

# 银鲑人工繁育关键技术研究

刘菲<sup>1</sup> 郭田宇<sup>1</sup> 李玲瑶<sup>1,2,\*</sup> 袁紫乙<sup>1</sup>

(1. 潍坊学院, 生物与海洋学院, 现代设施渔业研究院, 潍坊市银鲑养殖设施工程重点实验室, 山东 潍坊 261061;  
2. 山东康科润海洋科技有限公司, 山东省银鲑鱼健康养殖工程技术协同创新中心, 山东 潍坊 261108)

**【摘要】**近年来, 银鲑 (*Oncorhynchus kisutch*) 因具有极高的营养价值和保健价值, 已成为三文鱼中最有发展前景的养殖品种之一。然而, 由于国内种质资源长期依赖进口, 已成为制约该品种规模化养殖的瓶颈。本研究旨在探索银鲑人工繁育关键技术, 获得批量受精卵, 实现苗种规模化繁育以满足国内银鲑苗种的市场需求。于2019年实现银鲑仔鱼孵化率达到63%, 苗种成活率达74%; 2020年银鲑仔鱼孵化率达到68%, 苗种成活率达83%, 生产银鲑优质苗种32.1万尾, 以期建立银鲑工厂化人工繁殖、育苗技术体系, 实现银鲑养殖种质的自给, 打破银鲑养殖产业种质和受精卵全部依赖于进口的国际育苗技术壁垒。

**【关键词】**银鲑繁育; 人工繁育; 亲鱼培养; 人工受精; 人工孵化

## 引言:

银鲑 (*Oncorhynchus kisutch*), 成鱼肉呈桔红色, 口感好, 是做生鱼片佳肴的上乘原料, 含有丰富的不饱和脂肪酸, 可有效预防心脑血管和糖尿病等疾病, 具有极高的营养价值、保健价值和经济价值 (刘家辉, 1994)。银鲑自然分布区在北太平洋, 主要繁殖地在亚洲沿岸、北美洲、堪察加半岛和库页岛 (陈祖明, 2010)。幼鱼在淡水生活一到两年后入海, 在海中以乌贼、鲱、沙丁鱼和玉筋鱼等为食; 在淡水中以昆虫、鱼卵及其它底栖生物为食 (于秀娟, 1999)。目前人工繁殖银鲑面临的主要问题是催产率低、仔鱼对人工配合饲料适应性差、鱼苗成活率低等 (赵竹明, 2022)。据报道, 甘肃省水产科学研究所曾于2000年5月首次从北京康鑫水产公司引进银鲑苗种进行养殖实验, 2001年进行亲鱼培育和人工繁殖实验 (王太, 2022), 掌握了银鲑的一些繁殖生物学特性。由于近年来的环境污染和过渡捕捞, 开展人工繁殖技术研究迫在眉睫, 本实验对提高银鲑鱼卵受精率、孵化率和稚鱼转食驯化成活率等方面进行研究, 以期有效提高银鲑繁育能力和产量, 实现银鲑养殖种质的自给, 打破银鲑养殖产业种质和受精卵全部依赖于进口的国际育苗技术壁垒。

## 一、材料与方法

### (一) 亲鱼来源及选择

银鲑在国内没有种质资源分布, 因此需要原产地国家加拿大进口银鲑鱼卵, 通过人工培育养殖至成鱼, 以此作为亲鱼的来源。银鲑亲鱼由康源领鲜科技有限公司本溪合作繁育基地提供, 选择体形完

整、体质健壮、摄食良好、无畸形、无病无伤、3龄以上的成鱼。雌雄比例以1:1为宜。亲鱼平均体长 $45.71 \pm 2.52$  cm, 体重 $3450.97 \pm 72.67$  g, 且具有较为明显的性别发育特征, 如雄鱼下颌上弯, 雌鱼腹部膨起作为亲鱼贮备。

### (二) 亲鱼暂养

银鲑亲鱼暂养在淡水中进行, 采用循环水养殖系统, 由养殖池、固液分离器、物理过滤池、泡沫分离器、紫外线灭菌装置、生物过滤器等单元组成。养殖池为八角形水泥池结构, 直径600 cm, 每个养殖池水体体积为40~60 m<sup>3</sup>, 进水沿池壁侧向射流, 以液体流量计计量和控制进水量, 通过池中心的排污管进行排水, 亲鱼养殖密度为2~3尾/m<sup>3</sup>。环境条件见表1。

表1银鲑亲鱼培育环境条件

| 指标          | 范围         |
|-------------|------------|
| 水温 (°C)     | 8.0 ~ 10.0 |
| pH 值        | 6.5 ~ 8.0  |
| 溶解氧饱和度 (%)  | 90 ~ 100   |
| 水流量 (L/min) | 180 ~ 250  |
| 光照强度 (lux)  | 1000       |

投喂银鲑鱼专用配合饲料, 蛋白质含量45%, 脂肪含量22%。日投饲率为0.6%、投喂频率为3次。

### (三) 亲鱼诱导培育

1. 亲鱼生殖调控。挑选体格健壮性腺发育特征明显的银鲑雌雄鱼, 雄鱼下颌上弯, 雌鱼腹部膨起作为亲鱼贮备, 运输运至40~60 m<sup>3</sup>淡水养殖池, 亲鱼促熟阶段保持溶解氧饱和度100%~120%; 人工调

控水温以0.5℃/天降温，每降2℃后保持3天，养殖池水流速12~16 cm/s；降至7℃并维持该水温，亲鱼促熟人工调控阶段光源采用白色LED灯具，光源距离培育水面80 cm，光照强度为水面100 lux，每天8小时光照，16小时黑暗持续60天后，待产。

2. 亲鱼受精卵、精液人工采集和受精。使用20 ppm浓度MS-222麻醉剂将亲鱼麻醉后转移到清水中洗掉麻醉剂，通过挤压和解剖性腺发育成熟的雌鱼分批收集优质卵子，通过腹部挤压法分批采集雄鱼优质精子，以每公斤卵子加入2ml精液轻轻混匀，然后加入400~600 ml 8℃淡水，再次混匀并静置受精3~5分钟，洗卵3~5次，清洗后的鱼卵放在0.9%的氯化钠和50 ppm碘液的溶液中消毒5分钟，消毒处理后再用8℃洁净淡水进行冲洗干净，放入孵化柜，流水孵化。

3. 精子冷冻技术。为解决银鲑雌鱼卵子、雄鱼精子成熟不同步的问题，研发银鲑的精子冷冻保存研究，经过对稀释液、抗冻剂、降温速度、添加剂等因子的筛选，建立了标准化的银鲑精子采集、激活、运输、超低温冷冻保存技术。（1）人工挤压腹部，共采集10尾雄鱼的精液，通过淡水激活，分析精子活力，精子活力均在95%以上。（2）将精液冷冻在Cortland+15%二甲基中亚砷+0.3M葡萄糖+5%牛血清白蛋白，比例为1:3（精液：保护剂），分装于0.5~1.8 ml冻存管中在4℃条件下平衡10 min。（3）通过程序降温法进行程序性降温处理：以-10℃/min的速度降温至-80℃，平衡5 min，然后以-20℃/min的速度降至-150℃投入液氮进行长期保存，解冻后精子的运动率可达到60%~80%。（4）冷冻保存银鲑精液15 ml。

#### （四）银鲑苗种人工培育技术

受精卵均匀平铺于孵化箱隔层中，孵化箱中水源为地下井水，经过喷淋曝气、降温后进入孵化箱水循环系统。每天水交换量大于10个循环，水流速为5~6 L/min，水中溶氧饱和度大于75%（最佳溶氧饱和度80%）。

银鲑受精卵孵化水温温度为8℃，调控水流量1 L/min/5000粒发眼卵，溶解氧饱和度100%~120%，每天挑出死卵，保持水质清新，受精后60天左右受

精卵开始破膜（积温约达到500℃·天破膜孵化），在此期间维持孵化箱孵化条件至破膜结束，而后在仔鱼卵黄吸收期，缓慢将水温升至12℃。水温提升程度为每周上升0.5~1℃。孵化后30天左右仔鱼卵黄吸收完全后且孵化箱水温缓慢提高至与流水系统水温同步，转入流水系统。

#### （五）流水培育缸育苗期

流水培育系统中水源为地下井水，经过喷淋曝气、杀菌后进入流水系统。流水缸水温保持在12~14℃之间，每天每池水交换量大于10个循环，水中溶氧饱和度在100%左右。水质参数标准为氨氮不高于0.5 mg/L，亚硝态氮不高于0.1 mg/L。

在流水培育期保持24小时持续光照。水缸为圆形玻璃钢桶，规格为直径1.5米，水深1.0米。银鲑幼苗投放按照投放2~4万尾/池。投喂策略为24小时连续投放，投喂率在5%左右。银鲑幼苗个体大小在1~1.2克时转入封闭循环水系统N1。

#### （六）循环水系统育苗标粗阶段

1. 鱼池规格。水池为圆形玻璃钢桶，N1系统规格为直径3.0米，水深1.6米，水体15 m<sup>3</sup>/池左右。

2. 水质条件。封闭循环水系统中水源为地下井水（淡水），经过喷淋曝气、杀菌后进入系统。水温保持在15℃之间，每天每池水交换量大于20个循环，水流速为90~120 L/min，水中溶氧饱和度在100%左右。水质参数标准为氨氮不高于0.5 mg/L，亚硝态氮不高于0.1 mg/L（在刚转入循环水系统时，水质参数会偏高，10天左右会恢复正常）。

3. 光照条件。在循环水系统标粗期保持200~300 lux光强下连续24 h光照。

4. 苗种放养。苗种质量：鱼苗规格整齐、无畸形，投放规格在1~1.2 g之间。放养条件：银鲑幼苗投放按照投放尾3~4万尾/池。放养密度2~3 kg/m<sup>3</sup>。当银鲑幼苗体长范围9.5~14.5 cm，体重范围9.2~22.8 g时转入封闭循环水系统N2系统，开口期及N1系统标粗期养殖条件如表2所示。

5. 投喂策略。饲料规格参照表3所示，每天投喂6~8次，投喂率在3.5%左右。

表2 银鲑育苗标粗期养殖条件参照表

| 生长阶段    | 规格 (g)    | 体积 (m <sup>3</sup> ) | 密度 (kg/m <sup>3</sup> ) | 流量 (L/min) | 光照 (h) |
|---------|-----------|----------------------|-------------------------|------------|--------|
| 开口 (流水) | 0.2 ~ 1.2 | 3                    | 1.5                     | 20 ~ 30    | 24     |
| N1      | 1.2 ~ 20  | 17                   | 2                       | 90 ~ 120   | 24     |

表3育苗期饲料投喂规格

| 鱼重 (g)    | 型号 / 粒径 (mm) |
|-----------|--------------|
| 0.2 ~ 0.3 | 00GR         |
| 0.3 ~ 0.5 | 0GR          |
| 0.5 ~ 2   | 1GR          |
| 2 ~ 7     | 2GR          |
| 7 ~ 15    | 1.3          |
| 15 ~ 25   | 1.5          |
| 25 ~ 40   | 2.0          |
| 40 ~ 100  | 3.0          |

## 二、结果与讨论

经过技术性培育, 2019年银鲑仔鱼孵化率达到63%, 苗种成活率达74%; 2020年银鲑仔鱼孵化率达到68%, 苗种成活率达83%, 生产银鲑优质苗种32.1万尾, 建立银鲑苗种生产技术规范1项。

亲鱼是人工繁殖的基础, 而培育的最终目的是获取性腺成熟的个体。亲鱼暂养阶段是促使亲鱼性腺发育至成熟的过程。这一过程直接影响到催产效果, 是人工繁殖成败的关键(赵贺, 2022)。亲鱼暂养涉及环境与设施、亲鱼要求、亲鱼培育等多个环节(Thorpe等, 1990)。一般而言, 亲鱼培育室以长方形水泥池为宜, 尺寸适中, 便于管理和捕捞。亲鱼产卵缸和孵化缸的规格应确保每组亲鱼有足够的生长、活动空间(林阿朋等, 2023)。银鲑亲鱼培育前期以育肥为主, 加大投喂量能够使亲鱼的体重迅速增大, 同时增强雌鱼的怀卵能力(常顺, 2005; 李海波和李壮, 2010)。饲养期间, 注意预防脂肪肝病等病害发生(钱续, 2005; 王且鲁等, 2021)。本次实验所用的亲鱼体格健壮, 发育良好, 雌、雄鱼都已达到性成熟。

开展科学繁育、健康养殖和投喂技术研究, 以便更系统地构建银鲑健康养殖技术体系, 能够逐步掌握关键技术, 增加养殖效益, 从而加快培育壮大银鲑产业, 以满足市场发展需求。通过该实验归纳关键点如下: 1. 根据银鲑的生物学特性, 研究适宜的繁殖和产卵时间, 并通过繁殖行为的观察, 研究亲鱼培育时间与周围环境之间的关系, 以寻找科学的银鲑培育方法。2. 注重银鲑仔鱼开口饲料的配制、食性转化、培育密度、水温控制、溶氧、流速、水质等方面的模块化研究, 并完善操作规范。3. 通过该培育技术研究, 建立规范、系统、无病害的繁殖模式。4. 通过对银鲑进行人工繁殖实验, 评估催产率和孵化率情况, 了解银鲑胚胎和早期仔鱼发育特征, 为银鲑产业高质量发展并维持鲑鱼的环境资源保护提供科研依据。

## 参考文献:

[1] 刘家辉. 黑龙江名鱼——大马哈[J]. 中国商检, 1994, (12): 37.

[2] 陈祖明, 辛松林, 蔡焱. 国产养殖银鲑美食菜肴的研发[J]. 四川烹饪高等专科学校学报, 2010(3): 19-22.

[3] 于秀娟, 曾一本, 郭薇, 魏广东. 养殖新品种介绍——银鲑[J]. 中国水产, 1999, (09): 40-41.

[4] 赵竹明, 刘长琳, 李杰等. 西藏亚东鲑鱼产业发展现状及对策建议[J]. 中国渔业经济, 2022, 40(06): 20-26.

[5] 王太. 青藏高原东北部地区高原鳅属鱼类隐存多样性与适应性进化. 甘肃省, 甘肃省水产研究所, 2022-04-25.

[6] 赵贺. 新疆克孜勒河厚唇裂腹鱼人工繁育及环境因子对幼鱼生长的影响[D]. 塔里木大学, 2022.

[7] Thorpe J E, Talbot C, Miles M S, et al. Control of maturation in cultured Atlantic salmon, *Salmo salar*, in pumped seawater tanks, by restricting food intake[J]. *Aquaculture*, 1990, 86(2/3): 315-326.

[8] 林阿朋, 齐富刚, 卫少松等. 益生菌类饲料添加剂对鲫鱼生长性能和生化指标影响[J]. 中国饲料, 2023(8): 82-85.

[9] 常顺. 鲑鱼的特性及繁殖技术[J]. 农村科技, 2005, (09): 26.

[10] 李海波, 李壮. 白点鲑的主要病害防治技术及推广应用情况[J]. 科学养鱼, 2010, (01): 53.

[11] 钱续. 甘肃虹鳟鱼病害的研究现状及前景展望[J]. 科学养鱼, 2005, (09): 50-51.

[12] 王且鲁, 周建设, 王万良等. 西藏人工养殖虹鳟鱼病害诊断及常见病害防治方法[J]. 西藏农业科技, 2021, 43(02): 43-45.

## 基金项目:

山东省重大科技创新工程项目(项目号: 2018CXGC0102、2019JZZY020710);

潍坊市科技发展计划(项目号: 2019ZJ1046);

校企合作课题(项目号: 20240701CLFWFU01)。

## 作者简介:

刘菲(1998.6-), 女, 汉, 山东济宁人, 硕士, 科研助理, 研究方向: 鳟鲑鱼健康养殖。

郭田宇(2000.1-), 女, 汉, 山东潍坊人, 硕士, 研究方向: 鳟鲑鱼健康养殖。

李玲瑶(1988.11-), 女, 蒙古, 内蒙古赤峰人, 硕士, 项目主管, 畜牧师, 研究方向: 鳟鲑鱼健康养殖。

袁紫乙(2001.10-), 女, 汉, 山东潍坊人, 硕士, 研究方向: 鳟鲑鱼健康养殖。

\*通讯作者: 李玲瑶。