

淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源

保护区翘嘴鲌产卵场现状¹

周彦锋¹, 吕大伟², 葛优², 王晨赫², 刘剑羽², 张丽², 尤洋^{1, 2}

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心农业部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 江苏无锡 214081; 2. 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏无锡 214081)

【摘要】: 为了对淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌禁渔期、禁渔区域的设定及种质资源保护提供参考资料。2016年5~8月, 对此湖鱼卵和仔稚鱼的时空分布特征即产卵场及其与环境因子的关系进行了研究。调查表明: 共采集到鱼卵4463粒, 仔稚鱼43012尾, 分属6目9科19属21种, 采集到的鱼卵、仔稚鱼中翘嘴鲌 *C. alburnus* 个体数分别占比为4.16%、3.98%。产卵初始时间为6月13日, 捕获截止日期为8月17日。翘嘴鲌密度的相对比例在7月中下旬及8月初出现峰值。调查期间, 产卵水温均在25.9℃以上, 其中产卵盛期水温在29.3~34.3℃。翘嘴鲌产卵易发生在暴雨初晴的夜晚, 水位上涨的过程, 当水位达2m, 其他条件适宜情况下大量产卵。翘嘴鲌产卵密度与水温、水位关系密切 ($P<0.01$)。根据早期资源结果、人工鱼巢收集到的鱼卵和捕获处于排卵期的翘嘴鲌亲鱼, 推断出保护区1号(千灯浦桥)水域、2号(梅浜)水域和7号(南生浜)水域为翘嘴鲌的产卵场。

【关键词】: 淀山湖 翘嘴鲌 产卵场

【中图分类号】: S937 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227 (2018) 12-2733-07

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201812009

产卵场对鱼类而言是完成繁殖过程的场所, 繁殖是鱼类生活史中一个非常重要的环节, 这个环节与其它各个环节彼此相互连接, 保证了物种的保存和增殖, 以达到不断补充和提高群体数量的目的^[1], 可见鱼类产卵场是鱼自身重要而敏感的场所。

近几年关于淀山湖的研究侧重于水质^[2]、浮游植物^[3]、浮游动物^[4]和鱼类群落结构^[5]等。关于此湖产卵场研究尚未见报道。目前湖区仅零星水草分布, 以翘嘴鲌 *C.* 为代表产粘性卵的鱼类, 产卵生境恶化, 天然繁殖受阻, 资源量衰退。翘嘴鲌是淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区核心水产品, 保护其种质资源极为必要。因此本研究利用2016年5~8月对淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区水域进行翘嘴鲌鱼卵、仔稚鱼的调查结果, 分析了翘嘴鲌鱼卵、仔稚鱼的数量变化和空间分布特征即此鱼产卵场, 并对影响密度分布关系密切的环境因子进行了初步探讨, 旨在为其禁渔期、禁渔区域的设定及种质资源保护提供参考资料。

¹收稿日期: 2018-03-28; 修回日期: 2018-05-14

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2015JBFM03); 国家现代农业产业技术体系(CARS-46); 公益性行业(农业)科研专项(201303056-02)

作者简介: 周彦锋(1979~), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向为水生生物学. E-mail: zhouyf@ffrc.cn

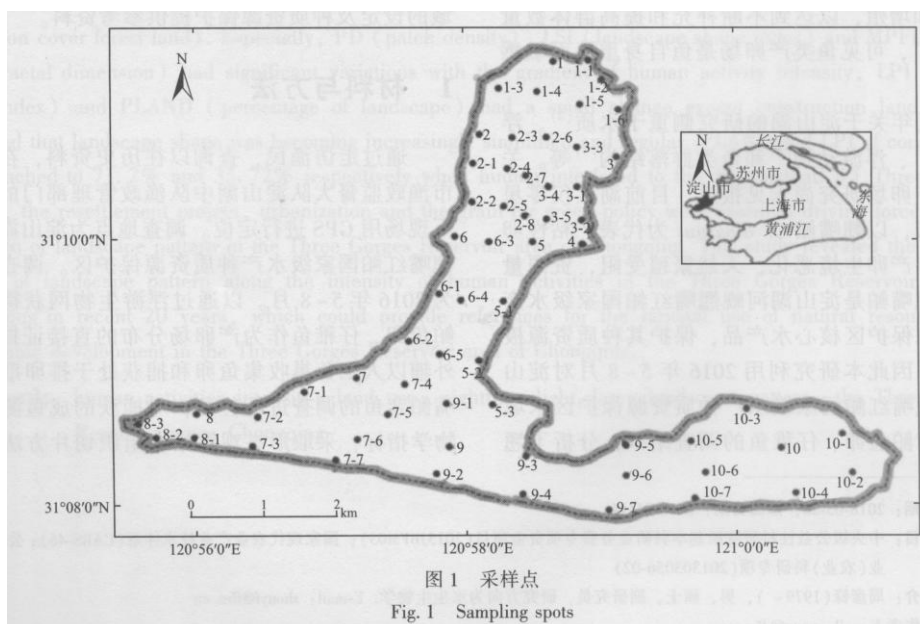
通讯作者 E-mail: youy@ffrc.cn

1 材料与方法

通过走访渔民, 查询以往历史资料, 在昆山市渔政监督大队淀山湖中队渔政管理部门的配合下现场用 GPS 进行定位。调查地点为淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区。调查时间为 2016 年 5~8 月。以通过浮游生物网获得翘嘴鲌鱼卵、仔稚鱼作为产卵场分布的直接证据, 此外辅以人工鱼巢收集鱼卵和捕获处于排卵期的翘嘴鲌亲鱼的调查进行佐证, 对捕获的成鱼测量生物学指标, 采取形态观察结合组织切片方法以判定性腺发育期。翘嘴鲌产卵场调查依据间隔距离、水草分布、河道入水口等不同生境水体差异共设置极具规模的 61 个采样点(高密度布点, 提高产卵场结果准确性)(图 1), 其中点位 1、1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6 为 1 号区域; 2、2-1、2-2、2-3A2-4、2-5、2-6 为 2 号区域, 以此类推。

表 1 采样点位置
Tab. 1 Sampling point position

采样位点	经度	纬度	采样位点	经度	纬度
1	120° 58' 38.04"E	31°11' 23.00"N	5-3	120°58' 9.13"E	31° 08' 47.89"N
2	120° 58' 5.97"E	31° 10' 48.77"N	6-1	120°57' 47.80"E	31° 09' 38.10"N
3	120° 59' 7.04"E	31° 10' 37.05"N	6-2	120° 57' 34.52"E	31° 09' 16.14"N
4	120° 58' 53.18"E	31° 09' 56.95"N	6-3	120° 58' 9.52"E	31° 09' 54.11"N
5	120° 58' 24.89"E	31° 09' 57.62"N	6-4	120° 57' 58.93"E	31° 09' 34.46"N
6	120° 57' 55.84"E	31° 10' 1.71"N	6-5	120° 57' 46.23"E	31° 09' 9.15"N
7	120° 57' 10.66"E	31° 08' 58.16"N	7-1	120°56' 48.27"E	31° 08' 52.64"N
8	120° 56' 1.01"E	31° 08' 36.48"N	7-2	120° 56' 26.54"E	31°08' 41.89"N
9	120° 57' 50.01"E	31° 08' 27.49"N	7-3	120° 56' 25.30"E	31° 08' 26.29"N
10	121° 0' 18.88"E	31°08' 26.75"N	7-4	120° 57' 32.92"E	31° 08' 55.20"N
1-1	120°58' 55.48"E	31° 11' 22.89"N	7-5	120° 57' 24.82"E	31° 08' 42.67"N
1-2	120°59' 2.52"E	31° 11' 10.94"N	7-6	120° 57' 11.49"E	31° 08' 30.15"N
1-3	120° 58' 14.20"E	31° 11' 10.70"N	7-7	120°57' 3.26"E	31° 08' 18.86"N
1-4	120° 58' 31.87"E	31° 11' 8.53"N	8-1	120° 55' 59.87"E	31° 08' 28.32"N
1-5	120° 58' 50.04"E	31° 11' 2.60"N	8-2	120° 55' 40.08"E	31° 08' 27.34"N
1-6	120°59' 9.13"E	31° 10' 57.66"N	8-3	120° 55' 33.06"E	31° 08' 37.93"N
2-1	120° 58' 3.23"E	31° 10' 35.38"N	9-1	120° 57' 50.93"E	31° 08' 45.62"N
2-2	120° 58' 2.92"E	31° 10' 16.96"N	9-2	120° 57' 45.10"E	31° 08' 13.09"N
2-3	120°58' 21.73"E	31° 10' 48.89"N	9-3	120° 58' 26.30"E	31°08' 26.30"N
2-4	120° 58' 18.35"E	31° 10' 1(T35.46"N	9-4	120° 58' 24.04"E	31°08' 6.27"N
2-5	120° 58' 15.17"E	31° 10' 14.96"N	9-5	120° 59' 9.80"E	31° 08' 30.40"N
2-6	120° 58' 36.99"E	31° 10' 45.87"N	9-6	120° 59' 9.46"E	31°08' 14.32"N
2-7	120° 58' 30.93"E	31° 10' 32.53"N	9-7	120° 59' 2.95"E	31° 07' 55.85"N
2-8	120° 58' 27.50"E	31° 10' 12.03"N	10-1	121° 00' 44.80"E	31° 08' 34.89"N
3-1	120° 58' 53.13"E	31°10' 26.17"N	10-2	121° 00' 54.25"E	31° 08' 16.59"N
3-2	120° 58' 52.45"E	31°10' 11.68"N	10-3	121° 00' 02.80"E	31° 08' 45.90"N
3-3	120° 58' 51.07"E	31° 10' 43.04"N	10-4	121° 00' 25.99"E	31° 08' 6.47"N
3-4	120° 58' 42.82"E	31° 10' 26.08"N	10-5	120° 59' 39.29"E	31° 08' 30.21"N
3-5	120° 58' 41.32"E	31° 10' 8.58"N	10-6	120° 59' 44.61"E	31° 08' 15.34"N
5-1	120° 58' 20.37"E	31° 09' 38.26"N	10-7	120° 59' 42.31"E	31°08' 2.74"N
5-2	120°58' 7.42"E	31°09' 8.42"N			



1.1 采样方法及物种鉴定

鱼类早期资源调查使用大型浮游生物网进行采集（网口内径 50cm, 网目 0.5mm），网的尾部连接一集苗筒，用以样本的收集。采样时，网口固定流速仪，用以测量流经网口的流量。采集时，将网具固定在船体一侧，进行表层水平拖网，拖速为 3nmile/h，每站拖网时间相同。网口保持与水流方向垂直。调查期间逐日采样，采样的同时，测量采样点水温、水位、溶氧、网口流速、透明度、浊度、pH 等环境参数。

采集后进行样本分拣，并分别处理鱼卵、仔稚鱼。麻醉活体仔稚鱼后在双筒解剖镜中观察其发育期、外形体型、色素形状和分布、肌节数等形态特征，并相应做好记录。种类的形态鉴别根据曹文宣等^[6]及易伯鲁等^[7]文献资料。进行鱼类早期发育阶段分类鉴定的形态学上的分类性状大致可以划分为可量性状、可数性状与描述性状，尽量鉴定到最低分类等级。鱼卵及无法判别的仔稚鱼用 95%酒精保存，带回实验室采用线粒体细胞色素 b 基因和 COI 基因鉴定，分子实验方法根据高雷^[8]的方法进行。

1.2 产卵场数据分析

仔稚鱼的密度计算：

$$d_i = n_i / q_i \quad q_i = a_n \times s \times 0.3$$

d_i : 采集期间的过网鱼苗的平均密度 (ind/m³)

q_i : 采集期间的过网水量 (m³)

s : 浮游生物网的网口面积 (m²)

a_n : 单次采集时流量计的始末差值

0.3: 计算过网水量的公式系数

2 结果

2.1 鱼类早期资源的种类组成及规模

2016 年 5~8 月在淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区拖网共采集到鱼卵 4463 粒, 仔稚鱼 43012 尾, 分属 6 目 9 科 19 属 21 种 (表 2), 其中鲤形目 2 科 11 属 12 种, 占 57.14%;

表 2 淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区鱼卵、仔稚鱼物种组成
Tab. 2 Species of fisheggs, larvae and juveniles in Corbiculafluminea Culteralbumus
National Aquatic Germplasm Reserve, Dianshan Lake

物种 species	物种 species
I 鲱形目 Clupeiformes	10 麦穗鱼属
一、鲱科 Engraulidae	(10) 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>
1 鲱属	11 鳊属
(1) 刀鲱 <i>Coilia nasus</i>	(11) 黑鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>
II 颌针鱼目 Beloniformes	12 鳊属
二、鳊科 Hemirhamphidae	(12) 兴凯鳊 <i>Acheilognathus chankaensis</i>
2 下鳊属	13 鳊属
(2) 间下鳊 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	(13) 中华鳊 <i>Rhodeus sinensis</i>
III 鲇形目 Siluriformes	(14) 高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>
三、鲇科 Bagridae	14 原鲇属
3 黄颡鱼属	(15) 红鳍原鲇 <i>Cultrichthys erythropterus</i>
(3) 黄颡鱼 <i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	六、鳅科
IV 胡瓜鱼目 Osmeriformes	15 薄鳅属
四、银鱼科 Salangidae	(16) 长薄鳅 <i>Elongate loach</i>
4 乔氏短吻银鱼属	VI 负卢形目 Perciformes
(4) 乔氏短吻银鱼 <i>Salangichthys jordani</i>	七、塘鳢鱼科 Eleotridae
V 鲤形目 Cypriniformes	16 小黄鲃鱼属
五、鲤科 Cyprinidae	(17) 小黄鲃鱼 <i>Micropercops swinhonis</i>
5 鳊属	八、虾虎鱼科 Gobiidae
(5) 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	17 吻虾虎鱼属
6 鲌属	(18) 子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>
(6) 翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	(19) 波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>
7 鲈属	18 鳊虾虎鱼属
(7) 鲈 <i>Hemiculter leucisculus</i>	(20) 粘皮鳊虾虎鱼 <i>Mugilogobius myxodermus</i>
8 鲫属	九、鲴科
(8) 鲫 <i>Carassius auratus</i>	19 鳊属
9 鲤属	(21) 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>
(9) 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	

鲈形目 3 科 4 属 5 种, 占 23.81%; 鲱形目、颌针鱼目、鲇形目和胡瓜鱼目均为 1 科 1 属 1 种, 比例均为 4.76%。经鉴定, 采集到的鱼卵包括翘嘴鲌、长薄鳅、鳊鱼、鲤鱼、红鳍原鲇等种类。长薄鳅、鳊鱼数量最多, 占 87.16%, 而翘嘴鲌个体数占比为 4.16%;

采集到的仔稚鱼有翘嘴鲌、g 乔氏短吻银鱼、鳊鱼、鲤鱼、刀鲚、红鳍原鲌、鲫鱼等。虾虎鱼科 3 种虾虎鱼、鲤科 fi 属 g 仔稚鱼数量最多，占 92.42% (39753)，其中以虾虎鱼 (87.19%) 为主，其次为鲤科鲮属 fi (5.23%)，而翘嘴鲌个体数占比为 3.98%。

2.2 淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌鱼卵及仔稚鱼的时间变化

首次出现性腺成熟达到 IV 期时间为 6 月 5 日，2016 年的早期资源调查情况表明，该年翘嘴鲌鱼的产卵初始时间为 6 月 13 日，捕获截止日期为 8 月 17 日。翘嘴鲌的相对比例在 7 月中下旬及 8 月初出现峰值，其中 7 月 8 日、7 月 13 日、7 月 19 日、7 月 22 日、7 月 25 日、8 月 1 日、8 月 3 日为采集到翘嘴鲌鱼卵仔稚鱼较多的时间（峰值高），呈现先上升后下降趋势，8 月中旬早期资源衰退。调查期间，产卵水温均在 25.9℃ 以上，其中产卵盛期水温在 29.3℃：~34.3℃：。根据现场勘察，7 月 7 日、7 月 18 日、7 月 21 日、7 月 22 日、7 月 31 日降雨。即翘嘴鲌产卵大部易发生在暴雨初晴的夜晚，水位上涨的过程中，当水位达 2m，其他条件适宜情况下大量产卵。对比密度和水位的趋势变化，可知翘嘴鲌密度较大的时期均为水位较高的阶段。进行水温、水位、浊度、透明度、溶氧、PH 等环境因子与翘嘴鲌密度的相关性分析，结果显示密度与水温、水位在统计学上差异最为显著 (P<0.05)。

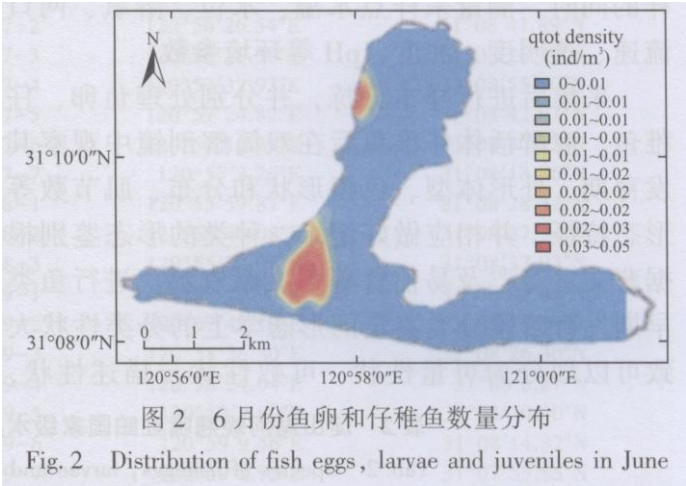
表 3 密度与环境因子的相关系数

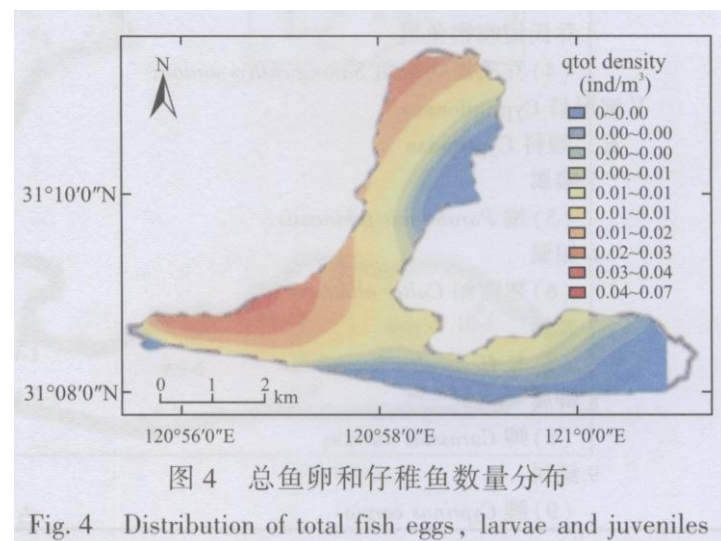
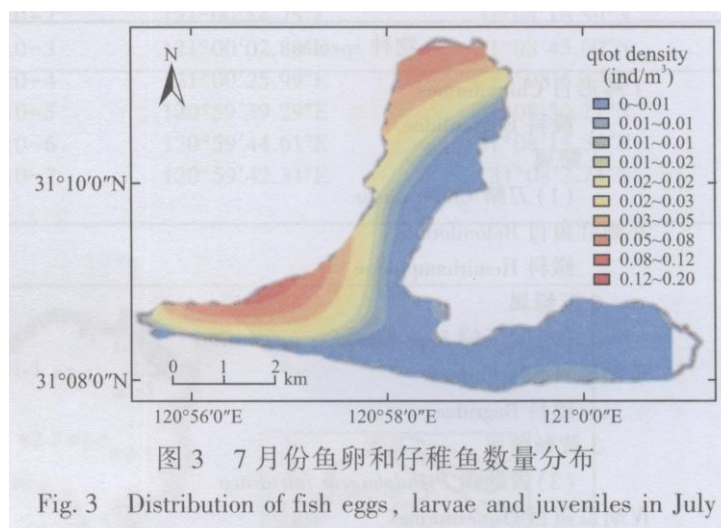
Tab. 3 Correlation coefficients between density and environmental factors

指标	水温 (T)	水位 (Dep)	浊度 (NTU)	透明度 (SD)	溶氧 (DO)	酸碱度 (pH)
密度	0.259**	0.153*	0.115	-0.078	-0.012	-0.039

2.3 淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌产卵规模与产卵场空间分布

淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区拖网捕获的翘嘴鲌鱼卵和仔稚鱼数量及其分布格局存在明显月变化 (6 月、7 月及总空间分布)。6 月有 9 个站点采到鱼卵和仔稚鱼，高值区出现在 2 号、7 号水域；7 月开始延伸，数量较多，密度较大，61 个站点中有 18 个站点采到，分别位于 1 号、2 号、7 号、8 号水域，处于淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区西部和北部；8 月范围进一步扩大，不过产卵趋于尾声，有 10 个站点采到鱼卵。设置的人工鱼巢亦在 1 号、2 号、7 号水域收集到翘嘴鲌鱼卵；刺网也多次在 1 号、2 号、7 号捕获到性腺成熟的亲鱼。综合各站点 3 种调查方式，显示 1 号、2 号、7 号水域为产卵场。





3 讨论

3.1 水文条件与仔鱼密度的关系

鱼类产卵活动的发生是鱼类对环境条件适应的结果，外界环境因子的影响是通过刺激鱼类内部生理机制使之变化而实现的。除了最重要的自身内部机制的作用，流量、水位、透明度、水温、溶解氧等都是鱼类产卵所需的外界重要环境因子。其中水温与流量被认为是影响某些鱼类产卵活动的最重要环境因子之一^[9~11]。

水温对鱼类的产卵、孵化及其补充量有着很大程度的影响^[12]。温度驱动鱼卵、仔稚鱼在时间状态上的变化，温度过高或过低时鱼卵和仔稚鱼丰度均较低^[13, 14]。观测表明，翘嘴鲌产卵表层温度始于 25.9℃：，表层水温达到 35.3℃：时，产卵基本停止。表层水温 29.3℃~34.3℃：为产卵旺季。水温通过影响成鱼性腺发育和成熟及生殖洄游等，作用于鱼类的新陈代谢功能，不仅影响着鱼卵和仔稚鱼自身的变态发育，还影响着鱼类的繁殖能力进而影响鱼卵和仔稚鱼的数量、分布和种群结构^[14~16]。水温的作用在前期是促使性腺发育，后期则刺激产卵。水温高的年份，其性腺发育往往比较快。此时如果遇到适当的水流条件，产卵就尽早发生。这是太平湖水库翘嘴鲌 1994 年产卵较 1992 年、1993 年提前的原因^[17]。当水温不足时，翘嘴鲌性腺发育缓慢。2016 年淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区 5 月、6 月初持续阴雨，气温较低，水温回升较慢。相比于徐家河翘嘴鲌产卵

始于5月^[18], 2016年淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌产卵偏迟。

水位为产卵场最重要的几何形态^[1]。水文条件的变化往往是综合因子的变化,如涨水是包括水位升高、流量增大、流速加快、流态紊乱、透明度减小、溶解氧增加以及水温变低等一系列综合水文要素变化的过程,它们之间有一定的相互关联,即水位升高是流量加大的结果,流量增大必然伴随着流速加快、透明度降低、流态紊乱,反之亦然^[19,20]。在繁殖季节,产卵场的水温条件适宜时如遇暴雨,相应的流量增大,水位上升,流速紧接着加快,随着水位抬升,往往会刺激鱼类繁殖,推动鱼类产卵密度相应增加^[21]。调查结果表明淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌产卵高峰期大部发生在暴雨过后涨水期间。洪峰与产卵量吻合程度较好,这一监测结果说明有相应的涨水刺激条件能刺激翘嘴鲌产卵繁殖。

3.2 淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌产卵场空间分布特征

生境不同环境因子有不同程度的差异,而不同种类的仔稚鱼对不同的生境有选择性,从而导致仔稚鱼群落空间结构的特异性^[22,23]。常剑波^[24]对长江洪湖江段鱼苗的空间分布特征的调查显示,在水平分布上鱼苗总密度伴随采集点离岸距离的递增而呈指数递减的趋势。本文研究结果表明,产卵场主要聚集于1、2、7号水域沿岸区。而这些区域皆处于下风口,下风口能避开急流水,水流较缓。杂质,浊度高透明度低(隐蔽免受肉食性鱼攻击),水体透明度的高低直接影响水体中鱼类所需饵料数目的多寡,从而影响水体中鱼类的数量。1、2、7号水域皆与河道相连,水流交汇,饵料生物丰富,翘嘴鲌在个体小时摄食浮游生物,即轮虫、桡足幼体、小型枝角类和水生昆虫对其具有巨大的吸引力^[25]。随着湖泊水生植被的日益减少,产粘性卵的鱼类便逐步失去了赖以依存的最佳附着基质而资源日渐减少,便退而求其次寻求其他物体附着才能生存^[26],砾石,砂石则是其产卵附着理想选择之地。目前淀山湖全湖仅零星水草分布,7号水域沿岸为斜面,是浅滩,砾石较多,卵可附着。

3.3 淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌资源保护

一个丰产的世代能使种群数量剧增且延续,因此繁殖季节对产卵场和繁殖群体进行保护将有效增加其资源量。6~8月该湖翘嘴鲌成熟群体主要聚集于1、2、7号水域产卵,所以每年6~8月应将以上区域作为重点保护区,严禁捕捞,取缔炸、毒、电等严重破坏资源的违法行为,从而保证繁殖群体顺利产卵,使受精卵和仔稚鱼有较高水平。由于淀山湖另一经济特种河蚬经济价值高,营养丰富,畅销国内外市场,近年来淀山湖河蚬采集作业规模幅度大,严重破坏湖泊底质,大面积大规模的采集河蚬破坏了以翘嘴鲌为代表的鱼类栖息环境河床,以致水草根部破坏,水生植被枯竭殆尽,产弱粘性卵的翘嘴鲌缺乏最佳附着机制,繁殖需要的水文条件无法满足,使得天然产量越来越低。在此建议全面贯彻生态保护优先原则,切实保护好水生生物资源及其栖息环境。尽快在现有的自然产卵场开展生态修复工作,通过设置人工鱼巢、生态浮床、水草移植等方式,开展自然生境的保护和修复。

4 结论

淀山湖河蚬翘嘴红鲌国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌产卵初始时间为6月130,截止日期为8月17日。翘嘴鲌产卵峰值在7月中下旬及8月初,翘嘴鲌产卵水温均在25.9℃以上,其中产卵盛期水温在29.31℃~34.31℃。根据现场勘察翘嘴鲌产卵大部易发生在暴雨初晴的夜晚,水位上涨的过程中。产卵密度与水温、水位在统计学上差异最为显著。翘嘴鲌鱼卵和仔稚鱼数量及其分布格局存在明显月变化。研究表明1号(千灯浦桥)、2号(梅浜)、7号(南生浜)水域为产卵场。

参考文献:

[1] 陈明千, 脱友才, 李嘉, 等. 鱼类产卵场水力生境指标体系初步研究[J]. 海洋渔业, 2013, 44(11): 1303-1308.

CHEN M Q, TUO Y C, LI J, et al. Preliminary study on index system describing hydraulic characteristics of fish

spawning ground [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2013, 44(11) : 1303-1308.

[2]郁晞,高红梅,王霞,等.上海市淀山湖水质富营养化状况及常见水生生物体内微囊藻毒素水平U].环境与职业医学,2015,32(2):136-139.

YU X, GAO H M, WANG X, et al. Eutrophication of lake water and microcystins in common aquatic animals in Dianshan lake, Shanghai[J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2015, 32(2) : 136-139.

[3]王丽卿,张玮,范志锋,等.淀山湖生态示范区附着藻类季节动态变化研究[J].农业环境科学学报,2012(8):1596-1602.

WANG L Q, ZHANG W, FAN Z F, et al. Seasonal dynamics of periphyton community in the ecologic demonstration area of lake Dianshan [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2012(8) : 1596-1602.

[4]李强,田华,姜民,等.淀山湖浮游动物群落结构特征及其影响因子[J].水生态学杂志,2015,36(4):69-77.

LI Q, TIAN H, JIANG M, et al. Community structure of zooplankton and influencing factors in Dianshan lake of Shanghai [J]. Journal of Hydroecology, 2015, 36(4) : 69-77.

[5],陶洁.淀山湖小型鱼类群落结构及优势种的生物学研究[D].上海海洋大学,2012.

TAO J. Community structure of small-scale fishery resources and biological study of dominate species in Dianshan lake [D]. Shanghai Ocean University, 2012.

[6]曹文宣,常剑波,乔晔,等.长江鱼类早期资源[J]•中科院水生所知识产出:2009年前,2007.

[7]易伯鲁,余志堂,梁秩桑,等.长江干流草,青,鲢,鳙四大家鱼产卵场的分布,规模和自然条件[M]//易伯鲁,余志堂,梁秩桑,等.葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼.武汉:湖北科学技术出版社.1988,1-46.

[8]高雷.长江口南支鱼类早期资源多样性与时空格局研究[D].中国科学院大学,2014.

GAO L. Diversity and temporal and spatial patterns of larval fish assemblages in the south branch of Yangtze Estuary [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2014.

[9] HUMPHRIES P, KING A J, KOEHN J D. Fish, flows and flood plains: links between freshwater fishes and their environment in the Murray-Darling river System, Australia [J]. Environmental Biology of Fishes, 1999. 56(1) : 129-151.

[10] REICHARD M, JURAJDA P, ONDRACKOVAA M. Interannual variability in seasonal dynamics and species composition of drifting young-of-the-year fishes in two European lowland rivers [J]. Journal of Fish Biology, 2010. 60(1): 87-101.

[11] MALLIN-COOPER M, STUART I G. Age, growth and non-flood recruitment of two potamodromous fishes in a large semi-arid/temperate river system [J]. River Research and Applications, 2003, 19(7) : 697-719.

[12] 陈新军, 田思泉, 许柳雄. 西北太平洋海域柔鱼产卵场和 作业渔场的水温年间比较及其与资源丰度的关系[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(2): 168-175.

CHEN X J, TIAN S Q, XU L X. Analysis on changes of surface water temperature in the spawning and feeding ground of *Ommastrephes bartramii* and its relationship with abundance index in the northwestern Pacific Ocean [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2005, 14(2) : 168-175.

[13] 张迎秋, 线薇薇, 李文龙. 2004 和 2007 年春季长江口近海 鱼类群落特征及其与环境因子的关系[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2013, 43(9) : 67-74.

ZHANG Y Q, XIAN W W, LI W L. Fish assemblage structure in adjacent sea of Changjiang estuary in spring of 2004 and 2007 and its association with environmental factors [J]. Periodical of Ocean University of China, 2013, 43(9) : 67-74.

[14] 肖瑜璋, 王蓉, 欧强, 等. 春季珠江口水域鱼卵和仔 稚鱼的分布及其与环境因子的关系[J]. 台湾海峡, 2010, 29(4) : 488-495.

XIAO Y Z, WANG R, OU Q, et al. Relationship between abundance distribution of fish eggs, larvae and juveniles and environmental factors in the Pearl river estuary waters in spring [J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2010, 29(4): 488-495.

[15] 陈学群, 阮成旭, 袁重桂. 不同温度、饵料对金曼龙仔鱼 生长和存活的影响 [J]. 福建水产, 2008, 6 (2) : 9-12. CHEN X Q, RUAN C X, YUAN C G. Effects of different temperature and food on growth and survival rates of the larvae of *Trichogaster trichopterus* [J]. Journal of Fujian Fisheries, 2008, 6 (2): 9-12.

[16] 张甲坤, 苏奋振, 杜云艳. 东海区中上层鱼类资源与海表 温度关系[J]. 资源科学, 2004, 26 (5) : 147-152. ZHANG J S, SU F Z, DU Y Y. Relationship between pelagic fishery resources and sea surface temperature in east China sea [J]. Resources Science, 2004, 26 (5) : 147-152.

[17] 董方勇, 高少波, 胡传林, 等. 太平湖水库翘嘴红鲌的产 卵场及种群控制[J]. 水利渔业, 1997, 3(2): 7-23.

[18] 覃亮. 徐家河水库翘嘴鲌年龄与生长和繁殖生物学研究 [D]. 华中农业大学, 2009.

QIN L. Studies on the age, growth and reproductive biology of *Culter alburnus* in Xujiahe reservoir [D]. Huazhong Agricultural University, 2009.

[19] 刘彬彬, 吴志强, 胡茂林, 等. 赣江中游四大家鱼产卵场 现状初步调查[J]. 江西科学, 2009, 27 (5) : 662-666. LIU B B, WU Z Q, HU M L, et al. Spawning sites of four major Chinese carps in the middle reaches of Ganjiang river [J]. Jiangxi Science, 2009, 27 (5) : 662-666.

[20] 李修峰, 黄道明, 谢文星, 等. 汉江中游江段四大家鱼产卵场现状的初步研究[J]. 动物学杂志, 2006 , 41(2): 76-80.

LI X F, HUANG D M, XIE W X, et al. Spawning sites of four major Chinese carps in the middle reaches of Hanjiang river

[J]. Chinese Journal of Zoology, 2006, 41(2) : 76-80.

[21] 段辛斌, 陈大庆, 李志华, 等. 三峡水库蓄水后长江中游 产漂流性卵鱼类产卵场现状[J]. 中国水产科学, 2008, 15(4) : 523-532.

DUAN X B, CHEN D Q, LI Z H, et al. Current status of spawning grounds of fishes with pelagic eggs in the middle reaches of the Yangtze River after impoundment of the Three Gorges Reservoir [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(4) : 523-532.

[22] 姚幸颖, 孙翔, 朱晓东. 中国海岛生态系统保护与开发 综合权衡方法初探 U]. 海洋环境科学, 2012, 31(1): 114-119.

YAO X Y, SUN X, ZHU X D. Method for tradeoff between development and ecological conservation of Chinese island ecosystems [J]. Marine Environmental Science, 2012, 31 (1): 114-119.

[23] 魏娜, 王中生, 冷欣, 等. 海洋岛屿生物多样性保育研究进展[J]. 生态学杂志, 2008, 27(3) : 460-468.

WEI N, WANG Z S, LENG X, et al. Advances in conservation studies of marine island biodiversity [J]. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(3) : 460-468.

[24] 常剑波, 邓中寿, 张国华. 洪湖灌江纳苗的可行性及效益 评价见洪湖水生生物及其资源开发[M]. 陈宜瑜, 许蕴开 等著, 北京科学出版社, 1995, 220-231.

[25] 殷名称, 缪学祖. 太湖常见鱼类生态学特点和增殖措施探讨[J]. 湖泊科学, 1991, 3(1): 25-34.

YIN M C , MIAO X Z. Ecological characteristics of common fishes and propagation measures in Taihu Lake [J]. Lake Sci. 1991, 3(1) : 25-34.

[26] 陈炳宇. 长江上游保护区鱼类典型栖息地水环境特性研究[D]. 河北农业大学, 2015.

CHEN B Y. Study on typical fish habitat characteristics of water environment in the Yangtze river upstream area [D]. Agricultural University of Hebei , 2015.