

# 黄颡鱼仔稚鱼对缝隙和水层的栖息选择行为

刘全圣<sup>1</sup> 何绪刚<sup>1,2,3</sup> 邓 闵<sup>1</sup> 吴崇卫<sup>1</sup> 覃 雅<sup>1</sup>

1.华中农业大学水产学院,武汉 430070;

2.淡水水产健康养殖湖北省协同创新中心,武汉 430070;

3.池塘健康养殖湖北省工程实验室,武汉 430070

**摘要** 采用室内模拟实验方法,观察黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)仔稚鱼对缝隙和水层的栖息选择行为。结果表明:1~18日龄仔稚鱼表现出明显的藏匿行为,喜好栖息于缝隙场所,且白天的喜好性显著高于夜间;19~25日龄稚鱼则不选择缝隙场所栖息。2~7日龄仔鱼对0.3 cm缝隙的喜好性显著高于0.5 cm缝隙;9~18日龄仔稚鱼只选择较宽(0.5 cm)缝隙栖息。18日龄以前,仔稚鱼白天选择栖息于底层缝隙(水底以上20 cm内)的比例显著高于表层缝隙(水面以下20 cm内);夜间,13~18日龄稚鱼栖息于表、底层缝隙的比例无显著差异。3~10日龄仔鱼及21~32日龄稚鱼喜好栖息于底层水体(水底以上20 cm内),11~20日龄仔稚鱼栖息水层未表现出显著的喜好性,表、底水层均有分布。

**关键词** 黄颡鱼;藏匿行为;缝隙;水层;仔稚鱼

**中图分类号** S 917 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)01-0098-05

近年来,鱼类个体发育行为学的研究有了长足进步,已发展到个体定量水平<sup>[1-3]</sup>。研究鱼类行为学特征是了解鱼类的索饵、洄游、避敌、聚集、生殖等生命活动的基础<sup>[4]</sup>,也是鱼类资源养护与人工养殖的重要基础<sup>[5-6]</sup>。生产实践中,我们观察到黄颡鱼仔鱼有喜聚集于狭小缝隙的习性,这种习性常造成因局部缺氧而大量窒息死亡现象发生。因此,有必要系统观察和研究其栖息、避敌、摄食等行为特征,为鱼类的苗种培育技术与养殖技术的改良提供科学依据。

黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)隶属于鲇形目(Siluriformes)鲿科(Bagridae)黄颡鱼属(*Pelteobagrus*),是一种小型的淡水经济鱼类<sup>[7]</sup>;因其营养丰富,富含氨基酸,无肌间刺,深受人们喜爱<sup>[8]</sup>。关于黄颡鱼的研究多集中于遗传、发育、摄食、营养、疾病和免疫<sup>[9-15]</sup>等方面,关于行为学方面的研究较少。随着黄颡鱼人工养殖规模日益增大,规格苗种的培育显得愈发重要。我国黄颡鱼苗种培育成活率目前一般在30%~60%之间波动<sup>[16]</sup>,其主要原因在于黄颡鱼苗种培育方法仍简单套用于四大家鱼等鲤科鱼类,未充分顾及仔稚鱼阶段的行为需求。因

此,系统研究黄颡鱼早期个体发育行为特征,对改进黄颡鱼苗种培育方法,提高苗种培育成活率等具有重要的现实意义。笔者在实验室条件下观察分析了黄颡鱼仔稚鱼对不同宽度缝隙及水层的选择喜好性等栖息行为特征,旨在为建立适宜的黄颡鱼苗种培育方法提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及投喂管理

黄颡鱼亲鱼来自湖北省公安县崇湖渔场,选择性成熟的亲鱼(雌鱼12尾,雄鱼5尾),采用人工催产授精方式获得受精卵,将受精卵粘附在产卵板上置于27℃除氯自来水中流水孵化。黄颡鱼出膜当天记为0日龄,鱼苗出膜后采用循环水养殖,从3日龄开始投喂卤虫无节幼体,19日龄转为商品饵料,饱食投喂。3~11日龄为仔鱼期,该时期体形与成体有一定差异,器官分化不完善;12~30日龄为稚鱼期,该时期鳍褶逐渐消失,侧线和各鳍鳍条形成,器官分化逐步完善,外形向成鱼体形过度完成<sup>[17]</sup>。

### 1.2 试验装置

1)缝隙选择行为装置:包括水槽系统和监视记

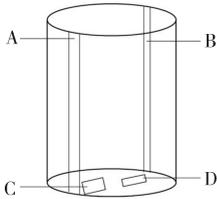
收稿日期:2016-03-28

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD25B06);中央高校基本科研业务费专项(2662015PY119)

刘全圣,硕士研究生。研究方向:淡水健康养殖技术。E-mail: hubeiliuquansheng@126.com

通信作者:何绪刚,博士,教授。研究方向:淡水健康养殖技术。E-mail: xgh@mail.hzau.edu.cn

录系统。水槽系统为圆柱形透明有机玻璃水槽,直径 15 cm,高 50 cm(附刻度)。在水槽侧壁相对位置自下而上分别凿出 2 条宽度分别为 0.3 cm 和 0.5 cm、深度均为 0.5 cm 的缝隙,底部也分别凿出 2 个相同宽度和深度的缝隙,长度均为 5 cm(图 1)。监控系统包括 3 个红外摄像头,两边缝隙各 1 个,正上方 1 个。试验时水深保持 40 cm。



AC=0.5 cm; BD=0.3 cm.

图 1 缝隙选择实验装置示意图

Fig.1 Experiment device schematic diagram for hiding

2) 栖息水层试验装置。参照 Kynard 等<sup>[18]</sup>设计的试验装置改进而成。为圆柱形透明有机玻璃桶,底部设有开关,直径 20 cm,高 200 cm(附刻度)(图 2)。实验时水深保持 195 cm,实验环境为地下室,自然光较弱,试验装置顶部设日光灯作为光源。



图 2 栖息水层实验装置示意图

Fig.2 Experiment device schematic diagram for swimming height

### 1.3 试验方法

1) 缝隙选择行为。实验从 1 日龄开始,至 25 日龄结束,实验期间保持自然光照周期。于上午 07:00 开始实验,随机挑选 10 尾健康实验鱼放入实验装置,开始连续录像 24 h,通过视频回放观察记录每日 08:00、12:00 和 16:00(记为日间数据)以及 20:00、24:00、04:00(记为夜间数据)时间点受试鱼分布于 0.3 cm 缝隙、0.5 cm 缝隙及非缝隙区域的数量,同时统计栖息于底层缝隙(0~20 cm 水层)和表层缝隙(20~40 cm 水层)受试鱼数量。每次实验结束后更换实验鱼,避免同一尾鱼参与 2 次实验。3 个缝隙选择装置同时实验,每个时间点采集 3 组数据。统计分析时,将实验数据转化为百分比,结果用平均值±标准差(Mean±SD)表示;用

SPSS 19.0 软件检验白天和夜间黄颡鱼对不同宽度缝隙和不同深度缝隙栖息比例的差异性( $P<0.05$  则认为差异显著),采用 Graph Pad Prim 5.0 软件作图。

2) 栖息水层。局限于夜间无光条件下肉眼无法观察到实验鱼具体位置,本实验只在白天进行(表层光照强度为 200~100 lx,底层光照强度为 50~100 lx)。观察实验从 3 日龄开始至 32 日龄结束。每天 07:00 开始实验,实验时随机选择 1 尾健康鱼从实验装置上方放入,待其适应 15 min 行为稳定后开始记录,每隔 10 s 记录 1 次受试鱼所处水层深度,共记录 6 次,取其平均值作为该尾受试鱼栖息水深的观察值;之后再换另 1 尾实验鱼重复上述实验,每日重复 8 次。确保同一尾鱼不参与 2 次实验。试验结果用平均值±标准差(Mean±SD)表示,采用 Graph Pad Prim 5.0 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同日龄仔稚鱼对缝隙选择喜好性

1~18 日龄仔稚鱼喜好栖息于缝隙,且白天(除 7、11、12 日龄以外)的喜好性显著高于夜间( $P<0.05$ ),19 日龄及以上稚鱼对缝隙无喜好行为(图 3)。白天,1 日龄仔鱼对 0.5 cm 缝隙的喜好性显著高于 0.3 cm 缝隙( $P<0.05$ );2~7 日龄仔鱼对 0.3 cm 缝隙的喜好性显著高于 0.5 cm 缝隙( $P<0.05$ );8 日龄仔鱼对 0.3 cm 和 0.5 cm 缝隙的喜好无显著性差异( $P>0.05$ )(图 3A)。夜间,1 日龄仔鱼不选择 0.3 cm 的缝隙,而喜好栖息于 0.5 cm 的缝隙;2~7 日龄仔鱼对 0.3 cm 和 0.5 cm 缝隙的喜好性无差异( $P>0.05$ ),8 日龄仔鱼对 0.5 cm 缝隙的喜好性显著高于 0.3 cm 缝隙( $P<0.05$ )(图 3B)。10~18 日龄仔稚鱼昼夜均不选择 0.3 cm 的缝隙,而喜好栖息于 0.5 cm 的缝隙。

### 2.2 1~18 日龄仔稚鱼对表、底层缝隙的喜好差异

对 1~18 日龄栖息于缝隙的仔稚鱼作进一步统计,以分析其对表层(水面以下 20 cm 内)和底层(离水底以上 0~20 cm 内)缝隙的喜好性差异。结果表明,1~2 日龄仔鱼在日间和夜间有着完全相反的缝隙水层选择,日间 100% 选择底层缝隙,而夜间 100% 选择表层缝隙(图 4)。日间,3~18 日龄(除 5 日龄仔鱼)仔稚鱼栖息于底层缝隙的百分比显著高于表层缝隙( $P<0.05$ )(图 4A);夜间,3~12 日龄仔鱼栖息于底层缝隙的百分比变化于(38.9%±9%)~(69.5%±5%),3、7 和 11 日龄仔鱼栖息于表

层缝隙的百分比显著高于底层缝隙 ( $P < 0.05$ )，5、6、10 和 12 日龄仔稚鱼栖息于底层缝隙的百分比显著高于表层缝隙 ( $P < 0.05$ )；4 日龄仔鱼和 13~18 日龄稚鱼栖息于表、底层缝隙的百分比无显著性差异 ( $P > 0.05$ ) (图 4B)。

### 2.3 栖息深度

3~10 日龄仔鱼全部栖息于底部以上 0~20 cm 内水层；11~20 日龄仔稚鱼栖息深度波动较大，变化于  $(21 \pm 9) \sim (108 \pm 30)$  cm；21~32 日龄稚鱼则返回到底部 10~20 cm 水层栖息 (图 5)。

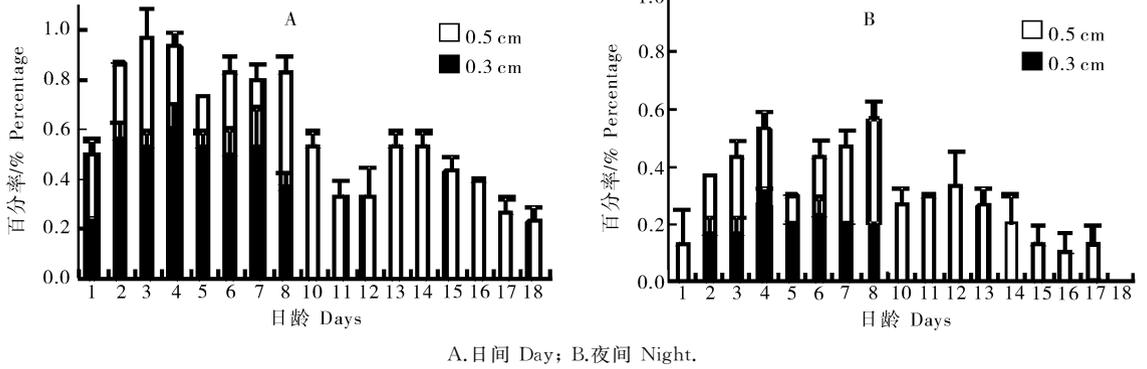
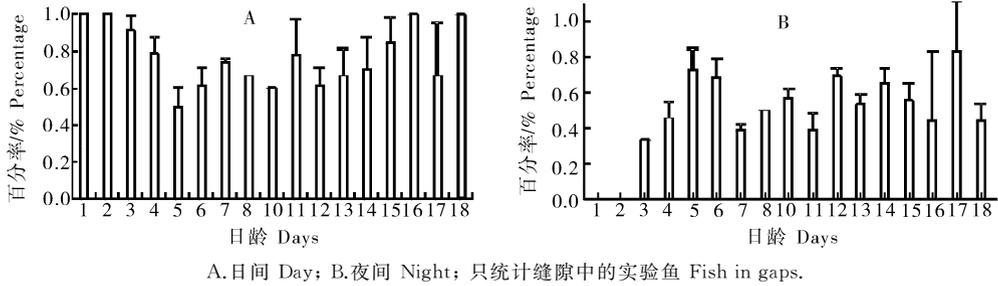


图 3 不同日龄仔稚鱼在缝隙中的分布百分比

Fig.3 The percentage of yellow catfish larva in gaps by age



A.日间 Day; B.夜间 Night; 只统计缝隙中的实验鱼 Fish in gaps.

图 4 不同日龄仔稚鱼栖息于底层缝隙(0~20 cm)的百分比

Fig.4 The percentage of yellow catfish larva in gaps (20 cm above the bottom) by age

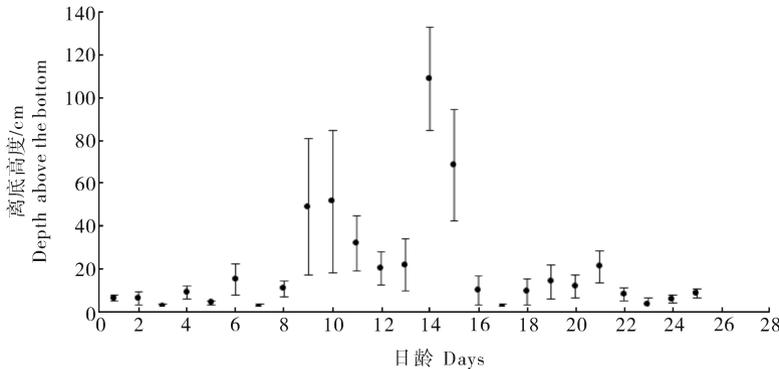


图 5 黄颡鱼仔稚鱼的栖息水层

Fig.5 Swimming height of fish above the bottom in the 195 cm high tube by age

## 3 讨论

### 3.1 黄颡鱼对缝隙的选择行为

1~18 日龄黄颡鱼仔稚鱼喜好栖息于缝隙,表现出较强的藏匿行为。鱼类仔稚鱼阶段因游泳器官发育不完全,对敌害生物的逃避能力通常较弱<sup>[19]</sup>,

所以,在避敌与取食 2 种生态需求权衡时,更易倾向选择避敌以保证自身安全,只有在充分安全时才会加强摄食,故大多仔稚鱼均有较强的藏匿行为。此外,一些小型鱼类自身防卫能力较弱时,也表现出较强的藏匿行为。例如,生活在鱼礁附近的小型鱼类往往不会远离鱼礁,常以鱼礁表面的附着生物及鱼

礁周围的浮游生物为食,敌害来临时便快速藏匿于鱼礁之中<sup>[20]</sup>。1~18日龄黄颡鱼仔稚鱼表现出较强的藏匿行为,与本阶段游泳能力相对较弱和较强的避敌生态需求有关。本研究结果表明,1~18日龄黄颡鱼仔稚鱼日间较夜间更喜好栖息于缝隙,这与仔稚鱼阶段的敌害生物日间普遍多于夜间有关,即白天的被捕食压力普遍高于夜间。一般情况下,捕食仔稚鱼的小型肉食鱼类及鸟类等动物通常依靠视觉来进行捕食,故其白天的捕食节律普遍高于夜间。例如,幼鲮的捕食者多以视觉摄食为主,当白天捕食者出现时,幼鲮摄食行为受到抑制,表现出强的避敌行为<sup>[21]</sup>。与此类似,黄颡鱼出于避敌生态需求,往往在强光环境(白天)下更趋向栖息于缝隙等狭小空间,以获得安全需要。除此之外,1~18日龄黄颡鱼仔稚鱼对缝隙喜好性的昼夜差异还与其摄食节律有关。黄颡鱼仔稚鱼期的胃饱满指数在夜间达峰值<sup>[11-12]</sup>,表明黄颡鱼仔稚鱼阶段喜夜间摄食,故夜间仔稚鱼的藏匿行为相对减弱。

本研究结果显示,1~8日龄仔鱼对0.3 cm和0.5 cm的缝隙均表现出喜好性,10~18日龄仔稚鱼只选择宽度为0.5 cm的缝隙,而19日龄及以上的稚鱼则不选择缝隙藏匿。这种现象与缝隙大小是否与鱼体相匹配有关。我们实际测量,9日龄黄颡鱼仔鱼体宽达0.26 cm以上,宽度为0.3 cm的较窄缝隙相对来说过小,因此,后期仔鱼不藏匿到较窄(0.3 cm)缝隙中。同样地,19日龄稚鱼体宽达到0.47 cm以上,不进入0.3 cm和0.5 cm的缝隙之中。但该阶段的稚鱼是否还保留缝隙喜好行为还有待进一步研究。日间,2~7日龄仔鱼对0.3 cm缝隙的喜好性显著高于0.5 cm缝隙( $P < 0.05$ ),可能与黄颡鱼仔鱼阶段喜集群行为且0.3 cm缝隙更适合其身体大小等有关。夜间,2~7日龄仔鱼对0.3 cm和0.5 cm缝隙的喜好性无差异,这种现象与仔鱼夜间藏匿行为相对较弱有关。

黄颡鱼仔稚鱼阶段喜藏匿缝隙的习性,在生产中易导致死苗现象发生。聚集在缝隙中的仔稚鱼因大量消耗溶解氧易造成局部缺氧,从而易导致藏匿于缝隙中的仔稚鱼窒息死亡。这种现象我们在黄颡鱼苗种繁育实践中时常见到。因此,在使用水泥池或池塘培育黄颡鱼苗种时,应避免缝隙出现。为满足黄颡鱼仔稚鱼阶段的藏匿行为需要,可以在苗种培育场所中设置水草、网片等物体,供其藏匿。

### 3.2 黄颡鱼对栖息水深的选择

3~10日龄仔鱼栖息于水底,主要原因是该阶

段仔鱼游泳能力相对较弱。黄颡鱼个体发育过程要经历仔鱼附着期,鳍的发生顺序:胸鳍最先出现,依次是尾鳍、臀鳍、背鳍、腹鳍和脂鳍<sup>[17]</sup>。鳍条发育未完全仔鱼的游泳能力很弱,无法运动到较上层的水层。3~10日龄黄颡鱼仔鱼只栖息于水底以上20 cm内水层,与瓦氏黄颡鱼<sup>[22]</sup>情况类似。随着日龄增加,11~20日龄黄颡鱼仔稚鱼运动器官逐渐发育完全,游泳能力因此增强<sup>[23]</sup>,故其活动水层范围大幅增加,也满足了其摄食浮游动物的生活需求。此阶段黄颡鱼摄食枝角类等大型浮游动物<sup>[24]</sup>。20~32日龄稚鱼栖息水层在离底20 cm以内,主要原因是此阶段的食性由轮虫转化为摇蚊幼虫、寡毛类等底栖生物为主<sup>[25]</sup>。为适应捕食需要,其栖息水层自然从水体表层下移到底层。

鉴于黄颡鱼仔稚鱼栖息水层研究结果,建议在人工育苗时人为控制水体深度,以满足仔稚鱼摄食与栖息水层需求。

### 3.3 对黄颡鱼苗种培育技术改良建议

培育池塘或水泥池要求无缝隙,在鱼苗下塘前移植少量植物或设置网片以供早期仔稚鱼栖息。鱼苗下塘前10 d,水位宜控制在30 cm左右,同时培养轮虫、枝角类等适口天然饵料生物;之后逐渐加深水位,至下塘3周时,水位逐渐加深到1.0~1.3 m。

## 参 考 文 献

- [1] KYNARD B, ZHUANG P, ZHANG T, et al. Ontogenetic behavior and migration of dabry's sturgeon, *Acipenser dabryanus*, from the Yangtze River, with notes on body color and development rate[J]. Environmental biology of fishes, 2003, 66(1): 27-36.
- [2] KYNARD B, ZHUANG P, ZHANG L, et al. Ontogenetic behavior and migration of Volga River Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii*, with a note on adaptive significance of body color[J]. Environmental biology of fishes, 2002, 65(4): 411-421.
- [3] ZHUANG P, KYNARD B, ZHANG L, et al. Comparative ontogenetic behavior and migration of kaluga, *Huso dauricus*, and Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*, from the Amur River[J]. Environmental biology of fishes, 2003, 66(1): 37-48.
- [4] PING Z, KYNARD B, ZHANG L, et al. Ontogenetic behavior and migration of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*[J]. Environmental biology of fishes, 2002, 65(1): 83-97.
- [5] 黄晓荣, 庄平. 鱼类行为学研究现状及其在实践中的应用[J]. 淡水渔业, 2002, 32(6): 53-56.
- [6] 柴毅, 谢从新, 危起伟, 等. 鱼类行为学研究进展[J]. 水利渔业, 2006(3): 1-2.
- [7] 倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006:

- 392-404.
- [8] 黄钧,杨淞,覃志彪,等.云斑鲟、泥鳅和瓦氏黄颡鱼的含肉率及营养价值比较研究[J].水生生物学报,2010,34(5):990-997.
- [9] 赵文学,杨星,彭智,等.黄颡鱼属物种的 RAPD 分子鉴定及杂种遗传分析[J].水生生物学报,2006,30(1):101-106.
- [10] 游鑫,邓闲,刘全圣,等.黄颡鱼性腺分化及温度对性别分化的影响[J].华中农业大学学报,2016,35(1):106-113.
- [11] 王春芳,谢从新,马俊.黄颡鱼早期发育阶段的摄食节律及日摄食率[J].水产学杂志,2001,14(2):66-68.
- [12] 方巍,樊启学,杨瑞斌,等.黄颡鱼早期发育阶段摄食研究[J].水生态学杂志,2010(5):32-37.
- [13] 马旭洲,王武,甘炼,等.延迟投饵对瓦氏黄颡鱼仔鱼存活、摄食和生长的影响[J].水产学报,2006(3):323-328.
- [14] 郑珂珂,朱晓鸣,韩冬,等.饲料脂肪水平对瓦氏黄颡鱼生长及脂蛋白脂酶基因表达的影响[J].水生生物学报,2010,34(4):815-821.
- [15] 张玉蕾,赵丽娟,周伟东,等.黄颡鱼源柱状黄杆菌的分离鉴定及其对翘嘴鲃的致病性[J].华中农业大学学报,2016,35(2):83-89.
- [16] 许爱国.黄颡鱼早繁及苗种的规模化培育技术研究[D].苏州:苏州大学,2010.
- [17] 王志强,庞守忠.黄颡鱼仔稚鱼发育和摄食习性研究[J].江苏农业科学,2009(6):311-313.
- [18] KYNARD B, HORGAN M. Ontogenetic behavior and migration of Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*, and shortnose sturgeon, *A. brevirostrum*, with notes on social behavior[J]. Environmental biology of fishes, 2002, 65(2): 137-150.
- [19] 何大仁.鱼类行为学[M].厦门:厦门大学出版社,1998.
- [20] 陈勇,于长清,张国胜,等.人工鱼礁的环境功能与集鱼效果[J].大连水产学院学报,2002(1):64-69.
- [21] PETERSEN J H, GADOMSKI D M. Light-mediated predation by northern squawfish on juvenile chinook salmon[J]. Journal of fish biology, 2005, 45: 227-242.
- [22] 马旭洲,王武,甘炼,等.瓦氏黄颡鱼仔稚鱼生长与发育的研究[J].大连海洋大学学报,2006,21(4):331-335.
- [23] 李红涛.黄颡鱼和长吻鮠早期生长发育研究[D].武汉:中国科学院水生生物研究所,2009.
- [24] 周显青,牛翠娟,李庆芬.光照对水生动物摄食、生长和存活的影响[J].水生生物学报,2000,24(2):178-181.
- [25] 章晓炜,汪雯翰,郑聪.黄颡鱼仔鱼食性及生长的研究[J].水产科学,2002,21(3):13-15.

## Hiding behavior and swimming aqueous layers of yellow catfish larvae and juveniles

LIU Quansheng<sup>1</sup> HE Xugang<sup>1,2,3</sup> DENG Min<sup>1</sup> WU Chongwei<sup>1</sup> QIN Ya<sup>1</sup>

1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Freshwater Aquaculture Collaborative Innovation Center of Hubei Province, Wuhan 430070, China;

3. Hubei Provincial Engineering Laboratory for Pond Aquaculture, Wuhan 430070, China

**Abstract** We observed the behaviors including hiding in gaps and swimming layers of yellow catfish larvae and juveniles under laboratory condition. The results showed that the 1-18-day-old larvae preferred hiding in gaps, but 19-25 days old juveniles did not select gaps. The 1-18 days old larvae significantly preferred hiding in gaps during the day than at night. The 2-7 days old larvae significantly preferred hiding in 0.3 cm gaps than in 0.5 cm gaps, and the 9-18 days old larvae only selected a wide (0.5 cm) gap. Before 18 d, the percentage of larvae preferring the bottom gap (20 cm above the bottom) was significantly higher than that preferring surface gap (20 cm below the surface) during the day. At night, the percentage of 13-18 days old larvae preferring the bottom gap (20 cm above the bottom) was not significant different from that preferring surface gap (20 cm below the surface). The 3-10 days old larvae and 21-32 days old juveniles preferred habitat in bottom water (less than 20cm from the bottom), and 11-20 days old juveniles showed a fluctuation preference in different water layers. The results could help to improve yellow catfish fry rearing methods and increase the survival rate of fry rearing.

**Keywords** yellow catfish; hiding behavior; gap; water layer; larvae and juveniles