

文章编号: 1004 - 7271(2008)02 - 0210 - 05

超声波对江黄颡幼鱼生长的影响

方 金¹, 钱卫国¹, 李伟纯², 周应祺¹

(1. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090;

2. 上海水产大学生命学院, 上海 200090)

摘 要:通过观察超声波辐射对鱼类生长的影响,探索超声波在水产养殖中的应用。选用江黄颡幼鱼(平均体长 8.76 ± 0.42 cm)为实验对象,共设四个实验组和一个对照组。使用四种不同形式的超声波对其进行辐射刺激。经 60 d 超声辐射刺激后,各组间的体长、体重呈现显著性差异($P < 0.01$)。其中,每天受频率 23 KHz,声强 400 mW/cm^2 的连续 3 min 超声波辐射的鱼体平均体重增长最快,比对照组平均体重多 19%,体长多 4% 左右。实验期间,该组的体长、体重增长率分别为 39.4% 和 187.2%。初步表明低功率超声波辐射对江黄颡幼鱼具有促进生长的作用。还同时开展了有关生理学方面的研究和观察。

关键词:超声波;江黄颡幼鱼;生长;水产养殖

中图分类号:S 911; S 917 文献标识码:A

The effect of ultrasonic wave on the growth of *Pseudobagrus vachelli*

FANG Jin¹, QIAN Wei-guo¹, LI Wei-chun², ZHOU Ying-qi¹

(1. College of Marine Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. College of Aqua-life Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: This is an exploring experiment using ultrasonic wave in aquaculture to find out their effects on fishes. The experiment fish, *Pseudobagrus vachelli*, were selected with an average body length 8.76 ± 0.42 cm. The experiment has been organized as 4 experimental groups and 1 control group, which were treated by a set of stimulation, i. e. 4 groups of ultrasonic pulses in varied pattern. The results show a significant difference ($P < 0.01$) between groups after 60 days' ultrasonic wave radiation. The group A, treated by 23 KHz wave in 400 mW/cm^2 with 3 minutes radiation duration, has the fastest growth rate, 19% faster than the control group in weight. Their average body length is 4% longer than the control group too. The growth rates of the body length and weight of the group A are 39.4% and 187.2% respectively. This experiment preliminary shows that low intensity of the ultrasonic wave has a positive impact on the growth of *Pseudobagrus vachelli*. The biological study and observation has been carried out in all sampling phases.

Key words: ultrasonic wave; *Pseudobagrus vachelli*; growth rate; aquaculture

鱼虾类等水生动物对超声波的行为反应,以及超声波对鱼类生理状况的影响是鱼类行为学研究的

收稿日期:2007-06-10

基金项目:上海市重点学科建设项目(T1101);上海市优秀青年教师科研资助项目(677171101)

作者简介:方 金(1983-),男,浙江兰溪人,硕士研究生,专业方向为鱼类行为学。E-mail:jfang@stmail.shfu.edu.cn

通讯作者:周应祺,Tel:021-65710392,E-mail:yqzhou@shfu.edu.cn

课题之一,也是捕捞学和水产养殖学的基础性研究之一。有文献报道,用低功率的低频超声波对鱼类进行适当的辐射后,会增强鱼体内酶的活性,对藻类、鱼虾类的受精卵孵化等起到促进作用^[1-6],或引起鱼体颜色变化等。但是,有关超声波对鱼类发育生长影响的相关研究和文献报道甚少^[7,8]。为了了解超声波是否对鱼类生长有促进作用以及机理,本实验选择江黄颡鱼(*Pseudobagrus vachelli* Richardson)作为实验对象。该鱼是中国特有土著鱼类,广泛分布于长江、珠江、钱塘江、淮河、黄河流域以及相联的大、中、小型湖泊内。江黄颡鱼生长较快,2龄可达150~600 g,对环境的抗逆性强,可高密度混养,同时具有较高的经济价值^[9],是良好的养殖对象。本文主要介绍实验初级阶段的观察结果,即超声波对江黄颡幼鱼进行辐射,观察对其生长的影响,并筛选适合的超声波技术参数。

1 材料和方法

1.1 实验鱼

本实验的江黄颡幼鱼取自上海市松江区水产良种场。在实验室水族缸暂养一周后,随机挑选750尾。初始体长为7.90 cm~9.90 cm,平均体长 8.76 ± 0.42 cm;初始体重为7.0 g~17.5 g,平均体重 10.94 ± 1.71 g。外观无病状者用于实验。

1.2 主要设备与仪器

实验用的水族缸为圆柱形, $\Phi 0.7$ m,高0.7 m,容水量约250 L,采用循环处理水。

超声波发生器工作频率有18 KHz、20 KHz、23 KHz、27 KHz和29 KHz等5种,输出功率在2~50 W间。实验中另配置3只频率为23 KHz的变幅杆。

1.3 实验设计

将挑选出的江黄颡幼鱼随机放入15只规格相同的圆柱形水族缸内,每缸放养江黄颡幼鱼50尾。共设4个实验组(A、B、C、D)和1个对照组(E)。每个实验组设3个平行组,采用相同的辐射处理。开始时,各组间的体长、体重不存在显著性差异($P > 0.05$)。

对比实验从2006年12月11日开始,一直持续到2007年2月8日,共60 d。每天定时给江黄颡幼鱼投喂,08:00和20:00各一次。日投喂率为鱼体重的3~5%,以喂饱为准。水族缸采用微循环水,曝气处理,每3 d吸污一次。水温约28℃。

每天对实验A、B、C、D各组的实验鱼进行一次超声辐射,辐射时间为每天中午,超声辐射的技术参数见表1。其中B组和D组的频率23 KHz,声源辐射声强值分别为400和100 mW/cm²。超声波用矩形脉冲波进行调制,脉冲宽度1秒,每分钟2个脉冲,持续发射90 min。

实验中,需要进行随机采样、测量,此时暂停辐射,即第20 d和第40 d各停一次。

表1 超声波辐射实验设计

Tab.1 Experimental design of ultrasonic wave radiation

实验组	频率 (KHz)	声源辐射声强值 (mW/cm ²)	辐射形式	辐射时间	辐射能量 (J/d)
A	23	约400	连续辐射	每天持续辐射3 min	约226
B	23	约400	脉冲辐射	脉冲宽度1 sec,每分钟2个脉冲,每天脉冲波共持续发射90 min	约226
C	23	约100	连续辐射	每天持续辐射3 min	约57
D	23	约100	脉冲辐射	脉冲宽度1 sec,每分钟2个脉冲,每天脉冲波共持续发射90 min	约57
E				自然养殖	

1.4 实验取样

在第20 d和第40 d分别从每只水族缸随机取10尾实验鱼,测量体长(cm)和体重(g)。每次取样后的实验鱼不再放回水族缸。在第60 d,将每只水族缸中剩余的实验鱼进行体长、体重测量。在本次实验期间,各组均没有死亡发生。

1.5 数据分析

使用 DPS 软件进行方差检验(ANOVA)和 Duncan's 多重比较分析^[10]。

2 结果

2.1 体长变化

经过 20 d 的超声波辐射养殖后,各组间体长呈现极显著性差异($P < 0.01$)。实验组 A 与对照组 E 间有显著性差异($P < 0.05$),且实验组 A 的平均体长比对照组增加了约 4.3%;其它各实验组 B、C 和 D 与对照组 E 间无显著性差异($P > 0.05$)。有关数据见表 2。

表 2 各次取样的江黄颡鱼体长情况(平均值 ± 标准差)(cm)

Tab. 2 The average body length of *Pseudobagrus vachelli* in 5 groups(mean ± SE)

实验组	第一次取样		第二次取样		第三次取样	
A	10.32 ± 0.66	aA	10.98 ± 0.82	abA	12.21 ± 0.92	aA
B	9.88 ± 0.62	bAB	11.17 ± 0.97	aA	11.99 ± 0.91	abAB
C	9.82 ± 0.65	bB	10.98 ± 0.82	abA	11.92 ± 0.86	abABC
D	9.75 ± 0.52	bB	10.54 ± 0.85	bA	11.56 ± 0.80	cC
E	9.89 ± 0.57	bAB	10.89 ± 0.95	abA	11.71 ± 1.01	bcBC

注:同列肩注大写字母不同,表示差异极显著($P < 0.01$),小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

经过 40 d 的超声波辐射养殖后,各组间体长无显著性差异($P > 0.05$)。有关数据见表 2。

经过 60 d 的超声波辐射养殖后,各组间体长有极显著性差异($P < 0.01$)。实验组 A 与对照组间有极显著性差异($P < 0.01$),且实验组 A 的平均体长比对照组增加了约 4.3%,其它各实验组与对照组间无显著性差异($P > 0.05$)。有关数据见表 2。

2.2 体重变化

经过 20 d 的超声波辐射养殖后,各组间体重有极显著性差异($P < 0.01$)。实验组 A 与对照组间有极显著性差异($P < 0.01$),且实验组 A 的平均体重比对照组增长了约 22.0%;其它各实验组与对照组间无显著性差异($P > 0.05$)。有关数据见表 3。

经过 40 d 的超声波辐射养殖后,各组间体重有显著性差异($P < 0.05$)。实验组 B 与对照组间有显著性差异($P < 0.05$),且实验组 B 的平均体重比对照组增长了约 16.9%;其它各实验组与对照组间无显著性差异($P > 0.05$)。有关数据见表 3。

经过 60 d 的超声波辐射养殖后,各组间体重有极显著性差异($P < 0.01$)。实验组 A 与对照组间有极显著性差异($P < 0.01$),且实验组 A 的平均体重比对照组增长了约 19.0%;实验组 B 与对照组间有显著性差异($P < 0.05$),且实验组 B 的平均体重与对照组增长了约 10.8%;实验组 C 与对照组间有显著性差异($P < 0.05$),且实验组 C 的平均体重与对照组增长了约 10.0%;实验组 D 与对照组间无显著性差异($P > 0.05$)。有关数据见表 3。

表 3 各次取样的江黄颡鱼体重情况(平均值 ± 标准差)(g)

Tab. 3 The average weight of *Pseudobagrus vachelli* in 5 groups(mean ± SE)

实验组	第一次取样		第二次取样		第三次取样	
A	19.13 ± 4.35	aA	21.82 ± 4.85	abA	31.42 ± 7.68	aA
B	15.60 ± 2.82	bB	23.14 ± 6.13	aA	29.24 ± 7.90	abAB
C	15.97 ± 3.53	bB	21.98 ± 6.43	abA	29.04 ± 7.49	bAB
D	15.24 ± 2.64	bB	18.96 ± 5.30	bA	25.63 ± 6.16	cC
E	15.68 ± 2.68	bB	19.79 ± 5.73	bA	26.40 ± 6.94	cBC

注:同列肩注大写字母不同,表示差异极显著($P < 0.01$),小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 增长速率

经过 60 d 的超声辐射刺激,实验组 A 平均体长的增长速率为 39.4%,平均体重的增长速率为 187.2%,均高于其他各组。而实验组 D 的增长速率却比对照组低(图 1)。可见,在本实验中的 4 种方式中,实验组 A 的超声方式对促进江黄颡幼鱼生长最有效。

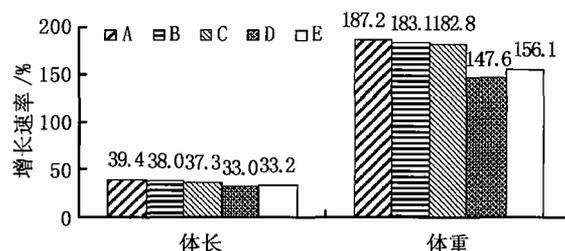


图 1 60 d 超声辐射刺激后江黄颡体长、体重的增长速率(用百分比表示)

Fig. 1 The growth rate of body length and weight of *Pseudobagrus vachelli* after 60 days' radiation

3 讨论

3.1 超声波技术参数的选择

参考国内外对超声波的生物效应研究的报道,认为水生生物的特性阻抗(密度与声速的乘积)与水的特性阻抗相接近,因此,超声波对生物体活组织具有相当强的穿透力。生物体活组织能够吸收透入到它内部的超声波高频振动能量,从而产生出各种生物效应^[11]。只要声波的能量、频率和作用时间适当,其效应所产生的结果将会是积极的^[5],即一定强度和能量的超声波,对生物可以产生正向效应,加快生物体的新陈代谢。我们的实验初步获得类似的结果。然而关键是超声波的频率和能量参数的选择,超声波处理技术等是本实验研究的重点。

Zhou Y C 等^[12]将实验青石斑鱼置于频率低于 50 KHz,强度为 400 mW/cm² 以下的超声波辐射场中时,观察结果表明,其死亡率很低,在有些情况下,死亡率几乎为零;而在频率高于 50 KHz 或者强度为 400 mW/cm² 以上时,死亡率就比较高。反映了所采用的超声波辐射场的能量强度是一敏感的参数。实验中,还采用每组辐射时间为 3 分钟(等效成连续形式)超声波,观察青石斑鱼体表吸收氯霉素能力的变化。为此,在本实验设计中,为了便于比较和探索适合的超声波技术参数,故设计了在同一辐射声强的条件下,保持在一天内对各组水体的辐射总能量相同,即能量级和辐射声强相同的条件下,观察不同的超声波技术参数的影响。由此,选择了四套超声波技术参数。即,采用连续形式的实验组 A 辐射 3 分钟,而采用脉冲形式的实验组 B 辐射 90 分钟。实验组 C、D 同理。

本实验的仪器具有 5 种频率。参考了文献报道^[3,5,7,8,11],本实验初步选择了中间频率 23 KHz。由此作为开端,先观察在 23 KHz 的超声波辐射下,实验鱼产生的影响。在这基础上,下一步将做延伸后续工作。

本实验的初步结果表明,采用适当物理参数的超声波,如 A 组,对江黄颡幼鱼进行辐射,可以促进其生长。60 d 饲养后体重增重速率提高 19%。

实验中,在第 20 天,第 40 天以及第 60 天进行抽样观察测量。实验组 D 的平均体长、体重都比对照组小($P > 0.05$),这可能是超声辐射刺激干扰了江黄颡幼鱼正常的生活习性,对实验鱼的生长起到了负面作用,生长减速。而实验组 A、实验组 B 之间,仅仅是超声波的声波发射形式不同,但经 60 天的刺激后,两组间也有小差别($P > 0.05$),实验组 A 的平均体长和平均体重都稍大于实验组 B。实验组 A 和实验组 C 之间,由于声强值不一样,经 60 天的刺激后,两者间的平均体长和平均体重存在较大的差别($P < 0.05$)。至于其他的声强及频率对江黄颡生长的影响以及机理等都有待于进一步研究。

本实验只是初步探索,有关超声波的脉冲形式、功率,辐射能量等参数,有待于结合生理学方面研究的成果进行进一步观察和研究。尽管如此,研究结果表明,本实验选择的超声波技术参数处于合理范围,有利于江黄颡鱼生长。

3.2 超声波促进鱼体生长的机理探讨

3.2.1 超声波对酶的影响

近年来,人们把超声技术与生物技术结合起来进行研究,利用超声波的物理能量作用于生物细胞中产生的酶分子,使酶分子的构象改变,从而影响其催化活性^[13]。Barton 等^[14],林影等^[15]的研究都表明

适当的超声作用可以提高酶活力。陈廷超等^[16]做了超声波对鱼消化酶活性影响方面的研究,发现经25 KHz的超声波辐射后各类酶的活性变化很大。超声波对生物体的作用最终表现为多个生化和生理过程的综合作用结果,超声可以通过直接影响生物机体内部酶活性的生化过程或生理过程来影响生物机体的生长和发育。本课题组也观察到江黄颡鱼的胃蛋白酶活性变化(另文报道)。

3.2.2 超声波对细胞膜的通透性影响

研究发现低强度超声波可以促进底物分子之间的相互作用,强化反应物进入及生成物离开酶活性中心的过程,提高酶的活性;改变细胞膜的透性,加强物质运输,促进有益物质的生成;提高整个细胞的新陈代谢效率,加速细胞生长;增加细胞膜的通透性^[2,17-18]。

3.3 展望

把超声波物理生物效应与实验对象生理机理结合起来,探索该现象的机理是本课题下一步的工作重点。将通过测定实验组和对照组江黄颡鱼胃蛋白酶、胃淀粉酶、肝脂肪酶等各类酶的含量,结合各组鱼的生长情况,分析各组现象与各种酶之间的关系。测定实验组和对照组江黄颡鱼表皮细胞的间隙,分析经超声辐射刺激后,鱼表皮细胞间隙是否会增大,更利于物质输送。

此外,还将测量实验水族缸和养殖场的声场强度分布。分析实验鱼生长速率与所处环境声强值之间的关系,探索该种鱼的适宜声强,为工程设计提供参考。从养殖工程实用性的角度,将试验一个或多个超声波发射器,在池塘中构成组合声场,结合不同的环境和底质、坡度等,探求最佳效果和节能方案。

本研究得到上海水产大学海洋学院和生命学院的专家教授及研究生的支持,特别是王武教授的指导,提供实验鱼以及实验场所,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 冯若,赵逸云,李化茂,等. 超声在生物技术中的应用进展[J]. 生物化学与生物物理进展,1994,(6):500-503.
- [2] 时兰春,王伯初,杨艳红,等. 低强度超声波在生物技术中应用的研究进展[J]. 重庆大学学报,2002,25(10):139-142.
- [3] 张元标. 超声辐射对几种海洋微藻的生长及脂肪酸组成的效应研究[D]. 厦门:厦门大学海洋与环境学院,2000:92-94.
- [4] 谢瑞生,章之蓉. 超声波对鱼卵孵化影响的研究[J]. 声学学报,1992,17(2):135-140.
- [5] 王清池,周时强,田越,等. 超声波对对虾无节幼体变态的影响[J]. 海洋科学,1999,23(5):15-17.
- [6] 蒙子宁,洪万树,王清池,等. 超声波对4种海水鱼类受精卵孵化的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2001,40(3):832-834.
- [7] 章之蓉,谢瑞生,何家林,等. 水生生物与物理因子[M]. 北京:科学出版社,1994:91-1351.
- [8] 章之蓉,谢瑞生,陈廷超. 超声波对鱼类发育生长的影响[C]//首届粤港生物物理学术研讨会论文集,1999,210-212.
- [9] 王武,边文冀,余卫忠,等. 江黄颡鱼的仔稚鱼发育及行为生态学[J]. 水产学报,2005,29(4):487-495.
- [10] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- [11] 王清池,周时强,李文权. 声波与水生生物[J]. 海洋科学,1998,22(6):15-17.
- [12] Zhou Y C, Huang H, Wang J, et al. Vaccination of the grouper, *Epinephelus awoara*, against vibriosis using the ultrasonic technique[J]. Aquaculture, 2002(203):229-238.
- [13] 朱国辉,黄卓烈,丘泰球,等. 功率超声对酶促反应的影响[J]. 应用声学. 2001,20(4):45-48.
- [14] Barton S, Bullock C, Weir D. Enzyme Microb[J]. Tech-nol. 1996,18(3):190-194.
- [15] 林影,高大维,李国基,等. 超声波对菊糖酶催化作用的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),1997,25(9):142-144.
- [16] 陈廷超,邓红权,章芝蓉. 超声波对鱼消化酶活性影响的初探[C]//首届粤港生物物理学术研讨会论文集,1999,190-194.
- [17] 刘晓艳,丘泰球,刘石生,等. 超声对细胞膜通透性的影响及应用[J]. 应用声学,2002,21(2):26-29.
- [18] Wyber J A, Andrews J, D' Emanede A. The use of sonication for efficient delivery of plasmid DNA into cells[J]. Pham Res, 1997,14:750-756.