

DOI: 10.12264/JFSC2020-0064

大水面鳊增殖放流技术及效果评估研究进展

李为^{1,2}, 刘家寿^{1,2}, 叶少文^{1,2}, 林明利^{1,3}, 苑晶^{1,2}, 李钟杰^{1,2}, 张堂林^{1,2}

1. 中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430072;
2. 国家淡水渔业工程技术研究中心(武汉), 湖北 武汉 430072;
3. 中国科学院深海科学与工程研究所, 海南 三亚 572000

摘要: 鳊(*Siniperca chuatsi* Basilewsky)是淡水生态系统中的顶级捕食者, 也是我国传统的渔业对象。多年来由于人类活动的过度干扰导致现阶段湖泊、水库等大水面鳊自然资源衰退严重。增殖放流作为水生生物资源养护和恢复的重要措施在世界各国大量开展。近年来针对鳊增殖放流开展了一系列基础性研究工作, 切实提高了鳊增殖放流的综合效益。本文综述了基于合理放流规格、放流时间、放流地点和放流数量的鳊增殖放流技术, 从经济效益、生态效应、社会效益 3 个方面系统阐述鳊增殖放流效果评估研究的最新进展, 并对该领域未来的研究方向进行了展望, 以期为我国大水面鳊增殖放流工作提供借鉴和参考。

关键词: 鳊; 增殖放流; 效果评估; 大水面

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)06-0808-11

鳊(*Siniperca chuatsi* Basilewsky)是我国传统的重要名贵淡水鱼类, 其肉质细嫩, 味道甘美, 无肌间刺, 营养价值丰富, 深受消费者青睐。鳊是典型的肉食性鱼类, 处于食物链的顶端, 喜食活饵料, 是小型鱼类种群的重要调节者, 可通过下行效应影响生态系统的结构和功能, 对维持淡水生态系统的平衡和稳定有着重要的作用。近几十年来, 受过度捕捞、栖息地环境破坏、水体富营养化加剧等因素的影响, 鳊资源量急剧衰退^[1]。为了恢复鳊资源, 我国自 20 世纪 90 年代开始在长江流域湖泊开展鳊增殖放流工作, 近 30 年来科研人员围绕鳊增殖放流体系的建立做了大量基础性工作^[1]。本文从放流规格、放流时间、放流地点和放流数量对大水面鳊的增殖放流技术策略进行综述, 从经济效益、生态效应、社会效益 3 个方面对鳊增殖放流效果评估的进展进行综合评述, 并对该领域未来的研究趋势进行展望, 以期为我

国大水面鳊增殖放流工作提供借鉴和参考。

1 鳊的分布与天然资源现状

鳊对温度有较强的适应性, 在我国广泛分布于北至黑龙江、南至红河水系之间的各大水系的干支流及其附属湖泊、水库。20 世纪 60 年代以前, 鳊在黑龙江水系、海河水系、黄河水系、淮河水系、长江水系、珠江水系等几大水系及其附属湖库的野生资源较为丰富, 在渔获量中占有较大比例(5%~10%)^[1]。70 年代后, 鳊野生资源衰退严重。长江水系的洪湖, 在 20 世纪 50 年代鳊是该湖的重要经济鱼类, 1960 年鳊的渔获量占当年总渔获物的 5%左右, 而 1981—1982 年鳊渔获量占总渔获量的比例下降到 0.2%^[2], 2003 年洪湖采样调查发现鳊的渔获量比例更低, 鳊在渔获物中已很少见^[3]。黑龙江流域 20 世纪 90 年代鳊的资源量较 60 年代明显衰退, 捕捞个体的年龄结构从

收稿日期: 2020-12-07; 修订日期: 2021-02-10.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD0900601); 国家自然科学基金项目(31201994, 31670542); 国家大宗淡水鱼产业技术体系项目(CARS-45); 山东省农业良种工程项目(2017LZN003); 中国科学院青年创新促进会人才项目(2019331).

作者简介: 李为(1983-), 副研究员, 主要从事渔业生态与水产增养殖学研究. E-mail: liwei@ihb.ac.cn

通信作者: 张堂林, 研究员, 研究方向为鱼类生态学与水产养殖. E-mail: tlzhang@ihb.ac.cn

13 个龄组降低到 3~4 个龄组, 平均体长由 42.5 cm 降到 32.8 cm, 产卵群体比例由 2.2% 大幅度下降到 0.2% 左右; 鳊捕捞渔获量占总渔获的比例也从 20 世纪 60 年代的 2%~3% 下降到 21 世纪初的不足 1%^[4]。20 世纪 60 年代以前, 鳊是洪泽湖的主要经济鱼类, 70 年代初其年产量降至 5000~10000 kg, 至 90 年代初鳊的年产量仅 2000~3000 kg^[5]。20 世纪 90 年代, 黄河、海河的干支流以及白洋淀、东平湖、微山湖、江苏北部湖泊中的鳊种群数量很小, 已成为偶见种^[6]。

鳊天然资源的严重衰退由多方面原因造成, 长期的过度捕捞是重要原因之一。20 世纪 70 年代中小型湖泊大规模放养“四大家鱼”等大型鲤科鱼类的放养模式发展起来, 当时认为鳊对这些经济鱼类的增殖具有严重的破坏作用, 因此将鳊作为大水面增殖的除害对象, 导致鳊天然资源的严重衰退^[7]。另外, 栖息生境的丧失、水体富营养化加剧也是致使鳊天然资源锐减的重要原因。

2 大水面鳊增殖放流现状

从 20 世纪 90 年代开始, 针对长江中下游湖泊存在的生态环境问题, 结合这些湖泊小型鱼类和虾类资源丰富的现状, 中国科学院水生生物研究所率先提出了鳊湖泊增殖放流渔业模式, 并在湖北省梁子湖及周边湖泊进行了增殖放流技术研究示范, 主张在适度放养常规鱼类及河蟹的基础上, 通过放养鳊将湖泊中丰富的低值小型鱼类和虾类资源转化为名贵水产品, 达到优化湖泊生态系统结构并提高渔业产值的目的。该模式在长江中下游地区许多浅水湖泊得到推广应用, 取得了较好的增殖放流效果^[1,8-9]。近年来, 广东、山东、陕西、四川和黑龙江等省份为了养护水生生物资源和恢复鳊种群, 也先后在较多湖泊和水库开展了鳊增殖放流活动。然而和先前其他众多放流鱼类一样, 鳊的增殖放流工作缺少严密的规划, 放流时的技术参数缺乏明确的科学依据, 对放流后的实际资源增殖效果、水域生态的修复作用、潜在的生态风险等缺乏系统的评估, 以上这些工作的滞后导致一些湖泊在鳊增殖放流时存在很大的盲目性, 难以获得预期的效果。2019 年, 随着

国家水产行业标准《水生生物增殖放流技术规范—鳊》(SC/T 9430-2019) 的发布与实施, 大水面鳊增殖放流工作将得到可靠的技术支撑, 对指导鳊增殖放流工作的合理有序开展发挥重要作用。

3 增殖放流技术

水生生物增殖放流包括亲鱼选育和管理、苗种繁殖和培育、苗种运输、标记方法以及放流策略等多个技术环节。其中苗种繁育技术的突破是开展增殖放流的基础, 而基于合理放流规格、放流时间、放流地点和放流数量的放流策略是影响放流效果的关键技术环节。因此在此重点介绍鳊的苗种繁育技术和放流技术策略。

3.1 苗种繁育技术

苗种人工繁育技术是水产养殖业可持续发展的基础, 同时也为水生生物资源增殖放流及生态养护提供了基础条件。鳊、大马哈鱼(*Oncorhynchus keta*)、虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*) 等鱼类在增养殖方面均取得了良好效果, 与其已经成熟的人工繁殖和苗种培育技术紧密相关^[10]。我国在鳊的形态学、生物学、生理学、生态学等方面开展了许多研究, 积累了大量研究基础资料^[11-16]。自从 1974 年鳊人工繁殖首次成功后, 经过渔业科技工作者历经数十年的试验与研究, 建立了一套完善的鳊规模化人工繁殖和苗种培育技术^[11]。随着技术水平的不断提高, 鳊苗种的生产成本越来越低, 全长 3~4 cm 鱼种的生产成本在广东省一般为 0.2~0.3 元, 在湖北省为 0.4~0.5 元。除广东、湖北外, 长江中下游其他省区也建有一些鳊苗种繁育场, 每年可供应大量苗种。因此, 在大水面发展鳊增殖放流渔业已经具备了良好的苗种保障。

3.2 放流规格

确定适宜的苗种放流规格是增殖放流的关键环节, 其对放流后苗种的成活、回捕及经济效益均能产生重要影响。一般放流苗种规格越大, 成活率和回捕率越高, 但其放流成本也越高^[17]。最适放流规格的苗种在放流过程中应呈现出适合度高、经济效益高的特点。理论上, 苗种最适放流规格为放流后苗种成活率较高时的最小体长, 但增殖放流种类不同其最适的放流规格不同; 即便

是同种鱼类,在不同的增殖区域其适合放流的苗种大小也很可能不同。因此,需要根据放流水体的实际情况进行多次实验和实践之后再确定最佳的苗种放流规格。2012年在湖北阳新县小塞湖开展了不同规格鳊苗种[全长:小规格(30±2.12) mm;中规格(51±3.04) mm;大规格(83±6.54) mm]的增殖放流效果对比实验,结果表明放流鳊的存活率、终末体重、产量和净收益随放流规格的增加而增加,大规格放流鳊的成活率(63%)是小规格组(19.5%)的 3.23 倍,是中规格组(39.1%)的 1.61 倍,大规格放流组的净收益明显高于小个体放流组,但和中规格放流组无明显差异^[17]。随后在湖北牛山湖、扁担塘、肖四海和江西南北港、造湖连续开展相同放流规格的鳊增殖放流生产实验,发现在每年 5—7 月进行灌江纳苗的南北港和造湖中,鳊苗种成活率和回捕率明显升高。分析认为,灌江纳苗引入了大量的仔稚鱼,为放流鳊苗提供了丰富且适口的饵料资源,促进了鳊苗种的成活和生长^[1]。可以看出对于鳊等食鱼性鱼类,其放流规格的确定与放流水域中饵料资源的丰富度和适口性也紧密相关。因此需要在综合考虑放养效益的基础上对放流鳊的规格进行合理选择。对于小型鱼类和虾类等饵料资源丰富和适口性好的水域,建议放流全长为 25~35 mm 的幼鳊,而对于饵料资源相对贫乏的水域,建议放流全长大于 50 mm 的幼鳊^[1,11]。

3.3 放流时间

放流时间是增殖放流技术的重要参数之一,在合理的时间放流可以明显提升放流动物的成活率和生长量。多数研究表明,在春季和秋季开展增殖放流较夏季能取得更高的成活率和回捕率^[18-20]。在美国马里兰州罗德河和南河中放流圈养和散养的蓝蟹(*Callinectes sapidus*)幼蟹,结果显示幼蟹在早春和秋季放流存活率较高,夏季存活率最低^[18]。秋季放流的红鼓鱼(*Sciaenops ocellatus*)的回捕率明显高于夏季放流的鱼^[19]。研究认为夏季高水温促进放流水体中捕食者活动的增强,从而提升其对放流种类的捕食^[18]。但对于不同的增殖放流种类,放流时间的选择也存在一定的差异。Sánchez-Lamadrid^[21]经过 5 年的增殖放流实验发

现,秋末或冬季为金头鲷(*Sparus aurata*)的最佳放流时间,但此时温度过低不利于其快速生长。因此,最适宜的放流时间应根据放流种类的繁殖生物学特征、生长规律、放流水体的环境、饵料资源等条件综合确定,它会受到苗种供应时间、水温、饵料资源、捕食者等因素的多重影响。鳊苗种放流时间建议选择在 5—6 月,主要是基于以下因素^[11]:(1) 鳊人工苗种繁育一般在 4—5 月,选择在 5—6 月放流可保证有充足的苗种来源;(2) 湖泊和水库中很多鱼类的繁殖季节都在 3—5 月,5—6 月放流时其他鱼类的仔稚鱼能为放流幼鳊提供相对丰富和适口的饵料来源,有利于放流幼鳊的成活和生长;(3) 鳊虽然是湖泊水库中的顶级捕食者,但其在幼体阶段也面临被其他大个体捕食者捕食的风险,而 5—6 月放流水体丰富和适口的饵料来源可减少放流幼鳊被捕食的压力。

3.4 放流地点

放流地点的选择也是决定放流效果的重要因素,放流地点的生境特征直接影响放流种类的成活率和生长率^[21]。理论上最佳的放流地点是增殖种类自然产卵场分布的区域,因为此区域的水质环境、生境异质性、饵料生物和敌害生物等环境条件均有利于放流苗种的成活和生长^[21-22]。同时了解和研究放流种类的基础生物学和生态学特征对合理选择放流生境也至关重要。例如,鳊成熟个体视网膜只有单一的光感觉系统,无法形成色觉,视敏度不高,但视网膜光敏感性极高,夜视觉十分发达,能在极低照度下识别猎物的运动和大致形状,以偷袭的方式捕食活饵。同时其头背部的侧线系统对活饵的低频振动敏感,适于在夜间对活动猎物进行近距离识别和定位,因此鳊能在视觉受限时利用侧线系统进行捕食^[23]。鳊的这一生物学特性致使其在清水和浊水(浊度小于 80NTU)中对饵料的捕食成功率没有显著性差异^[24],因此在无水草的湖泊和水库,建议选择水质相对浑浊、底质生境相对复杂的区域放流。在浑浊的区域,饵料丰富且饵料鱼反捕食能力下降,有利于鳊的捕食成功,同时较高的水体浊度和复杂的栖息生境能抑制其他大个体食鱼性鱼类对鳊苗种的捕食,从而提高成活率。在有沉水植被的生境

中, 幼鳊的捕食效率随着沉水植物密度的降低而显著降低^[25], 因此, 有沉水植物分布的湖泊和水库, 鳊人工放流建议选择沉水植物密度适中(水草生物量在 1500 g/m² 左右)的沿岸带区域^[1]。不同的放流种类对生境的要求各不相同, 但总体上适宜的放流地点应满足以下 4 个条件: 首先, 应确保远离放流水体的进出水口; 其次, 水质环境满足放流种类的生活条件, 第三, 生境异质性程度较高, 具有丰富的饵料资源; 第四, 远离捕食者经常栖息的区域^[26]。

3.5 放流数量

放流数量是增殖放流技术的重要组成部分, 也是决定增殖放流效果的关键参数之一。放流数量太少或超过增殖水域对该种类的最大容纳量时, 放流群体一般难以获得预期的效果。放流数量太少, 种群恢复速度慢, 同等捕捞条件下获取的渔获量少, 经济效益低; 而放流数量过多会使野生种群显现负密度依赖效应^[27], 即随着种群密度的急剧增加, 野生群体和放流群体在有限的资源下同时对栖息地空间和食物资源展开竞争, 不仅影

响野生群体的存活、生长和繁殖投入, 放流群体所需的生存条件也难以得到保证。一般认为, 放流数量可以根据增殖水体的饵料和其他捕食者来确定, 这是一种简单的经验方法, 很难保证放流数量的准确性。对于食鱼性鱼类, 在实际放流过程中需要提前确定许多参数才能明确准确的放流数量, 包括增殖鱼类的生物能量学模型、能量密度、增殖水体的年均水温、野生种群的生物量、饵料的生物量、饵料的生产量与生物量的比例(P/B 系数)、饵料的能量密度、捕食者对饵料的利用率以及放流群体的成活率等^[11]。为了确定鳊的合理放流数量, 中国科学院水生生物研究所渔业生态学研究团队经过多年的系统研究先后确定了上述参数, 提出了大水面鳊放流数量的计算方法(图 1)。主要计算流程包括: (1) 基于鳊生物能量学模型^[28]和增殖水体野外数据, 确定了单尾幼鳊的年饵料消耗量; (2) 根据优势饵料生物量和 P/B 系数估算增殖水体中饵料的年生产量^[29-30]; (3) 计算鳊的渔产潜力; (4) 根据鳊放流群体的成活率和野生种群的生物量和结构, 确定放流数量^[11]。

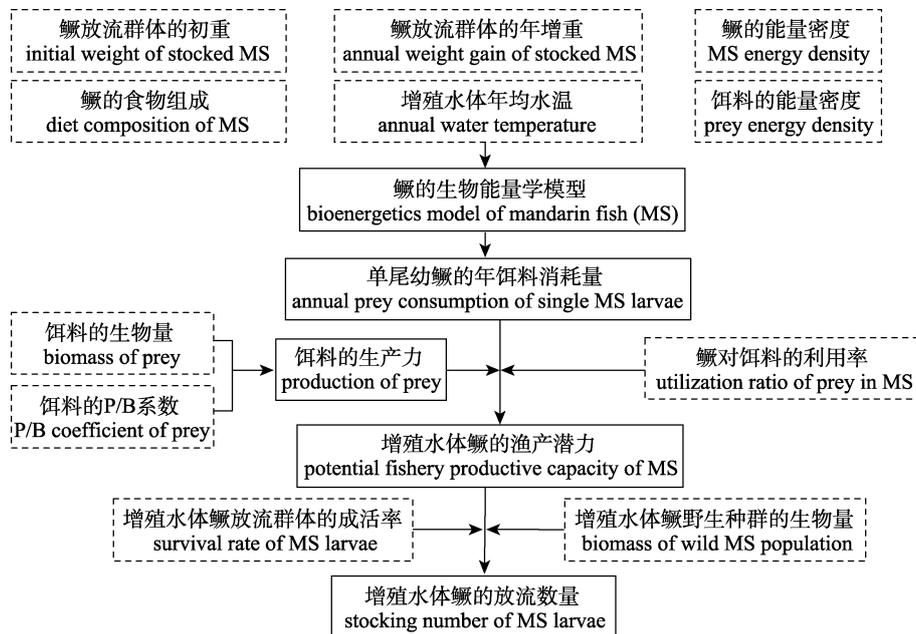


图 1 大水面鳊放流数量的计算方法流程图

Fig. 1 Flowchart of calculation method of stocking numbers of mandarin fish (MS) in large water bodies

4 增殖放流效果评估

增殖放流效果评估是基于某一特定的增殖放

流活动, 在放流以后的一段时间内, 为了检查和评估放流工作是否达到预期效果, 对增殖放流所

产生的经济、生态和社会效益进行客观的衡量和评述^[31]。它是放流工作体系的核心环节之一，也是增殖放流研究工作的重点和难点，更是判定放流工作成功与否的关键。合理有效的增殖放流效果评估体系应该包括产生的经济效益、生态效益和社会效益三个方面，三者缺一不可。段金荣等^[32]在鱼骨分析法和层次分析法的基础上，将与增殖放流效果评价相关的因子进行分析和分类，得到 3 个准则层，即生态效益、经济效益和社会效益，其中生态效益包含 5 个评价指标，经济效益包含

4 个评价指标，社会效益包含 6 个评价指标，这 15 个评价指标大体涵盖了增殖放流效果评估的各个环节，有一定的应用价值。程家骅等^[33]对增殖放流效果评价体系进行了系统的总结，指出应当确定多元化的评价指标。但不同的增殖放流对象具有不同的生态习性和生物学特征，因此其评估指标也会存在一定的差异。笔者根据鳊的生物学和生态学特性，从经济效益、生态效益和社会效益等三个方面提出鳊增殖放流效果评价体系（图 2）。

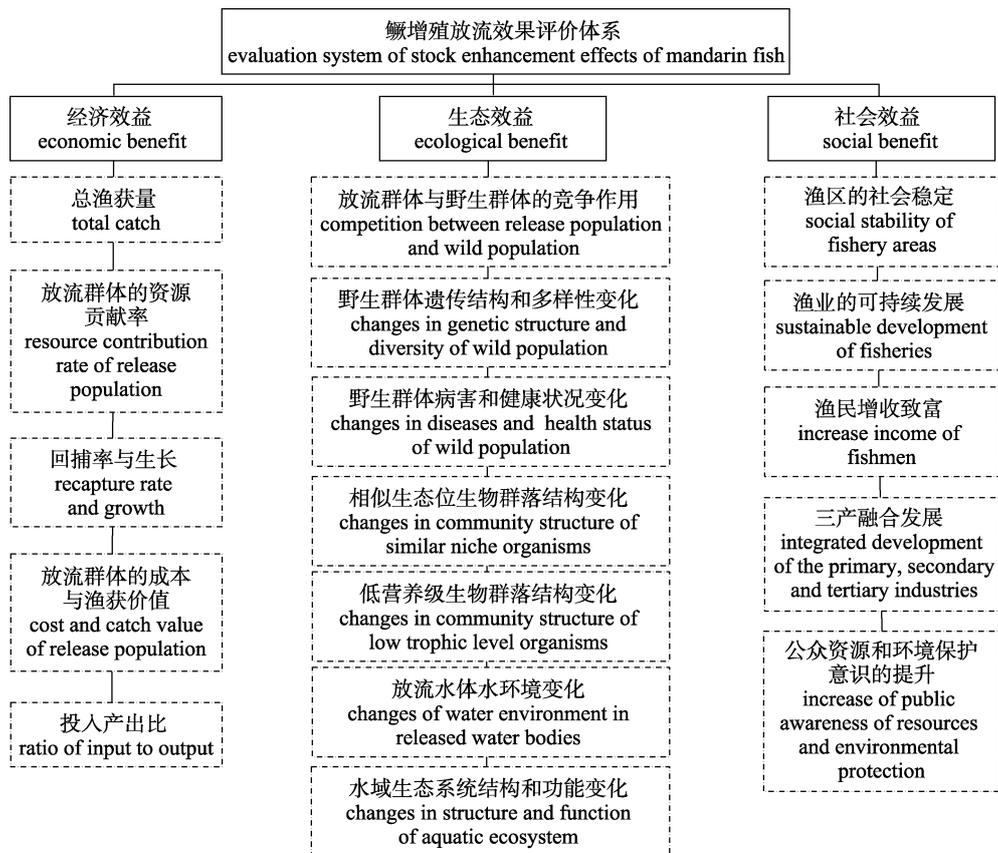


图 2 鳊增殖放流效果评估体系示意图

Fig. 2 Schematic diagram of evaluation system of stock enhancement effects of mandarin fish

4.1 增殖效果评估的主要方法

标记放流回捕分析技术是国内外水生生物资源增殖放流效果评价的主要方法，水生生物种群数量的变动也可以根据标记放流的结果进行估算。随着标记理论与技术的不断创新，标记方法也取得了长足发展^[34]。淡水生物的标记技术主要包括实物标记和分子遗传标记。实物标记是传统的标记方法，其标记物的种类多，标记对象多样，

是目前应用历史最悠久和最广泛的标记技术。实物标记又分为体外标记和体内标记，体外标记如切鳍、挂牌、烙印、化学标记等；体内标记如编码金属线标、被动整合雷达标、内藏可视标等^[35]。近年来随着遗传学和分子生物学的发展，微卫星标记技术开始出现并被广泛应用。标志方法的优秀直接关系到放流效果的评价。不同的标记方法各有优缺点，适用对象和范围也不尽相同，需要

根据放流物种的大小、应激性、皮肤特征以及放流目的等实际情况进行选择。编码金属线标已被证明对标记水生生物幼体是最有效的(通常情况下小于 100 mm)^[17, 36-39]。张彬等^[39]通过编码金属线标标记幼鳊发现, 使用微型金属标志鳊背部肌肉用以研究放流回捕效果是非常有效可靠的方法, 其标志鳊放流后校正系数为 88.80%。

4.2 经济效益

经济效益是评价增殖放流效果最直观的指标, 其主要评价分析增殖放流的成本收益情况。成本收益由放流投入资金、捕捞成本和回捕收入等方面综合计算。在放流投入资金相同时, 其回捕收入直接关系经济效益的好坏, 而回捕收入主要由放流种类的回捕率和生长率决定。

大水面鳊增殖放流经济效益显著。湖北牛山湖在开展鳊增殖放流前的 1995 年鳊产量仅有 0.92 万 kg, 每公顷产 2.25 kg, 在总渔产量中仅占 1.5%; 经过 4 年的增殖放流后, 在维持常规鱼类养殖的基础上, 1999 年鳊产量增加到 7.3 万 kg, 每公顷达 18.15 kg, 比 1995 年增加了约 7 倍; 鳊产量在总产量中的比例提高到 6.6%, 4 年累计增加渔业产值 690.8 万元, 投入产出比达 1:25^[8]。何晏开等^[40-41]在湖北涨渡湖连续 4 年放流鳊夏花 25 万尾, 寸片 2 万尾, 鳊年产量由 4.8 t 上升到 31.5 t, 取得了良好的经济效益。

回捕率和生长率是决定增殖放流经济效益的关键指标, 但同一增殖放流品种在不同增殖放流水体其回捕率和生长率可能会出现明显的差异。笔者所在研究团队自 2003 年先后在湖北牛山湖、宁港湖、扁担塘、肖四海, 江西南北港、造湖开展编码金属线标标记幼鳊的人工增殖放流试验, 采用标记回捕法计算了增殖放流湖泊放流鳊的回捕率。结果显示, 以上 6 个湖泊放流幼鳊的周年回捕率分别为 16.5%、2.8%、3.5%、10.8%、27.4% 和 46.7%, 扁担塘、肖四海、南北港、造湖放流幼鳊的体重日特定生长率分别为 0.023、0.021、0.030 和 0.032^[11]。先前研究认为苗种质量、增殖容量、放流策略和放流后管理是影响放流群体回捕和生长的主要因素^[42], 然而以上湖泊的增殖放流苗种来源相同、放流策略相似, 因此推测增殖容量和

放流后管理可能是影响鳊经济效益的主要因素。南北港和造湖是通江湖泊, 每年 5—7 月的灌江纳苗可引入大量“江花”, 丰富且适口的饵料有利于提高放流幼鳊的成活和生长。综合分析认为饵料丰度是影响放流鳊回捕和生长的主要因素, 而回捕率还与捕捞方法和捕捞强度紧密相关。

4.3 生态效应

成功的增殖放流可以取得较好的经济、社会和生态效益, 然而, 不成功的增殖放流不仅经济效益低下, 而且会导致放流后的水域生态失衡、种间关系破坏、原有生物群落受到胁迫等负面生态效应。大量实践表明, 一些增殖放流活动在修复衰退渔业资源、提升增殖水域渔业产出能力的同时, 也可能会给野生资源种类的种群结构、遗传多样性、健康状况、群落结构以及增殖水域的水环境、生态系统结构与功能带来诸多生态风险^[43-46]。因此构建负责任增殖放流模式需要系统评价增殖放流的生态效应, 提前制定有效的生态风险防控措施。国内外渔业资源增殖放流的生态效应要从种群、群落和生态系统三个层面进行综合评估^[1, 47]。

增殖放流对增殖种类野生种群的影响主要体现在以下 3 个方面: (1) 增殖群体通过与野生种群间的生态竞争, 影响野生种群的种群规模。放流群体可通过食物竞争、生殖竞争、栖息地竞争以及产卵场竞争等生态竞争方式影响野生群体^[43, 48-50], 其影响方式及程度主要与增殖水域野生种群的数量和增殖苗种的放流量有关^[51-52]。例如, 美国明尼苏达州在有 大眼狮鲈(*Stizostedion vitreum*) 野生种群栖息的湖泊中连续开展大眼狮鲈增殖放流, 如果放流频率和放流量超过了一定范围, 不仅不能提升增殖水域大眼狮鲈的丰度, 反而会使野生群体的平均体重呈现持续减小的趋势^[53]。在长江中游浅水湖泊肖四海开展鳊增殖放流, 发现在放流后 13 个月时鳊放流群体的平均全长和体重均显著低于同龄野生群体, 但在 16 个月时二者均无显著性差异; 同时分析鳊放流群体和野生群体的食物组成显示二者的食物重叠指数小于 0.6, 二者之间无明显的食物竞争^[54]。这表明基于增殖湖泊的本底资源和鳊生物能量学模型进行的科学放流可有效防控增殖放流带来的生态风险。(2) 通

过与野生种群杂交影响其遗传多样性和生态适合度。基因交流是放流群体影响野生种群遗传多样性的主要方式。如果放流群体与野生种群之间存在一定的遗传差异,当放流群体与野生种群发生基因交流时,基因渐渗作用会使野生种群面临近交或远交衰退,从而引起野生种群的地方适应性和适合度的降低,表现为生长减慢、抗病力下降等^[55-56]。吴旭等^[57]研究肖四海湖野生和放流鳊群体遗传结构,发现野生群体遗传多样性明显高于放流群体,近交及瓶颈效应会引起野生群体遗传结构的改变,从而导致群体间的遗传分化。(3) 通过疫病传播影响野生种群的健康状况。放流群体在人工繁育和养殖条件下,受养殖密度过高、养殖水体污染以及其他胁迫作用等因素的影响,其携带寄生虫、细菌和病毒的概率通常会增高,放入增殖水体后产生病害传播的几率也会升高,从而影响野生水生生物的健康。目前关于鳊的病虫害已有较多研究和报道,但放流鳊是否会通过病害侵入影响野生鱼类还未见报道。

增殖放流鱼类进入增殖水域后通常会与其处于相同生态位的野生鱼类在食物或栖息地空间方面发生竞争,从而对具有相同生态位鱼类的群落结构和种群规模产生一定的影响。鳊人工繁育群体放入扁担塘后,其与野生大眼鳊(*Siniperca kneri* Garman)在食物上没有明显的竞争,放流鳊主要以个体较小的米虾为食,而大眼鳊主要以个体较大的沼虾和鲫为食^[1],这说明在饵料生物供给充沛且野生资源种类具有较为宽泛的营养生态位的情况下,放流群体和野生群体存在较大的共存概率。同时,鳊作为淡水生态系统中的顶级捕食者,其可通过营养级串联效应对低营养层次生物群落产生影响。已有研究表明在扁担塘开展连续 5 年的鳊增殖放流有效降低了小型鱼类的生物量,优化了小型鱼类的群落结构和优势类群的种群结构,且无小型鱼类种类减少^[58]。

增殖放流鱼类特别是高营养级的食鱼性鱼类可通过竞争和捕食作用引起生物群落的串联反应,不仅会引起各生物类群种群结构的改变,而且可能会引起水质的变化,从而对整个生态系统的结构和功能造成一定的影响^[9,58-60]。丹麦 Lyng 湖连

续 6 年增殖放流白斑狗鱼(*Esox lucius* L.),发现白斑狗鱼放流可以通过营养级联作用降低浮游动物食性鱼类的丰度,提升水体的透明度^[59]。Huryn 等^[60]研究发现开展虹鳟增殖放流会改变增殖水域的食物网结构,影响该水域初级生产者向高营养层次生物的能量转换效率。Li 等^[58]研究发现湖泊中鳊增殖放流后总氮含量明显降低,透明度升高,对水质改善有积极作用。Lin 等^[9]通过 Ecopath 模型比较鳊和中华绒螯蟹放流前后武湖生态系统的功能特征,发现鳊放流后武湖食物网复杂性增加,生态系统稳定性和成熟度上升。目前国内关于增殖放流对增殖水域生态系统结构和功能影响的研究和实例较少,还需要更多系统深入的研究来解析增殖放流对大水面生态系统的影响。

4.4 社会效益

对于增殖放流的社会效果评价主要从渔业资源综合管理能力决策水平、社会对自然资源的生态保护意识、服务生态文明建设和乡村振兴等国家政策 3 个方面进行^[61]。从渔业资源综合管理能力决策水平上评价,增殖放流既是渔业管理部门的行政管理工作,也是一项公益性的事业。管理部门通过掌握放流-监测-评估等增殖放流过程,不断优化调整增殖放流措施,完善渔业资源增殖放流计划,高效保护和利用渔业资源。从社会对资源生态保护意识的层面上分析,通过开展增殖放流活动、举行增殖放流仪式、强化增殖放流宣传报道等多种公众宣传方式,使公众了解我国水生生物资源的现状,理解水生生物资源的重要性,意识到增殖放流工作的必要性,唤起公众自觉保护水生生物资源和参与增殖放流活动的热情,在渔业管理部门的指导下科学合理地开展增殖放流。从服务于生态文明建设和乡村振兴等国家战略层面分析,合理开展增殖放流有利于水体生态修复和水环境的改善,提升湖泊、水库等大水面的生态和景观功能,是国家生态文明建设的重要抓手;同时,通过开展增殖放流,实现渔业“三产”融合、促进乡村振兴战略的重要措施。湖北牛山湖、武湖开展鳊增殖放流,不仅取得了可观的经济效益,而且改善了湖区的生态环境,带动了周边餐饮业和旅游业的发展,显著增加了渔民和

湖区百姓的收入,促进了渔区的社会稳定,获得积极的社会效果^[8-9]。

5 结语

渔业资源增殖放流是一项集水产养殖、渔业资源、渔业捕捞、环境保护、渔业管理以及新兴技术等众多学科为一体的物种保护和资源增殖措施,其在放流前、放流中、放流后都涉及一系列基础性科研问题。我国鳊的增殖放流始于 20 世纪 90 年代,近 30 年来相关部门和科研机构致力于不断提高鳊增殖放流的成活率和综合效益,在鳊标记技术、增殖放流关键技术研发和增殖效果评估等相关研究领域做了大量基础性工作,为我国大水面鳊增殖放流工作的开展提供了技术支撑。但人们对于鳊增殖放流工作所存在的生态风险认知较为薄弱,在鳊人工繁育放流群体的适合度评估以及增殖放流生态效应评估方面的工作较为滞后和不足。例如,关于鳊放流群体和野生群体的相互作用关系以及鳊增殖放流对生态系统的影响仅在少数湖泊进行了短期评价,缺乏多维度的长期系统研究;鳊放流群体对同种野生群体遗传结构和遗传多样性的影响、鳊放流群体寄生虫和细菌等病害侵入作用对野生群体的影响等研究均未开展。同时鳊增殖放流技术也有待进一步优化和完善,如人工繁育鳊放流前的生存技能驯化和野外驯化技术等。针对此现状,作者认为渔业管理部门和研究机构应按照负责任增殖放流的思想理念,从鳊增殖放流活动的前期、中期和后期等多个环节入手,系统研究鳊人工繁育放流群体的行为特性和适合度特征,优化细化增殖放流技术策略,不断提升鳊增殖放流技术水平和效果;加强鳊增殖放流生态风险评估研究工作,不断完善融合种群、群落、生态系统等多层面的生态效应评价体系,最大限度地降低增殖放流活动的生态风险,保障鳊增殖放流工作科学健康可持续发展。

参考文献:

- [1] Li W, Liu J S, Zhang T L, et al. Handbook of Stock Enhancement Technology for Mandarin Fish *Siniperca chuatsi* Basilewsky[M]. Beijing: Science Press, 2014. [李为, 刘家寿, 张堂林, 等. 鳊增殖放流技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2014.]
- [2] Cao W X, Zhang G H, Ma J, et al. Preliminary discussion on miniaturization of fish resources in Honghu Lake[M]// Honghu Lake Research Group, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences. Research on Comprehensive Development of Honghu Lake Water Body's Biological Productivity and Optimization of Lake Ecological Environment. Beijing: China Ocean Press, 1991: 148-152. [曹文宣, 张国华, 马骏, 等. 洪湖鱼类资源小型化现象的初步探讨[M]//中国科学院水生生物研究所洪湖课题研究组. 洪湖水体生物生产力综合开发及湖泊生态环境优化研究. 北京: 海洋出版社, 1991: 148-152.]
- [3] Zhang B. Effects of stocking enhancement and genetic diversity of mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) in shallow lakes along the middle and lower reaches of the Yangtze River[D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2007. [张彬. 长江中下游浅水湖泊人工放流的效果评价及鳊遗传多样性的研究[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2007]
- [4] Ren M L. The biology of mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) in Heilongjiang River[J]. Chinese Journal of Fisheries, 1994, 7(2): 17-26. [任慕莲. 黑龙江的鳊鱼[J]. 水产学杂志, 1994, 7(2): 17-26.]
- [5] Zhang C G, Chen D X. The biological basis of Hongze Lake mandarin fish and the rational utilization of resources [J]. Journal of Hydroecology, 1995, 16(2): 16-17. [张春光, 陈大雪. 洪泽湖鳊的生物学基础及资源的合理利用[J]. 水利渔业, 1995, 16(2): 16-17.]
- [6] Zhang C G, Zhao Y H. The current situation of mandarin fish resources in China and the ways of restoration and rational utilization[J]. Bulletin of Biology, 1999, 34(12): 9-11. [张春光, 赵亚辉. 我国鳊资源现状及其恢复和合理利用的途径[J]. 生物学通报, 1999, 34(12): 9-11.]
- [7] Liu J K, Cao W X. Fish resources of the Yangtze River basin and the tactics for their conservation[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1992, 1(1): 17-23. [刘建康, 曹文宣. 长江流域的鱼类资源及其保护对策[J]. 长江流域资源与环境, 1992, 1(1): 17-23.]
- [8] Li Z J, Cui Y B, Zhang T L. Experiments on the technology of stock enhancement of mandarin fish in Niushan Lake// Cui Y B, Li Z J. Fishery Resources and Conservation of Environment in Lakes of the Yangtze River Basin[M]. Beijing: Science Press, 2005: 335-340. [李钟杰, 崔奕波, 张堂林. 牛山湖鳊鱼放流增殖技术试验//崔奕波, 李钟杰. 长江流域湖泊的渔业资源与环境保护[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 335-340.]
- [9] Lin M L, Li Z J, Liu J S, et al. Maintaining economic value of ecosystem services whilst reducing environmental cost: A

- way to achieve freshwater restoration in China[J]. PLoS One, 2015, 10(3): e0120298.
- [10] Liao I C, Su M S, Leaño E M. Status of research in stock enhancement and sea ranching[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2003, 13(2): 151-163.
- [11] Yao G C, Li W. Mandarin fish culture: Status and development prospects//Gui J F, Tang Q S, Li Z J, et al. Aquaculture in China: Success Stories and Modern Trends[M]. London: Wiley Blackwell, 2018: 256-269.
- [12] Liang X F. Study on mandarin fish and its culture home and abroad[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1996, 23(1): 13-17. [梁旭方. 国内外鳊类研究及养殖概况[J]. 水产科技情报, 1996, 23(1): 13-17.]
- [13] Tang Y P, Fan E Y. A study on the development of digestive organs and feeding habit of *Siniperca chuatsi* (Basilewsky)[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1993, 17(4): 329-336. [唐宇平, 樊恩源. 鳊鱼消化器官的发育和食性的研究[J]. 水生生物学报, 1993, 17(4): 329-336.]
- [14] Xie C X, Zhu B K, Yuan X H, et al. Study on biology of Baoan Lake mandarin fish and its maximum sustainable yield[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1997, 21: 195-207. [谢从新, 朱邦科, 袁新华, 等. 保安湖鳊生物学及其最大持续产量研究[J]. 水生生物学报, 1997, 21: 195-207.]
- [15] Yang R B, Xie C X, Yang X F. Study on the food composition of 6 ferocious fishes in Liangzi Lake[J]. Reservoir Fisheries, 2002, 23(3): 1-3. [杨瑞斌, 谢从新, 杨学芬. 梁子湖 6 种凶猛鱼食物组成的研究[J]. 水利渔业, 2002, 23(3): 1-3.]
- [16] Zhang H M, Liu L X, Lin K J, et al. Preliminary study on the feeding behavior of mandarin fish and the reasonable size of its bait fish[J]. Reservoir Fisheries, 1989, 10(6): 24-28. [张海明, 刘立新, 林可椒, 等. 鳊鱼摄食行为及其饵料鱼合理规格初探[J]. 水利渔业, 1989, 10(6): 24-28.]
- [17] Li W, Cai X W, Guo C B, et al. Effects of release size on survival, growth and yield of hatchery-reared mandarin fish stocked in a shallow Yangtze lake[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2018, 42(6): 1163-1168.
- [18] Johnson E G, Hines A H, Kramer M A, et al. Importance of season and size of release to stocking success for the blue crab in Chesapeake Bay[J]. Reviews in Fisheries Science, 2008, 16(1-3): 243-253.
- [19] Willis S A, Falls W F, Dennis C W, et al. Assessment of season of release and size at release on recapture rates of hatchery-reared red drum[J]. American Fisheries Society Symposium, 1995, 15: 354-365.
- [20] Stoner A W, Glazer R A. Variation in natural mortality: Implications for queen conch stock enhancement[J]. Bulletin of Marine Science, 1998, 62: 427-442.
- [21] Sánchez-Lamadrid A. Stock enhancement of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.): A ssesment of season, fish size and place of release in SW Spanish Coast[J]. Aquaculture, 2002, 210(1-4): 187-202.
- [22] Leber K M, Arce S M. Stock enhancement in a commercial mullet, *Mugil cephalus* L., fishery in Hawaii[J]. Fisheries Management and Ecology, 1996, 3(3): 261-278.
- [23] Liang X F, Oku H, Ogata H Y, et al. Weaning Chinese perch *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) onto artificial diets based upon its specific sensory modality in feeding[J]. Aquaculture Research, 2008, 32: 76-82.
- [24] Li W, Zhang T L, Zhang C W, et al. Effects of turbidity and light intensity on foraging success of juvenile mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Basilewsky)[J]. Environmental Biology of Fishes, 2013, 96(8): 995-1002.
- [25] Li W, Zhang T L, Hicks B J, et al. Neutral effects of turbidity across a gradient of vegetation density on the predation of juvenile mandarin fish (*Siniperca chuatsi*)[J]. International Review of Hydrobiology, 2019, 104(5-6): 99-105.
- [26] Jiang X L, Wang W, Lin G Q, et al. Discussion on major factors influencing the effects of fishery resources stock enhancement[J]. Fishery Modernization, 2015, 42(4): 62-67. [江兴龙, 王玮, 林国清, 等. 影响渔业资源增殖放流效果的主要因素探讨[J]. 渔业现代化, 2015, 42(4): 62-67.]
- [27] Zhang B, Li J L, Yang W B, et al. Assessments for impacts of red bream artificial releasing and enhancement[J]. Chinese Fisheries Economics, 2010, 28(3): 94-110. [张彬, 李继龙, 杨文波, 等. 人工繁殖真鲷苗种标志放流理论基础研究[J]. 中国渔业经济, 2010, 28(3): 94-110.]
- [28] Liu J, Cui Y, Liu J. Food consumption and growth of two piscivorous fishes, the mandarin fish and the Chinese snake-head[J]. Journal of Fish Biology, 1998, 53(5): 1071-1083.
- [29] Zhang T L, Cui Y B, Fang R L, et al. Population biology of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) in the Bao'an Lake. IV: population dynamics[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2000, 24(5): 537-545. [张堂林, 崔奕波, 方榕乐, 等. 保安湖麦穗鱼种群生物学 IV: 种群动态[J]. 水生生物学报, 2000, 24(5): 537-545.]
- [30] Zhang T L, Cui Y B, Fang R L, et al. Population biology of topmouth gudgeon in the Bao'an Lake. V: production[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(4): 331-337. [张堂林, 崔奕波, 方榕乐, 等. 保安湖麦穗鱼种群生物学 V: 生产力[J]. 水生生物学报, 2001, 25(4): 331-337.]
- [31] Li L P, Huang S L. A study on management of stock enhancement in China[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(5): 765-772. [李陆嫔, 黄硕琳. 我国渔业资源增殖放流管理的分析研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011,

- 20(5): 765-772.]
- [32] Duan J R, Xu D P, Liu K, et al. Effect evaluation of the fishery enhancement and release in Yangtze Rivers lower reach[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2012, 34(4): 795-799. [段金荣, 徐东坡, 刘凯, 等. 长江下游增殖放流效果评价[J]. *江西农业大学学报*, 2012, 34(4): 795-799.]
- [33] Cheng J H, Jiang Y Z. Marine stock enhancement: Review and prospect[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(3): 610-617. [程家骅, 姜亚洲. 海洋生物资源增殖放流回顾与展望[J]. *中国水产科学*, 2010, 17(3): 610-617.]
- [34] Kohler N E, Turner P A. Shark tagging: A review of conventional methods and studies[J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2001, 60(1-3): 191-224.
- [35] Zhang T L, Li Z J, Shu S W. A review on marking techniques in fish[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(3): 246-253. [张堂林, 李钟杰, 舒少武. 鱼类标志技术的研究进展[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(3): 246-253.]
- [36] Lin M L, Chen S B, Gozlan R E, et al. Stock enhancement of *Culter mongolicus*: Assessment of growth, recapture and release size in the Yangtze lakes[J]. *Fisheries Research*, 2021, 234: 105809.
- [37] Leber K M, Brennan N P, Arce S M. Recruitment patterns of cultured juvenile Pacific threadfin, *Polydactylus sexfilis* (Polynemidae), released along sandy marine shores in Hawaii[J]. *Bulletin of Marine Science*, 1998, 62(2): 389-408.
- [38] Johnson E G, Hines A H, Kramer M A, et al. Importance of season and size of release to stocking success for the blue crab in Chesapeake Bay[J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2008, 16(1-3): 243-253.
- [39] Zhang B, Li Z J. Tagging juvenile mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) with coded wire tag[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007, 14(z1): 53-58. [张彬, 李钟杰. 微型金属标记鳊稚鱼[J]. *中国水产科学*, 2007, 14(z1): 53-58.]
- [40] He Y K, Yu Y R, Lu Y Q, et al. Study on the technology of mandarin fish reproduction in Zhangdu Lake[J]. *Reservoir Fisheries*, 1994, 15(3): 24-27. [何晏开, 余幼如, 卢炎清, 等. 涨渡湖鳊鱼增殖技术研究[J]. *水利渔业*, 1994, 15(3): 24-27.]
- [41] He Y K, Ma J G, Wan J Y, et al. Research on multiplication and fishing techniques of mandarin fish in small and medium-sized lakes[J]. *Reservoir Fisheries*, 2002, 22(3): 33-35. [何晏开, 马金刚, 万建业, 等. 中小型湖泊鳊鱼增殖与捕捞技术的研究[J]. *水利渔业*, 2002, 22(3): 33-35.]
- [42] Liang J. Main factors affecting stock enhancement effect of marine fishery resources and its countermeasures[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2013, 31(5): 122-134. [梁君. 海洋渔业资源增殖放流效果的主要影响因素及对策研究[J]. *中国渔业经济*, 2013, 31(5): 122-134.]
- [43] Lorenzen K, Beveridge M C M, Mangel M. Cultured fish: Integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish[J]. *Biological Reviews*, 2012, 87(3): 639-660.
- [44] Eby L A, Roach W J, Crowder L B, et al. Effects of stocking-up freshwater food webs[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(10): 576-584.
- [45] Simon K S, Townsend C R. Impacts of freshwater invaders at different levels of ecological organisation, with emphasis on salmonids and ecosystem consequences[J]. *Freshwater Biology*, 2003, 48(6): 982-994.
- [46] van Poorten B T, Arlinghaus R, Daedlow K, et al. Social-ecological interactions, management panaceas, and the future of wild fish populations[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(30): 12554-12559.
- [47] Jiang Y Z, Lin N, Yang L L, et al. The ecological risk of stock enhancement and the measures for prevention and control[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(2): 413-422. [姜亚洲, 林楠, 杨林林, 等. 渔业资源增殖放流的生态风险及其防控措施[J]. *中国水产科学*, 2014, 21(2): 413-422.]
- [48] Jonsson B, Jonsson N. Cultured Atlantic salmon in nature: A review of their ecology and interaction with wild fish[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2006, 63(7): 1162-1181.
- [49] Pinter K, Weiss S, Lautsch E, et al. Survival and growth of hatchery and wild brown trout (*Salmo trutta*) parr in three Austrian headwater streams[J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2018, 27(1): 146-157.
- [50] Weber E D, Fausch K D. Interactions between hatchery and wild salmonids in streams: Differences in biology and evidence for competition[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, 60(8): 1018-1036.
- [51] Rose K A, Cowan Jr J H, Winemiller K O, et al. Compensatory density dependence in fish populations: Importance, controversy, understanding and prognosis[J]. *Fish and Fisheries*, 2001, 2(4): 293-327.
- [52] Liermann M, Hilborn R. Depensation: Evidence, models and implications[J]. *Fish and Fisheries*, 2001, 2(1): 33-58.
- [53] Li J Y, Cohen Y, Schupp D H, et al. Effects of walleye stocking on population abundance and fish size[J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 1996, 16(4): 830-839.
- [54] Li W, Hicks B J, Guo C B, et al. Does hatchery-reared *Siniperca chuatsi* (Actinopterygii, Perciformes) compete significantly with two wild *Siniperca* populations for diets in

- a shallow lake?[J]. *Hydrobiologia*, 2014, 741(1): 125-138.
- [55] Gharrett A J, Smoker W W. Two generations of hybrids between even- and odd-year pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*): A test for outbreeding depression?[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1991, 48(9): 1744-1749.
- [56] Lynch M, O'Hely M. Captive breeding and the genetic fitness of natural populations[J]. *Conservation Genetics*, 2001, 2(4): 363-378.
- [57] Wu X, Yan M J, Li Z J. Genetic structure of stocking domesticated and wild mandarin fish *Siniperca chuatsi* in Xiaosihai lake[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, 34(3): 562-568. [吴旭, 严美姣, 李钟杰. 肖四海湖野生和人工放流鳊群体遗传结构分析[J]. *水生生物学报*, 2010, 34(3): 562-568.]
- [58] Li W, Hicks B J, Lin M L, et al. Impacts of hatchery-reared mandarin fish *Siniperca chuatsi* stocking on wild fish community and water quality in a shallow Yangtze lake[J]. *Scientific Reports*, 2018, 8: 11481.
- [59] Søndergaard M, Jeppesen E, Berg S. Pike (*Esox lucius* L.) stocking as a biomanipulation tool 2. Effects on lower trophic levels in Lake Lyng, Denmark[J]. *Hydrobiologia*, 1997, 342: 319-325.
- [60] Hurn A D. Ecosystem-level evidence for top-down and bottom-up control of production in a grassland stream system[J]. *Oecologia*, 1998, 115(1-2): 173-183.
- [61] Liu L, Lin L, Li C H, et al. Effect assessment of marine fishery stock enhancement: A review of the literature[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2014, 41(2): 133-137, 143. [刘璐, 林琳, 李纯厚, 等. 海洋渔业生物增殖放流效果评估研究进展[J]. *广东农业科学*, 2014, 41(2): 133-137, 143.]

Research progress on technique and effect evaluation of mandarin fish stock enhancement in large water bodies

LI Wei^{1,2}, LIU Jiashou^{1,2}, YE Shaowen^{1,2}, LIN Mingli^{1,3}, YUAN Jing^{1,2}, LI Zhongjie^{1,2}, ZHANG Tanglin^{1,2}

1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;
2. National Freshwater Fisheries Engineering Technology Research Center (Wuhan), Wuhan 430072, China;
3. Institute of Deep-sea Sciences and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China

Abstract: Mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) is a top predator in the freshwater ecosystem, and also a traditional fishery target in China. Over the years, due to the excessive interference of human activities, the natural resources of mandarin fish in large water bodies such as lakes and reservoirs have sharply declined. As an important measure for the conservation and restoration of aquatic biological resources, stock enhancement has been carried out in a large number of countries worldwide. In recent years, a series of basic research studies on stock enhancement of mandarin fish have been carried out, which has effectively improved this comprehensive benefit. This paper summarizes the stock enhancement technology of mandarin fish based on a reasonable stocking size, release season, release site, and release numbers. The latest progress in the effect evaluation of mandarin fish stock enhancement on three aspects of economic benefit, ecological effect, and social benefit are systematically reviewed. The future research direction is also highlighted which provides a reference for stock enhancement of mandarin fish in China.

Key words: *Siniperca chuatsi*; stock enhancement; effect evaluation; large water bodies

Corresponding author: ZHANG Tanglin. E-mail: tlzhang@ihb.ac.cn