

中华鲟子一代配子质量及其子二代生长特征分析

柴毅^{1,2}, 龚进玲², 杜浩¹, 李罗新¹, 杨文杰¹, 危起伟^{1*}

(1. 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;

2. 长江大学动物科学学院, 湖北 荆州 434025)

摘要: 通过测定卵的直径、卵粒质量、受精率和孵化率系列指标以及精子的激活率、快速运动时间和寿命系列指标对人工驯养子一代中华鲟配子进行质量评价, 并通过该批受精卵孵出的子二代系列生长指标进行其发育状况分析。结果显示, 子一代所产卵子形态饱满, 卵径平均3.71 mm, 小于自然繁殖群体。与历年在本基地养殖的自然繁殖群体统计资料相比, 其受精率(60.1%)和孵化率(36.8%)处在中等偏下的水平。2012年和2013年的精子活力监测结果发现, 子一代精子有效运动时间(漩涡运动+快速运动)均较野生群体高。表明子一代卵子质量较野生群体有所降低, 而精子活力则较野生群体高。与历年该基地集约化养殖系统培育出的子一代中华鲟相比, 子二代的生长表现出显著的阶段差异性, 其中仔鱼阶段生长较慢, 稚鱼和幼鱼阶段生长优势则较明显。研究表明, 促进人工驯养条件下的子一代后备亲鱼性腺发育完善, 以获得较高质量的配子和子二代, 对防止中华鲟种质退化至关重要。

关键词: 中华鲟; 配子; 子代; 生长; 保护动物

中图分类号: S 965.215

文献标志码: A

国家一级保护动物中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)属大型江海溯河产卵洄游鱼类, 由于长江涉水工程建设阻隔其洄游路线以及人为捕捞、航运和污染等因素, 导致其自然繁殖群体数量急剧减少, 且雌雄性比严重失调, 自然种群严重衰退^[1-3]。自1983年首次在葛洲坝下中华鲟人工繁殖成功至今^[4], 具有数量规模的子一代后备亲鱼梯队已形成, 中华鲟全人工繁殖也已取得成功, 且子二代也初具数量规模^[5-6]。随着对中华鲟研究的不断深入, 围绕其早期生活史、性腺发育、人工增殖及分子生物学等相关报道已有不少且较为深入^[7-12]。中华鲟体型大, 寿命长, 性成熟晚, 且具有海水中生长、淡水中繁殖的生活习性, 而现用于全人工繁殖的子一代为纯淡水养殖, 与野生群体相比没有江海洄游, 缺少海洋育肥阶段, 而不同性质生活水体对中华鲟可能产生的种质差异还未引起足够的重视。

本研究通过对纯淡水养殖条件下达到性成熟的子一代中华鲟配子及其孵化出的子二代苗种生长指标进行分析, 并与野生群体系统进行比较, 以期对现行淡水人工规模化繁育过程中的水环境因子调控等关键技术有积极指导作用, 且有助于建立稳健的人工养殖群体, 形成高质量的后备亲鱼梯队。在中华鲟全人工繁殖取得重大突破、子二代苗种初具一定数量规模的同时, 促进淡水条件下的子一代后备亲鱼性腺发育完善, 以获得较高质量的配子和子二代, 完善中华鲟全人工繁殖技术, 保护种质资源, 对中华鲟物种保护有重要促进作用。

1 材料与方法

1.1 人工蓄养中华鲟子一代亲本

中华鲟亲本为中国水产科学院长江水产研究所中华鲟繁育基地1997—2000年人工繁殖所获

收稿日期: 2013-11-19

修回日期: 2013-12-21

资助项目: 国家自然科学基金项目(31172413); 农业部淡水生物多样性保护重点实验室开放课题(LFBC0805)

通信作者: 危起伟, E-mail: weiqw@yfi.ac.cn

得的子一代个体。催产雌鱼在长江水产研究所三峡网箱基地和荆州凤凰山基地养殖,催产雄鱼在中华鲟繁育基地养殖后,最终在北京海洋馆养殖至成熟,运回荆州基地进行催产。实验鱼采用PIT(射频综合标志)和锚标标志识别,分别于2012年10月28—30日和2013年10月21—26日实施人工催产。

1.2 卵子获得

对雌鱼采用外科手术、腹腔穿刺方法获取性腺,计算核偏位移(polarisation index, PI)确定卵的成熟度^[13],并辅助以B超、内窥镜、血液生化及激素指标测量等方法进行性腺成熟度的判别^[14]。以LHRH-A₂为催产剂,采用2针注射法进行催产,效应期后采用腹部节律按摩法一次性获得卵子。

1.3 精液获得

通过B超对亲鱼性腺进行初步的成熟度辨识,继而用挖卵器以穿刺的方式获取精巢,通过显微镜镜检判断成熟度^[15]。注射LHRH-A₂催产剂12 h后分批采集精液,充氧后置于4℃冰箱中待用,每2小时换氧一次。

1.4 配子质量指标

鱼卵质量评价指标包括形态、颜色、卵径、受精率和孵化率;精子质量评价采用常规运动时长作为质量评价指标。激活后的精子运动状态分为漩涡运动(精子运动路线不清,呈“漩涡”剧烈运动状态;)、快速运动(运动速度较快,但能看清精子运动轨迹)和慢速运动(90%以上精子运动缓慢,但仍有位移),其中漩涡运动与快速运动统称为有效运动^[16]。

1.5 仔稚鱼的生长

人工授精所得子二代受精卵在长江水产研究所中华鲟繁育基地以集约化流水养殖系统孵化,选取同一时间段出膜的仔鱼用于实验,仔鱼出膜当天记为0日龄,每天固定时间取样,MS-222麻醉后用Image-Pro Plus 5.1软件拍照并进行测量和称量^[17]。

1.6 数据处理与计算公式

体质量特定生长率(specific growth rate of weight, SGR): $SGR(\%/d) = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T$

全长特定生长率(specific growth rate of length, SGRL): $SGRL(\%/d) = 100 \times (\ln L_2 -$

$\ln L_1) / T$

日增重(daily weight gain, DWG): $DWG = (W_2 - W_1) / T$

日增长(daily length gain, DLG): $DLG = (L_2 - L_1) / T$

式中, W_1 、 W_2 :每尾实验鱼初始体质量和最终体质量(kg); T :实验持续时间(d); L_1 、 L_2 :每尾实验鱼初始全长和最终全长(cm); SD :标准差;

所得数据采用SAS v9.13对数据进行方差分析及差异显著性检验。

2 结果

2.1 卵和受精卵的质量指标

分别于2012年10月28—30日和2013年10月21—26日实施人工催产获得精液和卵,卵粒形态饱满,深黑色,选择活力最好批次的精液进行人工授精。受精率统计结果显示,不同批次采集的卵子受精率不同,第一批采集的卵子受精率为80.4%,而有的批次采集卵子的受精率仅36.3%,平均为60.1%,受精后125 h左右大量出苗,孵化率约为36.8%(表1)。

表1 子一代中华鲟人工催产繁殖效果
Tab.1 Results of controlled reproduction of F₁-generation of *A. sinensis*

项目 item	平均值 mean	范围 range
产卵量/ind egg quantity	62 500	-
卵径/mm egg diameter	3.71	3.30 ~ 4.44
卵粒质量/g egg weight	0.035	0.039 ~ 0.034 1
受精率/% fertilized rate	60.1	36.3 ~ 80.4
极化值/mm polarization index	0.10	0.08 ~ 0.14
孵化率/% hatching rate	36.8	-

2.2 精子活力指标

纯水作为激活剂的结果发现,2013年第1批精子有效运动时间高达268 s,其余2批也在100 s以上(表2)。2012年2个批次精子的有效运动时间均在90 s以上。适宜浓度的Na⁺对精子的活力有明显的增强作用,2013年第1批精子有效运动时间高达328 s,2012年第2批精子有效运动时间为151 s。

2.3 子二代中华鲟的生长发育

子二代自孵化出膜起至9月龄(2012年11月—2013年7月)各项生长指标见表2。根据鱼

类发育分期标准^[16]将中华鲟按照日龄分期,0~15日龄为仔鱼阶段,15~150日龄为稚鱼阶段,150日龄以后为幼鱼阶段。

表 2 子一代中华鲟精子活力
Tab. 2 Sperm motility of controlled reproduction of F₁-generation of *A. sinensis*

运动状态		漩涡运动	快速运动	慢速运动
		(纯水/Na ⁺)	(纯水/Na ⁺)	(纯水/Na ⁺)
2013 年	第 1 批	101/134	167/194	220/284
	第 2 批	49/81	95/141	131/164
	第 3 批	47/67	96/122	140/197
2012 年	第 1 批	23/56	67/92	213/301
	第 2 批	25/49	70/102	194/256

仔鱼阶段全长和重量的日增长量和特定增长率呈现先降低后升高的趋势。其中 1—9 日龄为内源性营养阶段,仔鱼 5~9 d 的全长日增长量由 0.12 cm 降至 0.03 cm,对应的全长特定增长率也由 5.7% 降至 1.1%。随着 9 日龄后外源性营养的建立,11—15 日龄的全长日增长量和特定增长

率呈升高趋势。

稚鱼阶段的生长波动较大,全长日增长量最高点(0.35 cm)在 75 日龄,最低点(0.17 cm)在 135 日龄,全长特定生长率则逐渐下降。体质量日增长量最高点(7 748.5 mg)在 105 日龄,最低点(73.5 mg)在 30 日龄,体质量特定生长率变化较大,最高达 18.6% (45 日龄),最低仅 1.2% (90 日龄)。

幼鱼阶段的生长较为平稳,全长日增加量在 0.23~0.34 cm 之间,180 日龄全长特定生长率为 0.8%,而 210、240 和 270 日龄均为 0.4%。体质量日增长量变化范围为 9 614.50~10 949.6 mg,对应特定增长率变化幅度亦不大。

从 3 个发育阶段的生长变化来看,仔鱼阶段的平均全长日增长量和体质量增长量为 0.13 cm 和 16.1 mg,稚鱼阶段为 0.29 cm 和 4 404.6 mg,幼鱼阶段为 0.27 cm 和 10 140.0 mg。表明,稚鱼和幼鱼阶段的生长均较仔鱼阶段快,但随着发育,体质量的增长比全长更为明显,因此可以认为幼鱼阶段为快速生长期。

表 3 中华鲟子二代仔稚鱼的生长指标
Tab. 3 Growth characteristics of the F₂-generation of *A. sinensis*

日龄/d day old	平均全长/cm length	日增长/cm DLG	特定增长率/(%/d) SGRL	平均体质量/mg weight	日增重/mg DWG	特定增重率(%/d) SGR
3	1.91	-	-	62	-	-
5	2.14	0.12	5.7	69	3.5	4.8
7	2.33	0.10	4.2	75	3.0	4.2
9	2.38	0.03	1.1	79	2.0	2.6
11	2.66	0.14	5.6	92	6.5	7.7
13	2.95	0.15	5.2	108	8.0	8.0
15	3.23	0.14	4.5	141	16.5	13.4
30	6.53	0.22	4.7	1 244	73.5	14.5
45	10.13	0.24	2.9	20 170	1 261.7	18.6
60	14.42	0.29	2.4	55 440	2 351.3	6.7
75	19.68	0.35	2.1	70 381	996.1	1.6
90	24.20	0.30	1.4	84 193	920.8	1.2
105	28.50	0.29	1.1	111 908	7 748.5	1.9
120	33.82	0.35	1.1	228 136	7 681.9	4.8
135	37.35	0.17	0.7	336 960	7 254.9	2.6
150	41.05	0.31	0.6	512 503	7 021.7	2.8
180	52.22	0.34	0.8	800 939	9 614.5	1.5
210	58.22	0.23	0.4	1 105 418	10 149.3	1.1
240	65.07	0.23	0.4	1 400 813	9 846.5	0.8
270	72.98	0.26	0.4	1 729 301	10 949.6	0.7

3 讨论

3.1 中华鲟生长的影响因素

鱼类的生长受内在遗传因素和外在生活条件所影响^[18]。对于大多数春季繁殖的鱼类而言,稚鱼阶段生长较为迅速,幼鱼阶段为越冬期,生长较为缓慢。而中华鲟属秋季产卵型,越冬期处于稚鱼阶段,生长受水温限制,生长率不高。在实验中稚鱼阶段全长日增长量比幼鱼阶段稍高(0.29 cm > 0.27 cm),这与其养殖条件有关。本实验用子二代苗种在集约化流水系统中孵化、养殖,冬季采用锅炉加温和抽取地下水措施,水温保持在15~18℃,溶氧6~7 mg/L,因此可排除冬季较低水温对生长的制约。此外本实验中量取的是全长,而中华鲟属歪尾型鱼类,尾部长度占据全长比例较大,因此综合体重增长量加以比较,最终确定幼鱼阶段为快速生长期,进入幼鱼期的中华鲟每月可增重300 g左右,表现出了明显的生长优势。

3.2 子一代中华鲟卵子质量评价

传统评价鱼卵质量的方法包括卵的大小、计算受精率和孵化率^[16]。本次采获卵的平均直径3.71 mm(3.30~4.44 mm),与自然繁殖群体(平均4.42 mm,3.84~4.66 mm)相比明显较小^[6]。根据历年对中华鲟人工繁殖报道发现^[19],1998—2005年平均受精率和孵化率分别为63.7%和48.1%。其中1998、2000和2005年的受精率均在70%左右,孵化率均超过60%。中华鲟人工繁育技术经过多年探索已趋于成熟,且本基地的集约化流水养殖系统也提供了较完善的条件保障,而本实验中受精率和孵化率分别为60.1%和36.8%,与历年繁殖效果相比属于中等偏下水平。究其原因,除了技术水平受限之外,与中华鲟繁殖群体的质量也有密切关系。子一代在长达十多年的人工饲养管理中,水温、水质、养殖空间、饵料供应等任一条件的改变都可能会导致不同的养殖效果,也会直接影响其性腺质量发育乃至人工繁殖效果,而是否子一代种质退化有关还需增加世代研究对象加以对比研究。

3.3 子一代中华鲟精子质量评价

精子运动是评估精子质量最常用的参数。鱼类精子的适宜渗透压与所栖息、繁殖环境密切相关,不同生境的同种鱼类,其精子也会有较大差

异,倾向于适应各自的生存环境^[16]。有研究发现^[20-23],海水鱼的精子寿命一般明显高于淡水鱼类,其主要原因是海水环境中的渗透压较高,海水渗透压与海水鱼类渗透压的差值远远低于纯淡水与淡水鱼类的差值,海水鱼类精子在自身的运动时有更多的能量供给,这也是海水鱼类在较大的海洋环境中重要繁殖策略之一,能保证卵子有更多的受精机会,提高受精率。本研究来看子一代中华鲟精子在适宜浓度的Na⁺溶液中的有效运动时间最高达151 s(2012年)和328 s(2013年),而刘鉴毅等^[24]对野生中华鲟精子研究发现其在1‰浓度Na⁺中的剧烈运动时间最高,为98 s,表明子一代精子活力较野生个体高。其原因可能与栖息、繁殖环境有关,子一代中华鲟自出生至繁殖均生活在水质严格调控的人工养殖环境中,无外源性污染。而自然水域环境中的内分泌干扰物有机氯^[25]、三苯基锡(TPT)^[26]、三丁基锡(TBT)^[27]等对野生群体有较强的干扰、致畸及生殖毒性作用。

3.4 子二代中华鲟生长发育分析

与野生群体和子一代相比^[7,28],人工环境养殖条件下的子二代生长速度表现出明显的阶段差异性。在仔鱼阶段,野生苗种和子一代的生长率均高于子二代,而进入稚鱼阶段后子二代生长的优势则比较明显。探其可能原因如下:本研究发子一代精子质量低于野生群体,因此可能受较低活力精子的影响,孵化出的子二代仔鱼阶段的生长率较低。随着外源性营养的建立,适口的微颗粒饲料和完善的养殖水环境为子二代仔鱼期后的快速生长提供了较理想的外在条件保障,稚鱼期和幼鱼期均表现出较高的生长率,但人工养殖条件下是否会产生“高速低质”的生长结果还需要进一步深入研究。

3.5 中华鲟种质资源保护

鱼类种质资源是可持续发展的重要物质基础,资源过度利用、环境污染及近亲交配等因素将会造成鱼类种质退化^[18]。现行的中华鲟物种保护措施主要有控制捕捞、保护区建设、人工增殖放流、建立全人工繁殖群体等,自1984年开始鱼苗人工放流至今已取得全人工繁殖的成功,表明中华鲟物种保护已经取得了显著的成效。但从本研究发现依然面临诸多问题:已经建成的子一代后备亲鱼数量有限,会导致繁殖后代的遗传多样性降低;子一代群体为纯淡水养殖环境,缺乏江海洄

游生命历程,其产生的配子质量也会有所变化,对仔鱼阶段的生长也有所影响。综上所述,在中华鲟物种保护取得阶段性重大突破、子二代苗种初具数量规模的同时,也要关注人工繁殖各世代群体种质质量,保持其遗传多样性,加强种质资源保护。

3.6 本研究的局限性及展望

本研究主要根据 2012 年和 2013 年的中华鲟全人工繁殖工作数据整理得来,研究样本不多,尚存在偶然性影响因素,还需继续增加实验样本,积累多批次繁殖数据。

鱼类卵子质量评价依据包括形态结构、发生发育、生化组成、分子标识^[29],精子质量评价依据包括精子活力、形态结构、密度、受精率及系列生理功能^[30]。本研究还需继续增加多项配子评价指标,以期全面、系统地对于一代中华鲟配子质量进行综合评价。

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. *中国水产科学*, 2005, 12 (4): 452 - 457.]
- [2] Qiao Y, Tang X, Brosse S, *et al.* Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) in the Yangtze River: a hydroacoustic assessment of fish location and abundance on the last spawning ground [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22 (suppl. 1): 140 - 144.
- [3] Wang J H, Wei Q W, Zou Y C. Conservation strategies for the Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*; an overview on 30 years of practices and future needs [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2011, 27 (2): 176 - 180.
- [4] Fu C J, Liu X T, Lu D C, *et al.* Artificial propagation of *Acipenser sinensis* under Gezhouba Dam [J]. *Freshwater Fisheries*, 1985, 15 (1): 1 - 5. [傅朝君, 刘宪亭, 鲁大椿, 等. 葛洲坝下中华鲟的人工繁殖. *淡水渔业*, 1985, 15 (1): 1 - 5.]
- [5] Wei Q W, Li L X, Du H, *et al.* Research on technology for controlled propagation of cultured Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013 (1): 1 - 11. [危起伟, 李罗新, 杜浩, 等. 中华鲟全人工繁殖技术研究. *中国水产科学*, 2013, 20 (1): 1 - 11.]
- [6] Guo B F, Chang J B, Xiao H, *et al.* The reproductive biology of first filial generation of *Acipenser sinensis* growing up in the freshwater environment [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, 35 (6): 940 - 945. [郭柏福, 常剑波, 肖慧, 等. 中华鲟初次全人工繁殖的特性研究. *水生生物学报*, 2011, 35 (6): 940 - 945.]
- [7] Chai Y. Development of sense organs and the behaviour function during Chinese sturgeon (*Acipenser Sinensis*) ontogeny [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006. [柴毅. 中华鲟感觉器官的早期发育及其行为机能研究. 武汉: 华中农业大学, 2006.]
- [8] Chai Y, Xie C X, Wei Q W, *et al.* Development of retina and behavior during Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis gray*) early ontogeny [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31 (6): 168 - 170. [柴毅, 谢从新, 危起伟, 等. 中华鲟视网膜早期发育及趋光行为观察. *水生生物学报*, 2007, 31 (6): 168 - 170.]
- [9] Chai Y, Xie C X, Wei Q W, *et al.* The ontogeny of the retina of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22 (suppl. 1): 196 - 201.
- [10] Chai Y, Xie C X, Wei Q W, *et al.* Yolk-sac absorption and point of no return in Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* larvae [J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2011, 27 (2): 687 - 689.
- [11] Zheng Y P. Studies on physio-ecological characteristic of sperm of Chinese sturgeon, *Acipenser Sinensis gray* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007. [郑跃平. 中华鲟精子生理生态特性研究. 武汉: 华中农业大学, 2007.]
- [12] Li P. Studies on structure characteristics of spermatozoa of *Acipenser sinensis* and its sperm cryopreservation [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007. [厉萍. 中华鲟精子结构特征及其精液超低温冷冻保存技术研究. 武汉: 华中农业大学, 2007.]
- [13] Williot P, Brun R, Rouault T, *et al.* Artificial spawning in cultured sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus* L., with special emphasis on hermaphrodites [J]. *Aquaculture*, 2005, 246 (1 - 4): 263 - 273.
- [14] Wei Q W, Zhang X Y, Zhang X F, *et al.* Acclimating and maintaining Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*

- in a large public aquarium environment [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2011, 27(2): 533 - 540.
- [15] Chen X H. Studies on the development of embryo and gonad at early stages of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis* [D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2004. [陈细华. 中华鲟胚胎发育和性腺早期发育的研究. 广州: 中山大学, 2004.]
- [16] Ying M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4): 348 - 358. [殷名称. 鱼类早期生活史研究及其进展. 水产学报, 1991, 15(4): 348 - 358.]
- [17] Snyder D E. Pallid and shovelnose sturgeon larvae morphological description and identification [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2002, 18(4 - 6): 240 - 265.
- [18] Xie C X. Ichthyology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2010. [谢从新. 鱼类学. 北京: 农业出版社, 2010.]
- [19] Liu J Y, Wei Q W, Du H, et al. Studies on Promoted Key Technologies in Artificial Propagation of Chinese Sturgeon [J]. Journal of Economic Animal, 2006, 10(2): 96 - 100. [刘鉴毅, 危起伟, 杜浩, 等. 中华鲟人工繁殖关键技术的改进效果研究. 经济动物学报, 2006, 10(2): 96 - 100.]
- [20] Jiang S G, Ou Y J, Li J E. Effects of preservation under different temperatures on biological property of black porgy (*Sparus macrocephalus*) sperm [J]. Tropic Oceanology, 1999, 18(4): 81 - 85. [江世贵, 区又君, 李加儿. 不同温度保存对黑鲷精子生理特性的影响. 热带海洋, 1999, 18(4): 81 - 85.]
- [21] Jiang S G, Li J E, Ou Y J, et al. Comparative study on the adaptive salinity ranges for activating spermatozoa of four sparidae fishes from South China Sea [J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 1998, 18(4): 21 - 25. [江世贵, 李加儿, 区又君, 等. 南海区四种鲷鱼精子的适盐性比较. 湛江海洋大学学报, 1998, 18(4): 21 - 25.]
- [22] Li B, Tang Z P, Xie Y H. Discussion on big Salangid sperm motility observation and artificial insemination method [J]. Reservoir Fisheries, 1997, 5: 31 - 32, 51. [李勃, 唐作鹏, 解玉浩. 大银鱼精子活力观察与人工授精方法的探讨. 水利渔业, 1997, 5: 31 - 32, 51.]
- [23] Pan D B, Xie J, Wang G J. On the effect of environmental factors on the sperm mobility of Japanese eel *Anguilla japonica* [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2002, 29(5): 198 - 200. [潘德博, 谢骏, 王广军. 环境因子对日本鳗鲡精子活力影响的研究. 水产科技情报, 2002, 29(5): 198 - 200.]
- [24] Liu J Y, Gan F, Wei Q W, et al. Effects of different concentration of irons and monosaccharides on sperm motility of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2007, 31(6): 1 - 854. [刘鉴毅, 甘芳, 危起伟, 等. 几种不同浓度的离子及单糖对中华鲟精子活力的影响. 水生生物学报, 2007, 31(6): 850 - 854.]
- [25] Gundersen D T, Webb M A H, Fink A K, et al. Using blood plasma for monitoring organochlorine contaminants in juvenile white sturgeon, *Acipenser transmontanus*, from the lower Columbia River [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2008, 81(3): 225 - 229.
- [26] Hu J Y, Zhang Z B, Wei Q W, et al. Malformations of the endangered Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, and its causal agent [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America (PNAS), 2009, 106(23): 9339 - 9344.
- [27] Zhang J L, Sun P, Zhu W W, et al. Review of research on the reproductive toxicology of tributyltin [J]. Northern Environment, 2011, 8(23): 68 - 69, 168. [张纪亮, 孙平, 朱文文, 等. 三丁基锡生殖毒性的研究进展. 北方环境, 2011, 8(23): 68 - 69, 168.]
- [28] Chai Y, Xie C X. Development of Eyeball during Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) ontogeny [J]. Journal of Hydroecology, 2009, 2(6): 124 - 126. [柴毅, 谢从新. 中华鲟眼球的早期发育. 水生态学杂志, 2009, 2(6): 124 - 126.]
- [29] Jia Y D, Lei J L. Advances in teleost egg quality research [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(3): 545 - 555. [贾玉东, 雷霖. 硬骨鱼类卵子质量研究进展. 中国水产科学, 2012, 19(3): 545 - 555.]
- [30] Ji X S, Chen S L, Zhao Y, et al. Review of assessing sperm quality in fish [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(6): 1048 - 1054. [季相山, 陈松林, 赵燕, 等. 鱼类精子质量评价研究进展. 中国水产科学, 2007, 14(6): 1048 - 1054.]

Quality comparison of gamete of F₁-generation and analysis of growth characteristics of F₂-generation of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray)

CHAI Yi^{1,2}, GONG Jinling², DU Hao¹, LI Luoxin¹, YANG Wenjie¹, WEI Qiwei^{1*}

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

2. College of Animal Science, Yangtze University, Jingzhou 434025, China)

Abstract: The gamete quality of F₁-generation Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) was evaluated by a series of biological indexes of eggs (diameter, weight, fertilization rate and hatching rate) and sperm (the highest activation rate, life time and fast movement time). And the growth characteristics of F₂-generation (2012-11 – 2013-07) were analyzed by following up the development situation. Results showed that the eggs of F₁-generation were full shape and the average diameter was 3.71 mm, which was less than that of wild population. The fertilization rate (60.1%) and hatching rate (36.8%) were both at lower-middle level when compared with data over the years. Sperm motility in 2012 and 2013 showed that the effective moving time (circinate movement time + fast movement time) were longer than those of wild population. It indicated that eggs quality of F₁-generation was lower than that of wild population, and sperm quality was higher yet. In comparison with F₁-generation cultured by intensive farming system in the same aquaculture base over the years, F₂-generation showed obvious growth phase differences. That is, the growth rate was slower in larvae phase but faster obviously in juvenile and young fish phase. Consequently, it was effective to get high quality gamete and F₂-generation by improving the gonad development perfection of cultured F₁-generation in order to prevent the degradation of germplasm. And it was vitally important for Chinese sturgeon species conservation.

Key words: *Acipenser sinensis*; gamete; generation; growth; animal protection

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