

# 绿色低碳循环农业的实践与展望 – 以张掖市为例

杜旺兵<sup>1</sup> 朱毅涵<sup>2</sup> 邵文瑞<sup>1</sup> 张玉洁<sup>1</sup> 宗玉霞<sup>1</sup>

1 兰州金石资源环境科技有限公司 2 兰州大学

DOI:10.32629/eep.v8i10.2938

**[摘要]** 在全球气候变化与“双碳”战略背景下,农业绿色低碳循环发展成为破解资源约束、减少环境污染、实现可持续发展的关键路径。本研究聚焦于张掖市,深入探讨了西北干旱地区绿色低碳循环农业的实践范例及优化策略。研究发现,张掖市采纳了‘种养加’一体化循环模式、膜下滴灌节水技术、废弃物资源化及清洁能源替代等措施,成功构建了初步的‘资源—产品—再生资源’闭环系统。基于“四链一清单”框架,本研究提出前端资源集约、中端减量增效、末端废弃物利用、全过程产业协同的低碳化升级路径,为此,建议推进盐碱地改良、生物质能开发利用及零碳产业园建设等关键项目,旨在树立全国寒旱区农业绿色转型的典范,为农业碳中和目标的实现提供宝贵的区域实践经验。

**[关键词]** 绿色低碳循环农业; 张掖市; 气候变化

**中图分类号:** P467 **文献标识码:** A

## The practice and prospects of green low-carbon circular agriculture – taking Zhangye City as an example

Wangbing Du<sup>1</sup> Yihan Zhu<sup>2</sup> Wenrui Shao<sup>1</sup> Yujie Zhang<sup>1</sup> Yuxia Zong<sup>1</sup>

1 Lanzhou Jinshi Resources and Environmental Technology Co., Ltd.

2 Lanzhou University

**[Abstract]** Against the backdrop of global climate change and the "dual carbon" strategy, the green, low-carbon, and circular development of agriculture has become a key path to overcoming resource constraints, reducing environmental pollution, and achieving sustainable development. This study, focusing on Zhangye City, deeply explores practical examples and optimization strategies for green, low-carbon, and circular agriculture in the arid region of Northwest China. The study found that Zhangye City has successfully established a preliminary closed-loop system of "resources-products-renewable resources" by adopting an integrated "planting, breeding, and processing" cycle, water-saving drip irrigation under mulch, waste resource utilization, and clean energy substitution. Based on a "four chains and one inventory" framework, this study proposes a low-carbon upgrading path characterized by front-end resource intensification, mid-end resource reduction and efficiency improvement, end-of-life waste utilization, and full-process industrial collaboration. To this end, it recommends promoting key projects such as saline-alkali land improvement, biomass energy development and utilization, and the construction of a zero-carbon industrial park. This study aims to establish a model for green agricultural transformation in cold and arid regions nationwide and provide valuable regional practical experience for achieving carbon neutrality in agriculture.

**[Key words]** green, low-carbon; circular agriculture; Zhangye City; climate change

### 1 研究背景

传统农业依赖高投入、高耗能的粗放型发展,引发面源污染、土壤退化、碳排放升高等问题。国际能源署研究显示,2020年农业碳排放占全球总量5%,虽低于19%,但问题仍不容忽视,发展中国家农业碳排放威胁可持续发展。中国2022年农业生产碳排放量达8.3亿吨二氧化碳当量,占全国7%-8%。2023年全国化肥施用量下降,但单位面积用量高于国际平均,加剧生态风险。农

业碳汇项目和化肥产业减排措施有助于减少碳排放,因此转变农业生产方式、构建绿色低碳循环体系迫在眉睫。自“双碳”目标提出,中国政策加大对农业绿色发展支持,将其纳入国家战略,提出到2030年初步构建产业体系并部署任务。

张掖市作为河西走廊重要农业基地,面临资源、生态与农业可持续发展的矛盾。传统农业中,化肥过量、废弃物处理难题加剧污染。在全球气候变化与“双碳”目标压力下,张掖依托戈壁

绿洲生态特征,探索实践绿色循环农业,推广节约型技术,形成循环农业方式,提高资源利用效率,打造特色生态农业范式。循环农业与低碳农业是现代农业可持续发展关键,二者协同构成核心框架。张掖作为西北生态脆弱区典型,依托闭环模式,结合技术与政策,探索出区域特色绿色发展路径。

## 2 研究现状

### 2.1 低碳农业的定义及发展历程

低碳农业是现代农业发展方向,源于2003年英国《能源白皮书》“低碳经济”理念,是社会低碳发展关键一环。它以减少大气温室气体含量为目标,以减碳、增汇和适应变化技术为手段,通过加强基建、调整产业结构等,转变农业生产与农民生活方式,实现高效率、低耗能、低排放、高碳汇农业,核心特征有资源节约性、环境友好性、经济高效性及系统集成性。低碳农业强调以最小资源和能源消耗实现高产出,降低温室气体排放、提高资源利用率,注重生态与生物多样性保护,减少生态破坏与污染排放,通过科学管理与技术创新实现农业高效生产,兼顾短期收益与长期可持续性,还推动全链条协同与整体性创新。

20世纪30年代,美国因过度开发引发沙尘暴,推行土地休耕政策、立法规范肥料使用,形成低碳农业雏形;同期,欧洲国家关注农业与生态平衡,德国1989年支持有机农业,推动认证与补贴政策,为低碳农业制度化奠基。1997年,《京都议定书》通过,限制发达国家温室气体排放。21世纪初,低碳农业进入政策主导期,巴西2010年推出相关计划,德国修订法律明确减排目标、建立资金支持体系。

国内低碳农业从理念引入到全面实践。20世纪90年代起,我国参与国际气候公约,开始农业减排探索,1992年批准《联合国气候变化框架公约》,1998年签署《京都议定书》。2015年后,我国加速构建农业减排政策体系,明确2030年减排目标。2022年,《农业农村减排固碳实施方案》发布,标志我国农业减排固碳工作进入系统化推进新阶段。

### 2.2 循环农业的定义及发展历程

循环农业通过往复多层利用农业资源构建闭合生产模式,核心是构建植物、动物、微生物间的能量与物质传递闭环,旨在减少污染、提升生态经济社会效益。与传统模式相比,它在农业废弃物利用、节能减排等方面意义重大。

国际上,循环农业从朴素实践发展到成熟系统理论。8世纪,欧洲“三圃制”实现牧草与谷物轮作;18世纪,英国“四圃制”达到轮作顶峰。1924年奥地利提出“生物动力学农业”理念,20世纪50年代日本福冈正信创立自然农法,美国开展有机农业实践。70年代石油危机催生日本“四位一体”模式,1991年《丹波宣言》推动其成为全球共识。目前全球构建闭环体系,发达国家农业废弃物利用率超90%,我国仅约30%,正步入产业化阶段。

我国于20世纪90年代引入可持续发展理念,《中国21世纪议程》将农业可持续发展纳入战略。1998年启动“生态家园富民计划”试点,推广沼气与种养结合模式。2005年《中华人民共和国循环经济促进法》确立其法律地位,2007年中央一号文件提出

发展目标,江苏、浙江等地实践立体种养模式。2015年后快速发展,《全国农业可持续发展规划》划定生态保护红线。目前我国形成十大主流模式,随着畜禽粪污利用率提升,到2024年部分地区超90%,正迈向全域推广阶段。

## 3 绿色低碳循环农业的实践分析

绿色低碳循环农业以“生产生态协调、增产增效并重、政府市长协同”为原则,以“四链一清单”为抓手,聚焦“提质”,着力推进农业资源的集约高效利用;聚焦“增效”,积极推动农业投入品的减量化使用;聚焦“延链”,大力推进废弃物的资源化循环利用;聚焦“扩量”,科学布局产业的绿色低碳转型。创新投融资模式,实施农业绿色低碳循环发展重点工程项目,打造全国旱区、西北地区及河西走廊农业标杆样板枢纽,构建绿色低碳循环农业发展体系,为创建全省乡村振兴示范区、建设农业强市和零碳城市提供支撑。

聚焦前端促进生产资源集约节约利用。建议各县区和市农业农村部门按《高标准农田建设规划》要求,发挥项目资金效益,加快推进水肥一体化高标准农田建设,力争到2030年将张掖市永久基本农田全部建成高标准农田,90%以上配套发展水肥一体化。同时,大力推广智慧化精准节水技术,打造智能化水肥一体化示范点。积极探索并实行“田长制”及“建管护一体化”等创新管理模式,以构建多元化、系统化的管护制度和体系。此外,探索研发推广新品种、新技术、新理念,发展农作物绿色高效栽培技术,提高氮肥利用效率,降低氧化亚氮排放。还要探索建立盐碱地改良治理长效机制,提高耕地地力水平。根据甘肃张掖市首个造林碳汇CCER项目的成功公示,以及张掖市在高标准农田建设方面的显著成就,建议重点规划实施张掖市万亩低碳高标准农田建设与土壤碳汇提升工程。此外,河西走廊盐碱地生态修复与碳汇农业综合开发示范项目也应得到推进,以打造西北地区的生态农业样板工程。通过这些措施,预期可实现改良土壤10万亩、年固碳2万吨,形成“改良-种植-碳汇”的价值链,进一步推动张掖市在生态产品价值转化和绿色低碳发展方面的领先地位。

聚焦中端推进农业投入品减量增效。落实农业农村部《到2025年化肥减量化行动方案》《到2025年化学农药减量化行动方案》,强化测土配方施肥数据管理,更新施肥参数体系,精准定制肥料配方。依托绿色种养循环农业试点,推进种养结合,利用畜禽粪便堆沤有机肥还田,并推广使用,实现有机无机肥结合。加大绿色投入品研发力度,推动肥料升级换代,推广功能性肥料以满足植物营养需求,提升养分吸收率。开展农企合作,联结肥料企业、新型经营主体和社会,推进统防统治与绿色防控融合,转变防治方式,集成推广绿色防控措施。提升统防统治水平,推广新型植保机械和精准施药技术,提高防控组织化和科学化水平。确保2025年张掖市病虫害绿色防控覆盖率达55%以上,农药和肥料利用率达43%以上。建议规划实施张掖全生物降解地膜智能制造与白色污染综合治理示范项目、张掖市农业机械绿色智能更新与新能源农机推广应用工程,助力张掖创建农业白色污染综

合治理先行区, 打造河西走廊农机绿色化转型示范基地。

聚焦末端提升废弃物资源化利用水平。贯彻《关于加快农业发展全面绿色转型促进乡村生态振兴的指导意见》, 加快农业绿色转型, 促进废弃物资源化利用。一是提升处理能力, 推行畜禽粪污、秸秆、农膜处理等重大举措, 扶持社会化服务组织, 创新运营模式并带动农户参与, 构建绿色种养循环农业体系。二是加大科技研发力度, 攻克农业废弃物处理及高值利用关键技术装备难题, 制定并更新相关标准, 健全标准体系。三是健全长效机制, 完善监测网络, 建立生产使用台账, 将地力补贴与治理效果挂钩, 确保2025年农膜、尾菜、秸秆利用率达标。建议重点实施张掖市畜禽粪污近零排放、绿色生物甲醇、秸秆循环综合利用、农产品碳足迹监测与碳标签体系建设、第三代零碳生物质柴油等项目, 形成“种养循环-清洁能源-碳交易”闭环体系, 推动生物质能产业发展, 促进低碳能源和农业发展。

聚焦全产业链, 打造绿色低碳循环发展模式。一是打造农业绿色品牌产业链, 推进农业标准化基地建设, 创建张掖市有机蔬菜产业园, 形成“一轴一园多点”模式, 实现规模化发展。二是做强种业科技创新产业链, 加强与科研机构、高校合作, 发挥11个研发机构和6个科研平台优势, 开展玉米种业技术攻关, 选育新品种, 加强育种制种基地建设。三是延长农产品价值增值链, 以农业生产为起点向下游延伸, 推进农业生产服务化和产业融合, 打造三产融合的增值链。四是构建戈壁生态农业循环产业链, 充分利用闲置土地资源, 积极引导新型农业经营主体参与开发, 精心打造废弃物资源化循环利用产业链, 深度促进数字技术与农业生产的融合, 大力推进智慧农业工程建设, 加快智能温室集群的布局与发展, 同时强化冷链物流配套设施建设, 全面推动农场数字化转型升级。建议重点规划实施“光储直柔”储能型现代农业零碳产业园创建、国家寒旱农业低碳种业创新基地(张掖)建设项目, 推动玉米制种产业转型, 助力张掖市现代农业零碳产业开局起步。

#### 4 结论与展望

张掖市的实践验证了循环农业与低碳农业协同发展的可行性, 丰富了农业生态学在生态脆弱区的应用, 为同类地区提供了“技术—政策—市场”三位一体的解决方案。通过水肥一体化、秸秆综合利用等措施, 张掖市农业资源利用率显著提升, 根据张掖市在畜禽养殖废弃物资源化利用率和秸秆综合利用率方面的数据, 预计到2025年, 化肥农药利用率有望达到43%以上, 废弃物综合利用率将超过80%。但仍需强化高标准农田管护与科技支撑。张掖模式为干旱半干旱地区应对气候变化提供了“生态修复—减排固碳—产业增值”的系统方案, 具有推广价值。

建议制定《张掖市绿色低碳循环农业促进条例》, 完善生态补偿机制, 将碳汇指标纳入耕地保护补贴。设立专项基金, 支持生物降解地膜、零碳农机等关键技术研发, 推动“产学研用”协同创新。建立政府、企业与合作社三方协同的废弃物收储运机制, 形成种养结合、生物能源开发与碳交易相互促进的闭环产业链。在河西走廊地区建设低碳种业创新基地, 促进玉米制种产业与光伏、储能等新能源技术的深度融合。开展低碳农业知识培训, 推广碳标签制度, 以此引导消费者树立绿色消费观念。试点开展农田碳汇监测与交易项目, 探索建立农户参与碳市场的有效激励机制。联合西北五省共建“丝绸之路低碳农业联盟”, 共享技术标准与市场渠道, 争取国家“一带一路”绿色项目支持。未来需深化农业碳中和路径研究, 推动张掖经验向“一带一路”沿线生态脆弱区复制, 助力全球农业可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]刘颖, 郭乃申. “双碳”目标下农业转型路径及金融支持问题研究[J]. 方金融, 2023(4):94-97.
- [2]王宗易. “双碳”目标下低碳农业的发展策略研究[J]. 安徽农业科学, 2025, 53(08):213-218.
- [3]新能源与低碳行动课题组. 碳经济与农业发展思考. 北京: 中国时代经济出版社, 2011, 1-3.
- [4]骆世明. 农业生态转型态势与中国生态农业建设路径[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(1):1-7.
- [5]高旺盛, 陈源泉, 梁龙. 论发展循环农业的基本原理与技术体系[J]. 农业现代化研究, 2007(6):731-734.
- [6]沈园, 王海候, 陶玥玥, 等. 基于生命周期评价的现代“草羊—田”农牧循环系统调控[J]. 农业工程学报, 2021, 37(24):266-274.
- [7]PHIRI R, RANGAPPA S M, SIENGCHIN S. Agro-waste for renewable and sustainable green production: A review[J]. Journal of Cleaner Production, 2024(1):434.
- [8]韩玉, 龙攀, 陈源泉, 等. 中国循环农业评价体系研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(9):1039-1048.
- [9]李敏瑞, 张昊冉. 持续推进基于生态产业化与产业生态理念的乡村振兴[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(4):31-37.
- [10][https://baijiahao.baidu.com/s?id=1827638860007921170&wfr=spider&for=pc\[11\]](https://baijiahao.baidu.com/s?id=1827638860007921170&wfr=spider&for=pc[11])<https://www.doc88.com/p-18447931599891.html>.

#### 作者简介:

杜旺兵(1989--), 男, 汉族, 甘肃人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 碳排放节能。