

钟旭华, 刘胜敏, 胡香玉, 姜志勇, 吴郁丽, 李妹娟, 胡锐, 梁洪基, 王昕钰, 傅友强, 梁开明, 潘俊峰, 刘彦卓. 广东鱼塘种稻研究现状与对策 [J]. 广东农业科学, 2022, 49 (9): 125–131.

## 广东鱼塘种稻研究现状与对策

钟旭华<sup>1</sup>, 刘胜敏<sup>2</sup>, 胡香玉<sup>1</sup>, 姜志勇<sup>2</sup>, 吴郁丽<sup>2</sup>, 李妹娟<sup>1</sup>, 胡锐<sup>1</sup>,

梁洪基<sup>2</sup>, 王昕钰<sup>1</sup>, 傅友强<sup>1</sup>, 梁开明<sup>1</sup>, 潘俊峰<sup>1</sup>, 刘彦卓<sup>1</sup>

(1. 广东省农业科学院水稻研究所 / 广东省水稻育种新技术重点实验室 / 广东省水稻工程实验室 /

农业农村部华南优质稻遗传育种重点实验室, 广东 广州 510640;

2. 广东省农业技术推广中心, 广东 广州 510520)

**摘要:** 鱼塘种稻是指利用水产养殖的池塘种植水稻的一种农业生产活动。发展鱼塘种稻, 可在稳定鱼塘养殖面积的同时扩大水稻种植面积, 提升粮食安全, 并减少养殖尾水污染。2022 年早季在广州开展的鱼塘种稻试验取得初步成功。供试水稻品种为粤泰油占、黄广油占、美香占 2 号、泰丰优 208、广红 3 号、粤香 430、粤农丝苗、五山丝苗、南晶香占等 9 个, 养殖品种为大口黑鲈、澳洲淡水龙虾、鲫鱼和黄颡鱼等 4 个。结果表明, 在鱼塘种植条件下, 不同水稻品种间的产量差异显著, 且与稻田种植差异大, 以粤香 430 产量最高, 每 667 m<sup>2</sup> 达到 390.8 kg, 比产量最低的泰丰优 208 增产 148.6%。4 个养殖品种均表现良好, 成活率高, 生长速度快, 其中以澳洲淡水龙虾表现最佳。目前鱼塘种稻还存在成本偏高、技术标准缺乏、基础研究滞后等问题, 亟需从浮板研制、稻渔品种搭配、水稻品种筛选、肥料运筹、有害生物防控、配套农机装备等方面加强协作攻关, 同时加强相关基础理论研究。通过技术集成, 建立鱼塘种稻绿色高产高效综合技术模式, 制定技术标准。随着研究深入和技术熟化, 鱼塘种稻将为我国特别是南方地区的粮食安全、农民增收、环境保护和美丽乡村建设做出应有贡献。

**关键词:** 鱼塘种稻; 粮食安全; 鱼塘养殖; 尾水治理; 对策

中图分类号: S511.4; S965

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X (2022) 09-0125-07

## Current Status and Strategies for the Research on Fish Pond Rice Planting in Guangdong

ZHONG Xuhua<sup>1</sup>, LIU Shengmin<sup>2</sup>, HU Xiangyu<sup>1</sup>, JIANG Zhiyong<sup>2</sup>, WU Yuli<sup>2</sup>, LI Meijuan<sup>1</sup>, HU Rui<sup>1</sup>,

LIANG Hongji<sup>2</sup>, WANG Xinyu<sup>1</sup>, FU Youqiang<sup>1</sup>, LIANG Kaiming<sup>1</sup>, PAN Junfeng<sup>1</sup>, LIU Yanzhuo<sup>1</sup>

(1. Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences / Guangdong Key Laboratory of New Technology for Rice Breeding / Guangdong Rice Engineering Laboratory / Key Laboratory of Genetics and Breeding of High Quality Rice in Southern China (Co-construction by Ministry and Province),

Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510640, China;

2. Guangdong Agricultural Technology Extension Center, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** Fish pond rice planting is an agricultural production activity that uses aquaculture ponds to grow rice. The development of fish pond rice planting technology can keep the aquaculture area, expand the rice planting area, improve food security, and reduce pollution from aquaculture tail water. In the early season of 2022, we conducted a fish pond rice planting experiment in Guangzhou and achieved initial success. The tested rice varieties were Yuetai Youzhan, Huangguang Youzhan, Meixiangzhan No. 2, Taifengyou 208, Guanghong No. 3, Yuexiang 430, Yuenong Simiao, Wushan Simiao, and Nanjing Xiangzhan. The aquaculture varieties

收稿日期: 2022-07-19

基金项目: 广东省乡村振兴战略专项省级组织实施项目 (粤财农〔2022〕100 号); 广东省农业科学院学科团队建设项目 (202112TD); 广东现代农业产业技术体系水稻产业创新团队项目 (2021KJ105)

作者简介: 钟旭华 (1963—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为水稻生理生态与栽培, E-mail: xzhong8@163.com

were largemouth black bass, Australian freshwater lobster, crucian carp and yellow catfish. The results showed that there was significant difference in grain yield among tested rice varieties under fish pond cultivation and the difference was much greater than that under field cultivation. The yield of Yuexiang 430 was the highest, reaching 390.8 kg/667m<sup>2</sup>, which was 148.6% higher than that of Taifengyou 208. The four aquaculture varieties all performed well, with high survival rate and fast growth speed, among which the Australian freshwater lobster performed the best. At present, there are still some critical problems such as high cost, lack of technical standards and lagging behind in basic research in fish pond rice planting. Coordinated efforts should be made to enhance low-cost floating bed development, improve rice and fishery matching, screen out more rice varieties, optimize fertilizer management and pest control, manufacture or adapt supporting machinery and equipment, and strengthen relevant theoretical researches. Finally, the green, high-yield and high-efficiency fish pond rice planting procedures and standards should be established through technical integration. With the deepening of research and the maturing of technologies, the fish pond rice planting technology will make increasing contributions to food security, farmers' income increase, environmental protection and beautiful countryside construction in China, especially in the southern regions.

**Key words:** fish-pond rice planting; food security; fish-pond aquaculture; tail water treatment; strategies

广东是一个拥有 1.27 亿人口的粮食消费大省, 年粮食消费量达到 5 000 多万 t, 而粮食产量仅 1 200 多万 t, 自给率仅 24% 左右, 粮食安全问题备受关注。水稻是广东第一大粮食作物, 2020 年播种面积 183.4 万 hm<sup>2</sup>, 总产量 1 099.6 万 t, 分别占粮食作物总播种面积和总产量的 83.2% 和 86.7%<sup>[1]</sup>。稳定水稻种植面积, 提高水稻产量, 是保障广东粮食安全的关键。近年来, 广东先后采取对撂荒地复耕复种、耕地占补平衡等措施, 稳定水稻种植面积, 并取得了一定成效。但由于农村劳动力短缺、种粮效益低等原因, 稳定水稻种植面积的难度越来越大, 成本也越来越高。而广东地处华南, 水产养殖发达, 如能开发部分鱼塘水面种植水稻, 可有效扩大水稻种植面积, 为保障广东粮食安全开辟一条新路。

鱼塘种稻是指利用水产养殖的池塘种植水稻的一种农业生产活动。根据水稻种植与水产养殖在时间上是否重叠或部分重叠, 鱼塘种稻可分为稻渔轮作或连作(时间上不存在重叠)和稻渔共作(时间上存在重叠)等类型。根据水稻种植在鱼塘中的空间位置, 鱼塘种稻可分为鱼塘水上种稻和鱼塘塘底种稻两种类型。前者以适当的材料为漂浮载体, 在鱼塘水面上种植水稻, 后者则直接在鱼塘塘底种植水稻, 通常采用高秆水稻品种。根据水稻种植基质的不同, 鱼塘水上种稻又可分为无土栽培(水培)和土培两种类型。无土栽培一般采用海绵等支撑物固定水稻植株, 而土培则采用塘泥等基质固定。此外, 根据鱼塘水中的盐分含量高低, 可将鱼塘分为淡水鱼塘和咸水鱼塘, 它们对水稻品种和种植技术的要求有所不同。鱼塘水上土培种稻具有稻渔共生、一塘两用、实施

方便等优势, 是目前鱼塘种稻的主要模式, 本文以此模式为主展开分析。

1980—1990 年代, 中国水稻研究所开展了水上无土种植水稻研究并取得成功<sup>[2-5]</sup>。该研究以泡沫板为浮体材料, 采用海绵固植水稻植株, 每 667 m<sup>2</sup> 实收稻谷产量达到 496 kg<sup>[2]</sup>。但由于种植成本高等原因, 未能实现大面积应用。随着科技不断进步和新材料、新装备不断涌现, 以及国家对粮食安全、环境保护问题日益重视, 鱼塘种稻技术再次受到关注。近年来重庆、浙江等地出现了鱼塘种稻的零星应用案例<sup>[6-7]</sup>。但这些案例多为基层农技人员或农户的自发探索, 缺乏系统研究, 也未形成成熟的技术方案。2022 年我们研究团队在广东省广州市开展了鱼塘种稻初步试验。本文对鱼塘种稻研究进行梳理, 并结合我们的初步研究结果, 对目前鱼塘种稻的存在问题、发展策略进行探讨, 以期为推动鱼塘种稻的深入研究和应用提供参考。

## 1 发展鱼塘种稻的意义

### 1.1 鱼塘种稻有利于扩大水稻种植面积, 保障粮食安全

广东是渔业大省, 2020 年全省水产养殖面积 47.41 万 hm<sup>2</sup>, 其中淡水养殖面积 30.94 万 hm<sup>2</sup><sup>[8]</sup>, 相当于稻田面积的 33.7%。如果能开发 50% 鱼塘种植水稻, 按每年 2 季、种稻面积占水面面积 1/3 计, 则每年可增加水稻种植面积 10.3 万 hm<sup>2</sup>, 相当于现有水稻播种面积的 5.6%。2020 年中国人工淡水养殖面积 504.06 万 hm<sup>2</sup><sup>[8]</sup>, 其中相当部分具有发展鱼塘种稻的潜力。已有研究表明, 鱼塘

种稻具有不怕旱、不怕涝、病虫害为害轻、抗倒性强等优势,稳产性较好<sup>[3-4]</sup>。

### 1.2 鱼塘种稻有利于稳定鱼塘养殖,协调粮渔争地矛盾

鱼塘养殖是南方水网地区的传统农业生产模式,以其经济效益高等优势深受广大农民喜爱。随着生活水平的提高和食物结构的变化,农业产业结构不断调整优化。由于种粮经济效益不佳,为了追求更高的种养效益,部分稻田被转为养殖鱼塘,水产养殖面积持续扩大。但近年来随着国内外形势的变化和我国粮食安全问题突显,部分鱼塘面临复耕种稻的压力,种粮与水产养殖的矛盾显现。鱼塘种稻可以一塘两用,水上种稻,水下养殖,在稳定鱼塘养殖的同时增加水稻种植面积,从而缓解粮渔争地矛盾,实现粮食安全与农民增收的协调。

### 1.3 鱼塘种稻有利于净化水质,减轻环境污染

合理的饲料投入是实现水产养殖高产高效的基础。但养殖尾水中往往出现氮磷等物质超标问题,导致环境污染。随着国家对环境保护的日益重视,养殖尾水排放的污染问题备受关注,《淡水池塘养殖水排放要求》(SC/T 9101-2007)等相关标准和法规出台,要求养殖尾水达标排放。为解决池塘养殖尾水污染问题,广东正着力推广“三池两坝”(即沉淀池+过滤坝+曝气池+过滤坝+生态池)等尾水处理技术。该技术要求各水产养殖场“三池两坝”面积不低于养殖总面积的8%~10%<sup>[9]</sup>。此外,氮和磷是养殖尾水中的主要污染物,而它们恰恰是水稻生长发育所需的主要营养元素。每生产100 kg稻谷,水稻需吸收纯氮1.5~2.0 kg、纯磷0.26 kg左右<sup>[10-11]</sup>。鱼塘种稻可以利用水稻吸收鱼塘水中的氮、磷等元素,实现养分循环利用,从而净化水质,减轻环境污染。宋祥甫等<sup>[12]</sup>采用浮床无土种植的方法,研究了鱼塘种稻对富营养化水体中氮磷的去除效果,结果表明,在水深1.4 m左右、水面浮床覆盖率分别为20%、40%和60%条件下,通过水稻自分蘖至成熟期历时84 d处理,全池水体中全氮净去除率分别为29.0%、49.8%和58.7%,总磷净去除率分别为32.1%、42.0%和49.1%。李凤博等<sup>[13]</sup>在黄颡鱼精养塘塘底种植高秆型水稻,研究发现在水稻生长期,种稻鱼塘水体中的氮、磷养分含量显著低于不种稻单养鱼池塘;在水稻收获期,不

种稻单养鱼塘水体的总氮和总磷含量为11.98、0.52 mg/L,超过《淡水池塘养殖水排放要求》标准,而种稻鱼塘水体中的总氮和总磷含量仅为0.49、0.08 mg/L,达到《淡水池塘养殖水排放要求》一级标准;种稻鱼塘水体中的总氮、铵态氮、硝态氮和总磷含量分别比不种稻鱼塘降低96%、98%、98%和84%。

按渔业水质标准规定,水体溶氧量在连续24 h内必须有16 h以上高于5 mg/L,且任何时候都不得低于3 mg/L。根系是水稻吸收水分和养分的主要器官,同时也是多种物质合成和分泌的场所<sup>[14]</sup>。水稻与其他水生和湿生植物一样,为适应淹水胁迫环境,在根系内形成发达的通气组织。通气组织为根系氧气运输提供通道,满足根部呼吸需要。氧气由地上部通过通气组织向地下部运输,部分被释放到根际,使根际形成微域氧化圈。这不仅缓解了一些还原性物质对根系的毒害作用,同时也促进了硝化作用等好氧过程,对根际氮素循环发挥重要作用<sup>[15]</sup>。据测定,水稻单株根系径向泌氧量(ROL)随着水稻生长显著增加,且高产品种增加幅度大于低产品种。根系发达、通气组织发育好的水稻ROL也较大。在水稻播种后50 d,低产品种和高产品种的ROL分别为700、1 400  $\mu\text{mol}/\text{株}\cdot\text{h}$ 左右<sup>[15]</sup>。若保守地按667  $\text{m}^2$ 种植水稻15 000株、种稻面积占鱼塘面积30%、ROL为700  $\mu\text{mol}/\text{株}\cdot\text{h}$ 、每天根系泌氧12 h计,则667  $\text{m}^2$ 水稻的根系泌氧量为1.21 kg/d。按水深1.5 m计,则可使鱼塘水体溶解氧浓度提高1.21 mg/L。可见,鱼塘种稻通过水稻根系泌氧,可在一定程度上改善鱼塘水体的氧气供应。种稻鱼塘的化学需氧量(COD)低于不种稻单养鱼塘<sup>[13]</sup>,也印证了这一观点。

## 2 广东鱼塘种稻研究初步进展

### 2.1 试验材料与方法

2022年早季,我们在广州市南沙区广东国际渔业高科技园开展鱼塘种稻试验,共用4口鱼塘(编号1~4号),水面面积共0.93  $\text{hm}^2$ 。1号塘为水稻品种筛选试验,供试水稻品种为粤泰油占、黄广油占、美香占2号、泰丰优208、广红3号、粤香430、粤农丝苗、五山丝苗、南晶香占等9个(另有品种19香因遭受严重鼠害未纳入分析),养殖品种为大口黑鲈优鲈3号。2、3、4号塘供试水



稻品种分别为南晶香占、粤农丝苗和五山丝苗，养殖品种分别为澳洲淡水龙虾红螯螯虾、白金丰产鲫和黄颡鱼。

水稻于3月21日播种，常规抛秧盘育秧，4月13—24日移栽。选用33.4 cm×33.4 cm×5 cm的HDPE材质塑料浮板（壁厚≥2 mm，拉力>180 kN/m<sup>2</sup>，浮力>300 kN/m<sup>2</sup>）。配套塑料小钵，小钵钵高8 cm，开口内径8 cm，盆底内径4.5 cm，底部有内径1 cm小孔8个。每块浮板4穴，每667 m<sup>2</sup>种植2.4万穴，水稻种植面积占鱼塘面积的45%。以塘泥作为栽培基质，每盆装风干塘泥250 g，每盆栽插1穴，杂交稻每穴2苗，常规稻每穴3~5苗。移栽作业在岸上进行，移栽前先将塑料浮板拼接成10 m<sup>2</sup>的大块，然后将移栽好的盆钵置于浮板洞中，移栽完成后再将浮板移入水中并固定。在水稻移栽前，每667 m<sup>2</sup>施用复合肥（含氮15%、五氧化二磷5%、氧化钾10%）36 kg作基肥。移栽后根据水稻长势，1、2、3、4号塘分别在分蘖末期采用叶面喷施的方式每667 m<sup>2</sup>追施尿素2.5、2.5、7.5、5.0 kg。

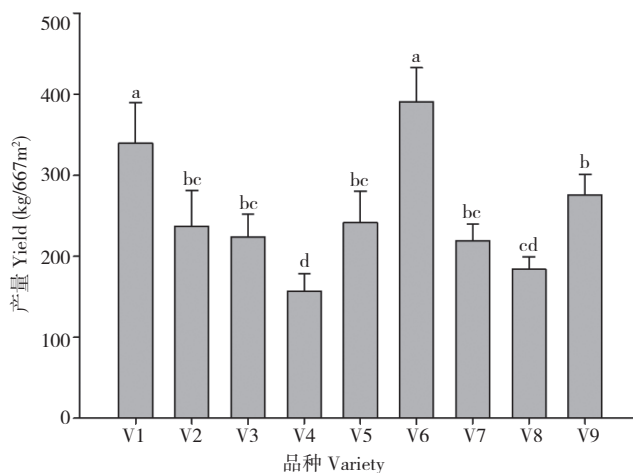
水稻播种的同时进行鱼塘清淤、消毒、平整和放水等作业。在水稻移栽完成后，分别在1、2、3、4号鱼塘每667 m<sup>2</sup>投放大口黑鲈2 000尾、澳洲淡水龙虾3 500尾、鲫鱼2 000尾和黄颡鱼10 000尾，投放时各养殖品种种苗的体长分别为5.7、3.0、5.8、3.0 cm。按常规养殖方法投喂和管理。

在水稻成熟期，对1号塘各水稻品种以及2、3、4号塘水稻品种，分别随机选取3个代表性样点，每个样点实割100盆，脱粒晒干，去除杂质和空秕粒，称取300 g在105℃下烘干至恒重，测定水分含量，最后折算成含水量14%的稻谷产量。

采用Excel 2007整理数据，采用Statistix 8.0统计分析软件进行方差分析，采用 $t$ 测验检验品种间产量差异显著性。

## 2.2 试验结果与启示

由图1可见，不同水稻品种在鱼塘种植条件下的产量存在显著差异（ $F=14.15^{**}$ ， $P<0.0001$ ）。在本试验条件下，9个供试品种中以粤香430稻谷产量最高，每667 m<sup>2</sup>产量为390.8 kg，其次是粤泰油占、为339.2 kg，泰丰优208产量最低、为157.2 kg。产量最高品种与最低品种相差148.6%，变异系数为29.21%。据了解，9个供试水稻品种的区试产量（按两年区试每667



V1~V9 分别为粤泰油占、黄广油占、美香占2号、泰丰优208、广红3号、粤香430、粤农丝苗、五山丝苗、南晶香占。

柱上小写英文字母不同者表示差异显著

V1~V9 are Yuetai Youzhan, Huangguang Youzhan, Meixiangzhan 2, Taifengyou 208, Guanghong 3, Yuexiang 430, Wushan Simiao, and Nanjin Xiangzhan, respectively. Different lowercase letters above the bar charts represent significant differences

图1 不同水稻品种鱼塘种植条件下的稻谷产量

Fig. 1 Grain yields of different rice varieties grown in fish pond

m<sup>2</sup>平均产量计）分别为：粤泰油占447.87 kg、黄广油占486.38 kg、美香占2号365.08 kg、泰丰优208 457.78 kg、广红3号430.20 kg、粤香430 456.25 kg、粤农丝苗429.27 kg、五山丝苗458.11 kg、南晶香占424.15 kg，以黄广油占的产量最高、美香占2号最低，产量最高品种与最低品种的产量相差33%，变异系数为7.71%。可见，鱼塘种植条件下的水稻产量表现与稻田种植时的产量表现差异很大，稻田种植时产量高的，在鱼塘种植时产量不一定高，反之亦然。而且鱼塘种植条件下不同品种的产量差异，比稻田种植条件下的产量差异大得多。

同一水稻品种在不同鱼塘的产量也存在较大差异。1号塘和2号塘的施肥量完全相同，但南晶香占在1号塘的稻谷产量每667 m<sup>2</sup>为275.9 kg，而在2号塘（养殖澳洲淡水龙虾）的稻谷产量为399.0 kg，比1号塘高44.6%；3号塘的粤农丝苗（养殖鲫鱼）和4号塘的五山丝苗（养殖黄颡鱼）产量分别为294.4、453.0 kg，也与1号塘相应品种的产量存在很大差异，说明施肥和水产养殖对水稻产量有显著影响。水稻品种与养殖品种的优化搭配，以及种植和养殖技术的改进，值得进一步深入研究。

本试验条件下4个养殖品种均表现良好，成活率高，没有出现死亡现象。有的养殖品种的生

长速度甚至比不种稻条件下还快,如澳洲淡水龙虾经过2个半月的养殖期,平均体重从0.8 g增长到50 g。这可能与鱼塘种稻对水质的改善有关<sup>[16]</sup>,也可能与本试验中的养殖密度较低有关。有研究表明,在鱼塘底部种植水稻能显著促进日本沼虾生长,日本沼虾的平均体重比不种稻对照增加73.1%<sup>[16]</sup>。

### 3 广东鱼塘种稻研究对策

目前,鱼塘种稻还存在成本偏高、技术标准缺乏、基础研究滞后等问题,成为制约其发展的瓶颈,亟需组织水稻种植、水产养殖和农机装备等方面的科技人员进行联合攻关。目前,对鱼塘种稻研究需重点开展以下工作:

#### 3.1 研发鱼塘种稻专用浮板,实行标准化生产,降低成本

当前鱼塘种稻的一个重要限制因素是种植成本高,特别是浮板成本和人工成本。目前采用EVA泡沫浮板,每667 m<sup>2</sup>成本为1万元左右,若按重复使用5~7季计,则每季成本为1 500~2 000元,若采用HDPE塑料浮板则成本更高。如能按照鱼塘种稻的技术要求,进行浮体材料的定向筛选,研制鱼塘种稻专用浮板,有可能找到更为价廉物美的材料,并通过浮床结构和固定方法的优化,节省材料用量,从而大幅降低浮板成本。此外,随着鱼塘种稻规模的扩大和浮板生产的批量化、标准化,浮板价格也将下降。

#### 3.2 开展适宜鱼塘种稻的水稻品种筛选和专用品种选育

试验表明,在鱼塘种植条件下,不同水稻品种的产量表现与稻田种植时不同。例如,在2022年早季的鱼塘种稻试验中,泰丰优208和粤香430的区试产量相近,每667 m<sup>2</sup>分别为457.78、456.25 kg;但在鱼塘种植条件下,前者的稻谷产量比后者低得多,前者仅为后者的40.2%。这一现象表明鱼塘种稻的水稻品种筛选必须在鱼塘种植条件下进行。要扩大筛选范围,筛选出更多适合鱼塘种植的水稻品种。有必要开展鱼塘种稻专用水稻品种选育。沿海地区部分鱼塘处于咸淡水交汇区,还需考虑水稻品种的耐盐碱能力。浙江已成功选育适合鱼塘塘底种植的高秆型专用杂交稻安梗优1号<sup>[17]</sup>。目前适合水上浮床种植的鱼塘种稻专用水稻品种尚未见报道。

### 3.3 开展鱼塘种稻关键种养技术研究

**3.3.1 水稻品种和养殖品种的合理搭配研究** 鱼塘种稻是由水稻、水产动物、水体等组成的复合生态系统,水稻与水产动物之间可能存在复杂的相生相克关系,需经过研究提出水稻与水产动物的优化组合。

**3.3.2 种稻面积占比与适宜种养密度研究** 目前,鱼塘种稻面积占鱼塘水面面积的比例一般为10%~60%不等。实际上,不同水产养殖品种的适宜种稻面积占比可能不同,亟需通过试验研究加以明确。在不影响养殖品种生长发育的情况下,适当提高种稻面积占比,有利于充分利用鱼塘水面,增加稻谷产量。水稻和养殖品种的适宜种植(养殖)密度,也需通过试验加以明确和规范。有研究表明,鱼塘种稻明显影响日本沼虾个体生长,在种稻面积占比为50%、种植间距为50 cm×50 cm时,日本沼虾放养密度以90万尾/hm<sup>2</sup>为宜<sup>[16]</sup>。

**3.3.3 鱼塘种稻的肥料运筹研究** 在鱼塘种稻条件下,水稻种植于浮板的小钵钵中,与稻田栽培相比,基质养分供应少、缓冲能力小。根系长期处于鱼塘水中,不能通过晒田(控水)控制无效分蘖,水稻群体的调控主要通过养分(肥料)调控来实现。此外,鱼塘水质和饲料投入也对水稻的养分供应产生影响。因此,鱼塘种稻的肥料运筹要综合考虑水稻养分需求、基质养分供应、鱼塘水质、饲料投入等多种因素。

**3.3.4 鱼塘种稻的有害生物绿色防控研究** 目前国家对水产养殖投入品实行白名单制度,水稻在鱼塘内生长期间全程不能使用农药,这为鱼塘种稻有害生物的防控带来挑战。水稻病虫害防控应以防为主,综合防治。通过选用抗病品种、消毒种子,以及采用生物防治(如种植显花植物培育益虫、释放赤眼蜂)和物理防治(如性诱剂、杀虫灯、粘鼠板)等措施,做好病虫草鼠鸟等有害生物防控。最近,吕进等<sup>[18]</sup>以黑鱼为供试材料,研究在稻田养鱼条件下几种农药对鱼的安全性,结果表明,在大田登记推荐剂量下,氯虫苯甲酰胺、氯虫·噻虫嗪、吡蚜酮、井冈霉素、噻菌铜、春雷霉素对黑鱼均表现为低毒,可用于套养黑鱼的稻田水稻病虫害防治。有必要针对鱼塘种稻中水稻病虫害的防控问题,积极开展相关试验研究,探索将部分高效低毒农药(特别是生物农药)纳

入水产养殖投入品白名单的可能性。

### 3.4 研发或改装鱼塘种稻配套农机装备

目前鱼塘种稻主要采用育秧和人工移栽方式,劳动力投入多,人工成本高,这是目前鱼塘种稻成本高的主要原因之一。轻简化(减少作业环节、减轻劳动强度)和机械化(机器替人)是解决这一问题的主要途径。鱼塘种稻不需要犁耙田,但其种植、管理、收割与稻田差异很大,因此须围绕种、管、收等关键环节,研制专用农机装备或对现有装备进行适应性改装。在种植方面,可从机械化育插秧和机直播两方面着手。目前我们研究团队在鱼塘直播稻、无人机追肥、机械化收割等方面开展探索并取得了初步成功。下一步要通过产学研合作、校企合作,加大研发力度,以期实现鱼塘种稻的机械化和智能化。

### 3.5 集成鱼塘种稻绿色高产高效综合技术模式,制定技术标准

目前鱼塘种稻尚未建立技术标准,不利于产量、品质和经济效益的稳定和提高。要根据各地自然和社会经济条件以及产品市场定位,通过品种、技术、装备的综合集成,形成独具特色、先进实用的鱼塘种稻高产高效综合技术模式,制定相关技术标准,为提高产量、品质和打造品牌提供科技支撑。

### 3.6 加强鱼塘种稻相关基础理论研究

目前关于鱼塘种稻的理论研究仍不系统、不深入。要加强鱼塘种植条件下的水稻生长发育、养分吸收利用、产量品质形成以及稻渔共生互作、鱼塘水体环境反应等基础研究,探明内在规律,阐明作用机理,为鱼塘种稻技术体系的建立和大面积推广应用奠定扎实的理论基础。我国南方素有种稻养鱼(虾、蟹等)的传统,相当部分鱼塘可以开发进行鱼塘种稻。目前,广东省农业农村厅已将鱼塘种稻试点示范扩大到珠江三角洲的广州、佛山、江门、肇庆等9个地级市。随着研究的不断深入和技术的逐步熟化,鱼塘种稻技术将为我国(特别是南方地区)的粮食安全、农民增收、环境保护以及美丽乡村建设做出应有贡献<sup>[19]</sup>。

#### 参考文献(References):

[1] 国家统计局. 国家数据[EB/OL]. (2021-12-31)[2022-07-31]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.  
State Statistical Bureau. National data[EB/OL]. (2021-12-31)[2022-07-31]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>.

[2] 宋祥甫, 应火冬, 朱敏, 吴伟明. 自然水域无土栽培水稻的研究[J]. 中国农业科学, 1991, 24(4): 8-13.  
SONG X F, YING H D, ZHU M, WU W M. A study on growing rice with floating method on the waters[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1991, 24(4): 8-13.

[3] 宋祥甫, 熊振民, 应火冬, 朱敏, 吴伟明. 自然水域无土栽培水稻技术[J]. 农业科技通讯, 1992(7): 6-7.  
SONG X F, XIONG Z M, YING H D, ZHU M, WU W M. The technology on growing rice with floating method on the waters[J]. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 1992(7): 6-7.

[4] 宋祥甫, 吴伟明, 应火冬, 金千瑜, 朱敏, 陆永良, 邹国燕. 自然水域无土栽培水稻的生态适应性研究[J]. 中国水稻科学, 1996, 10(4): 227-234. DOI:10.1007/BF02951625.  
SONG X F, WU W M, YING H D, JIN Q Y, ZHU M, LU Y L, ZOU G Y. Studies on the ecological adaptability of growing rice with floating bed on the natural waters[J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 1996, 10(4): 227-234. DOI:10.1007/BF02951625.

[5] 王军红. 水上种植水稻新技术[J]. 农村实用工程技术, 1994(2): 10.  
WANG J H. New technology of planting rice on water[J]. *Rural Practical Engineering Technology*, 1994(2): 10.

[6] 重庆市万州区鱼种站. 重庆万州鱼塘水面种稻亩产过千斤[J]. 中国水产, 2014(10): 26. DOI:10.3969/j.issn.1002-6681.2014.10.009.  
Chongqing Wanzhou District fish seed station. Planting rice on the water surface of Chongqing Wanzhou fish pond yields more than 1000 Jin per mu[J]. *China Fisheries*, 2014(10): 26. DOI:10.3969/j.issn.1002-6681.2014.10.009.

[7] 赵武强. 铜梁: 鱼塘水面无土种稻获得成功. 渔业致富指南[J]. 2018(17): 12.  
ZHAO W Q. Tongliang: Success in soilless rice planting on the surface of fish ponds[J]. *Fishery Guide to getting Rich*, 2018(17): 12.

[8] 农业农村部渔业渔政管理局. 国家渔业统计数据[EB/OL]. (2021-12-31)[2022-07-31]. <http://data.cnfm.com.cn/web/moa/fishTotal/dataSearch.aspx>.  
Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. National fishery statistics[EB/OL]. (2021-12-31)[2022-07-31]. <http://data.cnfm.com.cn/web/moa/fishTotal/dataSearch.aspx>.

[9] 刘梅, 原居林, 倪蒙, 练青平, 郭爱环. “三池两坝”多级组合工艺对内陆池塘养殖尾水的处理[J]. 环境工程技术学报, 2021, 11(1): 97-106. DOI:10.12153/j.issn.1674-991X.20200153.  
LIU M, YUAN J L, NI M, LIAN Q P, GUO A H. Treatment of inland pond aquaculture tail water by multi-stage combined process of “three ponds and two dams”[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2021, 11(1): 97-106. DOI:10.12153/j.issn.1674-991X.20200153.

[10] FAIRHURST T, WITT C. Rice: A practical guide to nutrient management[M]. Los Baños: International Rice Research Institute, 2002: 5-7.

[11] 钟旭华, 黄农荣, 郑海波. 华南双季杂交稻氮素养分消耗量及其影响因素研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 569-576. DOI:10.11674/zwjy.2007.0406.  
ZHONG X H, HUANG N R, ZHENG H B. Nitrogen consumption of double-season hybrid rice and influence factors in South China[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2007, 13(4): 569-576.



- DOI:10.11674/zwf.2007.0406.
- [12] 宋祥甫, 邹国燕, 吴伟明, 金千瑜, 应火冬. 浮床水稻对富营养化水体中氮、磷的去除效果及规律研究[J]. 环境科学学报, 1998(5): 43–48. DOI:10.13671/j.hjkxb.1998.05.008
- SONG X F, ZOU G Y, WU W M, JIN Q Y, YING H D. Study on the removal effect and regulation of rice plants on floating-beds to main nutrients N and P in eutrophicated water bodies [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1998, 18(5): 43–48. DOI:10.13671/j.hjkxb.1998.05.008
- [13] 李凤博, 冯金飞, 周锡跃, 吴殿星, 陈凡, 徐春春, 方福平. 鱼塘种稻对养殖水体营养物质的去除作用研究[J]. 中国水稻科学, 2015, 29(2): 174–180. DOI:10.3969/j. issn.1001-7216.2015.02.009.
- LI F B, FENG J F, ZHOU X Y, WU D X, CHEN F, XU C C, FANG F P. Nutrients removal from fish pond by rice planting [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2015, 29(2): 174–180. DOI:10.3969/j. issn.1001-7216.2015.02.009.
- [14] 刘依依, 傅志强. 水稻根系泌氧特性及其影响因素[J]. 作物研究, 2014, 28(3): 312–315. DOI:10.3969/j.issn.1001-5280.2014.03.23.
- LIU Y Y, FU Z Q. Characters of oxygen exudation from rice roots and its influence factors [J]. *Crop Research*, 2014, 28(3): 312–315. DOI:10.3969/j.issn.1001-5280.2014.03.23.
- [15] 李奕林. 水稻根系通气组织与根系泌氧及根际硝化作用的关系[J]. 生态学报, 2012, 32(7): 2066–2074. DOI:10.5846/stxb201111111712.
- LI Y L. Relationship among rice root aerenchyma, root radial oxygen loss and rhizosphere nitrification [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(7): 2066–2074. DOI:10.5846/stxb201111111712.
- [16] 王力, 姜路辛, 陈凡, 吴殿星, 杭勇. 日本沼虾-渔稻鱼塘种稻系统的相互影响及种养配置[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(7):88–91. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.07.030.
- WANG L, JIANG L X, CHEN F, WU D X, HANG Y. The interaction and planting-breeding configuration in macrobrachium nipponense-rice system [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(7): 88–91. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2016.07.030.
- [17] 谭宏, 周锡跃, 方福平, 舒小丽, 张宁, 吴殿星. 鱼塘专用杂交水稻新品种安梗优1号选育及特征特性[J]. 中国稻米, 2020, 26(2): 77–79. DOI:10.3969/j.issn.1006-8082.2020.02.018.
- TAN H, ZHOU X Y, FANG F P, SHU X L, ZHANG N, WU D X. Breeding and characteristics of angengyou 1, a specific hybrid rice cultivar for planting in fish pond [J]. *China Rice*, 2020, 26(2): 77–79. DOI:10.3969/j.issn.1006-8082.2020.02.018.
- [18] 吕进, 何云川, 陈敏, 周文武, 祝增荣, 王仪春, 潘欣葆, 朱捷. 对稻鱼共生模式中农药安全性的筛选[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(10): 65–67. DOI:10.3969/j.issn.1672-6820.2021.10.012.
- LV J, HE Y C, CHEN M, ZHOU W W, ZHU Z R, WANG Y C, PAN X B, ZHU J. Screening of pesticide safety in rice fish symbiosis model [J]. *China Plant Protection Guide*, 2021, 41(10): 65–67. DOI:10.3969/j.issn.1672-6820.2021.10.012.
- [19] 黄巧义, 黄旭, 唐拴虎, 杜建军, 张木, 李苹, 付弘婷. 广州市郊稻田氮肥减施的产量和氮肥利用效率分析[J]. 广东农业科学, 2020, 47(9):66–72. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.09.009.
- HUANG Q Y, HUANG X, TANG S H, DU J J, ZHANG M, LI P, FU H T. Effects of reducing nitrogen application on yield and nitrogen utilization efficiency of paddy field in suburb of Guangzhou [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2020, 47(9):66–72. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.09.009.

(责任编辑 崔建勋)



钟旭华, 博士, 二级研究员, 华中农业大学兼职教授, 广东省现代农业产业技术体系水稻产业创新团队首席专家, 中国作物学会栽培专业委员会委员, 广东省植物生理学会副理事长。从事水稻生理生态及栽培研究。主持国家自然科学基金、国家“863”计划、国家公益性行业科研专项等项目 30 多项, 发表学术论文 120 余篇。获国际发明专利 (PCT) 1 项, 软件著作权 1 项。获得省部级科研成果奖 8 项, 其中一等奖 1 项、二等奖 3 项。2014 年获国际肥料行业协会 (IFA) Norman Borlaug 奖。主持研制的水稻“三控”施肥技术先后入选农业农村部主推技术和超级稻“双增一百”技术, 连续多年入选广东省农业主推技术和广东省农业面源污染治理重点推广技术, 应用范围涵盖广东、广西、江西等 11 个省 (自治区)。主持研发的水稻低碳高产栽培技术, 具有节水节肥、稳产高产、面源污染和温室气体排放少等优势, 被国家发改委列入重点推广技术目录。