

郑兆峰,高鸣. 坚持发展生态低碳农业:内涵、挑战与战略构想[J]. 华中农业大学学报, 2024, 43(3): 65-74.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2024.03.007

坚持发展生态低碳农业:内涵、挑战与战略构想

郑兆峰¹, 高鸣²

1. 中国农业大学国家农业农村发展研究院, 北京 100083; 2. 农业农村部农村经济研究中心, 北京 100810

摘要 发展生态低碳农业,是中国式农业现代化的重要特征,是建设中国特色农业强国的有效路径。为推进农业发展全面绿色转型,加快建成中国特色农业强国,本文在明晰生态低碳农业内涵特征的基础上,提出发展生态低碳农业的愿景,分析当前中国发展生态低碳农业的现实基础和困难挑战,并据此提出战略构想。研究发现,中国发展生态低碳农业已经具备一定的现实基础,但仍然存在多重目标相互掣肘、减排固碳空间有限、技术储备不足、生态产品价值难以实现等问题。新阶段新征程上发展生态低碳农业的具体思路是充分运用农耕经验与现代科技,同步推进绿色科技创新与推广应用,统筹结合有为政府和有效市场;重点任务 is 健全以绿色生态为导向的农业补贴制度,构建支撑生态低碳农业发展的技术体系,建立健全生态产品价值实现机制。

关键词 生态低碳农业; 农业资源; 集约利用; 产业模式; 减排

中图分类号 F323.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2024)03-0065-10

中国用占世界9%的耕地和6%的淡水资源,解决了世界近20%人口的吃饭问题,为世界粮食安全作出了重要贡献^[1]。然而,中国粮食的稳产保供长期依赖生产要素投入的增加,尤其是化肥、农药等的大量投入,这造成了一系列生态问题^[2]。党的十八大以来,党中央高度重视生态环境保护,把生态文明建设作为中国特色社会主义“五位一体”总体布局的重要内容。2022年中央农村工作会议进一步强调“加快建设农业强国,发展生态低碳农业”。作为农业强国建设的“中国特色”之一,发展生态低碳农业的提出既为建设农业强国指明了方向,也是中国式现代化在农业领域的深化。但值得思考的是,生态低碳农业的内涵是什么,具有哪些特征要求?发展生态低碳农业的现实条件是什么,具体有哪些基础和不足?今后一个时期,生态低碳农业的发展思路和重点任务分别是什么?

从已有文献看,学术界主要从生态农业和低碳农业的角度分别对上述问题进行了探讨,而直接围绕生态低碳农业回答上述问题的研究鲜见。生态农业方面,有学者提出,生态农业的内涵不仅包括了底线思维的安全意识、理念创新的引领意识,而且还包括了生产方式转变的绿色意识、农业生态产品的健

康意识,以及生产场景标准的指导意识^[3]。改革开放以来,中国生态农业实践取得了明显成效^[4-5],但仍然存在理论研究滞后、技术支撑有限、品牌培育和市场拓展不足等问题^[6-7]。低碳农业方面,赵其国等^[8]从农业的投入产出角度对低碳农业进行界定,认为低碳农业是一种在农业生产、经营过程中投入较少的农业物资而获得较高的收益,同时温室气体的排放也最少的农业发展模式。面向“双碳目标”,中国发展低碳农业需要走出盲目发展有机农业、依靠小农户独立承担碳减排责任的误区^[9],克服农业物资投入过量、农业污染过多、农业效率不高的问题^[10]。

综合上述分析不难看出,学者们对发展“生态农业”和“低碳农业”的核心内涵、基础条件、困难挑战等做了大量的探讨。然而,对标农业强国建设要求,面向“双碳”目标,中国发展生态低碳农业的深刻内涵并非“生态农业”和“低碳农业”的简单加总,新阶段新征程上发展生态低碳农业面临的风险挑战也更加复杂多样。因此,本文在系统阐释生态低碳农业内涵特征的基础上,提出发展生态低碳农业的愿景。立足发展生态低碳农业的现实基础,分析中国发展生态低碳农业面临的问题,并据此提出今后一段时期内发展生态低碳农业的具体思路和重点任务,以

收稿日期: 2024-02-01

基金项目: 国家高层次人才特殊支持计划项目“依靠科技与改革双轮驱动建设农业强国研究”(2023)

郑兆峰, E-mail: B20213110800@cau.edu.cn

通信作者: 高鸣, E-mail: gaoming@agri.gov.cn

期为建成生态低碳化农业强国提供借鉴与参考。

1 生态低碳农业的内涵特征

生态低碳农业的核心内涵有目标和过程2种理解视角。从目标的角度来看,尽管发展生态低碳农业的基本目标是做到资源节约、环境友好,守住绿水青山,但作为农业强国建设的“中国特色”之一,发展生态低碳农业要做到与建设农业强国的其他目标要求协调统一。对标农业强国建设的供给保障强、扎实推进共同富裕等目标要求,中国发展生态低碳农业不仅要求减排固碳、保护和改善农业生态环境、降低自然资源消耗和污染,还要提高农业生产效率和经济效益^[11]。从过程的角度来看,发展生态低碳农业必须要充分考虑耕地、淡水等资源现状,科学使用农业投入品,循环利用农业废弃物,清洁净化产地环境,形成同资源环境承载力相匹配、生产生活生态相协调的农业发展新格局^[12]。结合以上视角本文提出,发展生态低碳农业以实现生态效益、社会效益和经济效益的同步提升为目标,以保护和缓解资源和环境约束、改善农业生态环境、增强减排固碳能力为主要抓手,是对传统农业生产方式的深刻变革。具体而言,生态低碳农业的特征可以概括为“五化”。

1) 农业资源利用集约化。当前,中国农业资源高度消耗的经营方式尚未改变^[13],发展生态低碳农业,要求依靠农业科技进步,实现农业资源保护和节约利用。一是耕地质量标准高。中国传统农业采用高投入、超负荷的模式,导致土壤耕层变浅、酸化、盐碱化等问题日益突出。彰显这种内涵特征,要求加强耕地质量建设,提升耕地基础地力等级,提高农田土壤的有机质含量。二是水资源利用效率高。水资源在农业生产中主要用于农田灌溉,长期以来,中国灌溉用水的粗放、低效利用方式造成化肥淋洗和径流损失,导致农田生态系统被严重破坏。彰显这种内涵特征,要求培育节水抗旱品种,推广水肥一体化、集雨补灌等节水技术,强化科学灌溉与抗旱技术指导,提高水资源利用效率。

2) 农业投入品减量化。过量使用化肥、农药导致中国农业面源污染严重。从化肥使用情况来看,当前中国施肥水平远高于发达国家所公认的环境安全上限^[14],过量的投入使得化肥以各种形式流失到环境中,严重污染了生态环境。从农药使用情况来看,中国农业生产中普遍存在农药用量过度、平均利用率低的问题^[15],大量农药直接进入环境,对水体、

大气、土壤造成了严重的污染。发展生态低碳农业,要求推广施肥新技术、肥料新产品、施用新机具,推进病虫害绿色防控和专业化统防统治,通过源头减量、高效利用,优化农业产地环境。

3) 产业模式生态化。产业模式生态化是要在农业产业的生产、加工、流通各环节中,贯彻绿色发展理念,对传统农业的生产方式、产业结构、流通形式等进行生态化改造,构建高效、节能、环保的农业生产体系,在提升经济效益和社会效益的同时实现生态效益。生态化的产业模式更加注重农业生产活动与自然环境的和谐共生,强调在农业生产中实现资源的循环利用和生态平衡。发展生态低碳农业,要求践行绿色种植和绿色养殖,发展种养有机结合的循环农业;改造乡村第二产业,促进农产品加工业绿色转型;培育生态产业园,发展乡村特色旅游业,实现产业兴、百姓富、生态美的有机统一。

4) 温室气体减排化。农业是温室气体排放的重要来源,农业减排固碳是实现“碳达峰碳中和”目标、应对气候变化的重要举措。农业活动产生的温室气体种类主要包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O),分别主要产生于农业生产中的化石燃烧、反刍动物肠道发酵和畜禽粪便处理过程中的厌氧发酵^[16]。中国农业温室气体排放量约占全国总排放量17%,是温室气体排放总量的重要组成部分。发展生态低碳农业,一方面,要求降低温室气体排放强度。通过推广先进适用的低碳节能农机装备,推动农业生产用能侧可再生能源替代,降低农业生产中化石燃料燃烧产生的碳排放;通过改良品种、改进饲喂技术,降低牛、羊等反刍动物肠道甲烷排放;通过沼气发酵、粪尿分离等提升畜禽粪污资源化利用水平,减少甲烷和氧化亚氮排放。另一方面,强调提高农田土壤固碳能力。通过持续推进高标准农田建设、加快退化耕地治理等措施,提升农田土壤的有机质含量,促进农田固碳扩容。

5) 农业废弃物资源化。开展农业废弃物处理和资源化利用,是发展生态低碳农业的客观要求。农业废弃物来源广泛,不合理处置农作物秸秆、畜禽粪便、水产养殖尾水等农业废弃物都会带来严重的环境污染。例如,农作物秸秆焚烧释放出大量二氧化碳、甲烷等温室气体,甚至导致雾霾;畜禽粪便中的有害物质一旦进入地表水或地下水,就会导致水体富营养化、悬浮物增加,破坏水体的酸碱平衡。发展生态低碳农业,要求因地制宜推进秸秆肥料化、饲料

化、能源化、基料化和原料化利用,建设畜禽粪污收集处理与粪肥还田利用设施,推广生态健康养殖模式,通过末端治理、循环畅通,将农业废弃物转化为可再生利用资源。

2 发展生态低碳农业的愿景

发展生态低碳农业需要平衡好粮食和重要农产品稳产保供与生态环境保护之间的关系。对标农业强国建设要求,面向“双碳”目标,新阶段发展生态低碳农业要实现资源和环境约束缓解基础上的粮食和重要农产品稳产保供能力强,农业减碳和农田固碳能力提升背景下的对“双碳”目标贡献度高,农业产业全链条生态低碳转型前提下的农民增收动能足。

2.1 资源和环境约束缓解基础上的粮食和重要农产品稳产保供能力强

习近平总书记强调,保障粮食和重要农产品供给始终是建设农业强国的头等大事。发展生态低碳农业,始终要以确保粮食和重要农产品稳产保供为首要任务。一是保持粮食高水平自给。“入世”20年来,中国口粮和谷物的自给率始终保持在97%以上,总体上做到了“谷物基本自给、口粮绝对安全”^[17]。在着力解决发展生态低碳农业所面临的土地退化、土壤和水体污染、碳足迹逐步增大等问题的同时,要始终把保持粮食高水平自给作为首要目标。二是实现高水平保障农产品质量安全。从“吃得饱”向“吃得健康”转变,是人民日益增长的美好生活需要。发展生态低碳农业,要提高绿色优质农产品供给能力,强化标准制定,加强安全监管,稳步提升农产品质量安全水平。三是构建起多元化绿色食物供给体系。当前和今后一个时期,中国肉、蛋、奶、蔬菜、水果、水产品等营养丰富的食物消费将保持持续增长势头,特别是人均肉类产品消费水平增长潜力巨大^[18]。发展生态低碳农业,要顺应城乡居民食物消费结构升级的客观要求,增加绿色食品生产和有效供给,推广绿色产品消费,扩大绿色消费市场。

2.2 减碳和固碳能力提升背景下的对“双碳”目标贡献度高

2020年,中国作出于2030年前碳排放达到峰值,努力争取在2060年前实现碳中和的庄重承诺。农业是碳排放的重要来源之一,也是唯一创造碳汇的领域,推动农业碳减排、固碳增汇对于实现“双碳”目标意义重大^[19]。中国采取了一系列措施推动农业减排固碳,例如,2018年7月,农业农村部印发《农业绿色

发展技术导则(2018—2030年)》,提出建立绿色发展制度与低碳模式,实现单位农业增加值气体排放强度降低30%以上。2022年5月,农业农村部、国家发展改革委联合印发的《农业农村减排固碳实施方案》提出,通过完善农业农村减排固碳的监测指标、关键参数和核算方法等措施,到2030年实现种植业温室气体、畜牧业反刍动物肠道发酵、畜禽粪污管理温室气体排放和农业农村生产生活用能排放强度进一步降低。未来中长期,随着农业碳排放基础性工作和农业减排具体措施的不断推进,中国农业生态系统的减排固碳将取得较大进展,为实现“双碳目标”做出重大贡献。

2.3 农业产业全链条生态低碳转型前提下的农民增收动能足

乡村产业发展是提高农民收入的重要引擎。新阶段发展生态低碳农业,要通过拓展农业多种功能,开发乡村多元价值,实现农业全产业链条绿色低碳、高端健全,农民增收动能充足。第一,农民收入渠道不断拓宽。一是加快发展特色农业,深入实施农业生产“三品一标”行动,生产优质、绿色、生态、安全、特色的农产品,大力培育农产品品牌,实现优质优价。二是以良好的生态环境和人居环境为基础,培育新产业新业态。通过开展体验活动、设计农事景观、开发乡土文化等措施,提升乡村特色产业附加值,促进农民多渠道增收。第二,农业生产、加工、流通成本不断下降。农业生产环节上,通过大力推广节水节药节肥节能的绿色适用技术,减少农业生产资料投入,降低农业生产成本^[20]。加工环节上,通过改善设施装备条件,推进绿色高效、节能低碳的农产品精深加工技术集成应用、加强农产品加工副产物综合利用,实现加工减损、梯次利用、循环发展,降低加工成本。流通环节上,通过创新发展农产品冷链共同配送、生鲜电商+冷链宅配等绿色经营模式,实现市场需求与冷链资源高效匹配对接,降低流通成本。

3 发展生态低碳农业的现实基础与困难挑战

党的十八大以来,中国高度重视农业绿色转型,为发展生态低碳农业奠定了良好的现实基础。但也应该看到,新阶段发展生态低碳农业,仍然面临多重目标相互掣肘、农业减排固碳空间不足、发展生态低碳农业的技术储备不足、生态产品价值难以实现等

困难。

3.1 发展生态低碳农业的现实基础

1)政策支持体系持续完善。健全的政策支持体系能够为发展生态低碳农业奠定良好的制度基础。党的十八大以来,党和政府采取了一系列措施,促进农业生产实现高效率、低能耗、低碳排、高碳汇。通过政策梳理可以看出(表1),党的十八大以来,党和政度逐步完善了促进农业生态低碳发展的政策支持体系。在完善绿色技术创新体系方面,主要采取了

推进农业绿色科技创新、加快绿色技术推广等措施;在农业资源保护利用方面,主要采取了加强耕地保护与质量建设、提高用水效率和保护农业生物资源等措施;在农业面源污染防治方面,主要采取了推进化肥农药减量增效、促进畜禽粪污和秸秆资源化利用、强化地膜等白色污染治理等措施。此外,中国制定了《环境保护法》《水土保持法》《水污染防治法》等多部法规,将水、土壤污染防治等重点领域上升到立法层面。

表1 2012—2022年国家印发的与发展生态低碳农业相关的文件

Table 1 Documents issued by the national government related to the development of eco-friendly and low-carbon agriculture from 2012 to 2022

时间 Time	文件名称 Documents name	主要内容 Main content
2012.02	《关于加快推进农业科技创新持续增强农产品供给保障能力的若干意见》	着力突破农业技术瓶颈,在良种培育、节本降耗、节水灌溉、农机装备、新型肥药等方面取得一批重大实用技术成果。
2016.01	《关于落实发展新理念加快农业现代化实现全面小康目标的若干意见》	加快形成资源利用高效、生态系统稳定、产地环境良好、产品质量安全的农业发展新格局。
2017.09	《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》	把农业绿色发展摆在生态文明建设全局的突出位置,全面建立以绿色生态为导向的制度体系。
2018.06	《关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》	加快发展节能环保产业,全面节约能源资源,协同推动经济高质量发展和生态环境高水平保护。
2018.09	《关于支持长江经济带农业农村绿色发展的实施意见》	切实增强推动长江经济带农业农村绿色发展的自觉性和紧迫性,突出抓好长江经济带农业农村绿色发展的重点任务,协同推进长江经济带农业农村绿色发展与乡村振兴。
2020.03	《关于加强长江流域禁捕执法管理工作的意见》	提升长江流域渔政执法监管能力,维护长江流域重点水域禁捕管理秩序,加强水生生物保护和水域生态修复。
2020.06	《关于进一步明确畜禽粪污还田利用要求强化养殖污染监管的通知》	鼓励指导各地加快推进畜禽粪污资源化利用,加快畜禽养殖污染防治从重达标排放向重全量利用转变。
2021.03	《农业面源污染治理与监督指导实施方案(试行)》	农业生产布局进一步优化,化肥农药减量化稳步推进,规模以下畜禽养殖粪污综合利用水平持续提高,农业绿色发展成效明显。
2021.04	《关于开展绿色种养循环农业试点工作的通知》	加快畜禽粪污资源化利用,打通种养循环堵点,促进粪肥还田,推动农业绿色高质量发展。
2021.08	《“十四五”全国农业绿色发展规划》	加强农业资源保护利用,加强农业面源污染治理,加强农业生态保护修复,打造绿色低碳农业产业链,完善绿色技术创新体系。
2021.10	《2030年前碳达峰行动方案》	加快实现生产生活方式绿色变革,推动经济社会发展建立在资源高效利用和绿色低碳发展的基础之上。
2022.01	《农业农村污染治理攻坚战行动方案(2021—2025年)》	推进农村生活污水垃圾治理、农村黑臭水体整治,实施化肥农药减量增效行动,实施农膜回收行动,加强养殖业污染防治。
2022.07	《农业农村减排固碳实施方案》	实施化肥减量增效、畜禽低碳减排、秸秆综合利用等十大行动,降低农业温室气体排放强度,推进农业生产节能降耗。

2)农业资源利用效率不断提高。强化耕地资源保护和水资源节约利用是实现农业资源利用集约化的重要内容,对发展生态低碳农业意义重大。中国耕地质量保护与提升行动取得实质性进展,2019年全国耕地质量平均等级为4.76,比2014年提高了0.35个等级,其中一至三等优质耕地面积比例比2014年提高3.94个百分点。据《东北黑土地保护与利

用报告(2022)》,从黑土地保护来看,2020—2022年,东北地区黑土地保护性耕作实施面积由307万 hm^2 增加至553万 hm^2 ,黑土地保护利用工作成效显著。节水农业发展方面,根据农业农村部数据,2019—2022年,全国累计发展高效节水灌溉约653万 hm^2 ,农田有效灌溉总面积达到6960万 hm^2 ;农田灌溉水有效利用系数由2012年的0.516,提升到2022年的

0.572(农业农村部网站, http://www.moa.gov.cn/govpublic/ntjsgls/202308/t20230821_6434734.htm), 中国农业用水效率取得突破性进展。

3) 农业投入品减量增效不断强化。农业投入品减量化是发展生态低碳农业的重要特征。2015年以来, 中国实施“到2020年化肥、农药使用量零增长行动”, 行动实施以来, 化肥农药减量成效显著。化肥使用量上由2015年的6 022.6万t下降到2022年的5 079.2万t(国家统计局网站, <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>), 农药使用量上同样呈现逐步减少的态势, 提前完成化肥农药零增长行动目标(图1)。不仅如此, 近年来, 中国在推广科学施肥技术、新型肥料、农作物病虫害绿色防控等方面持续发力, 化肥、农药利用率稳步提高。2022年全国推广玉米种肥同播2 200万 hm^2 、小麦机械深施肥733万 hm^2 、水稻侧深施肥147万 hm^2 , 新型肥料施用面积1 133万 hm^2 , 测土配方施肥技术覆盖率保持在90%以上, 化肥利用率超过41%; 主要农作物病虫害绿色防控覆盖率达52%, 农药利用率超过41%(国家发展和改革委员会网站, https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztl/2023qhjnxcz/bfjncx/202307/t20230707_1358207.html)。

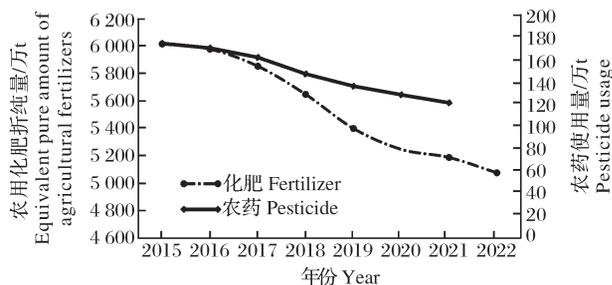


图1 2015—2022年中国农用化肥施用折纯量、农药使用量
Fig.1 Equivalent application amount of chemical fertilizers and pesticide usage in China from 2015 to 2022

4) 产业模式生态化发展稳步推进。党的十八大以来, 中国持续推进产业生态化发展, 2018年11月, 生态环境部和农业农村部联合印发了《农业农村污染治理攻坚战行动计划》, 对推进化肥农药减量增效、加强秸秆农膜废弃物资源化利用等种植产业模式生态化工作做出具体部署; 对规范兽药、饲料添加剂的生产和使用, 禁止企业违法违规使用抗菌药物等养殖产业模式生态化工作提出明确要求。随着对传统农业进行生态化改造的不断推进, 各地探索出了多种产业生态化发展模式。例如, 山东省探索出了秸秆基料化利用生态循环发展、园区化休闲农业

生态循环发展等10种模式, 推动生态循环农业高质量发展; 现代生态循环农业试点市甘肃平凉通过培育生态循环农业主体队伍, 建立以绿色生态为导向的农业补偿制度, 建立起“主体小循环、园区中循环、县域大循环”的发展模式, 形成覆盖全域、带动周边的县域生态低碳农业循环圈。

5) 温室气体排放持续减少。通过逐步建立起农业绿色低碳转型的政策和技术体系, 中国农业减排固碳取得积极成效。一是碳排放强度得到明显抑制。《2023中国农业农村低碳发展报告》数据显示, 2003年以来, 中国粮食生产产生的碳排放总量稳中有降, 粮食、大豆、马铃薯、甘蔗等作物单位产量的碳排放强度均呈现下降趋势。二是甲烷和氧化亚氮减排取得新进展。例如, 一些地区创新构建秸秆还田下水稻丰产与甲烷减排的稻作新模式, 在实现水稻增产8.8%的同时推动甲烷减排31.5%~71.7%; 节水抗旱水稻品种在安徽、湖北、浙江、海南等地种植面积超过20万 hm^2 , 推动稻田甲烷排放降低90%~95%。

6) 农业废弃物资源利用率逐步提升。秸秆、畜禽粪污和农膜是农业废弃物资源的主要来源。在秸秆科学还田和高效利用方面, 《全国农作物秸秆综合利用情况报告》数据显示, 2021年, 全国农作物秸秆利用量6.47亿t, 综合利用率达88.1%, 较2018年增长3.4个百分点。在畜禽粪污资源化利用方面, 中国畜禽养殖业污染排放加剧环境恶化的局面得到根本改善, 2022年, 畜禽粪污综合利用率达到78%, 比2015年高出28个百分点(国家发展和改革委员会网站, https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztl/2023qhjnxcz/bfjncx/202307/t20230707_1358207.html)。在地膜科学实用回收方面, 2022年, 中国农膜回收率稳定在80%以上, 地膜使用总量相比2015年大幅减少(《中国农村统计年鉴2021》)。

3.2 发展生态低碳农业的困难挑战

1) 多重目标相互掣肘。尽管“化肥农药使用量零增长行动”取得了一定成效, 但当前中国化肥、农药年用量仍然均为世界第一。据农业农村部测算, 当前中国三大粮食作物的化肥利用率为40.2%, 与欧美发达国家60%以上的水平相比存在明显差距。发展生态低碳农业, 要求大幅度降低化肥、农药和农业机械等传统农业生产要素的投入。在多地人多地少的资源约束和新技术、新要素无法短期完成迭代的既定背景下, 这无疑会对中国粮食安全造成严重影响, 同

时粮食减产也会对农民收益造成损失。中国发展生态低碳农业需要兼顾粮食安全、农民增收等多重目标,因此,面临的约束较大。

2) 农业减排固碳空间不足。农业生产活动产生的温室气体主要来源于畜牧业、种植业和渔业,大约分别占比50%、30%和20% (https://roll.sohu.com/a/611557124_121124434)。随着经济社会的发展,城乡居民食物消费结构日趋多元化,肉蛋奶等畜产品和水产品消费呈刚性增长,畜牧业和渔业碳排放也会随之持续增长。种植业方面,随着农业现代化不断推进,机械化水平逐步提高,在提高农业生产效率的同时也带来巨大的能源消耗碳排放。相关数据显示,2018年,农业能源消耗碳排放占农业总碳排放的比重达到27.18%,能源已经成为农业第一大碳排放源 (https://roll.sohu.com/a/611557124_121124434)。此外,现代农业与第二、三产业的融合程度不断加深,农产品加工、储存和流通等环节产生的碳排放也可能大幅增加。尽管农田系统具有巨大的固碳减排潜力,但截至2021年,中国采用保护性耕作技术的耕地面积比例仍然很低,不足总面积的8% (《中国农业机械年鉴2022》数据)。保护性耕作能有效减少土壤侵蚀、增加有机质含量,从而提升固碳能力,但其推广程度有限。

3) 发展生态低碳农业的技术储备不足。技术创新是发展生态低碳农业的重要突破口。近年来,中国逐步健全农业发展绿色技术体系,研制了环保高效肥料、节能低耗智能化农业装备等一批绿色投入品,研发了大量绿色生产技术,为农业农村经济高质量发展提供了有力支撑。但也要看到,中国发展生态低碳农业的技术储备与发达国家相比还有较大差距,农业产前、产中、产后各个环节的投入品、技术模式和标准规范向绿色转型仍然有很大的发展空间。例如,虽然有关部门已经遴选发布了农业农村减排固碳的10大技术模式,但至今尚未形成综合性技术解决方案,导致这些模式尚未落地熟化。此外,中国农业绿色低碳科技创新存在大量技术瓶颈和短板问题,有待进一步解决。

4) 生态产品价值难以实现。生态产品价值实现能够提升生态保育的积极性,对于发展生态低碳农业具有广泛而深远的意义。虽然当前生态产品价值实现正在全国如火如荼地开展,但其面临的难量化、难抵押、难交易和难变现等现实困难尚未得到有效解决^[21]。从各地实践来看,不同主体主导的生态产

品价值实现模式都存在一定问题。以政府主导的生态产品价值实现模式严重依赖财政资金支持,也会导致利用效率不高和“公地悲剧”等问题^[22];以市场为主导的模式存在长效机制构建困难和资金来源单一的问题;社会资本参与生态产品价值则存在实现面临投资回报周期长且不稳定的难题。生态产品价值的显性化受阻导致价格信号在平衡生态产品供需关系中的决定性作用无法发挥,也就无法对发展生态低碳农业形成有效的激励。

4 新阶段新征程发展生态低碳农业的战略构想

虽然中国发展生态低碳农业已经具备一定的现实基础,但仍然面临诸多困难。新阶段新征程上,发展生态低碳农业要充分运用农耕经验与现代科技、同步推进绿色科技创新与推广应用、统筹结合有为政府和有效市场,久久为功,持续发力。

4.1 发展生态低碳农业的具体思路

1) 充分运用农耕经验与现代科技。历史悠久的农耕文化是孕育中华文明的基础。中国的传统农业能够传承千年,一个重要的原因就是古人在准确把握人与自然、经济规律与生态规律关系的基础上,创造了一整套精耕细作、种地养地的技术体系。时至今日,许多传统农业经营理念对于指导生态低碳农业发展仍然具有一定的意义和现实价值。例如,中国传统农业将作物秸秆用于草食家畜的饲料,人畜粪尿、有机垃圾等腐熟后还田,实现种植业和养殖业的有机结合,顺应了物质能量循环的规律。种养结合的循环农业,既实现农业废弃物的资源化利用,也能达到农业投入品减量化的目标,是生态低碳农业的重要表现形式。当然,中国是一个资源约束型国家,从根本上缓解农业资源短缺矛盾,还是要依靠科技创新,大力开发和推广节水、节地、节肥、节药等节约型农业新技术,创新发展各类资源循环利用耕作新模式,走出一条科技含量高、资源消耗少、环境污染低、经济效益高的生态低碳农业之路。

2) 同步推进绿色科技创新与推广应用。2018年7月,农业农村部印发《农业绿色发展技术导则(2018—2030年)》,引导科研单位、高校、企业等各类创新主体协同开展农业绿色发展关键技术攻关,推进农业绿色科技创新。近年来,从科研成果、专利申请数量来看,推进农业生态低碳发展的农业技术创新层出不穷,但真正能够走向田间地头,被农民实际

采纳应用的技术还整体较少。发展生态低碳农业,一方面要落实创新驱动发展战略,研制环保高效肥料农药、节能低耗农机装备等绿色投入品,研发促进耕地质量提升、农业控水与化肥农业减施增效的相关绿色生产技术。另一方面,也要注重成果转化应用,充分发挥企业在成果转化和集成应用方面的主体作用,缩短绿色科技成果转化周期,依托基层农技推广体系,大力推广绿色高效技术模式。通过绿色科技创新与推广应用的同步推进,为发展生态低碳农业提供有力支撑。

3)统筹结合有为政府和有效市场。发展生态低碳农业涉及资源结构调整和利益格局重组,以秸秆还田、保护性耕作等减排固碳技术为例,虽然这类技术有利于减排,但需要耗费经营主体大量的时间和资金成本。仅仅依靠政府的补贴、转移支付等支持手段,难以形成长效机制。对标生态低碳农业的特征要求,一方面,政府应不断完善以绿色生态为导向的补贴制度,在确保国家粮食安全和农民收入稳定增长的前提下,将地力补贴、农机购置补贴等政策与化肥农药减量、农机节能减排等的效果紧密结合起来,将增量补贴资金重点向资源节约型、环境友好型农业倾斜。另一方面,要充分运用价格、供求、竞争等市场机制,调动企业等农业绿色技术创新主体的积极性,推进技术创新快速发展;构建市场化的科技服务和技术交易体系,拓宽科技成果转化渠道;探索形成生态低碳农业价值实现机制,激发农业经营主体内生动力。

4.2 发展生态低碳农业的重点任务

1)完善现代农业生产经营体系。中国农业以小农经济为主体,不仅产出水平较低,农民增收乏力,而且很难做到绿色生产。突破多重目标掣肘的困境发展生态低碳农业,关键在于构建完善的现代农业经营体系,形成农业适度规模经营,在提高生产效率、增加农民收入的同时实现绿色生产。一方面,要积极培育新型农业经营主体。支持其使用绿色农资、采用绿色生产技术,生产绿色优质农产品;充分发挥新型农业经营主体的示范和带动作用,引领周边小农户采纳生态低碳生产方式。另一方面,要广泛开展面向小农的社会化服务。大力培育服务主体,拓宽服务领域,提高服务质量,将符合生态低碳理念的新技术、新品种等要素引入农业生产环节。通过加快发展服务带动型规模经营,推动农业生产经营走上标准化、集约化、绿色化轨道。

2)挖掘农业减排固碳潜力。针对由多元化食物消费需求、农业机械化发展、农田系统固碳潜力开发受限带来的农业减排固碳空间不足问题,一是要引导绿色低碳消费;通过媒体、社交平台、学校教育等多种渠道普及绿色低碳理念,提高消费者的生态环保意识,形成绿色生活方式的认同感;二是要加大对农产品生产、加工和流通等环节节能环保装备的补贴力度;加快农机报废更新力度,加大农机购置补贴向低碳高效装备倾斜的力度,降低农业产业链各环节的能源消耗;三是扩大采用保护性耕作技术的耕地面积:扩大深松整地作业补贴面积,扩大休耕补贴等实施范围;加强对农民的技术培训,通过现场演示、技术讲座、在线课程等形式,提升农民对保护性耕作技术的理解和操作能力;推广适合不同地区、不同作物的保护性耕作模式,如秸秆覆盖还田、免耕播种、条带耕作等技术。

3)构建支撑生态低碳农业发展的技术体系。构建支撑生态低碳农业发展的技术体系,是破解农业资源和环境突出问题、实施可持续发展战略的根本途径。针对当前面临的绿色投入品创制不足、绿色技术供给有限、技术模式尚不成熟、标准规范还不完善等问题,一方面,要加大绿色投入品、绿色生产技术、生态低碳技术模式的研制和示范推广力度:重点研发高效、优质、多抗的新品种,环保高效的肥料,以及低毒、低风险的农业药物和生物制剂等新型绿色产品;着力推进节能低耗耕种管技术装备、低损保质收储运与产后处理技术装备研发与推广应用;加大耕地质量提升与保育技术、农业控水与雨养旱作技术、农业废弃物循环利用技术等绿色生产技术的创新和示范推广力度;创新发展作物绿色增产增效、种养加一体化循环技术模式。另一方面,要加强生态低碳农业发展基础性研究,完善相关标准体系:推进生物技术、环境技术等应用基础和关键核心技术研究,完善包含农业投入品质量安全技术标准、农业绿色生产技术标准、农产品质量安全评价与检测技术标准等在内的绿色标准体系。

4)建立健全生态产品价值实现机制。建立健全生态产品价值实现机制,是发展生态低碳农业的必然要求,能够从源头上推动农业发展全面绿色转型。一是要建立生态产品价值评价机制。在考虑不同类型生态产品功能属性和商品属性的基础上,探索科学合理的价值核算方法,明确生态产品价值核算的参考标准、具体算法和统计口径等,推进生态产品价

值核算标准化,并推进生态产品价值核算结果在生态保护补偿、生态资源权益交易等方面的应用。二是健全生态产品经营开发机制。一方面,要创新生态产品价值实现模式,加快培育生态产品市场经营开发主体,依托当地自然禀赋,适度发展数字经济、洁净医药等环境敏感型产业以及生态旅游产业。另一方面,要探索绿化增量责任指标交易、清水增量责任指标交易、碳汇权益交易等生态资源权益交易机制,形成有效激励。三是要健全生态产品保护补偿机制。构建“纵向+横向”的生态保护补偿制度,纵向上,由中央和省级财政依据生态产品价值核算结果进行转移支付资金分配;横向上,探索受益地对供给地进行生态保护补偿,形成合理的补偿方式、补偿标准等细则。

5 结论与政策建议

党的二十大报告指出,中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化。发展生态低碳农业,是推进中国式现代化的题中应有之义。党的十八大以来,中国采取了一系列创新性举措,逐步完善了发展生态低碳农业的政策支持体系,农业资源利用效率不断提高,投入品减量增效不断强化,废弃物资源利用率逐步提升,产业模式生态化发展稳步推进,温室气体排放持续减少。但也要看到,中国发展生态低碳农业的基础并不稳固,多重目标相互掣肘,农业减排固碳空间有限,发展生态低碳农业的技术储备不足,生态产品价值难以实现。对标粮食和重要农产品稳产保供能力强、对“双碳”目标贡献度高的发展愿景,新阶段新征程上发展生态低碳农业,要把充分运用农耕经验与现代科技、同步推进绿色科技创新与推广应用、统筹结合有为政府和有效市场作为发展思路,健全以绿色生态为导向的农业补贴制度,构建支撑生态低碳农业发展的技术体系,建立健全生态产品价值实现机制。为更好发展生态低碳农业,本文提出如下政策建议:

第一,建立健全发展生态低碳农业的法律法规体系。发达国家经验表明,通过制定相关法律法规来规范生产经营主体的行为,是根治农业生产与环境保护矛盾的重要措施。中国目前已经制定了包括《水土保持法》《水污染防治法》《土壤污染防治法》等多部法律法规,为协调农业生产与环境保护之间的关系提供了有力支撑。但现有的法律法规体系尚不健全,对生产经营主体的约束不足。应加快完善化

肥使用、农药管理、秸秆回收、粪污处理、地膜回收等法律法规,明确生态破坏责任承担主体、责任承担方式、赔偿责任范围等基本制度,建立责任终身追究制度。加大对污染主体的行政处罚力度,依法打击破坏农业资源环境的违法行为,切实改变“违法成本低,守法成本高”的现状。

第二,加强监测评价和监督考核。完善的监测评价体系是落实生态保护权责、调动各方参与生态低碳农业发展积极性的基础。要立足减污降碳、碳汇提升的目标,加快构建耕地质量监测网络,完善土地质量监测评价制度,加强农业投入品的安全性和有效性监测评价,推进规模以下养殖场户畜禽粪污资源化利用情况抽样监测。科学确立监测评价体系,完善监测指标、关键参数、核算方法。优化监测点位布局,在不同区域农用地、养殖场等设置监测点位。创新监测方式,加快智能化、信息化技术在农业生态监测领域的推广应用。建立评价和考核机制,对监测结果进行常态化统计分析,作为监督考核的重要依据。

第三,完善市场化运行机制。发展生态低碳农业需要遵循市场经济的运行规律,要充分运用市场化手段为之提供不竭动力。一是培育市场主体。培育施肥、打药、粪污运转处理、农膜铺设和回收等市场主体,健全农业社会化服务体系,发挥市场形成价格作用。二是引入社会资本。引导金融和社会资本参与发展生态低碳农业,在耕地保护利用、农业废弃物资源化利用等领域探索形成一批实现农业绿色发展投资增值回报的政府与社会资本合作示范模式。

参考文献 References

- [1] 宋洪远,江帆.农业强国的内涵特征、重点任务和关键举措[J].农业经济问题,2023,44(6):18-29.SONG H Y,JIANG F.Connotative characteristics, key tasks and key initiatives of an agricultural power[J].Issues in agricultural economy,2023,44(6):18-29 (in Chinese with English abstract).
- [2] 金书秦,张哲晰,胡钰,等.中国农业绿色转型的历史逻辑、理论阐释与实践探索[J].农业经济问题,2024,25(3):4-19.JIN S Q,ZHANG Z X,HU Y, et al. The historical logic, theoretical interpretation, and practical exploration of China's agricultural green transformation [J]. Issues in agricultural economy,2024,45(3):4-19(in Chinese with English abstract).
- [3] 于法稳,林珊.中国式现代化视角下的新型生态农业:内涵特征、体系阐释及实践向度[J].生态经济,2023,39(1):36-42.YU F W,LIN S.New-style eco-agriculture from the perspec-

- tive of Chinese modernization: connotation characteristics, system interpretation and practical dimensions [J]. *Ecological economy*, 2023, 39 (1): 36-42 (in Chinese with English abstract).
- [4] 于法稳, 林珊. 新型生态农业发展的突出问题、目标重塑及路径策略[J]. *中国特色社会主义研究*, 2022, 13 (S1): 38-45. YU F W, LIN S. Outstanding problems, goal remodeling and path strategy of new ecological agriculture development [J]. *Studies on socialism with Chinese characteristics*, 2022, 13 (S1): 38-45 (in Chinese).
- [5] 蒋黎, 赵其国, 尹雪斌. 发展生态高值功能农业的理论意蕴与战略实现路径[J]. *经济学家*, 2022 (8): 97-105. JIANG L, ZHAO Q G, YIN X B. The theoretical implication and strategic implementation path for developing ecological high-value functional agriculture [J]. *Economist*, 2022 (8): 97-105 (in Chinese with English abstract).
- [6] 赵敏娟. 中国现代生态农业的理论与实践[J]. *人民论坛·学术前沿*, 2019 (19): 24-31. ZHAO M J. The theory and practice of modern ecological agriculture in China [J]. *Frontiers*, 2019 (19): 24-31 (in Chinese with English abstract).
- [7] 李文华. 中国生态农业的回顾与展望[J]. *农学学报*, 2018, 8 (1): 145-149. LI W H. Review and perspectives of China's ecological agriculture [J]. *Journal of agriculture*, 2018, 8 (1): 145-149 (in Chinese with English abstract).
- [8] 赵其国, 钱海燕. 低碳经济与农业发展思考[J]. *生态环境学报*, 2009, 18 (5): 1609-1614. ZHAO Q G, QIAN H Y. Low carbon economy and thinking of agricultural development [J]. *Ecology and environmental sciences*, 2009, 18 (5): 1609-1614 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张俊飏, 何可. “双碳”目标下的农业低碳发展研究: 现状、误区与前瞻[J]. *农业经济问题*, 2022, 43 (9): 35-46. ZHANG J B, HE K. Current situation, misunderstandings and prospects of agricultural low-carbon development under the targets of carbon peak and carbon neutrality [J]. *Issues in agricultural economy*, 2022, 43 (9): 35-46 (in Chinese with English abstract).
- [10] 刘守英. 实现农业现代化: 共同性与独特性[N]. *光明日报*, 2023-04-18 (11). LIU S Y. Achieving agricultural modernization: commonality and uniqueness [N]. *Guangming Daily*, 2023-04-18 (11) (in Chinese).
- [11] 严东权. 加快发展生态低碳农业 推进农业发展全面绿色转型[N]. *农民日报*, 2023-02-07 (001). YAN D Q. Accelerating the development of ecological and low-carbon agriculture to promote a comprehensive green transformation of agricultural development [N]. *Farmers' Daily*, 2023-02-07 (001) (in Chinese).
- [12] 何可, 宋洪远. 资源环境约束下的中国粮食安全: 内涵、挑战与政策取向[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2021, 21 (3): 45-57. HE K, SONG H Y. China's food security under the constraints of resources and environment: connotation, challenges and policy orientation [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University (social sciences edition)*, 2021, 21 (3): 45-57 (in Chinese with English abstract).
- [13] 王青, 郑红勇, 聂楨楨. 低碳农业理论分析与中国低碳农业发展思路[J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2012, 12 (3): 1-7. WANG Q, ZHENG H Y, NIE Z Z. Ideas and countermeasures for low-carbon agricultural development in China [J]. *Journal of Northwest A&F University (social science edition)*, 2012, 12 (3): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- [14] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. *中国农业科学*, 2004, 37 (7): 1008-1017. ZHANG W L, WU S X, JI H J, et al. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies I. estimation of agricultural non-point source pollution in China in early 21 century [J]. *Scientia agricultura sinica*, 2004, 37 (7): 1008-1017 (in Chinese with English abstract).
- [15] 米建伟, 黄季焜, 陈瑞剑, 等. 风险规避与中国棉农的农药施用行为[J]. *中国农村经济*, 2012 (7): 60-71, 83. MI J W, HUANG J K, CHEN R J, et al. Risk avoidance and pesticide application behavior of cotton farmers in China [J]. *Chinese rural economy*, 2012 (7): 60-71, 83 (in Chinese).
- [16] POORE J, NEMECEK T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers [J]. *Science*, 2018, 360 (6392): 987-992.
- [17] 杜鹰, 张秀青, 梁腾坚. 国家粮食安全与农业新发展格局构建[J]. *农业经济问题*, 2022, 43 (9): 4-10. DU Y, ZHANG X Q, LIANG T J. National food security and the construction of new agricultural development paradigm [J]. *Issues in agricultural economy*, 2022, 43 (9): 4-10 (in Chinese with English abstract).
- [18] 程国强. 大食物观: 结构变化、政策涵义与实践逻辑[J]. *农业经济问题*, 2023, 44 (5): 49-60. CHENG G Q. The greater food approach: structural change, policy implications and practice logic [J]. *Issues in agricultural economy*, 2023, 44 (5): 49-60 (in Chinese with English abstract).
- [19] 何可, 吴昊, 曾杨梅. “双碳”目标下的智慧农业发展[J]. *华中农业大学学报*, 2023, 42 (3): 10-17. HE K, WU H, ZENG Y M. Development of smart agriculture with goals of carbon peaking and carbon neutrality [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2023, 42 (3): 10-17 (in Chinese with English abstract).
- [20] 高鸣, 姚志. 保障种粮农民收益: 理论逻辑、关键问题与机制设计[J]. *管理世界*, 2022, 38 (11): 86-102. GAO M, YAO Z. Ensure the benefits of grain farmers in China: theoretical logic, key issues and mechanism design [J]. *Journal of management world*, 2022, 38 (11): 86-102 (in Chinese with English abstract).
- [21] 黎元生. 生态产业化经营与生态产品价值实现[J]. *中国特色社会主义研究*, 2018, 9 (4): 84-90. LI Y S. Industrialized opera-

- tion of ecology and realizing the value of ecological goods[J].
Studies on socialism with Chinese characteristics, 2018, 9(4):
84-90 (in Chinese).
- [22] 张丽佳,周妍. 建立健全生态产品价值实现机制的路径探索
[J]. 生态学报, 2021, 41(19): 7893-7899. ZHANG L J,
ZHOU Y. Exploration on the path of establishing and perfect-
ing the value realization mechanism of ecological products[J].
Acta ecologica sinica, 2021, 41(19): 7893-7899 (in Chinese).

Adhering to development of ecological and low-carbon agriculture: connotations, challenges, and strategic concepts

ZHENG Zhaofeng¹, GAO Ming²

1. National Agricultural and Rural Development Research Institute, China Agriculture University,
Beijing 100083, China;

2. Research Center for Rural Economy, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100810, China

Abstract Developing eco-friendly and low-carbon agriculture is an effective pathway toward building a strong agricultural nation with Chinese characteristics and is also an important feature of modernizing agriculture in China. To promote the comprehensive green transformation of agricultural development and accelerate the construction of a strong agricultural country with Chinese characteristics, this article, based on clarifying the characteristics of ecological low-carbon agriculture, put forward the vision for developing ecological low-carbon agriculture. It analyzed the current realistic foundation and challenges of developing ecological low-carbon agriculture in China, and proposed strategic ideas accordingly. The study found that China has laid a certain foundation for the development of eco-friendly agriculture, but still faces challenges such as conflicting multiple goals, limited space for emission reduction and carbon sequestration, insufficient technological reserves, and difficulties in realizing the value of ecological products. In the new stage and new journey, the specific approach to develop eco-friendly and low-carbon agriculture involves fully utilizing farming experience and modern science and technology, simultaneously promoting green technological innovation and dissemination, and integrating proactive government policies with effective market mechanisms. The key tasks include improving the green-oriented agricultural subsidy system, establishing a technical system to support the development of eco-friendly and low-carbon agriculture, and establishing a sound mechanism to realize the value of ecological products.

Keywords ecological low-carbon agriculture; agricultural resources; intensive utilization; industrial model; emission reduction

(责任编辑:边书京)