

高鸣,陈洁,姚志.中国淡水养殖业绿色发展:提质增效与未来路径[J].华中农业大学学报,2022,41(3):96-106.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.03.011

中国淡水养殖业绿色发展:提质增效与未来路径

高鸣¹,陈洁¹,姚志²

1. 农业农村部农村经济研究中心,北京 100810; 2. 长江大学经济与管理学院,荆州 434023

摘要 为实现水产养殖业“产品增质、渔民增收、产业变绿、水域生态优化”的政策目标,应用定性与案例分析法,从中国淡水养殖业的发展历程、养殖面积、养殖结构出发,阐述了质量安全问题,以大水面、池塘养殖以及“稻鱼共生”“虾稻共作”养殖模式为例,剖析了生态与经济效益。研究发现,改革开放以来中国淡水养殖面积不断扩大、产品产量快速增长、养殖结构持续优化、养殖收入不断增加,但水体环境和产品质量问题阻碍了中国淡水养殖业的绿色发展。以典型的淡水养殖模式为例,分析了未来绿色健康养殖模式的生态和经济效益;为进一步推动3种典型模式“提质增效”,给出了未来绿色发展的路径:①大水面养殖需要尽快实现大水面功能分区、建立规范准则与加快产业融合;②池塘养殖模式需要加强池塘标准化改造、应用现代机械化设备与推广复合生态型与循环池塘养殖模式;③稻渔综合种养模式需要强化特色品牌、完善基础养殖设施与建设科技推广体系。

关键词 粮食安全;生态振兴;淡水养殖行业;绿色健康养殖;稻鱼共生;生态效应

中图分类号 F326.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)03-0096-11

中国淡水养殖业发展迅速,为保障国民对优质动物蛋白的消费与提升人民生活品质做出了巨大贡献。1949年中国淡水产品总产量仅20万t^[1],人均仅占0.37 kg,但《2021中国渔业统计年鉴》数据显示,到2020年,淡水产品总产量已达到3 234.64万t,人均占有量达到了22.91 kg,分别是新中国成立时的89.85倍和61.92倍;2020年中国水产养殖业总产值高达13 517.24亿元,其中淡水养殖业实现产值6 387.15亿元,不仅增加了养殖户的收入,还满足了国民的基本营养物质需求,也在一定程度上保障了国家的粮食安全。

新时期中国对淡水养殖行业发展提出了更高的目标和要求。农业农村部等10部委联合印发的《关于加快推进水产养殖业绿色发展的若干意见》文件提出,以乡村振兴战略的实施为引领,以满足人们对健康、营养、优质的水产品和优美水域生态环境的真实需求为目标……以实现质量与收入的提高为着力点,加快构建中国水产养殖业健康绿色发展的地理

空间布局、产业结构和生产方式,推动水产养殖“大国”向“强国”转变。然而,现阶段中国的淡水养殖行业仍然存在着养殖产量供给与产品质量提升、水体环境优化与提质增效、结构优化调整与固有生产方式等诸多矛盾,推进淡水养殖行业的绿色健康发展尤为必要。

发展绿色健康养殖不仅是淡水养殖业发展的大势所趋,更是各级政府和广大民众关心的热点问题。2015年11月,中央政府出台的《生态文明体制改革总体方案》明确指出要“加强水产品产地保护和环境修复,控制水产养殖规模,构建水生动植物的保护机制”。为了促进中国淡水养殖业的健康可持续发展,加快推进淡水养殖业转方式、调结构,2016—2021年间,农业农村部印发了一系列政策文件如《养殖水域滩涂规划编制工作规范》《养殖水域滩涂规划编制大纲》等,提出了合理布局淡水养殖产业,划定禁养区、限养区和养殖区,鼓励发展生态养殖、稻田综合种养模式。《2017年农业面源污染防治攻坚战重点工作安

收稿日期:2022-01-19

基金项目:国家自然科学基金青年项目(71803094);中央农办 农业农村部乡村振兴专家咨询委员会软科学课题(202117);中国博士后科学基金项目(2020M670575;2020T130714);国家大宗淡水鱼产业技术体系(CARS-45-31)

高鸣,E-mail:gaoming@agri.gov.cn

通信作者:姚志,E-mail:yaozhi@yangtzeu.edu.cn

排》《“十三五”农业科技发展规划》提出通过创建绿色养殖示范县、大力鼓励发展稻渔综合养殖模式、推广健康养殖新技术等方式带动淡水水体环境污染治理；《2019年农业农村绿色发展工作要点》又要求对传统淡水养殖池塘实施升级改造、推进养殖尾水治理；《关于实施2020年水产绿色健康养殖“五大行动”的通知》制订与细化了生态健康养殖模式、尾水治理、用药减量等行动方案；《农业农村部办公厅关于做好2021年高素质农民培育工作的通知》明确提出了促进淡水养殖业提质增效、建设国家级水产健康养殖和生态养殖示范区的具体要求。总之，相关部门对水产养殖业绿色健康发展十分重视。

水产养殖绿色健康发展也引起了学界的关注。学者们先后提出了淡水湖泊养殖业高质量发展的路径^[2]、要保护和恢复淡水渔业资源^[3]、加强淡水流域生态保护和优化淡水渔业产业结构^[4]、加快淡水渔业产业科技创新^[5]、转变淡水渔业经济发展模式等良策。随着中国水产养殖业实现可持续发展和快速转型，中国成为了世界第一大水产养殖国、出口国和消费国^[6]，国内外学者们也逐渐开始关注并针对现代水产养殖业的可持续发展展开研究。Tang等^[7]的研究显示，滤食性贝类、滤食性鱼类以及草食性鱼类等水产养殖生物具有显著的碳汇功能，为水产养殖业绿色健康发展提供了可行的思路。罗亚娟^[8]呼吁中国应该尽快将传统追求高产的养殖模式转型为“稻鱼共生”为代表的现代生态养殖模式。因为水产养殖业如果采取综合养殖、生态养殖或健康养殖的方式，则在水体富营养化、改良水体水质与生物多样性等方面均存在优势，可以优化水域生态环境^[9]。徐跑^[10]则认为可以通过推进稻渔综合种养的产业化、规模化水平以及加强品牌建设等措施带动水产养殖行业的绿色健康高质量发展。然而，亦有相关学者认为绿色健康模式中普遍存在一些问题，例如陈松文等^[11]认为虾稻共作模式中水分生产效率低及污染现象普遍和小龙虾种质衰退、品质档次不高直接挂钩，而追求小龙虾高产量者往往多投放饲料，增加了淡水水体富营养化的风险。

基于此，本文在绿色健康养殖目标要求下，从淡水养殖行业的发展历程、养殖面积、养殖结构等方面出发，分析了整个淡水产品行业的质量安全问题，为突出针对性，重点以大水面养殖、池塘养殖和稻田综合养殖模式中的“稻鱼模式”“虾稻共作”等养殖模式为例，深度解析3种绿色养殖模式的经济效益与生态

效益，并最终给出了中国淡水养殖业绿色健康发展未来路径的建议，以期为实现“产品增质、渔民增收、产业变绿、水域生态优化”的战略目标建言献策。

1 中国淡水养殖业发展的现状

1.1 养殖面积不断扩大

在1978—2016年间，中国淡水产品养殖面积逐年增加，国家统计局的数据显示，从1978年的272.28万 hm^2 增长至2016年的617.96万 hm^2 。值得注意的是，2017—2020年间，受结构调整和产品提质增效等原因影响，淡水养殖面积缓慢下降，2020年跌落至504.06万 hm^2 。虽然淡水养殖面积近几年均出现了下跌的现象，但是淡水产品总量持续保持着稳健增长态势，除了捕捞量增加和养殖密度加大的原因之外，淡水养殖产业技术革新带来的生产效率逐步提升也是一大重要原因，具体表现为单位面积产量的持续上升：从1978年的327.90 kg/hm^2 提升至2019年的12 500.85 kg/hm^2 。

1.2 产品产量快速增长

水产养殖面积的迅猛扩张也带动了产量的快速增长。建国时中国的水产品总产量仅为44.80万t，人均拥有量仅有0.83 kg （依据4.5亿人口计算）。20世纪80年代末至90年代初期，中国渔业开始腾飞；到2020年，全国水产品总产量高达6 549.02万t，国民人均占有量高达46.39 kg （根据第七次全国人口普查结果，全国人口为14.12亿人计算），分别是建国时的146.18倍与55.96倍。淡水产品产量从1949年的20万t，增长至2020年的3 234.64万t，年均增长52.70万t，年均增长率为7.13%。在淡水产品品种上，鱼类产量在逐年下降，而虾蟹类产量增长较快，其主要得益于人工养殖面积的扩大以及水产养殖技术的提高。

1.3 养殖结构持续优化

从整体结构调整来看，淡水产品在改革开放初期仅占水产品总产量的23.8%，而淡水产品的养殖面积却是海水产品养殖面积的27.1倍，养殖结构不合理。此后，进入水产养殖结构调整的漫长阶段，至2020年淡水产品的全年产量已增至3 234.64万t，淡、海水产品产量的比例则调整为49.4:50.6，而淡、海水产品的养殖面积之比下降为2.6倍。可见，中国水产养殖行业结构调整取得明显效果、持续优化与合理化。从淡水养殖产业内部结构调整来讲，天然野生的淡水产品自1978年以来逐年减少，人工养殖的淡

水产品产量占比飞速上升^①。到2020年,人工养殖产品已经成为水产品的绝对主导,占比高达95.5%。淡水产品内部结构调整取得了明显的效果,鱼类从1978年的94.2%下降到2020年的83.4%,虾蟹类产品的占比逐年上升到13.7%。

1.4 养殖收入持续增长

中国淡水养殖业的快速发展给养殖户带来了巨大经济收入,人均淡水产品的产值贡献逐年提升。具体而言,随着渔业快速发展,淡水产品产量大幅度提升,淡水产业产值也大幅提高,由1990年的203.8亿元增加到2020年的6 783.4亿元,年均增长高达219.32亿元;淡水养殖户人均收入大幅增加,由0.14万元增加到3.94万元,年均增长1 266.67元。渔民拥有的淡水产品的人均产值占水产品人均产值的比重从49.63%增加到53.10%,其中养殖淡水产品的产值贡献已高达87.01%。另外,1990年时水产业产值仅约410.60亿元,到2020年快速增加到12 775.9亿元,年均增长412.18亿元。同期,渔民人均产值从1990年的0.29万元增加到2020年的7.42万元,年均增加2 376.67元。据《2021年全国渔业经济统计公报》统计显示,近1万户渔民的人均纯收入为21 837.16元,年度增长率为3.45%。由此可见,无论是从淡水养殖户的人均毛收入和纯收入来讲,还是从整个水产行业的产值利润来讲,水产养殖户均获得了较大的经济收入。

总之,20世纪90年代以来,中国淡水养殖业发展取得了巨大的进步,为保障中国国民的水产品消费需求、提升人民生活品质(动物性蛋白供应)做出了巨大贡献。淡水产品单产快速提高的原因是,养殖技术的进步、养殖密度的增大与养殖投入的增加。无论是淡水产品产量还是整个水产业均呈现出了较为明显的阶段性特征,结构调整亦取得了明显效果。水产行业结构发生了较大的变化,淡水养殖产品产量已经和海水养殖产品产量“旗鼓相当”。淡水产品的单产与总产量迅速增长,大幅度提升了水产养殖户的收入。随着经济发展水平的提高,中国消费者对淡水产品的消费结构逐渐由常规化向多元化和高端化转变。

2 中国淡水养殖业提质增效的现实阻碍

2.1 水体环境有待进一步改善

2020年发布的《第二次全国污染源普查公报》显示,2017年长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河等七大淡水流域的全年水污染物排放量:化学需氧量高达1 957.48万t,氨氮为85.64万t,总氮高达272.27万t,重金属(包括铅、汞、镉、铬和类金属砷等)含量达154.94 t,分别占对应类型的全国水体污染物排放量的91.30%、88.89%、89.52%与84.88%。不仅如此,该公报还统计了2017年国内水产养殖行业的水污染物排放量,化学需氧量为66.60万t,氨氮为2.23万t,总氮为9.91万t,总磷为1.61万t。显然,被污染的淡水水体环境给淡水养殖业未来的绿色发展带来了巨大的挑战。除了工业和生活排污导致了水污染问题之外,还有研究显示,淡水养殖业中发展的围网养殖模式,是导致淡水水域环境恶化的重要推手,淡水湖泊也呈现出沼泽化的趋势;如东太湖的沼泽化趋势和水产品产量下降尤为明显,原因仍然是围网养殖导致污染加剧^[12]。兰书斌等^[13]对山东省南部的4个淡水湖的调查得出,调查样本区域内90%的水体退化严重,已经处于沼泽化进程中,一半以上的水体重度沼泽化,其原因是当地人们水资源的不合理利用、外源污染物输入和湖泊富营养化程度不断加重。不仅如此,淡水水域养殖业的掠夺性开发使原有的水草资源遭到破坏,水生动植物的多样性逐渐丧失,不利于中国淡水养殖业的未来发展^[14]。

2.2 产品质量有待进一步提高

无论是早期文献还是最新研究都提出了水产品的质量安全问题。卢东等^[15]的研究得出,随着中国水产养殖业规模快速增大,水域生态环境日益恶化、污染严重,主要是水产养殖从业者滥用药物等影响了水产品质量和水体环境。江希流等^[16]的研究认为,激素、抗生素、重金属、农药残留等在水产养殖品中超标,影响了水产品的营养健康与质量安全。据田兴国等^[17]的研究,2009年仅广东受污染的养殖面积就高达1 763 hm²,造成了6 435 t水产品和6 237.37万元的损失。全国水产品质量安全事件在2014年发生的数量最多,其次为2013年和2015年。总体来

① 数据来源于历年《中国统计年鉴》的统计数据:1978年天然生产淡水产品产量占总淡水产品产量的28.00%,2020年占比下降为4.51%;人工养殖淡水产品产量占总淡水产品产量的比重从72.00%提高到95.49%。

讲,2006—2014年水产品质量安全事件发生数量基本处于持续上升状态。2019年海口被曝5批次食品不合格:其中的乌鳢、罗非鱼等为淡水养殖产品。2019年东莞被曝部分水产品不合格:其中淡水产品包括小龙虾、草鱼;东莞市市场监督管理局在多个乡镇街抽检后发现,小龙虾、基围虾等检测出了禁止使用药物呋喃西林代谢物(SEM)。究其原因,岳冬冬等^[18]认为养殖方式不科学、放养密度过大、管理不到位等均可引发水产品质量安全隐患,孙琛等^[19]则认为由于渔户和经销商缺乏相关的水产品质量安全知识,在流通过程中存在滥用渔药的现象,造成药物大量残留,使得水产品留下质量安全隐患。总之,水产品质量安全问题主要源于人们对高品质物质生活消费的追求和水产品品质现状之间的矛盾过程。因此,健康绿色养殖产业和模式是在生态振兴目标下未来水产业发展的必然之路。

3 中国淡水养殖业提质增效的典型模式

3.1 典型养殖模式现状

1)大水面养殖模式。大水面养殖属于淡水养殖,主要包括湖泊养殖、水库养殖和河沟养殖,一般而言,该养殖模式要求水面面积超过333.3 hm²。据《2020年中国渔业统计年鉴》的数据显示,中国2019年淡水养殖面积为511.63万hm²,其中大水面养殖面积(包括湖泊、水库与河沟)占比约为45.78%;淡水养殖产量为3 013.74万t,其中,大水面养殖产量占比约为14.17%。大水面渔业发展历史悠久,经历了天然捕捞、养捕结合、以养为主到发展生态渔业等发展阶段。第一阶段:20世纪50年代和60年代,以天然捕捞为主,此阶段大水面渔业产量较低,1950年湖泊、水库及河流等捕捞产量总共为36.60万t,1957年增长到117.93万t。第二阶段:1958—1965年,“养捕并举”方针的确立,推动了中国渔业产量快速提升,1959年总产量达到123万t,创造了当时的淡水产品产量最高纪录,但仍采用“人放天养”的渔业方式。第三阶段:20世纪80年代和90年代,为了解决“吃鱼难”问题,以网箱、网围和网栏为代表的“三网”养殖和以生活污水和施肥为代表的肥水养鱼等大水面集约化养殖方式逐渐兴起,集约化养殖成为大水面渔业的主要生产方式。第四阶段:探索生态渔业阶段。水面渔业方式从“以水养鱼”向“以鱼养水”转变。

2)池塘养殖模式。池塘养殖模式是中国水产养殖业的支柱。改革开放以来,淡水池塘养殖发展迅速,在中国内陆淡水养殖中所占比重逐年增大,2020年的池塘养殖面积占总的淡水养殖面积比重达到52.09%,池塘养殖水产品更是占到淡水产品总产量的79.57%。中国池塘养殖在改革开放以后开始迅猛发展,主要可以划分为3个阶段:第一,集约化养殖阶段。20世纪80年代,该阶段的基本目标是解决消费者“吃鱼难”的问题;随着鱼饲料研发,并大量应用于水产养殖业,使得池塘养殖的单产水平大幅提高,从3 000 kg/hm²提高到7 500 kg/hm²以上。第二,高产量高成本阶段。20世纪90年代以后,随着市场需求的增大,池塘淡水养殖开始普遍追求高产;增氧机、投饵机等养殖设备的大范围推广使用以及淡水养殖技术的日渐成熟,保障了池塘养殖产量的大幅度提高,东北、西北、华北地区的淡水养殖单产几乎提高了一倍。辽宁淡水鱼养殖产量产达22 500 kg/hm²,峰值可达30 000 kg/hm²以上,河南省洛阳区域的淡水鱼产量达到26 250~30 000 kg/hm²。同样,养殖成本上升,利润空间被压缩,淡水养殖者往往以增产弥补利润的下降。第三,转变增长方式阶段。21世纪以后,淡水养殖产品已经基本满足国民的日常消费需求。同时,伴随人们收入水平的进一步提升,消费需求逐渐发生变化,开始追求多样性与高质量。

3)稻渔综合种养模式。稻田养殖模式历史悠久,目前在全国发展势头很好。据1994年10月28日农业部颁发的《农业部关于加快发展稻田养鱼促进粮食稳定增产和农民增收的意见》统计,1993年全国的稻田养鱼面积为98.33万hm²,总体产出淡水鱼类产品23 t,同时还产出口感上佳的优质稻谷约45万t。1994年,稻田养殖面积增加到102.67万hm²,淡水鱼和优质稻谷产量分别增长到26万t、48万t。1995年开始出现西部12省份稻田养殖面积的官方统计数据,当时为56.17万hm²,占淡水养殖面积的12.03%,随后呈现出快速增长趋势,原因是当时政府颁发的《农业部关于加快发展稻田养鱼促进粮食稳定增产和农民增收的意见》等政策的鼓励支持,强调实现“稻鱼并重”,鼓励稻鱼生产,实现稻田养鱼的一二三产业融合发展。受政策支持的影响,稻田养殖面积从1995年后持续快速增长,到2011年达到峰值,为120.79万hm²,占淡水养殖面积的21.09%;但在2012年时快速回落至62.62万hm²,此后一直维持在65

万 hm^2 左右。2017年的中央一号文件《关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》提出要尝试将稻田综合绿色健康种养模式作为推动农业供给侧结构性改革的重要举措。因此,稻田养殖产业又开始了一轮新的发展热潮(以西南、华中和华东的部分省域为主),目前全国稻田养殖已经初具规模。据《“十三五”中国稻渔综合种养产业发展报告》显示,2020年全国稻渔综合种养面积已经达到了256.26万 hm^2 ,比“十二五”末增加了106.09万 hm^2 ,增幅高达70.65%,产出如禾花鱼、蟹等各类淡水产品325.39万t。

3.2 提质:绿色健康养殖模式的生态效益

1)大水面生态养殖模式。以千岛湖生态养殖为例,由2020年的调查报告《千岛湖生态净型水库渔业增殖模式》^①的数据可知,2016—2019年,千岛湖水体水质慢慢变好,水体地质也逐渐改善。这4年来千岛湖未发生过严重的水产动物病害问题,也未使用抗生素、消毒剂、杀毒剂等渔药。生态效益体现为:一是保护了千岛湖生态系统。千岛湖发展集团有限公司专门配有140名护理人员,保护鲢鳙,保护土著鱼类,原有的渔民或养殖户加入到护理队伍中,整个生态系统得到了保护。二是净化千岛湖水质。每年投放鲢鳙鱼苗60万kg,约1000万尾,同时渔政增殖放流野杂鱼5000万尾,配合起来形成了“大鱼保水”“小鱼治水”的保水渔业。经过多年的实践,千岛湖的水质已经达到一类水的检测标准,基本实现了净化水质的目标。三是为环境科学研究提供数据支撑,研究成果利于保护千岛湖水域生态环境与提升水产品质量。千岛湖作为科学实验基地,研究者可采集到包括水域环境、水中浮游生物、鱼类的生长情况、体质量体长等数据,而研究成果又有利于千岛湖水域环境的持续优化。

2)池塘绿色健康养殖模式。池塘养殖模式本身具有一定的生态优势,主要体现为:第一,池塘水面相对较小、人工可控度高,有利于集约化精养与维护水域生态。池塘水面较小,水体利用率相对较高。池塘养殖中,养殖户还可以创造性地尝试多类淡水动物品种的混合养殖,实现池塘水域的高效利用,提高池塘单位面积的产量。第二,养殖水域水质可以短期内调节变好。在可控的池塘水域内,可以使用微生态制剂调节水体,池塘养殖的水体水质逐渐变

好,减少了病害发生率,降低了渔药使用率,增加了水体生物多样性。第三,渔业机械的迅速发展为池塘养殖业发展提供了有利条件,且利于池塘水域的生态化处置。如养殖过程中需要的排灌、增氧、饲料加工、挖泥清塘等渔业机械的广泛应用,为池塘高密度养殖提供了基础条件。此外,标准化池塘养殖模式本身即具有自我调节功能。但是在生产中,养殖主体往往为了追求高产量而盲目投苗、投饲料、投渔药,不进行护坡、清淤、池塘标准化改造的基础性工作,一些不科学、不健康的养殖方式使得池塘养殖产品的品质下降。

3)稻渔绿色健康综合种养模式。稻渔绿色健康综合种养模式也称为稻鱼共生模式,是绿色健康养殖业发展的典型模式。稻虾模式是一种生态种养模式,具有较好的社会、经济和生态效益,应用前景广阔^[16]。图1是在借鉴陆忠康^[20]的稻鱼共生理论基础之上发展成的“稻渔绿色健康养殖模式”:水稻与鱼虾蟹鸭等淡水水生动物和其他动物之间形成了可循环的种养模式。

第一,水稻养活鱼虾等水生动物。一是稻田和收割后的水稻秸秆为鱼虾等水生动物提供了天然的栖息场所;二是水稻生长过程中杂草、产生的微生物、虫与收割损失的稻谷为鱼虾等的生长发育提供了充足的饵料资源;三是水稻的光合作用释放出大量的氧气,利于稻田水生动物的生长;四是水稻秸秆和稻糠可以喂养畜禽,畜禽所产生的粪便可以当成绿肥肥田,其中的部分微生物可成为鱼虾食物。第二,鱼虾鸭等动物能够“反哺”水稻生长。一是养殖鱼虾鸭等动物会产生大量的排泄物、分泌物,能为水稻生长提供部分生物肥料;二是鱼虾等水生动物排出的二氧化碳,能够被水稻吸收进行光合作用,提升水稻产量。曹凑贵等^[21]的研究得出虾稻共作模式较传统水稻单作模式可增产4.63%。

可见,稻渔绿色健康养殖模式的特点是动植物的优势互补、形成稻田内的小生态链,因此稻田产出的水产品和水稻的品质都能够得到较大幅度的改善。相比传统常规稻的种植,还能减少农药、化肥施用,节约种养户的成本,不仅落实了中央“化肥零增长”的政策目标,还显现出了较大的生态效益;一些地方通过开展“抓鱼节”等活动,吸引游客来到田间

① 该调查报告由农业农村部农村经济研究中心副研究员张璟执笔。

休闲体验,促进了渔文旅融合发展。总之,稻渔绿色健康综合种养模式,产出较高质量的淡水水产品,不仅也能产生较大的经济效益。

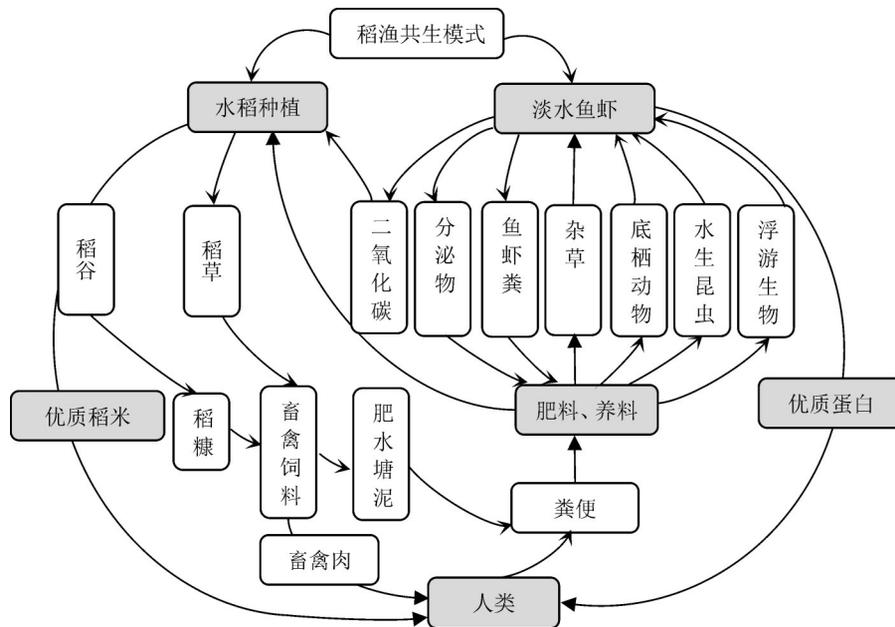


图1 稻渔绿色健康综合种养模式的生态循环图

Fig. 1 Ecological cycle diagram of green and healthy farming mode of rice and fishery

3.3 增效:绿色健康养殖模式的经济效益

目前,中国淡水养殖业主要包含大水面养殖、池塘养殖和稻田养殖等模式。为进一步深入分析绿色健康养殖模式的经济效益,本文以千岛湖大水面生态养殖模式、池塘绿色养殖模式和稻渔模式中的“稻鱼共生”“虾稻共作”为例进行深度案例剖析。

1)大水面生态养殖模式的经济成效。以杭州千岛湖为例,千岛湖的渔业生产、加工、销售、餐饮服务与经营由千岛湖发展集团有限公司(以下简称“千发公司”)承包。2016年至2019年6月,千发公司主要养殖产品的成本收益情况如下:2016年,公司养殖大宗淡水鱼面积6万hm²,养殖总产量2 950 t,养殖总收入7 055万元。2017年养殖总产量3 160 t,比2016年增产7.1%,养殖总收入7 374万元,比2016年增收4.5%;2018年,养殖总产量3 480 t,比2017年增产10%,养殖总收入11 300万元,比2017年增收53%,而2019年1—6月,千发公司养殖总产量1 800 t,养殖总收入6 754万元。

2)池塘养鱼绿色高效模式的经济成效。池塘绿色高效养殖模式因具有显著的经济效益而发展迅猛。本文以养殖户A为例分析其经济成效。养殖户A经营3.53 hm²的回型池,种青养鱼,其中0.3 hm²为自有承包地,3.23 hm²来自流转,租金为3 000

元/hm²。养殖户A的养殖成本和收益情况见表1。可知,养殖户A在2016—2018年的单位养鱼成本大于75 000元/hm²,其中,2018年的饲料费占到68%,全部池塘2016—2018年分别使用了50、55和55 t饲料,平均每公顷池塘使用15.11 t饲料。2016—2018年,养殖户A的利润分别为29 235.9元/hm²、56 929.2元/hm²和17 094.3元/hm²,除了2017年利润异常高和2018年草鱼价格暴跌至2.4元/kg导致利润偏低外,据养殖户A介绍,其正常年份的利润均能达到28 500元/hm²。可见,回型池种青养鱼模式具有较为可观的经济效益。此外,种苗费占到13%,其余费用包括清塘费、肥料费、病害防治费、电费、水面承包费、雇工费、贷款利息,这些费用总体占比较小,且相对稳定。2016—2018年的肥料费仅56.55元/hm²,主要用于种青施肥;病害防治费包括渔药和动保产品,占比较小,3年内变化不大;种草的费用呈现出递增趋势,表明回型池种青养鱼模式对青饲料的需求在不断增加。

3)稻渔综合种养模式的经济效益。①“稻鱼共生”模式。稻鱼共生模式最早出现在广东省。该省稻田养鱼历史悠久,最早可以追溯到晚唐时期。据阮世玲^[22]的估计,在1953—1957年间,广东全省发展稻鱼模式一度高达4万hm²(约占全国的6%),

表1 2016—2018年养殖户A“回型池”
种青养鱼的经济效益测算

Table 1 Calculation of economic benefits of
green fish farming in “return pond”
of farmer A from 2016 to 2018

项目 Item	年份 Year		
	2016	2017	2018
清塘 The clear pond fee	1 415.10	566.10	1 415.10
苗种 Fry	11 320.80	11 320.80	11 320.80
肥料 Fertilizer	56.55	56.55	56.55
饲料 Feed	50 943.45	56 037.75	59 151.00
病害防治 Disease control	1 415.10	1 132.05	1 415.10
种草 Grass	849.00	1 132.05	1 981.20
电费 Electricity	1 415.10	1 698.15	1 698.15
水面承包 Water area contract	2 745.30	2 745.30	2 745.30
雇工 Employment	2 830.20	2 830.20	2 830.20
贷款利息 Interest on loans	566.10	566.10	566.10
运输 Transportation	2 830.20	2 830.20	3 396.30
固定资产折旧 Depreciation of fixed assets	566.10	707.55	707.55
成本合计 Total cost	76 952.85	81 622.65	87 283.05
总产值估计 Gross output estimation	5 628 000.0	728 250.0	5 532 000.0
产值 Output value	106 188.75	138 551.85	104 377.35
利润 Profits	29 235.90	56 929.20	17 094.30

注:本表数据为农业农村部农村经济研究中心倪坤晓博士根据调研资料整理。Note: This table is compiled by Dr. NI Kunxiao, Rural Economy Research Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs.

成鱼年产量约为4 000~6 000 t,平均单产75~150 kg/hm²。然而,经过短暂繁荣后,广东省稻田养鱼模式逐渐衰败,据广东水产研究所发布的报告数据,1971年广东省稻鱼模式萎缩到0.35万hm²,单产64.10 kg/hm²。此后,稻田养鱼面积逐步增加,于1998年达到历史峰值,约为3.62万hm²。同时,总产量也得到了明显提升,稻花鱼的总产量为20 225 t,单产达到559.35 kg/hm²(表2)。此后,虽然广东省稻田养鱼面积大幅下降,但单产逐步提高,最高达到2016年的677.60 kg/hm²;按照稻花鱼2019年的市场

价格均值20元/kg计算,2019年产值在除去稻谷收益后可以达到10 455.28元/hm²。这也意味着,稻鱼模式能够给水稻种植户带来较高的经济效益。

表2 1971—2019年广东省稻鱼面积、产量与产值估计

Table 2 Estimation of rice-fish area, yield and output
value in Guangdong Province from 1971 to 2019

年份 Year	面积/hm ² Area	稻花鱼 总产量/t Total output of paddy fish	单产/ (kg/hm ²) Average output	产值估计/ (元/hm ²) Estimated average output value
1971	3 520.00	225.62	64.10	1 281.93
1983	3 966.67	690.61	174.10	3 482.07
1985	8 086.67	2 361.08	291.97	5 839.44
1987	21 360.00	6 038.22	282.69	5 653.76
1995	23 580.00	9 832.00	416.96	8 339.27
1998	36 153.33	20 225.00	559.42	11 188.46
2000	34 213.33	21 400.00	625.49	12 509.74
2008	5 413.33	3 647.00	673.71	13 474.14
2010	5 526.67	3 178.00	575.03	11 500.60
2016	3 466.67	2 349.00	677.60	13 551.92
2018	3 643.60	1 674.00	459.44	9 188.71
2019	3 690.00	1 929.00	522.76	10 455.28

注:1971—2016年数据来源于阮世玲^[22],2018—2019的数据来源于《中国稻渔综合种养产业发展报告(2020)》,产值估计中的稻田鱼价格按照广东省韶关市2019年的稻花鱼的售价为15~25元/kg,取均值为20元/kg计算。Note: The data from 1971 to 2016 are from RUAN S L^[22], the data from 2018 to 2019 are from the *Development Report of China's Rice-Fishery Comprehensive Planting and Breeding Industry* (2020). The price of rice field fish in the output value estimation is 15-25 yuan/kg of grass fish in Shaoguan, Guangdong Province in 2019, and the average value is 20 yuan/kg.

依据2019年广东省渔业技术推广总站的测算:与传统水稻种植方式相比,发展稻渔绿色健康种养技术,能够实现稻谷产量与质量的双提升,达到降低生产成本的目的。具体来讲,一是可以实现传统稻田亩均增产5%~15%;二是稻田养鱼模式可以将鱼类的排泄物作为肥料为水稻提供养分,由此通过少施化肥和不喷洒农药来降低成本(约7 500~9 000元/hm²)。三是养殖出的稻花鱼、禾花鱼等绿色健康水产品,价格高于市场同品种鱼类,大约可以增加450~750 kg/hm²。四是稻渔绿色健康种养能够提升水稻的口感与品质,所产出的稻谷价格比传统种植价格高出10%~30%。总体来看,相比传统的水稻

种植户,采用稻渔模式可使得综合效益提高100%~250%。

不仅如此,整个中国适合稻渔综合养殖的稻田约450万hm²,占全国稻田总面积的15%左右。这意味着,未来稻渔模式的推广具有良好的基础条件。发展稻渔模式不仅能为全国提供优质的稻谷3375万t/a,还可以增加至少15000元/hm²的稻鱼收益,使得种养户总体增收达675亿元。据《“十三五”中国稻渔综合种养产业发展报告》数据,2020年全国稻渔综合种养面积已经突破了200万hm²,达到256.26万hm²,产出各类水产品325.39万t,与“十二五”末相比,增幅分别高达70.65%与108.83%。

②“虾稻共作”模式。位于湖北省中部的潜江市,是“虾稻共作”模式示范基地。2010—2015年,该市虾稻共作绿色健康养殖的面积由1.01万hm²快速增加到2.10万hm²(表3)。据潜江市龙虾产业发展中

心统计,2020年潜江市已建成“虾稻共作”等稻田综合养殖基地面积高达5.67万hm²,比2015年的2.07万hm²增加了3.60万hm²,年均增长7200hm²。2020年潜江全市小龙虾加工企业16家、年加工能力达35万t,在市外开办龙虾主题餐厅3000余家,冷链物流网已经覆盖了全国的500多个大中城市;2020年的虾稻产业综合产值高达520亿元,累计带动了该市20万人就业增收。虾稻共作模式,实现了“低湖田的高产出”,一水双收,将“水袋子”转变成了“钱袋子”。养殖户B认为:“传统的水稻田,如果种植一季普通中稻,则毛收入仅为22500元/hm²左右,在发展虾稻共作模式之后,除了水稻产出外,每公顷稻田每年可稳定产出2625~3000kg小龙虾,虾稻综合种养模式的毛收入可以达到90000元/hm²,扣除租金和生产成本,每公顷纯收入超过了45000元^[23]”。

表3 2010、2015及2020年湖北省潜江市稻虾面积与产量

Table 3 Area and yield of rice and shrimp in Qianjiang City, Hubei Province in 2010, 2015 and 2020 year

指标 Indicator	年份 Year		
	2010	2015	2020
稻田综合种养面积/万hm ² Comprehensive planting and breeding area of paddy fields	1.01	2.10	5.67
池塘养虾/万hm ² Shrimp pond	0.00	0.23	—
小龙虾产量/万t Crayfish production	2.51	5.40	17.25
小龙虾养殖产值/亿元 Production value of crayfish farming	3.7	16.2	227.9
小龙虾苗种产量/亿尾 Crawfish seed production(100 million tail)	2	10	—
小龙虾苗种产值/亿元 Output value of crawfish seedling	0.1	1.2	—
虾稻产量/万t Shrimp rice production	9.0	18.5	51.0
虾加工能力/万t Crayfish processing ability	10	30	35
虾出口成品/万t Crayfish export finished products	0.85	2.04	—
虾出口创汇/亿美元 Crayfish exports earn foreign exchange	0.91	1.40	—
虾稻综合产值/亿元 Qianjiang lobster comprehensive output value	40	150	520
虾加工企业个数 NO. of crayfish processing enterprises	11	11	16
虾稻共作连片基地面积大于66.67hm ² 的田块数 Number of shrimp and rice with contiguous plot area greater than 66.67hm ²	0	32	70
虾稻共作连片基地面积大于666.67hm ² 的田块数 Number of shrimp and rice with contiguous plot area greater than 666.67hm ²	0	7	13

注:资料来源于《潜江龙虾产业十三五发展规划》;“—”表示数据不详。Note: Data from *Qianjiang Lobster Industry 13th Five-Year Development Plan*; “—” indicates that the data is unknown.

4 中国淡水养殖产业绿色健康发展路径

4.1 大水面养殖绿色高质量发展的路径

水面生态养殖产业需要探索出一条适度开发、永续利用、环境友好、资源节约、和谐发展的绿色高质量发展之路。

首先,尽快实现大水面功能分区。按照各地水域环境条件、渔业资源禀赋与水产养殖业发展基础,分析该水域生态承载力和差异化的市场需求,明确不同区域范围内的湖泊水库等大水面绿色健康的发展思路与定位。对于不同功能的水域(如可分为养殖与景观水域、饮用与备用饮用水域等)制定相应的管理制度和实行不同的管理措施,对于适宜进行商

品化养殖的水面而言,应当选择绿色养殖方式与品质优良的水产品品种,生产天然、健康、安全、绿色的水产品,充分发挥大水面渔业的生产潜力。

其次,建立大水面养殖的规范准则。必须建立严格的生产准入制度和行业行为准则,针对大水面养殖产业全过程包括初期规划、中期投资与养殖技术标准、后期水产品销售以及水域环境检测评估等,从法律、政策规定等制定行为准则,核发过程许可达标证,严格进行养殖准则规范。还可以探索建立大水面绿色健康养殖退出机制,如可以建立对于水产品产量、质量和水域环境连续5 a检测不达标的养殖者强制退出,并对水产养殖业进行过程管理。

最后,加快实现渔业的一二三产业融合。可以将大水面养殖基地与旅游、观光、垂钓、康养等文娱项目等进行深度融合,创造渔业多元化模式。通过研究渔业资源增值与水生生物资源养护技术实现科学健康养殖、增加技能培训,使产量水平控制在环境承载力之内,恢复大水面生物多样性和完整性,实现水生生物资源养护,争取达到最大的社会效益和经济效益。

4.2 池塘生态养殖提质增效的发展建议

为实现高产、优质、高效、健康、安全的池塘养殖产业发展,本文提出以下建议。

首先,加强池塘标准化改造,达到健康养殖标准。以规范化的基础设施、配套齐全的生产设备、排放水达到SC/T9101标准和现代化的管理方式为基础,以完备的苗种、饲料、肥料、鱼药、化学品等养殖投入品管理制度为手段,通过完善养殖技术、计划、人员、设备设施、质量销售等生产管理制度,建成高标准池塘养殖模式。

其次,推广复合生态型与循环池塘养殖模式。一是聘请水产技术专家对该模式养殖出的生态水产品的品质、口感、营养价值等方面进行专业权威的评价,增加消费者认知与市场广泛认可的同时,提高养殖户、创业者等对复合生态型与循环池塘养殖模式的青睐。二是制定出台权威的复合生态型与循环池塘养殖模式的技术规范,包括池塘建设技术、池塘养殖技术、池塘生态循环技术等,让养殖户“有技可依”。另外,通过增加养殖补贴形式鼓励和支持已有模式的典型示范点,引导其扩大养殖范围,以合作社为依托,为当地选择该绿色养殖模式的养殖户提供

收购服务,构建与超市、高校、企事业单位对接的产销对接机制,拓宽销路。

最后,大力推广与应用现代渔业机械化设备设施。一是推广池塘养殖增氧器械。地方政府可以“先购再补”的方式,增加如叶轮式增氧机、微孔管道增氧设备等的惠农补贴,引导池塘养殖户应用高效和能降低病害发生率的新型渔业设备。二是鼓励池塘养殖户更新与应用智能化设备。在养殖典型区域举办文艺演出活动,旨在大力宣传“在线监测系统和养殖周期全程智能化设备”的强大功能,采取免费试用、礼品相赠和“先使用后付款”等方式激励池塘养殖户应用智能化设备。

4.3 稻渔综合种养模式的高质量发展路径

实现稻渔综合种养模式高质量发展需要强化特色品牌、打开市场销路,完善基础养殖设施、强化产出能力,建设科技推广体系、保障生产服务。

首先,创造地区稻渔综合种养特色品牌,延伸产业链,增加附加价值。一是加强稻渔综合种养产业品牌宣传,充分利用抖音、头条等新媒体,提高品牌认可度和影响力。二是推动稻渔综合种养的水稻和鱼类产品的初加工和精深加工,提高产品附加值,促进稻渔综合种养的产业化经营。

其次,完善稻渔综合种养的基础设施建设,创新稻渔综合种养的金融服务体系。一是加大财政、税收、信贷等方面对稻渔综合种养产业基础设施建设的倾斜力度,设立稻渔综合种养模式的基础设施建设、苗种补贴、农机购置补贴等专项扶持项目,简化申请审批手续。二是建立适应稻渔综合种养模式的农业保险制度,例如探索完善自然灾害(洪水、寒潮、气候突变等)保险体系、敌害病害保险体系与市场风险保障体系。

最后,创新和加快建设现代农业科技推广体系,建立健全稻渔综合种养生产的社会服务体系。一是加大整合农业技术研究系统资源,引入农业高科技企业和农业科技协会等力量,增强自主创新能力。二是建立和开展稻渔综合种养模式示范园区和苗种基地,发挥示范作用。鼓励建立技术经验交流平台,促进稻渔综合种养技术、用药技术和苗种等信息的交流。三是完善稻渔综合种养相关标准化体系建设,为稻渔综合种养产品认证提供制度支撑。

参考文献 References

- [1] 中国淡水养鱼经验总结委员会. 中国淡水鱼类养殖学[M]. 北京: 科学出版社, 1973: 3-4. China Freshwater Fish Farming Experience Summary Committee. Freshwater fish aquaculture in China[M]. Beijing: Science Press, 1973: 3-4 (in Chinese).
- [2] 王敏, 冯相昭, 赵梦雪, 等. 达里诺尔湖流域高质量发展路径研究[J]. 环境保护, 2019, 47(22): 64-66. WANG M, FENG X Z, ZHAO M X, et al. Research on high quality development path of Darinor Lake Basin[J]. Environmental protection, 2019, 47(22): 64-66 (in Chinese).
- [3] 高强. 资源与环境双重约束下渔业经济发展战略研究[J]. 农业经济问题, 2006(1): 29-33, 79. GAO Q. Research on fishery economic development strategy under dual constraints of resources and environment [J]. Problems in agricultural economy, 2006 (1): 29-33, 79 (in Chinese).
- [4] 辛岭, 陈洁, 安晓宁. 我国渔业现代化发展水平评价研究[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(11): 140-149. XIN L, CHEN J, AN X N. Research on evaluation of the development level of fishery modernization in China [J]. Chinese journal of agricultural resources and regional planning, 2020, 41(11): 140-149 (in Chinese with English abstract).
- [5] 蒋高中, 李群, 明俊超, 等. 中国古代淡水养殖鱼类苗种的来源和培育技术研究[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2012, 12(3): 88-93. JIANG G Z, LI Q, MING J C, et al. Research on the origin and breeding technology of freshwater fish fry in ancient China [J]. Journal of Nanjing Agricultural University (social science edition), 2012, 12(3): 88-93 (in Chinese with English abstract).
- [6] FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals[R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
- [7] TANG Q S, ZHANG J H, FANG J G. Shellfish and seaweed mariculture increase atmospheric CO₂ absorption by coastal ecosystems [J]. Marine ecology progress series, 2011, 424 (1): 97-104.
- [8] 罗亚娟. “高产”水产养殖模式及其社会生态后果[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2018, 17(6): 19-27. LUO Y J. “High-yield” aquaculture mode and its social ecological influence [J]. Journal of Nanjing University of Technology (social science edition), 2018, 17(6): 19-27 (in Chinese with English abstract).
- [9] 秦鹏, 徐海俊. 水产养殖污染防治的现实困境与规范进路[J]. 农村经济, 2019(12): 88-95. QIN P, XU H J. Practical difficulties and normative approaches of aquaculture pollution prevention and control [J]. Rural economy, 2019(12): 88-95 (in Chinese).
- [10] 徐跑. 中国稻鱼综合种养的发展与展望[J]. 大连海洋大学学报, 2021, 36(5): 717-726. XU P. Development and prospect of integrated rice-fish farming in China: a review [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2021, 36(5): 717-726 (in Chinese with English abstract).
- [11] 陈松文, 江洋, 汪金平, 等. 湖北省稻虾模式发展现状与对策分析[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(2): 1-7. CHEN S W, JIANG Y, WANG J P, et al. Situation and countermeasures of integrated rice-crayfish farming in Hubei Province [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2020, 39(2): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- [12] 吴庆龙, 胡耀辉, 李文朝, 等. 东太湖沼泽化发展趋势及驱动因素分析[J]. 环境科学学报, 2000, 20(3): 275-279. WU Q L, HU Y H, LI W C, et al. Tendency of swampiness of East Taihu Lake and its causes [J]. Acta scientiae circumstantiae, 2000, 20(3): 275-279 (in Chinese with English abstract).
- [13] 兰书斌, 吴丽, 张德禄, 等. 南四湖沼泽化现状及其驱动因素分析[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4): 555-560. LAN S B, WU L, ZHANG D L, et al. On the terrestrialization situation and its driving factors in Lake Nansi [J]. Journal of lake sciences, 2011, 23(4): 555-560 (in Chinese with English abstract).
- [14] 蒋雪英. 湖泊水草资源的保护和合理利用是湖泊渔业可持续发展的根本措施[J]. 渔业经济研究, 1999(4): 27-30. JIANG X Y. Protection and rational utilization of lake aquatic resources is the fundamental measure for sustainable development of lake fishery [J]. Fishery economic research, 1999(4): 27-30, 8 (in Chinese).
- [15] 卢东, 席运官, 肖兴基, 等. 中国水产品质量安全与有机水产养殖探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2005(2): 85-88. LU D, XI Y G, XIAO X J, et al. On aquatic safety and organic aquaculture of China [J]. China population, resources and environment, 2005 (2): 85-88 (in Chinese with English abstract).
- [16] 江希流, 华小梅, 朱益玲. 我国水产品的生产状况、质量和安全问题及其控制对策[J]. 农村生态环境, 2004(2): 77-80. JIANG X L, HUA X M, ZHU Y L. Production safety and quality of aquatic products and strategies in China [J]. Rural ecology and environment, 2004(2): 77-80 (in Chinese with English abstract).
- [17] 田兴国, 吕建秋, 崔建勋, 等. 广东水产品质量安全现状、问题与发展战略[J]. 广东农业科学, 2012, 39(22): 224-226. TIAN X G, LÜ J Q, CUI J X, et al. The status, problems and development strategy of aquatic products quality and safety in Guangdong [J]. Guangdong agricultural sciences, 2012, 39(22): 224-226 (in Chinese with English abstract).
- [18] 岳冬冬, 张锋, 王鲁民. 水产养殖合作组织化与水产品质量安全刍议[J]. 中国农业科技导报, 2012, 14(6): 139-144. YUE D D, ZHANG F, WANG L M. An immature suggestion for organization of aquaculture cooperation and quality safety of aquatic products [J]. Journal of agricultural science and technology, 2012, 14(6): 139-144 (in Chinese with English abstract).
- [19] 孙琛, 沈媛. 基于流通渠道视角的我国水产品质量安全问题研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(13): 275-279. SUN C, SHEN Y. Research of aquatic products quality and safety problem in China based on circulation channel [J]. Science and technology of food industry, 2014, 35(13): 275-279 (in Chinese with English abstract).
- [20] 陆忠康. 简明中国水产养殖百科全书[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. LU Z K. Concise encyclopedia of Chinese aquaculture [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001 (in Chinese).
- [21] 曹凌贵, 江洋, 汪金平, 等. 稻虾共作模式的“双刃性”及可持续发展策略[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(9): 1245-1253.

- CAO C G, JIANG Y, WANG J P, et al. "Dual character" of rice-crayfish culture and strategy for its sustainable development [J]. Chinese journal of eco-agriculture, 2017, 25 (9) : 1245-1253 (in Chinese with English abstract).
- [22] 阮世玲. 稻渔综合种养模式及其在广东的发展[J]. 海洋与渔业, 2019(8) : 20-23. RUAN S L. Rice-fishery integrated planting and rearing model and its development in Guangdong [J]. Oceanography and fisheries, 2019(8) : 20-23 (in Chinese).
- [23] 王倩. 湖北省潜江市延伸小龙虾产业链价值链, 虾稻产业链综合产值达520亿元 小龙虾变成了大产业[N]. 人民日报, 2022-01-14 (13). WANG Q. The comprehensive output value of the shrimp and rice industry chain reached 52 billion yuan, extended the crayfish industry chain and value chain in Qianjiang City from Hubei Province[N]. People's Daily, 2022-01-14(13) (in Chinese).

Green development of freshwater aquaculture in China : improving quality and increasing efficiency and the future path

GAO Ming¹, CHEN Jie¹, YAO Zhi²

1. *Research Center for Rural Economy, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100810, China;*
2. *School of Economics and Management, Yangtze University, Jingzhou 434023, China*

Abstract In order to achieve the policy objectives of "improving product quality, increasing fishermen's income, greening industry and optimizing water area ecology", qualitative and case analysis methods were applied in this paper to analyze the economic and ecological benefits of China's aquaculture development. Based on the development history, culture area and culture structure of freshwater aquaculture in China, the quality and safety issues were discussed. Taking large surface aquaculture, pond culture, integrated rice-fish farming and integrated rice-crayfish farming models as examples, the ecological and economic benefits were analyzed. The results showed that since the reform and opening up in China, the area has been expanding, the production has increased rapidly, the structure of aquaculture has been continuously optimized, and the income of aquaculture has been rising, however, the environmental and product quality problems hinder the green development of freshwater aquaculture in China. Taking typical freshwater aquaculture model as an example, this paper analyzed the ecological and economic benefits of the future green and healthy aquaculture model, and in order to promote the "quality and efficiency improvement" of the three typical modes, the path of future green development was given. The large surface water needs to realize functional zoning, establish norms and standards and speed up industrial integration. It is necessary to strengthen the standardization of bulk freshwater aquaculture, apply modern mechanized equipment and popularize the pattern of compound ecological-type and circulating pond. The model of rice-fish farming needs to strengthen the characteristic brand, improve the basic breeding facilities and construct a science and technology promotion system.

Keywords food security; ecological revitalization; freshwater breeding industry; green and healthy breeding; integrated rice-crayfish farming; ecological effect

(责任编辑:边书京)