于农业绿色技术效率和农业绿色技术进步“双轮驱动”模式。2016 年后 15 位农户的绿色全要素生产率均处于下降态势,位于区间 [0.4346, 0.6130],平均值为 0.5460,增长率为-45.40%,农业绿色技术效率变化 (MLTEC) 和农业绿色技术进步变化 (MLTC) 平均增长率分别为-44.57% 和-1.04%,且农业绿色技术效率下降幅度最大,是导致后 15 位农户的绿色发展水平下降的主要原因,说明这一时期农户在生产过程中出现严重的资源配置不合理问题,“追赶效应”并未显现。值得注意的是,后 15 位农户中有部分农户的绿色技术呈现小幅度上升趋势,意味着农户在生产过程中,已经开始引入先进的生产技术水平,“前沿转换效应”开始发挥效力,然而这种正向促进作用,终被农业绿色技术效率的大幅度下降效应所抵消,所以结果表现为农户层面农业绿色全要素生产率的下降态势。而当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时,上述特征规律并未发生变化。具体而言,2016 年前 15 位农户的绿色发展位于区间 [2.2019, 3.7620],平均值为 2.9280,增长率达 192.80%,农业绿色技术效率变化 (MLTEC)、农业绿色技术进步变化 (MLTC) 的平均增长率分别为 85.21%、58.01%,表明前 15 位农户的农业绿色全要素生产率的增长源泉是绿色技术效率与绿色技术进步,并且农业绿色技术效率的贡献率,要远大于农业绿色技术进步;后 15 位农户的绿色全要素生产率位于区间 [0.3775, 0.5028],平均值为 0.4509,增长率为-54.91%,农业绿色技术效率变化 (MLTEC)、农业绿色技术进步变化 (MLTC) 的平均增长率分别为-42.63%、-20.14%,二者的“双下降”趋势导致农户的绿色发展步入下滑通道,并且农业绿色技术效率恶化程度,也显著高于绿色技术退步程度。

到 2018 年时,当使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出,前 15 位农户的绿色全要素生产率均处于上升趋势,位于区间 [1.4896, 3.5980],平均值为 2.1263,增长率达 112.63%,农业绿色技术效率变化 (MLTEC)、农业绿色技术进步变化 (MLTC) 的平均增长率分别为 64.66%、26.83%,二者共同驱动了农户绿色发展水平增长,其中农业绿色技术效率的贡献率远大于农业绿色技术进步,这表明这一时期农户生产决策的“追赶效应”优于“前沿转换效应”,即

表 4 2016 年和 2018 年基于技术优化 Malmquist-Luenberger 指数的农业绿色全要素生产率及其分解项
Table 4 Agricultural green total factor productivity and its decomposition terms based on technology-optimized Malmquist-Luenberger index for 2016 and 2018

年份 Year	排名 Rank	农户代码 Farmer code	绿色全要素 生产率 ML(1)	绿色技术 效率变化 MLTEC(1)	绿色技术 进步变化 MLTC(1)	农户代码 Farmer code	绿色全要素 生产率 ML(2)	绿色技术 效率变化 MLTEC(2)	绿色技术 进步变化 MLTC(2)	
2016	前15名 Top 15	440560	3.7512	1.9630	1.9109	500233	3.7620	1.9889	1.8915	
		350108	3.5632	1.9994	1.7821	510876	3.7029	1.9687	1.8809	
		441716	3.4232	1.9810	1.7281	440560	3.6210	1.9862	1.8231	
		510795	2.5510	1.5905	1.6039	441716	3.5514	1.9736	1.7994	
		330177	2.4194	1.9837	1.2197	500236	3.2982	1.9926	1.6552	
		360172	2.3063	1.7847	1.2923	510667	3.0436	1.9890	1.5302	
		441941	2.0632	1.5001	1.3754	500238	2.7742	1.6172	1.7154	
		510667	2.0528	1.9875	1.0329	510795	2.7659	1.5708	1.7608	
		320134	1.8947	1.7166	1.1037	510790	2.6306	1.7399	1.5120	
		130431	1.8898	1.5252	1.2390	500241	2.5685	1.6795	1.5294	
		620847	1.8680	1.6140	1.1573	620847	2.5500	1.9676	1.2960	
		140729	1.8670	1.5878	1.1758	441941	2.5474	1.6975	1.5007	
		441738	1.8566	1.2592	1.4744	621077	2.4891	1.9672	1.2653	
		330175	1.8561	1.6069	1.1551	500285	2.4136	1.7599	1.3714	
		441073	1.8424	1.4593	1.2625	220212	2.2019	1.8826	1.1696	
	后15名 Last 15	450209	0.6130	0.5539	1.1067	500149	0.5028	0.5055	0.9947	
		510401	0.6072	0.5112	1.1877	621322	0.5008	0.6390	0.7837	
		621126	0.6049	0.5947	1.0172	620970	0.4994	0.5065	0.9861	
		500149	0.5968	0.5002	1.1931	210937	0.4868	0.5110	0.9527	
		440156	0.5893	0.6336	0.9301	211800	0.4843	0.5414	0.8946	
		440508	0.5823	0.6476	0.8992	120093	0.4748	0.6871	0.6910	
		620011	0.5526	0.5456	1.0128	621197	0.4733	0.6333	0.7474	
		610328	0.5458	0.5096	1.0709	621480	0.4485	0.5712	0.7853	
		210937	0.5419	0.5216	1.0388	610328	0.4414	0.5224	0.8451	
		683126	0.5378	0.5494	0.9788	621126	0.4385	0.5567	0.7876	
		211800	0.5197	0.5230	0.9937	621289	0.4197	0.5663	0.7412	
		621289	0.5197	0.5768	0.9010	140344	0.4081	0.5782	0.7058	
		530423	0.4893	0.6008	0.8144	620011	0.4053	0.5063	0.8007	
		140344	0.4551	0.5345	0.8514	350100	0.4025	0.7712	0.5219	
		140647	0.4346	0.5121	0.8486	621476	0.3775	0.5094	0.7410	
	平均 Average	—	1.0099	1.0165	0.9928	—	1.0175	1.0294	0.9828	
	2018	前15名 Top 15	441652	3.5980	1.9986	1.8002	510650	5.4701	1.9934	2.7441
			510650	3.5806	1.9972	1.7928	441652	3.5961	1.9981	1.7998
140152			2.8038	1.9511	1.4370	440341	3.2432	1.8815	1.7237	
370448			2.4048	1.9551	1.2300	140152	2.7156	1.8185	1.4933	
530136			2.3989	1.9887	1.2062	530136	2.4714	1.9874	1.2435	
440341			2.1583	1.7552	1.2297	621236	2.4492	1.9663	1.2456	
210940			2.1467	1.7203	1.2479	370448	2.4075	1.9584	1.2293	
140361			1.8543	1.6359	1.1335	620223	2.4038	1.9329	1.2436	
550566			1.6099	1.5606	1.0316	621285	2.0741	1.7226	1.2041	
621177			1.6086	1.2917	1.2454	621177	1.9621	1.4907	1.3162	
441562			1.5932	1.3010	1.2246	210940	1.9401	1.3990	1.3868	
410858			1.5904	1.3746	1.1570	621476	1.8889	1.6638	1.1353	
130928			1.5341	1.3709	1.1191	621275	1.7729	1.5616	1.1353	
370326			1.5237	1.2862	1.1846	550566	1.7526	1.6110	1.0879	
620223			1.4896	1.5113	0.9856	620549	1.7439	1.4478	1.2046	
后15名 Last 15		530335	0.6427	0.5446	1.1801	140729	0.5781	0.5790	0.9984	
		530252	0.6312	0.5572	1.1328	520342	0.5767	0.6585	0.8758	
		620847	0.6312	0.6205	1.0172	210822	0.5730	0.5098	1.1240	
		320134	0.6239	0.5894	1.0586	500238	0.5722	0.6614	0.8651	

续表 4

年份 Year	排名 Rank	农户代码 Farmer code	绿色全要素 生产率 ML(1)	绿色技术 效率变化 MLTEC(1)	绿色技术 进步变化 MLTC(1)	农户代码 Farmer code	绿色全要素 生产率 ML(2)	绿色技术 效率变化 MLTEC(2)	绿色技术 进步变化 MLTC(2)
		450240	0.6221	0.5370	1.1584	500285	0.5625	0.5658	0.9942
		450199	0.6198	0.6053	1.0240	360172	0.5311	0.5245	1.0126
		620878	0.6143	0.6085	1.0097	621077	0.5205	0.5394	0.9650
		441941	0.6026	0.5920	1.0179	500233	0.4526	0.5897	0.7676
		620827	0.6016	0.5211	1.1544	500236	0.4447	0.5030	0.8841
		360172	0.5269	0.5280	0.9978	620847	0.4243	0.5095	0.8329
		510667	0.5207	0.5000	1.0412	510667	0.4193	0.5000	0.8386
		441716	0.4873	0.5064	0.9622	440560	0.3103	0.5019	0.6183
		330177	0.4764	0.5049	0.9436	441941	0.3021	0.5399	0.5596
		510795	0.3445	0.5271	0.6535	510795	0.2993	0.5327	0.5617
		440560	0.2393	0.5061	0.4728	441716	0.2663	0.5043	0.5281
	平均 Average	—	0.9960	0.9765	1.0200	—	0.9974	0.9713	1.0259

限于篇幅,仅展示出农业绿色全要素生产率排名前15位、后15位农户和样本农户年度均值的结果。其中,ML(1)、MLTEC(1)、MLTC(1)分别表示使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出的农业绿色全要素生产率、绿色技术效率变化、绿色技术进步变化;ML(2)、MLTEC(2)、MLTC(2)分别表示使用农业化学需氧量、总氮和总磷等标排放量等农业面源污染作为非期望产出的农业绿色全要素生产率、绿色技术效率变化、绿色技术进步变化。Due to the limitation of space, only the results of the top 15 farmers, the bottom 15 farmers and the annual average value of the sample farmers are shown. Among them, ML(1), MLTEC(1), and MLTC(1) denote agricultural green total factor productivity, green technical efficiency change, and green technological progress change using virtual household head subjective pollution perception as non-desired outputs; ML(2), MLTEC(2), and MLTC(2) denote agricultural green total factor productivity, green technical efficiency change, and green technical progress change in agriculture using agricultural non-point source pollution such as agricultural chemical oxygen demand, total nitrogen, and total phosphorus equivalents emissions as non-desired output.

农户在生产过程中更加注重资源合理配置,通过生产组织方式的更迭,打通了要素流通的“堵点”与“痛点”,而推进农业生产技术的革新步伐则相对较为缓慢,农业技术进步的“低水平循环”效应占据主导地位。另外,前15位农户中最后一位农户的农业绿色技术水平值为0.9856,出现绿色技术退步现象,进一步佐证了农户的生产技术水平依赖于前期低水平技术的现状,并未充分发挥出技术进步的引领带动作用。2018年后15位农户的绿色全要素生产率均处于下降趋势,位于区间[0.2393, 0.6427],平均值为0.5456,增长率为-45.44%,农业绿色技术效率变化(MLTEC)、农业绿色技术进步变化(MLTC)平均增长率分别为-45.01%、-1.17%,且农业绿色技术效率下降的幅度,亦远高于农业绿色技术进步,这是引致农户层面农业绿色发展降低的主要原因。此外,后15位农户中,有部分农户的农业绿色技术进步亦表现出了上升趋势,但是因农业绿色技术进步的上升幅度,要低于绿色技术效率下降幅度,故“上升—下降”的综合作用效应,使得农户的绿色发展仍处于下降阶段。而当使用农业COD、TN、TP等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时,这一规律特征同样与仅使用主观环境污染感知度作为非期望产出测算的结果保持一致。2018年前15位农户的绿色全要素生产率位于区间[1.7439, 5.4701],平均值为2.5261,增长率达152.61%,农业绿色技术效率变化(MLTEC)、农业绿色技术进步变化(MLTC)的平均增长率分别

为76.22%、41.29%,农业绿色全要素生产率及其分解项均实现正向增长,并且农业绿色技术效率和农业绿色技术进步的叠加作用,共同驱动了农户层面农业绿色发展的提升;后15位农户的绿色全要素生产率位于区间[0.2663, 0.5781],平均值为0.4555,增长率为-54.45%,农业绿色技术效率变化(MLTEC)、农业绿色技术进步变化(MLTC)的平均增长率分别为-45.20%、-17.16%,农业绿色全要素及其分解项均处于下降趋势,且同样因农业绿色技术效率和农业绿色技术进步的“双下降”,共同引致农户层面农业绿色发展处于下降阶段。

2.3 农业绿色全要素生产率的动态演变规律

基于上述测算的3245个样本农户数据,继续运用非参数核密度估计法,尝试刻画微观场域农业绿色全要素生产率的动态演变规律,结果如图1所示。

图1农户层面农业绿色全要素生产率的核密度分布结果显示,当使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出时(图1a),样本农户2016年和2018年的核密度曲线均呈单峰分布特征,中心值集中在1.0附近,波峰陡峭,两尾外延,且右尾具有拖尾现象,说明2016年和2018年的农业绿色发展集中度较高,具有集聚特点,反映出不同农户之间绿色发展分化现象不明显,同时,在中心值两侧的高低水平农户数量较少,与低水平农户相比,高水平农户的数量较多,并且表现出分散特点。而当使用农业COD、TN、TP等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出

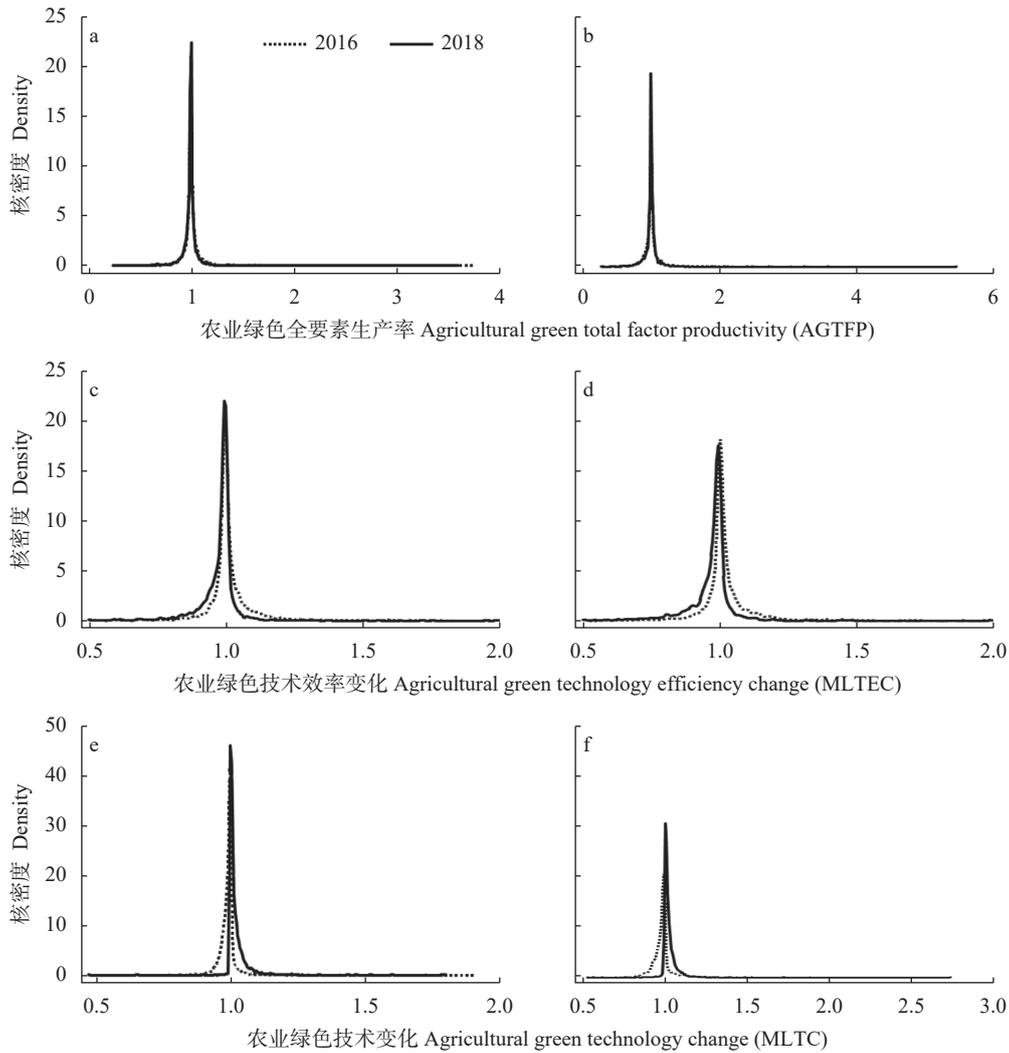


图 1 农业绿色全要素生产率 (a, b)、农业绿色技术效率变化 (c, d) 和农业绿色技术变化 (e, f) 的核密度分布

Fig. 1 Kernel density distribution of agricultural green total factor productivity (a, b), agricultural green technical efficiency change (c, d) and agricultural green technological change (e, f)

左图为使用虚拟户主的主观污染感知度作为非期望产出;右图为使用农业化学需氧量、总氮、总磷等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出。The left panel uses the subjective pollution perception of the virtual household head as the non-desired output; the right panel uses objective agricultural non-point source pollution such as agricultural chemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus equivalents emissions as the non-desired output.

时 (图 1b), 2016 年和 2018 年的核密度曲线, 亦均呈单峰分布特征, 且 2018 年的波峰高度明显高于 2016 年的波峰高度, 表明 2018 年的农户层面的农业绿色发展分布更加集聚, 两年的绿色发展中心值集中在 1.0 附近, 2018 年的曲线右尾相比于 2016 年拖尾现象显著, 说明 2018 年的高水平绿色农业发展的农户数量, 要多于 2016 年的高水平绿色农业发展的农户数量。

从图 1 农业绿色技术效率变化的核密度分布的结果显示来看, 当使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出时 (图 1c), 2016 年和 2018 年的核密度曲线均呈现单峰分布特征, 2018 年的波峰高度高于 2016 年的波峰高度, 2016 年的中心值分布在 1.0 附

近, 2018 年的中心值相比于 2016 年向左偏移, 揭示出样本期内农户的农业绿色技术效率 (MLTEC) 并未出现两级分化问题, 且 2018 年农户的农业绿色技术效率 (MLTEC) 出现退步现象, 即 2018 年低水平农户数量多于 2016 年, 2018 年高水平农户数量少于 2016 年。同时, 2016 年和 2018 年的曲线均具有两尾拖尾特征, 则意味着 2016 年和 2018 年存在少数的低水平农户和高水平农户, 这两类农户的农业绿色技术效率 (MLTEC) 差距明显。当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时 (图 1d), 2016 年和 2018 年的核密度曲线也都呈单峰分布特征, 2018 年的波峰高度低于 2016 年的波峰高度, 且 2018 年曲线中心值向左偏移的幅度较大, 表

明 2018 年农户的农业绿色技术效率 (MLTEC) 退步现象进一步加重。样本期内的曲线变化同样表现出两尾拖尾趋势, 这进一步验证了低水平农户和高水平农户之间的差异性。

从图 1 的农业绿色技术变化结果显示来看, 当使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出时 (图 1e), 2016 年和 2018 年的核密度曲线, 亦均呈单峰分布特征, 2018 年波峰高度略高于 2016 年波峰高度, 2016 年中心值集中在 1.0 附近, 2018 年中心值向右偏移, 2016 年曲线呈左尾截尾、右尾拖尾现象, 而 2018 年曲线则表现出了两尾拖尾现象的变化。这说明相较于 2016 年而言, 2018 年农户的农业绿色技术进步 (MLTC) 整体处于上升阶段, 2016 年低水平农户数量较少, 高水平农户数量相对较多, 而 2018 年高、低水平农户数量基本保持一致。当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时 (图 1f), 2016 年和 2018 年的核密度曲线也均呈单峰分布特征, 2018 年波峰高度高于 2016 年波峰高度, 表明 2018 年农户层面的农业绿色技术进步

(MLTC) 进一步向中心值趋近, 空间集聚效应显现。同时, 与 2016 年相比, 2018 年农户的农业绿色技术进步 (MLTC) 中心值向右偏移, 表明 2018 年农户的农业绿色技术进步 (MLTC) 整体处于上升趋势。值得注意的是, 2018 年核密度曲线出现左尾截尾、右尾拖尾现象, 这与仅使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出的结果不相符, 反映出 2018 年农业绿色技术进步 (MLTC) 水平低的农户数量可能出现“断崖式”下降, 在农户数量保持不变的前提下, 这部分低水平农户转移至中等水平和高水平组别中, 形成了“内推外拉”式动态转移效应, 值得进一步关注。

2.4 农业绿色全要素生产率的区域差距呈现

基于上述测算的 3245 个样本农户层面的农业绿色全要素生产率数据, 进一步运用 Dagum 基尼系数法度量其绿色发展的总体区域差距, 并按照东、中、西三大区域的空间尺度进行分解, 尝试揭示区域差距的主要来源, 2016 年、2018 年农户层的农业绿色全要素生产率的区域差距及其来源的具体结果如表 5 所示。

表 5 农业绿色全要素生产率的区域差距及其来源
Table 5 Regional gaps in agricultural green total factor productivity in and their sources

年份 Year	总体差距 Overall gap	区域内差距 Intra-regional gap	区域间差距 Inter-regional gap	超变密度 Super variable density	贡献率 Contribution rate (%)			
					区域内差距 Intra-regional gap	区域间差距 Inter-regional gap	超变密度 Super variable density	
(1)	2016	0.0466	0.0159	0.0027	0.0280	34.12	5.79	60.09
	2018	0.0362	0.0124	0.0002	0.0236	34.25	0.55	65.19
(2)	2016	0.0780	0.0274	0.0041	0.0465	35.13	5.26	59.62
	2018	0.0496	0.0174	0.0014	0.0308	35.08	2.82	62.10

(1)、(2) 分别表示使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出、使用农业化学需氧量、总氮、总磷等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出。(1) and (2) denote the use of virtual household subjective pollution perceptions as non-desired output and objective agricultural non-point source pollution such as agricultural chemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus equivalents emissions as non-desired output.

从表 5 显示的结果来看, 当使用虚拟户主主观污染感知度作为非期望产出时, 2016 年总体区域差距值为 0.0466, 2018 年总体区域差距值为 0.0362, 整体表现出下降趋势, 下降幅度为 22.32%, 说明在样本期内农户的农业绿色发展总体差距呈现不断缩小趋势。从来源分解看, 农户 2016 年农业绿色全要素生产率的区域内差距、区域间差距和超变密度值分别为 0.0159、0.0027、0.0280, 而 2018 年的三者值分别为 0.0124、0.0002、0.0236, 均处于下降态势, 并且超变密度 > 区域内差距 > 区域间差距, 意味着超变密度是引致农业绿色发展总体区域差距的主要原因。从贡献率看, 区域内差距、区域间差距和超变密度对总体区域差距的贡献率均值, 分别为 34.19%、3.17% 和 62.64%, 超变密度的贡献率, 亦远高于区域内和区域间的贡献率, 进一步佐证了总体区域差距的大部

分可以用超变密度的差异性来解释, 即不同区域间的样本交叉重叠问题对于总体差距的影响较大。

而当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时, 2016 年总体区域差距值 0.0780, 2018 年总体区域差距值为 0.0496, 农业绿色全要素生产率的总体差距表现出下降趋势。从来源分解看, 区域内差距、区域间差距和超变密度的均值, 分别为 0.0224、0.0028 和 0.0387, 超变密度 > 区域内差距 > 区域间差距, 揭示了农户层面的农业绿色全要素生产率总体差距的主要来源是超变密度。从贡献率看, 区域内差距、区域间差距、超变密度的贡献率均值分别为 35.10%、4.04%、60.86%, 也是超变密度的贡献率最大, 再次验证了上述结论, 不同区域间的样本交叉重叠问题是导致农户层面农业绿色发展总体差距的主要原因。

上述关于区域内差距和区域间差距的测度结果,并没有详细给出东、中、西部(区域内部)的差距水平,以及东—中、东—西、中—西(区域之间)的差

距水平。为了打开区域内差距和区域间差距的“黑箱”,分析了 2016 年、2018 年三大区域农户层面的农业绿色全要素生产率的区域内差距和区域间差距(表 6)。

表 6 东、中、西部农业绿色全要素生产率的区域内差距和区域间差距

Table 6 Intra-regional and inter-regional disparities in green total factor productivity in agriculture in East, Central and West

年份 Year	区域内差距 Intra-regional gap			区域间差距 Inter-regional gap			
	东 East	中 Central	西 West	东—中 East—central	东—西 East—west	中—西 Central—west	
(1)	2016	0.0551	0.0357	0.0477	0.0457	0.0515	0.0419
	2018	0.0398	0.0295	0.0382	0.0348	0.0390	0.0340
(2)	2016	0.0520	0.0450	0.0499	0.0537	0.0852	0.0857
	2018	0.0403	0.0348	0.0358	0.0377	0.0544	0.0515

(1)、(2)分别表示使用虚拟户主观污染感知度作为非期望产出、使用农业化学需氧量、总氮、总磷等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出。(1) and (2) denote the use of virtual household subjective pollution perceptions as non-desired output and objective agricultural surface source pollution such as agricultural chemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus equivalents emissions as non-desired output.

从表 6 显示的结果来看,当使用虚拟户主观污染感知度作为非期望产出时,在区域内差距中,东部、中部和西部的均值分别为 0.0475、0.0326 和 0.0430,反映出东部地区农户内部农业绿色全要素生产率的差距最大,西部地区内部农户层面的农业绿色全要素生产率的差距次之,而中部地区农户内部农业绿色全要素生产率的差距最小。在区域间差距中,样本期间内,东部—中部、东部—西部、中部—西部的均值分别为 0.0403、0.0453、0.0380,说明东部—西部之间的差距最大,农业绿色发展协同性最弱,东部—中部次之,中部—西部之间的差距最小,协同性最强。

而当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时,从区域内差距看,东部、中部和西部的均值分别为 0.0462、0.0399 和 0.0429,东部差距>西部差距>中部差距,这一规律与仅使用虚拟户主观污染感知度作为非期望产出得出的结论保持一致。从区域间差距看,样本期间,东部—中部、东部—西部、中部—西部的均值分别为 0.0457、0.0698、0.0686,东部—西部差距>中部—西部差距>东部—中部差距,而这一特征与仅使用虚拟户主观污染感知度作为非期望产出得出的结论不相符。可能的原因是,非期望产出(环境污染)涉及到农业生产的各个方面,是一个耦合性系统,单纯利用虚拟户主观污染感知度作为非期望产出时,可能会出现环境信息失真问题,可以通过增加非期望产出的衡量指标维度的方法缓解这一问题。因此,本部分在使用虚拟户主观污染感知度作为非期望产出的基础上,又利用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出重新测算结果。

3 结论与讨论

本研究主要从微观场域农业绿色全要素生产率的测度方法入手,在综合比较分析的基础上,基于微观农户视角,以技术优化的 M-L 生产率指数为基准,对比测度评价了 CFPS 数据库内 3245 户,具有代表性的跨 3 期农户在样本期内的农业绿色全要素生产率,并进一步采用核密度估计法和 Dagum 基尼系数法,分别揭示了样本农户层面农业绿色全要素生产率的动态演变规律及其区域差异特征,主要研究发现如下:

第一,从测度结果来看,样本期内微观场域的农业绿色全要素生产率均值为 1.0030,总体发展趋势良好。农户 2016 年的农业绿色全要素生产率(ML)均值为 1.0099,农业绿色发展处在良好的增长态势;技术效率变化(MLTEC)、技术进步变化(MLTC)的均值分别为 1.0165、0.9928,说明农户的绿色农业技术效率的提升是主要助推因素,而技术进步变化相对缓慢。到 2018 年农户的农业绿色全要素生产(ML)均值为 0.9960,出现了下降态势,对应的技术效率变化(MLTEC)和技术进步变化(MLTC)的均值分别为 0.9765 和 1.0200,说明了绿色农业技术效率提升没有实现可持续的溢出效应,技术进步变化的革新功能起到了助推作用。而当使用农业 COD、TN、TP 等标排放量等客观农业面源污染作为非期望产出时,结果完全一致,仅指数数值略有变化,显示了结果的稳健性。

第二,从引致因素来看,无论是采用主观环境评价得分,还是使用客观的省级层面的环境污染数据(农业 COD、TN 和 TP 的等标排放量)作为非期望产出的替代指标,在农业绿色全要素生产率水平较高的农户中,农业绿色技术进步(MLTC)和农业绿色技

术效率 (MLTEC) 都是共同引致其绿色增长的驱动因素, 并且后者的贡献大于前者; 而在农业绿色全要素生产率水平较低的农户中, 农业绿色技术效率与农业绿色技术进步的“双下降”是引致其绿色发展步入下滑通道的约束要素, 且前者的恶化程度显著高于后者的退步程度。因此, 农户资源配置、管理模式及组织方式的改善优化, 在现阶段是农户层面提升农业绿色全要素生产率的关键, 其影响相对高于农业生产技术的革新。

第三, 从动态演变规律来看, 在农业绿色全要素生产率方面, 2016 年和 2018 年的集中度较高, 呈现出鲜明的集聚性, 分化现象不明显, 且 2018 年高水平绿色发展农户的数量远多于 2016 年; 在农户的农业绿色技术效率 (MLTEC) 方面, 2016 年和 2018 年并未出现两级分化问题, 2018 年低水平农户数量多于 2016 年, 出现退步现象, 且高、低水平两类农户的农业绿色技术效率 (MLTEC) 差距明显; 在农户的农业绿色技术进步 (MLTC) 方面, 整体处于上升阶段, 2016 年低水平农户数量较少, 高水平农户数量相对较多, 而 2018 年高、低水平农户数量基本保持一致, 且空间集聚效应显现, 2018 年农业绿色技术进步 (MLTC) 水平低的农户数量出现“断崖式”下降, 在农户数量保持不变的前提下, 这部分低水平农户转移至中等水平和高水平组别中, 形成“内推外拉”式动态转移效应。因此, 在全面推进农业农村现代化, 加快农业绿色转型进程中, 要警惕并防止农户的“两极分化”。

第四, 从区域差距来看, 农户样本期内农业绿色全要素生产率的总体差距呈不断缩小趋势, 降幅达 22.32%。从来源分解看, 超变密度是导致农业绿色全要素生产率总体区域差距的主要原因; 从贡献率看, 超变密度的贡献率远高于区域内、区域间的贡献率, 说明不同区域间的样本交叉重叠问题是导致农户层面农业绿色全要素生产率总体差距的主要原因。更进一步地, 从区域内差距看, 东、西部地区内部农户层面农业绿色全要素生产率的差距依次递减; 从区域间差距看, 样本期间内, 东部—西部、东部—中部、中部—西部之间的差距不断缩小, 协同性不断增强, 但这种差距易受到环境因素影响, 值得重视和关注。

需要指出的是, 相比于已有研究, 本文以当前农业生产的重要主体、且占优势的微观农户为研究对象, 基于全国大样本的 CFPS 数据为实证蓝本, 通过严谨规范地测度分析, 拓展了研究视角、丰富了方

法应用, 对促进微观农业绿色全要素生产率的提升有现实的借鉴意义, 对助推农户加速绿色转型升级、加快建设农业强国具有科学参考价值。但受制于现实主客观条件的约束, 上述研究尚存以下缺憾与不足, 有待于以后从如下方面展开更为深入、细致的探讨: 一是囿于 CFPS 数据库并非专门针对农业绿色发展的专项调查数据, 因而基于数据可得性的现实困难, 本研究在变量选取、指标设定和匹配处理上存在一定不足, 个别指标刻画的细致深入程度不够, 未来可以利用农业大数据, 适时开展大样本的微观持续追踪调查, 力求得到更为精准、更加深入的研究结论。二是农业绿色发展近年来推进迅速, 但 CFPS 2020 目前公开发布的为内部测试版, 且仅提供个人库和少儿家长代答库, 其他数据集还在清理和评估中, 无法满足研究需要, 只能待后续再继续追踪、比较深化研究。三是由于样本数据中个体、家庭的部分数据缺失值过多, 因而难以探究更多变量对农业绿色全要素生产率的影响, 值得作为进一步研究内容, 不断挖掘其对农业绿色转型政策实施、完善与推广的现实空间。这些问题也有待相关后续研究的讨论、检验与解答, 使其对实践具有更强的指导性。

参考文献 References

- [1] 王建宏, 张文攀. 加快建设乡村全面振兴样板区——访宁夏回族自治区党委副书记陈雍代表[N]. 光明日报, 2022-10-22
WANG J H, ZHANG W P. Accelerating the construction of a model area for the comprehensive revitalization of the countryside: interview with Yong Chen, Deputy Secretary of the Party Committee of Ningxia Hui Autonomous Region[N]. Guangming Daily, 2022-10-22
- [2] 冯欣, 姜文来, 刘洋, 等. 绿色发展背景下农业水价综合改革研究[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(10): 25-31
FENG X, JIANG W L, LIU Y, et al. Research on comprehensive reform of agricultural water price under the background of green development[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(10): 25-31
- [3] 程永生, 张德元, 赵梦婵. 黄河流域生态保护和高质量发展的时空演变与驱动因素[J]. 经济体制改革, 2021(5): 61-69
CHENG Y S, ZHANG D Y, ZHAO M C. Spatial-temporal evolution and driving factors of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin[J]. Reform of Economic System, 2021(5): 61-69
- [4] 李政大, 赵雅婷, 袁晓玲. 基于公众参与的中国绿色共治实现路径研究[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2021, 41(6): 98-113
LI Z D, ZHAO Y T, YUAN X L. Research on the path of China's Green Co-governance based on public participation[J]. Modern

- Finance and Economics-Journal of Tianjin University of Finance and Economics, 2021, 41(6): 98-113
- [5] 谭日辉, 刘慧敏. 中国农业绿色全要素生产率空间关联网络特征演化及影响因素[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2022, 30(12): 2011-2022
- TAN R H, LIU H M. Characteristic evolution and influencing factors of the spatial correlation network of agricultural green total factor productivity in China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2022, 30(12): 2011-2022
- [6] 李翔, 杨柳. 华东地区农业全要素生产率增长的实证分析——基于随机前沿生产函数模型[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(6): 62-68, 154
- LI X, YANG L. An empirical analysis of agriculture total factor productivity growth in East China — Based on stochastic frontier production function model[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2018(6): 62-68, 154
- [7] 黄祖辉, 扶玉枝, 徐旭初. 农民专业合作社的效率及其影响因素分析[J]. 中国农村经济, 2011(7): 4-13, 62
- HUANG Z H, FU Y Z, XU X C. Analysis of the efficiency of farmers' professional cooperatives and its influencing factors[J]. Chinese Rural Economy, 2011(7): 4-13, 62
- [8] EMROUZNEJAD A, YANG G L. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2018, 61: 4-8
- [9] 程永生, 张德元, 赵梦婵, 等. 人力资本视角下雾霾污染对长江经济带绿色高质量发展的影响研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2022, 28(5): 46-60
- CHENG Y S, ZHANG D Y, ZHAO M C, et al. Research on the impact of haze pollution on the high-quality development of the Yangtze River Economic Belt from the perspective of human capital[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2022, 28(5): 46-60
- [10] APARICIO J, BARBERO J, KAPELKO M, et al. Testing the consistency and feasibility of the standard Malmquist-Luenberger index: environmental productivity in world air emissions[J]. Journal of Environmental Management, 2017, 196: 148-160
- [11] 潘丹. 考虑资源环境因素的中国农业生产率研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012
- PAN D. Study on China agricultural productivity incorporating water resource and agricultural non-point source pollution factors[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012
- [12] 程永生. 农业社会化服务对于绿色全要素生产率的影响研究——基于农户要素禀赋的视角[D]. 合肥: 安徽大学, 2022
- CHENG Y S. Research on the influence of agricultural socialization service on green total factor productivity: based on the perspective of farmer household's factor endowments[D]. Hefei: Anhui University, 2022
- [13] 康亚文, 彭博, 赵浚夷, 等. 基于Meta分析的中国农业全要素生产率研究[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(2): 67-80
- KANG Y W, PENG B, ZHAO J Y, et al. Study on the China's agricultural total factor productivity estimations based on Meta-analysis[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2022, 43(2): 67-80
- [14] 王璐, 杨汝岱, 吴比. 中国农户农业生产全要素生产率研究[J]. 管理世界, 2020, 36(12): 77-93
- WANG L, YANG R D, WU B. A study on total factor productivity of agricultural production of rural households in China[J]. *Management World*, 2020, 36(12): 77-93
- [15] 李谷成, 冯中朝, 范丽霞. 小农户真的更加具有效率吗? 来自湖北省的经验证据[J]. 经济学(季刊), 2010, 9(1): 95-124
- LI G C, FENG Z C, FAN L X. Is the small-sized rural household more efficient? the empirical evidence from Hubei Province[J]. China Economic Quarterly, 2010, 9(1): 95-124
- [16] 黄书苑, 马丁丑. 西北地区家庭林业全要素生产率测算及收敛性分析——基于陕甘两省7年的1000个固定样本[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(2): 21-27
- HUANG S Y, MA D C. Measurement and convergence analysis of total factor productivity of family forestry in Northwest China[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(2): 21-27
- [17] XIE Y. The User's Guide of the China Family Panel Studied[M]. Beijing: Institute of Social Science Survey, Peking University, 2012
- [18] 周应恒, 杨宗之. 生态价值视角下中国省域粮食绿色全要素生产率时空特征分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(10): 1786-1799
- ZHOU Y H, YANG Z Z. Temporal and spatial characteristics of China's provincial green total factor productivity of grains from the ecological value perspective[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, 29(10): 1786-1799
- [19] 程永生, 张德元, 汪侠. 农业社会化服务的绿色发展效应: 基于农户视角[J]. 资源科学, 2022, 44(9): 1848-1864
- CHENG Y S, ZHANG D Y, WANG X. Green development effect of agricultural socialized services: an analysis based on farming households' perspective[J]. *Resources Science*, 2022, 44(9): 1848-1864
- [20] MATHENGE M, SMALE M, TSCHIRLEY D. Off farm employment and input intensification among smallholder maize farmers in Kenya[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2015, 66: 519-536
- [21] 白南生, 李靖, 陈晨. 子女外出务工、转移收入与农村老人农业劳动供给——基于安徽省劳动力输出集中地三个村的研究[J]. 中国农村经济, 2007(10): 48-54
- BAI N S, LI J, CHEN C. Children's work outside the home, transfer income and agricultural labor supply of rural elders: a study based on three villages in Anhui Province where labor export is concentrated[J]. Chinese Rural Economy, 2007(10): 48-54
- [22] 刘敏. 农机投入对农业绿色全要素生产率的影响及门槛效应研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2020
- LIU M. Study on the influence and threshold effect of farm machinery input on green total factor productivity of agriculture[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2020
- [23] 王云凤. 技术异质性视角下中国农业效率综合评价研究[D].

- 天津: 天津商业大学, 2022
- WANG Y F. Research on comprehensive evaluation of agricultural efficiency in China under the view of technological heterogeneity[D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2022
- [24] 钱龙. 非农就业、农地流转与农户农业生产变化[D]. 杭州: 浙江大学, 2017
- QIAN L. Off-farm employment, land transfer and changes in agricultural production[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017
- [25] 张景娜, 张雪凯. 互联网使用对农地转出决策的影响及机制研究——来自CFPS的微观证据[J]. 中国农村经济, 2020(3): 57-77
- ZHANG J N, ZHANG X K. The impact of Internet use on the decision-making of farmland transfer and its mechanism: evidence from the CFPS data[J]. Chinese Rural Economy, 2020(3): 57-77
- [26] 杨芳. 社会网络对农户生产决策的影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2019
- YANG F. Research on the impact of social network on the production decision of rural household[D]. Chongqing: Southwest University, 2019
- [27] 王越晗, 黄雨露, 夏煜, 等. 基于文献计量和可视化分析的中国水生态环境治理研究热点与趋势[J]. 长江科学院院报, 2022, 39(9): 137-143
- WANG Y H, HUANG Y L, XIA Y, et al. Research hotspots and trends of water eco-environmental governance in China based on bibliometric and visual analysis[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2022, 39(9): 137-143
- [28] 常明. 农户兼业行为影响灌溉效率吗?——基于CFPS的微观证据[J]. 农林经济管理学报, 2020, 19(6): 681-689
- CHANG M. Can farmers' concurrent business behavior affect irrigation efficiency? A study based on microscopic evidence from CFPS[J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2020, 19(6): 681-689
- [29] 吴国松, 姚升. 要素市场扭曲下农业绿色全要素生产率测度及效应研究[J]. 生态经济, 2021, 37(1): 96-102, 115
- WU G S, YAO S. Measurement and effect of agricultural green TFP under factor market distortion[J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(1): 96-102, 115
- [30] 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, 9(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, 9(9): 1184-1187
- [31] CHENG Y S, ZHANG D Y. Spatial and temporal differentiation trends and attributions of high-quality development in the Huaihe Eco-economic Belt[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2023, 14(3): 517-532