

# Study on Ecological Strategy of Rice Field Fishery

Rongfu Li

Yangzhou Fisheries Society, Yangzhou Jiangsu

Email: lrf62@163.com

Received: Apr. 19<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 3<sup>rd</sup>, 2018; published: May 10<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

For the first time this paper puts forward that the rice field fishery system is a compound agricultural system and a wetland ecosystem. The system has a complete biological structure and comprehensive ecological function of the wetland system. In this paper, we have systematically studied the comprehensive ecological function of paddy field fisheries, such as purifying air, regulating climate, maintaining water and soil, improving water quality, saving energy and reducing pollution and controlling pollution. Since the foundation of China, the rice field fishery has improved its facilities, improved varieties and improved its technology, and has realized the organic combination of economic production, natural ecology and social humanities. It has achieved the unification of industrial ecology, ecological industrialization and agricultural modernization, and is the correct direction of agricultural green development.

## Keywords

Rice Field Fishery, Ecology, Strategy, Research

---

# 稻田渔业生态战略问题的研究

李荣福

扬州市水产学会, 江苏 扬州

Email: lrf62@163.com

收稿日期: 2018年4月19日; 录用日期: 2018年5月3日; 发布日期: 2018年5月10日

---

## 摘 要

本文首次提出稻田渔业是具有湿地生态系统完整生物结构和全面生态功能的复合农业系统。系统研究了

稻田渔业净化空气、调节气候,保持水土、改善水质,节能减排、控制污染的综合生态功能,是高度复合性的人工湿地系统。建国以来,稻田渔业改善设施、改良品种、改进工艺,实现了经济生产、自然生态和社会人文的有机结合,达到了产业生态化、生态产业化和农业现代化的高度统一,是农业绿色发展的正确方向。

## 关键词

稻田渔业,生态,战略,研究

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

稻田渔业是中国古老的生态农业技术。稻田渔业从发现“稻田有鱼”到开展“稻田养鱼”,我国人民“顺应自然、师法自然、改造自然”形成具有中国特色生态农业模式。随着工业化、城市化的快速发展,生态环境问题已成为当今世界关注的焦点问题。水稻是世界主要农作物,在中国及亚太地区种植面积大,单位面积产量高,对世界食物安全和局势安定具有重要意义。随着稻田渔业研究的深入,稻田已由单一食物功能,发展到多方面生态功能。同时,由于稻田分布范围广,产业规模大,因此,发展稻田渔业对解决中国和亚太地区生态环境问题,同样具有广泛的社会意义。

## 2. 稻田渔业生态可行性分析

稻田渔业是依托稻田,发展渔业的生态杰作。我国先民在种稻过程中,发现鱼虾蟹等水产动物进入稻田后健康成长,收稻时收获水产品改善了生活[1]。于是,由自然到自发,由自发到自觉,创造了符合生态规律的稻田渔业技术,成为全球重要农业文化遗产[2]。建国以来,我国稻田渔业改造设施、改良品种、改进工艺[3],实现了产业生态化、生态产业化和农业现代化高度统一。

### (一) 稻田具备水产动物生存环境

稻田是季节性浅水水体,为人工湿地,单一稻田为平底型浅水湿地。水稻种植期水深约 7~15 cm,水稻封行后,水层较深,因搁田而干湿相间。但冬季囤水稻田容水深度取决于田埂高度,水深可达 1 m 以上。由于水稻遮荫,稻田水温稳定,日变化较小。稻田田面开阔,与渔业水域相比,空气中氧气溶解于水相对较多,加上水中植物光合作用产氧,稻田溶氧比较充足,一般不会发生缺氧。稻田 PH 值也比较稳定,大多在 6~8 之间。上述各项非生物环境指标均满足底栖中小型水产动物生活要求[2]。

水稻为湿生植物,是稻田优势生物。大部分稻田,尤其是山区梯田类稻田,具有缓慢的水流,较高的水温,丰富的溶氧,适中的酸碱度,较高的透明度,较为丰富的氮、磷、钾等营养盐,加上水稻植株净化功能,水质状况良好,无有毒有害物质或含量极低,是底栖中小型水产动物的良好生活环境[4]。如青虾、小龙虾和罗氏沼虾等虾类,河蟹,龟鳖类,以及泥鳅、黄鳝、黄颡鱼、鲢鱼类、鲤鱼(及其变异种)、鲫鱼(及其地方品种)等中小型底栖鱼类,都能较好的在稻田环境中生活,即便体型较大的淡水鱼类苗种阶段也能在稻田中生活。

### (二) 稻田具有水产动物天然饵料

稻田具有天然湿地生物多样性特征。生物群落也包括生产者、消费者和分解者。生产者有三类,即

水稻植株、杂草和藻类。包括：水稻、挺水植物、浮叶植物、沉水植物和漂浮植物等各类植物[5]，除水稻外，都是草食性(如草鱼等)和杂食性(如鲤鲫和虾蟹等)水产动物的饵料来源。消费者种类和数量也较多。包括：浮游动物(原生动物、轮虫、甲壳类)、底栖动物(线虫、软体动物、环节动物、水生昆虫、螺蛳等)；及部分水产动物(包括鲤、鲫、黄鳝、泥鳅、河蟹、青虾、小龙虾、青蛙等)和水稻害虫及其天敌(蜘蛛和寄生蜂)，还有水产动物幼苗敌害，如水蜈蚣、水斧虫、红娘华、蜻蜓幼虫等。许多动物既是初级消费者，又是次级消费者或三级消费者，如水产动物幼苗摄食浮游生物，青蛙捕食害虫，也吞食水产动物幼苗，黄鳝捕食青蛙。稻田中有些动物对水稻和水产动物既有害又有利，如青蛙虽危害小龙虾、河蟹等水产动物的苗种，又能消灭水稻害虫，河蟹和小龙虾也会捕食青蛙蝌蚪；而害虫对水稻有害，但又是小龙虾、河蟹、鱼类等水产动物的上佳饵料，从而构成了多样性生物群落和错综复杂的食物网(链)。

### (三) 水稻与水产生态需求对立统一性

常规稻田是以种植水稻为主，以稻谷丰产为目的。为了稻谷高产，要求稻田土质肥沃，氮、磷、钾等和土壤有机质含量高。同时，又要求土壤通气性好，尽管稻田水浅，在风力、阳光及稻田动植物作用下，一部分氧气可以送达土壤表层，但难以解决水稻根部土质氧化问题[4]。所以，水稻种植须进行搁田，一是抑制秧苗无效分蘖，二是促进土壤中有害有毒物质氧化，避免累积毒害水稻。同时，为了稻谷高产还须追施化肥，使用杀虫剂、除草剂和杀菌药等化学药物。这些耕作措施和化学药物都对水产动物不利。

“鱼儿离不开水”，水产动物养殖要求水位较深，稻田过浅的水深显然对水产动物不利[6]；如在搁田时如按水稻要求长时间全面断水，对水产养殖动物则是致命性的。尤其是插秧时稻田水温在受气温、光照和风力影响，日温差较大，表层水温最高可达 40℃，水产动物难以承受。同时，水产动物大多为低等动物，铵类化肥对其毒性较强，尤其是铵类化肥形成氨分子毒性很强，会毒害水产动物。还有，多数农药对水产动物有毒，尤其是虾蟹类水产动物，与稻田害虫同属节肢动物，对农药极其敏感，用药过量或不当用药，可能造成水产动物全军覆没。

水稻与渔业的矛盾性决定了传统稻田渔业生产力水平低，效益差。现代稻田渔业为了实现高产优质生态安全高效，必须改建田间工程，改革品种结构，改进生产工艺，以实现水稻与水产生互利共存，共生共荣。

## 3. 稻田渔业基本生态功能分析

自然湿地是介于陆地和水域之间的生态系统，是地球三大生态系统之一。自然湿地大都分布于陆地和水域(包括海洋、江河、水库、湖泊及池塘等)之间的过渡区域，或为常年有浅层积水的沼泽。因此，自然湿地既有陆生生物，又有水生生物，还有湿生生物及微生物，具有最为多样性的生物组成；自然湿地兼有陆地、水域两大生态系统物质循环和能量转化的生态功能，生态效率高，抗干扰能力强，稳定性强，在地球生态循环中具有不可替代的作用[5] [7]。

稻田为人工湿地，是不完整湿地生态系统。水稻是稻田湿地主体生物，常规稻田生态系统主要是水稻与稻田环境之间的关系。尤其是高产稻田，杂草大都用除草剂扑杀或人工拔除，水稻病虫害则完全靠农药控制。正由于此，稻田里除水稻外，杂草、害虫以及浮游生物、底栖生物、两栖动物及虾蟹等水产动物基本绝迹，造成常规稻田生物多样性低，其他生物量极小，系统稳定性差。

稻田渔业引入水产动物，配套养殖措施，具备了自然湿地系统的完整生物组成和完全生态功能。新型稻田渔业，配套建设了与水产动物生态习性相适应的基础设施和生产设备，其生物组成和生态功能趋于完整湿地系统，实现了水产动物和水稻之间共生互利，协调了水产养殖和水稻种植之间的矛盾，成为高效人工湿地系统。

### (一) 稻田渔业具有森林“地球之肺”(净化空气)功能

水稻是稻田系统主要生产者。稻田作为人工湿地，是高效率生态系统，仅水稻初级生产力高达 3~4

kg/m<sup>2</sup>，高出热带雨林生态效率一半以上。稻田在为社会提供粮食的同时，还有提高大气质量和调节区域气候的生态功能：

一是固碳释氧功能。水稻作为高产作物，在其光合作用过程中，大量吸收温室气体 CO<sub>2</sub>，并将大气中碳固定下来，在生产有机质同时，释放氧气和负离子，对人类健康有直接价值。氧气增加提高了空气质量，也有利于地球生态系统大气平衡。

二是调节气候功能。烈日下稻田水体及土壤中水分蒸发和水稻叶面水分的蒸腾作用，在吸收带走了地面和空气中大量热量后上升到高空，降低了气温，调节了湿度，改善了稻区周边人居气候环境。据有关科研机构测算，每亩稻田降温效果相当于 100 台 5 匹空调的功效。特别是城市周边稻田可明显改善日益严重的城市“热岛效应”。

三是净化空气功能。水稻作为湿生植物类的挺水植物，其植物体主要生长于空气中，在其生长过程中大量吸附空气中浮尘微粒(灰尘和雾霾)，而净化空气；同时，还能吸收空气中有毒有害气体转化水稻植物有机体，从而提高空气质量。因此，稻田具有森林系统净化空气、调节气候和提供产品等“地球之肺”的生态功能。

### (二) 稻田渔业具有湿地“地球之肾”(净化污水)功能

稻田渔业具有净化功能。水稻是湿生挺水植物，适合在有机质和 N、P、K 等含量丰富的环境中生长，具有净化富营养化水质的功能。稻田渔业作为人工湿地系统，水产动物可以部分利用畜禽生产和居民生活产生的有机废物，微生物还能分解，降解废水中有机质，稻田渔业完全可以在净化城乡居民生活污染和畜牧业污染中发挥作用。

聪明的云南哈尼人利用自然水能创造了一项梯田农业特技——冲肥。他们创造的“森林 - 村寨 - 梯田”系统在不同海拔高度错落分布，借助自然水流进行“冲肥”。一是冲村寨肥塘。在哈尼族村寨都有肥(水)塘，平时全村家禽牲畜粪便、垃圾灶灰等生产生活废弃物集聚其中。春耕时，利用森林流下的雨水搅拌肥(水)塘，并将其中长期沤制的肥料冲入沟渠，顺势流入梯田。二是冲山水肥。每年雨季初临，正是水稻拔节抽穗、需要追肥之时，哈尼人动员全村寨男女老少一起“赶沟”。哈尼人集体来到山上，疏导沟渠将高处森林中积聚浸沤了一年的枯叶和牛马动物粪便随雨水冲入沟渠，引入梯田。从而将自然肥料和生活垃圾及废水全数归入梯田，不仅提高梯田地力，为稻田水产动物提供饵料，还减少了人类生活对环境的污染，造就了具有自净作用的高山人工湿地。

在湖南通道县阳烂村梯田稻田渔业系统中，做法与哈尼人极为相似。当地侗族将厕所修建在梯田上方，村寨人畜粪便可以随山水冲入稻田，为水稻施肥。上述肥料或被鱼类采食，或由稻田微生物分解、培育稻田其他生物为鱼类利用，另外鱼类粪便也增加了有机肥，促进水稻增产。

苏州张家港市开展了利用水稻等水生、湿生植物处理居民生活污水与畜禽养殖污水试验，成为一种低成本污水处理方法，效果显著，发挥稻田湿地净化污水的“地球之肾”功能。

### (三) 稻田渔业还有水土保持功能

稻田渔业有保持水土功能。一是土壤保持。土壤是一种不易再生资源，自然界每生成 1 cm 土壤层需要百年以上时间。在自然状态下，保护土壤资源主要靠植物。在山区种植水稻可以有效保持土壤。山区种稻必须筑坝建设梯田，水稻与其他植被形成了对土层的保护，同时梯田低坝拦截了水流，减轻了对土壤的直接冲刷，保护了土壤。据报道，菲律宾伊富高山区梯田种植水稻，对保持土壤、防止山体滑坡发挥了重要作用。云南红河哈尼梯田、贵州从江侗乡梯田和浙江青田梯田均为我国山区梯田稻田渔业的代表，这些地区历经千年的实践，也证明了梯田稻渔系统可有效保持土壤，防止山体滑坡。二是涵养水源。稻渔系统水循环是自然界水文循环的一部分。在自然和人类因素作用下，稻田能存储降雨径流或灌溉水，多余水量还可渗漏补充地下水，也可汇入地表径流流往下游。稻田渔业优化了生态环境，增强了抵御自



然灾害能力。在一些丘陵地区，稻田渔业通过加高、加固田埂，开挖鱼沟等稻田田间工程，渔业稻田每亩可多蓄水 200 余立方米，既节约了水利投资成本又增加了蓄水量，实现了“蓄水保水、抗旱减灾、减少污染、气候调节”的生态效益，这对一些干旱缺水及不保水地区显得更加重要。另外，部分水分通过稻田土壤与水面蒸发，及水稻叶面蒸腾返回大气形成降雨，实现循环。Mitsuno (1982)的研究证明了水稻灌溉对日本 Nobi 平原的地下水补给的重要性。三是防洪功能。稻田四周田埂象水库、塘坝的堤防，具有蓄积洪水、调节洪峰的作用。Shimura (1982)根据稻田对洪水的调节作用，首度提出了稻田的防洪功能。如稻田水深以 10 cm 计，每亩稻田可蓄水 66.7 m<sup>3</sup>。而新型稻田渔业还须另行建设沟、溜等稻田工程，每亩稻田蓄水可达 133.3 m<sup>3</sup> [8]。

#### 4. 稻田渔业生态功能扩展与提升

稻渔系统中水稻与杂草(水稻外其他植物)均为生产者。如是虾蟹养殖稻田，还须种植沉水植物或漂浮植物作为虾蟹栖息环境与补充饵料，也为稻田生产者。而随着水产动物加入，原先稻田中杂草、害虫及浮游生物、底栖生物都可能成为水产动物饵料，便使稻田杂草从水稻的争肥者，转变为稻田的增肥者；同时，浮游生物、底栖生物等也由原先争夺肥料和空间的水稻的竞争者，化为对水稻有益的合作者。稻田渔业肥料也由一般稻田以化肥、追肥为主，变为以有机肥、基肥为主和稻渔系统水产动物排泄物——有机肥补充的新肥源结构。同时，水产动物减轻或消除了稻田病虫害危害，又增加了肥料来源。稻田有益微生物繁衍为水稻和水产动物补充了营养来源，促进了物质循环和能量转化[1] [5]。

##### (一) 稻田渔业具有除草增肥作用，抑制了化肥污染

水产动物具有清除稻田杂草的作用。稻田中大量杂草和浮游植物以及光合细菌等和水稻一样进行光合作用，起着固定和贮存能量的作用。但并不给人类提供有益产品，还与水稻争夺肥料、空间和阳光，有些杂草还是水稻病虫害的中间宿主。据报道，稻田杂草有 100 多种，挺水、漂浮、沉水、浮叶等各类植物都有，稻田杂草因与水稻争夺肥料，会使稻谷减产 10%左右，最高达 30%以上。稻田渔业对稻田杂草有明显控制效果。试验表明，杂草和籽实都是草食性及杂食性鱼类、河蟹、小龙虾及青虾等水产动物的适口饲料。草鱼及鲤鱼等可以有效防除稻田稗草、慈姑、眼子菜、水马齿、莎草等多种杂草[9]。稻田养蟹也能清除杂草。据吕东锋研究，当稻田放养幼蟹 1~3 万只/亩时，灭草率可达 92.6%~96.7%。朱清海研究表明，单作稻田杂草量为 13.2 kg/亩，养蟹稻田为 5.4 kg/亩，降低 2/3。徐世坤报道，小龙虾常食杂草有 10 种以上，未养小龙虾稻田虽经三次中耕除草，杂草量仍达 30~435 kg/亩，养虾稻田为 2.2~29 kg/亩，未养虾稻田杂草量是养虾稻田的 13~15 倍。利用稻田杂草养殖草鱼，单产可达 10 kg/亩以上，可养殖小龙虾 8.3 kg/亩左右，这与传统不投饵稻田水产品产量基本一致。在高产稻渔共作稻田，补充投喂大量饵料，饵料中 1/3 被利用转化成水产品，其余 2/3 成为水产动物粪便排入稻田，为稻田补充肥料来源。与常规水稻单作模式相比，稻田养鱼可减少 1/4 以上的化肥施用量。安徽省稻虾连作在水稻稳产增产情况下，化肥使用量每亩减少 30.46 kg，降低 48.46%；每亩节本 57.93 元，降低 38.9% [10]。

##### (二) 稻田渔业具有除虫防病作用，控制了农药污染

稻田水产动物觅食活动常碰撞水稻茎叶，会将稻飞虱等害虫碰落水中，成为饵料。长期条件反射可形成觅食习惯，泥苞虫、稻飞虱、叶蝉虫等害虫都可被觅食，从而降低害虫危害。有关机构通过录像和实验控制发现了上述过程。据田间试验测定，稻田养鱼控能摄食稻田害虫的 50%以上。二化螟、稻象鼻虫及食根金花虫等水稻害虫幼体都是在水中发育，成为水产动物的天然饵料。据江苏如皋邓元农科所对养鱼和不养鱼稻田虫害的比较分析，养鱼稻田三化螟三代卵块减少 30%，白穗率降低 50%，稻飞虱减少 50%以上，纵卷叶虫百株束叶数减少 30%，白叶率降低 70%，稻叶蝉减少 30% [1] [9]。

稻田渔业能抑制水稻病害。清晨水产动物活动会撞落稻叶上露水，减少稻瘟病原孢子产生和菌丝体

生长,降低水稻纹枯病和稻瘟病危害。以纹枯病为例,该病大多从水稻基部叶鞘开始的。肖筱成等发现,鱼类喜欢摄食带有纹枯病菌核与菌丝病斑的水稻基部腐烂叶鞘,而截断病源。据杨勇研究,养蟹稻田纹枯病发生迟、扩展慢、病期短、危害轻。其试验证明,养蟹稻田7月16日出现纹枯病病斑,8月中旬病情趋于稳定,病期比一般稻田短25天左右。养蟹稻田病株率最高为2.2%,比一般稻田低2.1%;病穴率最高为21.5%,比一般稻田低13.5%。另外,虾蟹甲壳含有天然聚合物甲壳质及壳聚糖,能诱导水稻迅速产生多种抗生物质,提高免疫力;即便是被病菌侵染的水稻,也因这些抗性物质可以从多方面抑制病菌。另外,甲壳质进入土壤可促进纤维分解菌、固氮菌、放线菌、乳酸菌等有益菌增殖,抑制丝状菌、霉菌等有害菌繁衍[11]。

水稻和水产动物之间互利作用,减少了农药和化肥使用。与常规稻田相比,稻田渔业可降低2/3的杀虫剂使用量。安徽省稻虾连作试验区,每亩稻田减少农药使用715.71g,节本116.5元,并且不使用除草剂[10]。

### (三) 稻田渔业优化了生物构成,提升了生态性能

#### 1) 稻田渔业加速物质循环

稻渔系统通过水产动物取食稻田中杂草、害虫、昆虫虫卵、水稻枯枝落叶及稻田水体中其他浮游生物、底栖生物等田间“废物”,形成对人类社会具有较高价值的优质水产品。水产动物引入稻田,一方面减少了杂草对稻田肥料的争夺,将稻田杂草截留和害虫及其他生物抢占外溢的物质能量转化为优质水产品与有机肥。稻田水产动物粪便一部分经微生物分解成对水稻有用的营养物质,为水稻及其他植物光合作用提供N、P、K和CO<sub>2</sub>等营养成分,进入了下一轮物质能量循环;另一部分有机物及其他营养滞留在土壤中,改善稻田土壤生产性能。

#### 2) 稻田渔业提升稻田土壤肥力

水稻一生吸收养分的2/3来自土壤自生肥力,只有1/3来自人工施肥,土壤肥力是水稻优质高产的基础条件。稻田渔业必须大量投喂饵料,水产动物摄食产生的排泄物成为稻田有机肥来源,有利于培育土壤肥力。据报道,养鱼稻田与未养鱼稻田相比,土壤有机质可增加0.4倍,全氮增加0.5倍,速效钾增加0.6倍,速效磷增加1.3倍。在湖北、安徽等地稻虾轮作或连作稻田,1.5~2kg/m<sup>2</sup>水稻秸秆全部留田浸沤,部分转化为小龙虾饵料,部分分解成有机物滞留土壤中,改善土壤结构,提高稻田肥力[10]。

#### 3) 稻田渔业生物共生互利

水稻植株利用了水土营养,改善了稻田水质和土质。水产动物都怕高温,虾蟹更为怕光怕热。当水温超过30℃时,河蟹和小龙虾便会寻找阴凉处避暑“歇伏”,停食停长。水稻封行时正当酷暑,密集的水稻植株遮荫降温,减少了虾蟹相互残杀,也防止了强烈阳光直射田面,避免了高温对水产动物生长的抑制。另外,水稻根须易聚生微生物絮团,增加了水产动物饵料来源;尤其是水稻抽穗时稻(禾)花漂落水中,增加了活性饵料,使稻田水产品别具风味,历史上广西全州禾花鱼曾为贡品。

稻田渔业对水稻有增产作用。水产动物觅食时翻土松土,虾蟹步足更是既尖又硬,它们在稻田爬行,打破了表面胶泥层对土壤封闭,加大了土壤空隙,促进了氧气和肥料向土层渗透,带动土壤增氧和升温,促进肥料分解,达到“活水养根,活根养苗”。据调查,稻田渔业田块耕作层10cm内土质疏松呈海绵状,有利于水稻根系发育:水稻根冠大,褐色老根少,新生白色根须多;部分根须裸露于水中,有利于吸收水中营养,促进水稻高产。同时,水产动物活动形成的水流,促进氧气溶解和均匀分布。据朱清海研究,养蟹稻田平均溶氧量为5.58mg/L,比单一稻田高2.07mg/L,高溶氧对水稻和水产动物都有促进生长的作用[12]。

#### 4) 稻田渔业减少温室气体排放

在稻田渔业田块稻田溶氧水平明显提高,并且分布均匀。据曹志强等对养鱼稻田和未养鱼稻田溶氧

检测分析,两块养鱼稻田上层溶氧分别为 7.11 mg/L 和 7.03 mg/L, 分别比未养鱼稻田的 5.86 mg/L 高 21.3% 和 20.0%; 两块养鱼稻田的底层溶氧分别为 6.17 mg/L 和 6.10 mg/L, 分别比未养鱼稻田的 3.72 mg/L 高 65.9% 和 64.0%; 两块养鱼稻田下层溶氧都是仅比上层低 13.2%; 而未养鱼稻田下层溶氧比上层低 36.5%, 溶氧差是养鱼稻田的 2.77 倍。养鱼稻田溶氧分布比未养鱼稻田均匀的多。稻田渔业能生物除草灭虫防病, 达到省肥省药, 节能降耗。同时, 稻田水体下层和土壤溶氧的增加, 促进了 CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 等温室气体降解。据华中农业大学作物生理生态与栽培研究中心研究, 水稻生育期养鱼稻田 CH<sub>4</sub> 排放量为 25.01 g/m<sup>2</sup>, 不养鱼稻田为 26.71 g/m<sup>2</sup>, 养鱼稻田 CH<sub>4</sub> 排放量减少 6.4%。

## 5. 稻田渔业生态化发展趋势预测

稻田渔业是生态农业, 稻田渔业系统是高度复合型的人性化湿地生态系统和生态化农业经济系统。既有稳定粮食、发展渔业、开展旅游、保供增收等社会经济功能, 更有净化空气、调节气候、保持水土、改善水质、节能减排、控制污染等复合生态功能, 实现了产业生态化、生态产业化和农业现代化的高度统一, 是中国农业绿色发展的战略取向。

### (一) 区域化发展

稻田渔业是人工湿地, 区域化、规模化是其显著特征。因此, 发展稻田渔业必须因地制宜, 统筹规划。应在调查研究基础上, 根据当地自然资源和生态环境, 确定发展稻田渔业的重点地区、重点品种和重点模式。统一规划, 连片开发, 规模经营, 以利于专业化生产, 社会化服务, 产业化经营, 品牌化营销, 提高市场竞争能力和综合生态效益。

### (二) 永久性工程

稻田渔业是设施农业。没有高标准田间养殖工程, 稻田渔业难以抵御台风、暴雨等自然灾害, 取得稳定效益。因此, 高标准田间工程和养殖设备配套, 是稻田渔业水稻稳产, 水产高产, 稻田高效, 生态稳定的重要前提。但高标准稻田田间工程和养殖设备一次性投入大, 投资回收期长。必须在认真进行可行性研究, 科学规划的基础上, 建设高标准永久性工程, 形成受法律保护的永久性农业生态湿地, 提高投资效益。

### (三) 生态化管理

稻田渔业是生态产业, 同时具有社会经济和湿地生态功能, 是农业发展的战略取向, 是生态文明建设的重要举措。稻田渔业在稻米重点产区, 可与粮食生产、植树造林和湿地保护的战略价值比肩! 应当作为宜渔稻区的重点产业来发展, 尤其应作为大中城市周边宜渔稻区的战略性生态产业来扶持, 实行生态化管理, 不仅实行农业补贴, 还应开展生态补偿, 像对植树造林那样鼓励扶持发展。实行农业与环保双重管理, 促进稻田由单一农业向资源节约型、资金集约型和生态经济型产业转变。

## 6. 稻田渔业生态战略研究展望

稻田渔业是古老的农业产业, 更是新兴的生态产业。发展新型稻田渔业, 充分利用和发扬其生态功能, 对于保护生态环境, 修复生态系统, 建设生态文明, 具有深远的战略意义。因此, 开展稻田渔业生态战略研究既是当代中国发展的现实需要, 也对未来世界发展具有战略价值。具体说, 有以下几个重点课题。

### (一) 关于稻田渔业生态系统的研究

稻田渔业作为人类设计和调控的复合生态系统, 与自然生态系统相比较, 打上了社会经济的烙印。因此, 应该在深入研究稻田自然生态系统的基础上, 开拓研究稻田渔业系统的生态特点, 并深入研究系统的生物构成, 生态功能及其生态经济功能, 并通过生产、教学与科研单位的协作研究, 利用云计算和

人工智能, 实现稻田渔业系统生物组成和生态功能的数字化。

### (二) 稻田渔业系统水稻与水产动物生态关系的研究

水稻与水产动物是稻田渔业系统的两类主要生物, 主导稻田渔业的生态功能和经济功能, 如何设计安排两者之间品种构成和比例关系, 对稻田渔业生态功能的发挥效率和作用时间有重要影响。

### (三) 稻田渔业生态功能拓展的研究

稻田从单一的水稻种植, 到稻田渔业的水稻种植与水产养殖有机结合, 拓展的不仅是食物生产功能的放大, 而是从单纯的生产功能, 拓展到生产功能、生态功能和社会功能的优化重组。与此同时, 稻田生态系统也由品种单一、功能单纯、功效低下的低效湿地生态系统, 转变为生物多样、结构合理、功能复合的高效湿地生态系统。拓展了净化空气、调节气候、保持水土、改善水质、节能减排、控制污染等复合生态功能, 这些功能的形成机制和进一步提升, 都有待于深入研究。

### (四) 稻田渔业系统生态补偿的研究

稻田渔业系统的生态功能必须进行科学分类和计算, 实现数字化和市场化, 科学确定稻田渔业贡献的生态价值, 参照人工森林系统和自然湿地保护的经济补偿标准, 研究稻田渔业系统生态补偿的标准和计算办法。

### (五) 稻田渔业生态管理的研究

稻田渔业作为具有生态功能的农业产业和具有产业功能的生态系统, 必须按照生态规律及其经济规律加强管理。深入研究稻田渔业主体生态化、模式生态化、产品生态化、效益生态化和营销生态化的系统管理方法, 促进稻田渔业实现经济效益、生态效益和社会效益的统一。

## 7. 结语

稻田具有发展水产养殖的生态潜能。稻田渔业既有稳定粮食、发展渔业、开展旅游、保供增收等社会经济功能, 更有净化空气、调节气候、保持水土、改善水质、节能减排、控制污染等复合生态功能。稻田渔业系统是具有湿地生态系统完整生物结构和完全生态功能的复合农业系统, 达到了产业生态化、生态产业化和农业现代化的高度统一。研究稻田渔业生态战略问题是保护生态环境, 修复生态系统, 建设生态文明的必然要求, 对实现中国粮食安全、食品安全和生态安全具有特别重要的意义。

## 参考文献

- [1] 中国农业科学院, 中国水产科学研究院, 组编. 稻田养鱼技术新进展[M]. 北京: 农业出版社, 1990.
- [2] 焦雯君, 闵庆文, 主编. 浙江青田稻鱼共生系统[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [3] 农牧渔业部水产局, 编印. 全国稻田养鱼经验交流现场会资料选编(内部资料) [Z]. 北京: 农牧渔业部水产局, 1983.
- [4] 徐琪, 杨林章, 元华, 等, 编著. 中国稻田生态系统[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [5] 中国人民大学环境学院, 组编. 湿地生态系统保护与管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [6] 朱学宝, 施正峰, 主编. 中国鱼池生态学研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995.
- [7] 陆健健, 何文珊, 等, 编著. 湿地生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [8] 金伟栋. 2008年苏州发展报告蓝皮书[M]. 苏州: 古吴轩出版社, 2009.
- [9] 农业部渔业局, 全国水产技术推广总站, 编印. 稻田养鱼大有可为[M]. 北京: 农业部渔业局, 1994.
- [10] 奚业文. 稻虾连作生态高效技术试验分析[J]. 中国水产, 2013(6): 62-65.
- [11] 杨勇. 养蟹稻田稻蟹安全生育与协调高产技术[J]. 北京农业, 2014(3): 145-146.
- [12] 汪名芳, 薛镇宇, 编著. 稻田养鱼[M]. 北京: 金盾出版社, 1993.



**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-7967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ije@hanspub.org](mailto:ije@hanspub.org)