

王清亚, 鄒书良, 吴珍云, 等. 鄱阳湖流域化肥减量增效的时空演变、驱动机制及生态经济效应研究[J]. 江苏农业科学, 2026, 54(13): 249–259.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2026.13.031

鄱阳湖流域化肥减量增效的时空演变、驱动机制及生态经济效应研究

王清亚^{1,2}, 鄒书良¹, 吴珍云¹, 张修香¹, 霍亮¹

(1. 东华理工大学江西生态文明制度研究中心, 江西南昌 330013; 2. 江西职业技术大学信息工程学院, 江西九江 322900)

摘要:为系统揭示鄱阳湖流域 2018—2023 年化肥减量增效的时空演变特征, 剖析其驱动机制, 并评估其生态与经济效应, 为区域农业绿色转型提供科学依据, 选取流域 36 个县域作为分析单元, 收集 2018—2023 年化肥施用量、利用率及土壤养分和经济等多维数据, 运用空间分析、统计回归及农户问卷调查等方法, 构建“时空分异精准治理—多元协同驱动—价值链联结转化”分析框架, 综合评估化肥减量政策与技术推广效果。分析结果显示, 从 2018 年至 2023 年, 流域平均化肥施用量由 412.5 kg/hm² 降至 368.3 kg/hm², 累计降幅 10.7%; 化肥利用率由 30.7% 升至 36.5%。沿湖平原区施用强度最高, 山区最低。测土配方施肥技术覆盖率提升至 82.6%, 高覆盖区化肥利用率高出 8.5 个百分点。有机肥替代试点区域平均用量减少 23.5%, 农户年均增收 320 元/亩(1 亩≈667.7 m²)。空间基尼系数下降, 区域差异有所缩小, 但高强度区提升空间依然较大。鄱阳湖流域化肥减量增效取得显著成效, 生态环境与经济效益同步提升, 但区域间不均衡与部分技术推广难题仍需关注。建议继续加强精准治理和协同机制建设, 推动农业绿色高质量发展。

关键词: 鄱阳湖流域; 化肥减量增效; 农业绿色转型; 时空分异; 协同治理; 生态经济效应

中图分类号: F323.2; X592 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2026)13-0249-11

在全球气候变化与粮食安全的双重挑战下, 农业绿色转型已成为世界各国的共同选择^[1]。联合

国可持续发展目标(SDGs)明确提出, 到 2030 年要实现农业生产系统的可持续发展。发达国家普遍将化肥减量作为农业绿色发展的重要抓手, 欧盟“从农场到餐桌”战略提出到 2030 年化肥使用量减少 20% 的目标^[2], 日本通过“环境保全型农业”推动化肥减量增效^[3], 为全球农业可持续发展提供了重要借鉴。

收稿日期: 2025-08-29

基金项目: 江西省生态文明制度研究中心项目(编号: JXST2403); 江西省自然科学基金(编号: 20224BAB203049)。

作者简介: 王清亚(1990—), 男, 河北石家庄人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为农业面源污染的检测与生态修复。

E-mail: qqwqy@163.com。

[26] 景艳. 紫花苜蓿地上生物量累积对土壤水分及矿质氮变化的影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007: 31–33.

[27] 伏兵哲, 高雪芹, 蔡伟, 等. 宁夏引黄灌区种植不同苜蓿品种对土壤速效养分的影响[J]. 中国草地学报, 2018, 40(2): 20–26.

[28] 郑敏娜, 康佳惠, 龚瑞杰, 等. 不同苜蓿—粮食作物(饲草)轮作模式对土壤细菌群落组成及其生态功能影响[J]. 草地学报, 2025, 33(5): 1387–1397.

[29] Szymańska G, Faligowska A, Panasiewicz K, et al. The long-term effect of legumes as forecrops on the productivity of rotation winter triticale – winter rape with nitrogen fertilisation[J]. Acta Agriculturae Scandinavica(Section B: Soil & Plant Science), 2020, 70(2): 128–134.

[30] 决超. 甘薯不同轮作模式对土壤生物学特性及理化性质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(3): 116–120.

[31] 常浩, 李文学, 徐志鹏, 等. 玉米连作农艺性状与土壤理化性质及酶的相关性分析[J]. 西南农业学报, 2023, 36(3): 481–487.

[32] 刘会芳, 韩宏伟, 王强, 等. 不同蔬菜与番茄轮作对设施土壤微生物多样性、酶活性及土壤理化性质的影响[J]. 微生物学报, 2021, 61(1): 167–182.

[33] Xu Y X, Liu Z X, Shen Z B, et al. Alfalfa with forage crop rotation alleviates continuous alfalfa obstacles through regulating soil enzymes and bacterial community structures[J]. Agronomy, 2024, 14(7): 1349.

[34] Hamido S A, Kpombrekou – A K. Cover crop and tillage effects on soil enzyme activities following tomato[J]. Soil and Tillage Research, 2009, 105(2): 269–274.

[35] 夏雨龙, 陈美彤, 刘嘉慧, 等. 不同改良剂对苏打盐碱地土壤质量及水稻产量的影响[J/OL]. 吉林农业大学学报, 2025: 1–11 (2025-03-15) [2025-07-23]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2025.0031>.

[36] 陈正发, 史东梅, 金慧芳, 等. 基于土壤管理评估框架的云南坡耕地耕层土壤质量评价[J]. 农业工程学报, 2019, 35(3): 256–267.

在“生态优先、绿色发展”战略指引下,我国正加快推进农业生产方式绿色转型。党的二十大报告明确提出“深入推进农业绿色发展”,化肥减量增效作为实现农业绿色发展的关键路径^[4],不仅关系农产品质量和农业可持续发展,更是践行“两山”理论、助力“双碳”目标的重要举措。然而,我国化肥利用效率仍显著低于发达国家水平^[5],农业面源污染形势依然严峻,亟需在理论创新和实践探索上取得突破。

在重要流域农业绿色发展的系统性变革中,化肥减量增效面临新的挑战。以鄱阳湖流域为例,作为长江经济带生态屏障和粮食主产区,其农业生产方式转型对全国具有重要示范意义。但当前面临 3 个关键科学问题:一是如何有效整合技术创新与农业经营组织变革,构建适应新型农业经营体系并提升技术采纳效率的协同推广模式;二是如何创新生态产品价值的实现路径,特别是建立起可持续的利益联结和生态补偿机制,以激励多元主体参与;三是如何在流域层面优化协同治理格局,构建一个能够统筹区域生态效益保护与农业经济效益提升的治理框架。

本研究立足国家战略需求,聚焦鄱阳湖流域化肥减量增效实践,具有重要的理论价值和现实意义。现有研究多从技术层面探讨化肥减量增效路径,或从政策层面分析实施效果,缺乏对流域尺度下化肥减量增效系统治理机制及其内在逻辑的深入探讨。本研究基于鄱阳湖流域实践,通过揭示化肥减量增效的演化特征与作用机制,创新治理模式,旨在为推动我国农业绿色发展提供理论指导和实践参考,并为全球农业可持续发展贡献中国智慧。本研究旨在探索一条以生态价值观为驱动、以化肥减量为抓手的农业绿色转型新路径。研究成果具有三重价值:首先,通过构建多维评价体系和精准治理框架,为鄱阳湖流域制定差异化的化肥减量目标和配套政策提供决策支持;其次,基于实证分析提炼的“技术-制度-文化”协同治理模式,可为全国其他面临类似挑战的农业区域提供可复制的“鄱阳湖经验”;最后,研究建立的化肥减量与效益提升的协同机制,将助力国家化肥使用量负增长和农业绿色发展战略目标的实现。

1 理论框架与文献回顾

1.1 核心概念界定与理论基础

化肥减量增效是指在保障农业生产力基本稳

定的前提下,通过科学施肥等综合措施,有效降低单位农产品生产的化肥投入量,并显著提高化肥利用效率的过程。本研究选取单位面积化肥施用量和化肥利用率作为衡量化肥减量增效的核心评价指标,并重点分析鄱阳湖流域在 2018—2023 年间的时空演变特征。“两山”理论深刻揭示了生态环境保护与经济社会发展的辩证统一关系,其在农业化肥减量领域的应用,核心在于推动农业生产从过度依赖化肥投入向质量效益导向型农业转型^[6]。“两山”转化效率则用于度量这种转变的实际能力与成效水平^[7],具体可通过优质农产品认证数量的增长、绿色种植的经济效益提升等指标进行评价。

生态价值观是农户关于自然与农业关系的价值取向和实践规范^[8],是驱动其主动采纳科学施肥方式、参与化肥减量行动的内在核心动力。已有研究表明,具备较强生态价值观的农户群体更倾向于接受并应用测土配方施肥等精准农业技术,其化肥使用量平均可降低约 25%^[9]。协同治理是指多个相关利益主体(包括政府、市场、社会组织及农户等)基于化肥减量增效的共同目标,通过整合“技术减量赋能、制度规范约束、文化教育引导”三维度的力量,共同推进区域化肥投入的科学化管理与系统性优化。空间均衡则强调在推进化肥减量过程中,区域间在减量目标的设定、关键技术的推广普及以及减量所带来的综合效益提升等方面应保持协调性和相对平衡性。本研究的理论分析框架如图 1 所示。

1.2 相关研究文献回顾

面对日益严峻的化肥过量使用及其引致的环境问题,学术界已从多学科视角开展了广泛而深入的研究。在化肥减量路径方面,研究焦点逐渐从早期侧重于单一技术措施的推广应用,转向探索更为系统化、综合性的治理模式创新^[10]。例如,杜明利基于对长江流域 368 个水质监测点的长期数据分析发现,区域化肥施用量的减少与地表水质的显著改善之间存在紧密的正相关关系($r^2 = 0.856, P < 0.01$),为化肥减量的生态效益提供了有力证据^[11]。尽管如此,传统的化肥减量模式在实践中仍普遍面临农户参与积极性不高、区域间减量进展与成效不均衡等突出挑战。

“两山”理论为协同推进农业化肥减量与综合效益提升提供了一条富有启发性的新思路。高涵等创新性地构建了一套“两山”转化效率测度指标

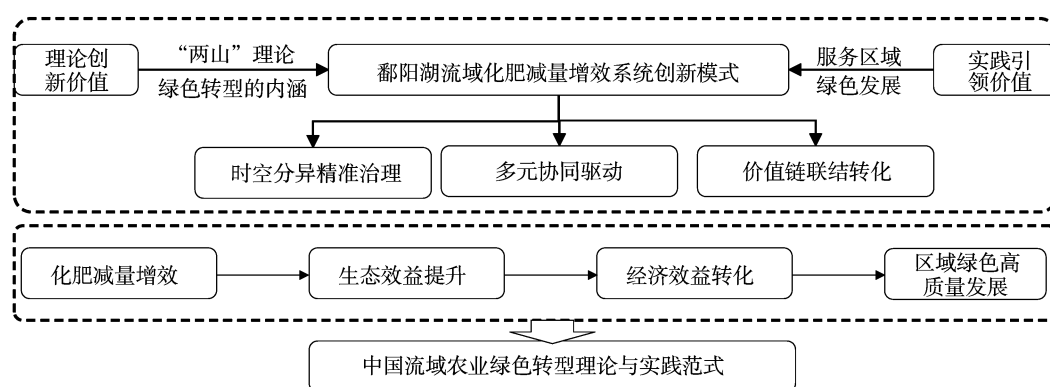


图1 本研究的理论分析框架

体系与评估方法,并首次将化肥减量所产生的生态环境效益明确纳入该评价体系之中^[12]。张晔的实证研究进一步发现,在系统性实施化肥减量措施的试点区域,其农产品品牌价值平均提升了31.5%,有力验证了将生态环境保护优势有效转化为市场经济竞争优势的可行性^[13]。然而,目前将“两山”理论系统性地融入化肥减量政策设计、实施与评估全过程的相关研究仍显不足,其理论指导作用有待进一步深化。

农户作为农业生产和化肥施用行为的直接决策者,其行为选择的内在驱动机制已成为当前研究领域的热点议题。梁艳梅基于对农户的问卷调查数据分析,证实农户的生态价值观水平对其是否采纳科学施肥行为具有显著的正向影响效应^[14]。桑贤策等的研究则进一步揭示,通过有针对性地开展生态文化培育活动,能够有效提升农户的生态价值观认知水平,进而引导其自发减少化肥施用量15%~20%^[15]。在此理论认知基础上,协同治理理论愈发强调构建一个由政府引导、市场机制驱动、农户深度参与、社会多方协同的多元主体网络治理体系。

空间均衡视角的引入为化肥减量研究提供了更具宏观性和系统性的分析维度。近期研究数据表明,我国不同区域间的化肥利用率存在显著差异,例如,化肥利用率最高的区域与最低的区域之间的差距高达16.5个百分点^[16]。因此,将空间均衡理念有机融入化肥减量目标的制定、政策措施的实施以及成效评估的全过程,有助于因地制宜地推进区域化肥管理的精准化与差异化治理,但目前针对这一领域的高质量实证研究仍有待加强。

2 研究设计

2.1 研究区域概况

鄱阳湖流域位于长江中下游南岸(28°24′~

29°46′N,115°49′~116°46′E),是江西省最大水系,也是我国最大的淡水湖。流域总面积162 225 km²,占江西省面积的97.2%。该流域地理位置优越,横跨亚热带湿润季风气候区,年均降水量1 450~1 800 mm,年均气温17~18℃,水系发达,为农业生产提供了优越的自然条件。

流域内地形以平原(27.2%)和丘陵(38.6%)为主,耕地面积达386万hm²,其中水田面积263万hm²,是国家重要的商品粮生产基地。农业在区域经济中占据重要地位,2023年第一产业增加值达到1 186亿元,农业从业人口占总就业人口的36.2%。

然而,长期以来的高强度农业生产也带来严峻挑战。化肥使用强度居高不下,2023年流域平均化肥施用量达到368 kg/hm²,较全国平均水平(285 kg/hm²)高出29.1%。具体表现为:水稻主产区化肥利用率为36.5%,较发达农业区低8.5个百分点;氮肥流失率为23%~28%,导致地表水体氮磷超标;土壤酸化问题突出,pH值低于5.5的耕地占比达26.8%。

2.2 数据来源与处理

本研究以鄱阳湖流域选定的36个县级行政区为基本研究单元,时间跨度设定为2018年至2023年。研究所需的各类数据主要包括以下几个方面:化肥减量相关数据,具体包括各县(市、区)历年化肥施用量、单位播种面积化肥施用量、主要作物化肥利用率等指标,主要来源于相应年份的《江西省统计年鉴》以及江西省农业农村厅发布的化肥减量增效监测报告或内部统计资料。土壤环境和水质监测数据,如土壤pH值、有机质含量、氮磷含量等,以及流域内18个国家重点控制断面的水质监测结果,主要来自江西省土壤环境监测网络数据库和相关生态环境监测部门的公报。社会经济背景数据,涵盖农业总产值、种植业产值、农民人均可支配

收入、区域人均 GDP、人口密度、第一产业增加值占比等关键指标,主要来源于相应年份的《江西省统计年鉴》《中国县域统计年鉴》以及研究区域内各地级市的统计年鉴(2019 年至 2024 年出版的对应 2018—2023 年数据)。“两山”转化效率评价所需数据,例如化肥减量率、土壤改良项目实施面积、绿色及有机农产品认证数量、优质农产品市场溢价率等,主要来源于江西省农业农村厅、江西省生态环境厅等相关政府部门的年度工作报告、专项行动总结或官方网站公布信息。此外,为深入探究微观主体行为,本研究采用分层随机抽样方法,在选定的 36 个县(市、区)内对 321 户农户进行了问卷调查,最终回收有效问卷 296 份,其中大规模种植户 78 户、中等规模种植户 108 户、小规模种植户 110 户,有效问卷回收率为 92.2%。问卷调查内容主要涵盖农户家庭基本信息、化肥实际使用情况、化肥减量意愿与行为、生态价值观认知水平等方面。

在数据处理方面,针对收集到的原始数据中存在的少量缺失值(确保占比低于 3%),本研究采用移动平均法或多重插补法进行科学合理的插补。运用箱线图法等统计手段识别并审慎处理异常值。为消除不同指标间量纲差异带来的影响,采用极差标准化方法对所有相关指标数据进行无量纲化处理。为确保数据质量,本研究采取了多源数据交叉验证、按 5% 比例进行实地抽样核实以及邀请领域内专家进行评审等多重质量控制措施。数据分析和可视化工作主要借助 Python、ArcGIS 以及 SPSS 等专业软件完成,所有统计分析的显著性水平均设定为 0.05。

2.3 指标体系构建

本研究聚焦鄱阳湖流域化肥减量增效的多维评价,构建以下指标体系:首先,化肥减量效果评价指标包括化肥施用强度(单位播种面积化肥使用量, kg/hm^2)、化肥利用率(%),以及土壤健康指标(如土壤 pH 值、有机质含量等)。其次,经济效益转化评价指标包括绿色优质农产品发展水平(如绿色食品认证面积、有机农产品认证面积、“三品一标”产品数量等)、优质农产品种植结构(如优质稻米种植比例等)、农产品品质提升(如农产品一级率等),以及种植经济效益(如农产品平均溢价率、单位面积净收益等)。再次,关键主体行为与认知评价指标,部分通过农户问卷获取,部分通过宏观数据反映,主要关注农户对绿色生产及科学施肥技术的认

知与接受程度(如通过测土配方施肥技术覆盖率等宏观指标,以及回归分析中生态价值观与利用率的相关性体现)。最后,空间均衡性评价指标,采用泰尔指数重点分析化肥减量效果的区域差异及其演变趋势。为确保分析的准确性,各项指标数据在处理过程中均进行必要的标准化,以保证量纲统一和可比性。本研究的指标体系旨在全面评估鄱阳湖流域化肥减量增效的进展、成效及其影响因素。

3 实证结果与分析

3.1 鄱阳湖流域化肥减量增效的时空特征分析

由图 2 可知,鄱阳湖流域的化肥使用强度在 2018 年至 2023 年间整体呈现波动下降趋势。数据显示,该流域平均化肥施用量由 2018 年的 $412.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 波动下降至 2023 年的 $368.3 \text{ kg}/\text{hm}^2$,期间的峰值出现在 2020 年,为 $430.1 \text{ kg}/\text{hm}^2$,而最低点即为 2023 年的 $368.3 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。5 年累计降幅达到 10.7%,年均降幅约为 2.1%。从区域分异来看,沿湖平原区的化肥施用强度波动相对较大,其化肥施用量在 2019 年达到 $438.6 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 的高点后,至 2023 年降至 $380.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$,累计下降幅度为 13.1%;相比之下,丘陵区 and 山区的波动幅度较小,2023 年其化肥施用量分别降至 $356.4 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $322.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$,较 2018 年分别下降了 11.5% 和 16.4%。总体观察,尽管存在年度间的波动,流域内各区域的化肥施用强度均展现出逐年递减的态势。这一积极变化与国家层面及地方政府持续推进的化肥减量增效政策紧密相关。然而,值得注意的是,即便是 2023 年,该流域整体的化肥施用强度($368.3 \text{ kg}/\text{hm}^2$)仍显著高于同期全国平均水平(约 $285.6 \text{ kg}/\text{hm}^2$),表明该流域内,特别是部分高强度施用区域的减量空间依然较大。

在化肥利用率方面,鄱阳湖流域整体表现出“起点较低,但提升潜力较大”的特征。2023 年,该流域主要农作物的平均化肥利用率为 36.5%,相较于 2018 年的 30.7%,提高了 5.8 个百分点,但仍低于同期全国平均水平(约 42.1%)。对不同作物类型的化肥利用率进行分析,可以发现水稻的化肥利用率相对较低,而蔬菜等经济作物的化肥利用率较高(表 1),这表明水稻种植区依然是未来化肥减量增效工作的重点区域。

为揭示化肥使用强度的空间分布格局,本研究运用 ArcGIS 空间分析工具绘制了 2023 年鄱阳湖流

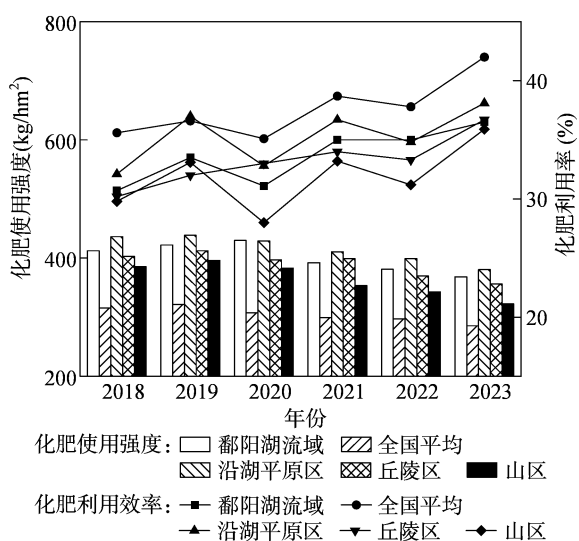


图2 2018—2023 年鄱阳湖流域与全国平均化肥使用强度变化趋势

表 1 2023 年鄱阳湖流域主要作物化肥利用率及较上年提升情况

作物类型	2023 年化肥利用率 (%)	较 2022 年提升幅度 (%)
水稻	34.1	3.4
油菜	36.9	2.7
蔬菜	41.3	4.0
果树	39.0	3.2

域各县(市、区)的化肥使用强度空间分布图。分析结果(图3)显示,流域内化肥使用强度呈现出显著的“中心-外围”梯度分布特征。具体而言,沿湖平原区(通常被视为中心区域)的化肥使用强度普遍处于较高水平,该区域内各县的平均值为 398.6 kg/hm^2 ,其中部分典型县区如湖口县、丰城市、彭泽县、永修县等的化肥施用量均超过 410 kg/hm^2 ,在空间上形成了明显的连片高值区域。丘陵过渡区的化肥使用强度则处于中等水平,平均值为 373.4 kg/hm^2 ,这些区域主要分布在平原与山区之间,代表性县区包括高安市、广丰区、靖安县等,其化肥施用数值大多集中在 $360 \sim 390 \text{ kg/hm}^2$ 区间内。山区的化肥使用强度最低,平均值为 324.8 kg/hm^2 ,涵盖了安远县、广昌县、井冈山市、婺源县等地区,部分县区的施用强度甚至低于 320 kg/hm^2 。总体来看,沿湖平原区的化肥施用强度不仅显著高于流域的平均水平,也远超全国同期的平均值(285.6 kg/hm^2),而山区的施用强度则相对较低,这种梯度分布格局清晰可见。

进一步对化肥使用强度的空间差异进行量化分析,结果表明,在 2018 年至 2023 年期间,鄱阳湖流域化肥使用的空间基尼系数由 0.328 下降至

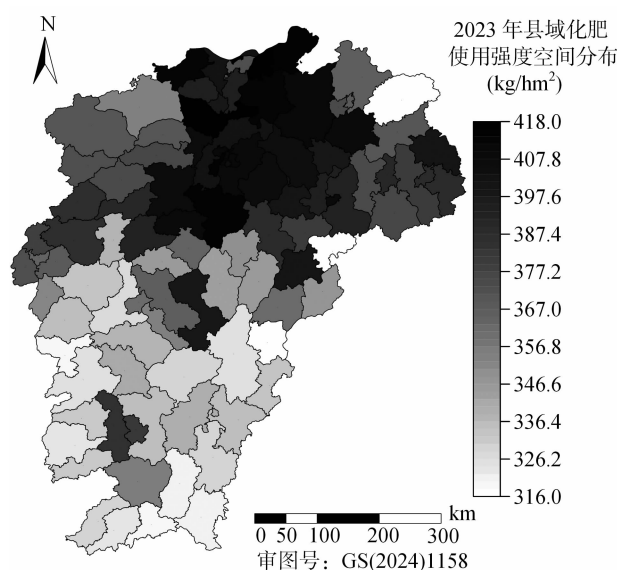


图3 2023 年鄱阳湖流域化肥使用强度空间分布

0.286,显示出区域间的施用强度差异有一定程度的缩小。泰尔指数的分解结果则揭示,区域间差异对总体差异的贡献率高达 68.5%,远高于区域内差异的贡献率(31.5%)。这表明,尽管整体差异有所收敛,但区域间发展的不平衡状态(特别是不同地貌类型区之间的差异)仍然是影响该流域整体化肥减量增效进程的主要矛盾。前述的空间分布图也直观地验证了高强度施用区与低强度施用区在地理空间上的集聚效应,进一步凸显了流域内“中心-外围”二元结构的现实基础。

结合近年来流域内化肥减量措施的实施情况进行分析,可以发现以下几点:第一,技术推广取得了显著成效。例如,测土配方施肥技术的覆盖率已由 2018 年的 65.3% 提升至 2023 年的 82.6%,在技术覆盖率较高的区域,化肥利用率达到了 42.8%,较技术覆盖率较低的区域高出 8.5 个百分点。第二,农业种植结构的调整也在一定程度上助力了化肥减量,2023 年,该流域内有机肥替代化肥的试点面积达到了 1.79 万 hm^2 ,约占研究区域总耕地面积的 0.46%(按 386 万 hm^2 总耕地面积计算)。试点区域化肥使用量平均降低 23.5%,有机肥使用量达到 31.5 t/hm^2 ,农户年均增收 4 800 元/ hm^2 。第三,政策激励措施的效果也较为明显,在实施化肥减量补贴政策(补贴标准 1 500 元/ hm^2)后,据 12 个试点县 1 280 户农户的抽样调查数据显示,2023 年参与项目的农户平均化肥施用量从 489 kg/hm^2 降至 412.5 kg/hm^2 ,较上一年减少了约 15.6%。然而,与此同时,该流域内区域发展不均衡的问题依然存

在,水稻等主要粮食作物主产区的化肥利用率仅为 36.5%,较国际先进水平(50%以上)仍有较大的差距,新型高效施肥技术在部分偏远山区的推广应用仍面临“最后一公里”的瓶颈,技术到位率仅为 82.6%。这些问题亟需在未来的政策制定和实践推进中予以重点关注和系统性突破。

3.2 化肥利用率时空变化及区域差异分析

由表 2 可知,在 2018 年至 2023 年期间,鄱阳湖流域主要农作物的平均化肥利用率总体呈现出波动中上升的态势。流域平均利用率由 2018 年的 30.7% 上升至 2023 年的 36.5%,5 年累计提升了 5.8 个百分点。尽管整体趋势向好,但年度间的利用率变化也表现出一定的波动性,这可能与当年的气候条件、主要作物种植结构的调整以及化肥减量增效技术的推广应用进度等多种因素密切相关。例如,数据显示,2019 年流域平均利用率(33.5%)较 2018 年有明显提升,可能与当年有利的气象条件或政策初步显效有关;而 2020 年(31.1%)和 2022 年(33.4%)则出现了阶段性的回落,这可能归因于某些区域极端天气事件的影响或特定作物结构调整带来的短期效应;2021 年(35.0%)和 2023 年(36.5%)则再次实现明显提升,反映了技术推广和管理措施的持续发力。

表 2 2018—2023 年鄱阳湖流域主要农作物
平均化肥利用率演变

区域	化肥利用率(%)					
	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
流域平均	30.7	33.5	31.1	35.0	33.4	36.5
沿湖平原区	32.1	35.2	32.8	36.7	34.8	38.1
丘陵区	30.2	32.0	31.2	34.0	33.3	36.7
山区	29.8	33.1	29.7	33.2	31.2	35.9

从空间分布格局来看,鄱阳湖流域 2023 年的化肥利用率同样展现出一定的“中心—外围”梯度特征,但与化肥施用强度的梯度方向相反,即中心区域利用率相对较高。具体而言,沿湖平原区得益于其较为平坦的地形、相对完善的农田基础设施、较高水平的大规模机械化作业以及新型施肥技术的率先普及和应用,2023 年的平均化肥利用率达到了 38.1%,明显高于鄱阳湖流域的平均水平。丘陵过渡区的农业生产模式更为多样化,耕作条件相对复杂,其化肥利用率处于中等水平,2023 年为 36.7%;而广大的山区,由于地形破碎崎岖、农业基础设施相对薄弱、农户经营规模小且分散等因素的制约,

化肥利用率相对较低,2023 年平均为 35.9%,部分偏远县区的利用率甚至低于 33%。值得注意的是,在空间演变上,沿湖平原区与丘陵区的交界地带,以及部分重点政策扶持和技术示范项目集中的区域,其化肥利用率的提升幅度往往更为明显。

对不同作物类型的化肥利用率进行比较分析可以发现,蔬菜(41.3%)和果树(39.0%)等经济作物的化肥利用率在 2023 年相对较高,而水稻(34.1%)和油菜(36.9%)等大宗粮油作物的利用率则相对偏低。这种差异可能与经济作物生产者通常更注重投入产出效益、在施肥管理上更为精细化,以及经济作物本身对养分吸收转化的特性有关。

为探究影响化肥利用率的关键因素,本研究初步进行了回归分析。分析结果表明,区域化肥利用率的提升与测土配方施肥等科学施肥技术的覆盖率、农户对绿色农业和生态保护的认知水平(间接反映生态价值观)以及区域耕地质量等级等因素呈现出显著的正相关关系。此外,对化肥利用率的空间自相关性进行检验,结果显示 2023 年 Moran's I 指数为 0.37($P < 0.01$),表明流域内化肥利用率在空间上存在显著的正向集聚效应。高值区域主要集中在南昌、九江、上饶等沿湖平原地区的县(市、区),而低值区域则更多分布在赣南、抚州等地的山区县。这种区域差异性不仅是自然禀赋条件差异的客观反映,也在一定程度上受到了地方政策资源投入强度、农业技术推广服务体系的覆盖能力和效率等社会经济因素的影响。

综上所述,鄱阳湖流域的化肥利用率在研究期内实现了稳步提升,但区域之间以及不同作物类型之间的差异依然显著,整体水平仍有较大的提升空间。为进一步推动流域农业的绿色可持续发展,未来的政策导向应更加注重加强对丘陵和山区等相对薄弱区域的技术推广支持和政策资源倾斜,针对不同作物类型和区域特点实施差异化的增效策略,从而促进流域整体化肥利用率的进一步提升。

3.3 化肥减量的环境效益案例:以湖口县为例

湖口县作为鄱阳湖流域内较早开展化肥减量增效综合试点的县域之一,其在 2018 年至 2023 年期间的实践为我们提供了观察化肥减量环境效益的典型示例。该县重点推广了测土配方施肥、有机肥替代化肥以及缓释肥料应用等一系列绿色农业技术。

对湖口县相关监测数据的分析结果(图 4)显

示,尽管年度间存在一定波动,其化肥施用强度在研究期间呈现出总体下降的趋势。具体来看,化肥施用量由 2018 年的 432 kg/hm^2 ,在 2019 年小幅上升至 440 kg/hm^2 后,2020 年下降至 427 kg/hm^2 ;2021 年略有反弹至 436 kg/hm^2 ,随后在 2022 年和 2023 年则持续下降,分别达到 423 kg/hm^2 和 418 kg/hm^2 。与此相对应,化肥利用率则表现出波动中整体提升的态势,从 2018 年的 31.8% 提升至 2023 年的 38.9%,其间,2020 年利用率(35.9%)相较前一年有明显提升,而 2021 年(34.6%)则略有回落,2022 年(37.2%)和 2023 年(38.9%)再次呈现持续上升。在环境效应方面,农田氮、磷养分流失量的变化趋势与化肥施用强度和利用效率的改善密切相关。数据显示,湖口县农田氮流失总量由 2018 年的 315 t,在 2019 年波动至 325 t 后,2020 年下降为 304 t;2021 年随化肥施用量反弹而增至 319 t,之后则逐年明显下降,2022 年和 2023 年分别降至 288 t 和 268 t。磷流失总量的变化趋势也类似,由 2018 年的 55 t,在 2019 年升至 57 t 后,从 2021 年开始呈现持续下降态势,至 2023 年已降至 43 t。这些数据显示,尽管存在年度间的波动,但湖口县通过化肥减量增效措施的持续推进,有效地降低了农业面源污染物(氮、磷)的排放负荷。

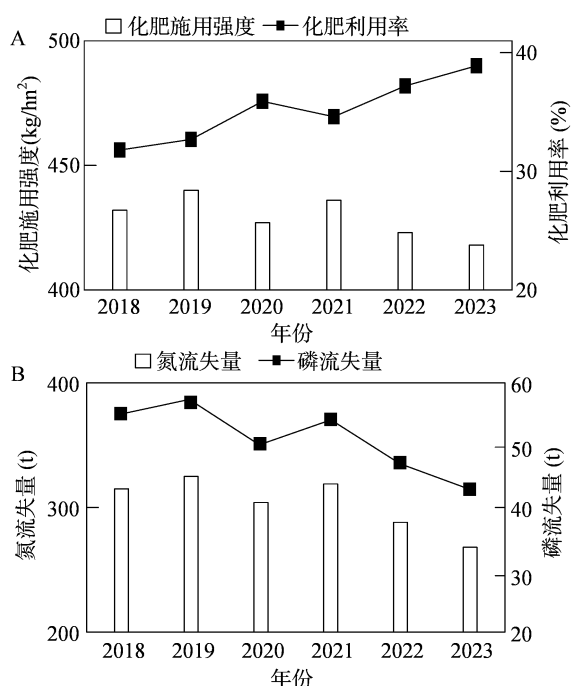


图4 2018—2023 年湖口县化肥施用强度、利用率(A)及主要农田养分(氮、磷)流失量(B)变化趋势

湖口县的化肥施用强度和农田氮磷流失量虽然在年度间均存在一定的波动,但其总体演变趋势

清晰地表现为施用强度与养分流失量的逐步下降,以及化肥利用率的持续提升。这充分说明,系统性的化肥减量增效措施对于改善区域农业面源污染状况、保护水土环境具有明显的积极推动作用。进一步将湖口县的实践与其他条件相似的沿湖平原区县进行对比分析可以发现,在高强度施肥区域系统性地采取综合治理措施后,其周边地表水体水质通常能获得较为明显的改善。例如,据相关监测,部分试点区域主要入湖河流水体的总氮、总磷平均浓度分别实现了约 11.2% 和 17.3% 的下降。

除了对水环境的积极影响外,化肥减量措施对农田土壤质量的改善也效果显著。基于湖口县全县范围内布设的 12 个长期定位土壤监测点(按季度频率进行采样分析)的数据显示,随着化肥减量措施的持续深入推进,试点区域的土壤质量呈现出逐步改善的良好态势。由表 3 可知,从 2018 年至 2023 年,这些监测点的土壤 pH 值平均水平从 5.8 上升至 6.1,表明土壤酸化趋势得到了有效遏制,土壤酸碱环境有所改良。同期,土壤有机质的平均含量也由 21.3 g/kg 稳步提升至 24.8 g/kg ,反映了土壤肥力的持续改善。土壤全氮含量则基本维持在 $1.52\sim 1.58\text{ g/kg}$ 的适宜范围内,表明在化肥减量的同时,土壤基础氮素供应仍能得到保障。值得注意的是,土壤速效磷含量呈现出从 2018 年的 16.8 mg/kg 逐年下降至 2023 年的 14.5 mg/kg 的趋势。这一变化可能反映了在长期过量施用磷肥得到纠正后,土壤磷素向更均衡状态调整的过程,避免了磷素的过度累积和潜在流失风险,是科学施肥和养分管理的积极体现。

表 3 2018—2023 年湖口县试点区主要土壤质量指标年度平均值变化

年份	pH 值	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)
2018	5.8 ± 0.3	21.3	1.52
2019	5.9 ± 0.3	22.1	1.54
2020	6.0 ± 0.2	22.8	1.55
2021	6.1 ± 0.2	23.5	1.58
2022	6.1 ± 0.2	24.2	1.56
2023	6.1 ± 0.2	24.8	1.57

总体来看,湖口县试点区土壤 pH 值的改善尤为显著,这与当地大力推广的测土配方施肥技术和有机肥替代化肥措施密切相关,有效缓解了因长期不合理施用化肥可能导致的土壤酸化问题。同时,土壤有机质含量的稳步提升为农业生产的可持续

发展奠定了坚实的土壤基础。这些都充分证实了化肥减量增效措施在提升土壤健康水平、改善农业生态环境方面的积极成效。

3.4 化肥利用率提升的县域案例:以靖安县为例

靖安县作为鄱阳湖流域丘陵地区的典型代表,其在提升化肥利用率方面的实践探索具有重要的借鉴意义。在 2018 年至 2023 年期间,靖安县将高标准农田建设与测土配方施肥等精准农业技术的推广应用作为提升农业生产效率和促进绿色转型的重要抓手。

该县的监测数据(表 4)显示,全县主要农作物的平均化肥利用率呈现出稳步提升的良好态势,由 2018 年的 29.7% 上升至 2023 年的 36.8%,5 年累计提升了 7.1 百分点,年均提升速率约为 1.4 百分点。其中,2020 年至 2021 年是利用率提升速度较快的时期,提升了 1.8 百分点(从 32.2% 至 34.0%)。这一阶段的快速提升与同期测土配方施肥技术覆盖率的明显提高密切相关,该技术覆盖率从 2020 年的 67.2% 快速上升至 2021 年的 72.5%。

表 4 靖安县 2018—2023 年平均化肥利用率
与测土配方施肥技术覆盖率对比

年份	全县平均 化肥利用率 (%)	测土配方 覆盖率 (%)	合作社管理 地块化肥利用率 (%)
2018	29.7	58.9	31.2
2019	31.3	62.4	33.7
2020	32.2	67.2	35.1
2021	34.0	72.5	36.8
2022	34.8	77.8	37.7
2023	36.8	81.6	39.2

除技术推广外,靖安县还积极探索并推广了“农民专业合作社集中统一管理”的组织模式,并辅以绿色生产激励机制,通过构建“以组织创新带动技术落地、以技术进步促进效益提升”的有效路径,实现了化肥利用率的持续性改善。对不同经营主体下农田的土壤质量和化肥利用率进行动态监测与对比分析(选取了覆盖合作社管理区域的 15 个监测点和传统分散种植区域的 20 个监测点进行比较),结果表明,由合作社主导经营和管理的地块其化肥利用率始终明显高于分散经营的农户。例如,在 2023 年,合作社管理地块的平均化肥利用率达到了 39.2%,而分散农户地块的平均利用率仅为 34.5%,两者之间存在 4.7 百分点的差距。从增长

态势来看,合作社主导地块的利用率提升幅度也更为明显,在 2018 年至 2023 年期间,合作社管理地块的利用率提升了 8.0 百分点(从 31.2% 增长至 39.2%),而同期分散农户地块的利用率仅提升了 6.2 百分点(从 28.3% 增长至 34.5%)。

从表 4 的对比分析中可以清晰地看出,靖安县化肥利用率的提升趋势与测土配方施肥等关键技术的覆盖率增长呈现出明显的同步性。在 2018 年至 2023 年的研究期内,全县测土配方施肥技术的覆盖率大幅提升了 22.7 百分点(从 58.9% 增至 81.6%),与此同时,全县的平均化肥利用率也相应提升了 7.1 百分点,两者之间的协同促进效应十分明显。特别值得关注的是,在由合作社等新型农业经营主体主导管理的地块,技术推广的有效性与组织管理的规范性形成了双重创新优势,从而带来了更为显著的效率提升。这一发现充分显示了技术创新和组织模式创新对于推动丘陵地区农业绿色转型和可持续发展的关键支撑作用。数据进一步表明,通过依托合作社等新型农业经营主体来系统性推进化肥减量增效工作,不仅能够显著提高先进技术的到位率和应用水平,也能够帮助实现更高的化肥利用率,这为丘陵地区乃至更广泛区域的农业绿色发展提供了一条可供借鉴的有效实践路径。

此外,土壤质量的动态监测结果(图 5)也表明,合作社主导管理地块的土壤改良效果优于传统分散经营的农户。以 2023 年的监测数据为例,合作社管理区域的土壤 pH 值平均值(6.3)和有机质平均含量(25.6 g/kg)均明显高于分散种植区域(分别为 5.9 和 22.4 g/kg)。这种差异的产生与合作社通常能够实施更为规范化的土壤改良措施(如统一的有机肥施用、秸秆还田等)和更为系统的农田养分管理策略密切相关。进一步对 2018 年至 2023 年间的时序数据进行分析可以发现,合作社管理区域的土壤 pH 值年均约提升 0.08,土壤有机质含量年均增加了约 0.72 g/kg;相比之下,分散种植区域这 2 项指标的年均提升幅度则分别约为 0.05 和 0.43 g/kg。这一对比结果有力地说明了农业生产的组织化程度对于促进土壤质量改善具有积极的推动作用。需要强调的是,在进行此类对比分析时,为确保数据的可比性和结论的可靠性,本研究特别注意选取了土壤类型、主要种植制度以及初始土壤背景条件相似的地块进行跟踪监测和对比。同时,考虑到年际间气候条件的潜在影响,研究过程中还同步收集

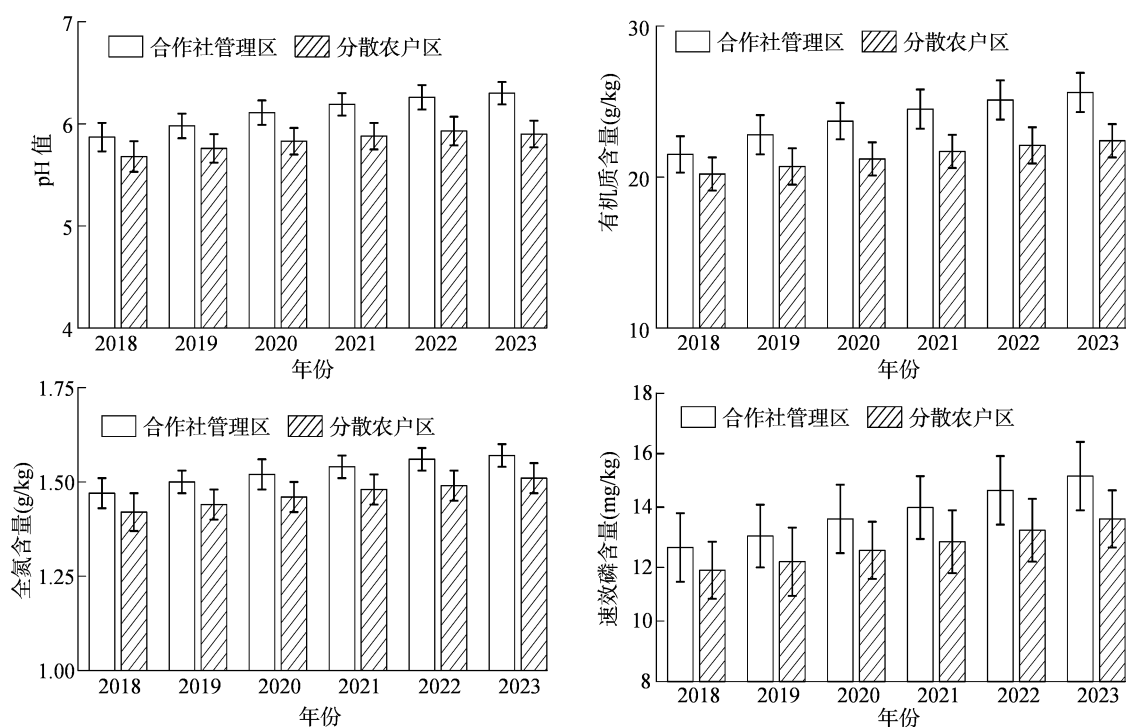


图5 2018—2023 年靖安县不同经营主体管理地块主要土壤质量指标对比

并参考了研究区域的降水量、有效积温等关键气象数据,以便对分析结果进行必要的校正和更为全面的解读。

3.5 经济效益转化的成效分析

化肥减量增效的根本目标之一在于实现农业生态效益向经济效益的有效转化,即促进“两山”理论在农业领域的生动实践。本研究基于 2018 年至 2023 年鄱阳湖流域 36 个县(市、区)的面板数据及相关调研资料,对化肥减量增效措施在农产品品质提升、直接经济效益增长以及区域农产品品牌价值提升等方面的综合成效进行了系统分析。

首先,在农产品品质提升方面,监测数据显示,随着化肥减量增效措施的推广,流域内绿色优质农产品的供给能力显著增强。由表 5 可知,2023 年,鄱阳湖流域经认证的绿色食品种植面积已达到 8.43 万 hm^2 ,较 2018 年增长了 56.8%;同期,有机农产品认证面积也增长至 2.15 万 hm^2 ,增幅高达 65.2%。在主要粮食品种方面,优质稻米的种植比例由 2018 年的 42.3% 提升至 2023 年的 53.7%,提升了 11.4 个百分点;整体农产品的一级品率也从 2018 年的 72.5% 提升至 2023 年的 80.7%,累计提升了 8.2 个百分点。这些数据的变化直观反映了化肥减量增效对农产品品质改善的积极作用。

农产品品质的提升直接带来了显著的市场经

济效益。数据显示,2023 年,鄱阳湖流域农产品的平均市场溢价率已达到 21.8%,较 2018 年的 12.2% 提升了 9.6 个百分点(表 5)。细分来看,不同认证类型产品的溢价能力有所差异。例如,据调研估算,2023 年有机认证农产品的平均溢价率约为 35.2%,绿色食品认证产品的平均溢价率约为 23.5%,而地理标志保护产品的平均溢价率也达到了约 18.3%。这种品质驱动的价值提升也体现在农业企业的经营业绩上,该流域内规模以上农业龙头企业其销售收入中,绿色优质农产品所占的比例已由 2018 年的 35.2% 提升至 2023 年的 46.6%,并由此带动了企业整体利润率平均提升了约 2.8 个百分点。

表 5 2018—2023 年鄱阳湖流域主要农产品品质
与市场效益相关指标变化情况

指标	绿色食品 认证面积 (万 hm^2)	有机农产品 认证面积 (万 hm^2)	优质稻米 种植比例 (%)	农产品 一级品率 (%)	流域农产品 平均溢价率 (%)
2018	5.37	1.32	42.3	72.5	12.2
2019	6.15	1.50	44.8	74.2	14.5
2020	6.84	1.68	47.6	75.8	16.8
2021	7.41	1.85	49.4	77.5	18.3
2022	7.99	2.03	51.9	79.1	19.6
2023	8.43	2.15	53.7	80.7	21.8

化肥减量增效不仅通过提升品质增加收益,还

在一定程度上优化了生产成本结构,从而提高了净收益。表 6 以水稻生产为例,对比分析了 2023 年实

施化肥减量增效的示范区与采用常规种植方式的区域在投入产出方面的差异。

表 6 2023 年鄱阳湖流域水稻生产示范区与常规种植区投入产出对比分析

种植区	化肥投入成本 (元/hm ²)	有机肥投入 成本(元/hm ²)	其他生产投入 (元/hm ²)	总生产成本 (元/hm ²)	平均产量 (kg/hm ²)	平均销售价格 (元/kg)	总产值收入 (元/hm ²)	净收益 (元/hm ²)
减量增效示范区	2 784.0	2 343.0	10 279.5	15 406.5	7 689.0	3.15	24 210.0	8 814.0
常规种植区	3 702.0	1 387.5	10 086.0	15 175.5	7 534.5	2.85	21 474.0	6 298.5

成本效益对比分析显示,尽管减量增效示范区的农户在有机肥等绿色投入品方面的支出有所增加,但由于化肥投入成本的明显降低,其总生产成本(15 406.5 元/hm²)仅略高于常规种植区(15 175.5 元/hm²),高出约 1.5%。然而,通过农产品品质提升带来的市场溢价效应(平均售价高出 0.3 元/kg),示范区的总产值收入明显提高。最终核算下来,示范区的净收益达到了 8 814.0 元/hm²,较常规种植区高出 2 515.5 元/hm²,净收益提升幅度高达 39.9%。为进一步验证化肥利用率对经济效益的普遍影响,本研究运用面板数据进行了回归分析,结果表明,在控制其他因素影响的情况下,鄱阳湖流域农户的化肥利用率每提升 1 百分点,其单位面积的种植净收益平均可提升约 1.8% ($r^2 = 0.782, P < 0.01$)。

化肥减量增效与区域农产品品牌建设的协同推进,还有力地提升了区域特色农产品的整体品牌价值和市场竞争力。截至 2023 年底,鄱阳湖流域已累计创建各类“三品一标”(无公害农产品、绿色食品、有机农产品和农产品地理标志)农产品达到 382 个,较 2018 年增加了 126 个。其中,获得国家级名优农产品称号的有 12 个,省级名优农产品则有 45 个。品牌效应的增强进一步带动了相关农业产业链的升级和延伸。以靖安白莲为例,通过持续推进化肥农药减量和生态品牌创建,至 2023 年,其产品市场溢价率已达到约 28.5%,并成功带动了当地 42 家白莲加工企业的发展,吸纳从业人员超过 5 600 人,整个白莲产业链的年产值已突破 8 亿元人民币。类似地,湖口银鱼、余干辣椒等地方特色农产品产业也通过绿色转型实现了产量与质量的双提升。据统计,2023 年鄱阳湖流域农产品加工业产值与农业总产值之比已达到 1.8 : 1,显示出农业产业链价值的显著提升。

综上所述,实证分析结果清晰地表明,鄱阳湖流域的化肥减量增效实践通过农产品品质提升、生

产成本优化、市场溢价实现以及区域品牌创建等多重路径,成功地促进了农业生态效益向经济效益的有效转化。这种转化不仅体现在农户和农业企业直接经济效益的增加上,更深远地带动了区域农业产业结构的升级和农村经济社会的发展,为“两山”理论在农业领域的具体实践提供了有力的经验佐证。然而,在肯定成绩的同时,也应清醒地看到,当前流域内化肥减量增效的效益转化在不同区域之间仍存在不均衡性,部分特色农产品的产业链整合与价值链提升尚有不足,这些问题需要在未来的政策设计和实践推进过程中予以重点关注和持续改进。

4 对策建议

基于前文分析,针对鄱阳湖流域化肥减量增效过程中的关键瓶颈,提出如下 3 项主要对策建议:

(1) 聚焦技术推广,提升减量增效覆盖面。针对流域内丘陵、山区等区域技术推广“最后一公里”难题,应加快构建以数字化、精准化为核心的技术推广体系。依托“农业一张图”和大数据平台,整合土壤、气象和种植档案等数据资源,为农户提供科学施肥决策支持。加强示范引领,形成“示范基地—骨干带动—整村推进”的推广链条,提升新型施肥技术的到位率和采纳率。强化产学研用协同创新,推动新型缓释肥料、智能施肥设备等关键技术的研发与落地,提升全流域技术普及水平。

(2) 完善利益联结,激发农户绿色转型动力。创新多元利益联结机制,推动绿色生产的内生动力形成。鼓励“土地股份合作+生态补偿+效益分红”等多种合作模式,增强农户与企业、合作社的利益绑定。完善优质农产品分级定价与溢价收购机制,确保化肥减量带来的品质提升能够有效转化为经济回报。积极探索绿色金融和碳汇交易等新路径,拓宽绿色增收渠道,提升农户参与积极性。

(3) 强化区域协同,促进流域均衡发展。构建“流域统筹、区域协同、县域落实”的三级治理格局,

打破行政壁垒,实现技术、资金等要素高效流动。完善跨区域生态补偿和资源共享机制,推动平原与丘陵和山区优势互补、协作共赢。加快数字农业基础设施建设,推进农业大数据平台和智慧农业云服务应用,提升流域整体治理效能,促进农业绿色高质量发展。以鄱阳湖流域为案例,本研究将“两山”转化效率与空间均衡理论引入农业面源污染治理研究,系统分析了生态价值观驱动下“技术-制度-文化”三元协同治理效应及其与空间格局的互动机制。研究发现,流域农业面源污染具有显著的时空异质性,尽管在政策推动下污染总量有所下降,但空间分布仍明显不均。生态价值观对农户绿色行为具有显著内生驱动作用,高价值观水平群体更倾向于采纳绿色技术。“技术-制度-文化”协同治理体系的推进,有效抑制了污染排放,推动了绿色农业发展,并提升了区域“两山”转化效率。

5 结论与展望

本研究以鄱阳湖流域为例,基于 2018—2023 年的县域数据与典型案例,系统考察了化肥减量增效的时空特征、影响机制及生态经济效应。主要结论如下:

第一,鄱阳湖流域化肥减量增效呈现“总量降、效率升、空间异”的特征。化肥用量波动下降,利用率稳步提升,但区域不平衡问题突出,形成了显著的“中心-外围”梯度格局,这既受自然禀赋影响,也与政策资源配置有关。

第二,技术创新与组织管理的协同是提升成效的关键。测土配方等技术推广与化肥利用率提升显著相关,合作社等新型经营主体则通过规模化、标准化管理放大了技术效果,为小农户与现代农业的有效衔接提供了思路。

第三,生态效益向经济效益的转化实现了多元价值共赢。化肥减量增效通过提升农产品品质、优化生产成本、延伸产业链等路径,实现了生态价值向经济价值的有效转化,为“两山”理论在农业领域的实践提供了有力佐证。

总体而言,鄱阳湖流域的实践为构建农业绿色

发展新范式提供了重要启示,其问题与经验对全国其他流域具有理论与实践指导意义。未来应持续强化技术创新、深化机制改革、优化区域协同,推动形成生态优先、绿色发展的现代农业新格局。

参考文献:

- [1] 胡鞍钢. 中国实现 2030 年前碳达峰目标及主要途径[J]. 北京工业大学学报(社会科学版),2021,21(3):1-15.
- [2] 黄茉莉. 欧盟共同农业政策对中国农业绿色发展的启示[J]. 可持续发展经济导刊,2023(12):40-43.
- [3] 王晨晖,李婷玉,马林,等. 日本化肥减量增效实现途径及启示[J]. 土壤通报,2020,51(3):725-732.
- [4] 褚聪俊,余斌,刘素坤. 农村产业融合的知识图谱构建与动态演化研究[J]. 时代经贸,2025,22(5):177-180.
- [5] 闫湘,金继运,梁鸣早. 我国主要粮食作物化肥增产效应与肥料利用效率[J]. 土壤,2017,49(6):1067-1077.
- [6] 孙彩霞,于国光,赵学平,等. 特色农产品质量安全精准管控技术的研究与应用:浙江省“一品一策”的实践与探索[J]. 农产品质量与安全,2020(5):49-52.
- [7] 高涵,叶维丽,彭硕佳,等. 基于绿色全要素生产率的“两山”转化效率测度方法[J]. 环境科学研究,2020,33(11):2639-2646.
- [8] 李文华,刘某承,张丹. 用生态价值观权衡传统农业与常规农业的效益:以稻鱼共作模式为例[J]. 资源科学,2009,31(6):899-904.
- [9] 杨肖丽,马豪壹,张瑞龙. 农户土壤质量认知与施肥行为研究:以辽宁省北镇市葡萄种植户为例[J]. 土壤通报,2022,53(2):290-300.
- [10] 金书秦,周芳,沈贵银. 农业发展与面源污染治理双重目标下的化肥减量路径探析[J]. 环境保护,2015,43(8):50-53.
- [11] 杜明利. 长江流域稻油系统生产现状及农户产量限制因素探究[D]. 武汉:华中农业大学,2023:33-70.
- [12] 高涵,叶维丽,彭硕佳,等. 基于绿色全要素生产率的“两山”转化效率测度方法[J]. 环境科学研究,2020,33(11):2639-2646.
- [13] 张晔. 数字化背景下农产品品牌价值提升路径研究[J]. 农业经济,2025(3):134-135.
- [14] 梁艳梅. 环境知识、环境价值观与小农户自觉生态生产行为研究[D]. 重庆:重庆三峡学院,2024:25-45.
- [15] 桑贤策,罗小锋,黄炎忠,等. 政策激励、生态认知与农户有机肥施用行为:基于有调节的中介效应模型[J]. 中国生态农业学报(中英文),2021,29(7):1274-1284.
- [16] 刘中良,高俊杰,陈震,等. 氮肥减量配施有机肥对大白菜产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 排灌机械工程学报,2022,40(11):1138-1144.