

我国农业全产业链绿色发展路径与对策研究

朱齐超^{1,2}, 李亚娟^{1,2}, 申建波^{1,2}, 徐玖亮^{1,2}, 侯勇^{1,2}, 佟丙辛^{1,2}, 许稳^{1,2}, 张福锁^{1,2*}

(1. 中国农业大学国家农业绿色发展研究院, 北京 100193; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要: 农业全产业链绿色发展既是提升农产品竞争力、促进农业产业增值的重要途径, 又是提高资源利用效率、保障经济可持续发展的必然选择。本文基于农业全产业链、农业绿色发展的理论认知, 界定了农业全产业链绿色发展的内涵与特征, 深入剖析了我国农业全产业链的发展现状、重大挑战、可行路径。研究发现, 农业全产业链绿色转型的关键痛点在于系统设计不足、产业链条短、中小型生产经营主体融入难度大、资源利用效率低、增值效应不突出、生态协同困难; 农业全产业链的绿色转型升级与政策保障是促进全产业链价值提升的关键, 内部循环融合、横向延伸拓展、纵向要素融合、产业跨越融合是农业全产业链绿色发展的实践路径。为此建议, 进一步从加强顶层设计, 推进创新驱动、拓展生态优势、完善监管服务、探索利益联结机制等角度精准施策, 完善全产业链系统布局、优化产品价值转化体系, 助推我国农业全产业链融合绿色发展。

关键词: 农业全产业链; 绿色发展; 产业融合; 环境友好; 价值提升

中图分类号: S-9 **文献标识码:** A

Green Development of Agricultural Whole Industry Chain: Pathway and Countermeasures

Zhu Qichao^{1,2}, Li Yajuan^{1,2}, Shen Jianbo^{1,2}, Xu Jiuliang^{1,2}, Hou Yong^{1,2},
Tong Bingxin^{1,2}, Xu Wen^{1,2}, Zhang Fusuo^{1,2*}

(1. National Academy of Agriculture Green Development, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Green development of the agricultural whole industry chain (AWIC) is vital for enhancing agricultural products' competitiveness and increasing added value of the industry; it is also inevitable for improving resource utilization efficiency and ensuring sustainable economic growth. In this study, we define the concept of AWIC green development and analyze its characteristics based on existing theories of AWIC and agriculture green development. We analyze the AWIC development status, major challenges, and feasible pathways in China. Our study shows that critical dilemmas regarding the AWIC green transformation include insufficient systematic design, short industrial chain, difficulty in participation of small- and medium-sized entities, low resource utilization efficiency, lack of value-added effect, and lack of ecological synergy. The AWIC green transformation and policy support are essential in elevating values for the whole industry chain. The major pathways for AWIC green development include internal circulation integration, horizontal expansion, vertical element integration, and cross-industrial integration. We suggest that China should strengthen top-level design, boost innovation, expand ecological advantages, improve supervision services of the whole industry, and

收稿日期: 2021-08-24; **修回日期:** 2021-12-29

通讯作者: *张福锁, 中国农业大学国家农业绿色发展研究院教授, 中国工程院院士, 研究方向为农业绿色策略与途径;

E-mail: zhangfs@cau.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“农业全产业链融合绿色发展战略与途径”(2019-XZ-69)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

explore benefit coupling mechanisms. These measures can complete the industrial layout, optimize the product value transformation system, and promote the AWIC green development.

Keywords: agricultural whole industry chain; green development; industrial integration; environment friendly; value enhancement

一、前言

以绿色发展为先导的农业全产业链融合,是保障农业提质增效与环境友好,实现农业生产绿色转型的核心要义,国家高度重视农业产业链融合与生态环境的协同发展。2012—2019年,全国农业绿色发展指数从73.46提升至77.14(先行区平均达到83.03),农业绿色发展格局逐步形成[1],更好适应了消费者需求的小型化、品质化、精致化特质[2]。然而,国内农业生产方式粗放、农产品多而不优、品牌杂而不亮、优质安全农产品供给结构性短缺等问题依然不同程度存在,加之全球“碳关税”“低碳壁垒”逐渐形成对国际农产品流通的冲击,可能加剧国内农产品市场“劣币驱逐良币”与供给侧结构性失衡现象[3]。为此,强化农业全产业链建设与绿色转型升级,在保障优质农产品有效供给的同时满足生态环境质量提升,成为我国农业绿色高质量发展的重大需求。

目前有关农业全产业链的研究众多,聚焦于内涵界定、模式分类、路径探索、成效分析等方面,呈现不断整合、持续优化的发展态势[4]。农业产业链研究最初围绕生产环节展开,关注农业生产与技术研发;随着市场经济的发展,逐步以“统购统销”等形式向市场端延伸;随着工业化、城市化进程加快,农业产业链继续朝着科研、生产、加工、销售一体化方向拓展,通过链条的完善来实现专业化、规模化;与此同时,配方施肥、水肥一体化等绿色生产技术构成了农业绿色发展的初期重点。近年来,新发展理念兴起,消费方式转型,信息化应用广泛,多方因素共同推动了农业产业链绿色发展理念的形成[4]。在农业产业链运行模式方面,按照参与主体的不同可分为龙头企业带动、中介组织带动、专业市场带动以及其他类型[5],根据链条上经济主体的差异可分为链条式、链族式、链网式[6,7]。此外,

调整价值链构成、优化创新体系,可打通行业壁垒,解决信息不畅、衔接不稳、质量管控难等问题,进而保障食品安全,提高农产品产值与流通效率,推动农民增收、扶贫攻坚与农业产业发展[8~10]。

关于农业绿色发展,已有研究集中在内涵界定、发展转型、评价指标、实现路径等方面[11]。农业绿色发展历经萌芽、发展、提升、推广等多阶段演化之后,核心内涵主要包括资源节约、环境友好、产地环境清洁、产品质量提升、生态系统稳定等[12],可经由数据包络分析(DEA)、随机前沿分析(SFA)等模型对部分要素生产率、全要素生产率进行测度[13]。为了提高农业绿色发展水平测度的全面性,也可利用熵值法、层次分析法等,将资源利用强度/效率、环境友好、人居环境等指标进行汇总,构建反映农业绿色发展的综合指标体系[14,15]。优化生态农业产业布局、强化创新驱动能力、构建多维保障体系等路径,有助于推进农业现代化,促进农业绿色发展的转型升级[16~18]。我国一些地区已经形成了农业绿色发展的典型案例[19]。

农业全产业链是农业绿色转型的必要组成,两者互融互促。目前,推进农业全产业链的构建与融合,从全产业链绿色转型视角探讨区域农业绿色发展的研究相对较少,存在着理论与实践层面的空白。例如,在理论层面,农业全产业链与农业绿色发展的内在逻辑关系缺乏清晰认识,农业全产业链绿色发展的内涵特征及其逻辑框架仍不清楚;在实践层面,农业全产业链绿色转型的路径与模式依然模糊,从全产业链角度研判农业绿色发展的实现路径有待进行[20]。针对于此,本文以农业全产业链融合与绿色转型发展为切入点,从农业全产业链绿色发展的内涵与特征出发,剖析我国在本领域的发展现状及问题;提出逻辑框架及关键点,凝练发展路径模式并阐述典型案例,以期丰富我国农业全产业链绿

色发展的理论研究。

二、农业全产业链绿色发展的内涵与特征

(一) 农业全产业链绿色发展的基础内涵

农业全产业链绿色发展以全产业链融合为主线，践行绿色发展理念，坚持生态优先与环境友好原则；立足资源禀赋，开展产业升级、链接与融合，发展优势明显、特色鲜明的农业产业及产业集群，实现全产业链效率与产值协同提升。

以农业全产业链的物质流调控与优化实现绿色生态环境需求，这是农业全产业链绿色发展的基本需求；生态优先、绿色发展是农业全产业链绿色发展的基本前提。物质与能量是农业全产业链与生态环境系统的交互，农业全产业链需要统筹全链条管理，实现物质流与能量流的调控与优化，以循环、高效、充分利用为主要特征，开展全链条绿色转型，提升资源利用效率，进而满足绿色生态环境需求(见图1)。相应的管理涉及源头减量、过程控制、末端治理：从源头上加强农业全产业链的投入控制，降低资源过量投入及污染物带入；优化农业全产业链过程管理，提高资源利用效率，减少环境排放；强化废弃物资源再加工、再利用，减少废弃物产生量，降低环境压力。

挖掘农业全产业链融合的价值，保障农民增收、产业兴旺、国民营养健康等需求，这是农业全产业链绿色发展的核心目标。农业全产业链联系着农田与餐桌，是生产者与消费者的中间体，也是生产、加工、流通、消费等多环节的综合载体。开展价值挖潜，优化利益分配，实现全产业链价值提升，成为农业全产业链绿色发展的直接需求(见图1)。农业及农产品的价值涉及生态价值、文化价值、社会价值等多重维度，应注重三方面工作：①强化技术支撑，提高农产品品质，以标准化生产和高质量农产品提高市场竞争力，通过优质优价体系提升农产品价格，实现农业全产业链提质增收；②加强三次产业融合，以农产品精深加工为手段挖掘市场价值，综合运用生态和文化资源禀赋发展农旅、康养、教育等产业，统筹农业的多功能性，实现农业全产业链融合的挖潜增收；③坚持系统性思维，配置并优化全产业链资源，通过产业融合降低资源投入及全链条损耗，实现降本增收。

究其本质，农业全产业链绿色发展是将绿色发展理念贯穿到农业产业的全过程，创新体制机制与业态模式，引导资源要素汇聚，挖掘农业多功能价值。创新引领与市场驱动是农业全产业链融合的核心动力，基于科技进步来延伸产业链、提升价值链、激活要素链、健全供应链，据此培育全产业链融合

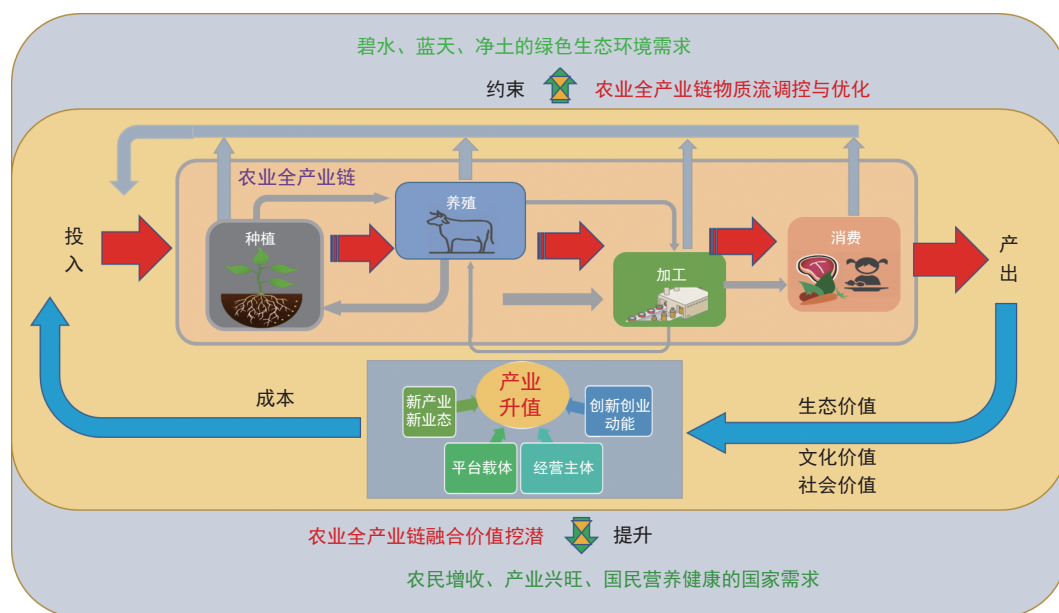


图1 农业全产业链绿色发展的逻辑思路

新动能；完善技术服务及支撑体系，协同实现产品质量高、产业效益高、生产效率高、资源利用高、农民收入高，切实从增产导向转为提质导向，反映农业高质量发展。

（二）农业全产业链绿色发展的基本特征

在系统边界上，农业全产业链覆盖从农田到餐桌的全部食物系统；在发展目标上，农业全产业链是绿色化、优质化、循环化、高效化的多目标协同。

1. 环境友好

坚持系统思维和底线思维，满足农业全产业链可持续发展要求。农业全产业链是“山水林田湖草沙”生命共同体的组成部分，依附并影响着自然生态系统。这就要求农业全产业链绿色发展应以系统思维为主线，科学设计并构建农业全产业链架构，严守生态功能保障基线、环境质量安全底线、自然资源利用上线；坚持生态保护的底线思维，严控生态阈值。农业全产业链的发展不能以牺牲生态环境为代价，应在适宜的空间范围内开展和实施，相应发展路径也需匹配生态环境需求。

2. 优质安全

优质安全是农业全产业链绿色发展的重要目标。优质农产品作为农业全产业链融合的出口，是链接生产端与消费端的关键，也是农产品优质优价体系的核心。农业全产业链融合的目标之一即保障优质农产品供给、满足市场需求，实现生产与消费群体的融合。相应地，质量控制与品质提升应涵盖产地环境控制、投入品管控、生产收获管理、储运加工监管、市场销售许可，实现农产品全链条的质量控制与优化，确保农产品从产地到市场的全程安全与优质。

3. 增值增收

增值增收是农业全产业链绿色发展的关键驱动。通过生产与消费融合，农业全产业链将更加高效地满足消费者对农产品安全性、高品质、多样化的需求，通过优质优价体系来实现产业的高质量增收。延长农业全产业链，提高产品加工比例及高附加值产品生产，有利于提高收益和产业链价值。此外，全产业链融合减少了因上下游需求不匹配、衔接不畅所导致的损失与浪费，降低了生产成本；全

产业链内部循环的高效率，通过废弃物资源化利用来替代部分投入，二者共同实现降本增收。

三、我国农业全产业链绿色发展现状与面临的问题

（一）农业全产业链缺乏面向生态安全与区域协同发展的系统设计，产业之间衔接不畅

良好的系统设计、科学的顶层规划是培育农业全产业链的重要前提。从系统角度看，农业全产业链融合应坚守生态友好的底线，在生态环境容量范畴内布局产业与产业集群，合理规划全产业链。然而，目前区域农业产业引进及全产业链布局仍以核心产业发展及增收为主要目标，缺乏以生态容量为底线的系统设计，在激化产业发展与生态环境矛盾的同时导致区域生态环境受到威胁。以种养产业链为例，调研结果显示，在8个生猪主产省份中，小规模养殖配套耕地数量不足的占比为87.18%，中规模占比为82.35%，大规模占比为93.33%^[21]。据畜禽粪便总量、耕地畜禽粪污氮磷负荷、耕地畜禽养殖环境容量核算，在长江中下游地区的城市中，仅约10%的畜禽养殖环境风险较小，59%的畜禽养殖环境风险中等，31%的畜禽养殖环境风险严重，区域种养结构缺乏必要的动态调整^[22]。

农业全产业链构建及融合的顶层规划缺乏，导致区域支柱产业发展受限于基础设施、技术支撑、配套产业、机制保障等而未能健康发展，进而影响农业全产业链的培育。例如，中国物流与采购联合会的数据显示，我国物流成本占产品成本的比例约为30%~40%，蔬菜等生鲜农产品的流通成本占到售价的50%~60%，甚至更高，而发达国家一般为10%~15%^[23]。单一环节的缺失及支撑不足将显著抑制全产业链的发展，因而区域规划需强化全链条视角，合理、系统地开展农业全产业链布局。

农业全产业链培育缺乏区域协同机制。如在长江流域，以四川省、湖北省为代表的中上游是重要的农产品生产区与输出区；以上海市为龙头的长江三角洲地区位于下游，是重要的农产品消费区，优质农产品需求高，科技人才优势明显；但目前长江中上游、下游的区域协同创新支撑不足，生态补偿机制和全产业链体系不完善，导致优质农产品占比

偏低、市场供需匹配性不佳、农业面源污染问题突出，明显不适应长江经济带高质量发展需要。相较于经济相对发达的长江流域，以传统粮食作物为主的农业区，协同发展意识更为薄弱，区域协同缺乏问题尤为明显。

（二）农业全产业链链条短，利益分配机制不清，产业融合与增值效应不突出

我国农业全产业链链条短，附加值低。与发达国家相比，我国农产品加工能力较为薄弱，加工企业规模小，农产品加工率低。根据中国农业科学院统计 [24]，2020 年我国农产品加工业营业收入超过 23.2 万亿元，与农业产值之比接近 2.4 : 1，而发达国家一般超过 3 : 1；我国农产品加工转化率为 67.5%，低于发达国家加工转化率水平（80% 左右）。

农业全产业链涉及多个利益主体，利益分配机制不明晰成为阻碍其构建与发展的难题。以乳产品为例，全产业链涉及原奶生产、乳品加工、乳品销售等主要环节，表现为“中间强、两头弱”：上游养殖业效益普遍较差，中游奶企经营业绩良好。由于利益分配机制不完善，奶农与奶企之间的利益矛盾尖锐，导致全链条乳品质量控制压力加剧，诸如“三聚氰胺”等农产品安全事件频发，严重阻碍了我国乳业市场的健康发展。一些国外乳品质量控制相对严格，因消费者的信赖惯性而导致进口量快速增长，也就挤压了国内养殖业的发展空间。2012—2018 年，婴幼儿奶粉进口量增长了 2.54 倍，而国产数量仅增长了 33.6%，本土品牌市场占有率下滑至 43% [25]。

在我国，农业多功能性价值尚未得到充分挖掘，农业与旅游、康养、文化传承等要素的融合程度偏低。农业多功能性的重点方向是大力发展新型农业生产经营形态（如休闲农业、生态农业等），然而根据农业农村部 2019 年统计数据 [26]，全国休闲农业接待游客 32 亿人次，营业收入约 8500 亿元，仅占当年农林牧渔业总产值的 6.9%。这表明，我国第一产业与第三产业的融合程度明显滞后于发达国家。推进农业品牌化是促进农民增收的有效途径，但我国农业品牌小且杂乱，缺乏国家和行业发展规划，行政管理的规范性也待

提升；农产品品牌发展存在“重认证轻培育”现象，因农产品自身品质经营不善而导致市场认可度低，品牌增收效应有限。

（三）农业全产业链信息不对称，中小型生产经营主体融入难度大

农业全产业链的利益主体大致分为生产主体、技术服务主体、市场消费主体、监管服务主体，信息不对称现象普遍存在于各利益主体之间，成为抑制农业全产业链融合的核心难题。生产主体与技术服务主体之间的信息不对称，导致绿色优质生产技术需求与供给错位，因而农业生产技术到位率低，优质高效生产受到制约；生产主体与消费主体之间的信息不对称，导致农产品供给侧与需求侧失衡，市场上农产品价格失衡、农产品滞销及浪费等现象频发，导致生产主体的积极性严重受挫，而消费者差异化的消费诉求也无法得到保障。各类主体之间信息不对称，缺乏以品质为导向的农产品“生产—追溯—监管”体系，导致优质农产品辨识困难，优质优价体系难以形成，农业全产业链增值受限。流通主体缺乏对农产品的监管是导致信息不对称的关键原因。农业生产与农产品消费的时空失配以及信息获取方式的差异，致使信息反馈受限，通常需要第三方流通服务体系参与，而相关体系不够完备且公信力有待提高。

我国农业领域的龙头企业多倾向于通过企业并购、重组、内生等形式，开展全产业链战略布局以提高企业竞争力并降低市场经营风险，如中粮集团有限公司、福建圣农控股集团有限公司构建了覆盖农资、生产、流通、消费的全产业链。但从国家农业的整体发展格局来看，在未来很长时间内以中小规模农户为经营主体的基本态势不会出现明显改变。中小型经营主体面临着农产品品种多样、品质不一、标准化生产难度大等问题，加之初级农产品直接销售为主，一般不参与深加工、流通等环节，导致商品被加工、流通企业一次性买断而无法享受后端利润，不易形成产业规模以高效参与市场竞争。这表明，我国农业生产的中小型经营主体未从实质上参与全产业链融合。此外，相关生产经营活动组织程度低，产业运营的资本、技术、人才、认知缺乏，使得中小型经营主体在农业全产业链中的参与度不高。

(四) 农业全产业链资源利用效率低，生产生态协同发展难度大

我国农业全产业链上下游匹配性不足、产业融合程度低，导致全产业链资源利用效率不高。耕地细碎化、养殖业规模化共同导致种养脱节，带来较为突出的农业生产排放超标、生态环境退化等问题。我国三大粮食作物主产区地块面积平均仅为1.8~2.85亩（1亩≈666.7m²），而畜牧业养殖的规模化程度不断提升（生猪为41%，奶牛为52%，肉鸡、蛋鸡分别为69%、63%）；但同时从事养殖和种植的比例不足50%，畜禽粪污养分利用率不足60%（氮、磷、钾分别为32.9%、50%、53.7%）。此外，劳动力成本抬升进一步导致粮食作物有机肥使用率的降低，畜禽粪污消纳压力加大与耕地碳源投入不足等问题共存 [27]。

农业全产业链融合程度低且衔接不畅，农产品损耗比例高且资源循环利用不足，导致全链条物流能量能源利用效率偏低而农产品环境代价较高，造成了较为突出的农业面源污染问题。例如，2014年我国食物系统中氮投入量高达8.84×10⁷t，但仅有6.1×10⁶t进入居民食物消费；农业食物系统中的氮利用效率仅为7%，有64%的氮素排放到环境中 [28]。《第二次全国污染源普查公报》（2020年）指出，农业源化学需氧量排放主要源于畜禽养殖业（占比为93.8%），农业源总氮、总磷排放主要源于种植业（占比分别为59.1%、38.2%）。目前，我国多数省份的

地表水质量都超出了临界标准（1mg-N/L），水体氮排放量（1.45×10⁵t/a）是安全阈值的2.7倍 [29]；77%的湖泊处于富营养化状态，较20世纪80年代面积增长了近60倍，大气活性氮（如氨气、氮氧化物）排放量比20世纪80年代增加了2~3倍，大气氮沉降则增加60%以上 [30]。农业面源污染成为我国生态环境治理的重大难题，因而协同实现生产与生态、构建“山水林田湖草沙”命运共同体协调发展格局成为农业绿色转型的迫切需求。

四、我国农业全产业链绿色发展的路径探讨

(一) 农业全产业链绿色发展逻辑与关键点

在新发展格局下，坚持新发展理念，提升现有产业链各环节价值，寻求体制机制突破，创新农业全产业链的链条延伸与融合模式。对照农业全产业链绿色发展的现状与宏观需求，我国农业全产业链绿色发展在现有产业链价值提升方面需在以下四方面进行重点突破（见图2）。

1. 绿色生产，提质增效

质量提升和效益提升互融共通、密不可分。农业生产是农业全产业链的起点，也是最主要的环境排放环节。因此，实现农业生产过程的绿色减排、保持优质农产品高效供给成为农业生产提质增效的关键。其中，绿色高效生产技术的创新与扩散，生产主体对于绿色高效生产技术的采纳与应用是核心

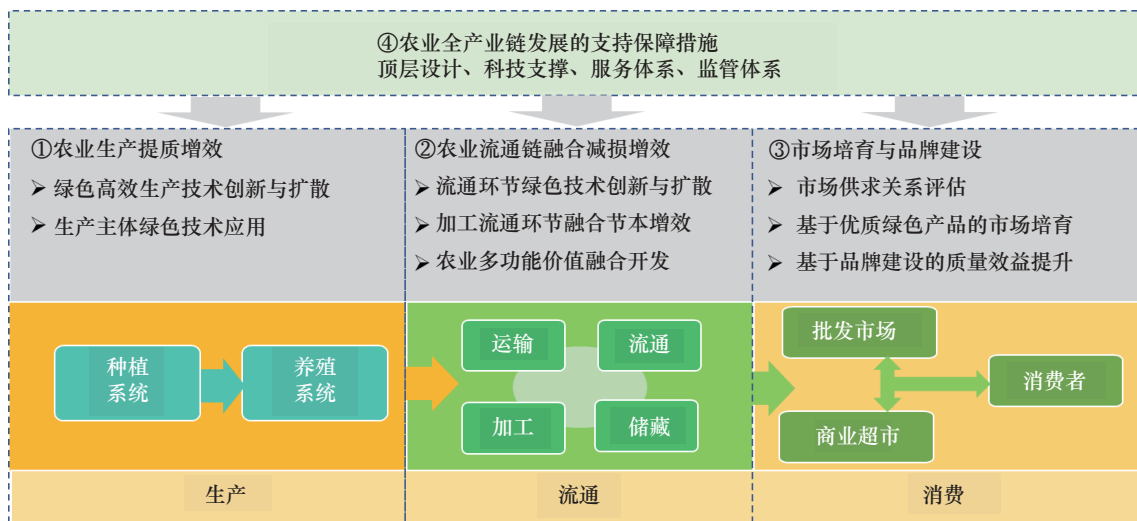


图2 农业全产业链绿色发展的逻辑框架

要义。

2. 流通链融合，减损增效

包括加工、储藏、运输在内的流通环节是承接生产环节有效运转与市售农产品优质安全的纽带。流通环节的绿色技术创新与扩散，加工流通环节的融合降本增效，农业生态、文化、康养等多功能价值融合开发，流通链间的匹配优化实现减损增效是重点内容。

3. 品牌建设，精准推广

通过精准推广来引导绿色优质农产品消费，培育一流品牌，提升农产品溢价，打造优质优价营销体系；以市场需求牵引绿色生产，增强农产品的国内外市场竞争力，带动农业全产业链融合绿色发展。动态评估市场供求关系，预判绿色优质产品的市场需求，开展品牌认证与培育工作，实现生产与消费端的有机融合是重点内容。

4. 政策完善，强化支撑

鉴于农产品绿色生产较强的正外部性、产品价值显示度偏低等特点，及时研究并发布完善的配套支持政策，为农产品绿色生产及产品优质优价提供坚实保障。科学的顶层设计、扎实的技术支撑、完善的金融服务、严格的监管制度，将决定农业全产业链绿色发展成效；服务于生产及流通环节的提质增效，保障绿色优质农产品的供需均衡以及与生态环境的协同发展；服务于市场体系，推动建立优质优价的经营方式。

(二) 农业全产业链绿色发展的关键路径

课题组完成的案例调研表明，我国农业全产业链绿色发展的关键路径（产业融合模式）主要分为4类：内部循环融合、横向延伸拓展、纵向要素融合、产业跨越融合（见图3）。

1. 内部循环融合

内部循环融合指在农业全产业链内部，变直链结构为循环结构，加强上、中、下游的耦合，促进内部循环。在全链条中运用物质循环再生原理、物质多层次利用技术，降低农业全产业链废弃物产生量；推动废弃物的资源化循环利用，实现节损、降本、高效利用，减少对生态环境的负面效应。例如，福建省南平市光泽县是肉鸡养殖大县，白羽肉鸡的出栏量近3亿只/年，粪便产生量约 5×10^5 t/a，远超当地农田的承载力。为此，光泽县组织企业利用鸡粪生产有机肥（用于本地及附近县市的种植业生产），建立了种养产业循环模式，消纳鸡粪 2×10^5 t/a，产值约4亿元；探索鸡粪发电，消耗鸡粪 3×10^5 t/a，发电量达1.7亿度（供肉鸡养殖场使用），节约成本约1.1亿元。

2. 横向延伸拓展

横向延伸拓展指以农业为基础，着眼消费者需求，延长农业全产业。从原材料型、鲜食型等初级产业延伸至食品加工、生物材料、清洁能源等加工型/功能型产业，实现农产品的品质提升与价值增值。例如，浙江省衢州市常山县的胡柚是当地农业

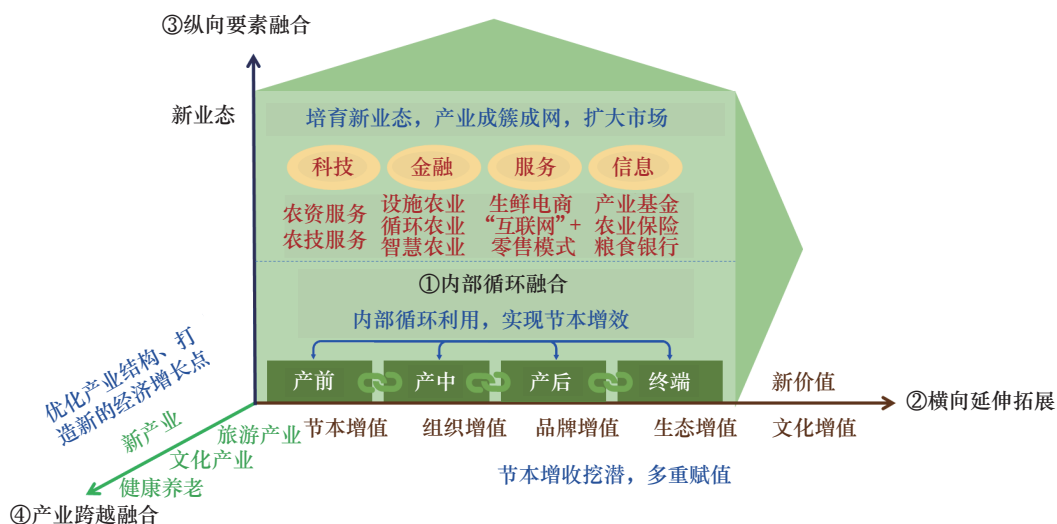


图3 农业全产业链绿色发展的关键路径

支柱产品，但近年来受国内柑橘产品的竞争冲击导致销售欠佳，制约了相关产业发展与农民增收。为此，常山县组织企业发展胡柚加工，完善了胡柚深加工、药材利用等全产业链开发路径，形成了柚子茶、胡柚精油、胡柚面膜、衢枳壳等近 20 种农副产品；建成深加工企业 12 家，胡柚深加工量超过 3.8×10^4 t/a，产值约 4 亿元，使得传统胡柚产业链升级成为规模 10 亿元的省级示范性农业全产业链。

3. 纵向要素融合

纵向要素融合指在互联网、大数据、云计算等信息技术快速发展与广泛应用的背景下，推动农业全产业链积极融入科技、数据、资本等要素。以科技促进产业提质增效，以信息拓展市场并提升收益，通过外部成本的内部化，显著提升农业全产业链流通效率。例如，四川省眉州市东坡区的智慧农业大棚面积为 112.8 亩，主要种植番茄、黄瓜、辣椒等蔬菜品种；以纵向融合科技、信息要素为依托，发展涵盖无土栽培、智能化管理、可视化运营、网络平台销售在内的新型农业全产业链经营模式；大棚蔬菜年产量较传统大棚提升 4~5 倍，用水量节约 90% 以上，销售单价提升 15% 以上，综合收益较传统大棚种植提升 6~7 倍，年产值超过 0.8 亿元。

4. 产业跨越融合

产业跨越融合指在农产品供给的基本功能之外，充分挖掘劳动就业保障、生态涵养、农耕文化传承、文旅康养、民俗体验等功能特征，推进农业与旅游、文化、教育等第三产业的深度融合，激发农业生产的内生动力，拓宽农民增收渠道。例如，浙江省衢州市依托农业生产和生态资源优势，创建美丽果园、美丽茶园、美丽稻田、美丽花田、美丽乡村；打造区域农业农村风景带，融合观光旅游、民宿经济、文旅康养等服务产业，培育农业生态经济产业，建立了集种植、旅游、康养为一体的产业跨越融合新模式；2019 年全市休闲观光农业、民宿（农家乐）接待游客 5412 万人次，休闲观光农业产值达 30.8 亿元，占农林牧渔业总产值的 34.8%。

五、对策建议

（一）加强顶层设计，优化农业全产业链系统布局

农业绿色发展是系统工程，应站位于系统视角，

协调绿色与发展的关系，统筹环境承载容量与经济发展、农产品供给、生态服务等功能。在区域规划层面，应以生态保护为前提，依据区域定位及资源禀赋，核算资源环境承载容量，遵循“山水林田湖草”系统的整体性，确保国土空间规划协调，合理布局农业产业及全产业链。在产业规划层面，应立足区域优势，着眼市场与集散地培育，增强农业全产业链发展的协调性，合理布局农业生产、加工、流通与消费产业；发挥市场机制、市场主体的关键作用，主动融合信息、科技、人才等要素；降低农业全产业链环境排放，实现农业全产业链绿色化，形成与资源环境承载容量相匹配、与生产生活生态相协调的农业发展格局。

（二）实施创新驱动，引领全产业链绿色发展

以科技创新为依托，优化要素配置，推进产业提档升级，催生新的经济增长点，这是农业全产业链绿色发展的重要前提。推动科技、信息等要素的深层次融合，激发新型产业业态，培育新兴市场空间，扩大市场需求，实现产业聚点成链、聚链成网；在放大产业集群效应的同时，鼓励产业交叉，形成创新融合、螺旋升级的产业发展格局，提升农业全产业链的生产质量、效率效益。在人才培养方面，应对产业需求更新人才培育机制，培养创新型、管理型、综合型人才群体，为农业全产业链的产业升级、科学管控、系统提升提供坚实的智力基础。在机制创新方面，优化调整科技攻关的项目组织实施模式，鼓励企业发挥科技创新实施主体作用；推动科技创新与产业需求的精准对接，注重农业科技成果的转化应用，加快新型农业经济体系发展。

（三）拓展生态优势，高效转化生态产品价值

将绿色作为农业全产业链发展的基本前提，聚焦可持续发展。一方面，通过资源节约、循环利用、绿色开发，实现农业全链条的节能减损、降耗减排，形成“资源—加工—产品—资源”的循环模式，发展安全优质、绿色生态、营养健康的食品产业。另一方面，以生产生活生态相互协调为前提，实施绿色农产品的品牌化发展战略，构建完备的绿色农产品的增值链；发挥农业的多功能性，挖掘产业生态、文化、社会价值，促进三次产业融合，提高农业附

加值, 拓宽农业发展空间。在区域层面, 应以农业产业为基础来实现产业绿色化, 以生态资源为中心来推动绿色产业化; 以生产生态“双循环”来构建农业新产业发展格局, 推动形成农业全产业链融合的绿色发展方式。

(四) 提升监管服务, 构建农产品优质优价体系

农产品优质优价是农业增收的根本举措, 应构建具有安全、营养、健康、优质、绿色特质的农产品品质分级标准, 覆盖优质农产品产地准出与市场准入的全链条认证监管体系, 支持生产与消费市场标准化连接, 满足消费需求的多样化与差异化。具体而言, ①强化农业优质高效服务体系建设, 发挥绿色生产体系的技术支撑作用, 健全农产品安全与品质分级标准, 从源头强化绿色优质农产品的供给; ②完善以品质为导向的农产品市场准入制度, 构建生产与消费的信息对接机制, 完善标签制度, 满足消费者认知需求; ③完善农产品质量追溯与监管机制, 加强农业全链条的信息整合, 完善生产、加工、仓储等信息的公开共享机制, 提高消费者的品牌认可度, 建立互信制度以保障农产品优质优价体系的落实。

(五) 探索利益链接机制, 保障并增加农民收入

农业生产是农业全产业链的基础, 农业全产业链绿色发展应将促进农民增收、提升农民福祉置于重要位置。以农业农村生产主体为依托, 以县、乡、村为基本单元, 保障农民的主体地位; 发展产地加工、产地旅游、产地服务, 以第二、第三产业发展带动农业提效, 促进农民增收, 带动城乡融合与乡村振兴。积极培育龙头企业, 鼓励企业承担社会责任, 保持企农利益的平衡性; 发展农民共享产业, 探索订单、公司+基地+农户等新型利益分享与共赢模式, 带动中小规模经营主体发展, 为乡村振兴和共同富裕提供坚实保障。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: August 24, 2021; **Revised date:** December 29, 2021

Corresponding author: Zhang Fusuo is a professor from the National Academy of Agriculture Green Development, China Agricultural

University and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research field is green agricultural strategies and approaches. E-mail: zhangfs@cau.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Green development strategies and approaches for the integration of the whole agricultural industry chain” (2019-XZ-69)

参考文献

- [1] 中国农业绿色发展研究会, 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所. 中国农业绿色发展报告2020 [R]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
China Agricultural Green Development Research Association, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS. China agricultural green development report 2020 [R]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [2] 金书秦, 牛坤玉, 韩冬梅. 农业绿色发展路径及其“十四五”取向 [J]. 改革, 2020 (2): 30–39.
Jin S Q, Niu K Y, Han D M. The path of agricultural green development and its orientation in the 14th Five-Year Plan Period [J]. Reform, 2020 (2): 30–39.
- [3] Zhou Y, Gong D C, Huang B, et al. The impacts of carbon tariff on green supply chain design [J]. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2017, 14(3): 1542–1555.
- [4] 魏丽莉, 侯宇琦. 中国现代农业发展的路径突破——产业链整合与产业体系优化 [J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2018, 46(6): 137–147.
Wei L L, Hou Y Q. Breakthrough of China’s modern agricultural development path: Industrial chain integration and industrial system optimization [J]. Journal of Lanzhou University(Social Sciences), 2018, 46(6): 137–147.
- [5] 成德宁. 我国农业产业链整合模式的比较与选择 [J]. 经济学家, 2012, 164(8): 52–57.
Cheng D N. The comparison and choice of the industrial chain integration model of China’s agriculture [J]. Economist, 2012, 164(8): 52–57.
- [6] 寇光涛, 卢凤君. 我国粮食产业链增值的路径模式研究——基于产业链的演化发展角度 [J]. 农业经济问题, 2016 (8): 25–32.
Kou G T, Lu F J. Research on the path about value-added of grain industrial chain in China [J]. Issues in Agricultural Economy, 2016 (8): 25–32.
- [7] 邸玉娜, 刘艺萌, 曹繁荣. 价值链视角下的中国农业供给侧结构性改革研究 [J]. 世界农业, 2018 (5): 84–91.
Di Y N, Liu Y M, Cao C R. Research on China’s agricultural supply-side structural reform from the perspective of value chain [J]. World Agriculture, 2018 (5): 84–91.
- [8] Ling E K, Wahab S N. Integrity of food supply chain: Going beyond food safety and food quality [J]. International Journal of Productivity and Quality Management, 2020, 29(2): 216–232.
- [9] Xia Y, Zu X X, Shi C M. A profit-driven approach to building a “people-responsible” supply chain [J]. European Journal of Operational Research, 2015, 241(2): 348–360.
- [10] 程华, 卢凤君, 谢莉娇. 农业产业链组织的内涵、演化与发展方向 [J]. 农业经济问题, 2019 (12): 118–128.
Cheng H, Lu F J, Xie L J. Connotation, evolution and development

- direction of agricultural industry chain organization in China [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019 (12): 118–128.
- [11] 付伟, 罗明灿, 陈建成. 农业绿色发展演变过程及目标实现路径研究 [J]. *生态经济*, 2021, 37(7): 97–103.
Fu W, Luo M C, Chen J C. Study on the evolution process and goal realization path of agricultural green development [J]. *Ecological Economy*, 2021, 37(7): 97–103.
- [12] Borch K. Emerging technologies in favour of sustainable agriculture [J]. *Futures*, 2007, 39(9): 1045–1066.
- [13] 张乐, 曹静. 中国农业全要素生产率增长: 配置效率变化的引入——基于随机前沿生产函数法的实证分析 [J]. *中国农村经济*, 2013 (3): 4–15.
Zhang L, Cao J. China's agricultural total factor productivity growth: the introduction of changes in allocation efficiency: An empirical analysis based on the stochastic frontier production function method [J]. *Chinese Rural Economy*, 2013 (3): 4–15.
- [14] 魏琦, 张斌, 金书秦. 中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究 [J]. *农业经济问题*, 2018 (11): 11–20.
Wei Q, Zhang B, Jin S Q. A study on construction and regional comparison of agricultural green development index in China [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2018 (11): 11–20.
- [15] 赵会杰, 于法稳. 基于熵值法的粮食主产区农业绿色发展水平评价 [J]. *改革*, 2019 (11): 136–146.
Zhao H J, Yu F W. Evaluation of agricultural green development level in main grain producing areas based on entropy method [J]. *Reform*, 2019 (11): 136–146.
- [16] 于法稳. 新时代农业绿色发展动因、核心及对策研究 [J]. *中国农村经济*, 2018 (5): 19–34.
Yu F W. An analysis of the reasons, core and countermeasures of agricultural green development in the new era [J]. *Chinese Rural Economy*, 2018 (5): 19–34.
- [17] 陈龙. 中国特色小农振兴道路: 战略方向、路径选择与政策保障 [J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2021, 21(1): 72–79.
Chen L. The revitalization of rural smallholders with Chinese characteristics: Strategic direction, path choice and policy guarantee [J]. *Journal of Northwest A & F University(Social Science Edition)*, 2021, 21(1): 72–79.
- [18] 何可, 李凡略, 张俊飏, 等. 长江经济带农业绿色发展水平及区域差异分析 [J]. *华中农业大学学报*, 2021, 40(3): 43–51.
He K, Li F L, Zhang J B, et al. Green development levels and regional differences of agriculture in the Yangtze River Economic Belt [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2021, 40(3): 43–51.
- [19] 邓远建, 马翼飞, 梅怡明. 山区生态产业融合发展路径研究——以浙江省丽水市为例 [J]. *生态经济*, 2019, 35(6): 49–55.
Deng Y J, Ma Y F, Mei Y M. The path of rural eco-industry integration development in mountain area: A case from Lishui City in Zhejiang Province [J]. *Ecological Economy*, 2019, 35(6): 49–55.
- [20] Shen J B, Zhu Q C, Jiao X Q, et al. Agriculture green development: A model for China and the world [J]. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2020, 7(1): 5–13.
- [21] 王淑彬, 王明利. 中国生猪养殖场种养一体化综合效益评价研究: 基于八省的实地调研 [J]. *中国农业资源与区划*, 2021 (11): 1–12.
Wang S B, Wang M L. Study on comprehensive benefit evaluation of integrated crop-livestock of pig farms in China: Based on field research in eight provinces [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2021 (11): 1–12.
- [22] 肖琴, 周振亚, 罗其友. 长江中下游地区畜禽承载力评估与预警分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(9): 2050–2058.
Xiao Q, Zhou Z Y, Luo Q Y. Bearing capacity assessment and forewarning analysis of livestock and poultry breeding in the middle and lower reaches of Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(9): 2050–2058.
- [23] 董春岩, 牛明雷, 姚艳, 等. 蔬菜全产业链大数据平台建设与应用研究——以大白菜为例 [J]. *农业大数据学报*, 2021, 3(1): 66–72.
Dong C Y, Niu M L, Yao Y, et al. Research on the construction and application of a big data platform for the whole vegetable industry [J]. *Journal of Agricultural Big Data*, 2021, 3(1): 66–72.
- [24] 阮思甜. 科技创新在农产品加工业发展中的支撑作用 [J]. *农经*, 2021 (4): 68–72.
Ruan S T. Supporting of technological innovation in the agricultural products processing industry development [J]. *Agricultural Economics*, 2021 (4): 68–72.
- [25] 道日娜, 张进. 进口冲击与中国婴幼儿奶粉产业链价格传递——兼论以价格竞争赢得市场的可能 [J]. *中国农村经济*, 2021 (4): 100–122.
Dao R N, Zhang J. Import shocks and the price transmission of infant formula industry in China: With an exploration of the possibility of price competition as a strategy to win the market [J]. *Chinese Rural Economy*, 2021 (4): 100–122.
- [26] 张贞. 我国休闲农业研究新进展述评——基于农村产业融合视角 [J]. *中国林业经济*, 2021 (2): 34–39.
Zhang Z. A review of the new research progress of leisure agriculture in my country: Based on the perspective of rural industry integration [J]. *China Forestry Economics*, 2021 (2): 34–39.
- [27] Zhang X Y, Fang Q C, Zhang T, et al. Benefits and trade-offs of replacing synthetic fertilizers by animal manures in crop production in China: A meta-analysis [J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(2): 888–900.
- [28] Luo Z B, Hu S Y, Chen D J, et al. From production to consumption: A coupled human-environmental nitrogen flow analysis in China [J]. *Environmental Science & Technology*, 2018, 52(4): 2025–2035.
- [29] Yu C Q, Huang X, Chen H, et al. Managing nitrogen to restore water quality in China [J]. *Nature*, 2019, 567(7749): 516–520.
- [30] Wen Z, Xu W, Li Q, et al. Changes of nitrogen deposition in China from 1980 to 2018 [J]. *Environment International*, 2020, 144: 1–12.