

# 编码金属标签对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 苗种标记的效果\*

徐永江<sup>1,2</sup> 柳学周<sup>1,2①</sup> 张 凯<sup>3</sup> 蓝功岗<sup>3</sup> 史 宝<sup>1,2</sup>

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室  
中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室  
海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室 青岛 266071; 3. 青岛贝宝海洋科技有限公司 青岛 266400)

**摘要** 为了开发适宜牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)苗种放流的标志技术,利用编码金属标签(CWT)对不同规格牙鲆苗种进行了标记实验,并从标记死亡率、脱标率、适宜标记鱼规格等方面评价了CWT的标记效果。结果显示,CWT标记3种规格的牙鲆苗种后,脱标均发生在标记后的4d内,其后未再发生脱标现象。小规格苗种[全长为(5.92±0.41)cm]死亡率较高(13%),中规格苗种[全长(8.92±0.36)cm]死亡率为2%,大规格苗种[全长为(12.06±0.62)cm]死亡率为1%。小规格、中规格和大规格苗种脱标率分别为3.3%、2.4%和0.7%。建立了标记死亡率( $M$ )与苗种全长(TL)、体厚度(BT)的关系模型: $M=0.7254 TL^2-15.3220 TL+79.4260 (R^2=0.9601)$ ;  $M=1.3627 BT^2-15.5610 BT+44.4330 (R^2=0.9645)$ ,为适宜苗种规格选择与标记效果评价提供了依据。今后利用CWT标签进行牙鲆苗种标志放流时,建议选择全长6cm以上的苗种进行背部肌肉标记,标记对苗种游泳行为和生长无影响,表明CWT是一种适宜在牙鲆大规模标志放流中应用的理想标志方式。

**关键词** 编码金属标签; 牙鲆苗种; 标记效果; 评价模型

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2017)01-0168-07

人类活动与气候变化双重因素造成了海洋渔业资源的不断衰退,开展重要经济渔业种群的修复与重建日益受到各国政府和学者的重视。世界范围内,增殖放流已经成为修复与重建衰退渔业种群最直接和最有效的途径,同时也是一种渔业资源管理的有效工具(Bell *et al*, 2008)。2006年以来,我国开展了大规模水生生物增殖放流活动,近年来的研究证明,增殖放流已对我国近岸渔业资源修复起到了积极的促进作用(程家骅等, 2010; 成为为等, 2014; 姜亚洲等, 2016)。

牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)是我国重要的渔业经

济物种,近年来,由于过度捕捞和近岸环境变化加剧,其资源量一直处于下降状态(单秀娟等, 2012)。我国自20世纪80年代开展牙鲆增殖放流研究(吴鹤洲等, 1987),2006年以来,山东等沿海地区年放流牙鲆苗种数量达数千万尾。然而,我国在牙鲆放流苗种的存活、生长及迁移路线、放流与野生种群互相作用等方面的研究较少,不利于对资源修复效果的评价。“标志放流-回捕”技术是水生生物增殖放流效果评价的主要手段。在利用人工培育苗种进行增殖放流时,选择适宜的标志方式对于评价放流种类的增殖效果显得尤为重要

\* 国家鲆鲽类产业技术体系项目(CARS-50)、中国水产科学研究院黄海水产研究所级基本科研业务费(20603022016003)和国家国际科技合作专项项目(2013DFA31410)共同资助 [This work was supported by China Agricultural Research System (CARS-50), Special Scientific Research Funds for Central Non-Profit Institutes, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences (20603022016003), and International S&T Cooperation Program of China (2013DFA31410)].  
徐永江, E-mail: xuyj@ysfri.ac.cn

① 通讯作者: 柳学周, 研究员, E-mail: liuxz@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2016-07-22, 收修改稿日期: 2013-08-24

(Hamel *et al.*, 2012)。在牙鲆标志放流技术方面, 我国已开展了体外挂牌标记、耳石标记等研究(刘奇, 2009<sup>1)</sup>; 刘芝亮等, 2013), 但体外挂牌标记存在对小规格苗种操作损伤大、放流苗种易被捕食等问题, 耳石染色存在标记不易检测、易消褪等问题。因此, 亟待开发更为有效的标记方式用于牙鲆小规格苗种标志放流和效果评价。

编码金属标签(Coded-wire tag, CWT)于 20 世纪 60 年代开始应用于鲑鳟鱼类的标志放流(Jeffers *et al.*, 1963), 因其具有体积小、易操作、精确度与回收率高等优点, 成为应用最为广泛的标志方式(张堂林等, 2003; Simon *et al.*, 2011)。CWT 标志技术已在 30 多种鱼类的增殖放流和资源管理中应用, 特别是在鲑鱼资源管理领域取得了较为显著的成就(Lorenzen *et al.*, 2010; Mohr *et al.*, 2013; Ashton *et al.*, 2014; Hinrichsen *et al.*, 2016)。我国近年来开始应用 CWT 标记放流鱼类, 但仅在达乌尔鳊(*Huso dauricus*) (杨晓鸽等, 2013)、鳊鱼(*Siniperca chuatsi*) (张彬等, 2007)、蒙古鲌(*Culter mongolicus*) (Lin *et al.*, 2012)等少数几种鱼类中进行了研究, 尚未见对鲆鳎鱼类标记效果的报道。本研究以鲆鳎鱼类典型鱼种——牙鲆为研究对象, 测试了 CWT 对 3 种规格牙鲆苗种的标记效果, 以期为开发牙鲆标志放流新标记技术及增殖效果评价提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼来源

本实验于 2014 年 7–9 月在山东青岛贝宝海洋科技有限公司进行。实验用鱼为该养殖场人工培育的牙鲆苗种, 苗种色泽正常、大小规格整齐、健康活泼、摄食良好。本年度苗种培育所用受精卵来自于同一批野生亲鱼, 苗种由产卵周期中 3 批次受精卵培育而来。

按照苗种规格的不同设置 3 个实验组: 小规格组、中规格组和大规格组, 每组设置 1 个对照和 2 个重复。随机选取不同规格苗种 30 尾, 分别测定全长

(TL)和体重(BW), 同时利用游标卡尺测定体厚度(BT), 计算全长与体重间的回归关系式:

小规格组:  $TL = -1.4761 BW^2 + 5.7679 BW + 0.6117$  ( $R^2 = 0.9521$ )

中规格组:  $TL = 2.4064 BW^2 - 25.8520 BW + 77.5880$  ( $R^2 = 0.8918$ )

大规格组:  $TL = 0.1159 BW^2 - 3.0596 BW + 32.145$  ( $R^2 = 0.9692$ )

实验开始前, 为减少单尾鱼生长参数测量带来的人为操作胁迫, 各对照组和实验组的苗种分 3 批次测定总体重, 根据得到的回归关系式, 计算各对照组和实验组全长数据。实验用苗种数量与规格见表 1。

不同规格组的苗种于实验前 3 d 分别放入体积为 1 m<sup>3</sup> 的方形抹角水泥池中暂养。实验用水为砂滤海水, 池内水深为 60–70 cm, 水温为 25–27℃、盐度为 27–29、pH 为 7.8–8.2、溶解氧 6 mg/L 以上。暂养期间, 投喂配合饲料, 饱食投喂, 每日清理培育池 1 次。

### 1.2 CWT 标记操作方法

本研究所用 CWT 系统购自美国西北海洋技术公司(NMT 公司, 美国), 标签直径为 0.25 mm, 长度为 1 mm (图 1, 右图), 利用配套的标记器进行标记操作(图 1, 左图上)。标记器针头外径为 0.47 mm, 内径为 0.3 mm。

实验鱼标记操作前饥饿 24 h。CWT 标记操作前, 所有实验鱼都以 MS-222 进行麻醉, 小规格、中规格和大规格苗种的适宜麻醉剂量分别为 30 mg/L、50 mg/L 和 80 mg/L。

将麻醉的苗种置于湿润的毛巾上进行标记操作。CWT 标记部位在背部肌肉(侧线弧后肌肉最厚处, 背鳍基部下约 5 个鳞片处, 标记方向与鳞片同向)(图 2)。由受过专门技术培训的人员进行标记操作。标记时, 将标记器与鱼体呈 45°角, 使针头自鳞下间隙处斜向插入, 斜入肌肉 2–3 mm 深度, 轻轻推动撞针将标签推入鱼体内。标记后, 使用系统自带探测器

表 1 实验用牙鲆苗种规格与标记部位

Tab.1 Sizes and the tagging positon of the experimental *P. olivaceus*

实验组别 Experimental groups	全长 Total length (cm)	体重 Body weight (g)	体厚度 Body thickness (mm)	标记部位 Tagging position
小规格组 Small-size group	5.92±0.41	1.47±0.11	2.68±0.23	背部肌肉 Dorsal muscle
中规格组 Medium-size group	8.92±0.36	6.13±0.24	4.22±0.09	背部肌肉 Dorsal muscle
大规格组 Large-size group	12.06±0.62	14.32±1.36	6.39±0.41	背部肌肉 Dorsal muscle

1) Liu Q. Japanese flounder marking techniques and juveniles released for stock enhancement. Master's Thesis of Ocean University of China, 2009 [刘奇. 褐牙鲆标志技术与增殖放流试验研究. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2009]

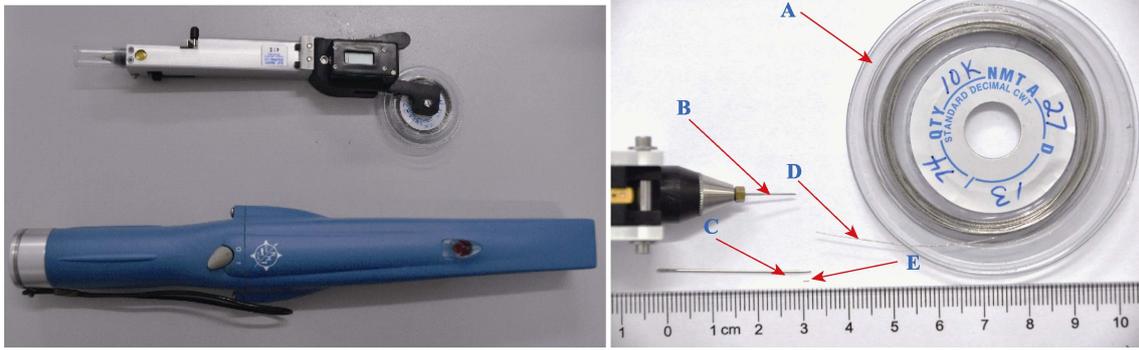


图 1 CWT 标签标记器(左图上)、探测器(左图下)与标签系统组成(右图)  
Fig.1 The CWT injector (left upper), detector (left bottom) and coded wire tagging system (right)

A. 标签盘; B. 标记器针头; C. 撞针; D. 未切断的标签; E. 单个标签  
A. Tag cartage; B. Injector syringe needle; C. Firing pin; D. Whole tagging system; E. Single tag

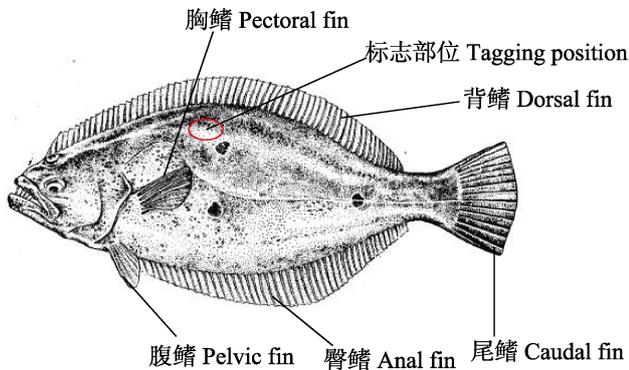


图 2 牙鲆苗种 CWT 背部肌肉标记示意  
Fig.2 The schematic diagram of CWT tagging position in the dorsal muscle of *P. olivaceus* juveniles

(图 1, 左图下)扫描被标记鱼标签部位, 确认标签植入鱼体。苗种标记后, 迅速置于洁净的海水中复苏。

### 1.3 标记苗种成活率和脱标率检测

标记操作完成后, 各实验组分别选取 100 尾成功标记并可在 3 min 内复苏的苗种, 继续在原池内养殖, 养殖时间为 30 d。养殖条件同 1.1, 日换水率为 300%。暂养期间投喂配合饲料, 投喂量为鱼体重的 3%–5%。

标记苗种养殖期间, 观察标记苗种的游泳行为、摄食行为。在 1 d、5 d、15 d 和实验结束时, 使用探测器检测各实验组的 CWT 脱标情况, 及时拣出脱标和死亡的苗种, 并记录全长、体重等数据, 对死亡苗种检测 CWT 标签是否脱落, 计入成活率和脱标率。

### 1.4 CWT 标记对苗种生长的影响

在养殖结束时, 测量标记苗种的全长和体重, 计算特定生长率(SGR), 通过与对照组苗种 SGR 的对比分析, 评估 CWT 标记对实验鱼生长的影响, 计算方法:

$$SGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{\Delta t} \times 100$$

式中,  $W_1$  为起始个体体重,  $W_2$  为实验结束后个体体重,  $\Delta t$  为实验持续时间。

### 1.5 统计分析

实验用牙鲆苗种的生长数据表示为平均值±标准差(Mean±SD), 实验苗种死亡率、脱标率、累计死亡率等数据均为各规格实验组 2 个平行的平均值。利用单因素方差分析(One-way ANOVA)统计各组实验苗种死亡率、脱标率、生长的差异显著性。利用相关性分析研究标记苗种全长、体厚度与死亡率的关系。统计分析使用 SPSS 16.0 软件, 设置显著性水平  $P=0.05$ , 当  $P<0.05$  时为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 CWT 标记对苗种行为与摄食的影响

在进行 CWT 标记后, 不同规格的苗种都可在 3 min 内在清洁海水中苏醒, 并正常游动, 表明麻醉剂剂量和标记操作方法适宜。中规格和大规格苗种在标记后的第 2 天即可正常跃起摄食。小规格苗种在标记后的第 3 天恢复正常摄食。

### 2.2 苗种规格与 CWT 标记死亡率及脱标率的关系

本研究发现, CWT 脱标均发生在标记后的 4 d 内, 且整个实验过程中只有小规格苗种脱标率最高(3.3%), 中规格苗种的脱标率为 2.4%, 而大规格苗种仅为 0.7% (表 2)。

用 CWT 标记后, 小规格苗种的死亡率最高(13%) ( $P<0.05$ ), 中规格和大规格苗种标记的死亡率分别为 2% 和 1%。相关性分析表明, 标记死亡率( $M$ )与苗种

全长(TL)的关系符合模型:  $M=0.7254TL^2-15.3220 TL+79.4260$  ( $R^2=0.9601$ ) (图 3); 标记死亡率(M)与鱼体厚度(BT)的关系符合模型:  $M=1.3627 BT^2-15.5610 BT+44.4330$  ( $R^2=0.9645$ ) (图 4)。

### 2.3 CWT 标记对实验鱼生长的影响

CWT 标记后, 各实验组的牙鲆苗种经 30 d 的培育, 全长、体重和 SGR 变化结果见表 2。各实验组全长和体重生长与各自对照组差异不显著( $P>0.05$ )。小规格实验组苗种的 SGR 为 0.035, 其对照组 SGR 为 0.037; 中规格实验组苗种的 SGR 为 0.015, 其对照组 SGR 为 0.017; 大规格实验组苗种的 SGR 为 0.012, 其对照组为 0.009。小规格组的 SGR 值最低, 中规格组的 SGR 最高, 但同规格实验鱼对照组与实验组 SGR 水平差异不显著( $P>0.05$ ), 表明 CWT 标记对本实验中不同规格的牙鲆苗种全长和体重生长影响不显著。

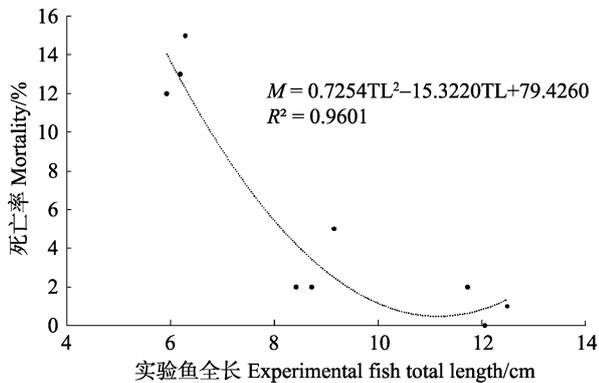


图 3 牙鲆苗种 CWT 标记死亡率与全长的关系  
Fig.3 The relationship between mortality and the total length of CWT tagged *P. olivaceus* juveniles

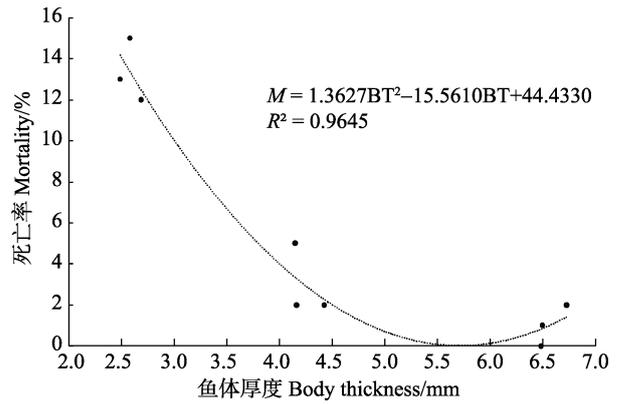


图 4 牙鲆苗种 CWT 标记死亡率与苗种体厚度的关系  
Fig.4 The relationship between mortality and the body thickness of CWT tagged *P. olivaceus* juveniles

## 3 讨论

### 3.1 CWT 标记操作方法

自 20 世纪 60 年代以来, 研究者们已在多种鲑形目、鲈形目和鳗鲡目等鱼类标志放流中应用 CWT 标签, 表明 CWT 可用于标记小规格实验鱼且标签保持率高, 是一种理想的标志方式(van Den Avyle *et al*, 2001; Brennan *et al*, 2007), 但尚未见 CWT 在鲽形目鱼类上应用的研究报道。本研究利用长度为 1 mm 的 CWT 标签, 斜向埋植入牙鲆肌肉厚度最大的背部肌肉部位, 进入鱼体内 2-3 mm 但并未穿透鱼体, 标记成功率、标记苗种成活率和标签保持率均较高, 表明本研究建立的 CWT 标记操作方法适宜于牙鲆等体侧扁鱼类。

标记部位的选择对于标记成功率影响较大, 特别

表 2 各实验组牙鲆苗种的生长、死亡率及脱标率  
Tab.2 The growth, mortality and tag shedding rate of *P. olivaceus* juveniles

组别 Groups	死亡率 Mortality (%)	脱标率 Tag shedding rate (%)	实验开始 全长 Initial total length (cm)	实验开始体重 Initial body weight(g)	实验结束 全长 Final total length (cm)	实验结束体重 Final body weight (g)	特定生长 率 SGR (%/d)
小规格对照组 Small-size control group	2.0	-	5.84±0.56	1.39±0.25	7.19±0.52	4.19±0.12	0.037
小规格实验组 Small-size experimental group	13.0	3.3	5.92±0.41	1.47±0.11	7.07±0.63	4.16±0.15	0.035
中规格对照组 Medium-size control group	0	-	9.24±0.17	6.71±0.51	11.51±0.48	10.43±0.30	0.015
中规格实验组 Medium-size experimental group	2.0	2.4	8.92±0.36	6.13±0.24	11.29±0.58	10.18±0.29	0.017
大规格对照组 Large-size control group	0	-	11.76±0.21	13.83±1.02	15.02±0.89	19.55±1.49	0.012
大规格实验组 Large-size experimental group	1.0	0.7	12.06±0.62	14.32±1.36	14.33±0.56	18.75±1.23	0.009

是对规格较小的鱼类尤为重要。在对鳊鱼的 CWT 标记研究中,研究者对其 3 个不同的部位进行了标记,并发现不同部位标记成活率等无显著差异,但以背部肌肉标记最为方便(张彬等, 2007)。CWT 标记达乌尔鳊背部前、中、后部肌肉的标志保持率都可达 92%以上,也表明背部肌肉是较为适宜的标记部位(杨晓鸽等, 2013)。其他一些游泳性鱼类如斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)、蓝鳃太阳鱼(*Lepomis macrochirus*)、大口黑鲈(*Micropterus salmoides*)、金体美鲮(*Notemigonus crysoleucas*)等,由于身体肌肉厚度较大,可选择颊部、腹壁和鼻软骨等部位进行标记,标志保持率在 91%–100%之间(Heidinger *et al*, 1998)。本研究选择背部肌肉作为标记部位,取得了较好的标记效果。另外,还测试了牙鲈颞弓提肌的 CWT 标记,结果显示,其脱牌率达 8%,死亡率也达 22%(未发表数据),表明相比较而言,背部肌肉是牙鲈等体扁平鱼类进行 CWT 标记操作的理想部位。

### 3.2 适宜苗种规格选择与标记后暂养时间

CWT 标签作为一种内部标记,可稳定附着在实验鱼肌肉内,避免了标记鱼因外部标记而易被捕食的风险,可大大提高标记放流苗种的成活率。即使是小规格苗种,利用 CWT 标记后,也不会影响苗种的游泳与摄食行为(张彬等, 2007; Mohr *et al*, 2013)。与其他游泳性鱼类不同的是,鲟鳇鱼类双眼位于身体一侧,且体型较侧扁,肌肉厚度较薄,标记难度较大,容易造成较高的脱标率和死亡率。本研究也发现,全长为 5–6 cm 的牙鲈苗种在 CWT 标记后出现了相对较高的死亡率(13%),但较 T 型标志牌标记, CWT 标记成活率明显提高(刘芝亮等, 2013),表明其特别适合牙鲈小规格苗种标记。而利用 CWT 标记全长 8.9 cm 以上苗种时,成活率可达 98%以上。本研究还发现, CWT 标记牙鲈苗种后,各规格标记苗种与对照组苗种生长无差异,表明 CWT 标记没有对苗种生长产生明显影响,这与其他鱼类如蒙古鲌、鳊鱼等的研究结果类似(Heidinger *et al*, 1998; 张彬等, 2007; Lin *et al*, 2012)。另外,先前的研究也证实,由于 CWT 体积较小,标记创口微小,并且可在较短时间内愈合,组织兼容性较好,因此对鱼体的胁迫也小(Munro *et al*, 2003; Brennan *et al*, 2005)。综合考虑标记后成活率、脱标率等因素,今后在应用 CWT 标签标记牙鲈苗种时,苗种规格应达到全长 6 cm 以上。

目前,国际上多在实验室条件下预先测试不同的标志对水生生物的标记效果,标记后实验动物暂养时间越长,对于标记效果的评价就越可靠(Brattey *et al*,

2004)。本研究发现, CWT 标记不同规格牙鲈苗种后,脱标率低于 3.3%,且脱标都发生在标记后 4 d 内。CWT 标记鳊鱼的研究表明,在 CWT 标记 29 d 内,标签保存率达 97.9%,而在其后 29–333 d 实验期间内,标签保存率为 100%(张彬等, 2007)。对欧洲鳗鲡(*Anguilla anguilla*)、北极红点鲑(*Salvelinus alpinus*)幼鱼的 CWT 标志技术研究中, CWT 标签脱落一般都发生标记后 21 d 内,其后不再出现脱标的情况(Thomassen *et al*, 2000; Kolari *et al*, 2006)。综合目前已有的鱼类 CWT 标记后暂养时间,本研究采用标记后暂养时间为 30 d,完全可以实现对牙鲈幼鱼 CWT 标记的存活率和标签保持率的准确评价。

### 3.3 标记死亡率与苗种规格的关系

本研究发现,牙鲈苗种规格与标记成活率关系较为密切,小规格苗种(表 1, 体厚度仅为 2.5–2.9 mm)出现了相对较高的死亡率(13%),而中规格和大规格实验鱼死亡率低,表明苗种标记死亡率具有鱼体规格依赖性的特点,这在其他一些鱼类的 CWT 标记实验中也有类似结果,如对蒙古鲌的 CWT 标记实验表明,小规格苗种在 CWT 标记后死亡率较高(Lin *et al*, 2012)。小规格苗种的标记死亡率可能与胁迫耐受力、体厚度等因素有关,具体原因有待于进一步分析确定。Lin 等(2012)提出,建立实验鱼规格与标记成活率的评价模型,对于指导 CWT 的批量化应用具有重要意义。本研究建立了 CWT 标记牙鲈苗种的标记死亡率与全长、体厚度的数学评价模型,可为牙鲈标志放流时适宜标记苗种规格选择提供参考和技术支持。CWT 标签由专门的设备进行检测(图 1, 左图下),灵敏度高,对带标实验鱼的检出率达 100%,检出效果好,适宜在今后大规模标志放流中应用。

## 参 考 文 献

- Ashton NK, Anders PJ, Young SP, *et al*. Coded wire tag and passive integrated transponder tag implantations in juvenile Burbot. *North American Journal of Fisheries Management*, 2014, 34(2): 391–400
- Bell JD, Leber KM, Blankenship HL, *et al*. A new era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Reviews in Fisheries Science*, 2008, 16(1–3): 1–9
- Brattey J, Cadigan N. Estimation of short-term tagging mortality of adult Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fisheries Research*, 2004, 66(2–3): 623–633
- Brennan NP, Leber KM, Blackburn BR, *et al*. Use of coded-wire and visible implant elastomer tags for marine stock

- enhancement with juvenile red snapper *Lutjanus campechanus*. *Fisheries Research*, 2007, 83(1): 90–97
- Brennan NP, Leber KM, Blankenship HL, *et al.* An evaluation of coded wire and elastomer tag performance in juvenile common snook under field and laboratory conditions. *North American Journal of Fisheries Management*, 2005, 25(2): 437–445
- Cheng JH, Jiang YZ. Marine stock enhancement: Review and prospect. *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. *中国水产科学*, 2010, 17(3): 610–617]
- Cheng WW, Wang DQ, Wei QW, *et al.* Effect of restocking enhancement of Chinese sucker in the middle and upper reaches of Yangtze River based on microsatellite loci. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(3): 574–580 [成为为, 汪登强, 危起伟, 等. 基于微卫星标记对长江中上游胭脂鱼增殖放流效果的评估. *中国水产科学*, 2014, 21(3): 574–580]
- Hamel M, Hammen J, Pegg M, *et al.* Tag retention of T-bar anchor tags and passive integrated transponder tags in Shovelnose sturgeon. *North American Journal of Fisheries Management*, 2012, 32(3): 533–538
- Heidinger R, Cook S. Use of coded wire tags for marking fingerling fishes. *North American Journal of Fisheries Management*, 1998, 8(2): 268–272
- Hinrichsen RA, Steele CA, Ackerman MW, *et al.* Maximum likelihood estimation of the proportion of hatchery-origin fish on spawning grounds using coded wire tagging and parentage-based tagging. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2016, 145(3): 671–686
- Jeffers B, Bergman K, Fiscus F, *et al.* A coded-wire identification system for macro-organisms. *Nature*, 1963, 198(4879): 460–462
- Jiang YZ, Lin N, Liu ZL, *et al.* Effectiveness of *Nibeia albiflora* stock enhancement in Xiangshan Bay and prioritization of fishing strategy for the released stock. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2016, 23(3): 641–647 [姜亚洲, 林楠, 刘尊雷, 等. 象山港黄姑鱼增殖放流效果评估及增殖群体利用方式优化. *中国水产科学*, 2016, 23(3): 641–647]
- Kolari I, Hirvonen E. Long-term retention of coded wire tags in juvenile Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *Fisheries Management and Ecology*, 2006, 13(3): 143–148
- Lin ML, Xia YG, Murphy BR, *et al.* Size-dependent effects of coded wire tags on mortality and tag retention in redbelt culter *Culter mongolicus*. *North American Journal of Fisheries Management*, 2012, 32(5): 968–973
- Liu ZL, Xu YJ, Liu XZ, *et al.* Tagging of Japanese flounder using T bar tags. *Progress in Fishery Sciences*, 2013, 34(6): 80–86 [刘芝亮, 徐永江, 柳学周, 等. T 型标志牌标记牙鲈苗种. *渔业科学进展*, 2013, 34(6): 80–86]
- Lorenzen K, Leber M, Blankenship L, *et al.* Responsible approach to marine stock enhancement: An update. *Reviews in Fisheries Science*, 2010, 18(2): 189–210
- Mohr MS, Satterthwaite WH. Coded-wire tag expansion factors for chinook salmon carcass surveys in California: Estimating the numbers and proportions of hatchery-origin fish. *San Francisco Estuary and Watershed Science*, 2013, 11(4): 1–19
- Munro AR, McMahon TE, Leathe SA, *et al.* Evaluation of batch marking small rainbow trout with coded wire tags. *North American Journal of Fisheries Management*, 2003, 23(2): 600–604
- Shan XJ, Jin XS, Li ZY, *et al.* Fish community structure and stock dynamics of main releasing fish species in the Bohai Sea. *Progress in Fishery Sciences*, 2012, 33(6): 1–9 [单秀娟, 金显仕, 李忠义, 等. 渤海鱼类群落结构及其主要增殖放流鱼类的资源量变化. *渔业科学进展*, 2012, 33(6): 1–9]
- Simon J, Dörner H. Growth, mortality and tag retention of small *Anguilla anguilla* marked with visible implant elastomer tags and coded wire tags under laboratory conditions. *Journal of Applied Ichthyology*, 2011, 27(1), 94–99
- Thomassen S, Pedersen MI, Holdensgaard G. Tagging the European eel *Anguilla anguilla* (L.) with coded wire tags. *Aquaculture*, 2000, 185(1–2): 57–61
- van Den Avyle MJ, Wallin JE. Retention of internal anchor tags by juvenile striped bass. *North American Journal of Fisheries Management*, 2001, 21(3): 656–659
- Wu HZ, Ruan HC, Wang XC, *et al.* Studies on the ecological basis of resources multiplication and stocking experiment on the false halibut *Paralichthys olivaceus* in Jiaozhou Bay. *Marine Sciences*, 1987, 11(6): 52–53 [吴鹤洲, 阮洪超, 王新成, 等. 胶州湾牙鲈资源增殖的生态学基础及种苗放流实验研究. *海洋科学*, 1987, 11(6): 52–53]
- Yang XG, Wei QW, Du H, *et al.* Primary study on tag performance of Kaluga sturgeon (*Huso dauricus*) tagged with visible implant elastomer and coded wire tag. *Freshwater Fisheries*, 2013, 43(2): 43–47 [杨晓鸽, 危起伟, 杜浩, 等. 可见植入荧光标记和编码金属标对达乌尔鲟标志效果的初步研究. *淡水渔业*, 2013, 43(2): 43–47]
- Zhang B, Li ZJ. Tagging juvenile mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) with coded wire tag. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2007, 14(7): 53–60 [张彬, 李忠杰. 微型金属标标记鳊稚鱼. *中国水产科学*, 2007, 14(7): 53–60]
- Zhang TL, Li ZJ, Shu SW. A review on marking techniques in fish. *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. *中国水产科学*, 2003, 10(3): 246–253]

## Tagging Juvenile Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*) with Coded Wire Tags

XU Yongjiang<sup>1,2</sup>, LIU Xuezhou<sup>1,2①</sup>, ZHANG Kai<sup>3</sup>, LAN Gonggang<sup>3</sup>, SHI Bao<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071; 3. Qingdao Beibao Marine Science and Technology Co., Ltd., Qingdao 266400)

**Abstract** In this study we tested the feasibility of coded wire tags (CWTs) as a novel high-efficiency tagging method for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). A total of three size groups were tested. The total lengths for small, medium, and large size groups were (5.92±0.41) cm, (8.92±0.36) cm, and (12.06±0.62) cm respectively. In a short-term experiment, we marked hatchery-reared juveniles with CWTs in the dorsal muscle and examined whether the fish size affected the tag retention and tagging-induced mortality. Tag retention was above 96% in all the three size groups and appeared to be unaffected by the fish size. Tag loss was only observed within 4 days post tagging. Tagging-induced mortality for small juveniles (13%) was significantly higher than that for the medium (4%) and the large (1%) juveniles. The tag shedding rates for the small, medium, and large juveniles were 3.3%, 2.4%, and 0.7% respectively. Linear dependence models were established to describe the relationships of tagging-induced mortality, the total length, and the body thickness. Death of small marked juveniles usually occurred within 4 days post tagging. In order to reduce the post-tagging mortality and biases in stocking assessment, we recommended CWT tagging on juveniles at least 6 cm in body length. The CWT tagging may have no effects on the growth and swimming behavior of the fish, therefore could be an ideal tagging method for Japanese flounder juveniles. It is potentially a good tool in large-scale tagging and evaluation of Japanese flounder in the future.

**Key words** Coded wire tags; Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*); Tagging effects; Evaluation model

① Corresponding author: LIU Xuezhou, Email: liuxz@ysfri.ac.cn