

胭脂鱼早期生活史行为发育

张涛¹, 庄平^{1,2}, 章龙珍^{1,2}, 张征¹, 刘鉴毅¹, Boyd Kynard³

(1. 中国水产科学研究院 长江水产研究所, 湖北 荆州 434000;

2. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090;

3. S. O. Conte Anadromous Fish Research Center, Turners Falls, MA 01376, USA)

摘要:以人工繁殖的胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)脱膜仔鱼为研究对象,对其早期发育阶段在自然环境下的行为生态学及其早期生存的适应性进行分析。胭脂鱼脱膜仔鱼和1~3日龄的早期仔鱼对光照强度栖息地底质颜色没有选择性,栖息于水体底层,有喜好隐匿场所的倾向,但达不到显著性喜好的程度($P=0.654$),不进行顺水漂流。4日龄以后的仔鱼开始趋光,选择白色底质,离开水体底层,并顺水漂流。14日龄以后,顺水漂流停止,选择白色底质的比例下降,几乎完全不选择隐匿场所,但仍然趋光。0~8日龄的仔鱼昼夜活动差异不明显($t=-1.48$, $P=0.142$),9~14日龄时,夜间活动明显强于白天($t=-6.95$, $P=0$),14日龄以后,昼夜活动差异不显著($t=0.05$, $P=0.96$)。

关键词:胭脂鱼;早期生活史;行为发育

中图分类号:Q959.468, S965.126

文献标识码:A

文章编号:1005-8737(2002)03-0215-05

鱼类早期发育阶段的行为是先天性行为,其行为特征是随着鱼类的个体发育而变化的,这些行为发育上的特征是鱼类在进化过程中自然选择的结果,是对环境的适应性^[1-2]。近年来,国内外学者开始注重对鱼类个体发育行为的研究^[3-5]。胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)是我国特有的名贵珍稀鱼类,具有很高的经济价值和研究价值,属国家二级保护动物,分布于长江中上游江段^[6-9]。由于过度捕捞和环境变迁,其自然资源受到严重破坏,被我国列为濒危物种^[7-9]。有关胭脂鱼研究的报道较少,尤其是在早期生活史方面,只有少量形态学和繁殖生物学上的研究^[10-15],行为发育的研究几乎是空白。本文对胭脂鱼早期生活史行为发育进行研究,旨在通过实验了解胭脂鱼在自然条件下早期发育阶段的行为特征以及与环境之间的关系,并以此指导

制定胭脂鱼早期发育阶段自然保护的措施,同时找出其苗种阶段存活率的制约因子,从而提高人工育苗的存活率。

1 材料和方法

1.1 实验材料

胭脂鱼为人工繁殖所得,将受精卵运至实验室进行孵化,孵出仔鱼约1000尾暂养于室内玻璃缸中。4日龄的胭脂鱼仔鱼开口摄食,每日投喂小型枝角类3次,长至2cm后投喂剪碎的水蚯蚓,4cm后直接投喂水蚯蚓。每日换水1次,换水量为1/2,换水前后温差 $<1.0^{\circ}\text{C}$,实验期间水温 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。将刚出膜的仔鱼定为0日龄,取同一天孵出的仔鱼进行实验。

1.2 实验设计及装置

总体的实验设计及实验装置同文献^[16]。一些对栖息地环境因子选择的实验程序大致相同:在实验之前,随机地将实验鱼从饲养缸中挑出,集中放在1个20L的塑料容器中。对实验鱼单个进行观测,观测后的实验鱼返回饲养缸,以避免实验鱼在同一天的单因子实验中被重复观测2次,同时在其他因

收稿日期:2001-06-11.

基金项目:国家自然科学基金(39870126);中国水产科学研究院基金(99-01-01).

作者简介:张涛(1976-),男,研究实习员,在读硕士,从事鱼类生态学研究.

通讯作者:庄平. E-mail: pzhuang@online.sh.cn

子实验中被重复的几率也非常小。

1.2.1 光照 光照选择性实验的装置为长方形深蓝色塑料箱(50 cm×38 cm),在箱体的顶部以3个40W的日光灯作为光源,并以1块黑色的塑料板盖住上部箱口的1/2,使水体基本分为面积相等的亮区、暗区和过渡区,通过调整日光灯的亮度使亮区的照度为1 200~1 500 lx,暗区的照度为35~50 lx,过渡区的照度为250~300 lx。实验鱼单个地从过渡区放入实验箱。

1.2.2 底质颜色 实验用箱同上,底部分为面积相等的黑白2种不同颜色的栖息地。实验鱼单个地从2块不同颜色的底质分界处放入实验箱。

1.2.3 隐匿 实验箱同上,箱体四周不透光,在实验箱的底部以直径5~8 cm的卵石堆积成洞穴状,提供实验鱼的隐匿场所,在箱底布置若干个棋盘状排列的卵石堆,没有堆积卵石的区域则形成开阔栖息地,使整个箱底的隐蔽场所和开阔栖息地面积大致相等。实验鱼单个地从实验箱的中部表层放入。

1.2.4 栖息水深 用1个透明有机玻璃圆筒(高160 cm,直径15 cm),中间有直径为2.5 cm的轴,轴上纵向对称地安装了2片宽为2 cm的叶片,轴的一端安装1个变速马达以调节转速。在圆筒的外部有刻度标记,以便观察记录实验鱼的位置。实验鱼通过1根直径为2 cm的塑料管导入圆筒的底部。

1.2.5 洄游 玻璃钢制的椭圆形洄游槽,槽深度为20 cm(水深15 cm),宽15 cm,总长度500 cm。在槽底部放置1台水泵,开动时能够使槽内形成水流,水流速度可通过水泵控制。在洄游槽的一端架设一红外摄像镜头,以便观察记录实验鱼在槽中的游动通过情况。在正对镜头下方视野的洄游槽内壁粘贴1块白色红外线反射板,以增强镜头的鉴别力。摄像头获得的信号通过电缆送到录像机记录在磁带上。录像机由定时器控制,每小时记录5 min,24 h不间断。夜晚打开摄像头的红外灯,挂窗帘以减少灯光对实验的影响。

1.3 实验数据的采集与处理

对光照选择、底质选择、穴居习性等趋性行为特征,在实验进行之中连续观察跟踪记录鱼类的行为特征(先将受试鱼放入适应2 min,再连续记录5 min)。实验结果采取以喜好某种环境(如亮光照或白色底质、洞穴)的时间占整个记录时间的百分比来描述。每次实验鱼8尾。

栖息水深选择性实验采用连续记录受试鱼在1

~2 min、5~6 min、9~10 min内所停留水层的位置及在各位置所停留的时间,并根据记录统计出在各时间段内受试鱼活动的水层范围和喜好栖息的水层。每次实验鱼8尾。

洄游槽中放15尾鱼,根据录像装置记录的数据来统计受试鱼昼夜洄游的情况。

实验数据以STATISTIC 5.0 统计分析。

2 结果

2.1 光照的选择

胭脂鱼光照选择性实验的变化趋势见图1。从图1可以看出,0~3日龄趋光性不明显,大约在50%(Mean=0.54, $F=0.25$, $P=0.86$)。4日龄时陡然上升至90%左右,且4日龄以后的趋光比例都保持在70%以上(Mean=0.88, $F=0.77$, $P=0.78$),一直保持到40日龄。40日龄时的趋光性已有所下降,但仍保持在75%这一较高的水平。60日龄后胭脂鱼趋光比例急剧下降为0,即完全避光($P=0$),所有受试鱼在实验期间均选择暗区,不到过渡区和亮区。胭脂鱼仔鱼在0~3日龄时对光照没有选择性,4~40日龄具有较强的趋光性,60日龄后100%避光。

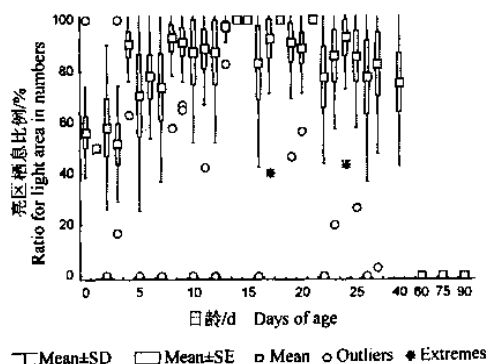


图1 胭脂鱼仔鱼光照选择性变化趋势

Fig.1 Daily mean percent of Chinese sucker preferring light area

2.2 底质颜色的选择

胭脂鱼底质选择性实验的变化趋势见图2。从图2可以看出,0~3日龄仔鱼对黑色和白色底质均不具选择性(Mean=0.495 4, $F=0.08$, $P=0.97$),第4日龄上升至87%,选择白色底质($P=0.007$),第5、6日龄又逐渐下降,第6日龄无选择性($P=0.554$)。7~18日龄对白色底质的选择性保持在较

高的水平($\text{Mean} = 0.91$, $F = 1.4$, $P = 0.19$), 19~20 日龄选择性下降($\text{Mean} = 0.63$, $F = 0.0008$, $P = 0.98$), 对底质无选择性, 与 7~18 日龄有极显著性差异($t = 2.97$, $P = 0.004$), 21 日龄又上升至 95%, 21~34 日龄呈交替性波动, 40 日龄后对底质无选择性($\text{Mean} = 0.66$, $F = 1.02$, $P = 0.34$)。

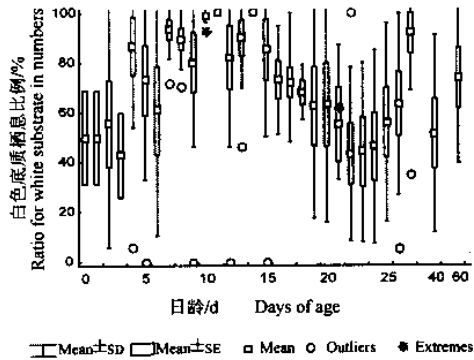


图2 胭脂鱼仔鱼底质选择性变化趋势

Fig.2 Daily mean percentage of Chinese sucker preferring white substrates

胭脂鱼底质选择性实验的数据较为分散, 但从总体上分析, 可以认为 0~3 日龄胭脂鱼仔鱼对白色底质没有选择性, 3~40 日龄基本喜欢白色底质, 40 日龄后对底质颜色没有选择性。

2.3 隐匿地的选择

胭脂鱼穴居习性的变化趋势见图 3。从图 3 可以看出, 胭脂鱼仔鱼在 11 日龄以前, 有选择隐匿场所的趋向, 其中以 0 日龄时选择洞穴的比例最高(57.3%), 往后选择隐匿场所的比例逐渐下降, 13 日龄后几乎 100% 不选择洞穴。尽管胭脂鱼仔鱼有选择隐匿场所的趋向, 但从数据的统计分析, 达不到显著性喜好的水平, 0 日龄选择隐匿场所的比例为最高, 也未达到显著性选择的水平($P = 0.654$)。

2.4 栖息水深的选择

胭脂鱼水深选择性实验的变化趋势见图 4。在分析时仅对 9~10 min 的数据加以分析。从图 4 可以看出, 0~2 日龄的完全贴底栖息($\text{Mean} = 0$ cm), 并不上游。第 3 日龄栖息水层稍微上升, 但幅度不大($\text{Mean} = 14$ cm)。以后栖息水层进一步上升, 到第 8 日龄上升至 77 cm 处。9~11 日龄($\text{Mean} = 30$ cm)栖息水层逐步下降, 与 6~8 日龄($\text{Mean} = 71$ cm)有显著性差异($t = 2.19$, $P = 0.35$)。第 12 日龄陡然上升至 63 cm, 13~14 日龄又急剧下降至贴底

($\text{Mean} = 3$ cm), 15~17 日龄又上升至中层($\text{Mean} = 54$ cm, $F = 0.41$, $P = 0.67$), 18~19 日龄又下降贴底($\text{Mean} = 2$ cm), 第 20 日龄急剧上升至上层($\text{Mean} = 112$ cm), 21 日龄后基本稳定栖息在水中层($\text{Mean} = 52$ cm)。

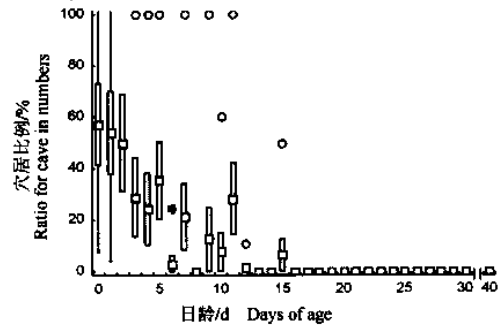


图3 胭脂鱼仔鱼穴居习性变化趋势

Fig.3 Daily mean percent age of Chinese sucker preferring cave habit

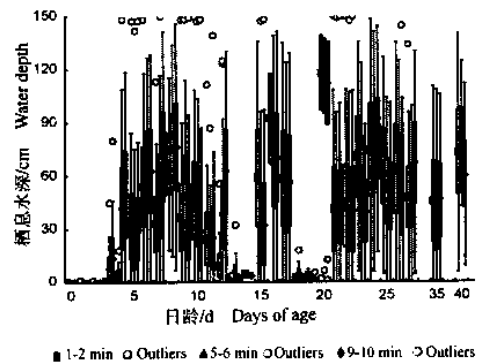


图4 胭脂鱼仔鱼水深选择性变化趋势

Fig.4 Daily mean percentage of Chinese sucker preferring water depth

2.5 洄游习性

胭脂鱼洄游习性和昼夜洄游习性的变化趋势分别见图 5、图 6, 在分析时均以净顺游数(顺游数-逆游数)表示。从图 5 中可以看出胭脂鱼仔鱼的洄游习性并不十分明显, 通过对单日的净顺游数进行显著性检验(见表 1), 0~8 日龄仔鱼基本不洄游, 9~14 日龄顺水洄游, 但洄游的数量不大, 14 日龄后仔鱼基本不再洄游。对昼夜洄游顺游数比较可发现, 胭脂鱼仔鱼在早期发育阶段夜晚洄游比白天大且差异极显著($t = 3.76$, $P = 0.0004$), 表明洄游活动主要在晚上进行。0~8 日龄的胭脂鱼仔鱼昼夜洄游活动差异不明显($t = -1.48$, $P = 0.142$), 9~14 日

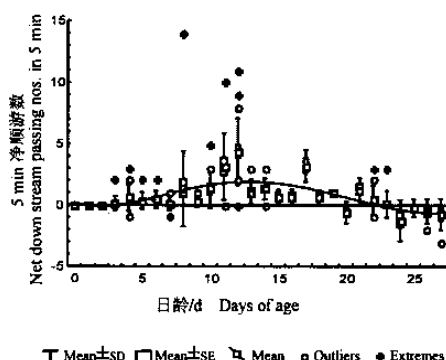


图5 胭脂鱼仔鱼洄游习性变化趋势

Fig.5 Migration of Chinese sucker

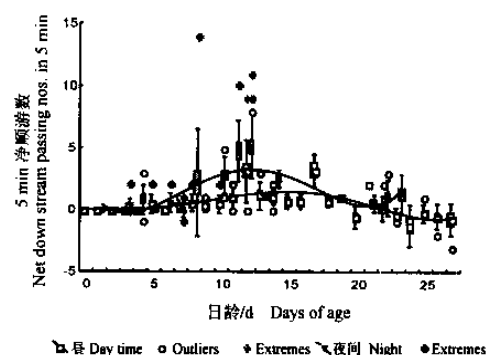


图6 胭脂鱼昼夜洄游活动频率变化趋势

Fig.6 Diel activity of Chinese sucker

表1 胭脂鱼早期生活史行为发育的单日显著性检验结果

Table 1 Daily significance test results of Chinese sucker's early life behavioral development

日龄/d Age	底质选择性 Selectivity of substrate	光照选择性 Selectivity of light	洞穴选择性 Selectivity of cave	水深选择性 Selectivity of water depth	洄游习性 Behavior of migration
0~3	无 No	无 No	无 No	底层 Bottom	不 No
4~8	白色 White	趋光 Phototaxis	开阔地 Open area	中层 Center	不 No
9~14	白色 White	趋光 Phototaxis	开阔地 Open area	底层 Bottom	顺水 Downstream
15~27	白色 White	趋光 Phototaxis	开阔地 Open area	中层 Center	不 No
34	白色 White	趋光 Phototaxis	开阔地 Open area	中层 Center	不 No
40	无 No	趋光 Phototaxis	开阔地 Open area	中层 Center	不 No
60	无 No	避光 Photophobic	开阔地 Open area	中层 Center	不 No

龄昼夜活动差异极明显($t = -6.95, P = 0$), 14 日龄后差异不明显($t = 0.05, P = 0.96$)。

3 讨论

3.1 胭脂鱼仔鱼在长江中的行为生态学分析

刚脱膜的胭脂鱼仔鱼(全长 8.6~10.6 mm)不具趋光性,对黑白栖息地底质也没有明显的选择性,栖息于水体的底层,不随江水漂流,有寻找隐匿场所的趋向。因此可以推测,胭脂鱼仔鱼脱膜后,仍然停留于产卵和孵化场,贴于江底,寻找并隐匿于江底石块缝隙中。1~3 日龄的早期仔鱼与脱膜仔鱼的习性基本一致,不具趋光性,对底质颜色无选择,栖息于江底,但寻找隐匿场所的比率逐日下降。胭脂鱼早期仔鱼的这些行为特征与产漂流卵的“四大家鱼”不一样。“四大家鱼”的脱膜仔鱼即顺水漂流^[17],与胭脂鱼有共同的产卵场,产粘性卵的中华鲟的早期仔鱼也与胭脂鱼的行为习性不一。中华鲟早期仔鱼趋光、离开江底,顺水漂流,脱膜后立即离开产卵场^[16]。我们分析,胭脂鱼仔鱼的这些习性是对早期生存的适应性,胭脂鱼仔鱼开口摄食为 4 日龄^[11],

此前为早期仔鱼阶段,仔鱼的发育还很不完善,没有建立外源营养,游泳和逃避敌害的能力很弱。胭脂鱼卵粘于江底石块上孵化,刚脱膜的仔鱼为了躲避敌害的侵袭,不作远距离的游动,就地隐匿于石块缝隙中继续发育到晚期仔鱼,以具备较强的游泳和逃避能力。

4 日龄的仔鱼(全长 11.2~13.9 mm)开口摄食,进入晚期仔鱼时期。这时仔鱼明显趋光,选择白色底质,寻找隐匿场所的比率极低,开始小范围地离开江底,并顺水漂流。仔鱼的这些习性与开口摄食有关,也是对早期生存的一种适应性。胭脂鱼仔鱼的开口饵料为轮虫、小型枝角类和桡足类幼体^[10-12],而胭脂鱼的产卵场在急流中,产卵场显然不是胭脂鱼仔鱼最佳的摄食肥育场所。所以,胭脂鱼开口摄食仔鱼游出石缝,离开江底,顺水漂流,寻找适合的摄食场所。趋光性和对白色栖息地底质的选择是为了增加细小饵料生物和环境之间的反差,更加容易发现和捕获饵料生物。

3.2 人工育苗技术的改进

根据胭脂鱼的早期生活史行为发育的研究结

果,可以指导和改进人工育苗的技术。胭脂鱼仔鱼在脱膜后0~3日龄内基本贴底、少游动,并且具有较高的穴居比例,这时期水流速度不宜过大,并要在培育池内放入一定数量的鹅卵石或其他材料,为仔鱼提供一定的隐蔽场所,供其栖息。4~40日龄的仔稚鱼具有比较强的趋光性和喜好白色底质栖息地的特性,这一时期应提供一定的光照条件并选用浅色底质的培育池。因其栖息水层在中层,所以还应加大水深,提供较大的活动空间。由于13日龄后的仔鱼不再具有穴居的习性,所以13日龄后可将池中的隐蔽物取出,以使其有更大的活动空间。60日龄后的胭脂鱼幼鱼具有很强的避光习性,这时应减弱光照。针对胭脂鱼仔鱼在早期的不同阶段昼夜活动的差异,在9~14日龄时应主要集中在晚间喂食,其余时间应均匀分布每天的投饵量。

参考文献:

- [1] 普罗塔索夫.鱼类的行动[M].北京:科学出版社,1984.284.
- [2] Noakes D L G, Baylis J R. Behavior[A]. Methods for Fish Biology[M]. Bethesda: American Fisheries Society, 1990. 555-584.
- [3] Boglione C, Bronzi P, Cataldi E, et al. Aspects of early development in the Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* [J]. Appl Ichthyol, 1999, 15(4-5):207-213.
- [4] Buckley J, Kynard B. Spawning and rearing of shortnose sturgeon from the Connecticut River[J]. Prog Fish - Cult, 1981, 48:74-76.
- [5] Gisbert E, Williot P, Castello - Orvay F. Behavioural modification in the early life stages of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt)[J]. Appl Ichthyol, 1999, 15(4-5):237-242.
- [6] 湖北省水生生物研究所.长江鱼类[M].北京:科学出版社,1976.278.
- [7] 吴国屏,刘乐和,王志玲,等.葛洲坝水利枢纽下宜昌江段胭脂鱼的年龄与生长[J].淡水渔业,1990,20(2):3-8.
- [8] 邓中舜.三峡水利枢纽对长江白鲟和胭脂鱼影响的评价及资源保护的研究[A].长江三峡工程对生态与环境影响及其对策研究论文集[C].北京:科学出版社,1987.42-51.
- [9] 刘乐和.长江葛洲坝水利枢纽兴建后对中、下游主要经济鱼类影响的综合评价[J].淡水渔业,1991,21(3):3-7.
- [10] 李骏珉.胭脂鱼的人工繁殖试验报告[J].淡水渔业,1991,21(4):16-18.
- [11] 蔡明艳,邓中舜,余志堂,等.胭脂鱼的早期发育[J].淡水渔业,1992,22(1):8-12.
- [12] 周亮.胭脂鱼人工繁殖技术研究[J].淡水渔业,1995,25(1):31-32.
- [13] 周剑光,吴国屏,杨德国,等.胭脂鱼常见病防治方法[J].淡水渔业,1995,25(6):26-28.
- [14] 周剑光,杨德国,吴国屏,等.胭脂鱼成鱼池塘养殖技术[J].淡水渔业,1996,26(4):36-40.
- [15] 陈金生.不同饲料养殖一龄胭脂鱼种生长试验[J].水利渔业,1992(4):9-11.
- [16] 庄平.鲟科鱼类个体发育行为学及其在进化和实践上的意义[D].武汉:中国科学院水生生物研究所,1999.147.
- [17] 易伯鲁.长江草、青、鲢、鳙四大家鱼早期发育的研究[A].葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼[M].湖北:湖北科学技术出版社,1988.69-116.

Early life behavioral development of *Myxocyprinus asiaticus*

ZHANG Tao¹, ZHUANG Ping^{1,2}, ZHANG Long-zhen^{1,2}, ZHANG Zheng¹; LIU Jian-yi¹, Boyd Kynard³

(1. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000, China;

2. East China sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 20090, China;

3. S. O. Conte Anadromous Fish Research Center, Turners Falls, MA 01376, USA)

Abstract: The artificially hatched larval *Myxocyprinus asiaticus* was observed in laboratory. The just hatched and 1-3 day old larvae did not show significant preference to illumination nor substrate color, just staying at the bottom and sometimes showing the tendency of seeking cover, but not significant ($P=0.654$). Four days after hatching, the larvae began to show a preference to illuminated area and white substrate, and sometimes swam off the bottom to drift with current. Fourteen days after hatching, the larvae still preferred illumination but stopped down stream drifting and not strongly preferred white substrate, no longer seeking cover. There were no significant differences of activities between day and night in the 0-8 day old larvae ($t=-1.48$, $P=0.142$). But for the 9-to 14-day-old larvae, they were more active at day time than at night. Fourteen days later, there were no significant differences of activity between day and night again.

Key words: *Myxocyprinus asiaticus*; early life history; behavioral development

Corresponding author: ZHUANG Ping