



德清生态农业实践的典型模式与发展建议

杨伦, 闵庆文

引用本文:

杨伦, 闵庆文. 德清生态农业实践的典型模式与发展建议[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 878-884.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0395>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

土地利用变化对农业文化遗产系统结构的影响——以浙江省德清县为例

杨晓, 焦雯璐, 闵庆文, 杨伦

农业资源与环境学报. 2022, 39(5): 885-893 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0410>

农业文化遗产: 连接过去与未来的桥梁

闵庆文, 骆世明, 曹幸穗, 苑利, 成升魁, 杨庆文, 孙庆忠, 李先德, 孙业红, 赵立军, 张红榛, 吴敏芳

农业资源与环境学报. 2022, 39(5): 856-868 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0405>

推进福建省高效生态农业发展的规划要点与实施对策

翁伯琦, 林怡, 王义祥, 陈华, 叶菁, 刘朋虎, 吴良泉

农业资源与环境学报. 2022, 39(3): 613-620 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0004>

“双链型”生态农业模式标准化、产业化研究与示范推广

张家宏, 周学金, 王守红, 寇祥明, 韩光明, 毕建花, 朱凌宇, 徐荣

农业资源与环境学报. 2015(2): 139-143 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0063>

农业文化遗产地旅游承载力研究——以浙江青田稻鱼共生系统为例

宋雨新, 孙业红, 姚灿灿, 王英

农业资源与环境学报. 2022, 39(5): 894-902 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2022.0400>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

杨伦, 闵庆文. 德清生态农业实践的典型模式与发展建议[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 878–884.

YANG L, MIN Q W. Typical models and developmental suggestions for eco-agricultural practices in Deqing County, Zhejiang Province, China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2022, 39(5): 878–884.



开放科学 OSID

德清生态农业实践的典型模式与发展建议

杨伦¹, 闵庆文^{1,2*}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:以农业绿色发展为目标的生态农业是当前中国乃至全球农业发展的重要方向之一。作为首批全国生态农业建设试点县和中国重要农业文化遗产“德清淡水珍珠传统养殖与利用系统”所在地,浙江德清县在我国生态农业的实践历程中具有重要地位。本文回溯了德清县生态农业实践的基本历程,总结了当前德清县生态农业发展的典型模式,深入分析了“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统、稻田生态种养模式、鱼-菜共生模式和休闲农业发展模式的核心内涵和主要价值,并基于当前德清县生态农业发展的问题与挑战,提出了针对性建议,以期促进德清县生态农业的可持续发展。

关键词:生态农业;中国重要农业文化遗产;农业绿色发展;休闲农业;德清淡水珍珠传统养殖与利用系统

中图分类号:X171.3 文献标志码:A 文章编号:2095-6819(2022)05-0878-07 doi: 10.13254/j.jare.2022.0395

Typical models and developmental suggestions for eco-agricultural practices in Deqing County, Zhejiang Province, China

YANG Lun¹, MIN Qingwen^{1,2*}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Eco-agriculture focuses on the green development of agriculture and it is an essential part of agricultural development in China and worldwide. As part of the first batch of national eco-agriculture construction pilot counties and one of the China Nationally Important Agricultural Heritage Systems (China-NIAHS) sites, Deqing County occupies a vital position in the practice of eco-agriculture in China. Thus, this paper traces the basic history of eco-agricultural practices and summarizes the current typical models of eco-agricultural development in Deqing County. In addition, this paper analyses the core connotations and primary values of the typical models of eco-agriculture in this county. The typical models include the “pearl mussel-fish-grain-mulberry-livestock” complex system, rice field ecological planting and breeding models, aquaponics, and agritourism. Additionally, this paper makes targeted suggestions to promote the sustainable development of eco-agriculture in Deqing County based on current problems and challenges.

Keywords: eco-agriculture; China Important Agricultural Heritage Systems (China-NIAHS); green development of agriculture; agritourism; Deqing Traditional Freshwater Pearl Culture and Utilization System

1 德清生态农业的发展背景

农业是国民经济的基础,从原始的刀耕火种到自给自足的个体农业,再到现代化农业,人类社会通过科

学技术的进步和土地利用的集约化在农业生产上取得了巨大的成就^[1]。全球谷物单产从1998年的3 097.97 kg·hm⁻²增加到2018年的4 070.67 kg·hm⁻²,增幅达31.40%^[2]。改革开放以来,我国农业产值增速较改革

收稿日期:2022-06-22 录用日期:2022-07-13

作者简介:杨伦(1991—),男,陕西汉中,副研究员,研究方向为生态农业与农业文化遗产。E-mail: yanglun@igsnr.ac.cn

*通信作者:闵庆文 E-mail: minqw@igsnr.ac.cn

基金项目:中科院A类先导专项(XDA23100203);浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统保护、传承与利用合作项目

Project supported: Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (XDA23100203); The Dynamic Conservation and Sustainable Development of the Deqing Traditional Freshwater Pearl Culture and Utilization System in Zhejiang Province

前提高一倍,农业国内生产总值(GDP)年平均增长率从1952—1978年的2.2%提高到1978—2018年的4.5%^[3]。然而,全球中度或重度粮食不安全状况在2015—2019年仍有所上升,目前影响约25.9%的世界人口(约20亿人),其中女性比男性更有可能遭受中度或重度粮食不安全的影响^[4]。同时,农业已成为温室气体排放的重要来源,全球1/3的温室气体排放来自食物系统,2015年全球食物系统的温室气体排放量为18 Gt CO₂e(95%置信区间为14~22 Gt CO₂e),其中农业土地利用过程的温室气体排放量占食物系统温室气体排放总量的71%^[5]。此外,频频出现的食品安全问题,以及由不合理的农业生产造成的生物多样性减少、水土流失等生态系统服务功能下降问题日渐突出。

在过去的50年间,全球围绕“农业绿色发展”进行了一系列实践探索和技术研究。联合国粮食及农业组织先后推动提高生产力、增强适应性和发挥农业多功能的全球重要农业文化遗产(GIAHS)、生态农业(Agroecology)与气候智慧型农业(Climate smart agriculture)计划。这些计划的核心表现在三个方面:一是提高生产力,即在不破坏土地可持续生产能力的基础上,引入新的技术和方法,提高单位面积生产力;二是增强适应性,加强自然生态系统对农业的庇护作用,同时加强农民的能力建设;三是发挥农业的多种功能,强调经济、生态与社会效益的全面提高^[6]。我国自古就有保护自然的优良传统,并在长期的生态农业实践中积累了朴素而丰富的经验。20世纪70年代后期,我国开始了生态农业的现代化探索,在经历了起步发展阶段和稳步发展阶段之后,走向创新发展阶段。作为首批全国生态农业建设试点县,德清县在我国生态农业的实践历程中具有重要地位。在漫长的历史时期,德清县是杭嘉湖地区粮、桑、鱼的主要生产基地之一,千百年来的农业发展积累并传承了丰富多

样的农业智慧与技术体系,尤其是以起源于南宋时期的附壳珍珠养殖技术为依托形成的“浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统”,于2017年被农业部列为第四批中国重要农业文化遗产。同时,德清县悠久的蚕桑养殖历史留下了丰富的文化遗存。“梅林遗址”证明了德清在商周时代就有桑园分布;明代王道隆所著的《菰城文献》中记载了养蚕业在当时已成为德清的主要产业之一^[7]。20世纪80年代开始,在国家科委、农业部、浙江省科委、德清县农业局等单位的支持下,德清县率先开展了一系列生态农业实践探索项目,这些实践探索既有生态农业的技术开发,也有生态农业的模式总结(表1)。通过这些生态农业项目的不断发展、深化,德清县在我国现代生态农业的实践探索中走在了前列。

2 德清生态农业发展的典型模式

当前,德清县基本实现了生态农业的均衡发展,分布有种植业、林业、畜牧业、渔业(淡水养殖)、休闲农业(洋家乐、休闲渔业)等多种类型,涵盖水网平原地区生态农业的基本类型,并形成以政府为主导,农民、合作社、企业等利益相关方和新型经营主体多方参与的生态农业发展策略。德清县生态农业发展的典型模式可总结为四类:“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统、稻田生态种养模式、鱼-菜共生模式和休闲农业发展模式。

2.1 “蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统

德清县水资源丰富,湿地面积占土地总面积的44%以上,且水质优良,尤其适宜淡水蚌的生长繁殖,当地自南宋时期便有养殖褶纹冠蚌培育附壳(佛像)珍珠的记载。由于鱼、蚌均生活在水中,利用共生原理在池塘中进行混养,可优化生产结构,以鱼带蚌、以蚌补鱼,获得良好经济效益^[8]。因此,以鱼-蚌混养

表1 德清县生态农业实践探索的部分项目

Table 1 Some representative projects of eco-agricultural practice in Deqing County

时间 Time	项目名称 Project name	支持单位 Agency/Organization
1983—1985	杭嘉湖中部平原生态农业综合开发技术研究	国家科委
1985	建立街后生态试验场	干山乡街后村政府
1985—1988	德清县澉山乡生态农业研究	浙江省科委
1987	建立三桥乡生态农业实验场	湖州市环保局、三桥乡政府
1993	入选首批全国生态农业建设试点县	农业部等
2017	“浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统”入选中国重要农业文化遗产	农业部
2018	智能农业三年行动计划	德清县农业农村局
2019	首届美丽中国田园博览会	德清县人民政府等

为核心的“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统成为了德清县生态农业模式的典型代表,由此总结形成的“粮桑渔畜”的循环利用理念也成为了我国生态农业理念的重要组成部分。然而,“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统耦合了德清县农业生产的多种主要类型,其经营主体涉及小农户、家庭农场、合作社等,因而经营规模难以测定。以“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统的核心——鱼-蚌混养为标准,专业从事鱼-蚌混养的农户仅占当地从事水产养殖农户总数的0.29%,经营水域面积总计490 hm²,户均经营水域面积超过67 hm²。在“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统中,各要素之间具有紧密且多样的功能联系,形成了相对稳定且复杂的系统结构(图1)。

在该复合系统中,蚌类和鱼类为核心要素,蚌类品种主要为三角帆蚌和褶纹冠蚌,淡水鱼类主要有鲢鱼、鳙鱼、青鱼、草鱼、太阳鱼等。鱼-蚌混养的生产方式不仅能够促进鱼蚌之间的互利共生、有效改善水域环境,还能生产珍珠、蚌肉和鱼肉等产品,成为德清县小农经济的重要支柱。2017—2019年间,德清县全域的蚌类养殖规模为34.78 hm²,产量和经济产值分别为1.09 kg·hm⁻²和680.00元·hm⁻²;鱼类养殖规模为4 783.29 hm²,产量和经济产值分别为51.86 kg·hm⁻²和1 320.00元·hm⁻²(图2)。在区域分布上,钟管镇的水产面积最大(2 363.60 hm²),其次是新市镇、洛舍镇和雷甸镇,养殖水域面积最小的是阜溪街道(464.07 hm²)。

以鱼-蚌混养为核心,该复合系统还耦合了德清当地的种植业和畜牧业,它们不仅是当地居民重要的食物来源,而且是河蚌、鱼类、牲畜等必要的饲料和饵料来源。德清县主要种植的作物十分丰富,基本涵盖了南方稻田的主要作物品种(图3)。同时,得益于德

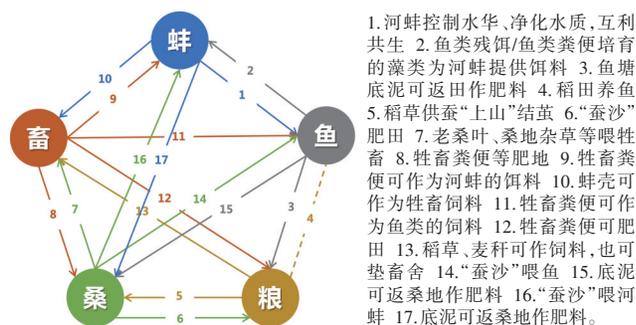


图1 “蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统示意图

Figure 1 Schematic diagram of the composite system of pearl mussel-fish-grain-mulberry-livestock

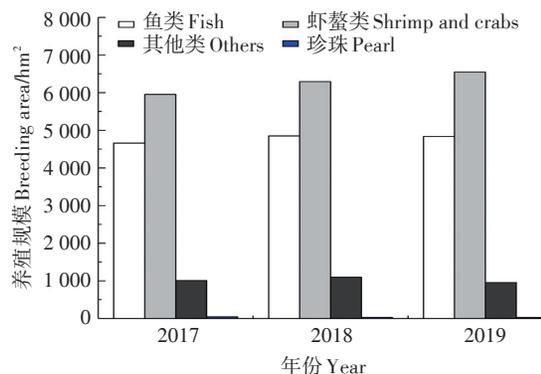


图2 2017—2019年德清县主要水产品种的养殖规模
Figure 2 Breeding area of major aquatic species in Deqing County from 2017 to 2019

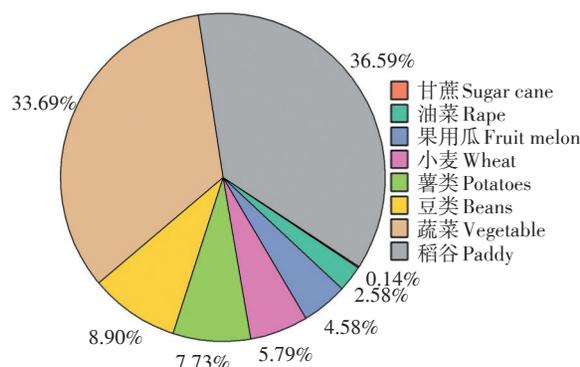


图3 2018—2019年德清县主要作物的平均播种面积
Figure 3 Average sown area of main crops in Deqing County from 2018 to 2019

清县良好的气候和立地条件,当地主要作物的产量也较高,播种面积最大的前5种作物及单位产量分别为稻谷(7 850.87 kg·hm⁻²)、蔬菜(21 090.87 kg·hm⁻²)、豆类(3 581.20 kg·hm⁻²)、薯类(5 368.48 kg·hm⁻²)和小麦(4 025.72 kg·hm⁻²)^[9]。此外,杭嘉湖地区具有历史悠久的蚕桑文化和“湖羊”等特色畜禽遗传资源,种桑养蚕和养殖湖羊等牲畜,不仅能为当地居民提供经济保障,而且能为鱼类、河蚌等提供必要的饲料和饵料,同时提升土壤肥力。在德清县,蚕种饲养主要是在春季开展,春节蚕种数量占全年的66.38%;秋季和夏季则有部分蚕茧养殖^[9](图4)。德清县养殖业以家禽养殖为主,年末存栏和年内出栏数量均占主要牲畜数量的90%以上;羊和生猪的养殖规模次之,牛的养殖数量最少^[9](图5)。

相比单一的蚌类养殖,以鱼-蚌混养为核心的“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统具有突出的生态价值和经济价值。在生态价值方面,“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统内的蚌类养殖几乎不需要额外施肥,仅靠鱼类

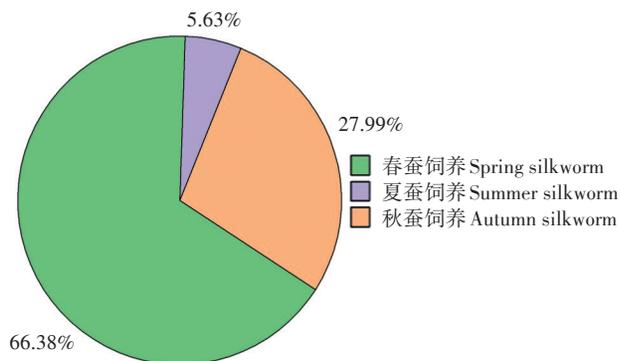


图4 2018—2019年德清县不同季节的蚕种饲养平均规模
Figure 4 Average scale of silkworm breeding in different seasons in Deqing County from 2018 to 2019

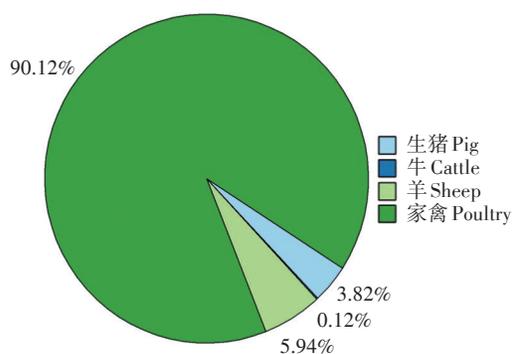


图5 2018—2019年德清县主要牲畜的年末存栏数量
Figure 5 Year-end inventory of major livestock in Deqing County from 2018 to 2019

和其他牲畜的粪便即可实现高效的物质转化。在经济价值方面,该复合系统内生产的珍珠质量普遍较高(80%为圆形,有核),产量适中(每公顷70~80个),基本不受季节影响。同时,当地从事鱼-蚌混养的农户每公顷养殖50~70个蚌、20~25 kg青鱼鱼苗和7 kg花鲢鱼苗,由此形成更丰富的产品种类、更低的管理成本以及更高的经济收益和抗风险能力。

2.2 稻田生态种养模式

杭嘉湖平原具有适宜水稻生长的气候、降水和水利条件,分布着浙江省最优质的水稻田。同时,发源于区内的“马家浜文化”“良渚文化”均印证了杭嘉湖平原是我国稻作文明的摇篮^[10]。因此,德清当地积极探索以水稻种植为核心的稻田生态种养模式,包括稻-虾共生、稻-鱼共生、稻-鳖共生和稻-鳊共生等多种类型。其中,稻-虾共生是德清县分布较为广泛、小农接受程度较高的稻田生态种养模式。德清县农户多在3月底种植水稻,9月开始在稻田里养殖虾苗,直至次年3月收获成熟的青虾,由此形成一个完整的

稻-虾共生的循环周期。2019年,德清县采用稻田生态种养模式的稻田面积为392.67 hm²,其中钟管镇面积最大(158.67 hm²),其次是新市镇和雷甸镇,面积最小的是洛舍镇(33.33 hm²)和阜溪街道(33.33 hm²)。

与单一水稻种植模式相比,稻田生态种养模式下,养殖生物在稻田生态系统中添加了生态位、延长了食物链,其持续运动、觅食活动等也不同程度地影响稻田温室气体的排放量,总体呈现出减缓温室效应的作用^[11-12]。有实证研究表明,稻-虾共作等稻田生态种养模式可显著增加稻田土壤*nirK*基因微生物的丰富度指数,促进稻田生物多样性的提升^[13];在保证优质食味粳稻产量的前提下,生态种养模式可降低稻米蛋白质含量,增加稻米的食味值和氧化能力^[14]。此外,德清县农户的实践表明,稻田生态种养具有较高的经济价值。德清县采用稻-虾共生系统的农户大多通过土地流转的形式承包大片土地进行耕种,经营规模普遍较大:户均经营单季稻面积约133.33 hm²,平均产量为36.67~53.33 kg·hm⁻²;户均养殖青虾约4.00 hm²,平均产量为3.00~3.33 kg·hm⁻²。

2.3 鱼-菜共生模式

在土地空间匮乏、水资源短缺的背景下,将水产养殖与水耕栽培有机结合的鱼-菜共生模式成为当前广受国际关注的生态农业模式,尤其是在联合国粮农组织的支持下,从曼谷介质床养殖单位的启动到埃塞俄比亚深水养殖单位的全面开发,鱼-菜共生模式在研究机构、小农户及商业领域等不同维度上快速发展^[15]。鱼-菜共生模式充分发挥了水生动物(吉富罗非鱼、非洲鲶鱼、锦鲤、金鱼、虹鳟、鲤鱼等)与水培植物(绿叶蔬菜、罗勒、番茄、莴苣、甘蓝等)之间的互利共生关系,通过水培植物将养殖水体中残饵、粪便等产生的过剩营养物质(氮、磷等)转化为植物能量,从而提高水体中营养物质的利用率,减少水体中有害物质的产生和累积,同时可提高水产品及蔬菜总产量,减少养殖废水排放,实现生态效益与经济效益双丰收^[16]。

德清县是我国较早开展鱼-菜共生模式的实践与应用地区之一,洛舍镇率先建立的鱼-菜共生数字化工厂已实现了规模化生产,占地面积为1 hm²,其中水产品养殖面积为0.4 hm²。在产量上,单个鱼-菜共生数字化工厂每年可产出1万 kg的水产品和40万 kg的蔬菜,蔬菜品种主要有黄瓜、小番茄等;在生产成本上,相比传统的鱼类养殖,鱼-菜共生模式通过精准化的水肥和鱼药投入控制,每年可减少约95%的水资源消耗。

2.4 休闲农业发展模式

近年来,在国家利好政策和新兴市场的双重驱动下,以农业和农村为载体,集休闲观光、农事体验、技术示范、科普教育、度假旅游于一体的特殊农业形态——休闲农业繁荣发展^[17]。浙江省是我国休闲农业开发较早、发展较成熟且具典型性和代表性的地区之一,自20世纪90年代开始,经过40余年的市场推动和产业培育,浙江休闲农业呈现多模式、多主体、多功能的发展态势^[18]。尤其是2005年8月,习近平同志提出“绿水青山就是金山银山”的重要论断,开启了浙江休闲农业发展的新机遇^[19]。德清县旅游资源丰富,拥有莫干山、下渚湖等自然景观,云岫寺、宋代石桥、良渚文化和防风文化遗存等人文景观。同时,德清县地处杭州1.5小时交通圈内,具有突出的区位优势。

因此,德清县积极探索农旅结合的休闲农业发展模式,并呈现出突出特点。

(1)德清县始终坚持低碳、环保、原生态的休闲农业发展理念,典型代表是在全国范围内首创的由外国人经营的“洋家乐”民宿。2009年至今,德清县已发展各类民宿800余家,并形成了标准、优品和精品民宿3个等级。

(2)德清县休闲农业发展以渔业为基础,以渔业活动、渔业生物资源和渔业文化为重要内容,职业化的从业人员达130余人。在区域上,德清县中东部有较丰富的湖泊、池塘和渔业生物资源,主要的休闲活动为田园风光、垂钓、渔家乐等;西部区域则以池塘水库为主,休闲活动主要是库区渔业、特色餐饮、垂钓休闲、“洋家乐”等^[20]。

(3)德清县休闲农业发展以“研学教育”为特色,中国重要农业文化遗产“浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统”核心保护区域的小山漾珍珠生态养殖基地是其典型代表。截至2021年底,占地面积接近50 hm²的小山漾珍珠生态养殖基地已接待各类研学团体约5万人次,开发并形成了以珍珠及蚌类文化展示、蚌类生态立体养殖展示和开蚌活动体验等为代表的研学课程,以“沉浸式”的体验向不同年龄段的学生推广和宣传我国淡水珍珠的文化与内涵,取得良好的社会效益。当前,德清县已规范确立了下渚湖湿地公园研学基地等17个中小学生研学实践教育基地和田园博览园研学营地等4个中小学生研学实践教育营地。

(4)德清县在休闲农业发展中注重政策引导和制度建设。德清县制定了国内首个民宿地方标准,出台了全国首部地方民宿管理办法,开办了首家民宿学

院,参与起草民宿国家标准,成为全国首批乡村旅游创客示范基地^[21]。同时,德清县通过积极建立类型多样的休闲农业景观与设施,初步构建涉及金融、人力资源、物质、文化等多方面的社会服务体系,促进小农户、家庭农场、合作社、企业等多类型经营主体参与休闲农业发展。

3 德清生态农业发展的不足与建议

经过40多年的探索,德清县生态农业发展呈现出实践较早、模式多元、水网平原特性显著等基本特征。然而,德清县生态农业发展仍然存在着一些突出问题与挑战:

(1)德清县生态农业发展的典型模式对传统农业智慧的挖掘和传承有待提升。稻田生态种养模式、鱼-菜共生模式和休闲农业等在德清县蓬勃发展的生态农业模式大多源自国内或国外其他地区的已有成功经验,在实践过程中因地制宜地进行了适应性调整,但仍然缺乏对发源自德清本地的传统农业知识的体现和传承(如附壳珍珠养殖技术等)。同时,“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统尽管在应用实践中考虑了对“珍珠文化”和“鱼桑文化”的挖掘,但传承与利用的深度和广度还不够,尤其体现在从事生态农业实践的农户对这些传统技术及其文化内涵缺乏必要了解,不利于这些珍贵的农业技术与文化的传承。

(2)小农户在生态农业实践中的参与程度不高。2017—2019年间,德清县从事第一产业的劳动力人数占全社会从业人数的10.94%^[8]。其中,德清县专业从事淡水渔业养殖的农户为2522户,总人数占第一产业从业人数的45.04%。然而,这些渔业养殖农户的经营规模、产量和管理模式大多已脱离“小农户”的范畴,户均经营水域面积为0.79 hm²,户均渔业产量为9200 kg,主要通过承包多个水域形成5名劳动力以上的家庭农场管理模式。

造成上述问题的原因在于地方政府、科研机构等利益相关方在生态农业实践中对传统农业文化的挖掘力度不够,同时未能针对性地解决经营规模普遍较小的小农户在参与生态农业实践中存在的资金和技术障碍。因此,在德清县生态农业的未来发展中,应重视对已有成功实践经验的总结,并从传统文化、现代技术和制度支持三个方面针对性地改善现存的问题:

(1)在传统农业文化方面,德清县拥有“良渚文化”“防风文化”“鱼桑文化”和“珍珠文化”等多种传统农业文化,这些农业文化所蕴含的丰富智慧在历史的

演进中被证明是充分适应德清自然与社会环境的技术经验。因此,建议以“浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统”申报全球重要农业文化遗产为契机,建立农业文化遗产管理办法和管理机构,建设以支撑农业文化遗产保护为核心的科研基地,开展以传统农业技术、传统农业文化和传统农业物种资源保护为核心的专题性研究工作,充分挖掘具有适应性和可操作性的传统农业文化,并将其应用到生态农业实践中,实现对传统农业文化的传承。

(2)在现代技术方面,生态农业是一种技术依赖度较高的农业模式^[22],农业物质资源的精准化投入技术、复合种植技术和物种共生技术等前沿生态农业技术在德清县均已得到实践。同时,德清县持续推进数字农业建设,入选了国家数字乡村试点地区和全国县域数字农业农村发展先进县(总分第一),已建成10个数字农业示范园区、100个数字应用示范园、4000个农业物联网应用示范点。因此,建议在持续引进国内外现代生态农业技术的基础上,通过开展针对小农户的系统性调研,以从小农户到政府的“自下而上”的模式开展生态农业技术的实践推广,更有针对性地解决小农户面临的实际问题。

(3)在制度支持方面,稻田生态种养、鱼-菜共生等生态农业模式,需要在发展初期投入较高的物质和资金成本来建设基本的生态农业设施。但小农户作为农业经济活动中最小的行为决策单元^[23],自身能够获取的人力、物质、金融、社会和文化资源均极其有限,难以实现支持生态农业发展的技术和资金的充分积累。因此,建议在财政资金的支持下,充分吸纳企业资本、非政府组织资本等社会资本参与生态农业实践,多渠道提升小农户参与生态农业实践的积极性。同时,在制度上通过设立生态农业发展基金、开展生态农业技术培训班、建立生态农业设施的社会化服务体系等解决小农户参与生态农业实践的实际困难。

4 结论

(1)德清县是杭嘉湖地区粮、桑、鱼的主要生产基地之一,以中国重要农业文化遗产“浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统”为代表的传统生态农业实践,以及以“鱼桑文化”和“珍珠文化”等为代表的历史遗存,为德清县的生态农业实践积累了丰富的农业智慧与技术体系。

(2)20世纪80年代开始,德清县在全国率先开展了以生态农业的技术开发和模式总结为主的现代生

态农业实践探索。经过40多年的发展,“蚌-鱼-粮-桑-畜”复合系统、稻田生态种养模式、鱼-菜共生模式和休闲农业发展模式等生态农业模式在德清县得到了快速发展和全面推广,这些生态农业模式不仅充分适应了德清县以水网平原为特色的自然环境和经济发达的社会环境,也为当地从事农业生产的小农户、家庭农场等经营主体带来了稳定且可观的经济收益。

(3)当前,在德清县生态农业实践中仍然存在着对传统农业智慧的挖掘和传承力度不够、小农户参与程度不高等问题,建议在重视并总结已有成功实践经验的基础上,从传统文化、现代技术和制度支持三个方面进行针对性改善。

参考文献:

- [1] 李文华,刘某承,闵庆文.中国生态农业的发展与展望[J].资源科学,2010,32(6):1015-1021. LI W H, LIU M C, MIN Q W. Progress and perspectives of China's ecological agriculture[J]. *Resource Science*, 2010, 32(6):1015-1021.
- [2] World Bank. World Bank open data[EB/OL]. [2022-06-22]. <https://data.worldbank.org/>.
- [3] 国家统计局.中国统计年鉴2020[M].北京:中国统计出版社,2020. National Bureau of Statistics of China. China statistical year 2020[M]. Beijing: China Statistics Press, 2020.
- [4] FAO. Tracking progress on food and agriculture-related SDG indicators 2020[R/OL]. [2022-06-22]. <http://www.fao.org/sdg-progress-report/en/>.
- [5] CRIPPA M, SOLAZZO E, GUIZZARDI D, et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions[J]. *Nature Food*, 2021, 2(3):198-209.
- [6] 刘旭,李文华,赵春江,等.面向2050年我国现代智慧生态农业发展战略研究[J].中国工程科学,2022,24(1):38-45. LIU X, LI W H, ZHAO C J, et al. High-quality development of modern smart ecological agriculture[J]. *Strategic Study of CAE*, 2022, 24(1):38-45.
- [7] 金杏丽.德清蚕桑业传承发展的思路[J].蚕桑通报,2017,48(1):38-40. JIN X L. Thoughts on inheritance and development of Deqing sericulture industry[J]. *Bulletin of Sericulture*, 2017, 48(1):38-40.
- [8] 张鹏,杨安全,王斌.德清淡水珍珠传统养殖与利用系统的特征、价值与保护实践[J].浙江农业科学,2020,61(5):1021-1024. ZHANG P, YANG A Q, WANG B. Characteristics, value and protection practice of Deqing freshwater pearl traditional culture and utilization system [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2020, 61(5):1021-1024.
- [9] 德清县统计局.德清统计年鉴2019[M].德清:德清县统计局,2019. Bureau of Statistics of Deqing County. Deqing statistical year 2019[M]. Deqing: Bureau of Statistics of Deqing County, 2019.
- [10] 宋洁.杭嘉湖平原水稻田演变特征、变化机制及保护对策研究[D].杭州:浙江大学,2016. SONG J. Dynamics of paddy field patterns and the protection strategy research in Hang-Jia-Hu Plain[D].

Hangzhou: Zhejiang University, 2016.

- [11] 徐祥玉, 张敏敏, 彭成林, 等. 稻虾共作对秸秆还田后稻田温室气体排放的影响[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(11): 1591-1603. XU X Y, ZHANG M M, PENG C L, et al. Effect of rice-crayfish co-culture on greenhouse gases emission in straw-puddled paddy fields [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2017, 25(11): 1591-1603.
- [12] 王强盛. 稻田种养结合循环农业温室气体排放的调控与机制[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(5): 633-642. WANG Q S. Regulation and mechanism of greenhouse gas emissions of circular agriculture ecosystem of planting and breeding in paddy[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2018, 26(5): 633-642.
- [13] 马晓慧, 车喜庆, 王井士, 等. 稻蟹共作与常规稻田蜘蛛群落组成及多样性分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(8): 1157-1162. MA X H, CHE Q X, WANG J S, et al. The structure of spider communities in crab paddies and conventional paddies[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2019, 27(8): 1157-1162.
- [14] 马亮, 李跃东, 田春晖, 等. 稻蟹生态种养模式优质食味粳稻的稻米营养品质分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(4): 716-724. MA L, LI Y D, TIAN C H, et al. Nutritional quality of japonica rice with good taste quality in an ecological rice-crab mode[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2021, 29(4): 716-724.
- [15] 联合国粮农组织. 鱼菜共生系统的七项规则[EB/OL]. [2022-06-22]. <http://www.fao.org/zhc/detail-events/zh/c/326178/>. FAO. Seven rules of thumb to follow in aquaponics[EB/OL]. [2022-06-22]. <http://www.fao.org/zhc/detail-events/zh/c/326178/>.
- [16] 邱楚雯, 王韩信, 施永海. 鱼菜共生系统中植物根系微生物及氮转化影响因素研究进展[J]. 复旦学报(自然科学版), 2021, 60(1): 124-132. QIU C W, WANG H X, SHI Y H. Research progress on the plant root microbiota and factors affecting nitrogen transformations in the aquaponics system[J]. *Journal of Fudan University(Natural Science)*, 2021, 60(1): 124-132.
- [17] 姚从容, 张蕾, 陈鹏. 基于可持续视角的天津休闲农业创新发展思路及模式选择[J]. 农业经济, 2021(9): 20-22. YAO C R, ZHANG L, CHEN P. Thinking and mode selection of Tianjin leisure agriculture innovative development based on sustainable perspective[J]. *Agricultural Economy*, 2021(9): 20-22.
- [18] 蔡碧凡, 陶卓民, 张建国, 等. 浙江休闲农业经营主体发展特征与空间演化[J]. 经济地理, 2017, 37(5): 181-190. CAI B F, TAO Z M, ZHANG J G, et al. The characteristics of development and spatial evolution about leisure agriculture management entities in Zhejiang Province[J]. *Economic Geography*, 2017, 37(5): 181-190.
- [19] 方豪, 苗苗, 赖齐贤, 等. 浙江休闲农业发展模式与产业提升对策[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(3): 353-357, 359. FANG H, MIAO M, LAI Q X, et al. Zhejiang leisure agriculture development mode and industrial improvement countermeasures[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2019, 60(3): 353-357, 359.
- [20] 沈水娥. 德清县休闲渔业发展现状、存在问题与健康发展对策[J]. 中国农业信息, 2015(20): 147-148, 157. SHEN S E. Development status, existing problems and healthy development countermeasures of recreational fishery in Deqing County[J]. *China Agricultural Informatics*, 2015(20): 147-148, 157.
- [21] 董晓英. 全域旅游背景下德清县民宿业发展特色与启示[J]. 旅游纵览, 2021(4): 44-46. DONG X Y. Development characteristics and enlightenment of homestay industry in Deqing County under the background of global tourism[J]. *Tourism Overview*, 2021(4): 44-46.
- [22] YANG L, LIU M C, YANG X, et al. A review of the contemporary eco-agricultural technologies in China[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2022, 13(3): 511-517.
- [23] 张芳芳, 赵雪雁. 我国农户生计转型的生态效应研究综述[J]. 生态学报, 2015, 35(10): 3157-3164. ZHANG F F, ZHAO X Y. A review of ecological effect of peasant's livelihood transformation in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(10): 3157-3164.