

长江干流不同江段鱼卵及仔鱼漂流特征 昼夜变化的初步分析

黎明政^{1,2,3}, 段中华^{1,2}, 姜伟^{1,2,3}, 刘焕章^{1,2*}

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院水生生物多样性与保护重点实验室, 湖北 武汉 430072; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 根据 2007~2009 年在长江干流的泸州、珞璜、宜都、武穴 4 个江段分别采集的数据, 对这些江段鱼卵及仔鱼漂流特征的昼夜变化规律进行初步分析。结果显示, 长江上游泸州江段和珞璜江段鱼卵及仔鱼昼夜漂流密度有一定差异, 但不显著; 长江中游宜都江段, 鱼卵漂流密度在昼夜时间上有显著性差异 ($n=38, p=0.00$), 表现为 6:00 的平均漂流密度 13.02 ind./100 m³ 明显大于 18:00 的密度 3.28 ind./100 m³, 仔鱼夜间漂流密度明显大于白天, 于 22:00 达到高峰值; 武穴江段仔鱼漂流密度在昼夜时间上有显著性差异 ($n=62, p=0.00$), 8:00 的平均漂流密度 86.21 ind./100 m³ 明显大于 18:00 的密度 44.85 ind./100 m³。不同物种的鱼卵及仔鱼漂流密度亦呈现出一定的昼夜差异, 宜都江段贝氏鲮、草鱼和银鲴鱼卵主要分布在白天, 鳙、鲢等种类分布在夜间; 另外, 鳙、银鲴、铜鱼和翘嘴鲮等多数种类的仔鱼仅在夜间有分布, 而鳊鱼属的种类主要分布在白天。通过采集到鱼卵发育期推算, 四大家鱼、贝氏鲮、银鲴和翘嘴鲮的繁殖时间主要集中在夜间, 而花斑副沙鳅和鳊全天均有繁殖。

关键词: 长江; 鱼卵; 仔鱼; 昼夜分布

中图分类号: S964.6 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2011)08-0957-06

鱼类早期发育阶段自产卵场向下游育幼场的漂流是河流鱼类一个非常重要的行为机制, 能够保证鱼类种群在河流生态系统中的分布扩散^[1]。这种行为机制与鱼类生长、存活及种群补充效果有密切关系, 对鱼类实现种群延续有重要意义^[2]。在漂流的过程中, 自然因素的外在作用与鱼类早期个体的内在反应相互影响, 使每种鱼类的漂流方式都不尽相同, 甚至同种鱼类的早期个体在不同江段的漂流方式亦有所不同。

在已有关于鱼类早期个体漂流昼夜节律的研究中, 所得结论并不一致。学者 Harvey 对美国俄克拉荷马州一河流中仔鱼漂流特征的研究^[3]以及 Gehrke 对澳大利亚东南河流中塘鳢科仔鱼的研究表明^[4], 河流中仔鱼漂流密度存在明显的昼夜节律变化。Gadomski 认为无论采用主动采集还是被动采集的方法, 鱼卵及仔鱼通常在夜间达到最大丰度^[5]。但是 Muth 对美国弗吉尼亚州 James 河仔鱼漂流特性的研究显示其昼夜节律变化并不明显^[6]。

国内许多学者对鱼类早期阶段的漂流特征也做了一些研究。有研究显示, 长江洪湖江段中仔鱼总密度随离岸距离的增加而呈指数下降的趋势^[7]。中国科学院水生生物研究所多年鱼类早期资源调查资料显示, 长江中游干流中江中的仔鱼分布较岸边明显更少^[8]。西江肇庆江段鱼苗总漂流密度夜间明显高于白天^[9]。但是有关长江干流鱼卵仔鱼昼夜漂流特征的研究则较为缺乏。本文基于 2007~2009 年的调查资料, 初步分析长江干流不同江段鱼卵及仔鱼的昼夜漂流强度及漂流模式, 了解长江鱼类早期生物学特点, 对制定有效的采样计划有一定指导作用。另外, 对更加精确地估算鱼卵和仔鱼的自然分布有所裨益。

1 材料与方法

1.1 采样站点

共设 4 个采样站点, 2007 年 6 月 22 ~ 23 日于

收稿日期: 2010-11-16; 修回日期: 2011-02-23

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX1-YW-08-01); 国务院三峡工程建设委员会办公室生态环境项目 (SX2007-019)

作者简介: 黎明政 (1985~), 男, 湖南省株洲人, 博士研究生, 主要从事鱼类生态学和鱼类早期资源研究。E-mail: liming_189@ihb.ac.cn

* 通讯作者 E-mail: hzliu@ihb.ac.cn

重庆市江津珞璜镇采集,2008 年 5 月 9~10 日于四川省泸州市采集。2008 年 7 月 17~18 日于湖北省武穴市采集。2009 年 7 月 1~2 日于湖北省宜都市采集(图 1)。各采样站点昼夜连续采样日期根据当年该样点 5~7 月鱼卵和仔鱼总体漂流特征选定,一般选在鱼卵或仔鱼高峰时期,一定程度上对该样点鱼卵和仔鱼漂流特征的昼夜分布有一定的代表性。

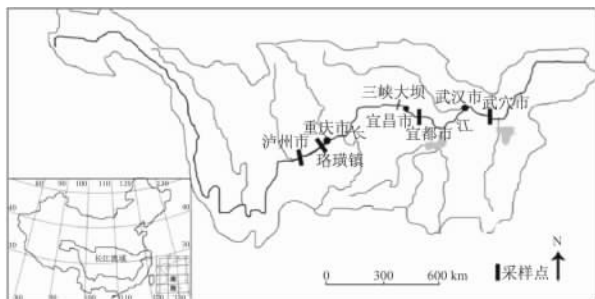


图 1 长江干流鱼卵及仔鱼漂流调查示意图

Fig. 1 Fish Eggs and Larvae Investigate Location in the Yangtze River

1.2 采集方法

珞璜江段的采集通过租用调查船,在江左岸固定调查点进行,采样点距离江左岸 15~20 m。泸州市江段采集选在沱江与长江交汇处上游约 500 m 的江边趸船上进行,采样点距离江左岸 10 m。

武穴江段采集选在长江左岸一水厂取水趸船处进行,采样点距离江左岸 80 m。宜都江段采集设置在长江与清江交汇处上游约 1.5 km 处,将科考船固定在离江左岸 40~50 m 处进行。

另外,5~7 月,分别在珞璜、宜都和武穴江段进行长期连续调查,每日进行两次采集,采集时间为上午 6:00~8:00 和下午 17:00~18:00。

每次采集持续时间 20 min,采样间隔时间为 4~5 h。使用筛网^[8]采集,网口呈半圆形,网口直径为 1 m,长 2 m,网目 500 μm ,网口面积 0.393 m^2 ,采样点在水表层(0.5 m 水深)。每次采集过程中,网口固定流速仪,以计算滤过的流量。测量采集时的水温 and 透明度。当天采样点的水文数据由国家水利部水文局(<http://www.hydroinfo.gov.cn/>)的发布信息获取。

1.3 样本处理

鱼卵、仔鱼的采集鉴定参照易伯鲁和曹文宣等^[8,10]文献中的方法进行。

对采集的鱼卵即刻分类。首先将黏性卵、漂流性卵、浮性卵分开,观察后分别记录卵黄色泽、卵黄

形状,胚胎头背部形状、发育期等,而后测量卵径、胚体长、眼径,并置于容器中进行单独培养观察;对采集的活体仔鱼进行麻醉,在双筒解剖镜下观察并记录胚体的发育期、体型、色素形状和分布、肌节数等形态特征。尽量鉴定到种,未鉴定出来的仔鱼继续培养,直至可以鉴定;死亡仔鱼保存于浓度为 5% 的中性福尔马林溶液中,带回室内进行鉴定。因寡鳞飘鱼和飘鱼仔鱼特征非常相似,难以区分,故将其统一表示为“飘鱼 sp.”。

1.4 数据处理

鱼卵、仔鱼的昼夜变化用各个时段的所采集样本的密度表示,密度计算公式如下:

$$D = \frac{N}{V} \quad (1)$$

$$V = S \times v \times T \quad (2)$$

结合公式(1)和公式(2),得出密度计算公式:

$$D = \frac{N}{S \times v \times T} \quad (3)$$

式中: D 为鱼卵、仔鱼的漂流密度; N 为此时段内采集鱼卵、仔鱼的数量; V 为此时段内网具过滤的水流量; S 为网口面积; v 为采集期间网口平均流速; T 为采集持续时间。

对昼夜连续调查数据进行变异系数(Coefficient of Variation)的分析,以此描述样本的离散特征。对各站点的日常采样数据(每日早晚各一次采样)进行鱼卵及仔鱼密度的配对 t 检验,验证其漂流密度是否存在具体时间上的差异。使用 SPSS 16.0 软件进行数据统计分析,Microsoft Excel 2003 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 鱼卵、仔鱼密度昼夜变化

2007 年 6 月 22~23 日在珞璜调查点进行鱼卵、仔鱼昼夜漂流密度调查。采样当天平均水温 24.0 $^{\circ}\text{C}$,平均透明度 12 cm,平均流量 9 860 m^3/s 。鱼卵、仔鱼漂流密度的昼夜变化见图 2。昼夜间鱼卵、仔鱼和总漂流密度在各时间点间有一定的差异,其变异系数分别为 1.013、1.044 和 0.907。将日常采样中两个时间点的数据进行配对 t 检验,结果表明,上午(8:30)和下午(17:30)鱼卵($n=52$, $p=0.706$)及仔鱼($n=52$, $p=0.612$)漂流密度均无显著性差异。

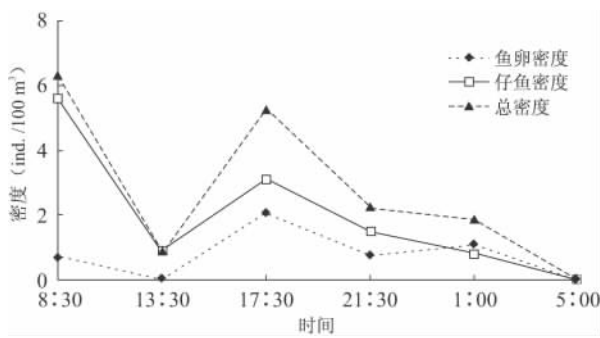


图 2 2007 年长江珞璜断面鱼卵鱼苗漂流密度昼夜变化
Fig. 2 Density of Fish Eggs and Larvae Among Different Periods at Luohuang Section of the Yangtze River in 2007

2008 年 5 月 9 ~10 日在泸州调查点进行鱼卵、仔鱼昼夜漂流密度调查。采样当天平均水温 21.3℃,平均透明度 29 cm,平均流量 4 324 m³/s。鱼卵、仔鱼漂流密度的昼夜变化见图 3。昼夜间鱼卵、仔鱼和总漂流密度的变异系数分别为 0.903、0.572 和 0.504,可见昼夜间各时间点鱼卵漂流密度差异较大,而仔鱼和总漂流密度差异较小。

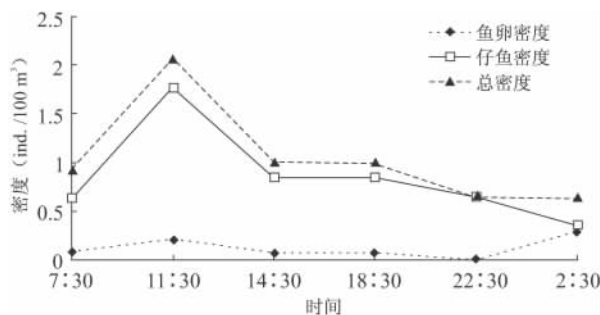


图 3 2008 年长江泸州断面鱼卵鱼苗漂流密度昼夜变化
Fig. 3 Density of Fish Eggs and Larvae Among Different Periods at Luzhou Section of the Yangtze River in 2008

2008 年 7 月 18 ~19 日在武穴调查点进行鱼卵、仔鱼昼夜漂流密度调查。采样期间平均水温为 27.9℃,平均透明度为 27 cm,平均流量为 28 750 m³/s。仔鱼漂流密度的昼夜变化见图 4,因采集到鱼卵数量极少,未做分析。在各采样点上仔鱼和总漂流密度存在一定的差异,其变异系数分别为 0.906 和 0.905。日常采样中两个时间点的数据配对 *t* 检验分析表明,上午(8:00)和下午(18:00)仔鱼漂流密度有显著性差异($n=62, p=0.00$),上午的平均漂流密度(86.21 ± 98.16 ind./100 m³)(Mean \pm SD 下同)明显大于下午(44.85 ± 62.96 ind./100 m³)。

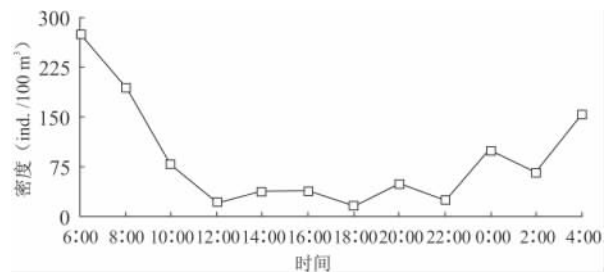


图 4 2008 年长江武穴断面仔鱼漂流密度昼夜变化
Fig. 4 Density of Fish Larvae Among Different Periods at Wuxue Section of the Yangtze River in 2008

2009 年 7 月 1 ~2 日在宜都进行鱼卵、仔鱼昼夜漂流密度调查。采样当天平均水温为 24.6℃,平均透明度为 35 cm,平均流量为 29 433 m³/s。鱼卵、仔鱼漂流密度的昼夜变化见图 5。昼夜间鱼卵、仔鱼和总漂流密度的变异系数分别为 1.227、0.900 和 0.755,可见鱼卵和仔鱼昼夜间各时间点的漂流密度差异较大,而总漂流密度的相对较小。日常采样中两个时间点的数据配对 *t* 检验分析表明,早上(6:00)和傍晚(18:00)鱼卵漂流密度有显著性差异($n=38, p=0.00$),早上的平均漂流密度(13.02 ± 14.69 ind./100 m³)明显大于傍晚(3.28 ± 5.98 ind./100 m³),而仔鱼漂流密度无显著性差异($n=38, p=0.333$)。

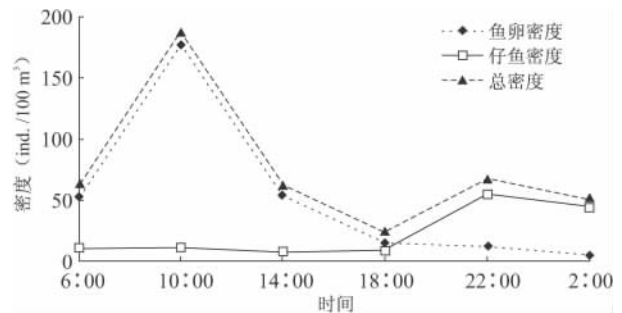


图 5 2009 年长江宜都断面鱼卵鱼苗漂流密度昼夜变化
Fig. 5 Density of Fish Eggs and Larvae Among Different Periods at Yidu section of Yangtze River in 2009

在 4 次的调查结果中,鱼卵、仔鱼的漂流密度均显示一定的昼夜差异。在 2007 年珞璜调查点,鱼卵漂流密度在 17:30 出现高峰,仔鱼的漂流密度分别在 8:30 和 17:30 出现两个明显的高峰,在 13:30 及 5:00 出现两个低峰;在 2008 年泸州调查点,鱼卵的漂流密度总体较低,仅 2:30 略高,仔鱼的漂流密度在 11:30 出现一个高峰,在 22:30 出现低峰值;2008 年武穴调查点,采集到鱼卵数量少,仔鱼漂流密度在 6:00 达到峰值,而在 12:00 ~22:00 漂流密度均较

低;2009 年宜都调查点,鱼卵,仔鱼漂流密度均呈现较大昼夜差异,鱼卵在 10:00 和 22:00 出现较大峰值,在 18:00 出现低峰值,仔鱼在 22:00 出现峰值,其余时间密度均较低。

2.2 鱼卵、仔鱼种类分布昼夜变化

因宜都断面昼夜调查中对鱼卵和仔鱼的鉴定工作较细致、全面,易于获得可靠结果,故在此仅对宜都断面各种类鱼卵和仔鱼漂流的昼夜变化进行初步分析。通过对鱼卵种类昼夜分布的分析显示,各时段鱼卵密度存在明显差异(表 1)。大部分种类的高峰值出现在上午 10:00,低峰值出现在下午 18:00,而花斑副沙鳅和鳊的高峰值出现在下午 18:00,低峰值出现在下午 14:00。草鱼、贝氏鲮、鳙、银鲴等

主要分布在白天(6:00~18:00),而花斑副沙鳅、鳊、青鱼、鲢等在白天和夜间均有一定的分布。6:00~14:00 的主要种类为贝氏鲮,18:00 至次日 2:00 的主要种类为花斑副沙鳅和鳊。

根据鱼卵的发育期和当时的江水水温,参考各种类早期发育时序,各种类繁殖时间分布为:贝氏鲮在 14:00~22:00 有繁殖活动,高峰期在 20:00;草鱼在 22:00~次日 6:00 均有繁殖活动,高峰期在 5:00;花斑副沙鳅在 4:00~22:00 有繁殖活动,高峰期在 8:00 和 16:00;鳊在 0:00~10:00 有繁殖活动,高峰期在 9:00;青鱼和鳙的繁殖活动发生在 7:00 左右;鲢在 18:00~2:00 有繁殖活动;银鲴和翘嘴鲌在凌晨有繁殖活动;蒙古鲌和赤眼鲮的繁殖活动发生在白天。

表 1 2009 年宜都断面鱼卵种类分布昼夜变化

Tab. 1 Density of Different Fish Eggs Among Different Periods at Yidu Section in 2009

时间	鱼卵密度(ind./100 m ³)										
	花斑副沙鳅	鳊	青鱼	鲢	草鱼	贝氏鲮	鳙	赤眼鲮	银鲴	翘嘴鲌	蒙古鲌
6:00	4.31	0	0	1.72	7.75	19.81	0	1.72	0	0	0
10:00	1.27	2.53	0.63	0	27.87	81.07	0	0	0.63	0.63	0
14:00	0.54	0.54	1.61	0	3.77	27.99	0.54	0	1.08	0	0.54
18:00	6.09	3.28	0	0	1.40	0	0	0	0	0	0
22:00	3.31	3.31	0	0.55	0	0	0	0	0	0	0
2:00	3.31	0	0.55	0	0	0	0	0	0	0	0

仔鱼种类分布的昼夜变化可见,各时段不同种类的仔鱼密度存在明显差异。大部分种类的高峰值出现在夜间 22:00,低峰值在下午 14:00。飘鱼属种类在各时段都占绝对优势比例。夜间(18:00~次日

6:00)分布的种类相对较多,贝氏鲮、子陵吻虾虎鱼、鳙、银鲴、铜鱼、似鳊、翘嘴鲌、花斑副沙鳅和黄尾鲴均仅在夜间有分布;白天分布的种类除飘鱼属种类外,鲢和赤眼鲮等也有分布(表 2)。

表 2 2009 年宜都断面仔鱼种类分布昼夜变化

Tab. 2 Density of Different Fish Larvae Among Different Periods at Yidu Section in 2009

时间	仔鱼密度(ind. /100 m ³)											
	飘鱼 sp.	赤眼鲮	鲢	子陵吻虾虎鱼	贝氏鲮	鳙	银鲴	铜鱼	似鳊	翘嘴鲮	花斑副沙鲮	黄尾鲮
6:00	9.47	0	0.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	11.40	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	3.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	7.96	0.47	0	1.44	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	36.45	0	0	8.83	5.52	0	2.29	1.66	0.55	0.55	0	0
2:00	35.89	0	0	6.73	1.14	0.55	0	0.55	0	0	2.29	1.14

3 结论与讨论

3.1 鱼卵漂流的昼夜差异及鱼类繁殖习性

根据初步分析,长江干流各江段鱼卵漂流存在一定的昼夜差异,尤其是宜都江段鱼卵漂流存在显著的昼夜差异。宜都江段早上的漂流密度明显大于傍晚,高峰值出现在上午 10:00,低峰值在下午

18:00。因鱼卵不具有主动游泳能力,自然条件下随江水漂流过程中发育生长,故早期资源调查中鱼卵漂流密度的昼夜差异,能够在一定程度上反映鱼类的繁殖习性。根据采集到鱼卵发育期推算发现,四大家鱼的繁殖时间主要集中在夜间,高峰期在凌晨;贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)的繁殖时间集中在前半夜;银鲴(*Xenocypris argentea*)、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)繁殖集中在午夜;而花斑副沙鳅

(*Parabotia fasciata*)和鳊(*Parabramis pekinensis*)全天均可进行繁殖。

鱼类在繁殖时间上表现出一定偏好,其中大部分鱼类都集中在夜间繁殖,这可能是为了获取一个较为合适的孵化时间,或者与很多产漂流性卵的珊瑚礁群鱼类相似,为了使它们的卵尽可能少地受到依靠视觉的以浮游生物为食的捕食者的捕食^[11, 12]。同时,夜间繁殖也可以大大的减少外界的干扰,能够保证繁殖活动的顺利进行。

3.2 仔鱼漂流的昼夜变化及鱼类早期生物学特性

初步分析的结果表明,长江干流各江段仔鱼漂流表现出一定的昼夜差异。武穴江段凌晨和早晨的仔鱼漂流密度明显大于白天其他时段,宜都江段仔鱼漂流密度高峰也出现在夜间。

仔鱼的昼夜漂流特征与鱼类早期生物学特性密切相关。仔鱼具有一定的主动游泳能力,因此可以通过自身运动调整在水体中的分布。有学者认为光照是影响不同水层仔鱼昼夜分布差异的主要因素,白天光照强时仔鱼多分布在水体中底层,而夜晚光照减弱时表层仔鱼密度增加,从而造成了水表层昼夜分布的差异^[13]。本次调查中4个调查点表层仔鱼密度变化表现出一定差别,长江中游的宜都及武穴调查点夜晚仔鱼密度增加,说明中游采集种类白天表现出较强的避光性,而长江上游泸州及珙璜调查点的仔鱼密度变化呈现出日出或日落前后高,白天及夜晚均低的特点,表明上游采集的种类在弱光环境下具有一定的趋光性,而在强光下表现出一定的避光性。

也有学者认为仔鱼的捕食策略或者生长策略亦会带来昼夜分布不均的现象^[14]。本次宜都江段调查中,子陵吻虾虎鱼(*Rhinogobius giurinus*)、贝氏鲮、银鲮(*Squalidus argentatus*)、铜鱼(*Coreius heterodon*)等大部分种类都集中在夜间,仅鲢鱼属种类和赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)在白天有出现。这与多数学者的研究一致,认为漂流过程中的仔鱼,虽然种类不同,但是都表现出很强的夜间行为,这可能与鱼类为了使其因被捕食所造成的死亡率降到最低而表现出的行为相关^[5, 15, 16]。

3.3 不同江段鱼卵及仔鱼漂流差异

鱼类早期阶段的被动漂流扩散过程受到河流流量、河道形态等因素的影响,漂流特征在不同的河流或不同的江段显示出较大的差别^[17~19]。本次调查中,长江上游,鱼卵的漂流密度在两个调查点的日变化均不明显,维系在较低水平,而仔鱼的漂流密度也

没有出现夜间漂流密度明显偏高的现象,这可能与长江上游江段水文条件复杂,流速快,以及调查当时水透明度较低有关^[20]。长江中游宜都江段,鱼卵的漂流密度在时间上差异显著,仔鱼不显著,这与宜都江段处于三峡大坝和葛洲坝下游,且离葛洲坝的距离较近,鱼卵的漂流特征因坝下各种类的繁殖活动差异而呈现明显的昼夜差异。长江中游武穴江段,仔鱼的漂流密度呈现明显的时间差异,武穴江段以上近600 km江段无坝,水文受人为因素的调控影响较低,能反映出自然状态下仔鱼昼夜漂流特征,其仔鱼漂流密度在夜间尤其是凌晨的漂流密度明显大于白天,支持一些学者在其它江河研究中认为仔鱼在夜间达到最大丰度的结论^[3~5]。

通过初步分析,长江干流鱼卵及仔鱼漂流特征因昼夜时间和地点的不同,均表现出一定的差异,另外,不同种类或同一种类的不同发育阶段也有不同的漂流特征。加强这方面的研究有助于对鱼类早期阶段生物学特征及鱼类的繁殖特征的了解,对鱼类和渔业资源保护有重要意义。

参考文献:

- [1] PENAZ M, ROUX A L, JURA J D A P, et al. Drift of larval and juvenile fishes in a by-passed floodplain of the upper River Rhine, France[J]. Folia Zoologica, 1992, 41(3): 281~288.
- [2] COPP G, FAULKNER H, LOHERTY S, et al. Diel drift behaviour of fish eggs and larvae, in particular barbel, *Barbus barbus* (L.), in an English chalk stream[J]. Fisheries Management and Ecology, 2002, 9(2): 95~103.
- [3] HARVEY B. Interaction of abiotic and biotic factors influences larval fish survival in an Oklahoma stream[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1991, 48(8): 1476~1480.
- [4] GEHRKE P. Diel abundance, migration and feeding of fish larvae (Eleotridae) in a floodplain billabong[J]. Journal of Fish Biology, 1992, 40(5): 695~707.
- [5] GADOMSKI D M, BARFOOT C A. Diel and distributional abundance patterns of fish embryos and larvae in the lower Columbia and Deschutes rivers[J]. Environmental Biology of fishes, 1998, 51(4): 353~368.
- [6] MUTH R T, SCHMULBACH J C. Downstream transport of fish larvae in a shallow prairie river[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1984, 113(2): 224~230.
- [7] 常剑波, 邓中彝, 张国华, 等. 洪湖灌江纳苗的可行性及效益评价[C]//陈宜瑜, 许蕴轩. 洪湖水生生物及资源开发. 北京: 科学出版社, 1995: 220~231.
- [8] 曹文宣, 常剑波, 乔 晔, 等. 长江鱼类早期资源[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 2~5.
- [9] 谭细畅. 西江肇庆江段鱼类早期资源时空分布特征研究[J]. 淡水渔业, 2007, 37(4): 37~40.
- [10] 易伯鲁, 梁秩燊, 余志堂, 等. 长江草青鲢鳙四大家鱼早期发育的研究[M]//葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉: 湖

- 北科技出版社, 1988: 69~116.
- [11] HELFMAN G S. Fish behaviour by day, night and twilight [M]//Behaviour of teleost fishes London: Chapman and Hall, 1993: 479~512.
- [12] TONKIN Z, KING A, MAHONEY J, et al. Diel and spatial drifting patterns of silver perch *Bidyanus bidyanus* eggs in an Australian lowland river[J]. Journal of Fish Biology, 2007, 70(1): 313~317.
- [13] ARAÚJO-LIMA C, SILVA W, PETRY P, et al. Diel variation of larval fish abundance in the Amazon and Rio Negro[J]. Brazilian Journal of Biology, 2001, 61: 357~362.
- [14] KINDSCHI G A, HOYT R D, OVERMANN G J. Some aspects of the ecology of larval fishes in Rough River lake, Kentucky[D]. Kentucky: Western Kentucky University, 1979.
- [15] CORBETT B W, POWLES P M. Spawning and larva drift of sympatric walleyes and white suckers in an Ontario stream [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1986, 115(1): 41~46.
- [16] ZITEK A, SCHMUTZ S, PLONER A. Fish drift in a Danube sidearm-system; II. Seasonal and diurnal patterns[J]. Journal of Fish Biology, 2004, 65(5): 1 339~1 357.
- [17] ARAÚJO-LIMA C, OLIVEIRA E C. Transport of larval fish in the Amazon[J]. Journal of Fish Biology, 1998, 53(sA): 297~306.
- [18] ATKINSON T C, DAVIS P M. Longitudinal dispersion in natural channels; I. Experimental results from the River Severn, UK[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2000, 4(3): 345~353.
- [19] DUDLEY R K. Ichthyofaunal drift in fragmented rivers: empirically-based models and conservation implications[D]. Albuquerque: University of New Mexico, Albuquerque, NM 2004.
- [20] 姜 伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流江段鱼类早期资源研究[D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所博士学位论文, 2009.

PRELIMINARY ANALYSIS ON THE DIEL DRIFTING BEHAVIOR OF FISH EGGS AND LARVAE IN DIFFERENT SECTIONS OF MAIN STREAM OF THE YANGTZE RIVER

LI Ming-zheng^{1,2,3}, DUAN Zhong-hua^{1,2}, JIANG Wei^{1,2,3}, LIU Huan-zhang^{1,2}

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. The Key Laboratory of Aquatic Biodiversity and Conservation of Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 3. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: A preliminary analysis on the diel and distributional abundance patterns of fish eggs and larvae was carried based on ichthyoplankton samples collected at Luzhou, Luohuang, Yidu and Wuxue sections of main stream of the Yangtze River during 2007 and 2009 respectively. It turned out that there was no clear diel difference in drifting densities of fish eggs and larvae at Luzhou and Luohuang sections. However, there were distinct diel differences in the drifting densities of eggs and larvae at Yidu section. There were significant differences ($n=38$, $p=0.00$) between the drifting density of fish eggs in 06:00 (mean density was 13.02 ind./100m³) and in 18:00 (mean density was 3.28 ind./100m³), while the highest drifting density of larvae was found in 22:00. And a significant diel difference was found in drifting densities of fish larvae at Wuxue section ($n=62$, $p=0.00$), the average density at 08:00 (86.21 ind./100m³) was clearly greater than at 18:00 (44.85 ind./100m³). In Yidu location, the drifting densities of different species showed species-specific difference. The eggs of *Hemiculter bleekeri* (Warpachowski), *Ctenopharyngodon idellus* and *Xenocypris argentea* were mainly collected in daytime, *Aristichthys nobilis* and *Hypophthalmichthys molitrix* were mainly collected in the night, while *Parabotia fasciata* and *Parabramis pekinensis* were collected all daylong. Larvae of most fishes were collected in the night, while the species from *Pseudolaubuca* were mostly collected in daytime. According to the capture time and the development stages of fish eggs, the peak spawning period of the four Chinese major carps were during nighttime. The spawning time of *Hemiculter bleekeri* was concentrated in first half of the night, *Xenocypris argentea* and *Culter alburnus* were concentrated in midnight, while *Parabotia fasciata* and *Parabramis pekinensis* could be spawning all daylong. Species-specific diel abundance patterns and their causes must be considered when designing effective sampling programs for fish embryos and larvae.

Key words: the Yangtze River; eggs; larvae; diel distribution