

DOI: 10.12357/cjea.20250317

CSTR: 32371.14.cjea.20250317

胡潇方, 张鑫, 徐霄, 汪欣雨, 高攀攀, 代碌碌, 孙元丰, 梁志伟, 孙仁华. 浙江衢州生态农场发展现状及典型模式[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2025, 33(9): 1698–1709

HU X F, ZHANG X, XU X, WANG X Y, GAO P P, DAI L L, SUN Y F, LIANG Z W, SUN R H. Development status and typical models of eco-farms in Quzhou, Zhejiang, China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2025, 33(9): 1698–1709

浙江衢州生态农场发展现状及典型模式*

胡潇方¹, 张鑫², 徐霄², 汪欣雨³, 高攀攀³, 代碌碌¹, 孙元丰¹, 梁志伟¹,
孙仁华^{1**}

(1. 农业农村部农业生态与资源保护总站 北京 100125; 2. 衢州市美丽乡村建设中心 衢州 324000; 3. 中国农业大学资源与环境学院 北京 100193)

摘要:生态农场作为生态农业生产经营主体,在农业绿色转型和农业强国建设中发挥着重要作用。本文以浙江省衢州市为研究对象,系统分析15家不同类型生态农场的发展现状、模式特点、关键技术与适用范围,讨论主体发展经验与存在问题,提出建议与展望,以为相似生态经济条件地区或主体提供参考。研究显示,衢州市生态农场在土壤健康管理、生态低碳技术、科技装备应用等方面表现突出。种植型农场通过改良种植布局模式、有机肥替代化肥、绿肥种植等措施,使土壤有机质含量均值达 $23.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,远超当地普通柑橘园 $8.3\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的水平。养殖型农场采用良种选育、自动化生产、强化防疫管理、粪污资源化利用等措施,实现生猪养殖抗菌药使用量减少27.9%,粪污综合利用率达100.0%。种养结合型农场则通过“科技驱动+生态循环”模式,构建“种植—养殖—沼气—有机肥”闭环系统,实现农业废弃物“零排放”,带动周边农民就业,显著提升生态与社会效益。然而,衢州市生态农场仍存在环境污染监管不足、生态技术应用简易、种养结构匹配度有待提高等问题。建议加强废弃物循环利用质量控制、系统应用生态技术、利用信息化手段实现标准化生产、农文旅融合提高经济效益。未来生态农场可通过消费端市场驱动、组建技术与产品联盟、发挥生态农业多功能性及探索生态补偿机制等,充分利用发展机遇,成为农业绿色转型的核心载体。

关键词:生态农业;生态农场;可持续发展;实践模式;适用范围;典型案例;循环利用

中图分类号: X171.3

Development status and typical models of eco-farms in Quzhou, Zhejiang, China*

HU Xiaofang¹, ZHANG Xin², XU Xiao², WANG Xinyu³, GAO Panpan³, DAI Lulu¹, SUN Yuanfeng¹,
LIANG Zhiwei¹, SUN Renhua^{1**}

(1. Rural Energy and Environment Agency, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 2. Rural Beauty Construction Center of Quzhou City, Quzhou 324000, China; 3. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Eco-farms, which are major entities in agro-ecological practices, play an important role in promoting the green transformation and sustainable development of agriculture. This study systematically analyzed the development status, model characteristics, key

* 农业农村部农业生态环境保护专项(2110402)资助

** 通信作者: 孙仁华,主要从事生态农业研究。E-mail: sunrh_abc@163.com

胡潇方,主要从事农业生态环境保护与可持续发展等研究。E-mail: xiaofang.hu.ue@hotmail.com

收稿日期: 2025-04-30 接受日期: 2025-08-05

* This study was supported by the Agricultural Eco-Environmental Protection Program of Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China (2110402).

** Corresponding author, E-mail: sunrh_abc@163.com

Received Apr. 30, 2025; accepted Aug. 5, 2025

technologies, and applicable conditions of 15 typical eco-farms in Quzhou City, Zhejiang Province, China. Furthermore, the study discussed the experiences and challenges encountered with this farming model, and proposed recommendations and future prospects to provide references for regions or entities with similar ecological and economic conditions. Quzhou eco-farms demonstrated good performance in soil health management, ecological low-carbon technologies, and technical equipment application. Crop production farms optimized cultivation systems, substituted chemical fertilizer with organic fertilizer, and planted green manure planting, resulting in an average soil organic matter content of $23.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, whereas the local conventional soil organic matter content of citrus orchards was $8.3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Livestock production farms adopted high-quality variety breeding and automatic production, enhanced disease control management, and manure recycling, resulting in a 27.9% reduction in antimicrobial use in pig farming and a 100% comprehensive utilization rate of manure. Integrated crop-livestock farms established a closed-loop system of “cropping–breeding–biogas–organic fertilizer” through a “technology-driven and ecological recycling” model, achieving “zero discharge” of agricultural waste, while creating jobs for local farmers and enhancing ecological and social benefits. However, challenges remained, including insufficient supervision of environmental pollution, simplistic application of ecological technologies, and low coordination between cropping and breeding systems. Recommendations include improving the quality control of waste recycling, systematically applying ecological technologies, utilizing digital tools for standardized production, and integrating agriculture with cultural and tourism industries to increase economic returns. In the future, eco-farms could leverage opportunities through market-driven strategies, forming technology and product alliances, and exploring ecological compensation mechanisms to completely realize their potential as core participants in the green agricultural transition.

Keywords: eco-agriculture; eco-farm; sustainable development; practical modes; applicable conditions; typical cases; recycling

我国粮食产量已连续 10 年稳定在 6 500 亿 kg 以上, 稳定且可持续的粮食生产是我国面对复杂国际形势和全球粮食危机的压舱石。然而, 我国农业生产过度依赖化石能源投入的现状, 以及化肥、农药、农业废弃物污染等问题的加剧, 给我国农业生态安全和粮食稳产高产带来隐患^[1]。“十三五”期间, 农业农村部组织开展到 2020 年化肥农药使用量零增长行动, 经过 5 年努力, 我国化肥农药实现零增长目标, 三大粮食作物化肥农药利用率均达 40% 以上^[2]。2022 年, 农业农村部进一步印发《到 2025 年化肥减量化行动方案》和《到 2025 年化学农药减量化行动方案》, 提出推广应用测土配方施肥、有机肥替代化肥、绿肥种植、合理轮作、秸秆还田、绿色种养循环、生物农药替代化学农药、应用天敌昆虫进行生态调控等生态农业技术措施, 进一步提高肥料利用率、降低化学农药使用强度^[3]。2025 年 4 月, 中共中央、国务院印发《加快建设农业强国规划(2024—2035 年)》, 提出“让绿色循环、低碳发展成为农业强国的鲜明底色”“推进农业面源污染综合防治, 发展生态循环农业”^[4]。发展生态农业已成为推动农业绿色转型和农业强国建设的重要途径^[5]。

联合国粮食及农业组织(FAO)定义生态农业为一种着眼于整体的综合性方法, 将生态学、社会学的概念和原则同时应用于可持续农业和粮食体系的设计和管理, 以改善植物、动物、人类与环境之间的关系, 同时促进粮食体系的社会公平性^[6]。利用作物多样性提升、土壤有机质修复、农林复合、种养结合等生态农业技术能够提升食品安全与营养水

平^[7]。生态农业作为食物系统可持续转型的解决方案在全球各地政策中越来越受到青睐, 在农业景观中增加生物多样性的农业生态学原则也日益受到重视^[8]。我国古代农业蕴含丰富的生态农业思想, “顺天时, 量地力, 则用力少而成功多”“不违农时, 谷不可胜食也; 数罟不入洿池, 鱼鳖不可胜食也; 斧斤以时入山林, 材木不可胜用也”“顺天之时, 约地之宜, 忠人之和, 故风雨时, 五谷实, 草木美多, 六畜蕃息”等表述, 充分体现了我国传统农业尊重自然、顺应自然、保护自然的朴素生态观。我国现代生态农业在充分吸收传统生态农业思想的同时, 借鉴融合现代科技手段和国际生态农业发展的思路与方法, 逐步探索具有中国特色的生态农业理论与实践路径^[9-11]。20 世纪 90 年代起, 我国以试点建设、项目推动、示范带动的形式开展生态农业实践, 建立了由 3 个生态循环农业发展试点省、10 个循环农业示范市、102 个生态农业示范县、1 100 个美丽乡村和 13 个现代生态农业基地构成的生态农业示范带动体系, 打造了一批生态循环农业典型模式^[12]。

经过几十年的发展, 我国生态农业理论不断丰富, 实践成效不断提升, 但尚未从根本上带动生产经营主体自觉开展可持续的农业生产^[5]。2020 年底, 农业行业标准《生态农场评价技术规范》(NY/T 3667—2020) 发布, 为农业生产经营主体的主动生态化转型提供了技术指导^[13]。2021 年, 农业农村部农业生态与资源保护总站联合中国农业生态环境保护协会, 提出以生态农场为抓手, 推进生态农业发展。2022 年, 农业农村部办公厅印发《推进生态农场建设的

指导意见》,指出生态农场是农业绿色发展、污染防治、减排固碳的基本单元,是推行投入品减量化、生产清洁化、废弃物资源化、产业模式生态化的有效载体^[14]。目前全国已培育 776 家典型生态农场,带动地方培育超过 2 000 家省(市)生态农场。生态农场生产规模大、经济实力强、科技含量高、产业融合好,通常采用多项生态农业技术措施,各类农业废弃物回收利用水平高^[15]。

浙江是全国现代生态循环农业发展试点省、省部共建乡村振兴示范省及共同富裕示范区,率先在全国推广减肥减药和提高秸秆、畜禽粪污资源化利用率等^[16]。近年来,浙江省以“肥药两制”改革为引领,培育环境友好、资源高效、产品优质、具有浙江辨识度的生态低碳农场百余家。衢州市是浙江省重要的生态屏障和绿色低碳农业先行区,是现代生态循环农业建制市,较早开启了生态循环农业探索之路^[17]。畜牧业是衢州市农业与农村经济的支柱产业,衢州市按照发展高效生态农业总体要求,大力推进畜牧业规模化、生态化、标准化、特色化、产业化发展^[18],形成“生猪畜养—沼气发电—沼液施肥”的生态循环农业“开启模式”“统一收集—集中处理—保险联动—财政扶持”的病死猪无害化处理“集美模式”等,为畜禽粪污资源化利用与绿色金融支持提供参考路径^[19]。近年来,衢州市积极响应国家“双碳”发展目标,从水稻(*Oryza sativa*)、生猪、柑橘(*Citrus spp.*)、有机肥等 4 大特色产业切入,形成了每个产业配套的农业碳账户建设模式,积极开展生态农场培育,优化生态农业模式,全面推动衢州市农业政策、服务、生产体系绿色转型升级^[20]。

本文以长期践行生态农业理念的浙江省衢州市为研究对象,结合生态背景与经济发展水平,系统分析区域典型生态农业生产主体情况,深入总结不同类型主体的实践模式,通过分析模式特点、关键技术与适用范围,总结建设经验与存在问题,为相似生

态与经济背景条件下的生产主体提供更为具体、更有价值的实践参考;基于区域生态农场发展情况,提出有针对性的生态农场发展建议,并展望我国生态农场发展方向,为加快我国农业绿色发展提供参考。

1 衢州市生态农场发展现状

1.1 自然资源特点

衢州市位于浙江省西部,连接福建、江西、安徽等省,有“四省通衢,五路总头”之称。位于亚热带季风气候区,春早秋短、夏冬长,温适、光足,旱涝明显。年平均气温 16.3~17.4 ℃,年日照时数 1 689 h,超过 10 ℃ 的活动积温 5 152~5 508 ℃,无霜期 251~261 d;年均降雨量 1 797 mm,5—6 月降雨较集中,约 500~610 mm。水资源丰富,水资源总量 98.57 亿 m³,为农业灌溉和养殖提供了良好条件。西部多丘陵山地,中部河谷平原与低丘岗地交错分布,东部以河谷平原为主;其中山地面积达 4 336 km²,占土地总面积的 49.0%。土壤类型主要是红壤。耕地面积 10.5 万 hm²,主要分布在江山、衢江和龙游等县(区);园地面积极 8.4 万 hm²,主要分布在衢江、常山、江山等县(区)。

1.2 农业产业发展情况

根据国家统计局《农业及相关产业统计分类(2020)》和农业农村部《全国乡村产业发展规划(2020—2025 年)》等产业分类统计文件,结合衢州市农业产业发展特点和生态农场主体产业类型,将衢州市农业产业划分为粮油产业、水果产业、蔬菜产业、畜禽养殖业和水产养殖业等。表 1 为 2017—2021 年衢州市不同农业产业的作物种植面积和产量、畜禽养殖出栏量和存栏量、水产产量等数据。衢州市粮油种植面积稳中有增,2021 年粮油总产量 61.3 万 t,占浙江省粮食总产量约 9.0%;2021 年蔬菜种植面积 3.86 万 hm²,同比减少 0.9%,产量增加 1.6%;水果种植面积逐年减少,产量有所下降,但仍近 70 万 t;2021 年生猪出栏 120.5 万头,同比增长 33.2%,占同

表 1 2017—2021 年衢州市农业产业发展情况
Table 1 Development situation of agricultural industry of Quzhou City from 2017 to 2021

年份 Year	粮油产业 Grain and oil crops		水果产业 Fruits		蔬菜产业 Vegetables		生猪养殖 Pigs		家禽养殖业 Poultry		水产养殖业 Marine products
	面积 Area (×10 ⁴ hm ²)	产量 Yield (×10 ⁴ t)	面积 Area (×10 ⁴ hm ²)	产量 Yield (×10 ⁴ t)	面积 Area (×10 ⁴ hm ²)	产量 Yield (×10 ⁴ t)	存栏量 Inventory (×10 ⁴ head)	出栏量 Slaughter volume (×10 ⁴ head)	存栏量 Inventory (×10 ⁴ head)	出栏量 Slaughter volume (×10 ⁴ head)	产量 Yield (×10 ⁴ t)
2017	16.03	76.0	3.06	84.7	4.11	111.1	74.7	211.7	1283.7	3652.8	6.86
2018	11.96	63.4	2.87	79.1	4.10	111.8	76.7	133.5	1376.9	3376.2	6.95
2019	11.96	60.1	2.85	77.2	4.05	113.8	51.2	160.0	1539.4	3474.8	7.20
2020	11.89	61.1	2.86	80.4	3.89	108.8	92.7	90.5	1491.5	3653.3	7.34
2021	11.97	61.3	2.50	67.8	3.86	110.6	91.4	120.5	1544.8	4261.5	7.48

年浙江省生猪出栏量的15.6%。可见,衢州市是浙江省重要的农产品生产区域。

1.3 生态农场现状特征

通过问卷调查、查看农场生产经营资料对衢州市15个生态农场进行多维度数据获取,数据内容包括农场基本信息、环境条件、种植养殖情况、经营业态、生态技术应用、废弃物资源化利用、投入产出情况、综合效益等。

15个农场中包括8个种植型、3个养殖型和4个种养结合型农场。种植型农场以柑橘生产为主;养殖型农场主要进行生猪和水产养殖;种养结合型农场种植养殖多样化程度较高,除种植柑橘外,还种植水稻、玉米(*Zea mays*)、番茄(*Solanum lycopersicum*)、蓝莓(*Vaccinium* spp.)、桃(*Prunus persica*)、金线莲(*Anoectochilus roxburghii*)、芦笋(*Asparagus officinalis*)、桑树(*Morus alba*)等,养殖生猪、绵羊、桑蚕等。农场平均面积为66.7 hm²,中位数为37.3 hm²。农场的注册登记资金平均值为996.73万元,中位数为601.00万元。从产地环境看,所有农场的土壤污染物检测含量均低于风险值,大部分农场土壤有机质含量为20~40 g·kg⁻¹,生态用地比例为10.8%~17.2%。

多数生态农场在农产品生产及供应商销售基础上拓展了额外的经营模式。采用自销配送销售模式的农场占比60.0%。开展采摘/生态旅游、教育研学活动的农场占比分别为66.7%、53.3%,其中同时涉及采摘/生态旅游和教育研学活动的农场占比为46.7%。20.0%的农场有加工厂,且均为种植型农场。

大部分农场具有通过各类认证提升产品额外价值的意识。进行过农产品认证的生态农场占比为66.7%,且部分农场进行了多类型、多产品的认证。其中,养殖型农场获认证比例最高,3个养殖型农场全部获得无公害农产品认证。种植型农场次之,62.5%的农场获得有机产品、绿色食品认证。4个种养结合型农场中,1个获得有机产品认证和良好农业规范认证,1个获得无公害农产品认证。

不同类型农场购肥、用肥习惯差异较大。种植型农场多施用有机肥,75.0%的种植型农场选择单施有机肥,来源多是外购的商品有机肥;种养结合型农场多为有机肥无机肥配施,所用有机肥主要来源于主体自身、关联企业或周边养殖基地。从种植作物的维度看,63.6%的作物为有机肥无机肥配施,单施复合肥料占比为18.2%,单施有机肥或不施肥作物占比均为9.1%。

种植型和种养结合型农场用药习惯较为接近,

均倾向仅使用化学农药。超半数农场仅使用化学农药,同时使用生物和化学农药的农场占比为9.1%,仅使用生物农药或不使用农药的农场占比为36.4%。生物农药中,出现频率最高的是矿物油,用途为杀虫。化学农药中,甲基硫菌灵和代森锰锌是使用率最高的杀菌剂,啉虫脒是使用率最高的杀虫剂。

种植型和种养结合型农场均应用了较多生态农业技术措施。在土壤培肥技术措施中,对于种植型农场,75.0%的农场应用测土配方施肥技术;50.0%的农场应用秸秆还田和种植绿肥措施,较常见绿肥是箭舌豌豆(*Vicia sativa*)和油菜(*Brassica napus*),其次是车轴草(*Trifolium* spp.)和苕子(*Vicia villosa*)。对于种养结合型农场,75.0%的农场使用秸秆还田和测土配方施肥技术;50.0%的农场采用豆科作物轮作和绿肥种植措施,轮作的豆科作物为蚕豆(*Vicia faba*)和大豆(*Glycine max*),绿肥为苕子。在病害管理技术措施中,种植型农场主要采取土壤消毒和高温闷棚措施,采用率分别为50.0%和37.5%,没有农场采用间种套作或轮作措施;种养结合型农场主要采取轮作和土壤消毒措施,采用率均为50.0%,也有农场采用间种套作进行病害管控。在种植型农场虫草害管理技术措施中,87.5%的农场采用人工除草,62.5%的农场采用布设黄蓝板、安装防虫网及覆盖除草措施,25.0%的农场采用释放赤眼蜂(*Trichogramma* spp.)、捕食螨(*Phytoseiulus persimilis*)等天敌的措施;种养结合型农场中75.0%的农场采用人工除草和覆盖除草措施,50.0%的农场应用黄蓝板、防虫网和杀虫灯,没有农场采用释放天敌的措施。

农场有较高的农业废弃物回收利用率。种植废弃物以秸秆为主,利用方式以好氧堆肥为主,少量直接还田或混合发酵处理,回收利用率在95.0%以上;农药和化肥包装的处理方式为统一回收;少量农场有加工下脚料,利用方式主要是直接还田。养殖废弃物以畜禽粪便和污水为主,处理方式主要是好氧堆肥或沼气发酵,处理率100.0%;少量农场有废弃饲料、废弃药品等,分别采用发酵、专业机构回收等方式处理。

2 衢州市生态农场典型案例模式

2.1 种植型农场:“智能物联+生态适宜”的柑橘可持续种植模式

2.1.1 基本情况

调查的8个典型种植型农场面积均值约50 hm²,主要从事‘胡柚’‘甜橘柚’‘鸡尾葡萄柚’‘红肉葡萄柚’

‘衢州椪柑’等柑橘品种的种植、加工及销售,种植面积均值约 35 hm²,年销售柑橘 30~40 t。多数农场除生态种植外,还有品种试验、分选存储、产品加工、采摘体验、景观休闲等业态功能。其中一个典型农场承担过有机肥替代化肥、绿色防控示范区建设、田园综合体建设、‘三品一标’农业品牌建设、柑橘产业科技创新平台建设等项目,在新技术示范应用方面有丰富经验。

农场通过提升果品质量,提高销售单价,产品年销售额超 500 万元;土壤有机质含量 3 年提高 2.3%,土壤有机碳含量提升明显,土壤环境明显改善,年固碳 6.0~22.5 t·hm⁻²,生态效益突出。

2.1.2 模式特点

“智能物联+生态适宜”的柑橘可持续种植模式以数据驱动精准管理、生态技术替代化工制品、多途径提升土壤健康水平、多维度开展绿色防控,实现种植作物品质、效率、环境三重提升(图 1)。

1) 智能物联精准管控。建设现代连栋大棚,集成电动遮阳帘、喷雾系统、温度湿度检测设备和光照、叶温、辐射等多类型传感器,结合智慧农业云平台,实现种植环境动态智能调控。通过布设水肥一体化管网和自动喷滴灌系统,实现按需精准施肥与灌溉。

2) 种植布局模式优化。采用起高垄、宽行密植, Y 形修剪的柑橘生态防灾种植模式,实现防冻、防

涝、通风、采光的良好效果,也利于采收、施肥、施药等机械化作业。柑橘树下铺设生态毯,达到抑草、保墒效果。

3) 土壤系统修复。通过施用微生物有机肥、纯天然蚕沙和豆科绿肥种植,丰富土壤微生物群落,增强土壤固氮功能,提高土壤健康水平,实现土壤有机质含量稳中有升。

4) 绿色防控体系建设。使用树下生态毯、树根防护布、黄蓝板等物理措施,以及性诱剂、天敌生物、车轴草与箭舌豌豆等功能物质、动植物进行病虫害防治,减少化学农药使用。

5) 通过优质实现优价。利用科学修枝、疏花果、肥水管控等方法提高单株产量和单果体积,调整果蜡和糖酸比例,综合提高果品质量,增加农产品收益。

6) 多种产业融合发展。整合生态种植、产品加工、品种试验、采摘体验、景观休闲等多种业态功能,实现生产、科技、加工、服务等多类型产业融合,一二三产联动。

2.1.3 关键技术与适用范围

关键生态技术: 1) 根据种植植物特点与区域气候条件进行种植布局设计; 2) 利用生物及其制品提升土壤健康水平; 3) 采用物理、生物手段多途径进行病虫害防治。

该模式适用于追求高品质可持续生产的规模化柑橘产区,尤其适合 1) 气候挑战区: 雨季易涝、冬季

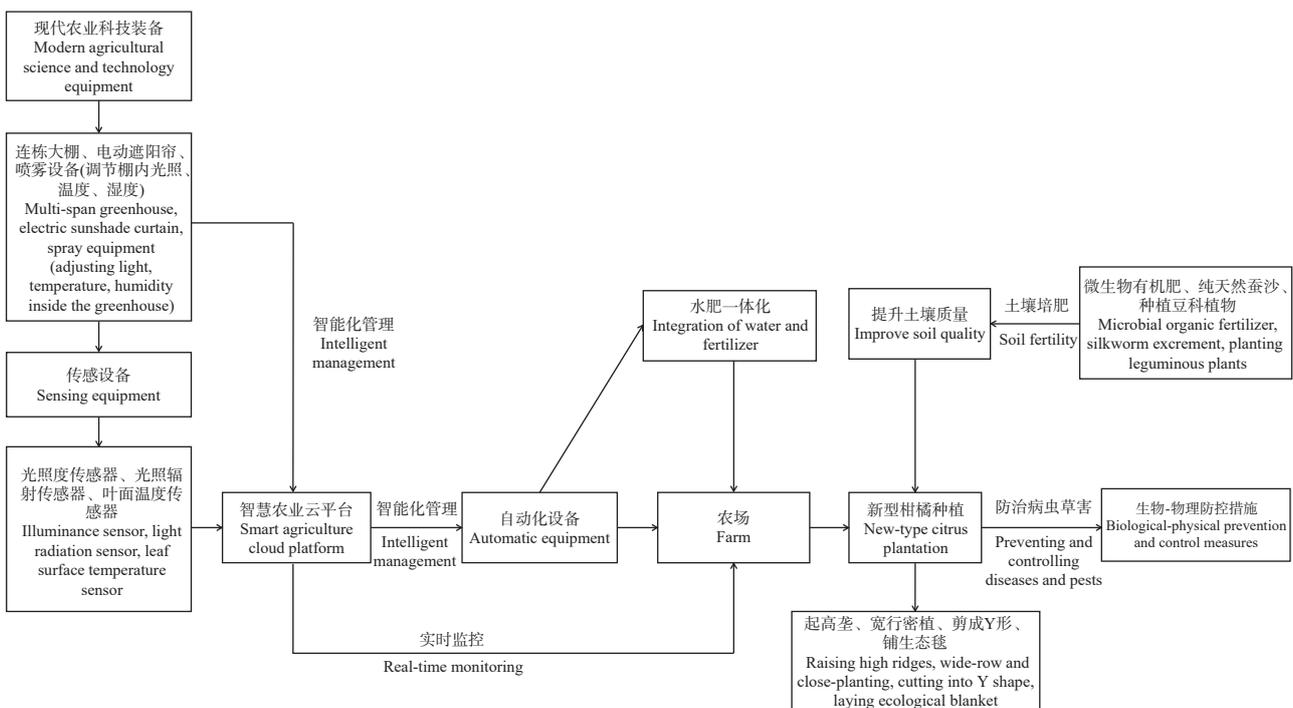


图 1 典型种植型农场“智能物联+生态适宜”的柑橘可持续种植模式

Fig. 1 The Smart IoT-driven and Eco-adaptive Sustainable Model of a typical citrus planting eco-farm

低温地区, 高垄模式可防冻防涝, 高纬度或温差大区域, 智能大棚可精细化控温控湿; 2) 土壤改良需求区: 有机质含量较低的区域, 可通过微生物肥、蚕沙和绿肥持续修复地力; 3) 劳动力紧缺地区: 环境智能监测调控、水肥一体化等系统减少人力投入, 宽行密植+Y形修剪便于机械化采收; 4) 农旅融合发展区: 采摘体验和景观休闲等业态适合打造城郊体验型农场或乡村农业文化旅游点。

2.2 养殖型农场: “良种引进+自动生产+配套消纳”的生猪环保养殖模式

2.2.1 基本情况

调查的 3 个典型养殖型农场平均面积 15 hm², 主要从事生猪养殖, 猪舍面积约 40 000 m², 养殖存栏量 12 000~15 000 头, 年出栏 20 000~25 000 头。其中一个典型农场为消纳生猪养殖粪污, 配备粪便存储用房、发酵床、沼气池、预处理池、储液池、沼液输送管道、沼液槽罐车等设施设备, 以及约 230 hm² 的沼液合作消纳地, 包括农田 160 hm²、菜地 16 hm²、荷花园 27 hm² 以及果园 27 hm²。农场以专业养殖+外部销售模式为主, 较少开展自销配送、生态旅游、教育研学等。农场获得国家级生猪标准化示范场、浙江省级美丽生态牧场、衢州市级农业龙头企业等多项荣誉。

通过科学养殖, 母猪繁殖数量提高, 生猪出栏量

增加, 出栏日龄缩短, 肉猪料肉比降低; 每头出栏猪抗菌药使用量减少 27.9%, 药费减少 24.4 元, 成本下降 45.2%; 经济效益提高 20.0%, 较本地区小规模养殖场 (户) 高 30.0%。粪污生产的有机肥、沼渣沼液等供周边种植基地、农户、企业使用, 减少化肥、农药用量 30.0%, 增收 5 250 元·hm⁻², 沼液合作消纳地农民增收近 120 万元, 提升了生态及社会效益。

2.2.2 模式特点

该模式以优良品种选育、设施设备改造、防疫管理强化、粪污配套消纳、种养结合, 将环境压力转化为资源价值, 实现经济与生态效益统一 (图 2)。

1) 引进优良品种, 实现高效生产。从云南、河北、内蒙古等省 (自治区) 的国家级生猪育种核心场引进优质猪种, 逐步淘汰低产能品种, 提高母猪产仔数和肉猪生长速度、瘦肉率等, 降低料肉比, 缩短出栏上市时间, 节本增效。

2) 改造设施设备, 提升自动化水平。建设饲料中转塔、自动喂料线、湿帘-风机降温系统、地暖设备等, 改善生产自动化条件; 改造污水收集管网, 改建消毒池、淋浴房、售猪台等设施, 改善防疫条件; 推进养殖机械化、自动化、设施化, 减少人工依赖。

3) 强化防疫管理, 降低疫病风险。采取防疫隔离、环境消毒、化验监测相结合的综合措施; 建立生产区大门、厂区大门和外置售猪台 3 道关口; 加

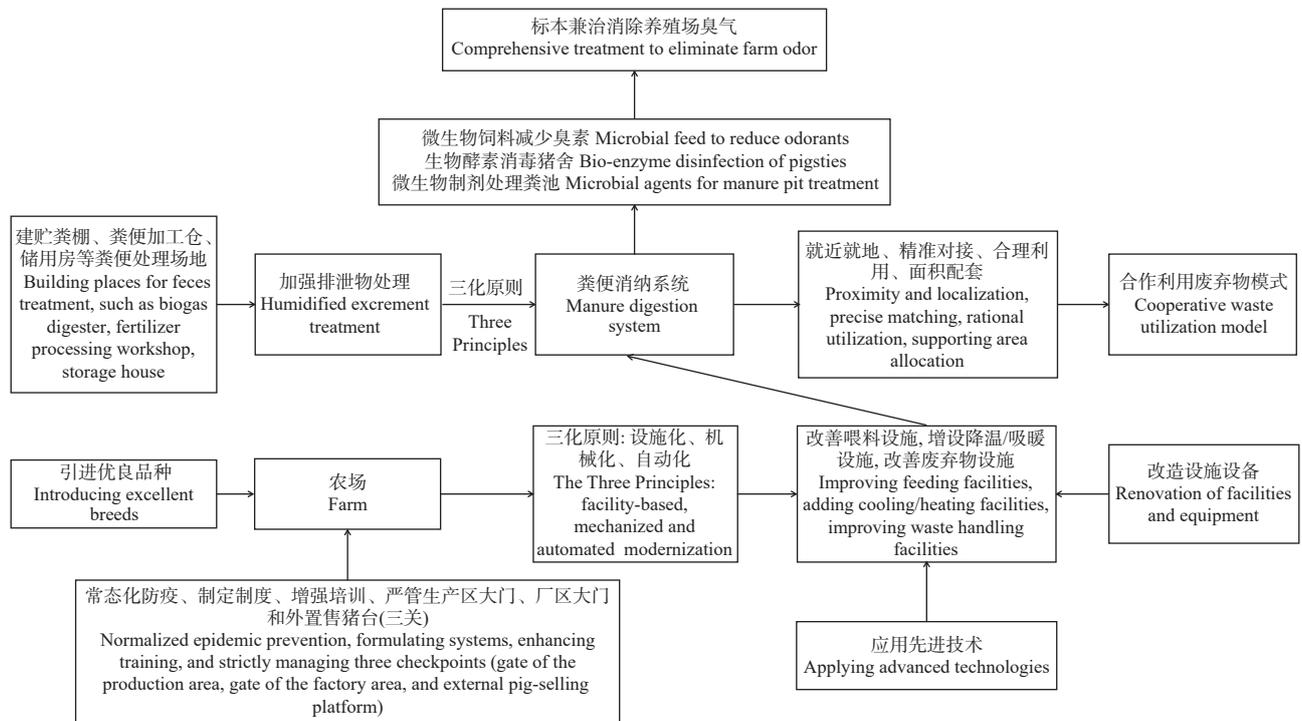


图 2 典型养殖型农场“良种引进+自动生产+配套消纳”的生猪环保养殖模式

Fig. 2 The Genetic-enhanced, Automation-driven, and Waste-recycling Sustainable Model of a typical pig breeding eco-farm

强外来人员、物品及厂区环境消毒;加强员工生物安全教育,适时开展猪瘟病原及抗体检测,完善防疫制度和监测体系。

4) 加强粪污处理利用,确保实际消纳效果。建设排泄物收集、处理、利用设施,确保设施处理能力及消纳土地面积与养殖规模配套;采用发酵、曝氧、沉淀、净化等多种方法,将生猪粪便、尿液污水制成有机肥、沼渣沼液等;与周边种植基地签订沼液沼渣使用协议,农场配送沼液沼液供种植基地免费使用;与贩销大户签订有机肥购销协议,仅收取粪便加工费用,贩销户将有机肥运送到周边家庭农场、种植大户、农业企业消纳利用。

5) 消除养殖场臭气,减少环境影响。在饲料中添加微生物制剂,改善动物肠道环境,提高粗蛋白消化吸收率,减少臭气产生;在猪舍喷洒微生物酵素,在集粪槽(池)中拌入微生物制剂,消除臭气,改善猪舍环境和空气质量,减少对周边环境的影响。

2.2.3 关键技术与适用范围

关键生态技术: 1) 使用优良品种,从源头提高产能,降低料肉比; 2) 根据养殖规模配套粪污消纳土地,实现粪污真实消纳; 3) 利用微生物制剂改善动物肠道及猪舍环境,减少臭气影响。

该模式适用于环境保护高要求地区的规模化养猪场,尤其适合 1) 环境保护压力大地区: 人口密集区、水源保护区、生态敏感区等地区,能有效解决粪污消纳和臭气污染问题; 2) 具备配套消纳土地的区域: 养殖场周边需要有与养殖规模相匹配的农田、果园、林地等,能够稳定消纳畜禽粪污处理后产生的沼渣沼液等; 3) 具备一定技术管理能力的养殖场: 需要能够管理使用自动化及环境控制设备,了解粪污处理工艺、微生物制剂使用、疫病综合防控等技术。

2.3 种养结合型农场: “科技驱动+生态循环+低碳发展”的多样化种养模式

2.3.1 基本情况

本文调查的 4 个典型种养结合型农场规模差异大,面积范围 30~400 hm²,此处介绍的已成熟运营多年的典型农场面积为 400 hm²。该农场种植养殖类型丰富,通过资源化处理中心关联生猪养殖、精品果蔬种植、水稻种植和中草药种植,建设“两园一中心”,即科技创新创业园、产业示范园和种子种苗中心。科技创新创业园有组培中心 3 000 m²、试验检测中心 100 m²、新品种玻璃温室展示区 6 000 m²,以及智慧农业展示区、科技特派员基地、大学生创业基地等。产业示范园占地 400 余 hm²,包括粮食生产

区 66.7 hm²、果园区 200.0 hm²、苗木区 133.3 hm²、生猪养殖区 26.7 hm²,以及水果保鲜冷库和贮藏仓库等。种子种苗中心包括与组培中心配套的渐进式育苗中心和全基质工厂化育苗基地,繁育金线莲种子种苗、脱毒马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 种子种苗、优越系列杂交油菜等新品种。

农场通过种植各类果树,增加植被覆盖,减少水土流失,改善生态环境。通过推广使用有机肥,实施肥水药一体化技术及绿色防控措施,有效减少化肥农药用量,提高土壤地力,土壤有机质含量达 35 g·kg⁻¹ 以上。通过实施畜禽粪污、秸秆和其他农业废弃物无害化、资源化综合利用等工程,增强废弃物循环利用,减少农业生态环境污染。通过线上线下销售、局部自由采摘等模式,拓宽销售渠道(图 3)。此外,带动当地 200 余人就近就业,增加周边农民人年均收入 1 万元以上。

2.3.2 模式特点

1) 管理智能化。搭建农业物联网平台,实现对农场温室、水肥一体化系统的智能控制,实时监测温湿度、土壤状况和 CO₂ 浓度等环境数据,提升管理精度与效率。

2) 化肥减量化。通过种植豆科 (Leguminosae) 绿肥植物和有机肥替代化肥,减少 50.0% 以上的化肥用量,既能培肥土壤,又可抑制杂草生长、减少面源污染。

3) 病虫害防控生态化。综合运用防虫网、大棚等物理阻隔方法,杀虫灯、黄板等物理诱杀手段,天敌动物、性诱剂、诱集植物等生物防治措施,绿肥、地布等覆盖抑草方式,最大限度减少化学农药使用,保护农场及周边区域生物多样性。

4) 资源循环利用。构建了“雨水收集—生态净化(水生植物)—二次过滤—智能水肥一体化灌溉”的完整闭环水循环系统,保障灌溉水质的前提下,最大限度利用本地降水资源。以沼气工程为核心构建废弃物循环利用链条,通过种养结合的方式实现农场内部及关联单元的废弃物“零排放”和“全消纳”: 秸秆和枝条等废弃物一部分还田,一部分进入沼气工程; 养猪场的畜禽粪污进入沼气工程,产生的沼气用于发电,沼渣用于水稻田、果园、苗圃施肥,沼液主要用于苗圃。

5) 创新低碳栽培模式,多途径利用有机废弃物。采用生物微循环-金线莲套袋栽培技术,将高压蒸汽灭菌后的基质和废弃物制作的有机肥混合后接种微生物,作为金线莲的生长介质,微生物分解有机质为金线莲提供养分及光合作用所需的 CO₂ 和水。

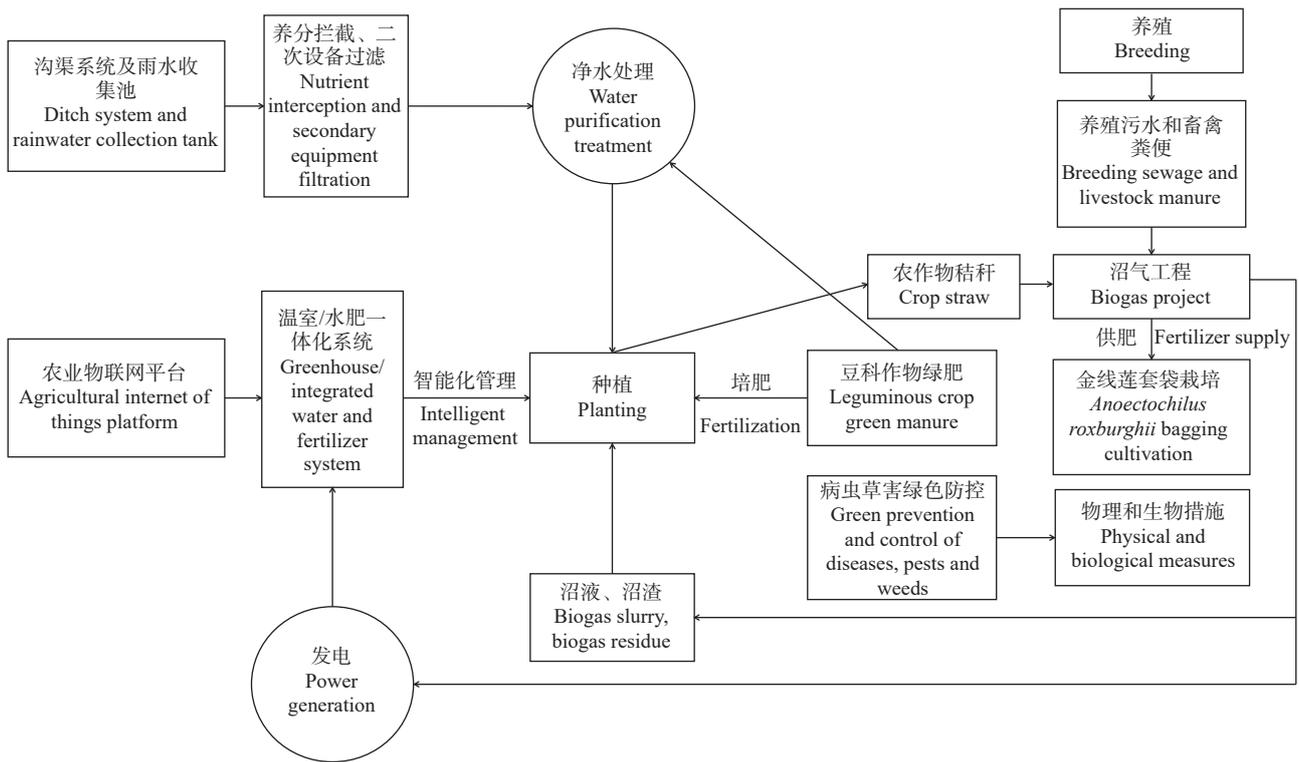


图 3 典型种养结合型农场“科技驱动+生态循环+低碳发展”的多样化种养模式

Fig. 3 The Tech-enabled, Eco-cyclical, and Low-carbon Integrated Diversified Farming Model of a typical integrated crop-livestock eco-farm

2.3.3 关键技术与适用范围

关键生态技术: 1) 构建资源循环利用链条, 充分利用当地水资源及农场内部有机废弃物资源; 2) 创新套袋栽培模式, 拓展利用有机废弃物的新途径; 3) 通过有机肥替代化肥和病虫害生态防控技术措施, 减少化学投入品使用, 保护区域生物多样性。

该模式适于具备一定规模和资金实力、有条件与技术进行种养结合生产管理的农场, 尤其适合 1) 高附加值作物种植, 或养殖基础好、收益好的农场: 前期智能化、生态化投入较高, 适合开展高收益的花卉、蔬果、药材、苗木等类型种植, 或是基于较好的养殖收益, 补平前期投入; 2) 种养结合技术经验丰富的农场: 农场自身种植养殖布局合理, 种植、养殖以及循环利用废弃物资源的技术及能力较强, 能够利用沼气工程以及创新技术实现废弃物充分利用; 3) 对水资源保护及面源污染防治要求高的地区: 可实现对本地降水资源的充分利用, 水循环和净化系统能有效节水, 并减少农业面源污染。

3 衢州市生态农场建设经验与存在问题

衢州市生态农场普遍重视科技装备应用, 尤其是环境监测与调节的智慧物联类平台; 重视生态低碳管理, 采用生态低碳种植养殖模式, 减少资源浪费

与投入品使用, 开展废弃物循环利用; 重视品牌认证管理, 2/3 的农场进行过农产品认证; 重视产业融合发展, 超半数农场有生态旅游、教育研学等三产业态; 种植型农场重视土壤保育, 通过有机肥施用、测土配方施肥、秸秆还田等措施提升土壤健康水平。但仍存在对环境污染监管不足、对生态农场培育理念理解不够、生态农业技术措施与废弃物处理方式简易、区域种养匹配程度有待提升等问题。

3.1 建设经验

1) 重视土壤保育。87.5% 的种植型农场和 50.0% 的种养结合型农场均种植有柑橘, 土壤有机质含量为 20~40 g·kg⁻¹, 平均值为 23.5 g·kg⁻¹, 是衢州市当地普通柑橘园土壤有机质含量均值 8.3 g·kg⁻¹ 的 2.8 倍, 比当地精品柑橘园土壤有机质含量均值 21.5 g·kg⁻¹ 高 9.3%^[21]。除 1 个种养结合型农场外, 其余种植与种养结合型农场均施用有机肥。75.0% 的种植型和种养结合型农场应用测土配方施肥技术, 施肥覆盖面积 8.7~101.8 hm², 占主体种植面积的 28.0%~100.0%。50.0% 种植型农场和 75.0% 的种养结合型农场应用秸秆还田措施, 还田量 12~28 t·hm⁻²。少量农场采用豆科作物轮作或绿肥种植措施培肥土壤。

2) 重视生态低碳管理。通过因地制宜的种植模

式布局、采用低碳栽培模式、充分利用当地降水资源、减少化肥农药等化学品使用等种植管理方式,选育料肉比低的优良畜禽品种、匹配可消纳畜禽粪污的种植地块、加强疫病源头管理、利用微生物减少养殖臭气等养殖管理手段,以及秸秆和枝条还田或加工再利用、沼气工程发酵处理畜禽粪污等废弃物资源化利用做法,实现全过程生态低碳生产。

3) 重视科技装备应用。多数生态农场主动应用现代农业科技装备,包括自动调节光照、温度、湿度的连栋大棚,具备降温系统与地暖设备的养殖场地,监测农场环境与植物生长状态的传感器,集养分拦截、废水过滤、水肥一体化灌溉的种植水循环系统,收集、净化、回收养殖污水的循环处理系统,综合处理种植养殖废弃物的沼气工程等。

4) 重视品牌认证管理。66.7%的农场进行过农产品认证,说明衢州市生态农场有一定品牌管理意识。其中养殖型农场获取认证的意识最强,获认证的种植型农场品牌意识较强;所获认证为有机产品或绿色食品,种养结合型农场彼此间差异较大,有的获多项认证,有的缺少认证。60.0%的农场有自销配送的销售模式,说明大部分农场在区域内的品牌认可程度高,能通过自销方式实现盈利。

5) 重视产业融合发展。超过半数农场发展有生态旅游、教育研学等业态,生态农场有向第三产业拓展的良好态势,主体能够有意识地借助农业多功能性来增收。多山地的地形地貌、丰富的山林生物资源、特色柑橘种植、地方乡村民宿打造、非遗转化等也为当地农文旅融合提供了有利条件。

3.2 存在问题

1) 对环境污染物的监管不足。部分农场土壤污染物检测结果接近风险筛选值上限,种养结合型农场的土壤镉含量明显高于种植型农场。个别农场灌溉水水质中硫化物、粪便大肠菌群及蛔虫卵数量接近标准限值。

2) 对生态农场理念理解不够深入。少数农场缺乏对生态农场环境要求的理解与认识,对土壤中的六六六总量、滴滴涕总量及苯并[a]芘等农药残留指标关注较少,仅少数主体检测了土壤农药残留情况。对农场距污染源距离和生态用地等较新的概念存在含义理解不到位、信息提供不正确等问题。

3) 生态农业技术措施与废弃物处理方式较为简易。农场在土壤培肥、草害管理方面采用的生态农业技术措施较多,在病虫害管理、节水灌溉等方面采用措施较少,且多数措施比较简易,较少采用豆科

作物轮作、绿肥种植、释放天敌生物等较为综合管理措施。多数农场对有机废弃物仅进行好氧堆肥处理,可探索更高价值的处理利用途径。

4) 区域种养加匹配程度有待提升。种养匹配决定着能否较好地实现物质和能量的循环,优化的种养结构能够有效减少农场资源浪费、促进资源循环利用^[22]。种植型农场使用的肥料几乎全是外购商品肥,说明主体对肥料质量要求高,但同时也说明主体没有充分利用本地养殖废弃物资源。养殖型农场在饲料选用上也是如此,多购买外地产饲料,可能与局地较多种植果木而非作物、缺乏制作饲料的作物原料等有关。种养结合型主体在肥料和饲料上更倾向于利用本农场及其他本地资源,但除 1 家主体对其种养规模进行设计之外,其他主体的种养规模并不匹配。仅 20.0%的农场有加工厂,且均为种植型农场,说明加工产业链相对不完善,养殖型主体在粪肥加工等种养结合产业方面有较大提升空间。

4 生态农场发展建议与未来展望

4.1 衢州市生态农场发展建议

聚焦研究区域,对衢州市本地生态农场发展提出实用建议,以供类似情况地区、生态农业实践主体参考。

1) 本地区废弃物循环利用起步早,许多主体已经有意识地通过废弃物资源化利用实现种养结合,建议重点关注废弃物循环利用过程中的污染物迁移问题。目前更多强调的是提升废弃物资源化利用量、利用率,较少关注具体的处理方式、处理质量和利用方法,应当引导主体选用更合适的废弃物资源化方式,提升处理质量,并加强对处理后产品的合规检测,避免因循环利用导致污染物迁移扩散。

2) 本地区生态农业发展较快,主体采用了较多生态技术,建议进一步系统化、多尺度设计应用生态农业技术措施,多维度提升农场综合效益。除了在田块尺度应用有机肥施用、绿肥种植、秸秆还田等土壤保育技术之外,应进一步通过丰富作物多样性、布设花草带、建设污染物缓冲带、混合种养等方式^[7],提升农场生态效益。

3) 本地区经济发展好,有较多政府项目协助农场建设信息化平台,建议充分利用相关设备与技术,提升生态农业实践的标准化程度。由于大多数农业新技术都是为规模化、集约化农业系统设计的,许多技术未能与生态农业较好结合^[8],从而限制了生态农业的信息化、智能化发展。农场信息化措施可以

量化生态环境状况与生产过程,通过参数积累,可以探索总结农场尺度生态农业技术的标准化规程,形成有数据支持、可推广的现代生态农业技术模式。

4)本地区城乡融合发展程度高,城镇居民对农事活动、传统农耕文化、乡村良好生态环境等有体验与消费需求,农文旅产业融合发展有市场,可以借助生态农业,保护乡野生物多样性、保留农业文化遗产、保存田园自然风光^[23],开发生态旅游、农业知识传播、农耕文化传承等农文旅教育功能,以满足不同消费群体的需求,提升农场的经济效益和市场竞争能力^[24]。

4.2 生态农场未来展望

1)我国生态农业发展正处在由政府推动向市场主导转变的过程之中,未来会有越来越多市场主体符合生态农场标准要求。既往通过项目推动,在各地形成了一批生态循环农业模式,打造了一批示范带动基地,使生态农业理念深入人心。随着我国市场经济发展与居民生活水平提高,人们对优质生态农产品的消费需求逐渐增加,有机产品、绿色食品等在商超占有率逐步提升。通过消费端对生产端的反向拉动,将有更多市场主体主动应用生态农业技术措施,主动向生态农场标准靠拢,生产低生态环境影响的高品质农产品。

2)随着各地生态农场数量增多,主体间可通过组建技术与产品联盟的方式^[25],共享优质绿色投入品与生态农业技术模式,提升生态农产品市场认可度。当前许多新型生物肥料、农药、饲料等绿色投入品应用,以及功能植物带构建、多年轮作制度、农林牧复合经营模式等生态技术模式,都可以先在生态农场主体间推广应用。探索以生态农场品牌联盟的形式向市场供应优质生态农产品,提升品牌知名度与认可度,引导市场更多消费生态农产品。

3)借助生态农场灵活、多样的市场主体特点,充分发挥生态农业的多功能性。除了经济多元化、土壤健康水平提升、资源重复利用率提高、生物多样性保护等带来的经济与生态效益,也要探索发挥生态农业在社会公平、公众参与、知识共创共享、社会价值观与饮食习惯形成等方面的积极作用^[26]。

4)鼓励地方以生态农场为单元,探索生态补偿制度,形成推动农业绿色转型的长效机制。项目推动的方式适合阶段性应用于前沿技术推广、模式示范创建等,更为长效、普惠的激励机制仍待研究、建立。无论是通过技术支持,还是效果补贴的形式,研究落实生态补偿制度,给予应用生态农业技术、

实现清洁生产的主体一定技术支持或奖补资金,相较于监管和处罚,对主体生态环境保护行为有更明显的推动作用^[27]。

参考文献 References

- [1] 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, 45(3): 4-19
JIN S Q, ZHANG Z X, HU Y, et al. Historical logic, theoretical interpretation and practical exploration of agricultural green transformation in China[J]. Issues in Agricultural Economy, 2024, 45(3): 4-19
- [2] 新华社. 利用率过 40%: 化肥农药使用量零增长行动实现目标[EB/OL]. 北京: 新华社, (2021-01-18) [2025-04-30]. <https://app.www.gov.cn/govdata/gov/202101/18/467094/article.html>
Xinhua News Agency. The utilization rate exceeds 40%: The action for zero growth in the use of chemical fertilizers and pesticides achieves its goals[EB/OL]. Beijing: Xinhua News Agency, (2021-01-18) [2025-04-30]. <https://app.www.gov.cn/govdata/gov/202101/18/467094/article.html>
- [3] 中华人民共和国农业农村部种植业管理司. 农业农村部关于印发《到 2025 年化肥减量化行动方案》和《到 2025 年化学农药减量化行动方案》的通知[EB/OL]. 北京: 中华人民共和国农业农村部, (2022-11-18) [2025-04-30]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202212/t20221201_6416398.htm
Department of Crop Production Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on issuing the "Action Plan for Reducing the Use of Chemical Fertilizers by 2025" and the "Action Plan for Reducing the Use of Chemical Pesticides by 2025"[EB/OL]. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, (2022-11-18) [2025-04-30]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202212/t20221201_6416398.htm
- [4] 新华社. 中共中央 国务院印发《加快建设农业强国规划(2024—2035 年)》[EB/OL]. 北京: 新华社, (2025-04-07) [2025-04-30]. https://www.gov.cn/zhengce/202504/content_7017469.htm
Xinhua News Agency. The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council have issued the "Plan for Accelerating the Building of a Strong Agricultural Country (2024-2035)"[EB/OL]. Beijing: Xinhua News Agency, (2025-04-07) [2025-04-30]. https://www.gov.cn/zhengce/202504/content_7017469.htm
- [5] 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 ecological agriculture from the perspective of Chinese modernization: Connotation, characteristics, system interpretation and practice dimension[J]. Ecological Economy, 2023, 39(1): 36-42
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agroecology Knowledge Hub. Overview[EB/OL]. (2018-04-03) [2025-04-30]. <https://www.fao.org/agroecology/overview/zh/>
- [7] BEZNER KERR R, MADSEN S, STÜBER M, et al. Can

- agroecology improve food security and nutrition? A review[J]. *Global Food Security*, 2021, 29: 100540
- [8] ZENG S Y, LI J, WANGER T C. Agroecology, technology, and stakeholder awareness: Implementing the UN Food Systems Summit call for action[J]. *iScience*, 2023, 26(9): 107510
- [9] 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
LUO S M. Agroecology transition and suitable pathway for eco-agricultural development in China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2017, 25(1): 1-7
- [10] 李文华. 中国生态农业的回顾与展望[J]. *农学学报*, 2018, 8(1): 153-157
LI W H. Review and perspectives of China's ecological agriculture[J]. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1): 153-157
- [11] 骆世明. 生态农业发展的回顾与展望[J]. *华南农业大学学报*, 2022, 43(4): 1-9
LUO S M. Development process and prospect of agroecology practices[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2022, 43(4): 1-9
- [12] 中华人民共和国农业农村部科技教育司. 让天更蓝水更碧土地更肥沃——全国生态循环农业建设工作综述[EB/OL]. 北京: 中华人民共和国农业农村部, (2019-01-11) [2025-04-30]. http://www.kjs.moa.gov.cn/gzdt/201904/t20190418_6184770.htm
Department of Science, Technology and Education, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Make the sky bluer, the water greener and the soil more fertile: A summary of the national ecological circular agriculture construction work[EB/OL]. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, (2019-01-11) [2025-04-30]. http://www.kjs.moa.gov.cn/gzdt/201904/t20190418_6184770.htm
- [13] 中华人民共和国农业农村部. 生态农场评价技术规范 NY/T 3667—2020[S]. 北京: 中国农业出版社, 2020
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Technical specification for the assessment of ecological farm NY/T 3667—2020[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2020
- [14] 中华人民共和国农业农村部办公厅. 推进生态农场建设的指导意见[EB/OL]. 北京: 中华人民共和国农业农村部, (2022-01-28) [2025-04-30]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/10/content_5672847.htm
General Office of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Guidelines on promoting the construction of ecological farms[EB/OL]. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, (2022-01-28) [2025-04-30]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/10/content_5672847.htm
- [15] 胡潇方, 孙仁华, 孙元丰, 等. 我国典型生态农业主体的实践特征与发展建议[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2024, 32(6): 1075-1085
HU X F, SUN R H, SUN Y F, et al. Analysis and suggestions on agroecological practices in China: A study based on 431 national eco-farms[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2024, 32(6): 1075-1085
- [16] 浙江在线. 试点三年成绩亮眼 浙江农业生态循环领跑全国[EB/OL]. 杭州: 浙江在线, (2017-09-20) [2025-07-10]. https://zj.cnr.cn/zjyw/20170920/t20170920_523957007.shtml
Zhejiang Online Web. The three-year results of the pilot project are bright. Zhejiang's agricultural ecological cycle leads the country[EB/OL]. Hangzhou: Zhejiang Online Web, (2017-09-20) [2025-07-10]. https://zj.cnr.cn/zjyw/20170920/t20170920_523957007.shtml
- [17] 浙江省农业厅. 浙江省农业厅关于公布现代生态循环农业整建制推进市、县(市、区)认定名单的通知[EB/OL]. 杭州: 浙江省农业农村厅, (2018-08-15) [2025-07-10]. https://nyncj.zj.gov.cn/art/2018/8/15/art_1589297_30566976.html
Zhejiang Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs. Notice of Zhejiang Provincial Department of Agriculture on publishing the list of cities, counties (cities, districts) to promote the establishment of modern ecological circular agriculture[EB/OL]. Hangzhou: Zhejiang Provincial Department of Agriculture and Rural Affairs, (2018-08-15) [2025-07-10]. https://nyncj.zj.gov.cn/art/2018/8/15/art_1589297_30566976.html
- [18] 国家统计局衢州调查队. 转型升级成效显著, 畜牧业迈入高质量发展[EB/OL]. 杭州: 浙江省统计局, (2022-07-07) [2025-07-10]. http://zjzd.stats.gov.cn/qz/dcfx/202207/t20220707_105481.shtml
Quzhou Investigation Team of National Bureau of Statistics. Remarkable achievements in transformation and upgrading, animal husbandry stepping into high-quality development[EB/OL]. Hangzhou: Quzhou Investigation Team of National Bureau of Statistics, (2022-07-07) [2025-07-10]. http://zjzd.stats.gov.cn/qz/dcfx/202207/t20220707_105481.shtml
- [19] 金融时报. 探索低碳发展的“衢州路径”以“碳账户”小切口撬动绿色发展“大格局”[EB/OL]. 北京: 金融时报, (2022-06-15) [2025-07-10]. https://www.financialnews.com.cn/yh/shd/202206/t20220615_248887.html
Financial Times. Exploring the 'Quzhou Path' of low-carbon development to leverage the 'Big Pattern' of green development with a small incision of 'Carbon Account'[EB/OL]. Beijing: Financial Times, (2022-06-15) [2025-07-10]. https://www.financialnews.com.cn/yh/shd/202206/t20220615_248887.html
- [20] 三衢客户端. 从生态循环到绿色低碳, 全国生态农业发展现场会暨共建绿色低碳农业先行区启动仪式在衢州召开[EB/OL]. 衢州: 衢州市农业农村局, (2023-06-01) [2025-07-10]. http://nyncj.qz.gov.cn/art/2023/6/1/art_1229636650_58941789.html
Sanqu Client. From ecological cycle to green low-carbon: the National Ecological Agriculture Development Scene Conference and the Initiation Ceremony of Building Green Low-Carbon Agriculture Pilot Zone were held in Quzhou[EB/OL]. Quzhou: Quzhou Agricultural and Rural Bureau, (2023-06-01) [2025-07-10]. http://nyncj.qz.gov.cn/art/2023/6/1/art_1229636650_58941789.html
- [21] 刘春荣, 王登亮, 胡燕芳, 等. 衢州市柑橘园土壤养分调查[J]. *浙江农业科学*, 2019, 60(2): 234-236, 240

- LIU C R, WANG D L, HU Y F, et al. Soil nutrient survey of citrus orchards in Quzhou City[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2019, 60(2): 234–236, 240
- [22] 乔玉辉, 甄华杨, 徐志宇, 等. 我国生态农场建设的思考[J]. *中国生态农业学报 (中英文)*, 2019, 27(2): 206–211
- QIAO Y H, ZHEN H Y, XU Z Y, et al. On pathways of eco-farm development in China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2019, 27(2): 206–211
- [23] WEZEL A, JAUNEAU J C. Agroecology — Interpretations, approaches and their links to nature conservation, rural development and ecotourism[M]//CAMPBELL W B, ORTIZ S L. *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2011: 1–25
- [24] 徐湘博, 徐融, 张林秀, 等. 生态农业发展下的生态农场建设: 沿革、进展与展望[J]. *中国生态农业学报 (中英文)*, 2024, 32(4): 701–712
- XU X B, XU R, ZHANG L X, et al. Establishment of ecological farms in the development of ecological agriculture: Historical perspective, current progress, and future outlook[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2024, 32(4): 701–712
- [25] 高尚宾, 宋成军, 徐志宇, 等. 中国生态农场发展空间与对策建议[J]. *中国生态农业学报 (中英文)*, 2021, 29(10): 1733–1741
- GAO S B, SONG C J, XU Z Y, et al. The development space of and recommendations for ecological farms in China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2021, 29(10): 1733–1741
- [26] WEZEL A, HERREN B G, KERR R B, et al. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2020, 40(6): 40
- [27] 高雅罕, 蒋振, 靳乐山. 秸秆综合利用生态补偿政策与农户秸秆还田行为[J]. *中国生态农业学报 (中英文)*, 2024, 32(4): 713–725
- GAO Y H, JIANG Z, JIN L S. Eco-compensation policy for comprehensive utilization of straw and households' behavior of straw returning[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2024, 32(4): 713–725