



中文核心期刊
中国科技论文统计源核心期刊
中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊

ISSN 1004-2490
CN 31-1341/S

海洋渔业

MARINE FISHERIES

第41卷
Vol.41

第5期
No. 5

2019

主办 中国水产学会
中国水产科学研究院东海水产研究所
中国科技出版传媒股份有限公司

出版  科学出版社
Science Press

海洋渔业

第四十一卷

第五期

二〇一九年九月

海洋渔业

HAIYANG YUYE

2019 年 第 41 卷 第 5 期

目 次

研究论文

东海区延长伏季休渔期渔业资源增殖效果分析 严利平, 刘尊雷, 金 艳, 等 (513)

北仑河口红树林埋管生态养殖系统多环芳烃的分布、影响因素及风险评价
..... 李 斌, 庞碧剑, 谭趣孜, 等 (520)

风信子鹿角珊瑚对环境因子的响应研究 马鸿梅, 王云祥, 秦传新, 等 (536)

MS-222 和丁香酚对暗纹东方鲀幼鱼麻醉效果的比较研究 郝长杰, 庄 平, 赵 峰, 等 (546)

暗纹东方鲀抗苗勒氏管激素 II 型受体基因的克隆、生物信息学及表达分析
..... 高莹莹, 胡 朋, 刘新富, 等 (555)

日本鳎 II 型干扰素基因 (*IFN- γ* 和 *IFN- γ rel*) 的原核表达与纯化研究
..... 李 想, 黄文树, 黄 贝, 等 (567)

杂交黄颡鱼“黄优 1 号”形态指标体系的建立及雌雄差异判别 武兆文, 郑 翔, 张佳佳, 等 (578)

5 种文蛤属贝类线粒体基因密码子偏好性分析 张志东, 陈爱华, 吴杨平, 等 (589)

水解蛋白替代鱼粉对大菱鲆生长及生理代谢的影响 姜立生, 陈 玮, 李宝山, 等 (596)

两株海水鱼肠道芽孢杆菌的分离鉴定及特性分析 孙 娜, 王腾腾, 韩慧宗, 等 (606)

研究简报

黄鳍棘鲷 3 种标志方法效果的比较与分析 吕少梁, 王学锋, 林 坤, 等 (616)

综述

隐鳃鲐科的生物地理与种群遗传研究进展 张书环, 梁志强, 杜 浩, 等 (623)

微塑料对海洋生物的影响研究进展 许彩娜, 张 悦, 袁 骥, 等 (631)

期刊基本参数: CN 31-1341/S* 1979* b* 16* 128* zh* P* Y 30.00* 1200* 13* 2019-9

MARINE FISHERIES

Vol.41. No.5. 2019

CONTENTS

- Effects of prolonging summer fishing moratorium in the East China Sea on the increment of fishery resources YAN Li-ping, LIU Zun-lei, JIN Yan, *et al* (513)
- Distribution, influence and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the mangrove underground *in situ* pipe eco-farming system in Beilun Estuary LI Bin, PANG Bi-jian, TAN Qu-zi, *et al* (520)
- An experimental study on behavior responses of *Acropora hyacinthus* to environmental factors variations MA Hong-mei, WANG Yun-xiang, QIN Chuan-xin, *et al* (536)
- Comparative study on anesthetic effect of MS-222 and clove oil on juvenile *Takifugu obscurus* HAO Chang-jie, ZHUANG Ping, ZHAO Feng, *et al* (546)
- Molecular cloning, bioinformatics and expression analysis of anti-Müllerian hormone type II receptor gene in *Takifugu obscurus* GAO Ying-ying, HU Peng, LIU Xin-fu, *et al* (555)
- Prokaryotic expression and purification of type II interferon genes (*IFN- γ* and *IFN- γ rel*) from *Anguilla japonica* LI Xiang, HUANG Wen-shu, HUANG Bei, *et al* (567)
- Establishment of morphological index system of hybrid yellow catfish “Huangyou-1” (*Pelteobagrus vachelli* ♂ \times *P. fulvidraco* ♀) and discrimination of male and female differences WU Zhao-wen, ZHENG Xiang, ZHANG Jia-jia, *et al* (578)
- Analysis of codon usage bias in five species of *Meretrix* ZHANG Zhi-dong, CHEN Ai-hua, WU Yang-ping, *et al* (589)
- Effects of replacing fishmeal by protein hydrolysates on the growth performance and physiological metabolism of *Scophthalmus maximus* JIANG Li-sheng, CHEN Wei, LI Bao-shan, *et al* (596)
- Isolation, identification and characteristics of two *Bacillus* associated from intestine of marine fishes SUN Na, WANG Teng-teng, HAN Hui-zong, *et al* (606)

RESEARCH NOTES

- Evaluation and comparison of three tagging methods on *Acanthopagrus latus* LYU Shao-liang, WANG Xue-feng, LIN Kun, *et al* (616)

ROUNDUP

- Progress in biogeography and population genetics of the Cryptobranchidae ZHANG Shu-huan, LIANG Zhi-qiang, DU Hao, *et al* (623)
- Research advances on the effects of microplastics on marine organisms XU Cai-na, ZHANG Yue, YUAN Qi, *et al* (631)

《海洋渔业》第六届编辑委员会
The Sixth Editorial Committee of *Marine Fisheries*

主任委员 Chairman 陈雪忠 CHEN Xue-zhong

副主任委员 Vice-chairman 司徒建通 SITU Jian-tong 庄平 ZHUANG Ping

委员 Members (以姓氏笔划为序)

王清印 WANG Qing-yin

王鲁民 WANG Lu-min

田纪伟 TIAN Ji-wei

刘海金 LIU Hai-jin

刘雅丹 LIU Ya-dan

孙松 SUN Song

李思发 LI Si-fa

吴淑勤 WU Shu-qin

张海生 ZHANG Hai-sheng

杨先乐 YANG Xian-le

沈新强 SHEN Xin-qiang

邹桂伟 ZOU Gui-wei

陈吉余 CHEN Ji-yu

陈立侨 CHEN Li-qiao

周彤 ZHOU Tong

周成虎 ZHOU Cheng-hu

周应祺 ZHOU Ying-qi

施平 SHI Ping

唐启升 TANG Qi-sheng

徐跑 XU Pao

桂建芳 GUI Jian-fang

曹文宣 CAO Wen-xuan

黄良民 HUANG Liang-min

黄硕琳 HUANG Shuo-lin

董双林 DONG Shuang-lin

蒋兴伟 JIANG Xing-wei

潘德炉 PAN De-lu

主编 Chief Editor 庄平 ZHUANG Ping

编辑 Editor 方海(主任) FANG Hai (chief) 纪炜炜 JI Wei-wei 阮雯 RUAN Wen

徐亚岩 XU Ya-yan 郑亮 ZHENG Liang

海洋渔业

(双月刊 1979年创刊)

第41卷 第5期 2019年9月

Marine Fisheries

(Bimonthly, Started in 1979)

Vol.41, No.5, Sept., 2019

主管单位 中国科学技术协会

主办单位 中国水产学会

中国水产科学研究院东海水产研究所

中国科技出版传媒股份有限公司

出版单位 北京中科期刊出版有限公司

编辑单位 《海洋渔业》编辑部

地址:上海市军工路300号

邮编:200090

电话:(021)65680116,65684690×8048

电子信箱:haiyangyuye@126.com

编辑部网站(投稿网址):

http://www.marinefisheries.cn

印刷 上海春秋印刷厂

国内外公开发行

国内发行 上海市报刊发行局

订购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司

(北京399信箱)

Responsible Institution China Association for Science and Technology

Sponsored by China Society of Fisheries
East China Sea Fisheries Research Institute,
Chinese Academy of Fishery Sciences
China Science Publishing & Media Ltd.

Published by Beijing China Science Journal Publishing Co. Ltd.

Edited by Editorial Office of *Marine Fisheries* (300 Jun
Gong Road, Shanghai, 200090, China)

Tel:(86-21)65680116,65684690×8048

E-mail:haiyangyuye@126.com

Website:http://www.marinefisheries.cn

Domestic Distributor Shanghai Bureau for Distribution
of Newspapers and Journals

Subscription Post Offices All Over China

Overseas Distributor China International Book Trading
Corporation(P.O.Box 399, Beijing, China)

ISSN 1004-2490
CN 31-1341/S

国内邮发代号: 4-630
国外发行代号: Q5270

定价: 30.00元/册

ISSN 1004-2490



文章编号: 1004-2490(2019)05-0616-07

· 研究简报 ·

黄鳍棘鲷 3 种标志方法效果的比较与分析

吕少梁^{1,2}, 王学锋^{1,2}, 林坤¹, 刘禹希¹, 陈志劼¹, 李纯厚³

(1. 广东海洋大学水产学院 湛江 524088; 2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江) 湛江 524025;
3. 中国水产科学研究院南海水产研究所 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室,
广东省渔业生态环境重点实验室 广州 510300)

摘要: 选取适宜的标志方法是提高增殖放流效果评估准确性的保障。以我国增殖放流的重要经济鱼类黄鳍棘鲷(*Acanthopagrus latus*)为实验对象,以其特定生长率、存活率和标志保留率为定量评价指标,采用单因素方差分析和 Kaplan-Meier 生存分析对比了被动整合雷达标志(PIT)、长 T 型标志(L-T)、短 T 型标志(S-T)3种标志方法的标志效果。40 d 的实验结果显示,各试验组鱼的特定生长率差异不显著;各试验组鱼的存活率和标志保留率较高,但差异均不显著;存活率表现为 PIT 标志组(96%)>L-T 标志组(94%)>S-T 标志组(93%),标志保留率则表现为 PIT 标志组(100%)>S-T 标志组(97%)>L-T 标志组(96%)。结合标志材料成本、标志操作难易程度等因素,认为 L-T 标志是目前黄鳍棘鲷批量化标志放流较理想的一种标志方法。此外,研究所采用的生存分析法可为今后不同标志方法的对比优选提供参考。

关键词: 黄鳍棘鲷; 增殖放流; PIT 标志; T 型标志; 生存分析

中图分类号: S 931.9 文献标识码: A

DOI:10.13233/j.cnki.mar.fish.2019.05.009

过度捕捞和环境污染造成近海渔业资源急剧衰退,在此形势下,以渔业资源养护、渔业环境修复为主的观念深入人心。增殖放流被认为是恢复渔业资源、改善水域生态环境、促进渔民增产增收的有效措施^[1]。以人工育苗技术为支撑,我国于 20 世纪 80 年代开始开展海洋经济鱼类的规模化增殖放流^[2]。近年来增殖放流迅速发展,但重放流规模、轻效益评估导致增殖效果备受争议。标志放流(亦称标志回捕)为科学评估增殖效果提供了一种有效途径,开发并选取适宜的标志放流方法成为该领域的研究热点^[3]。开展多种标志方法的对比优选研究对降低标志放流的误差、科学评估增殖效果具有重要的现实意义^[4]。

标志方法的选取应综合考虑 2 个方面^[5],一是研究目的、成本及可接受的误差范围;二是标

志对鱼的生长、死亡、脱标等方面的影响程度。后者一直是用于评价标志方法优劣的重要参考指标。国内关于标志方法对鱼类的影响研究较多^[6-9],主要采用单因素方差分析来比较标志鱼与不标志鱼之间生长率、死亡率、脱标率的差异。生存分析是将事件的结果和发生该结果所经历的时间进行过程分析的一种统计方法^[10],能用于分析研究对象在生存时间内的分布特点,比较不同组别之间生存分布的差异,以及探索影响生存时间的因素^[11]。该分析方法在国外已成功用于定量评价不同标志方法对鱼类的影响^[12-13],而在国内相关领域尚鲜有应用。

黄鳍棘鲷(*Acanthopagrus latus*)隶属于鲈形目,鲈亚目,鲷科,棘鲷属,广泛分布于我国东南沿海。其肉质鲜嫩、营养丰富,是重要的海产经

收稿日期: 2019-01-10

基金项目: 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)资助项目(ZJW-2019-06);公益性行业(农业)科研专项(201403008)

作者简介: 吕少梁(1993—),男,广东汕头人,硕士研究生,研究方向为渔业生态与环境保护。E-mail: lvsl1993@126.com

通信作者: 王学锋 教授。E-mail: xuefeng1999@126.com.

济鱼类^[14]。伴随着黄鳍棘鲷苗种规模化繁育技术的成熟,其已发展成为每年近海增殖放流的主要品种之一。本研究以黄鳍棘鲷为实验对象,采用单因素方差分析和Kaplan-Meier生存分析对比被动整合雷达标志(passive integrated transponder tags, PIT)、长T型标志(long T-bar anchor tags, L-T)、短T型标志(short T-bar anchor tags, S-T)的标志效果,旨在量化3种标志方法下鱼的特定生长率、存活率、标志保留率,并综合客观因素筛选出适宜黄鳍棘鲷标志放流的方法,以期为今后评价其他标志方法及鱼类提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

于2016年1—2月在广东省阳西县恒生水产养殖场开展为期40 d的实验。实验用鱼为该养殖场人工培育的黄鳍棘鲷幼鱼(健康活泼、摄食正常、规格整齐),随机抽取50尾测得平均体长为 (11.79 ± 0.77) cm,平均体质量为 (52.95 ± 11.34) g。PIT标志设备(包括PIT标签、注射器和扫码器)与T型标志设备(包括T型标签和标志枪)购自青岛海星仪器有限公司(图1、表1)。

1.2 实验步骤

实验设置4个组(对照组、PIT标志组、L-T标志组、S-T标志组),每组设2个重复,每个重复50尾鱼。

实验开始前,先将鱼放入培育池(3 m × 3 m × 2 m)内暂养7 d以适应养殖环境,标志操作前24 h停食。标志开始前,将标签及标志工具用75%酒精浸泡消毒5 min,之后将鱼放入30 mg · L⁻¹丁香酚溶液(丁香酚:酒精=1:9配比后溶于海水)的玻璃缸中药浴麻醉,待鱼体腹部开始向上翻转时,自药浴水体中取出并测其初始体长(精确至1 mm)、体质量(精确至0.01 g)(每组随机测10尾)。标志时,操作人员戴棉线手套,随机选取被麻醉的鱼,左手轻握鱼体,右手持标志工具,按分组将相应的标签以45°角迅速植入鱼体背鳍基前部肌肉中,标志植入失败或标志时有跌落等现象的鱼不用于后期实验。标志结束后,将标志鱼放入含有5%聚维酮碘溶液的玻璃缸中药浴消毒30 min,防止伤口发炎,消毒期间持续增氧以防止缺氧并加快鱼体复苏。随后将各标志组和对照组的鱼(不标志,其余步骤与标志组相同)分别暂养于400 L海水的玻璃钢养殖水桶中,每桶50尾,共8桶。

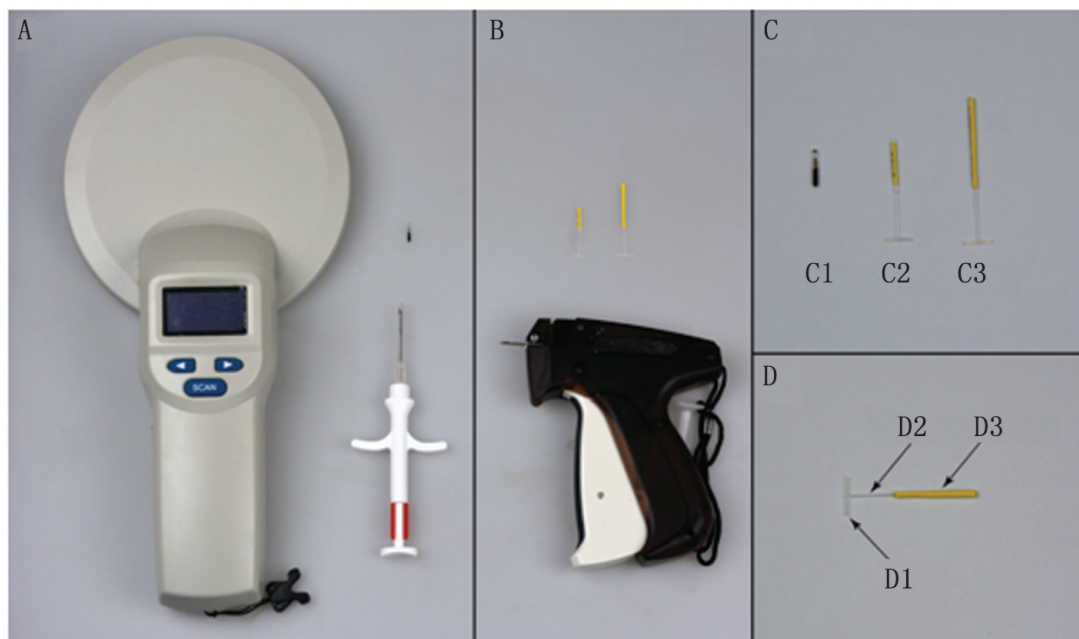


图1 黄鳍棘鲷标志实验所用设备

Fig. 1 Equipment used in *Acanthopagrus latus* tagging experiment

注: A. PIT标志设备; B. T型标志设备; C. 3种标签(C1: PIT标签; C2: S-T标签; C3: L-T标签); D. T型标签规格示意图(D1: 植入端; D2: 固定端; D3: 标志端)

Note: A. PIT equipment; B. T equipment; C. three tags (C1: PIT; C2: S-T; C3: L-T); D. size schematic of T-bar tags (D1: implanted end; D2: fixed end; D3: marked end)

自然条件下使用砂滤后的天然海水并持续增氧,完成40 d的标志效果实验。每天定时(上午9:00、下午17:00)投喂2次配合饲料,正常日投喂量为鱼体质量的3%~4%。每天换水1次,换水量50%。每天用YSI多参数水质仪测定各组的水质指标(水温、盐度、pH、溶解氧)。每8 h观察并记录鱼的死亡、脱标等情况。标志处理及数据测定均由2名受过培训的实验员完成。

1.3 数据分析

实验结束后停食24 h,每桶随机抽取10尾鱼测定终末体长、体质量。按以下公式求出特定生长率(specific growth rate, $SGR, \% \cdot d^{-1}$)^[15]:

$$SGR = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

式中, W_0 为初始体质量(g), W_t 为终末体质量(g), t 为实验天数(d)。

水质、生长、存活、标志保留等相关数据均为各组2个重复的平均值。采用单因素方差分析比较各组间水质指标、生长指标的差异显著性;采用Kaplan-Meier生存分析研究各组鱼的存活率和标志保留率随时间的变化趋势,并用对数秩检验(log-rank test)比较其差异显著性^[16]。统计分析均使用SPSS 19.0软件完成,显著水平设为 $P = 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 水质指标情况

实验期间水质指标随自然环境变化,更接近于野外条件下鱼所处环境不断变化的实际情况。方差分析结果表明各组间水温、盐度、pH、溶解氧的差异均不显著($P > 0.05$) (表2)。这一条件符合对比性实验所要求的均衡原则,即非处理因素应尽量均衡一致以减少对实验结果的影响,从而凸显出实验的处理因素^[17]。说明在各组鱼所处的水体环境保持一致的情况下,可以不考虑水质理化指标对标志效果的影响。

2.2 生长情况

实验前后鱼的体长、体质量以及特定生长率 SGR 见表3, SGR 表现为L-T标志组($0.57\% \cdot d^{-1}$) > 对照组($0.56\% \cdot d^{-1}$) > PIT标志组($0.53\% \cdot d^{-1}$) > S-T标志组($0.50\% \cdot d^{-1}$)。方差分析结果表明各组间 SGR 的差异不显著($P > 0.05$),即3种标志方法对试验鱼的生长无显著影响。这与多数应用PIT标志^[18-19]和T型标志^[7,20]对鱼类进行标志研究时所得到的结论一致。有部分研究则表明标志会对鱼的生长产生负面影响,如RIKARSEN等^[21]发现箭型标志对

表1 3种标签的规格参数

Tab.1 Main parameters of tags in *A. latus* tagging experiment

标签参数 Parameters of tags	PIT	L-T	S-T
标签全长/mm Total length	9	37	26
直径(植入端直径)/mm Diameter of implanted end	1.5	0.8	0.6
植入端长/mm Length of implanted end	-	8	6
固定端长/mm Length of fixed end	-	16	12
标志端长/mm Length of marked end	-	20	13
标志端直径/mm Diameter of marked end	-	1.3	1.3
空气中标签重量/g Total weight	0.037	0.049	0.026

表2 实验各组的水质理化参数

Tab.2 Water quality indices in each group of *A. latus* tagging experiment

组别 Groups	水温/°C Water temperature	盐度 Salinity	pH	溶解氧/(mg·L ⁻¹) Dissolved oxygen
对照组 Control group	14.96 ± 2.54	25.22 ± 1.15	7.97 ± 0.16	9.95 ± 0.51
PIT标志组 PIT group	14.88 ± 2.53	25.26 ± 1.09	7.97 ± 0.14	9.97 ± 0.50
L-T标志组 L-T group	14.85 ± 2.50	25.24 ± 1.13	7.98 ± 0.17	9.98 ± 0.49
S-T标志组 S-T group	14.90 ± 2.50	25.32 ± 1.08	7.96 ± 0.16	9.99 ± 0.51

表3 实验各组鱼的生长指标、存活率和标志保留率

组别 Groups	初始体长/cm Initial body length	初始体质量/g Initial body weight	终末体长/cm Final body length	终末体质量/g Final body weight	特定生长率/ (%·d ⁻¹) SGR	存活率/% Survival rate	标志保留率/% Tag retention rate
对照组 Control group	11.73 ± 0.83	52.42 ± 12.79	12.50 ± 0.63	64.31 ± 11.67	0.56	99	-
PIT标志组 PIT group	11.75 ± 0.66	52.93 ± 11.72	12.38 ± 0.74	64.92 ± 12.05	0.53	96	100
L-T标志组 L-T group	11.75 ± 0.84	52.81 ± 14.73	12.44 ± 0.67	64.58 ± 10.41	0.57	94	96
S-T标志组 S-T group	11.70 ± 0.94	54.43 ± 14.15	12.36 ± 0.67	65.23 ± 12.16	0.50	93	97

北极红点鲑(*Salvelinus alpinus*)的生长有抑制;徐开达等^[9]发现日本黄姑鱼(*Nibea japonica*)经H型标志牌标志后,标志组鱼的多项生长指标与对照组的差异显著。可见,标志对生长的影响因鱼种而异。

2.3 存活及标志保留情况

生存分析结果表明实验各组间存活率和标志保留率的差异均不显著($P > 0.05$)。存活率表现为对照组(99%) > PIT标志组(96%) > L-T标志组(94%) > S-T标志组(93%) (表3),但差异不显著(log-rank test: $\chi^2 = 4.820$, $P = 0.185$)。且PIT标志组标志3 d后未见有鱼死亡,L-T标志组和S-T标志组标志6 d后未见有鱼死亡(图2)。标志保留率则表现为PIT标志组(100%) > S-T标志组(97%) > L-T标志组(96%),但差异不显著(log-rank test: $\chi^2 = 3.782$, $P = 0.151$)。PIT标志组没有出现标签脱落,L-T标志组标志3 d后未见脱标,S-T标志组标志2 d后未见脱标(图3)。研究表明^[13,22-23]标志前麻醉、标志合适的部位以及标志后消毒是提高鱼类存活率和标志保留率的重要步骤。麻醉有效避免了标志时试验鱼因剧烈挣扎而造成物理性损伤;选择背鳍基前部较厚的肌肉组织作为标志部位,有助于固定标签;消毒则可降低标志部位的发炎溃烂及因溃烂导致的标签掉落。本研究3种标志方法的存活率和标志保留率均较高。各组发生少数的试验鱼死亡和脱标主要是在标志后3 d内,可能是标志处理过程的压力及标签对鱼体产生的胁迫导致的。

2.4 3种标志方法的综合比较

标签价格、操作难易、识别回收等客观因素亦是选取标志方法时需要考虑的(表4)^[24]。成本方面,PIT标签较T型标签昂贵。PIT标签是集

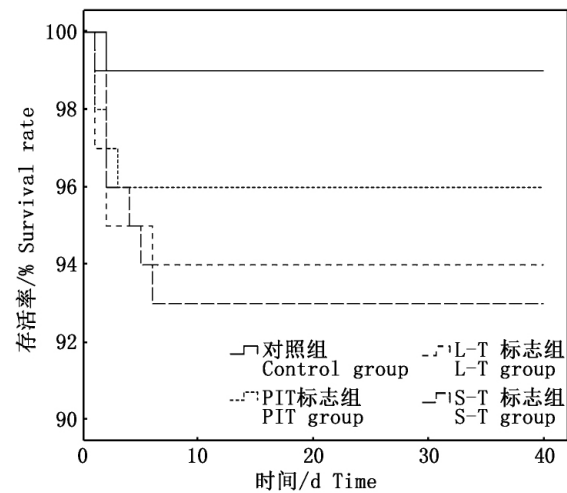


图2 实验各组鱼存活率的Kaplan-Meier生存分析
Fig. 2 The Kaplan-Meier survival analysis of survival rate in each group of *A. latus* tagging experiment

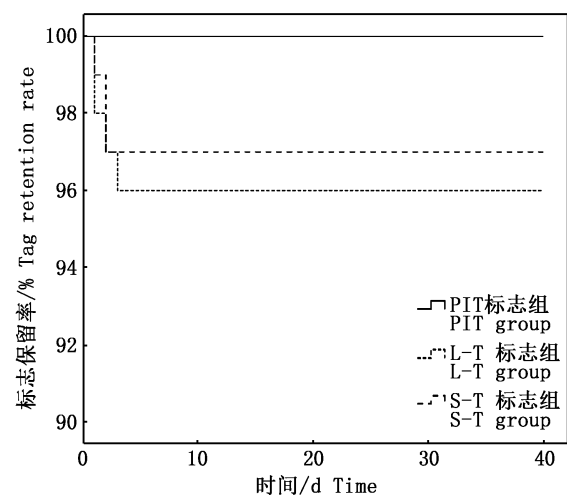


图3 实验各组鱼标志保留率的Kaplan-Meier生存分析
Fig. 3 The Kaplan-Meier survival analysis of tag retention rate in each group of *A. latus* tagging experiment

表4 3种标签的比较

Tab.4 Comparison of three tags

标签 Tags	标签的价格/元 Cost per tag	1尾的标志成本/元 Cost per tagged fish	材料 Material	标志难度 Complexity	鉴别方法 Identification method
PIT	8	<11	生物玻璃封装	相对复杂	扫码器
L-T	1	<4	尼龙材质	简易	肉眼
S-T	2	<5	尼龙材质	简易	肉眼

成微型芯片、感应线圈、铁氧体磁棒于玻璃管内的电子产品,而T型标签则是尼龙材质制作;标签越小,工艺要求越高,所以S-T标签的造价略高于L-T标签。操作简便性方面,PIT标志前需将PIT标签放于注射器针头的凹陷处,每次需单独放置标签后再标志,不能连续标志。而L-T、S-T标志操作相对简单,成串的标签(100个·串⁻¹)放在标志枪上相应的卡槽位置便可连续标志,适宜批量标志。标签的可识别性方面,PIT标志植入于鱼体肌肉内部,需借助扫码器探测,不适用于目前渔获物分散交易的市场现状。而T型标志标志于鱼体外,肉眼便可观察到,且L-T标志的标志端长于S-T,可显示标志放流的信息(如放流单位、联系方式、编号等),便于回收。

3 小结

本研究表明3种标志方法对鱼的生长无显著影响,且存活率和标志保留率均较高。综合考虑评价指标,L-T标志是黄鳍棘鲷批量化标志放流经济可行的最佳方法,而S-T标志适用于标志上信息少的情况;PIT标志适用于费用预算充足、实验精度、保留率等要求较高的情况。此外,本研究所采用的生存分析法可为今后对比优选不同标志方法提供新的解决思路。

由于不同标志方法具有规格效应、时间效应及鱼种特异性,本研究仅做了同种规格鱼40d的短期实验,对于不同规格鱼及长期效应还有待进一步研究以充实标志放流技术体系。

参考文献:

[1] 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.
CHENG J H, JIANG Y Z. Marine stock enhancement: Review and prospect[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(3): 610-617.

[2] 周永东. 浙江沿海渔业资源放流增殖的回顾与展望[J]. 海洋渔业, 2004, 26(2): 131-139.
ZHOU Y D. The retrospection and prospect of releasing and enhancement of fishery resources in Zhejiang coastal waters [J]. Marine Fisheries, 2004, 26(2): 131-139.

[3] 周辉霞,甘维熊. 鱼类标记技术研究进展及在人工增殖放流中的应用[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(7): 1206-1210.
ZHOU H X, GAN W X. Advances in fish labeling technology and its application in artificial proliferation and release [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2017, 56(7): 1206-1210.

[4] 周永东,徐汉祥,戴小杰,等. 几种标志方法在渔业资源增殖放流中的应用效果[J]. 福建水产, 2008(1): 6-12.
ZHOU Y D, XU H X, DAI X J, et al. An application effect of several tagged methods in fisheries resource enhancement [J]. Journal of Fujian Fisheries, 2008(1): 6-12.

[5] RUDE N P, WHITLEDGE G W, PHELPS Q E, et al. Long-term PIT and T-Bar anchor tag retention rates in adult muskellunge [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2011, 31(3): 515-519.

[6] 孙忠,余方平,王跃斌. 鲢鱼增殖放流标志技术的初步研究[J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 344-348.
SUN Z, YU F P, WANG Y B. Preliminary study on the tagging techniques for the release and enhancement of *Miichthys miuiy* [J]. Marine Fisheries, 2007, 29(4): 344-348.

[7] 柳学周,徐永江,陈学周,等. 半滑舌鲷苗种体外挂牌标志技术研究[J]. 海洋科学进展, 2013, 31(2): 273-280.
LIU X Z, XU Y J, CHEN X Z, et al. Study on tagging of the tongue sole using T-bar tags [J]. Advances in Marine Science, 2013, 31(2): 273-280.

[8] 徐永江,柳学周,张凯,等. 编码金属标签对

- 牙鲆(*Paralichthys olivaceus*) 苗种标记的效果[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(1): 168-174.
- XU Y J, LIU X Z, ZHANG K, *et al.* Tagging juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) with coded wire tags [J]. Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(1): 168-174.
- [9] 徐开达, 王好学, 姜亚洲, 等. 3种日本黄姑鱼放流标志方法的比较[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2018, 57(3): 363-368.
- XU K D, WANG H X, JIANG Y Z, *et al.* Comparison of three tagging methods for the release of *Nibea japonica* [J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2018, 57(3): 363-368.
- [10] 蔡梦. 生存分析理论及其应用研究综述[J]. 价值工程, 2016, 35(10): 19-21.
- CAI M. The theory and application research review of survival analysis [J]. Value Engineering, 2016, 35(10): 19-21.
- [11] POLLOCK K H, WINTERSTEIN S R, CONROY M J. Estimation and analysis of survival distributions for radio-tagged animals [J]. Biometrics, 1989, 45(1): 99-109.
- [12] COOK K V, BROWN R S, DENG Z D, *et al.* A comparison of implantation methods for large PIT tags or injectable acoustic transmitters in juvenile chinook salmon [J]. Fisheries Research, 2014, 154(3): 213-223.
- [13] SMITH N J, MCCALL P L, SUTTON T M. Effects of different tagging protocols on survival, growth, and tag retention in juvenile least cisco *Coregonus sardinella* [J]. Fisheries Research, 2017, 187: 68-72.
- [14] 施晓峰, 史会来, 楼宝, 等. 黄鳍鲷生物学特性及人工繁育现状[J]. 河北渔业, 2012(1): 52-55.
- SHI X F, SHI H L, LOU B, *et al.* Biological characteristics and artificial propagation, culture technique for *Sparus latus* (Houttuyn) [J]. Hebei Fisheries 2012(1): 52-55.
- [15] ZHU T B, GAN M Y, WANG X G, *et al.* An evaluation of elastomer and coded wire tag performance in juvenile Tibet fish *Oxygymnocypris stewartii* (Lloyd, 1908) under laboratory conditions [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2017, 33(3): 498-501.
- [16] DIXON C J, MESA M G. Survival and tag loss in Moapa White River springfish implanted with passive integrated transponder tags [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 2011, 140(5): 1375-1379.
- [17] 刘永珍, 张雪峰, 程玉梅, 等. 随机、对照、重复和均衡原则在安评试验中的重要性[J]. 毒理学杂志, 2007, 21(4): 312.
- LIU Y Z, ZHANG X F, CHENG Y M, *et al.* The importance of the principles of randomness, contrast, repetition and equilibrium in safety assessment trials [J]. Journal of Toxicology, 2007, 21(4): 312.
- [18] REES E M A, BRITTON J R, GODARD M J. Efficacy of tagging European catfish *Silurus glanis* (L., 1758) released into ponds [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2014, 30(1): 127-129.
- [19] BREWER M A, RUDERSHAUSEN P J, STERBA-BOATWRIGHT B D, *et al.* Survival, tag retention, and growth of spot and mummichog following PIT tag implantation [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2016, 36(3): 639-651.
- [20] 刘芝亮, 徐永江, 柳学周, 等. T型标志牌标记牙鲆苗种[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(6): 80-86.
- LIU Z L, XU Y J, LIU X Z, *et al.* Tagging of Japanese flounder using T-bar tags [J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(6): 80-86.
- [21] RIKARSEN A H, WOODGATE M, THOMPSON D A. A comparison of Floy and soft V1alpha tags on hatchery Arctic charr, with emphasis on tag retention, growth and survival [J]. Environmental Biology of Fishes, 2002, 64(1-3): 269-273.
- [22] 黄国光, 梁伟峰, 王云新, 等. 穿体标志对黄鳍鲷幼鱼的生长、存活及脱标的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(1): 31-35.
- HUANG G G, LIANG W F, WANG Y X, *et al.* Growth, survival and mark shedding of juvenile *Sparus latus* Houttuyn with coded plastic tags [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2009, 29(1): 31-35.
- [23] 吕少梁, 王学锋, 李纯厚. 鱼类标志放流步骤的优选及其在黄鳍棘鲷中的应用[J]. 水产学报, 2019, 43(3): 584-592.
- LYU S L, WANG X F, LI C H. Optimization of key procedures for fish tagging and releasing with its application to yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(3): 584-592.
- [24] BODINE K A, FLEMING P. Retention of PIT and T-bar anchor tags in blue catfish [J]. North American Journal of Fisheries Management, 2014, 34(1): 68-71.

Evaluation and comparison of three tagging methods on *Acanthopagrus latus*

LYU Shao-liang^{1,2}, WANG Xue-feng^{1,2}, LIN Kun¹, LIU Yu-xi¹, CHEN Zhi-jie¹, LI Chun-hou³
(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 2. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhanjiang), Zhanjiang 524025, China; 3. Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Overfishing and environmental pollution have led to the depletion / dramatic decline of fishery in the world. China has been making great efforts on sea ranching and stock enhancement, especially in coastal waters. The stock enhancement performance is undoubtedly the core concern of the whole ranching systematic project. Mark-recapture helps to estimate the population dynamics and the effects of sea ranching, it can also provide clues for the choice of tagging method. A 40-day experiment was conducted on juvenile *Acanthopagrus latus* with passive integrated transponder tags (PIT), long T-bar anchor tags (L-T), and short T-bar anchor tags (S-T). Four treatments with two replicates per group were designed, the control group, PIT group, L-T group, and S-T group, and each group had 50 juvenile *A. latus*. Three indices were applied to evaluate the effectiveness of tagging using one-way analysis of variance and Kaplan-Meier survival analysis, which were specific growth rate, survival rate, and tag retention rate. The results showed that all three indices varied between treatments but without significant differences ($P > 0.05$). Firstly, the specific growth rate was in a descending order of L-T group ($0.57\% \cdot d^{-1}$) > control group ($0.56\% \cdot d^{-1}$) > PIT group ($0.53\% \cdot d^{-1}$) > S-T group ($0.50\% \cdot d^{-1}$), but there was no significant difference in the specific growth rate between groups ($P > 0.05$). Secondly, the survival rate was in a descending order of control group (99%) > PIT group (96%) > L-T group (94%) > S-T group (93%). Thirdly, the tag retention rate was descending from PIT group (100%) to L-T group (97%) and S-T group (96%). The application cost for PIT was about RMB 11.0 per individual fish, for L-T was about RMB 5.0 per fish, and for S-T was roughly RMB 4.0 per fish. Considering both the cost and practicability of tags, it is recommended that L-T is the best choice for tagging *A. latus* in batches, while S-T is more appropriate for fish with less marking information on the tags, and PIT is more applicable when there is sufficient budget and stricter requirements on the accuracy. Furthermore, the survival analysis in this paper provides clues for quantitatively evaluating tagging performance.

Key words: *Acanthopagrus latus*; stock enhancement; passive integrated transponder tags; T-bar anchor tags; survival analysis