

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.17095

从连续到偶发: 中华鲟在葛洲坝下发生小规模自然繁殖

吴金明, 王成友, 张书环, 张辉, 杜浩, 刘志刚, 危起伟

中国水产科学研究院 长江水产研究所, 农业部淡水生物多样性保护重点实验室, 湖北 武汉 430223

摘要: 中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)为国家一级重点保护野生动物, 典型的溯河洄游产卵鱼类。历史上, 中华鲟在长江上游及金沙江下游产卵, 由于葛洲坝修建阻隔了其洄游通道, 1981年以后在葛洲坝下形成了比较稳定的产卵场, 1982—2013年, 每年均有自然繁殖发生。由于其栖息生境退化, 每年洄游进入长江的中华鲟繁殖亲本逐年减少, 2013—2015年连续3年在已知葛洲坝下中华鲟产卵场未监测到中华鲟自然繁殖活动。2016年11—12月的野外监测发现, 中华鲟在宜昌葛洲坝下已知产卵场发生了自然繁殖。其中底层网具采集到中华鲟鱼卵(卵膜)67粒、仔鱼22尾; 解剖食卵鱼发现, 10尾食卵鱼类共摄食中华鲟卵454粒; 水下视频观测到5处中华鲟卵黏附底质位点。根据采集到的鱼卵发育期及采集位点推算, 产卵时间为2016年11月24日凌晨, 产卵场位于葛洲坝大江电厂以下约300m的江段内, 产卵日水温为19.7℃, 流量为6610 m³/s, 水位为39.7 m。

关键词: 中华鲟; 洄游; 自然繁殖; 葛洲坝; 产卵场

中图分类号: S932

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2017)03-0425-07

中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)是国家一级重点保护水生动物, 国际自然保护联盟(IUCN)极危级(CR)物种, 国际濒危动植物种贸易公约(CITES)附录II保护物种^[1]。中华鲟是典型的溯河产卵洄游性鱼类。亲体每年7—8月进入长江口, 溯江而上, 于次年10—11月到达自然产卵场进行产卵繁殖, 在葛洲坝截流前可达金沙江下游和长江上游江段产卵, 1981年葛洲坝截流阻断了中华鲟上溯洄游通道, 随后在葛洲坝至庙咀约4 km的江段形成了比较稳定的产卵场, 1982—2012年, 中华鲟每年均在此处产卵繁殖。受水电工程、误捕、航运、航道建设及水体污染等影响, 每年到达产卵场的中华鲟繁殖群体数量由葛洲坝截流初期的2000余尾降至近年的不足100尾^[2], 自然繁殖规模亦逐年减小。2013—2014年, 中国水产科学研究院长江水产研究所等科研单位在中华鲟自然繁殖窗口期内未发现中华鲟在宜昌葛洲坝下自

然产卵, 中华鲟在此产卵场的繁殖活动中断。2015年春季在长江口发现了2014年繁殖的幼鱼, 说明中华鲟的产卵场位置可能发生了变动; 2015年秋季, 中华人民共和国农业部组织相关单位在长江中游(宜昌至湖口约900 km江段)进行了自然繁殖监测, 未发现中华鲟产卵; 2016年继续在长江中游开展监测, 于11月24日发现中华鲟在葛洲坝下发生了小规模自然繁殖。本文报道了自然繁殖的监测结果。

1 材料与方法

1.1 水文环境调查

对中华鲟繁殖窗口期的水温、流量和水位进行持续的测量和记录。水温采用HOBO温度记录仪(UA-002-08)自动定时记录(间隔1 h), 流量和水位数据来源于中国水文信息网每日公布的宜昌站数据(<http://www.hydroinfo.gov.cn/>)。

收稿日期: 2017-01-22; 修订日期: 2017-03-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31602160); 公益性行业(农业)科研专项(201203086); 国家自然科学基金应急管理项目(51641909).

作者简介: 吴金明(1984-), 男, 博士, 研究方向为濒危鱼类保护. E-mail: jinming@yfi.ac.cn. 王成友(1984-), 共同第一作者, 男, 博士, 研究方向为濒危鱼类保护. E-mail: wangcy@yfi.ac.cn

通信作者: 危起伟, 研究员, 研究方向为鱼类生态与资源保护. E-mail: weiqw@yfi.ac.cn

1.2 水声学探测

水声学探测的主要目的是探明调查区域内中华鲟亲本的分布及数量。声学探测采用 BioSonics DT-X 科学回声探测仪, 探测方式分为定点探测和走航探测。11 月 25 日至 12 月 5 日在葛洲坝下 0~100 m 的静水范围内进行了定点探测, 11 月 4 日至 11 月 24 日及 12 月 5 日至 12 月 29 日, 进行了走航探测, 探测范围包括湖北宜昌中华鲟省级自然保护区及外围保护带(葛洲坝下至松滋口), 全长约 80 km, 按断面间距 300~500 m 从上游向下游沿河道进行“之”字形来回探测。探测仪设置与 Li 等^[3]一致, 中华鲟数据分析与提取方法参照 Zhang 等^[4]。

1.3 食卵鱼调查

食卵鱼解剖是监测中华鲟自然繁殖的传统方法^[5]。中华鲟产卵后, 会有大量的鱼类聚集在其播卵区, 摄食黏附在河流底质上的受精卵, 这些鱼类包括铜鱼(*Coreius heterodon*)、圆筒吻鮡(*Rhinogobio cylindricus*)、瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)、大鳍鱮(*Mystus macropterus*)等种类。本次调查在葛洲坝、古老背和宜都 3 个江段设置食卵鱼监测断面, 每个断面雇请渔船捕捞底层渔获物, 其中宜都断面雇请渔船 1 艘, 古老背断面 2 艘, 葛洲坝断面 5 艘, 调查时间为 2016 年 10 月 5 日至 12 月 31 日, 每日收取渔获物进行解剖, 观察胃肠内含物中是否出现中华鲟卵或仔鱼。

1.4 水下视频观测

采取船舶搭载水下高清摄像机的方式, 在中华鲟的播卵区内进行搜索, 记录底质影像, 对采集的影像进行辨认和分析, 记录卵粒黏附的位点信息。水

下视频观测所采用的设备及调查方法参考杜浩等^[6]。

1.5 江底采卵

采用河流底层网进行采集, 网具规格及放置方式参见文献^[7]。每日在葛洲坝下 300~500 m 区域放置网具 2~4 部, 每天除收网时间外, 进行底层样品的昼夜连续采集。将采集的底层生物样品现场分拣, 将采集到的幼鱼、仔鱼、鱼卵、底栖生物等分别固定, 同时记录采集时间和网具放置位点信息。

1.6 受精卵的遗传学检测

分别采用碱裂解法和试剂盒提取受精卵的基因组。碱裂解法参考文献^[8]。基因组提取试剂盒采用 QIAamp DNA Micro Kit (50)(Qiagen, 德国, 型号 56304)。线粒体 D-loop 和 COI 引物序列设计及 PCR 反应方法参考 Brown 等^[9]和 Hebert 等^[10]。由上海生工生物工程技术有限公司合成引物, 将 PCR 产物经电泳检测清晰明亮且无杂带的样品, 送至上海生工生物工程技术有限公司进一步测序。对测序结果采用 Blastn 在 NCBI(National Center for Biotechnology Information)数据库中进行比对分析。

2 结果与分析

2.1 繁殖期的水温和流量

调查期间, 水温呈现逐步降低的趋势(图 1), 从 11 月 1 日的 22 降低至 12 月 30 日的 16.5, 日降温 0.092, 产卵日水温为 19.7。调查期间, 流量在 11 月存在较大的波动, 11 月 1 日至 11 月 11 日, 下泄流量增加, 最大为 14700 m³/s, 随后逐步减少下泄流量至 6200 m³/s; 12 月, 流量波动范围不大, 基本维持在 6000~9000 m³/s(图 2), 产卵

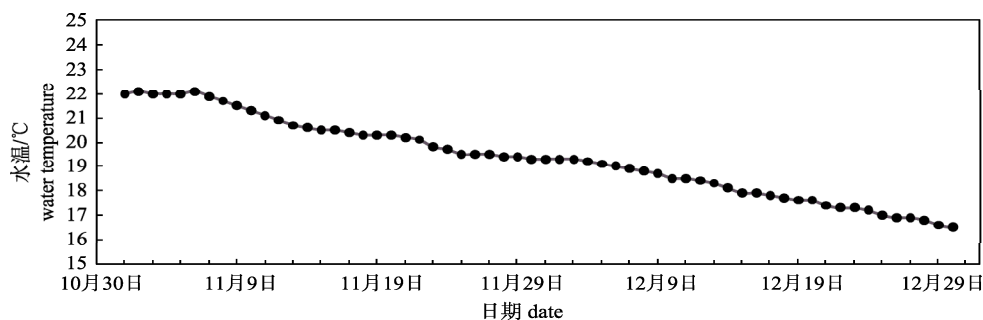


图 1 中华鲟繁殖窗口期的水温日变化

Fig. 1 Daily change of water temperature during the spawning window period of *Acipenser sinensis* Gray

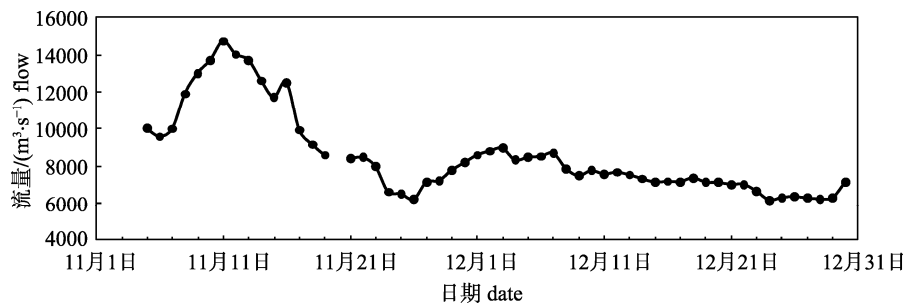


图 2 中华鲟繁殖窗口期的流量日变化

Fig. 2 Daily change of water flow during the spawning window period of *Acipenser sinensis* Gray

日流量为 6610 m³/s, 水位为 39.7 m。

2.2 水声学探测结果

11月25日至12月5日的定点探测结果显示, 大目标信号较多, 但由于坝体附近流态复杂加之2016年7月清江大量网箱养殖杂交鲟逃逸的影响, 在进行大目标信号筛选和鉴别中华鲟时出现困难, 数据采集图出现了类似“鱼群”集群效果(图3)。在进行数据分析时无法使用FTD(单目标追踪法)进行分析, 图3截取了较为典型且信号清晰的1个探测区域进行平均积分分析, 结果中可以确认大目标鱼类信号存在, 根据换算公式, 测算出的目

标鱼体全长为364.4 cm(表1)。走航式探测的结果显示, 宜昌中华鲟自然保护区内的大规格鱼类较少, 调查期间仅在胭脂坝中段获得大目标信号1个, 根据其信号值测算鱼体全长为286.5 cm(表1)。

2.3 鱼类食卵情况

在宜都、古老背、葛洲坝3个监测江段共收集渔获物1034.4 kg, 其中宜都江段63.4 kg, 古老背江段205.2 kg, 葛洲坝江段765.8 kg。仅在葛洲坝江段发现鱼类食卵情况(图4), 食卵鱼包含瓦氏黄颡鱼、粗唇鲃、大鳍鱮和铜鱼4种鱼类共10尾, 食卵总数454粒(含卵膜)。

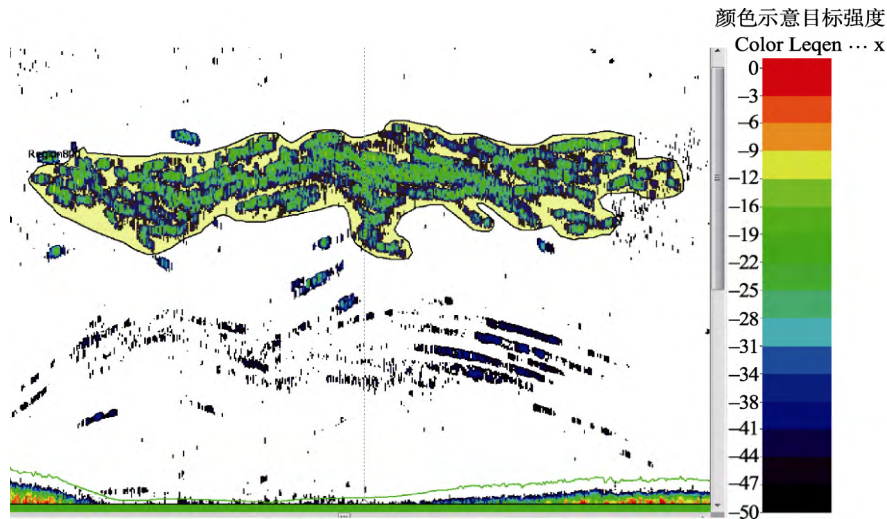


图 3 葛洲坝坝体附近鱼类探测数据采集图

Fig. 3 Fish target of acoustic survey near the Gezhouba Dam

表 1 水声学探测的鱼类大目标信号

Tab. 1 Big fish target signal of acoustic survey

日期 date	平均目标信号值 mean TS	最大目标信号值 max TS	全长/cm total length	位置 location
2016-11-25	-25.65	-15.14	364.4	葛洲坝坝体下游 50 m 50 m downstream of Gezhouba Dam
2016-11-06	-20.06	-17.14	286.5	胭脂坝中段 in the middle of the Yanzhiba reach



图 4 葛洲坝江段瓦氏黄颡鱼摄食中华鲟卵的情况
红圈中灰白色颗粒即为中华鲟卵。

Fig. 4 *Acipenser sinensis*'s eggs were taken by *Pelteobagrus vachelli* in the Gezhouba Dam
Gray round pellets in red circle are Chinese sturgeon eggs.

2.4 水下视频观测结果

水下视频观测共探测底质点位 329 个。中华鲟繁殖期间, 共发现卵黏附位点 5 个(表 2, 图 5)。

2.5 网具采集结果

调查期间共采集 155 网次, 持续总时间约 2400 h, 从 11 月 25 日开始采集到中华鲟卵至 12 月 1 日, 共采集到中华鲟卵(卵膜)67 粒, 中华鲟仔鱼 22 尾, 12 月 1 日以后未采集到中华鲟卵苗。

2.6 受精卵的检测结果

碱裂解法和试剂盒法均可实现鱼卵的基因组提取, PCR 扩增条带清晰(图 6), 采用中华鲟的 COI 和 D-loop 特异引物进行 PCR 扩增, 分别获得 700 bp 和 466 bp 的序列, 测序比对后发现与中华鲟基因组该区域序列(GenBank 登录号 KJ174513.1)的相似性为 100%, 从而确定该采集的鱼卵样品为中华鲟卵。

2.7 产卵区位置和繁殖时间推算

综合网具采集、水下视频观测以及食卵鱼捕捞等位置信息综合判断, 本年度中华鲟的产卵区位置处于葛洲坝大江电厂以下约 300 m 的江段内, 产卵场面积约 2.66 km², 根据采集到的受精卵发育期和水温推算其产卵时间为 11 月 24 日凌晨。

3 讨论

3.1 中华鲟的亲本数量与产卵规模

参与繁殖的亲本数量决定了中华鲟产卵规模的大小。Wei 等^[1]对葛洲坝产卵场中华鲟亲本数量的历史数据进行了统计。葛洲坝截流之后的 1983 年和 1984 年, 共有 2176 尾; 1996—2001 年, 年平均数量下降到 363 尾; 2004—2008 年, 年平均数量减少到 201 尾; 2009—2012 年, 年平均数量为 136 尾; 2013 年以后, 中华鲟亲本数量进一步下降到 100 尾以下。此外, 到达产卵场的中华鲟亲体, 并非全部能够达到性成熟并参与繁殖, 即使是性腺发育良好的个体, 当产卵条件在一定时限内不具备时, 亲鲟的性腺将退化、吸收。根据危起伟^[7]的估算结果, 1996—2003 年, 参加产卵的雌鲟年平均数为 87 尾, 实际参与繁殖的雌鱼数量占产卵场雌鱼总数的比例多年平均值仅为 41.9%。本次调查在水声学走航式探测期间(11 月 4 日至 11 月 24 日及 12 月 5 日至 12 月 29 日)仅发现 1 尾大目标鱼类, 说明本年度进入产卵场的中华鲟数量在持续下降。

为了减少网具设置对中华鲟自然繁殖产生干扰, 本次调查在产卵期仅放置了 3~4 部网具。由于中华鲟产沉黏性卵, 大量受精卵黏附于底质表面或缝隙内完成早期发育过程, 仅有少量鱼卵被

表 2 中华鲟卵粒黏附底质观测信息

Tab. 2 Number and location of Chinese sturgeon eggs adhering to the substrate

日期 date	卵粒黏附底质位点 location of Chinese sturgeon eggs adhering to the substrate		黏附卵粒数量 number of Chinese sturgeon eggs adhering to the substrate
	北纬 latitude	东经 longitude	
11 月 24 日	30°44'14.91"N	111°16'0.76"E	2
11 月 24 日	30°44'14.38"N	111°16'11.12"E	4
11 月 25 日	30°44'13.42"N	111°16'5.68"E	3
11 月 26 日	30°44'14.46"N	111°16'9.97"E	5
11 月 26 日	30°44'5.70"N	111°16'7.32"E	1



图 5 中华鲟卵粒黏附位置(红圈)

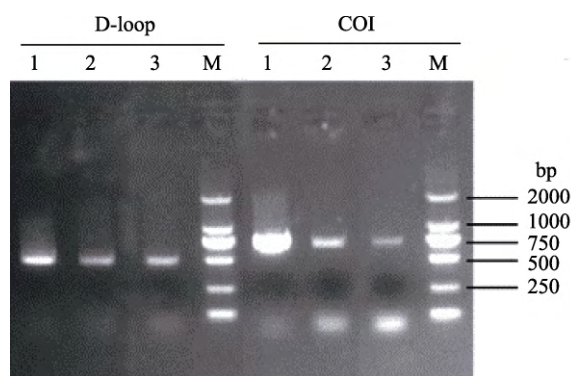
Fig. 5 Fertilized eggs of *Acipenser sinensis* adhering to the substrate (red circle)

图 6 2 种基因组提取方法的琼脂糖凝胶电泳

1: 试剂盒法; 2: 碱裂解法; 3: 阳性对照
(PCR 扩增模板为中华鲟基因组).

Fig. 6 Agarose gel electrophoresis of two genome extraction methods

1: QIAamp DNA Micro Kit; 2: alkaline lysis method; 3: positive control (genome of template of *Acipenser sinensis* in PCR).

水流冲起顺水漂流, 采样网具收集鱼卵存在较大的随机性, 采用鱼卵采集量估算本次中华鲟的产卵量存在较大的误差, 因此本次调查未对中华鲟的繁殖规模进行估算。但是根据亲鱼探测数量及产卵持续时间长短, 推测本次参与繁殖的中华鲟雌鱼应在 5 尾以下, 依照多年平均单尾产卵量, 本次中华鲟自然繁殖规模应在 200 万粒以下。

3.2 影响中华鲟自然繁殖的因素及保护对策

除了繁殖规模大量减少外^[11], 中华鲟的产卵频次也在逐步降低。三峡水库蓄水前(1983—2003 年), 年平均繁殖 1.7 批次, 三峡水库蓄水期间(2004—2012 年), 年平均繁殖次数下降为 1.1 批次, 2013 年中断产卵, 2014 年产卵场发生变化, 2015 年未有繁殖发生, 2016 年在葛洲坝下发生小规模自然产卵。产卵频次的年度变化表明中华鲟的自然繁

殖活动开始呈现偶发性, 这种“偶发繁殖”很可能会成为未来的一种常态。导致中华鲟从“连续繁殖”到“偶发繁殖”的因素有很多, 葛洲坝江段的水温在中华鲟繁殖期间偏高是主要因素之一^[12]。此外, 中华鲟亲本资源量减小、产卵场综合环境质量降低(河势调整工程、清水下泄过度冲刷河床底质、桥梁码头噪声及水体污染等影响)也是影响中华鲟自然繁殖的重要原因。目前, 这些胁迫因素并没有得到有效祛除, 中华鲟自然种群的保护形势非常严峻。

为了保护中华鲟, 2016 年中华人民共和国农业部发布了《中华鲟拯救行动计划》(2016—2030), 推出了包括优化人工增殖放流、加强栖息地管理、修复生境和关键栖息地等多项就地保护计划。增殖放流方面应提高增殖放流对中华鲟自然种群的补充效果, 包括增加放流数量、提高放流规格、提高放流个体的生存能力等。管理方面应减少涉水工程建设、航运、挖沙等对中华鲟栖息和洄游的影响, 特别需要加强长江湖北宜昌中华鲟自然保护区内产卵场的环境保护, 维持现有的产卵场底质和水文条件。此外, 研究改善或创造中华鲟自然繁殖的水文及产卵条件, 也是中华鲟就地保护的重要方向。

致谢: 湖北宜昌长江中华鲟自然保护区管理处为本次调查提供了协助, 中国科学院水生生物研究所段中华副研究员、中国科学院水利部水工程生态研究所李伟、焦文婧、曹俊等参与了食卵鱼解剖工作, 一并表示感谢。

参考文献:

- [1] Wei Q W, Chen X H, Yang D G, et al. Variations in spawning stock structure of *Acipenser sinensis* within 24 years since damming of Gezhouba Dam[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(4): 452–457. [危起伟, 陈细华, 杨德国, 等. 葛洲坝截流 24 年来中华鲟产卵群体结构的变化[J]. 中国水产科学, 2005, 12(4): 452–457.]
- [2] Wu J M, Wang C Y, Zhang H, et al. Drastic decline in spawning activity of Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* Gray 1835 in the remaining spawning ground of the Yangtze River since the construction of hydrodams[J]. J Appl Ichthy-

- ol, 2015, 31: 839–842.
- [3] Li J Y, Zhang H, Lin D Q, et al. Spatiotemporal distribution and assemblages of fishes below the lowermost dam in protected reach in the Yangtze River Main Stream: Implications for River Management[J]. *BioMed Res Int*, 2016, 2016: 4290793.
- [4] Zhang H, Wang C Y, Yang D G, et al. Spatial distribution and habitat choice of adult Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray, 1835) downstream of Gezhouba Dam, Yangtze River, China[J]. *J Appl Ichthyol*, 2014, 30: 1483–1491.
- [5] Yu G L, Liu J, Xu Y G, et al. Estimation abundance of benthonic fishes preying on eggs of Chinese sturgeon in reach below the Gezhouba Dam in the Yangtze River[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, 26(2): 591–599. [虞功亮, 刘军, 许蕴玕, 等. 葛洲坝下游江段中华鲟产卵场食卵鱼类资源量估算[J]. *水生生物学报*, 2002, 26(2): 591–599.]
- [6] Du H, Wei Q W, Zhang H, et al. Changes of bottom substrate characteristics in spawning ground of chinese sturgeon downstream the Gezhouba Dam from impounding of three gorge reservoir[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(9): 3124–3131. [杜浩, 危起伟, 张辉, 等. 三峡蓄水以来葛洲坝下中华鲟产卵场河床质特征变化[J]. *生态学报*, 2015, 35(9): 3124–3131.]
- [7] Wei Q W. Reproductive behavioral ecology of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray) with its stock assessment[D]. Wuhan: Graduate School of Chinese Academy of Science, 2003. [危起伟. 中华鲟繁殖行为生态学与资源评估[D]. 武汉: 中国科学院研究生院, 2003.]
- [8] Zhang D W, Wang J, Zhou C, et al. Zebrafish *akt2* is essential for survival, growth, bone development, and glucose homeostasis[J]. *Mechan Dev*, 2017: 42–52.
- [9] Brown J R, Beckenbach A T, Smith M J. Intraspecific DNA sequence variation of the mitochondrial control region of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*)[J]. *Mol Biol Evol*, 1993, 10(2): 326–341.
- [10] Hebert P D N, Cywinska A, Ball S L, et al. Biological identifications through DNA barcodes[J]. *Proc Roy Soc B*, 2003, 270(1512): 313–321.
- [11] Zhang H, Yang D G, Wei Q W, et al. Spatial distribution and spawning stock estimates for adult Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray, 1835) around the only remaining spawning ground during the trial operation of the newly constructed Three Gorges Project in the Yangtze River, China[J]. *J Appl Ichthyol*, 2013, 29: 1436–1440.
- [12] Zhang H, Wu J M, Wang C Y, et al. River temperature variations and potential effects on fish in a typical Yangtze River reach: implications for management[J]. *Appl Ecol Environ Res*, 2016, 14(4): 553–567.

From continuous to occasional: Small-scale natural reproduction of Chinese sturgeon occurred in the Gezhouba spawning ground, Yichang, China

WU Jinming, WANG Chengyou, ZHANG Shuhuan, ZHANG Hui, DU Hao, LIU Zhigang, WEI Qiwei

Key Laboratory of Freshwater Biodiversity Conservation, Ministry of Agriculture; Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China

Abstract: The critically endangered Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray), a large anadromous fish, is strictly protected in Chinese waters, where it is deemed to be a national treasure. Mature individuals enter the Yangtze River estuary from July to August, before entering their spawning ground the following year from October to November. Historically, sturgeon spawned in the upper reaches of the Yangtze and lower reaches of the Jinsha Rivers, but construction of Gezhouba Dam (the first dam in the Yangtze mainstream) blocked this migratory route. A relatively stable spawning ground has since developed below this dam. From 1982, the Yangtze River Fisheries Research Institute has conducted annual monitoring of natural breeding of sturgeon within the newly formed spawning ground. Between 1982 and 2013, sturgeon spawned annually, though both fecundity and frequency of reproduction declined. Whereas the number of mature fish arriving at the spawning ground annually exceeded 2 000 individuals in the early 1980 s (near the closure of Gezhouba Dam), it also dropped to fewer than

100 individuals in recent years. Prior to impoundment of the Three Gorges Reservoir (1984–2003), sturgeon spawned on average 1.8 times per year, though this decreased to 1.1 times during impoundment (2004–2012). Although controlled propagation and augmentation of sturgeon stocks has been performed from as early as 1983, both mark-recapture and molecular genetic identification reveal more than 90% of juvenile *A. sinensis* within the Yangtze estuary originated from natural reproduction. Thus, it is critical that natural reproduction of the fish may be maintained in the only known spawning ground.

Though there was an apparent interruption in sturgeon spawning between 2013 and 2015 at this only known spawning ground, we report a resumption of spawning in 2016, during which time 67 egg (or egg membrane) and 22 larval sturgeon were collected by bottom draft-net, and 454 eggs were found in the stomachs of 10 egg-preying fishes. Underwater camera observations also revealed five sites with fertilized sturgeon eggs adhering to the substratum. The spawning ground was 300 m downstream of the Dajiang power plant (Gezhouba Dam). Spawning likely occurred during the early morning of November 24; estimated fecundity was less than two million; water temperature at the time of spawning was 19.7 °C; and the flow and water level were 6610 m³/s and 39.7 m, respectively.

Recent monitoring indicates the Chinese sturgeon has changed from being a “continuous” to an “accidental” spawner, and that this is likely to continue. Increased water temperature was probably the main reason for the failed spawning between 2013 and 2015, as the Three Gorges Reservoir significantly altered water temperature within the middle reach of the Yangtze River, but other factors, such as navigation, waterway regulation, over-fishing and environmental pollution, have also reduced environmental quality at the spawning ground and may have contributed to spawning failures. Without effective environmental management, the natural population of Chinese sturgeon is at high risk of extinction.

In 2015 the Ministry of Agriculture issued the “Chinese Sturgeon Rescue Action Plan” to protect Chinese sturgeon, which introduced several *in-situ* conservation programs, such as artificial restocking, habitat management and restoration, and the prohibition of fishing. Artificial restocking of Chinese sturgeon would also be improved by increasing the number and size of released individuals, thereby increasing their survival. In the middle and lower reaches of the Yangtze River, port, waterway, shipping and other construction projects should be managed to avoid any negative impact on the habitat and migration of Chinese sturgeon. In particular, environmental protection of Hubei Yichang Chinese Sturgeon Natural Reserve needs strengthening to maintain the hydrological conditions of spawning grounds. Additionally, improvement and rebuilding of Chinese sturgeon spawning grounds would facilitate *in situ*-protection of Chinese sturgeon.

Key words: *Acipenser sinensis* Gray; migration; natural reproduction; Gezhouba Dam; spawning ground

Corresponding author: WEI Qiwei. E-mail: weiqw@yfi.ac.cn