

300 Hz 矩形波连续音对真鲷音响驯化的实验研究

姜昭阳^{1,2}, 张国胜¹, 梁振林^{1,3}

(1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003; 2. 大连水产学院 海洋工程学院, 辽宁 大连 116023; 3. 山东大学 威海分校 海洋学院, 山东 威海 264209)

摘要: 作为一种资源管理型的渔业方式, 音响驯化型海洋牧场的开发是新世纪海洋渔业发展的主要内容之一, 但对海水鱼类进行驯化时采用何种频率和波形声音的研究积累尚少。在实验室条件下, 用 300 Hz 矩形波连续音对真鲷 (*Chrysophrys major*) 进行音响驯化实验, 结果表明, 真鲷的反应时间逐日缩短并接近对照组, 平均反应时间为 15.1 s, 其中第 5 天、第 6 天、第 10 天的反应时间与对照组差异不显著 ($P>0.05$); 聚集时间逐日减少并从第 7 天开始低于对照组, 平均聚集时间为 41.3 s, 其中第 10~15 天的聚集时间与对照组有极显著差异 ($P<0.01$); 聚集率则逐日增加并从第 3 天开始超过对照组, 平均聚集率为 87.6%, 其中第 4 天、第 10~15 天的聚集率与对照组有极显著差异 ($P<0.01$)。由此可见, 300 Hz 矩形波连续音对真鲷具有明显的驯化作用。[中国水产科学, 2008, 15 (1): 86~91]

关键词: 真鲷; 音响驯化; 300 Hz 矩形波连续音; 反应时间; 聚集时间; 聚集率

中图分类号: S973.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)01-0086-06

海洋牧场是一个新型的增养殖渔业系统, 即在某一海域内, 建设适应水产资源生态的人工栖息场, 采用增殖放流和移植放流的方法, 将生物种苗经过中间育成或人工驯化后放流入海, 利用海洋自然生产力并进行微量投饵育成, 同时采用先进的鱼群控制技术和环境监控技术对其进行科学管理, 使其资源量增大, 有计划且高效率的进行捕捞^[1]。音响驯化技术是一种能够有效控制鱼群的技术, 它利用鱼类的听觉特性, 结合投饵, 用声音对鱼类进行驯化, 将分散的个体鱼诱集成群, 从而达到控制鱼类行为的目的^[2]。

目前, 日本在开发音响驯化型海洋牧场的基础研究方面取得了很大成绩。自 1977 年开始, 日本以真鲷 (*Chrysophrys major*)^[3]、牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*)^[4]、黑鲷 (*Sebastes fuscescens*)^[5] 等近海经济鱼类作为驯化对象, 开发建设了音响驯化型海洋牧场。分别在大分县、长崎县、岛根县等内湾海域进行了以真鲷为主要对象的海洋牧场开发^[6-8], 用 300 Hz 的正弦波声音对真鲷放流鱼苗进行音响驯化后, 放流到海洋牧场水域, 当年鱼的平均回捕率为 11.64%, 1 龄鱼的平均回捕率为 28.3%^[9]; 在

岛根县、新泻县等地的沿岸海域开发建造了以牙鲆为音响驯化对象的海洋牧场^[10-11], 通过对利用陆上设施中间育成的种苗和受过音响驯化的种苗的放流效果进行比较, 发现音响驯化后鱼群的回捕率比对照鱼群高 2 倍, 且放流后两年多的回捕率高达 21.5%^[3]; 在宫城县等地开发了以黑鲷为主要对象的音响驯化型海洋牧场^[12], 其结果表明对黑鲷的稚鱼在海上进行音响驯化放流管理也是可行的^[5]。中国在 20 世纪 80 年代曾提出开发建设海洋牧场的设想, 90 年代又有学者对南海水域发展海洋牧场提出建议^[13-14], 并对南海水域进行了多项综合和专项调查, 为开发建设海洋牧场提供了背景资料和技术储备。

迄今为止, 在鱼类音响驯化的研究中, 大部分是根据鱼类对音频的听觉特性, 选取一定频率的声音作为实验频率, 但对声音的波形涉及较少。为了探讨不同波形的声音对真鲷的驯化效果, 本研究依据真鲷的听觉特性^[3, 6-9], 在实验室内, 利用 300 Hz 矩形波连续音, 采用水下扬声器, 对真鲷进行实验室音响驯化, 并设立了无音响驯化对照组, 从多个角度探讨真鲷对 300 Hz 矩形波连续音的反应和聚

收稿日期: 2007-06-05; 修订日期: 2007-08-08.

基金项目: 辽宁省科技厅资助项目 (001054).

作者简介: 姜昭阳 (1981-), 男, 博士研究生, 从事海洋牧场工程研究. E-mail: all_blue21@hotmail.com

通讯作者: 梁振林. E-mail: liang@mail.ouc.edu.cn

集效果, 以期为音响驯化技术在海洋牧场领域的应用提供参考资料。

1 材料和方法

1.1 材料

实验用真鲷 (*Chrysophrys major*) 选自大连某养殖场, 体长 14.6~17.3 cm、体质量 76.6~100.4 g, 在实验室循环水槽中暂养 10 d。

1.2 设备与装置

实验水槽为 4.0 m×1.0 m×1.0 m 的玻璃钢树脂水槽, 其四周用布帘围遮。水槽上方用日光灯照明, 水面平均光强 116 lx。在水槽底面中心处做 0.6 m×0.6 m 正方形标志框。水下扬声器放置在距离水槽内水体中心左侧 0.3 m 处, 水深 0.3 m, 扬声器喇叭口向右, 如图 1 所示。用塑料泡沫将水下扬声器垫离水槽 3~4 cm, 以排除放声引起水槽壁振动的干扰。为避免实验时人影对实验效果的影响, 使用直径 2 cm、长 2 m 的软塑料管远距离投饵, 投饵点设定在标志框中心。为避免饵料落水时产生的声音对实验声音的干扰, 将投饵管没入水面少许。在水槽一侧架设照相机, 记录实验鱼的行为反应。300 Hz 矩形波连续音由低频信号发生器 (DF 1028A) 产生。利用水中音压计 (OKI SW1030) 将水槽中央即标志框中心上方 0.3 m 处的声压控制在 137.6 dB (0 dB re 1 μPa), 其他测试点水中声压以 F₂ 点 (参照图 1) 为中心 (141.1 dB) 向水槽四周递减, 并且各测试点声压均大于 110 dB。实验期间, 水温控制在 18~22 °C, 水深 0.6 m。

1.3 实验设置

暂养结束后, 随机选取真鲷 40 尾为 1 组, 移入实验水槽, 适应 24 h, 然后开始音响驯化实验。音响驯化时间方案参考张国胜等^[15]的方法进行, 即每次驯化时间设定为 240 s, 即先放声 60 s, 然后开始投饵, 投饵时间为 120 s, 投饵结束后, 继续放声 60 s 结束。为避免实验鱼饱食后对声音反应的不敏感, 投饵量参照柳学周^[16]等的研究报告, 每次设定为 15 g (约为实验鱼总体质量的 2%), 分 4 次投喂 (从第 60 秒开始每隔 30 s 投喂 1 次)。每日 8:00 开始驯化, 每隔 4 h 驯化 1 次, 共 4 次, 实验时间 15 d。另外选取 40 尾真鲷为 1 组, 以同样的实验方法进行无音响驯化的对照组实验, 投饵时间设计为直接投饵 120 s。

实验中记录实验鱼的反应时间、聚集时间和聚

集尾数。反应时间为从开始放声, 到有实验鱼聚集到标志框内的时间; 聚集时间为从开始放声, 到不再有实验鱼聚集到标志框内的时间; 聚集尾数为在聚集时间内聚集到标志框内的鱼尾数。参考张沛东等^[2,17]的研究报告, 把聚集尾数与实验鱼的总尾数的百分比作为聚集率, 并根据真鲷的反应时间、聚集时间和聚集率来判断驯化效果。对照组中的反应时间、聚集时间则从开始投饵记录; 聚集率的统计方法与实验组相同。实验数据从驯化第 1 天开始记录, 共记录 15 d。用 Excel 软件对数据进行整理分析。

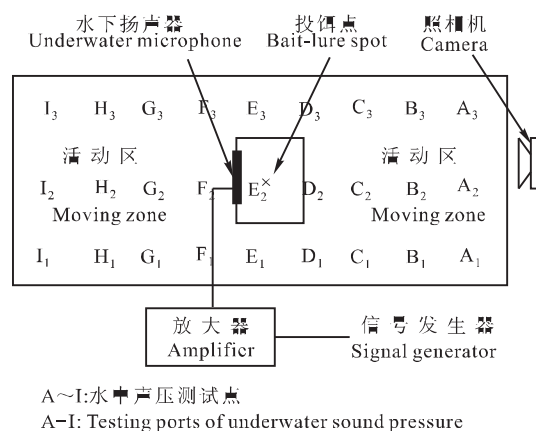


图 1 实验装置简图

Fig.1 Installation of experiment

2 结果与分析

2.1 放声前后真鲷的行为

放声前, 真鲷游速较快, 大部分实验鱼游弋于水槽两侧, 集群性差, 群体较散。驯化第 1 天, 放声后鱼群游速突增, 迅速远离声源, 集于水槽一端, 然后绕过扬声器在水槽两侧作往返游动。有少数实验鱼尝试游向声源, 有 10 尾左右的实验鱼游至框内快速索饵后返逃, 整个过程实验鱼的反应强烈; 驯化第 2~3 天, 在投饵之前就有少量实验鱼能游至标志框内, 但大部分仍然往返于标志框两侧; 驯化第 5 天, 实验鱼在放声后反应强烈, 游速突增, 迅速游向声源, 聚集率达到 100%。相比之下, 对照组实验中的真鲷在整个投饵过程中, 只是一味的抢食, 投饵结束后基本无聚集现象。同时发现, 与实验组相比, 对照组的真鲷在实验前后更容易受外界干扰。

2.2 真鲷聚集到标志框后的行为

观察发现, 实验组真鲷聚集到标志框后游速

增加,有时集体游离标志框,但马上又游回,总体上围绕标志框附近作大范围快速游动。投饵后,鱼群密集在投饵管下方,争抢上游,摄食旺盛,在饵料沉落之前即被鱼群摄食,甚至上浮至投饵管口处抢食。而对照组真鲷仅在投饵后有半数左右的实验鱼能聚集到标志框内,总体上鱼群散布在整个水槽区域内。

2.3 真鲷的反应时间

真鲷的反应时间如图2所示。实验数据表明,实验组真鲷的反应时间逐日缩短,并逐渐接近对照组。驯化第1天,实验组真鲷的反应时间为63.3 s;驯化第15天则降至3.8 s;整个驯化实验的平均反应时间为15.1 s。通过对比实验组和对照组的反应时间可以得出,驯化实验第1~4、9、15天,实验组真鲷的反应时间极显著高于对照组 ($P<0.01$);第5、6、10天实验组与对照组差异并不显著 ($P>0.05$);第8、11、12天实验组显著高于对照组 ($P<0.05$)。

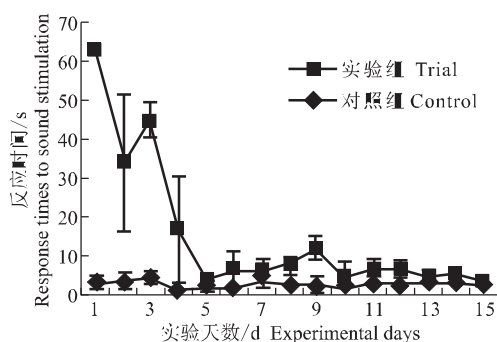


图2 音响驯化对真鲷反应时间的影响

Fig.2 Effect on response times to sound stimulation of *Chrysophrys major* under acoustic taming

2.4 真鲷的聚集时间

真鲷的聚集时间如图3所示。实验数据表明,实验组真鲷的聚集时间在5 d内迅速减少,并从第7天开始低于对照组。驯化第1天,实验组真鲷的聚集时间为148.8 s;驯化第15天则降至10.8 s;平均聚集时间为41.3 s。通过对比实验组和对照组的聚集时间可以得出,驯化实验第1~4天,实验组真鲷的聚集时间极显著高于对照组 ($P<0.01$);第5~6天,音响驯化效果表现的不稳定,在此期间,实验组较对照组无显著差异 ($P>0.05$);第7~15天内,实验组真鲷的聚集时间明显低于对照组,其中第7~9天差异不显著 ($P>0.05$),第10~15天差异极显著 ($P<0.01$)。

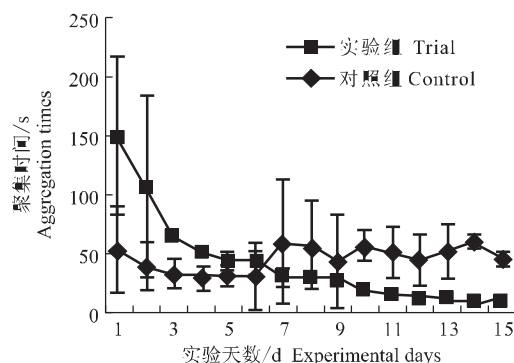


图3 音响驯化对真鲷聚集时间的影响

Fig.3 Effect on aggregating times to *Chrysophrys major* under acoustic taming

2.5 真鲷的聚集率

真鲷的聚集率如图4所示。实验数据表明,实验组真鲷的聚集率与日俱增,并从第3天开始超过对照组。驯化第1天,实验组真鲷的聚集率为33.8%;驯化第15天则升至100%;平均聚集率为87.6%。通过对比实验组和对照组的聚集率可以得出,驯化实验第1~3天内,第1、2天实验组真鲷聚集率明显低于对照组,且有极显著差异 ($P<0.01$),第3天,实验组真鲷与对照组之间无显著差异 ($P>0.05$);第4~15天内,第5、9天实验组聚集率高于对照组,且有显著差异 ($P<0.05$),第6~8天差异不显著 ($P>0.05$),第4、10~15天有极显著差异 ($P<0.01$)。

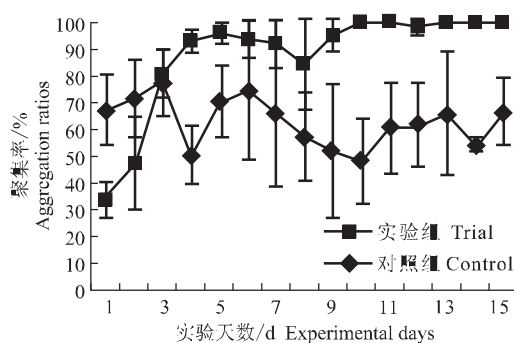


图4 音响驯化对真鲷聚集率的影响

Fig.4 Effect on aggregating ratios of *Chrysophrys major* under acoustic taming

2.6 真鲷在投饵结束后的聚集情况

真鲷在投饵结束后的60 s内,实验组和对照组的聚集率明显下降,但仍然能够保持在一定水平。

实验组的聚集率为44.5%;对照组的聚集率为8.2%。实验组的聚集率明显高于对照组。

3 讨论

3.1 音响驯化的效果

本实验结果表明,300 Hz 矩形波连续音对真鲷具有明显的诱引作用。实验组真鲷的反应时间和聚集时间逐日缩短,聚集率逐日增加,这说明实验鱼对声音刺激有一个熟悉、渐进的过程。

实验组真鲷的反应时间接近对照组但始终没有低于对照组,这一点可能与嗅觉、视觉^[18]以及水槽结构等环境因素的影响有关,利于对照组真鲷能够较快的聚集。这种现象在海洋牧场计划实施过程中是否显著还需要实践检验。实验组真鲷的聚集时间从第7天开始短于对照组,聚集率从第3天开始高于对照组,且第10~15天的聚集时间和聚集率均有极显著差异。这说明,与对照组相比音响驯化能够显著的缩短实验鱼的聚集时间,提高聚集率,有效的控制实验鱼的行为。驯化后期,实验组真鲷有个别聚集率未达到100%,这可能与鱼类的集群性、人为干扰、温度、光照度等环境因子^[18]有关。投饵结束后60 s内,实验组聚集率极显著($P<0.01$)高于对照组,说明真鲷能够持续对300 Hz 矩形波连续音的记忆。

张国胜^[19-20]等研究指出,真鲷等海水非骨鲷类对声音敏感,且最敏感频率范围为200~600 Hz。本次实验结果也表明真鲷对300 Hz 矩形波连续音反应敏感,呈正趋声性,并且能对该声音刺激保持一定的记忆能力。

畠山良己^[21-22]指出,鱼类的水中诱引声压为110~130 dB,威吓声压为140~160 dB。本次实验中各测试声压均大于110 dB,避免了环境噪声对所放声音的遮蔽现象^[19]。本实验标志框中心(投饵点)水中声压设定为137.6 dB,实验效果良好, F_2 点的声压(141.1 dB)略大于威吓声压,但这一点对实验鱼行为的影响似乎并不明显。现在普遍认为,鱼类对水下声源有定位能力^[18],但是由于受到实验条件所限(水体空间小),水槽壁对声音的反射以及声音在水中的衰减程度使得声源声压在水槽内未能完全呈球面分布^[23],对驯化的效果和诱集程度可能有一定的影响。在大水面区域或近海海区进行类似实验能否解决、验证此类问题还有待进一步研究。

另外,鱼类的听觉对频率和强度保持不变的聲音刺激的适应能力都是非常强的,但是容易产生精神疲劳,与音调和强度持续保持不变的声音相比较,鱼类往往对音调和强度不断变化的声音反应较为强烈^[18,24]。聚集率在投饵结束后的60 s内明显降低,可能与此有关。因此在音响驯化期间,适当改变声音的频率和强度,可能会达到更好的效果。但是针对音响驯化型海洋牧场,水体广阔,影响声源传播的因素很多,在音响驯化过程中改变声音的频率和强度对鱼类的驯化效果是否有积极的影响还要在具体的实施过程中做进一步的研究。

日本在开发音响驯化型海洋牧场时曾对300 Hz 正弦波断续音与400 Hz 正弦波连续音的聚集效果进行了对比,认为两者差异并不显著^[3-5,11,12,25-35],即便有差异^[36]也可能与选取的实验鱼种及规格有关。因此,作者结合国内学者以往的研究结果^[2,15,17]认为,对于骨鲷类和部分对声音敏感的海水非骨鲷类进行音响驯化,采用的声音频率范围在300~400 Hz内时,即便选取不同的波形,其驯化效果也不会有显著差别。

3.2 海洋牧场

利用声音控制鱼类的行动,对放流种苗进行有效的管理,提高回捕率,可为今后开发海洋牧场等资源管理型渔业提供可靠的帮助,也是未来海洋渔业发展的趋势之一。另外,采取利用声音诱鱼的音响渔法有选择性地捕鱼,对保护鱼类资源、有效的利用鱼类资源都会起到积极的作用。音响驯化作为一门新兴的技术已显示出很大的发展前景,它的研究目的是为了海洋牧场的发展打基础。目前,音响驯化在我国捕捞领域尚未被有效的利用,而且音响驯化型海洋牧场这一海洋高新技术的开发与研究也没有得到全面的开展。另外,我国音响驯化的研究起步较晚,与之相关的领域也很少有人涉足,从实验方法到实验设备还存在着许多不完善的地方,还有很多方面只是处于设想和探索阶段,因此在未来的长时间内,还必须做大量的有关这方面的研究工作,在与国外现代化的研究手段接轨的同时,还必须大力推广音响驯化在海洋牧场实践中的应用,为中国海洋牧场的开发积累一定的经验。

参考文献:

- [1] 张国胜,陈勇,张沛东,等.中国海域建设海洋牧场的意义及

- 可行性[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(2): 141-144.
- [2] 张沛东, 张国胜, 张秀梅, 等. 音响驯化对鲤鱼和草鱼的诱引作用[J]. 集美大学学报, 2004, 9(2): 110-115.
- [3] 上城義信. 音響馴致システムによる魚群制御[J]. 水産工学, 1991, 28: 65-70.
- [4] 安沢弥, 関泰夫, 池田徹, 等. 底生魚類を対象とする海底牧場造成技術の研究開発[C]// 新潟県栽培漁業センター業務・研究報告書, 1995: 39-41.
- [5] 佐藤靖, 花輪正一. クロノイ音響馴致型海洋牧場開発事業(MF21 受託事業)[C]// 宮城県栽培漁業センター事業報告, 1993: 31-37.
- [6] 能津純治. 大分県における海洋牧場の造成について[C]// 大分県水産試験場調査研究報告. 1985, 12: 140-148.
- [7] 長崎県水産部生産流通課. 音響馴致によるマダイの海洋牧場造成[J]. 水産の研究. 1993, 12: 110-115.
- [8] 後藤悦郎, 小谷弘行, 内田浩. 島前湾海洋牧場開発事業[C]// 島根県栽培漁業センター事業報告書. 1996, 91: 108.
- [9] 上城義信, 寿久文. 音響馴致によるマダイの滞留効果[C]// 大分県水産試験場調査研究報告. 大分: 大分県水産試験場, 1990: 29-39.
- [10] 小谷弘行, 後藤悦郎. 島前湾海洋牧場開発事業[C]// 島根県栽培漁業センター事業報告書, 1990, 47-56; 1991, 39-51.
- [11] 大塚修, 関泰夫, 池田徹, 等. 底生魚類を対象とする海底牧場造成技術の研究開発[C]// 新潟県栽培漁業センター業務・研究報告書, 1993: 51-54.
- [12] 佐藤靖. クロノイ音響馴致型海洋牧場開発事業(MF21 受託事業)[C]// 宮城県栽培漁業センター事業報告, 1992: 68-77.
- [13] 刘思俭. 广东省应大力发展海洋牧场[J]. 湛江水产学院学报, 1995, 15(2): 1-3.
- [14] 黄巧珠, 喻达辉, 陈永青. 南海海洋农牧化研究的现状与研究设想[J]. 湛江水产学院学报, 1999, 19(2): 76-80.
- [15] 张国胜, 张沛东, 陈勇, 等. 鲫鱼音响驯化的研究[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(1): 48-52.
- [16] 柳学周, 于东祥, 雷霖霖. 真鲷幼鱼室内越冬技术的研究[J]. 海洋科学, 1997, 3: 3-5.
- [17] 张沛东, 张国胜, 张秀梅. 移动声源对鲤、草鱼的诱引效果[J]. 中国水产科学, 2004, 11(4): 339-343.
- [18] 何大仁, 蔡厚才. 鱼类行为学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1998: 55-72, 105-141, 241-244, 357-364.
- [19] 张国胜, 傅恩波, 许传才, 等. 鱼类的听觉特性[C]// 2000年中国水产学会学术年会论文集, 2000: 413-419.
- [20] 有元貴文, 難波憲二. 魚の行動生理学と漁法[M]. 東京: 恒星社厚生閣, 1996: 96-114.
- [21] 畠山良己. 魚の聴覚能力[J]. 水産工学, 1992, 28: 111-119.
- [22] 畠山良己. 魚の聴覚能力と水中音に対する反応(Ⅱ)[J]. 海洋音響学科誌, 1996, 23(3): 8-15.
- [23] 杜功煥, 朱哲民, 龚秀芬. 声学基础[M]. 南京: 南京大学出版社, 2001: 238-244.
- [24] Fay R R. Perception of spectrally and temporally complex sounds by the goldfish (*Carassius auratus*) [J]. Hearing Research, 1995(89): 146-154.
- [25] 工藤勝弘, 木本秀明. 大分県の海洋牧場における漁業管理[J]. 水産工学, 1994, 31(2): 121-126.
- [26] 尾上静正, 阿部武光. カレイ資源管理実証事業[C]// 大分県浅海漁業試験場事業報告, 1996: 85-89.
- [27] 尾上静正, 椎原宏. カレイ資源管理実証事業[C]// 大分県浅海漁業試験場事業報告, 1995: 83-87.
- [28] 尾上静正, 上城義信. カレイ資源管理実証事業[C]// 大分県浅海漁業試験場事業報告, 1998: 82-91.
- [29] 中村幹雄, 小谷弘行. 島前湾海洋牧場開発事業[C]// 島根県栽培漁業センター事業報告書, 1989: 38-45.
- [30] 小谷弘行, 後藤悦郎. 島前湾海洋牧場開発事業[C]// 島根県栽培漁業センター事業報告書, 1990: 47-56; 1991: 39-51.
- [31] 内田浩, 後藤悦郎, 小谷弘行. 島前湾海洋牧場開発事業[C]// 島根県栽培漁業センター事業報告書, 1996: 41-51.
- [32] 渡辺和博, 大塚修, 平野正人. 音響馴致試験[C]// 新潟県栽培漁業センター業務・研究報告書, 1992: 54-58.
- [33] RICHARD J D. Fish attraction with pulsed low-frequency sound [J]. J Fish Res Bd Canada, 1968, 25(7): 1441-1452.
- [34] SAWA M. Auditory responses from single neurons of the medulla oblongata in the goldfish [J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1976, 42(2): 141-152.
- [35] POPPER A N. Auditory threshold in the goldfish (*Carassius auratus*) as a function of signal duration [J]. J Acoust Soc Am, 1972, 52(2): 596-602.
- [36] 多田武夫, 西ノ首英之, 中才啓. 音刺激に対する魚の反応に関する研究—I, グツビー単体の純音に対する行動[C]// 長崎大学水産学部研究報告, 1979, 47: 35-42.

Acoustic taming on *Chrysophrys major* by rectangular continuant of 300 Hz

JIANG Zhao-yang^{1,2}, ZHANG Guo-sheng², LIANG Zhen-lin^{1,3}

(1.Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2.Ocean Engineering College, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China; 3.Marine College, Shandong University at Weihai, Weihai 264209, China)

Abstract: The exploitation of marine ranching of acoustic taming is an important aspect of marine fishery in new century as a managing fishery, but the research data about what kind of sound frequency and waveform should be applied to oceanic fish were still few. So far, researchers have done a lot of work about acoustic taming of fish according to their hearing characteristics, and they often emphasized on the use of sound frequency, but seldom paid attention on the wave shape. In order to know the effects of acoustic taming with different wave shapes on *Chrysophrys major*, the behavior of *Chrysophrys major* was studied by means of acoustic taming using rectangular continuant of 300 Hz in laboratory. At the same time, a control experiment without acoustic taming was set up. The results showed that the response time and aggregation time of *Chrysophrys major* were decreasing gradually, and aggregation ratios were increasing gradually. There was a gradual process for *Chrysophrys major* in trails to be familiar with sound stimulus; the response time of *Chrysophrys major* was decreasing gradually and close to the values of control; the average aggregation time was 15.1 s, and there was no significant difference between trial and control ($P>0.05$) on the 5th, 6th and 10th days, and the aggregation time was decreasing gradually and began to be lower than the values of control from 7th days; the average aggregation time was 41.3 s, and there was extremely significant difference ($P<0.01$) from 10th to 15th days between control and the trials. The aggregation ratios were increasing gradually and became higher than the values of control from the 3rd days, and the average aggregation ratio was 87.6 %, and there was extremely significant difference ($P<0.01$) on the 4th days and from 10th to 15th days. It illuminates that rectangular continuant of 300 Hz has a distinct revulsive effect on *Chrysophrys major*. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (1): 86–91]

Key words: *Chrysophrys major*; acoustic taming; rectangular continuant of 300 Hz; response time; aggregation time; aggregation ratio

Corresponding author: LIANG Zhen-lin. E-mail: liang@mail.ouc.edu.cn