

图们江细鳞鲑人工繁殖技术研究

陈春山¹, 郑伟², 时晓¹, 郭明磊¹, 刘宁¹

(1. 北京市水生野生动植物救护中心, 北京市鲟鱼鲑鳟鱼创新团队, 北京 102100;

2. 吉林省延边自治州水产站, 珲春市细鳞良种场, 延吉 133001)

摘要:为研究细鳞鲑(*Brachymystax lenok*)人工繁殖技术, 采捕图们江野生细鳞鲑幼鱼, 经人工培育至性成熟, 连续4年进行人工繁殖。繁殖水温6~13℃, 亲鱼4⁺龄以上; 采用2.5 μg LHRH-A₂ + 2.5 mg DOM 一次性催产, 可以达到预期催产效果。催产率、发眼率、孵化率、亲鱼产后成活率分别达到90%、95%、89%、95%。通过分析80尾卵巢发育至V期、平均体重(1 165.11 ± 500.30) g 细鳞鲑样本, 其绝对怀卵量为(3 195.61 ± 1 430.04)粒, 相对怀卵量(2.72 ± 0.17)粒/g, 成熟系数(13.54 ± 1.14)%。绝对怀卵量(*F*)与年龄和体重(*W*)密切相关, 与体重呈线性关系, 拟合关系式为 $F = 2.843W - 120.43$, $R^2 = 0.9754$ 。减少检查次数、采用药物麻醉、产后药物处理可以避免造成亲鱼受伤, 降低应激反应, 提高亲鱼产后成活率。

关键词:细鳞鲑; 繁殖力; 产后成活率

中图分类号:S965.232 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2017)05-0103-06

细鳞鲑(*Brachymystax lenok*)属鲑科、细鳞鱼属, 主要分布在朝鲜、俄罗斯、中国、蒙古、欧洲和北美洲。在中国主要分布在东北、西北、华北等地(张觉民, 1995; 董崇志, 2000; 董崇志和姜作发, 2008), 是名贵的冷水性鱼类(王所安, 1989; 王鸿媛, 1989; 董崇志等, 2001)。近年来, 由于环境变化和人类活动等原因, 细鳞鲑的资源量急剧下降, 分布区域缩小, 已经成为易危种类(乐佩琦和陈宜瑜, 1998; 赵永军和齐子鑫, 2006), 资源保护和人工增殖受到高度重视; 很多学者对主要分布水域的细鳞鲑生物学特性和繁殖生态学进行了调查研究(黄浩明等, 1989; 刘云波, 1989; 董崇志, 1997; 李延松等, 2004; 牟振波, 2006; 白庆利等, 2007)。有关人工繁殖技术已有很多报道(刘希泰等, 2000; 张德隆等, 2006; 李永发等, 2009; 杜佳等, 2010; 王中乾等, 2011; 徐革峰等, 2012; 牟振波等, 2013; 王剑周等, 2013; 李平等, 2015; 肖国华等, 2015; 陈春山等, 2015)。由于分布水域不同, 多数试验规模小, 相关技术和结果存在一定差异, 出现繁殖期不集中、亲鱼产后死亡率高等系列问题(肖国华等, 2015)。

本项目对采自图们江流域的野生细鳞鲑幼鱼进

行驯化养殖至性成熟, 连续4年进行人工繁殖, 在提高亲鱼催产率、产后成活率、孵化率等方面形成了完整的技术体系, 具有一定的创新性, 对细鳞鲑规模化苗种繁育与资源保护具有一定指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验鱼

野生细鳞鲑幼鱼经2~3年人工培育, 初次性成熟时, 体长28~45 cm, 雄性达到3⁺龄, 体重420~630 g, 雌性达到4⁺龄, 体重438~745 g。检测样本为卵巢发育到V期(卵粒游离)的雌亲鱼。

1.2 试验地点及条件

试验地点在吉林省珲春市细鳞良种场和北京市水生野生动植物救护中心。亲鱼产前培育池规格4.0 m × 25.0 m × 1.1 m, 水深60~70 cm。水源为图们江支流密江河水, 流量15 m³/min, 水质清澈, pH 6.8~7.1, 催产时水温6~13℃, 鱼池出水口溶解氧含量5 mg/L以上。参考虹鳟的孵化方法, 发眼前期用孵化桶, 发眼后移入平列槽中。孵化期间用地下水调温, 水温稳定在7~10℃。

1.3 试验方法

1.3.1 亲鱼选择与雌雄鉴别 初次催产要选择4⁺龄以上、体质健壮、体表无伤的亲鱼。雄性身体瘦长, 体两侧和腹部颜色发黑, 有暗红色斑纹, 生殖孔凹陷, 后期轻压腹部有少量乳白色精液流出; 雌性体型丰满, 腹部圆润, 体两侧和腹部白色, 无红色斑纹, 后期生殖孔红肿外凸。

收稿日期: 2016-07-27

基金项目: 北京市农业科技项目(20140118); 北京市鲟鱼鲑鳟鱼创新团队(SCGWZJ20121102-2)。

作者简介: 陈春山, 1962年生, 男, 高级工程师, 主要从事濒危水生动物保护技术研究。E-mail: chen Chunshan8888@126.com

1.3.2 亲鱼培育和催产 亲鱼培育池采用水泥池或土池均可。培育密度每 10 m² 土池 2~3 对,流水水泥池 4~5 对。采用国产鲢鳙鱼人工配合饲料,蛋白含量≥40%。6~11 月,水温 15~17℃,溶解氧不低于 6 mg/L,日投饵率 1.5%,间隔 10~15 d 投喂 1 次鲜活鱼饵,投喂量 5%~7%。11 至翌年 3 月越冬期,水温 2~4℃,溶解氧不低于 8 mg/L,隔日投喂 1 次人工配合饲料,投饵率 0.3%,10~20 d 投喂 1 次鲜活鱼,投喂量约 5%。越冬池封冰解冻后,将亲鱼移到产前流水培育池培育,日投饵率 0.5%。水温稳定在 5℃ 以上时,进行第 1 次亲鱼成熟度检查。根据成熟度不同进行分池培育,确定催产顺序。当水温达到 6~12℃ 时进行人工催产。

催产药物为宁波激素总厂生产的 LHRH-A₂ 和 DOM。成熟较好的亲鱼一次性注射,雌鱼剂量为每千克鱼 2.5 μg LHRH-A₂ + 2.5 mg DOM,雄鱼减半。催产药物用浓度 6.5% 鱼用生理盐水配制,每千克鱼注射剂量 1 mL,胸鳍基部注射。对卵巢轮廓不明显、腹部较硬、成熟度一般的亲鱼采用人工激素早期催熟的办 法,按照不同发育程度注射 0.5~1.0 μg/kg LHRH-A₂。10~15 d 后按照一次性催产激素用量进行催产。

1.3.3 采卵与孵化管理 因个体存在差异,注射激素后的效应时间也会有一定差异,并且与水温有直接关系。水温 6~12℃ 时,效应时间一般在 5~7 d。采取挤压采卵、干法受精的方法,按照 1:3 雌雄配比授精,雄鱼可多次利用,每次挤出少量精液。1 万粒卵中加入 3~5 mL 精液。用羽毛搅拌均匀,加入少量清水静止 2 min 后,清水冲洗 2~3 次,除去过量的精液、卵皮和血块,直到水清澈透明为止,加水静置 20~30 min,待卵吸水膨胀后检出白卵和血块,用体积法计数后放入孵化桶中。从 2013 年起,催产和采卵用 0.03% 乙二醇苯醚麻醉 5~10 s,鱼体侧翻后进行操作。

孵化在室内进行,尽可能保持光线昏暗,避免温差过大,减少对卵的震动。孵化期水流量 3~5 L/min。每天早晚测量水温,计算平均温度和积温。定期消毒受精卵,用 2% 氯化钠溶液或 0.5% 甲醛液每周消毒 1 次,每次进行 30 min。发眼后不再消毒,并将鱼卵移到平列槽中。用卵夹挑出死卵并统计数量,计算发眼率。鱼苗破膜时,及时用小抄网捞出卵皮和死苗,防止堵塞进排水孔和滋生水霉菌,统计孵化率。鱼苗上浮后,按 1 万尾/m² 密度进行养殖驯化。

1.4 数据处理

每年抽样 20 尾雌亲鱼,测量体重(weight, *W*)、卵巢重(ovarian weight, *GW*)、绝对怀卵量(absolute fecundity, *F*),计算相对怀卵量(relative fecundity, *F_w*)、成熟系数(gonadosomatic index, *GSI*)。相对怀卵量为每克鱼体重的怀卵数,成熟系数为卵巢重占鱼体重(全重)的百分数。发眼后随机取 300 粒卵,胚体有明显黑色眼点为发眼卵,检出未发眼卵、白卵,计算发眼率。

$$\text{发眼率} = \text{发眼卵数} / \text{授精卵数} \times 100\%$$

发眼期到出膜期,统计检出死卵数,发眼卵数减去死卵数为出苗数,统计孵化率。

$$\text{孵化率} = \text{出苗数} / \text{发眼卵数} \times 100\%$$

数据用 Excel 进行整理,用平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示,用 SPSS 17.0 进行单因素方差分析。

2 结果

2.1 催产结果

4 年累计催产 1 379 尾细鳞鲑,其中雌鱼 707 尾。经 80 尾雌鱼统计,体重 438~2 500 g,平均为 (1 165.11 ± 500.30) g。绝对怀卵量 1 100~6 480 粒,平均为 (3 195.61 ± 1 430.04) 粒。体重相对怀卵量为 2.32~3.05 粒/g,平均为 (2.72 ± 0.17) 粒/g。成熟系数 10.91%~15.82%,平均为 (13.54 ± 1.14)%。平均催产率 65.6%,亲鱼产后成活率 76.9%。2012 年催产初次性成熟雌鱼 168 尾,产卵 27 尾,催产率 16%。亲鱼成熟期不集中,从 4 月 20 日开始催产,到 5 月 25 日结束,持续 35 d。有 3 尾亲鱼过熟,共计采卵 4.3 万粒,卵膜缺乏弹性,色泽浅黄,受精率只有 8%,产后亲鱼大量死亡。2013 年开始,加强了亲鱼培育,卵的质量明显提高,呈橘红色,卵膜有弹性,催产率、受精率逐年提高。采用 0.03% 乙二醇苯醚麻醉,亲鱼产后成活率逐年提高,2015 年达到 95%。2012~2015 年细鳞鲑的催产情况统计见表 1。

2.2 孵化结果

由于 2012 年采卵时间不集中,卵的质量差,受精率低,水霉严重,因此孵化率很低,仔鱼体质瘦弱,畸形率高达 20%,最后没有培育成活。2013 年以后,各项孵化指标明显提高,鱼苗体质健壮。2015 年发眼率和孵化率达到 95% 和 89%,积温 130~150℃·d 发眼,190~220℃·d 出膜。孵化结果见表 2。

表 1 细鳞鲑催产情况统计

Tab. 1 Statistics for artificial spawning of *B. lenok* for each year of the study (2012–2015)

年份	雌雄亲 鱼/尾	体重/ g	卵巢重/ g	绝对怀卵量/ 粒	相对怀卵量/ 粒·g ⁻¹	成熟系数/ %	产后成 活率/%	催产 率/%
2012	168/186	602.45 ± 82.83 ^{aA}	77.90 ± 15.47 ^{aA}	1606.75 ± 273.17 ^{aA}	2.66 ± 0.19 ^{aA}	12.84 ± 1.02 ^{aA}	40.0	16.0
2013	179/163	938.20 ± 202.24 ^{bB}	121.90 ± 33.28 ^{bB}	2474.45 ± 554.05 ^{bB}	2.63 ± 0.14 ^{bA}	12.86 ± 0.97 ^{aA}	81.0	67.0
2014	186/158	1431.25 ± 366.35 ^{cC}	196.20 ± 56.09 ^{cC}	3985.40 ± 1111.75 ^{cC}	2.77 ± 0.15 ^{eA}	13.63 ± 0.66 ^{aA}	90.0	86.0
2015	174/165	1711.85 ± 370.74 ^{dC}	249.80 ± 49.33 ^{dC}	4715.85 ± 768.90 ^{dC}	2.81 ± 0.13 ^{dA}	14.82 ± 0.53 ^{aA}	95.0	90.0
平均		1165.11 ± 500.30	161.45 ± 78.17	3195.61 ± 1430.04	2.72 ± 0.17	13.54 ± 1.14	76.9	65.6

注: 同列不同字母表示差异显著, 相同字母差异不显著; 小写字母在 0.05 水平, 大写字母在 0.01 水平。

Note: Lower case letters indicate significant differences ($P < 0.05$) and upper case letters indicate highly significant differences ($P < 0.01$). Mean values with the same letter in the same column are not significantly different.

表 2 细鳞鲑孵化情况

Tab. 2 Artificial breeding levels of *B. lenok* for each year of the study (2012–2015)

年 份	采卵量/ 万粒	出苗数/ 万尾	受精 率/%	发眼 率/%	孵化 率/%	畸形 率/%
2012	4.3	0.07	8	70	30	20.0
2013	29.7	9.7	68	80	60	0.6
2014	63.8	28.6	72	81	77	0.5
2015	74.0	55.0	88	95	89	0.3

2.3 绝对怀卵量与体质量

对样本 W 、 GW 、 F 、 Fw 、 GSI 进行统计分析, W 、 GW 、 F 在 2012 年、2013 年、2014 年差异均极显著 ($P < 0.01$), 2014 年与 2015 年差异显著 ($P < 0.05$)。4 个年份的 Fw 有统计学意义 ($P < 0.05$), GSI 无统计学意义 ($P > 0.05$)。随着细鳞鲑年龄的增加和体重的增大, 绝对怀卵量、卵巢重明显增加, 成熟系数保持相对稳定。绝对怀卵量 (F) 与体重 (W) 存在线性关系 (图 1)。拟合关系式为: $F = 2.843W - 120.43$, $R^2 = 0.9754$ 。

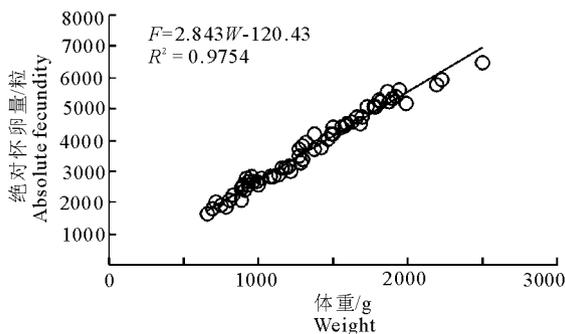


图 1 绝对怀卵量与体重的关系

Fig. 1 Relationship between absolute fecundity and weight

3 讨论

3.1 怀卵量与性成熟年龄和体重的相关性

同种鱼类的不同种群, 常因栖息水域饵料、水质和捕捞条件的差异而改变繁殖力 (金丽, 2004)。董

崇志等 (1997) 对黑龙江支流呼玛河 15 尾野生细鳞鲑进行了测定, 绝对怀卵量 678 ~ 4 350 粒, 均值 2 715 粒, 相对怀卵量 2.22 ~ 4.43 粒/g, 均值 3.12 粒/g; 白庆利等 (2007) 测定了 4 尾卵巢发育成熟的黑龙江流域野生细鳞鲑, 体重为 473 ~ 3 098 g, 绝对怀卵量为 1 010 ~ 3 748 粒, 均值为 (2 823.25 ± 1 237.01) 粒, 相对怀卵量为 1.38 ~ 5.37 粒/g, 均值为 (3.20 ± 1.79) 粒/g。

本试验通过对 80 尾人工培育性成熟的细鳞鲑样本统计, 体重 638 ~ 2 500 g, 均值为 (1 165.11 ± 500.30) g, 绝对怀卵量 1 100 ~ 6 480 粒, 均值为 (3 195.61 ± 1 430.14) 粒, 相对怀卵量 2.32 ~ 3.05 粒/g, 均值为 (2.72 ± 0.17) 粒/g, 绝对怀卵量略高于上述野生群体调查结果。牟振波等 (2006) 对 90 尾平均体重 (1 636.00 ± 616.20) g 人工养殖的雌亲鱼进行测定, 绝对怀卵量为 (4 263.87 ± 2 368.68) 粒, 略高于本试验水平。差异原因是本试验 2012 年亲鱼只有 (602.45 ± 82.83) g, 初产鱼的怀卵量较低。

鱼类的繁殖力体现了其种群对环境变动的适应性。初次性成熟的年龄和大小对于鱼类的适应有着重要的意义 (殷名称, 1995)。同种鱼类的不同种群或同一种群的不同世代, 繁殖力往往存在很大差异 (金丽, 2004)。牟振波等 (2013) 认为全人工养殖的细鳞鲑亲鱼初产的产卵量较少, 以后随着年龄和体重的增大, 产卵量逐步增加, 6 ~ 7 龄时达到高峰。本实验 2015 年细鳞鲑的平均怀卵量是 2012 年初产鱼的 2.9 倍, 验证了牟振波的观点。鱼类的生长包括营养生长和生殖生长, 早期以营养生长为主; 性成熟后在每个繁殖周期中, 营养生长和生殖生长交替进行。在躯体生长期, 体内往往储存较多的营养物质以备后期用于性腺生长 (殷名称, 1995)。通过人工培育, 提高亲鱼的规格, 可以提高细鳞鲑规模化人工繁育能力。

3.2 鲜活饵料是提高初产鱼卵质量的有效措施

通常认为鱼卵质量与外部环境和繁殖条件密切相关,即鱼卵的质量受人工诱导亲鱼成熟的方法、环境和营养条件等因素影响(Cadrin et al, 2005)。亲鱼培育方案直接关系到性腺成熟度、催产率、鱼卵的受精率和孵化率,完善的培育方案能显著提高鱼卵与仔鱼的质量(Izquierdo et al, 2001)。本试验初次性成熟的细鳞鲑不仅怀卵量少,卵的质量也差,催产率低,效应时间跨度大,最长达20 d,并出现过熟、半产等现象。性腺发育与生存环境和营养积累有密切关系。饲料营养平衡与否是影响鱼类性腺发育的重要因素,若人工配合饲料营养不平衡、数量不足,无法满足性腺发育的需要,会造成细鳞鱼繁殖机制障碍(范兆廷等, 2008)。2013年以后,加强了亲鱼培育,并定期投喂鲜活鱼饵,当亲鱼再次性成熟时,卵的质量明显提高,激素效应时间明显缩短,一般在3~7 d。加强亲鱼培育,对提高卵的质量至关重要,为细鳞鲑早期发育获得有效的免疫保护打好基础,解决稚幼鱼培育成活率不高的难题。李平等(2015)提出“冬护、春繁、夏壮、秋养”八字措施。本实验特别强调冬季培育适当投喂鲜活鱼类的作用,对提高初产鱼卵的质量尤为重要。

3.3 组合激素催产可提高催产效果

对野生濒危鱼类进行驯养和人工繁殖是挽救珍稀物种常用的有效手段,但大多数野生鱼类从野生环境迁移到人工池塘饲养时,往往不能实现自我繁衍,在人工控制的环境条件下注射人工合成激素,是实现野生鱼类自繁或人工助产的有效途径之一(Slater et al, 1995; Brzuska, 2003)。在人工养殖环境下,细鳞鲑需经人工催产、采卵才能实现产卵行为。性腺自然发育成熟的亲鱼,个体差异很大,孵化效果不理想(张德隆等, 2006)。目前细鳞鲑催产所用激素的种类没有统一规范,催产效果不同。李平等(2015)曾注射激素 HCG、LRH-A₂ 对秦岭细鳞鲑的催熟效果不明显,后来改用 2.5 mg/kg DOM + 3.0 μg/kg S-GnRH-A, 催产效果较为理想;王剑周等(2013)用 HCG 1000 IU + S-GnRH-A 10 μg + DOM 2 mg 催产秦岭细鳞鲑取得了良好效果;牟振波等(2013)采用 HCG、S-GnRH-A、DOM 组合催产,取得细鳞鲑全人工繁殖成功;肖国华等(2015)采用 LRH-A₂、HCG、鲤鱼 PG 3 次混合注射法,对采自图们江野生细鳞鲑驯化后催产,取得了成熟率 100%、雌雄亲鱼产后死亡率仅 3.01% 和 2.75% 的效果。本实验曾单独使用 LHRH-A₂ 和 DOM 催产,但效果

不理想、效应时间长,采卵时机不易掌握,二者组合催产,取得了预期的催产效果。激素的综合使用是目前解决细鳞鲑性腺同步发育的有效办法,根据性腺发育程度可以选择 1~2 次注射。发育较好的可采用 1 次注射,发育差的要 2 次注射;第 1 次可单独使用小剂量 LHRH-A₂ 催熟。对于初产鱼,则应采用 2 次催产,剂量要严格掌握。

3.4 应激反应是造成亲鱼产后死亡的主要原因

细鳞鲑在野生环境下和人工繁殖后亲鱼死亡率较高(肖国华等, 2015);本项目组在最初的试验中也遇到这样的问题(陈春山等, 2015)。产后亲鱼死亡率高是鲑科鱼类的特点,尤其是洄游性鲑鱼。细鳞鲑人工驯化时间较短,还具有一定的野性,频繁的检查产生应激反应和受伤,也是亲鱼产后死亡的重要原因。在池塘养殖条件下所产生的应激反应,能使鱼类类固醇激素的释放量下降,导致卵母细胞迅速退化且不能恢复(范兆廷等, 2008)。亲鱼的体质对产后成活率也有一定影响,饵料的调整对于亲鱼不同发育阶段所起的作用不同,特别是在冷积温的强化培育期,高蛋白动物性饵料尤其重要。在细鳞鲑捕捞、检查、催产过程中,动作要轻,尽量减少检查次数,在催产和采卵环节采用药物麻醉可减少亲鱼受伤和产生应激。不同激素组合催产可以减轻因性腺发育程度不同而产生的伤害作用。产后注射抗生素,有外伤的可涂抹碘伏等药水;亲鱼尽快放到有缓流、高溶氧的水池中缓解,当体质恢复后再放到大池塘进行产后培育。经过 4 年的试验,亲鱼产后成活率最高达到 95%。细鳞鲑属于国家 II 级保护动物,其野外种质资源十分稀少和珍贵。如果亲鱼产后的死亡率过高,不可避免地需要每年从野外引种,这无疑会对本来就十分濒危的野外种群造成不小的压力。因此,亲鱼产后成活率的提高,对野生资源的保护意义重大。

3.5 保持孵化环境稳定是提高孵化率的关键

孵化期长短取决于孵化水温。水温过低,孵化时间长,感染水霉几率高,影响孵化率;水温过高,尽管孵化时间缩短,但胚胎质量降低,畸形率增加。王中乾等(2011)通过采集 20 尾野生秦岭细鳞鲑进行培育繁殖试验,7~11℃时,从受精卵孵化开始到发眼积温为 220℃·d、耗时 28 d,发眼到出苗 116.5℃·d、孵化期 14 d,孵化积温 336.5℃·d、历时 42 d;杜佳等(2010)在 6.0~10.7℃水温(平均 7.7℃)条件下孵化尖吻细鳞鲑,历时 597 h(24 d)出膜,有效积温 190.79℃·d;李永发等(2009)在 6~

9℃情况下,黑龙江细鳞鱼积温 140 ~ 150℃·d 发眼, 180 ~ 213℃·d 开始孵化;刘希泰等(2000)对分布河北北部的细鳞鱼进行试验,在水温 6 ~ 8℃下孵化,积温 200℃·d 出膜。本试验水温 8 ~ 12℃情况下,积温 130 ~ 150℃·d 发眼,190 ~ 220℃·d 出膜,与黑龙江、河北细鳞鲑孵化积温基本相同。孵化水温保持稳定、减小昼夜温差、控制水霉菌的发生是孵化成功的关键。用河水进行孵化时,水温下降幅度和昼夜温差大、孵化期长,最好设置蓄水池(箱),添加部分地下水调节水温。孵化室保持安静,发眼期前不得对卵有任何操作,减少对卵的震动。

细鳞鲑是珍稀冷水性鱼类,具有重要的保护意义和开发价值。人工繁殖过程中,尽可能减少捕获所诱发的压力,满足亲鱼的营养需求,是亲鱼培育的首要任务。采用 LHRH-A₂、HCG、S-GnRH-A、DOM 等激素组合催产可以获得较好的催产效果。操作过程中使用药物麻醉是减少亲鱼受伤和降低应激反应的有效途径。采卵和孵化可参照虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)孵化方法。提高亲鱼规格可以提高其繁殖力。

参考文献

白庆利,牟振波,于洪贤,等,2007. 野生细鳞鱼的生物学特性及繁殖力[J]. 水产学杂志,20(1):69-73.

陈春山,郑伟,付海力,等,2015. 细鳞鲑人工繁殖关键技术[J]. 中国水产,(4):76-77.

董崇志,夏崇志,姜作发,等,1997. 呼玛河细鳞鱼种群生态学特征及资源保护[J]. 水产学杂志,10(1):77-81.

董崇志,2000. 中国淡水冷水性鱼类[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社:75-76.

董崇志,李怀明,牟振波,等,2001. 中国淡水冷水性鱼类[M]. 哈尔滨:黑龙江科学出版社:51-53.

董崇志,姜作发,2008. 中国内陆冷水性鱼类渔业资源[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社:131-133.

杜佳,徐革峰,韩英,等,2010. 尖吻细鳞鲑胚胎及仔-稚-幼鱼发育的研究[J]. 大连海洋大学学报,10(25):379-381.

范兆廷,姜作发,韩英,2008. 冷水性鱼类养殖学[M]. 北京:中国农业出版社:78-79.

黄浩明,张德隆,庄龙杰,等,1989. 鸭绿江细鳞鱼的生物学[J]. 水生生物学报,13(2):160-169.

金丽,2004. 鱼类繁殖习性和繁殖力[J]. 生物学教育,29(7):5-6.

乐佩琦,陈宜瑜,1998. 中国濒危动物红皮书:鱼类[M]. 北京:科学出版社:29-37.

李平,王丰,问思恩,2015. 秦岭细鳞鲑亲鱼培育和人工繁殖技

术研究[J]. 上海海洋大学学报,24(16):841-845.

李延松,董崇志,赵春刚,等,2004. 黑龙江上游黑河江段细鳞鱼渔业生物学研究[J]. 水产学杂志,17(1):57-61.

李永发,丛宇,徐革峰,等,2009. 细鳞鱼发眼卵孵化及仔、稚培育[J]. 水产学杂志,2(4):34-35.

刘希泰,曹杰英,2000. 野生细鳞鱼池塘驯养及人工繁殖技术研究[J]. 淡水渔业,30(12):3-6.

刘云波,1989. 细鳞鱼:一种珍贵的鲑科鱼[J]. 生物与特产,(3):37-38.

牟振波,刘伟,徐革峰,2006. 乌苏里江二种细鳞鱼生物学比较研究[J]. 水产学杂志,19(2):1-8.

牟振波,李永发,徐革峰,等,2013. 细鳞鲑全人工繁殖技术研究[J]. 水产学杂志,26(1):15-18.

王鸿媛,1989. 细鳞鱼亟待保护[J]. 大自然,(4):41.

王剑周,张五录,韦红兰,等,2013. 秦岭细鳞鲑人工繁殖技术研究[J]. 甘肃农业,(23):72-73.

王所安,1989. 细鳞鱼的研究:细鳞鱼在我国的分布及在河北省分布范围的变化[J]. 河北渔业,(4):12-14.

王中乾,赵虎,张红星,等,2011. 细鳞鲑人工繁殖技术初探[J]. 河南水产,(2):36-38.

肖国华,张立坤,高晓田,等,2015. 细鳞鲑亲鱼驯化及培育技术研究[J]. 河北渔业,(7):14-15.

徐革峰,刘洋,牟振波,等,2012. 细鳞鲑早期发育过程中免疫器官发生[J]. 中国水产科学,19(4):568-576.

殷名称,1995. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社:32-35.

张德隆,杜晓燕,张雅斌,等,2006. 细鳞鱼人工繁殖和苗种培育[J]. 淡水渔业,36(2):49-51.

张觉民,1995. 黑龙江省鱼类志[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社:65-67.

赵永军,齐子鑫,2006. 细鳞鲑的生态习性及其资源保护策略[J]. 水利渔业,26(3):8-39.

Brzuska E, 2003. Artificial propagation of African catfish (*Clarias gariepinus*): differences between reproduction effects after stimulation of ovulation with carp pituitary homogenate or GnRH-a and dopaminergic inhibitor [J]. Czech J Anim Sci, 48(5):181-190.

Cadrin S X, Friedland K D, Waldman J R, 2005. Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science [M]. Blackwell Scientific Publications Ltd.

Izquierdo M S, Fernandez-Palacios H, Tacon A G J, 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance fish [J]. Aquaculture, 197(14):25-42.

Slater C H, Schreck C B, Amend D F, 1995. GnRH_a injection accelerates final maturation and ovulation/spermiation of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in both fresh and salt water [J]. Aquaculture, 130(1):279-285.

Artificial Breeding of *Brachymystax lenok* in the Tumen River

CHEN Chun-shan¹, ZHENG Wei², SHI Xiao¹, GUO Ming-lei¹, LIU Ning¹

(1. Beijing Aquatic Wildlife Rescue and Conservation Center, Innovative Team Sturgeon and Trout, Beijing 102100, P. R. China;

2. Fish Station in Yanbian Korean Autonomous Prefecture, Fishery of Lenok in Hunchun, Yanji 133001, P. R. China)

Abstract: *Brachymystax lenok* is an important cold water fish species inhabiting northeast and northwest China. In recent years, their populations and range have decreased due to environmental change and anthropogenic activities and artificial breeding of *B. lenok* is now necessary. Our research group carried out a four-year study on artificial breeding of the species from 2012 to 2015 and developed an integrated system for artificial breeding. The study is significant for large-scale seedling production and conservation of *B. lenok*. Wild juvenile *B. lenok* were collected from the Tumen River basin and reached sexual maturity (male: 3⁺ years, 420–630 g; female: 4⁺ years, 438–745 g) after 2–3-years. Parent fish were maintained in a culture pond with water depth of 60–70 cm, water flow of 15 m³/min, pH 6.8–7.1 and DO of 5 mg/L. Healthy, mature individuals were selected and artificial spawning was induced by injecting 2.5 μg LHRH-A₂ + 2.5 mg DOM at a water temperature of 6–13°C. Fertilized eggs were then collected and incubated indoors under low lighting. During incubation, the water flow was maintained at 3–5 L/min and water temperature was measured every morning and evening for calculation of average and accumulated temperature. Eyed eggs and newly hatched larvae were counted to calculate the percentage of eyed eggs and hatching rate and dead eggs and seedlings were removed. Results improved each year and, in 2015, the spawning rate, eyed egg rate, hatching rate and survival rate of parents after spawning were, respectively, 90%, 95%, 89% and 95%. The reproductive parameters of 80 females whose ovaries grew to stage V were analyzed and the average body weight was (1 165.11 ± 500.30) g, absolute fecundity was (3 195.61 ± 1 430.04) eggs, relative fecundity was (2.72 ± 0.17) eggs per gram and the maturity coefficient was (13.54 ± 1.14)%. Absolute fecundity (F) was closely related to age and body weight (W) and F was expressed as a function of W by the linear equation, $F = 2.843W - 120.43$, $R^2 = 0.9754$. Taking measures, such as reducing check frequency of parent fish, use of anesthesia during artificial induced spawning and drug treatment of parent fish after spawning can reduce injuries and stress, and improve parent survival rate. The size of parent fish is increased by feeding fresh, live food in winter to ensure nutrient needs are met and maintaining a stable hatching environment improves the spawning rate, egg quality and hatching rate of *B. lenok*.

Key word: *Brachymystax lenok*; fecundity; survival rate of parent fish after spawning