中国农业大学学报 2024,29(7):232-245
Journal of China Agricultural University http://zgnydxxb.ijournals.cn

汪婧宇,张园圆,徐彩瑶,孔凡斌.绿色食品认证能否提升家庭农场的绿色全要素生产率?[J].中国农业大学学报,2024,29(07):232-245.
WANG Jingyu, ZHANG Yuanyuan, XU Caiyao, KONG Fanbin. Can green food certification improve green total factor productivity of family farms?[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(07):232-245.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.07.21

绿色食品认证能否提升家庭农场的绿色全要素生产率?

汪婧宇[1] 张园圆[2] 徐彩瑶[1] 孔凡斌[3*]
(1. 浙江农林大学 生态文明研究院,杭州 311300;
2. 北京林业大学 经济管理学院,北京 100083;
3. 南京林业大学 数字林业与绿色发展研究院,南京 210037)

摘 要 为厘清绿色食品认证对农业绿色全要素生产率的影响机制,基于江苏省626份种植类家庭农场调研数据,采用超效率SBM模型估计家庭农场绿色全要素生产率,并通过倾向得分匹配法(PSM)构建反事实假设,估计绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率的平均处理效应,并基于回归调整方法验证了获得绿色食品认证对其绿色全要素生产率提升的作用机制。结果表明:1)参与合作社、交易正规化、注册商标对家庭农场获得绿色食品认证具有正向作用,土地规模起负向作用;2)绿色食品认证显著促进家庭农场绿色全要素生产率提升,提升量为0.158;3)对绿色全要素生产率的分解结果显示,获得绿色食品认证通过经济激励、环境约束与商业联结3条路径作用于家庭农场,各驱动要素贡献率分别为49.07%、35.32%和15.61%。因此,相关政策应加强农产品认证体系建设,保障农业生产者利益,促进农业生产组织之间的商业联结,进而提升农业绿色全要素生产率。

关键词 家庭农场;绿色食品认证;绿色全要素生产率;倾向得分匹配法
中图分类号 F325.1 **文章编号** 1007-4333(2024)07-0232-14 **文献标志码** A

Can green food certification improve green total factor productivity of family farms?

WANG Jingyu[1], ZHANG Yuanyuan[2], XU Caiyao[1], KONG Fanbin[3*]
(1. Institute of Ecological Civilization, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China;
2. College of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
3. Institute of Digital Forestry & Green Development, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract In order to clarify the impact mechanism of green food certification on the green total factor productivity of agriculture, this study uses the super SBM model and propensity score matching to estimate the impact of green food certification (GFC) on the green total factor productivity (GTFP) of family farms and decompose the internal mechanism of GTFP improvement. The results show that: 1) Cooperatives, formalized transactions and registered trademarks have positive effect on obtaining green food certification, while land size has negative effect; 2) GFC has significant effect on improving GTFP, with an increase of 0.158. 3) GFC affects GTFP through economic incentives, environmental constraints and business connections. The contribution rates of each driving factor are 49.07%, 35.32% and 15.61%, respectively. In conclusion, relevant policies should strengthen the construction of the agricultural product certification system, safeguard the interests of agricultural producers, promote business connections among

收稿日期:2023-11-08
基金项目:浙江省哲学社会科学规划课题(24NDQN180YBM);国家自然科学基金项目(42301328,42371294,42071283);
第一作者:汪婧宇(ORCID:0009-0005-5144-5637),讲师,主要从事农林经济、生态经济、资源环境经济研究,E-mail:wangjy@zafu.edu.cn
通讯作者:孔凡斌((ORCID:0000-0003-4539-5272),教授,主要从事生态经济、农林经济、资源环境经济研究,E-mail:kongfanbin@aliyun.com

agricultural production organizations and enhance the green total factor productivity of agriculture.

Keywords　green food certification; family farms; green total factor productivity; propensity score matching

绿色全要素生产率将产业发展与环境代价置于同一分析框架内，是践行可持续发展观念的重要指标[1]。在我国“大国小农”的基本国情下，家庭农场是推动中国农业绿色发展的“合意”主体[2-3]。一方面，家庭农场经营者具有“理想农民”的特征，其规模突破了传统“小农”的限制，同时拥有较为先进的生产技术和较强的经济实力，其更接近“理性经济人”假设[4]；家庭农场通过适度规模经营来提高土地产出率、劳动生产率和资源利用率，可以有效提高资源的配置效率[5]。另一方面，家庭农场的生产经营者契合农业现代化对“新农人”的要求，具有对信息、技术和新理念的高度敏感性，以及对于社会、生态、环境的高度主人翁意识，从观念上促进了耕地保护与社会经济的可持续发展[6]。因此，相较于公司制的农业生产企业，家庭农场因其本身的“地缘性”，在生产过程中更积极地响应环境友好型技术的革新，从而避免对地力与环境的掠夺式发展[7]。然而，在实际生产中，家庭农场的绿色经营效果随规模扩张和数量倍增呈现出差异性分化状态，绿色生产效率并不理想。因此，以绿色食品标签为抓手，探索有效提高家庭农场绿色全要素生产率的途径具有重要意义。

绿色农业与农产品质量安全强调了建立健全以“三品一标”为主的产品质量认证体系[8]。与无公害农产品、有机产品和地理标志农产品相比，绿色食品认证作为我国生态文明和粮食安全的可取手段，更具有生产成本和安全要求的适中性，与大多数消费者收入水平匹配，是我国安全优质农产品的主导品牌。绿色食品是指产自优良产区符合绿色食品标准，并按规定程序获得绿色食品标志的食品[9-10]。绿色食品认证一方面通过对产地生态环境和生产过程中农药、化肥等化学合成物质的规范与控制，促使农户生产绿色化；另一方面通过市场机制带来产品附加值的提升，促进农民增收。从而实现环境效益和经济效益的协调统一[11]，并最终提高农业绿色全要素生产率。

绿色食品认证对农户绿色生产的影响主要体现在以下2个方面：一方面从经济角度来看，该认证通过标签的方式向消费者传递农产品的质量信息，降低了信息不对称[12]。其市场价值和市场前景获得了广泛的认可，因此，获得绿色食品认证能够提高产品销售价格，保障了农产品竞争力与农民自身收益[13]。理性生产者对于利润的追求会促使其农业生产方式的变革，由量向质转变，积极生产出品质优良、生态安全的农产品，在收益激励的促进下提升农户的经济收益和绿色生产效率[14-16]；另一方面从环境角度来看，绿色食品认证通过政府种植监管和收购商农药残留检测来规范农产品生产过程，同时反过来促进家庭农场的技术革新。绿色食品认证不仅可以增加生产者绿色技术采用的可能性和采用程度[8]，还可以督促生产者减少施用化学生产资料、增施有机肥料、积极采取水土保持措施和加强农田污水处理[17]。因此，绿色产品认证可通过经济激励与环境约束增强农户的绿色生产行为。

绿色食品认证在降低环境压力的同时，其认证过程中的严格要求必然同时带来成本压力的激增与产品收益的共同提升。已有研究对绿色产品认证带来的经济效益的作用大小与机制路径进行了较为完备的理论与实证分析，如产品认证通常会引致劳动力成本激增[18]，并伴随着销售价格的提升[16]。产品认证对于农户福利与生产效率的影响研究表明：有机产品认证能够有效提高农业经营绩效[19]，地理标志农产品认证可以显著提升中草药种植农户的生产效率[20]；绿色食品认证与有机食品认证均可以提升蔬菜种植户的技术效率[21]。然而，绿色食品认证的经济效益与环境效益协同评估的相关研究较少。对于绿色食品认证是否可以诱致农户生产技术的进步或者要素的优化配置，从而提升农场的绿色全要素生产率？具体诱因是什么？贡献率如何？这些问题的研究，有助于准确衡量绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率的作用效果及作用路径，对于践行可持续发展观念，提高全要素生产率具有重要意义。

农业全要素生产率强调环境与经济效益的协调统一，当前被广泛应用于环境-经济协同分析研究。传统的农业生产效率测算未考虑资源环境的约束因素，着重关注期望产出，如何将非期望产出考虑在内，成为系统测算农业生产效率的关键[22]。农业绿色全要素生产率通过将资源环境变量纳入到生产效率的测度框架中，在充分肯定农业生产经济效益的同时关注其环境代价，从而兼顾农业生产

的经济与环境双重目标[23-24]。因此，本研究采用绿色全要素生产率将农业生产的经济效益与环境代价纳入同一分析框架进行衡量。从方法上看，全要素生产率的测算方法以有参数的随机前沿分析（Stochastic Frontier Approach）和非参数的数据包络分析（Data Envelopment Analysis，DEA）为主，但其难以处理投入产出变量中同时具有径向和非径向特征的情况，对存在期望和非期望产出的测算能力更是有限[25]；超效率SBM模型（Super-Slacks Based Measure）解决了以往有效决策单元难以比较的问题，并考虑到期望产出与非期望产出[26]。

虽然已有研究对绿色食品认证带来的经济效益和环境效益分别进行了评估分析，但是尚存以下不足：1）缺乏将绿色食品认证对于经济与环境的影响放在整体分析框架中的文献，缺乏对该政策有效性的综合验证。2）虽然有单独验证绿色产品认证带来的溢价，以及其带来的环境保护作用，但二者之间可能会存在一个相互掩盖的情况。此外，追求高额的溢价而带来过度废弃物排放，并未被纳入绿色食品监管的碳排放，或者为了片面追求环境效益而大量投入人力物力或牺牲产量，这二者均不是农业可持续发展的目标。3）没有考虑绿色食品认证带来的不可观测因素对经营主体的影响带来的偏差。而绿色全要素生产率考虑了生产过程中的投入和环境污染，能综合经济、环境双重影响，从而度量家庭农场的绿色可持续发展效率，为解决上述问题提供了新的思路。

因此，为构建绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率作用的微观理论模型，本研究拟将绿色食品认证对环境和经济的影响纳入同一分析框架，对以往单一指标评价进行了补充；同时，考虑到家庭农场获得绿色食品认证中存在的“自选择”偏差，本研究基于江苏省626户种植类家庭农场的调查数据，运用倾向得分匹配法（Propensity Score Matching，PSM）构建反事实框架，衡量绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率的提升效应，并揭示其作用路径，以期为相关政策的完善提供依据。

1 绿色食品认证影响家庭农场绿色全要素生产率的理论分析

根据全要素生产率分析框架，绿色全要素生产率的提高主要体现在生产前沿扩张和个体技术效率改善2个方面[26]。前者源于绿色产业发展、新技术的采用等促进了技术进步从而引发的生产前沿的扩张；后者源于生产者对生产要素的优化组合。从绿色全要素生产率提升的方式来看，农业经营者通常依赖于包括个人学习能力、经营管理能力在内的个人禀赋来实现效率的改善。而获得绿色食品认证的生产者除受到自身禀赋的影响外，还可以获得在紧密的利益联结机制促进下的外部增效。具体而言，通过经济激励，可以驱使生产者改善生产方法、引用绿色技术，同时优化生产要素组合，进一步降低技术非效率；通过商业联结来获取市场信息，从而缩小与先进技术的差异；通过环境约束，促使经营者采用绿色技术，从而降低非期望产出的排放。据此构建本研究的理论分析框架，见图1。

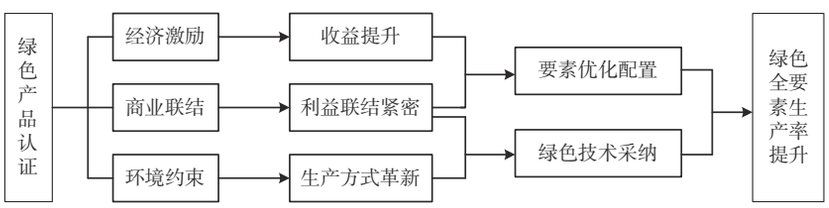

图1 绿色食品认证理论分析框架

Fig. 1 Framework for theoretical analysis of green food certification

绿色食品认证通过经济激励促进绿色全要素生产率提升。一方面，绿色食品认证为农产品赋予了溢价效应。由于认证过程涉及标准制定、监督和验证，绿色食品在生产经营中除了要承担传统成本，还需要负担认证过程中涉及的各类成本，因此绿色食品价格相较于普通食品价格，往往存在较高的溢价[10]。绿色认证标志成为消费者在购买产品时的重要参考，出于对绿色食品的偏好需求以及对食品安全和环境保护的关注，导致其愿意以较高的价格购买质量安全的农产品。家庭农场经营兼具企业与小农的特点，即一旦有经济利益的刺激，便会为了追求利润而创新。因此，市场需求的增加会

激励家庭农场向绿色生产方向转型，并增加生产安全农产品的产量和质量。另一方面，绿色食品认证为农产品带来了品牌效益。绿色食品标志不仅突出了食品的“绿色”属性，还体现了品牌公信力和核心竞争力[27]。生活水平的提升势必带来对绿色食品的旺盛需求[13]，而认证标志是消费者购买食品时的重要指标，可以增加其对产品的信任程度。同时，绿色认证也为农产品开拓国外市场提供了便利条件，提高农产品品质和行业竞争力，进而带动农业生产者增收。基于上述分析，绿色食品认证将会提升农产品的附加值，从而提升家庭农场绿色全要素生产率核算体系中的期望产出，据此提出研究假说1：

H1：绿色食品认证通过经济激励提高绿色全要素生产率。

绿色食品认证通过商业联结促进绿色全要素生产率提升。商业联结是指各方利益主体在进行市场交易时通过合作的方式共同受益。具体到绿色食品认证层面：首先，绿色食品认证的申请需提供质量控制体系、产品执行标准、质量管理手册等企业层面的材料，该认证强化了家庭农场与企业之间的信息共享和协同合作，促进二者之间建立紧密的利益联结机制，形成利益共同体，提升农户利益分配占比。其次，绿色食品认证作为一种市场认可的标志，有助于提高农产品的附加值和竞争力，从而拓宽绿色食品的销售渠道。在市场交易模式下，家庭农场与下游主体之间是纯粹的市场买卖关系，可以通过统一的销售服务或签订溢价合同直接参与农产品销售，将原本市场化的临时交易转化为产业组织内部的长期合作，降低生产经营过程中的交易成本[28]。基于上述分析，绿色食品认证通过商业联结提升了作为家庭农场绿色全要素生产率核算体系中的期望产出，同时通过交易成本的降低减少了核算体系中的成本投入部分，据此提出研究假说2：

H2：绿色食品认证通过商业联结提高绿色全要素生产率。

绿色食品认证通过环境约束促进绿色全要素生产率提升。一方面，客观的环境监测标准能够提升农场经营者的环境保护意识。绿色食品认证对产地环境质量与产品均进行检测，对农场经营环境提出了包括大气、水、土壤中污染物在内的约束[29]。同时，绿色食品认证可以矫正农业生产者对于产量的盲目追求，促进生产环节中资源环境意识的融入[10]。这种环境约束可以激励农场经营者采取绿色和可持续的农业管理措施。另一方面，环境约束可以促进生产主体采纳绿色生产技术。绿色食品认证要求农业生产必须采取节约和合理利用资源的生产措施，这种正式的环境约束会促使家庭农场经营者采用新的生产技术来提高产品附加值、降低污染物排放[30]。与传统小农户相比，家庭农场这类新型经营主体具有规模化、专业化和组织化特征，对应用绿色生产技术的响应能力更强，因而在环境约束下，其绿色发展绩效也会随之增加[31]。基于上述分析绿色食品认证在环境约束下降低了作为家庭农场绿色全要素生产率核算体系中的非期望产出，据此提出研究假说3：

H3：绿色食品认证通过环境约束提高绿色全要素生产率。

以上分析表明，绿色食品认证通过经济激励、商业联结和环境约束提升家庭农场的绿色全要素生产率核算体系中的期望产出，降低投入与非期望产出。据此提出研究假说4：

H4：绿色食品认证对提升家庭农场绿色全要素生产率具有正向影响

2　数据来源、模型构建与变量选取

2.1　数据来源

本研究数据来源于本课题组2022年2月在江苏省展开的种植类家庭农场调查。江苏省完成注册的家庭农场共有16.8万家，其中各级示范家庭农场近2万家，土地经营面积约147万 hm^2 占全省承包土地流转面积近七成。粮食种植类农场约6.6万家、土地经营面积超100万 hm^2，分别占全省家庭农场总数和农场土地经营面积的39%和73%，是江苏省数量最多、贡献最大的家庭农场群体。

2.2　模型构建

由于家庭农场能否取得绿色食品认证并非随机事件，而是农场经营者自主自愿申请并获得批准后获得，因此样本农场是否获得绿色食品认证并非随机，存在样本自选择问题。同时，绿色食品认证对家庭农场环境禀赋及生产技术有一定的要求，导致绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率的影响存在选择偏差。因此，通过反事实假设来衡量

认证农场的绿色全要素生产率与其未获得认证时是否存在差异，用ρ_i表示农场i是否取得绿色食品认证引起的绿色全要素生产率变化，计算公式如下：

$$\rho_i=(1-c_i)\times\rho_{0i}+c_i\times\rho_{1i}=c_{0i}+\rho_i\times(\rho_{1i}-\rho_{0i}) \tag{1}$$

式中：c_i为家庭农场i是否获得绿色食品认证的二元随机变量，$c_i=1$为已获得绿色食品认证，其绿色全要素生产为ρ_{1i}；$c_i=0$为未获得绿色食品认证，其绿色全要素生产为ρ_{0i}；$\rho_{1i}-\rho_{0i}$为家庭农场i获得绿色食品认证带来的绿色全要素生产率变化。

由于家庭农场在是否获得绿色食品认证是非随机的、自选择的，因此本研究采用倾向得分匹配方法（PSM），即在未取得绿色食品认证的农场集合中，为每个取得绿色食品认证的农场选择一个或者一些未取得的农场进行匹配。平均处理效应（ATT）即取得绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率的影响，$E(\rho_{1i}-\rho_{0i}|c_i=1)$。在条件期望独立假设下，通过估计每个个体的倾向得分$P(X_i)$，从而配对取得认证和未取得认证的不同农场，平均处理效应的计算公式如下：

$$\mathrm{ATT}=\frac{1}{N_1}\left(\rho_{1i}-\sum\nolimits_{j\in c(P_1)}\omega_{ij}\rho_{0i}\right) \tag{2}$$

式中：N_1为处理组（取得绿色食品认证农场）的样本量；$c(P_i)$为处理组第i个样本的配对组；ω_{ij}为样本i在配对组中每个样本的权重，且$\sum_{j\in c(P_i)}\omega_{ij}=1$。在不同的配对方法下，$c(P_i)$和$\omega_{ij}$也会存在差异。本研究主要选用K近邻匹配法、半径匹配法和核匹配法3种PSM方法对ATT进行估计。

本研究借鉴李晗等[21]的分解方法，对家庭农场绿色全要素生产率的提升路径及各个路径贡献率展开进一步验证。构建各驱动因素对效率增长量的回归方程如下：

$$\rho_i=\alpha_0+\alpha_1F_{i1}+\alpha_2F_{i2}+\cdots+\alpha_nF_{in}+\xi_i \tag{3}$$

式中：ρ_i为农场i的取得绿色食品认证带来的绿色全要素生产率变化；$F_{i1},F_{i2},\cdots,F_{in}$为处理组与对照组农场之间的驱动因素的差值；$\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_n$为各驱动因素的待估计系数。

2.3 核心变量核算

2.3.1 绿色食品认证

本研究选用反事实假设的方法分析绿色食品认证对于家庭农场绿色全要素生产率的处理效应，因此将其设置为虚拟变量。家庭农场种植的农产品中有获得了绿色食品认证的，赋值为1，视为处理组，没有获得绿色食品认证的农场赋值为0，视为对照组。

2.3.2 绿色全要素生产率

常见的基于投入产出法的效率分析模型主要有参数法与非参数法2类。考虑到绿色全要素生产率具有多投入、多产出的特点，DEA模型可以进行有效识别，被广泛应用。而超效率（Super-Efficiency）DEA模型则克服了多个评价单元同处于生产前沿面时无法评价的问题。因此，本研究采用的超效率DEA模型对家庭农场绿色全要素生产率进行评估。

2.3.3 评价指标体系构建

绿色全要素生产率因强调环境与经济效益的协调统一，将资源环境变量纳入到生产效率的测度框架中，而兼顾农业生产的经济与环境双重目标[23]。参考相关研究[24]从投入和产出（包括期望产出与非期望产出）两方面构建家庭农场绿色全要素生产率评价指标体系，详见表1。在投入指标中，本研究在包含传统的农业土地、劳动力、资本的基础上，将能源与资源投入变量纳入评估体系。具体而言，劳动投入包括家庭劳动力投入，长期与短期雇工，以单位劳动力的劳动时间来衡量。土地包括自家承包土地、流转与租赁、投资土地在内的多种类型农场实际经营土地面积之和；资本投入包括购买种子、租用机械等的直接资金投入，也包括化肥、农药、农膜与除草剂使用量的实物投入。能源与资源投入方面，考虑到该类生产要素投入无法通过货币直接衡量，以农场经营中消耗占比较大的柴油与电力使用量表征农业能源投入，并参考潘丹等[32]的处理方法，以有效灌溉面积为评价衡量农业水资源投入。

在产出指标中，期望产出为农场经营的经济效益即农场农业总收入，非期望产出则考虑农场生产经营带来的环境压力，参考郭海红等[26]的研究，以碳排放量与面源污染来表示。

2.3.4 农场碳排放量核算

本研究从农业生产活动和作物生长活动两方面对农场的碳排放进行核算。就生产活动而言，参考刘华军等[33]与田云等[34]的研究，将农业生产中存

表 1　绿色全要素生产率评价指标

Table 1　Indicator system of green total factor productivity

指标类型 Indicator type	一级指标 First level indicator	二级指标 Secondary indicator	指标含义 Indicator definition	单位 Unit
投入指标 Input indicator	劳动投入 Labor input	劳动力	人数×劳动天数	
	土地投入 Land input	土地	实际经营土地面积	66.67 hm^2
	资本投入 Capital input	资金	购买种子、租用机械等资金投入	万元
		化肥使用量	化肥折纯施用量	kg
			有机肥折纯施用量	kg
		农药使用量	农药折纯施用量	kg
		农膜使用量	农膜使用量	kg
		除草剂使用量	除草剂使用量	mL
	能源与资源投入 Energy and resource input	柴油使用量	农用柴油使用量	L
		农业用电量	农业用电量	kW·h
		农业用水量	有效灌溉面积	hm^2
产出指标 Output indicator	期望产出 Desired output	农业总收入	农业总收入	万元
	非期望产出 Undesirable output	碳排放	碳排放量	T
		面源污染	面源污染排放量	m^3

在的碳排放源分为6类，并依据碳排放系数进行核算与汇总。

就作物生长而言，本研究参考田云等[34]和闵继胜等[35]研究，认为江苏省水稻生产过程中的甲烷排放系数为32.4 g/m^2，并参考IPCC评估报告[36]，以每6.82 t（以碳计）等于1 t甲烷产生的温室效应进行折算。

2.3.5　面源污染核算

本研究中面源污染主要关注农业生产中化肥、农药和禽畜排出的粪便及生产生活等引起的大面积污染，其中生产生活主要考虑农户生活污水排放带来的非点源污染问题。因此，参考赖斯芸等[37]的清单分析法，将农田化肥施用、农业固体废弃物丢弃和农村生活排放视作种植类家庭农场面源污染的3个主要来源。根据《第一次全国污染源普查农业面源污染源污染系数手册》[38]和相关文献确定了产污系数与排污系数，面源污染则根据梁流涛等[39]的方法进行测算，计算公式如下：

$$PO_i=\sum_i EU_i\,\mu_i(1-\eta_i)C_i(EU_i,S)=\sum_i PE_i\,\mu_i(1-\eta_i)C_i(EU_i,S) \tag{4}$$

式中：PO_i为样本农场i的农业面源污染总排放量；EU_i、μ_i和η_i分别为i的指标数、产污强度系数和资源利用系数；C_i为指污染排放系数，由i的指标数和空间特征S共同决定，区域的异质性会导致地理空间和管理政策对面源污染造成多个方面的影响；PE_i为污染产生量。农业面源污染主要包括总需氧量COD、总磷TP、总氮TN3种污染物，本研究根据已有研究[40]中Ⅲ类水质标准（COD、TP、TN分别为20、0.2、1 mg/L）将其换算为等标排放量，汇总得到总排放量。

2.3.6　控制变量

本研究综合考虑了农场内部经营特征与外部市场环境2个方面的影响，从家庭农场主要经营决

策人(农场主)的特征(年龄、受教育程度、家庭规模、经营土地规模)和农场的经营情况(经营土地面积、是否参与合作社、是否签订合同、是否注册品牌、农场评级)中选择了8个变量。同时,考虑到可能存在地区差异引起估计偏误,在回归中将地区虚拟变量纳入考量。

本研究涉及的家庭相关变量描述性统计详见表2。其中,非认证农户517户,获得绿色食品认证农户109户,所占比例为17.41%。本研究采用stata17软件,运用独立样本T检验分析了认证农场与非认证农场各项指标在均值上的差异,结果表明,认证农场与非认证农场在绿色全要素生产率上差值为0.13,差异显著。并且在合作社参与情况、品牌注册与农场评级上均值差异显著。

表2 绿色食品认证与非认证农场指标描述性统计

Table 2 Variables descriptive statistics of green food certification and non-certification farms

变量名称 Variable	变量说明 Variable definition	绿色食品认证农场均值 Green food certification farms mean	非绿色食品认证农场均值 Non-certified farms mean	绿色食品认证与非认证农场差值 Difference between green food certification farms and non-certificated farms	全样本均值 Mean of all samples
绿色全要素生产率 GTFP	由超效率DEA模型估计得到	0.350	0.224	−0.126 ***	0.246
年龄 Age	主要决策人年龄段:30岁及以下=1;31~40岁=2;41~50岁=3;51~60岁=4;61岁及以上=5	3.147	3.114	−0.033	3.120
受教育程度 Education	主要决策人受教育程度:小学及以下=1;初中高中=2;中专大专=3;本科硕士及以上=4	3.119	2.990	−0.129	3.013
加入合作社 Rural cooperative	否=0;是=1	0.771	0.248	−0.523 ***	0.339
家庭规模 Family size	主要决策人家庭人口数	3.651	3.474	−0.177	3.505
交易正规化 Contract	交易是否签订正式化合同:否=0;是=1	0.771	0.700	−0.070	0.712
土地规模 Land size	经营土地面积	0.375	0.393	0.182	0.390
注册商标 Trademark	否=0;是=1	0.771	0.410	−0.361 ***	0.473
示范农场类型 Demonstration farm	非示范=4;县级=3;市级=2;省级=1	2.183	2.551	0.368 ***	2.487

注:***表示在1%的水平上差异显著。下同。

Note: *** indicates significance level at 1%. The same below.

2.3.7 机制分析变量

效率的提升来自于技术进步带来的前沿面推进和资源优化配置减少的效率损失两方面。当农场取得绿色食品认证,农场决策者将面临来自环境的约束,与企业形成更为紧密的组织机会以及来自经济效益的激励。在三者的共同作用下,农场采用

更为环境友好的生产技术推动生产前沿面的前进，并且通过与企业更为规范的合作减少资源无效配置带来的效率损失。因此，本研究认为绿色食品认证标识通过经济激励、商业联结和环境约束三方面来提升家庭农场的绿色全要素生产率，选取农场单位面积净收益作为经济激励的代理变量，该变量由农业经营总收益减去农业经营总支出后除以总经营面积得到；环境约束选取亩均面源污染排放量作为代理变量，根据前文所述核算方法得出；商业联结选取是否为商业组织成员为代理变量，具体在本次调查中的题项为："您的农场是集团或类似的生产企业的成员吗？(0＝否，1＝是)"，描述性统计见表3。

表3　绿色食品认证与非认证农场机制分析变量描述性统计

Table 3　Mechanism variables descriptive statistics of of green food certification and non-certification farms

变量名称 Variable	变量说明 Variable definition	绿色食品认证农场均值 Green food certification farms mean	非绿色食品认证农场均值 Non-certified farms mean	绿色食品认证与非认证农场差值 Difference between green food certification farms and non-certificated farms	全样本均值 Full sample mean
经济激励 Financial incentives	净收益	0.378	0.164	−0.214 ***	0.201
环境约束 Environmental constraints	面源污染排放量	0.036	0.028	−0.008 ***	0.030
商业连接 Business connection	商业组织成员	0.266	0.124	−0.142 ***	0.149

3　结果与分析

3.1　Logit模型估计结果

本研究采用stata17对绿色食品认证农场与非认证农场展开匹配，Logit估计LR统计量为153.12，小于P值的概率为0，模型整体显著，拟合效果较好。家庭农场获得绿色食品认证的条件概率Logit回归结果表明加入合作社、交易正规化与注册商标均与农场获得绿色食品认证存在显著正向相关；然而，农场的土地经营面积与绿色食品认证存在显著的负向相关；家庭农场主要决策人的年龄、受教育程度以及家庭规模对农场是否取得认证无显著关联；农场的评级与地区固定效应对于农场绿色食品认证的取得同样无显著联系。

3.2　共同支撑域检验

K近邻匹配法、半径匹配法和核匹配法3种匹配方式的样本最大损失结果见表4。可见：在K近邻匹配与核匹配下对照组未能匹配的样本农场有34个，处理组仅1个样本农场未能完成匹配；在卡尺匹配下对照组未能匹配的样本农场78个，处理组未能匹配的样本农场6个。处理组与对照组进行匹配后仅有少量的样本损失，匹配结果良好。

3.3　平衡性检验

K近邻匹配法、半径匹配法和核匹配法3种匹配后变量的平衡性检验结果见表5。可见：在不同的匹配方式下，解释变量的均值误差整体＜5%，中位误差整体＜4%，显著降低了总体偏误；LR统计量从145.45显著下降至2.06。

3.4　绿色食品认证对家庭农场绿色全要素生产率影响的平均处理效应

本研究采用多种匹配方法测算了绿色食品认证对于农场绿色全要素生产率的影响，结果见表6。可见，在K近邻匹配下，获得绿色产品认证平均可以将家庭农场绿色全要素生产率提升0.156，在卡尺匹配下可以提升0.174，在核匹配下可以提升0.144。估算结果均支持绿色食品认证有利于农场绿色全要素生产率的提升，并且提升程度基本相同。不同的匹配方式结论基本一致，表明估计结果具有较好的稳健性。

表4 不同匹配方法下样本家庭农场最大损失数量

Table 4 Maximum loss quantity of family farms with different matching methods 个

分组 Group	K近邻匹配 K nearest neighbor matching			卡尺匹配 Caliper matching			核匹配 Kernel matching		
	未匹配农场数量 Unmatched farms	匹配农场数量 Matched farms	合计 Total	未匹配农场数量 Unmatched farms	匹配农场数量 Matched farms	合计 Total	未匹配农场数量 Unmatched farms	匹配农场数量 Matched farms	合计 Total
对照组农场 Control group farms	34	483	517	78	439	517	34	483	517
处理组农场 Treatment group farms	1	108	109	6	103	109	1	108	109
总计 Total	35	591	626	84	542	626	35	591	652

表5 不同匹配方法下变量整体平衡性检验结果

Table 5 Results of matching equality of all variables with different matching methods

匹配方法 Matching method	伪尺方 Pseudo R^2	LR统计量 LR chi^2	均值偏差/% Mean bias	中位数偏差/% Med bias
匹配前 Prematch	0.251	145.45	34.0	13.7
K近邻匹配 K nearest neighbor matching	0.005	1.64	3.7	2.5
卡尺匹配 Caliper matching	0.007	2.06	4.8	3.1
核匹配 Kernel matching	0.004	1.22	3.9	2.8
均值 Mean	0.005	1.64	4.1	2.8

表6 不同匹配方法下绿色食品认证对绿色全要素生产率提升的平均处理效应

Table 6 Average treatment effect of green food certification on improving GTFP with different matching methods

匹配方法 Matching method	处理组农场平均绿色全要素生产率 Average GTFP of treatment group farms	对照组农场平均绿色全要素生产率 Average GTFP of control group farms	平均处理效应 Average treatment effect
K近邻匹配 K nearest neighbor matching	0.352	0.196	0.156 ***
卡尺匹配 Caliper matching	0.361	0.187	0.174 ***
核匹配 Kernel matching	0.352	0.208	0.144 ***
均值 Mean	0.355	0.197	0.158

4 绿色食品认证提升家庭农场绿色全要素生产率的机制分析

本研究通过家庭农场绿色全要素生产率净增长分解剖析绿色食品认证对绿色全要素生产率的作用机制，结果见表7。可见：家庭农场绿色全要素生产率的驱动因素平均处理效应在统计水平上均显著，绿色食品认证带来的绿色全要素生产率提升主要通过经济激励、环境约束与商业联结三条路径实现。其中，经济激励的边际效应为0.142，对绿色

全要素生产率的驱动贡献最大，达49.066%。家庭农场主要经营决策者符合经济理性，以获得利润作为经营的重要目标。绿色食品认证带来的单位面积的收益增加，可以有效促进农场主对于绿色生产方式的践行与绿色技术的采纳，同时优化资源配置，提升整体效率。第二，环境约束同样对农场的绿色全要素生产率提升起到贡献，贡献率达35.323%。绿色食品认证的监管机构通过对生产环境和生产过程的监管以保障获得该标签食品的品质，农场经营者的环境意识不断提升，因此提高了家庭农场的绿色全要素生产率。第三，商业联结对家庭农场绿色全要素生产率的提升具有重要作用，达到15.611%，表明获得绿色食品认证的农场，通过与投资集团、大型企业的商业联结，获得了信息、技术等方面的支持，促进了农场生产技术的提升以及要素的流通与优化配置，从而提升了绿色全要素生产率。

表7　家庭农场绿色全要素生产率净增长分解结果

Table 7　Decomposition results of GTFP net growth

驱动因素 Driving force	估计系数 Estimated coefficient	驱动因素平均效应 ATT of driving factors	增长量 Increment	贡献率/% Contribution rate
经济激励 Financial incentives	0.142 ***	0.286 **	0.041	49.066
环境约束 Environmental constraints	3.668 ***	0.008 *	0.029	35.323
商业连接 Business connection	0.082 *	0.158 ***	0.013	15.611

注：**表示在5%的水平上显著，*表示在10%的水平上显著性，下同。绿色食品认证的平均处理效应采用K近邻匹配方法。

Note: ** indicates significance level at 5%. * indicates 10% significance levels at 10%. The same below. K-nearest neighbor matching approach is used to determine average treatment effect of green food certification.

5　稳健性检验

为了检验上述结果的稳健性，本研究分别采取更换研究方法与更换核心变量展开进一步分析。将模型替换为Tobit回归模型对是否获得绿色食品标识与农场的绿色全要素生产率再次估计，即模型I；采用农场获得绿色食品标识的数量替代是否获得绿色食品标识进行估计，即模型II；并考虑到极端数据对样本的影响，剔除了绿色全要素生产率低于10%分位数值与高于90%分位数值的农户进行回归即模型III，结果见表8。可见：模型I的回归结果表明家庭农场是否获得绿色产品认证显著正向影响该农场的绿色全要素生产率；模型II的回归结果表明，用农场获得的绿色产品认证数量替代是否获得绿的产品认证，同样在统计水平上显著正向影响农场的绿色全要素生产率；模型III的回归结果在剔除极端样本后，家庭农场获得绿色食品认证对其绿色全要生产率作用依然正向显著。因此本研究的结果是稳健的。

其次，本研究以替换核心变量方法进行稳健性检验。绿色食品认证与有机农产品认证同属于我国农产品质量认证体系“三品一标”的重要组成部分。二者都强调环保理念，追求农业生产过程的可持续性，倡导减少对环境的负面影响，要求采用一些相似的农业生产方式，如有机肥料的使用、生物防治、轮作休耕等，以减少对环境的污染，保护生态系统的平衡。其中：有机农产品认证的要求最为严格，在生产过程中禁止使用任何人工合成的化学物质；绿色食品认证的要求略低于有机农产品认证，允许农户限量、限品种、限时间、限频率地使用人工合成的农药、肥料和调节剂等化学投入品。因此，本研究以要求更为严格的有机产品认证标识代替绿色食品再次进行匹配，在通过平衡性检验后，基于多重匹配方式，有机农产品认证农户的平均处理效应为0.15，并在1%的统计水平上显著，说明获得有机农产品认同样对农场的绿色全要素生产率有显著提升作用。该结果与上文核算结果一致，农场获得能包括绿色食品认证、有机农产品认证在内的

表8 基于Tobit回归不同模型的稳健性检验结果

Table 8 Robustness test results of different models based on Tobit regression

变量 Variable	模型Ⅰ Model Ⅰ	模型Ⅱ Model Ⅱ	模型Ⅲ Model Ⅲ
是否获得绿色食品认证 Whether obtain green food certification	0.131 ***		0.128 ***
获得绿色食品认证数量 Number of green food certifications		0.120 ***	
控制变量 Control variable	控制	控制	控制
常数项 Constant	0.414 ***	0.414 ***	0.197 ***
样本量 Sample size	626	626	510

产品认证标识,可以提升其绿色全要素生产率,并且这一结论是稳健的。

6 结论与启示

本研究基于江苏省种植类家庭农场的626份微观调研数据,探讨了绿色食品标识对家庭农场绿色全要素生产率提升的促进作用和内在机理。主要结论如下:参与合作社、交易正规化、注册商标对家庭农场获得绿色食品认证具有正向作用,土地规模起负向作用;绿色食品认证显著促进家庭农场绿色全要素生产率提升,提升量为0.158;获得绿色食品认证通过经济激励、环境约束与商业联结3条路径作用于家庭农场,各驱动要素贡献率分别为49.07%、35.32%与15.61%。

本研究得到主要启示如下:

1)促进家庭农场积极参与包括绿色食品认证、有机食品认证等在内的农产品质量认证体系构建。绿色食品认证有效提高了家庭农场的绿色全要素生产率,保障了经济环境的协同发展,但是不可忽视的是,农产品质量认证的覆盖面依然较低。第一,推动合作社参与。政府可以鼓励和支持家庭农场引领或参与合作组织。合作社可以提供资源共享、经验交流和规模效益,降低绿色食品认证的技术门槛,改善采纳意愿强但采纳程度低的现状[41]。第二,加强交易正规化。政府可以采取措施促进交易的正规化,确保农产品的销售过程合法合规,提高绿色食品认证的可靠性和信誉度,从而增加农产品的市场竞争力。第三,支持商标注册。政府可以提供资金和法律支持,鼓励家庭农场注册商标。这有助于保护农产品的品牌价值,提高消费者对绿色食品的信任度。第四,关注家庭农场适度规模问题。政府可以通过制定差异化政策,鼓励小规模家庭农场采取可持续农业生产方式,包括提供技术培训、补贴政策和市场准入的支持。

2)促进家庭农场绿色全要素生产率提升。首先,保障家庭农场的利润。从家庭农场的绿色全要素生产率的提升路径来看,经济激励起到了关键作用,因此保障农场的经济收益是促进农场参与农产品质量认证的有效手段。一方面,发展多种经营手段。在传统的食品产业链中,作为源头生产商的家庭农场,往往分得的利润比例较低[42]。而新型的农产品经营模式,包括农产品电商、农超结合等,减少了从生产地到消费者手中的流通步骤,有效地提升了生产者获得的利润比例[43-44]。另一方面,加强农业生产组织的商业联结与农产品品牌构建。通过建立高品质、有辨识度的品牌,以提高农产品的市场竞争力,稳定其价格,保证农场的收益。同时,充分发挥组织作用,通过合作社等平台,在提升农场的议价能力的同时发挥其信息、技术等方面的辐射带动能力,协助成员整体提升经济收益。其次,加强商业联结与环境约束。为了更好地发挥绿色食品认证对家庭农场的正向作用,政府应加强与商业机构的合作,同时加强环境监管,确保认证标准的实施。

参考文献　References

[1] 刘慧敏，尚杰．农地流转对农业绿色全要素生产率的影响研究：兼论门槛效应与空间效应[J]．中国生态农业学报（中英文），2023，31（9）：1482-1495
Liu M H, Shang J. Influence of rural land transfer on agricultural green total factor productivity: effect, spatial characteristics and regional heterogeneity [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2023, 31 (9): 1482-1495 (in Chinese)

[2] 朱启臻，胡鹏辉，许汉泽．论家庭农场：优势、条件与规模[J]．农业经济问题，2014，35（7）：11-17，110
Zhu Q Z, Hu P H, Xu H Z. Discussion about family farm: Advantage, requirement and scale[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2014, 35(7): 11-17, 110 (in Chinese)

[3] 赵佳，姜长云．兼业小农抑或家庭农场：中国农业家庭经营组织变迁的路径选择[J]．农业经济问题，2015，36（3）：11-18，110
Zhao J, Jiang C Y. Concurrent business agricultural household or family farm: Path choice of organizational evolution of agricultural household management in China[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2015, 36(3): 11-18, 110 (in Chinese)

[4] 刘福星，贺娟，冯中朝．农地规模、种植方式对油菜生产技术效率的影响[J]．中国农业大学学报，2023，28（02）：227-239
Liu F X, He J, Feng Z C. Effects of agricultural land scales and planting methods on technical efficiency of rape production[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(02): 227-239 (in Chinese)

[5] 张明月，郑军，赵晓颖，安康．参与订单农业会促进家庭农场绿色生产吗？：基于山东省422家省级示范家庭农场的调研[J]．中国农业大学学报，2023，28（1）：252-262
Zhang M Y, Zheng J, Zhao X Y, An K. Will participating in contract farming promote green production of family farms?: Based on the survey of 422 provincial-level model family farms in Shandong Province [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28 (1): 252-262 (in Chinese)

[6] 蔡颖萍，杜志雄．家庭农场生产行为的生态自觉性及其影响因素分析：基于全国家庭农场监测数据的实证检验[J]．中国农村经济，2016（12）：33-45
Cai Y P, Du Z X. Ecological consciousness of family farm's production behavior and its influencing factors: An empirical test based on the monitoring data of family farms in China[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(12): 33-45 (in Chinese)

[7] 赵晓颖，郑军，陶源，魏晓．绿色生产目标下家庭农场的社会化服务偏好及异质性分析：基于选择实验方法[J]．中国农业大学学报，2022，27（4）：281-296
Zhao X Y, Zheng J, Tao Y, Wei X. Policy preference and heterogeneity of green production for family farms based on the Choice Experiment (CE) method [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022, 27 (4): 281-296 (in Chinese)

[8] 熊文晖，王燕，王永强．绿色认证对农户绿色防控技术采用影响研究：基于陕西省蔬菜主要种植区的调查数据[J]．干旱区资源与环境，2021，35（11）：68-73
Xiong W H, Wang Y, Wang Y Q. Impact of green certification on farmers' adoption of non-chemical pest control [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(11): 68-73 (in Chinese)

[9] 刘瑞峰，王剑，梁飞，马恒运．绿色食品认证对猕猴桃种植的环境效益和经济效益影响：基于倾向得分匹配的实证分析[J]．农业经济与管理，2021（3）：39-49
Liu R F, Wang J, Liang F, Ma H Y. Effect of green food certification on environmental and economic benefits of kiwi fruit cultivation: Empirical analysis based on propensity score matching[J]. *Agricultural Economics and Management*, 2021(3): 39-49 (in Chinese)

[10] 丁乃今．对加快绿色食品开发的几点思考[J]．农业经济问题，2000，21（7）：49-52
Ding N J. Some thoughts on speeding up the development of green food [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2000, 21(7): 49-52 (in Chinese)

[11] 张志华，徐爱国，陈怀锅，修文彦，张认连．绿色食品全程质量控制体系理论探索与实践[J]．生态经济，2016，32（4）：128-131
Zhang Z H, Xu A G, Chen H G, Xiu W Y, Zhang R L. Theoretical analysis and practice on full process quality control system of green food [J]. *Ecological Economy*, 2016, 32(4): 128-131 (in Chinese)

[12] 邓衡山，孔丽萍，廖小静．合作社的本质规定与政策反思 [J]．中国农村观察，2022，（3）：32-48
Deng H S, Kong L P, Liao X J. The essence of cooperatives and policy reflection[J]. *Chinese Rural Survey*, 2022, (3): 32-48.

[13] 王德章，李翠霞，杜会永．黑龙江省绿色食品产业竞争优势研究[J]．农业经济问题，2011，32（1）：39-44
Wang D Z, Li C X, Du Y H. Study on the competitive advantages of the green food industry in Heilongjiang Province [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2011, 32(1): 39-44 (in Chinese)

[14] Zhou J H, Liu Q, Mao R, Yu X H. Habit spillovers or induced awareness: Willingness to pay for eco-labels of rice in China [J]. *Food Policy*, 2017, 71: 62-73

[15] Tran D, Goto D. Impacts of sustainability certification on farm income: Evidence from small-scale specialty green tea farmers in Vietnam [J]. *Food Policy*, 2019, 83: 70-82

[16] 严功岸，刘瑞峰，马恒运．为什么要保护绿色认证生产者的利益：来自河南西峡猕猴桃的证据[J]．农业技术经济，2019（6）：70-81
Yan G A, Liu R F, Ma H Y. Why should green certified product producers be protected: Evidence from kiwifruit production of Xixia County, Henan[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019(6): 70-81 (in Chinese)

[17] 王二平．我国有机农业的发展与有机产品认证及监管 [J]．中国农业资源与区划，2014，35（6）：70-74
Wang E P. The development of organic agriculture in China and organic product certification and supervision[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2014, 35 (6): 70-74 (in Chinese)

[18] Ayuya O I, Gido E O, Bett H K, Lagat J K, Kahi A K, Bauer S. Effect of certified organic production systems on poverty among smallholder farmers: Empirical evidence from Kenya[J]. *World Development*, 2015, 67: 27-37

[19] 卢瑜，向平安，余亮．农户采纳有机农业的影响因素及其空间效应：基于新疆农户调查数据[J]．中国生态农业学报（中英文），2022，30（1）：153-165
Lu Y, Xiang P A, Yu L. Influencing factors and spatial effects of organic agriculture adoption: Based on survey data of farmers in Xinjiang [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2022, 30(1): 153-165

[20] Wang J Y, Xue Y J, Wang P, Chen J C, Yao L. Participation mode and production efficiency enhancement mechanism of geographical indication products in rural areas: A meta-frontier analysis [J]. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2021, 121: 102982

[21] 李晗，陆迁．产品质量认证能否提高农户技术效率：基于山东、河北典型蔬菜种植区的证据[J]．中国农村经济，2020（5）：128-144
Li H, Lu Q. Can product quality certification improve farmers' technological efficiency?[J]. *Chinese Rural Economy*, 2020(5): 128-144 (in Chinese)

[22] 葛静芳,李谷成,尹朝静. 我国农业全要素生产率核算与地区差距分解:基于Fare-Primont指数的分析[J]. 中国农业大学学报,2016,21(11):117-126
Ge J F, Li G C, Yin C J. Agricultural total factor productivity calculation and regional disparity decomposition in China: Based on Fare-Primont productivity index[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(11):117-126 (in Chinese)

[23] 李欠男,李谷成,尹朝静. 中国农业绿色发展水平的地区差异及收敛性:基于地级市面板数据的实证[J]. 中国农业大学学报,2022,27(2):230-242
Li Q N, Li G C, Yin C J. Regional differences and convergence of China's agricultural green development level: Empirical analysis based on the panel data of prefecture-level cities[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2022,27(2):230-242 (in Chinese)

[24] 马国群,谭砚文. 环境规制对农业绿色全要素生产率的影响研究:基于面板门槛模型的分析[J]. 农业技术经济,2021(5):77-92
Ma G Q, Tan Y W. Impact of environmental regulation on agricultural green total factor productivity: Analysis based on the panel threshold model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(5): 77-92 (in Chinese)

[25] Xia F, Xu J T. Green total factor productivity: A re-examination of quality of growth for provinces in China[J]. *China Economic Review*, 2020,62: 101454

[26] 郭海红,刘新民. 中国农业绿色全要素生产率的时空分异及收敛性[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(10):65-84
Guo H H, Liu X M. Spatial and temporal differentiation and convergence of China's agricultural green total factor productivity[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2021,38(10):65-84 (in Chinese)

[27] Tone K, Tsutsui M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA: A third pole of technical efficiency[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 207(3): 1554-1563

[28] 王运浩. 中国绿色食品发展现状与发展战略[J]. 中国农业资源与区划,2011,32(3):8-13
Wang Y H. The development situation and strategy of China green food[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2011,32(3):8-13 (in Chinese)

[29] 陈景帅,韩青,杨汭华. 产业组织模式对规模农户农产品质量认证行为的影响:基于中国第三次农业普查数据的实证分析[J/OL]. 农业技术经济:1-16
Chen J S, Han Q, Yang P H. The impact of industrial organization model on the agricultural product quality certification behaviors of large-scale farmers: an empirical analysis based on data of China's third agricultural census[J/OL]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1-16 (in Chinese)

[30] 薛彩霞,姚顺波. 地理标志使用对农户生产行为影响分析:来自黄果柑种植农户的调查[J]. 中国农村经济,2016(7):23-35
Xue C X, Yao S B. Analysis on the influence of geographical indications on farmers' production behavior: A survey from farmers who grow citrus[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(7):23-35 (in Chinese)

[31] 曹俐,范黎明,雷岁江. 财政分权、环境规制与农业生态效率[J]. 统计与决策,2021,37(19):138-143
Cao L, Fan L M, Lei S J. Fiscal decentralization, environmental regulation and agricultural eco-efficiency[J]. *Statistics & Decision*, 2021, 37(19):138-143 (in Chinese)

[32] 潘丹,应瑞瑶. 中国水资源与农业经济增长关系研究:基于面板VAR模型[J]. 中国人口·资源与环境,2012,22(1):161-166
Pan D, Ying R Y. Relationship between water resource and agricultural economic growth in China: Research based on panel VAR[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012,22(1):161-166

[33] 刘华军,鲍振,杨骞. 中国二氧化碳排放的分布动态与演进趋势[J]. 资源科学,2013,35(10):1925-1932
Liu H J, Bao Z, Yang Q. Distributional dynamic and evolution of China's CO_2 emissions[J]. *Resources Science*, 2013, 35(10): 1925-1932 (in Chinese)

[34] 田云,张俊飚. 中国农业碳排放、低碳农业生产率及其协调性研究[J]. 中国农业大学学报,2017,22(5):208-218
Tian Y, Zhang J B. Agricultural carbon emission, low carbon agricultural productivity and their coordinated relation in China[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22(5): 208-218 (in Chinese)

[35] 闵继胜,胡浩. 中国农业生产温室气体排放量的测算[J]. 中国人口·资源与环境,2012,22(7):21-27
Min J S, Hu H. Calculation of greenhouse gases emission from agricultural production in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012,22(7):21-27 (in Chinese)

[36] IPCC. Summary for policymakers[C]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013

[37] 赖斯芸,杜鹏飞,陈吉宁. 基于单元分析的非点源污染调查评估方法[J]. 清华大学学报:自然科学版,2004,44(9):1184-1187
Lai S Y, Du P F, Chen J N. Evaluation of non-point source pollution based on unit analysis[J]. *Journal of Tsinghua University: Science and Technology*, 2004,44(9):1184-1187 (in Chinese)

[38] 杜建军,章友德,刘博敏,董若涵. 数字乡村对农业绿色全要素生产率的影响及其作用机制[J]. 中国人口·资源与环境,2023,33(2):165-175
Du J J, Zhang Y D, Liu B M, Dong R H. Impact of digital village construction on agricultural green total factor productivity and its mechanisms[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2023, 33(2):165-175 (in Chinese)

[39] 梁流涛,冯淑怡,曲福田. 农业面源污染形成机制:理论与实证[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(4):74-80
Liang L T, Feng S Y, Qu F T. Forming mechanism of agricultural non-point source pollution: A theoretical and empirical study[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20(4): 74-80 (in Chinese)

[40] 戴诗琴,宋晓明,彭紫微,吕鹏飞,刘民,林毅青,吴根义. 湖南省农业面源污染风险等级区划及防治对策[J]. 农业资源与环境学报:1-13
Dai S Q, Song X M, Peng Z W, Lv P F, Liu M, Lin Y Q, Wu G Y. Risk level zoning and countermeasures for agricultural non-point source pollution in Hunan Province[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 1-13

[41] 刘畅,张馨予,王思怡. 家庭农场节水灌溉技术采纳意愿和应用行为的偏差分析[J]. 农林经济管理学报,2021,20(3):295-304
Liu C, Zhang X Y, Wang S Y. Deviation analysis of adoption willingness and application behavior of water-saving irrigation technology in family farm operators[J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2021,20(3):295-304 (in Chinese)

[42] 詹孟于,周真,汤颖梅. 销售渠道对新型农业经营主体绿色农业参与度影响分析[J]. 南方农业学报,2021,52(12):3463-3470
Zhan M Y, Zhou Z, Tang Y M. Influence of sale channels on the green agriculture participation of new agricultural operators[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2021,52(12):3463-3470 (in Chinese)

[43] 高思涵,鄢伟波. 家庭农场加入合作社的行为特征与增收效应:基于网络

组织的视角[J]. 中国农村经济，2023(6)：161-184
Gao S H, Yan W B. Behavioral characteristics and income effects of family farms' participation in cooperatives: From the perspective of network organization[J]. *Chinese Rural Economy*, 2023(6)：161-184 (in Chinese)
[44] 郑风田，崔梦怡，郭宇桥，王若男. 家庭农场领办合作社对农场绩效的影响：基于全国556个家庭农场两期追踪调查数据的实证分析[J]. 中国农村观察，2022(5)：80-103
Zheng F T, Cui M Y, Guo Y Q, Wang R N. The impact of family farm-led cooperatives on farm performance: An analysis based on two-phase tracking survey data of 556 family farms in China[J]. *Chinese Rural Survey*, 2022(5)：80-103 (in Chinese)

责任编辑：杨爱东

第一作者简介：汪婧宇，博士，讲师，浙江农林大学经济管理学院专职教师，浙江农林大学生态文明研究院兼职研究人员。主要研究方向为农业经济理论与政策、资源环境经济。主持浙江省社科基金1项，参与国家社会科学基金重大项目1项，国家社会科学基金一般项目1项，国家自然科学基金面上项目1项。以第一作者身份在*Journal of Environmental Management*等重要学术期刊发表论文5篇。

通讯作者简介：孔凡斌，教授，博士生导师，浙江农林大学生态文明研究院执行院长、首席专家，享受国务院政府特殊津贴专家，国家"万人计划"领军人才，"新世纪百千万人才工程"国家级人选，全国"四个一批"人才工程人选，兼任中国农村发展学会副会长。长期从事农林经济、生态经济、资源环境经济和可持续生态学的跨学科研究和教学工作，主持国家社科基金重大项目2项、重点项目1项、一般项目3项，国家自然科学基金项目3项。以第一和通讯作者身份在*Ecological Economics*和《中国农村经济》等国内外重要学术期刊发表学术论文200余篇，出版学术著作近30部，成果获省部级奖励20余次，撰写政策咨询报告获党和国家领导人、中央和国家机关负责人以及地方省级领导批示30余次。