

七带石斑鱼人工繁育技术研究进展

刘新富^{1,2}, 庄志猛¹, 孟振¹, 雷霖霖¹, 杨志³

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003; 3. 烟台天源水产有限公司, 山东 烟台 264000)

摘要: 七带石斑鱼 (*Epinephelus septemfasciatus*) 具有经济价值高、生长速度快和低温耐受性强等特点, 是东北亚温带海域理想的网箱养殖品种之一, 已成为中、日、韩三国海水鱼类繁育研究的热点。由于存在雄鱼性成熟年龄高、人工驯养条件下难以实现自然产卵和初孵仔鱼弱小等难题, 其稳定和高效的种苗规模化繁育技术尚未完全建立起来。本文综述了七带石斑鱼人工繁育技术研究现状, 重点总结日本近20年在亲鱼繁殖、仔稚鱼培育和苗种中间培育等方面取得的研究进展, 并就其发展前景进行分析, 旨为中国七带石斑鱼苗种规模化繁育技术研发提供参考。[中国水产科学, 2010, 17(5): 1128–1136]

关键词: 七带石斑鱼; 亲鱼繁殖; 仔稚鱼培育; 苗种中间培育

中图分类号: S961

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)05-1128-09

中国是石斑鱼养殖大国, 2008年产量达到45 213 t, 占世界石斑鱼养殖总产量(75 717 t)的一半以上^[1], 但与养殖规模极不相称的是苗种繁育技术相对落后, 迄今能够进行苗种规模化培育的只有点带石斑鱼 (*Epinephelus malabaricus*) 和斜带石斑鱼 (*E. coioides*) 等少数种类^[2-7], 可供养殖的石斑鱼人工苗种无论是品种还是数量都十分匮乏^[8-11]。此外, 即使可以批量生产苗种, 但大多数石斑鱼种类均为暖水性品种^[2, 12], 养殖水温要求达到15℃以上, 只适合在福建平海湾以南沿海开展网箱养殖^[8], 平海湾以北的广大沿海地区则少有低温耐受力强、经济价值高的海水鱼类养殖品种可供选择, 这些均成为限制海水鱼类养殖, 特别是深水网箱养殖发展的主要瓶颈^[13]。

七带石斑鱼 (*E. septemfasciatus* Thunberg, 1793) 是中国沿海30多种石斑鱼属鱼类中分布纬度最高的种类, 也是中国黄海沿岸有分布的唯一种类^[14], 不仅具有个体大(最大体长可以达到90 cm)^[15], 生

长速度快(养殖3周年可达到1.5 kg)^[16] 和经济价值高(日本市场活鱼售价波动在2 500~10 000日元/kg)^[17] 等特点, 而且低温耐受能力强(生存水温9~34℃, 摄食水温12~32℃)^[18], 有“冷水石斑”之称^[19], 被认为是东北亚温带海域网箱养殖的理想海水鱼类品种之一, 其人工繁育和养殖技术研究长期以来一直受到日本和韩国的关注^[18, 20-21], 并取得重要进展, 目前日本人工苗种的年产量可以达到10~30万尾的水平^[18, 22-24]。

最近几年, 随着深水网箱养殖的快速发展, 中国东海北部和黄渤海沿岸网箱适养鱼类品种缺乏的问题日益突出^[13], 七带石斑鱼因上述优点备受业界重视。鉴于国内七带石斑鱼的研究报道较少^[6, 19, 25-26], 本文对其人工繁育技术研究现状进行了概括, 重点总结日本近20年在亲鱼繁殖、仔稚鱼培育和苗种中间培育等方面取得的研究进展, 并对发展前景进行了展望, 旨为中国七带石斑鱼苗种规模化繁育技术研发提供参考。

收稿日期: 2010-03-30; 修订日期: 2010-05-21.

基金项目: 国家863计划项目(2006AA10A414); 农业部948项目(2008-Z8); 青岛市科技发展计划项目(08-2-3-6-hz).

作者简介: 刘新富(1968-), 副研究员, 博士研究生. E-mail: liuxf@ysfri.ac.cn

通讯作者: 庄志猛, 研究员. E-mail: zhuangzm@ysfri.ac.cn

1 亲鱼培育和催产

1.1 自然性成熟与人工诱导性转化

目前积累的七带石斑鱼繁殖生物学参数,主要来源于对年龄确切的人工亲鱼和年龄不明的驯养野生亲鱼的观测。与多数石斑鱼一样,七带石斑鱼也是雌雄同体、雌性先熟^[27];组织学研究显示,平均全长和体质量分别为46.9 cm和1 809 g的4龄鱼性腺尚未发育成熟^[28],雌鱼最小性成熟年龄为5~6龄^[29]。日本长崎县水产研究中心于1980-1983年连续在繁殖季节对驯养的50尾野生亲鱼(体质量2~6 kg)进行了观察,没有发现其中有分泌精液的雄鱼,据此推断雄鱼性成熟最小体质量应大于6 kg^[27]。日本三重县尾鹫栽培渔业中心网箱和陆基水槽养殖的63尾野生亲鱼(全长53.3~89.0 cm,体质量2.6~14.2 kg)中,繁殖季节性成熟的雌亲鱼为17尾(全长60.5~84.5 cm,体质量3.9~14.2 kg),雄亲鱼为18尾(全长68.5~89.0 cm,体质量6.4~13.8 kg),其余28尾难以鉴别雌雄,进一步证实人工驯养野生雌鱼体质量达到6 kg以上才开始性转换为雄性^[30]。

为解决因雄鱼成熟高龄化所导致的培育周期过长和雄鱼缺乏等问题^[18],塚岛等^[27]利用连续口服甲基睾酮(Methyltestosterone,以下简称MT,剂量为每kg鱼体质量1 mg)诱导低龄雌鱼(体质量2.1~3.3 kg)向雄性转换,6尾实验鱼中有4尾性转换为可以分泌精液的雄性,但是效果不持久,停止投喂MT后这些性转换雄鱼都会停止分泌精液。土桥等^[18,29]分别采用口服MT(用量每kg饵料10 mg)和腹腔埋植MT缓释制剂(用量每kg鱼体质量1 mg或4 mg)的方法,对4龄雌鱼(全长45.7~54.1 cm,体质量1.3~2.8 kg)进行雄性化诱导。结果表明,口服MT虽然当年可以诱导出现排精雄鱼,但雄性化不彻底,性转化雄鱼生殖腺内还残存着较多的卵母细胞,至下一个繁殖季节这些雄鱼又都性逆转为雌性;而腹腔埋植MT缓释制剂,两种试验剂量当年都可以诱导出排精雄鱼,但是至下一个繁殖季节,1 mg剂量MT诱导的雄鱼呈雌雄同体状态,4 mg剂量诱导的雄鱼仍然保持为雄性。

1.2 精子冷冻保存

激素诱导性转换的雄鱼虽然可以分泌精液,但是精液单次产量通常不足1 mL,不能满足人工授精的需要^[18]。另外,为了防止对石斑鱼养殖危害最为严重的病毒性神经坏死病病毒(Nervous necrosis virus, NNV)在亲体与子代间垂直传播,需要对采集的卵子和精子进行NNV检测。因此,要保障能够及时提供“量足质优”的七带石斑鱼精子,就必须利用精子冷冻技术。宫木等^[31]采用13%海藻糖作为保护剂对七带石斑鱼精子进行冷冻保存,结果健康精子冷冻保存2年后存活率和受精率分别达到50%和25%~98%。目前该项技术已经应用于生产实践^[31-32]。

1.3 繁殖季节

迄今从未观察到驯养野生或全人工养殖亲鱼在人工养殖条件下(网箱或者水槽)自然产卵,因此难以准确判定七带石斑鱼的产卵期和适宜产卵温度。对自然水温和光照周期条件下网箱培育的7~8龄雌鱼性腺的组织学研究表明,七带石斑鱼同一繁殖季节多次产卵,性腺成熟指数(GSI)1月份仍然很低(0.2 ± 0.1);3月份略有增加,并且卵巢中开始出现初级卵母细胞。此后,GSI随着水温的升高和性腺的发育持续上升,5月份水温达到20℃后显著升高至5左右,同时卵巢中开始出现IV期卵子,但不能自然排卵和产卵,采用激素催产可诱导排卵和进行人工授精,藉此大致确定七带石斑鱼的繁殖季节为5月中旬前后,产卵水温为20℃左右^[33]。

1.4 亲鱼培育和人工催产

日本通常采用海上网箱(5 m×5 m×5 m)^[33-34]或大型陆基水槽(100 kL~350 kL)^[17,24]在自然光温周期条件下培育亲鱼,每年5月中下旬水温上升至20℃左右时选取卵径达到420 μm以上的雌鱼进行激素催产和人工授精,雌鱼在背部肌肉按每kg体质量注射大麻哈鱼脑垂体(7 mg)+HCG(500 IU)^[35]和HCG(500 IU或600 IU)^[17,36-37],或者埋植LHRHa固体缓释制剂(25 μg或50 μg)^[37]都可以诱导雌鱼最终成熟和排卵。宫木等^[37]的比较研究表明,每kg鱼

体质量施用50 μg 的LHRHa的催产效果比500 IU的HCG要好。雄鱼则一般选择轻压腹部即有精液流出的个体使用,精液不足时背部肌肉注射HCG(500 IU)即可增加精液的分泌量^[38]。雌鱼一次性施用催产激素后排卵的效应时间为40~48 h^[18,39]。

1.5 受精卵孵化和NNV病毒检测

七带石斑鱼受精卵为浮性卵,圆形,围卵腔狭小,卵径 $(0.82 \pm 0.017) \text{ mm}$;单油球,直径 $(0.18 \pm 0.005) \text{ mm}$;在21.2~23.2 $^{\circ}\text{C}$ 的水温条件下,受精卵的孵化时间为30~35 h^[35]。孵化方式多采用小水体内悬挂网箱流水孵化,孵化网箱内水体的日换水率为10~15倍。受精卵孵化24 h后被收集起来,采用臭氧消毒处理(0.3~0.5 mg/L ,60 s)后移入苗种培育池中继续孵化和进行仔稚鱼培育^[32,39]。

为防止NNV在亲本与子代间的垂直传播,通常采用反转录PCR(RT-PCR)和巢式PCR(nested-PCR)技术对人工采集的卵子和精液进行检测,剔除检验结果呈阳性的卵子和精子^[18,39-40]。

2 仔稚鱼培育

2.1 研究概况和苗种培育水平

日本多家单位从20世纪80年代初期就相继开始进行七带石斑鱼繁育技术研究,但进展缓慢,1987年首次培育出600尾人工苗种后(长崎县水产试验场),至1999年产量才第一次超过1万尾(三重县综合水产试验场),2001年显著提高,突破10万尾(三重县科学技术振兴中心,即原三重县综合水产试验场),此后受病毒性神经坏死病(VNN)影响,苗种培育单位虽然增加至长崎、大分、爱媛和三重等县的多家水产试验场和民间育苗场^[17-18],日本全国苗种年产量也超过10万尾,但是大部分单位的苗种培育至今也不稳定。例如,2006年三重县科学技术振兴中心培育出七带石斑鱼人工苗种20万尾(全长24 mm左右),是迄今单个机构年生产数量最多的1次,即使数量有限,这些苗种还是该单位分春、夏两季共计培育7批仔鱼的总合,苗种培育平均成活率只有5.47%(0.1%~16.2%),其中只有1批成活率超过10%^[23]。

2.2 仔稚鱼培育管理

日本各单位培育七带石斑鱼苗种的技术工艺基本相似,以单次苗种培育成活率较高的长崎县水产试验场2003年的培育过程为例进行说明(初孵仔鱼至73日龄、全长56.7 mm稚鱼,成活率为22.4%):培育水槽为体积50 KL的圆形水泥池,培育水温24~25 $^{\circ}\text{C}$;培育用水经过臭氧消毒,日换水量自孵化后至3日龄为10%,4~8日龄为20%,12~20日龄为35%,30日龄为50%,以后随着仔稚鱼的生长日换水量逐渐增加,至73日龄苗种培育结束时达到65%;浓缩淡水小球藻(*Chlorella* sp.)的添加时段为0~60日龄;培育初期(3~13日龄)微充气,水面添加食用油(0~13日龄)防止仔鱼漂浮水面死亡;为防止水质和底质恶化,定期添加底质改良剂;饵料系列为:小型轮虫(头胸甲长度90~150 μm)10个/mL(1~7日龄),L型轮虫5~10个/mL(9~45日龄),卤虫无节幼体(>23日龄)和配合饲料(>28日龄)^[32]。此外,大分县从43日龄还开始增加投喂冷冻桡足类^[39]。

2.3 仔稚鱼特征和生长

初孵仔鱼全长1.85 mm,有28对肌节,体表、卵黄囊和边鳍表面有无色颗粒。孵化后3日龄仔鱼全长2.6 mm,卵黄囊和油球基本吸收完毕,消化道开通并开始摄食。孵化后30日龄、全长7 mm以前,仔鱼生长速度较慢,投喂卤虫无节幼体或采集的野生浮游动物后生长速度加快,60日龄全长即可超过30 mm^[35]。孵化后40~60日龄稚鱼开始出现个体间的残食行为^[35,41]。

不同发育阶段的仔鱼所摄食的轮虫规格不同,仔鱼开口时口裂较小,需要投喂小型轮虫作为开口饵料;标准体长2.0~3.0 mm和3.0~4.0 mm的仔鱼,对头胸甲长度分别为101~160 μm 和121~180 μm 的轮虫摄食选择性最强;标准体长4.0 mm以上的仔鱼,则对头胸甲长度大于160 μm 的轮虫摄食选择性最强^[42]。

对早期仔鱼活力的研究表明,相同培育条件下不同批次仔鱼的早期(从初孵仔鱼至开口)成活率和生存力指数(SAI)差异较大,分别为7.2%~94.6%

和2.3~39.4,并且两者显著相关,SAI指数不足10的仔鱼早期成活率也低于10%^[18];

2.4 提高仔稚鱼培育成活率的措施

鉴于七带石斑鱼苗种培育成活率很少超过10%,为提高成活率,日本对苗种培育的各个环节都进行了研究。利用PCR检测手段剔除携带NNV病毒的亲鱼和受精卵,以及对受精卵和培育用水进行臭氧消毒,防止苗种培育期间病毒性神经坏死病(VNN)的发生^[18];早期培育期间向培育池水面添加适量食用油,可以在不影响开鳔率的情况下提高孵化后10日龄仔鱼的成活率,但是至60日龄时添加食用油组和对照组的成活率差别不明显,表明需要对添加食用油的效果做进一步研究^[18];24 h连续光照可以显著提高孵化后10日龄仔鱼的生长速度和成活率^[43];容积相同的水槽,深度较大的水槽苗种培育成活率较高^[44];改善和优化苗种培育池中的充气方式和水流方向,可以显著提高孵化后10日龄仔鱼的成活率^[45]。

3 苗种中间培育

有关七带石斑鱼苗种中间培育的报道很少,大分县水产试验场2003年分别利用该场生产的稚鱼(3 705尾,全长为49.3~84.4 mm)和从日本栽培渔业协会引进的稚鱼(18 000尾,平均全长40 mm)进行苗种中间培育试验。大分县试验场生产的苗种分为大、中、小3批,全部置于陆基水槽进行中间培育,引进苗种则分放于陆基水槽(5 800尾)和海上网箱(12 200尾)进行中间培育。其中,大分县水产试验场自产稚鱼,育苗过程中针对NNV的PCR检测(包括亲鱼和仔稚鱼)结果全部呈阴性,中间培育过程中,分别养殖于2个陆基水槽中的3批稚鱼都相继发生VNN,至为期4个月的培育试验结束时,成活率和全长分别为53.4%和132.2~162.5 mm。陆基水槽培育的4池引进稚鱼,其中两池在培育期间因发生VNN死亡严重而放弃,其余两池虽然没有确认发生VNN,但是成活率也较低,至实验结束时成活率和全长分别为27.6%和153.8~162.0 mm;海上网箱培育的引进稚鱼,试验开始约1个月后暴发VNN,此

后每日死亡数十尾至几百尾,2周以后因死亡严重而全部放弃^[46]。考虑到在陆基水槽中培育的2种来源的稚鱼因分置于不同的车间而交叉感染的可能性较低,以及海上网箱和陆基水槽培育的稚鱼均有VNN发生等因素,可以推断养殖场周围水域受到NNV污染的可能性比较高。另外,陆基水槽和海上网箱培育的同一批稚鱼发病情况和成活率差别较大,说明培育条件对七带石斑鱼稚鱼中间培育效果影响比较大。

4 存在问题及展望

4.1 亲鱼培育和催产

人工驯养条件下不能自然产卵是七带石斑鱼人工繁殖的一个难点。石斑鱼属于分批成熟和多次产卵的鱼类,大型石斑鱼的人工催产和授精不仅存在操作困难、易引起较强的胁迫反应、受精率和孵化率低等问题^[47],而且雌鱼通过一次性注射激素催产和人工挤卵受精后,没有挤出的卵和后续成熟的卵因不能顺利自行排出体外而滞留在卵巢腔内,形成吸收不净的硬质残留物,轻则堵塞输卵管,导致多年培育的亲鱼不能连续供卵,重则引起雌鱼死亡^[39,48]。另外,激素催产和人工授精对多次产卵的鱼类效果较差,采用该项技术,七带石斑鱼每尾雌亲鱼所获总卵量一般为100万粒左右^[23],仅为体质量相似、自然产卵的点带石斑鱼(*E. malabaricus*)每尾雌鱼平均繁殖力的一半^[4,49]。目前,至少有23种鲷科鱼类可以在人工养殖条件下自然产卵^[50],因此,需要借鉴诱导这些相似品种在人工养殖条件下自然产卵的经验,深入研究亲鱼培育设施的类型(土池、网箱和室内水槽)^[4,50-51]、产卵水槽的体积和深度^[52]以及环境条件(水温和光照周期)^[50]等多方面因素对七带石斑鱼亲鱼产卵行为的影响,尽快突破七带石斑鱼人工养殖条件下难以自然产卵的技术难题。

4.2 仔稚鱼培育

导致七带石斑鱼仔稚鱼培育成活率低和不稳定的主要制约性因素有:(1)初孵仔鱼弱小;(2)缺乏适宜的开口饵料;(3)培育环境不适合;(4)仔稚

鱼培育期间容易发生病毒性神经性坏死病。经过20多年的研究积累,目前日本在理论上对这些难题都有了初步的解决方案,但是要在实践应用中将上述各项技术措施整合优化和严格实施,无论是对技术员的综合素质,还是对设施设备整体水平的要求都比较高。目前,在进行七带石斑鱼苗种培育的多家日本研究单位中,尽管每家的技术人员素质都比较高,设施设备水平也比较先进,但是其中只有上浦栽培渔业中心拥有新建单独隔离的苗种培育水槽,对设施设备的消毒措施也达到食品加工厂的标准,因而苗种培育比较稳定,2003和2004连续2年成活率都超过15%(初孵仔鱼至58~60日龄、平均全长31.7~36.4 mm的稚鱼)^[17,53]。中国海水鱼类繁育技术和设施水平都相对落后,如何做到“因地制宜、因陋就简”,广泛吸纳和借鉴其他种类石斑鱼的仔稚鱼培育经验^[47,54-56],建立一套简便实用、稳定的七带石斑鱼苗种培育技术颇具挑战性。

4.3 苗种中间培育

病毒性神经坏死病不仅仅是危害石斑鱼属鱼类养殖成鱼的最严重的疾病^[57-59],而且还是引起石斑鱼属鱼类在苗种中间培育阶段大量死亡的主要原因之一^[5,18,47,51,60-61]。病毒性神经坏死病病毒(NNV)不仅可以在亲本和子代间纵向传播,而且还可以在共处于同一个生活环境的个体间水平传播^[58],尤其不利的是,与开放系统中养殖鱼类共用一片水域的许多野生鱼类本身就是NNV的携带者^[62],因此,除了切断亲本和子代的垂直传播途径外,研制针对性强的高效疫苗^[63]和采用环境稳定、疾病防控较容易的封闭循环水养殖系统^[47]是解决这一难题的有效途径。另外,个体间的残食是引起石斑鱼中间培育阶段苗种死亡的另一个主要原因^[64-65]。对斜带石斑鱼稚、幼鱼残食行为的研究表明,引起残食的原因不仅有个体间规格差异^[65-66]、养殖光照强度和水槽颜色^[67]等因素,而且还与特定规格个体的行为有关^[64],非常复杂。观察表明,从孵化后52日龄[标准体长(16.6±0.6)mm]开始,七带石斑鱼稚鱼在由浮游生活向底栖生活过渡的同时就开始相互残食,

但是,目前对稚、幼鱼残食的原因和危害程度还缺乏深入了解^[41]。因此,需要进一步开展七带石斑鱼稚、幼鱼残食行为的产生的机制和预防措施的研究,以减少中间培育期间因残食引起的死亡。

参考文献:

- [1] FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series [DB/CD]. Version. 2.3 2000. FAO Aquaculture Production (Quantities and values) 1950-2008 (Release date: March 2010).
- [2] 雷从改,尹绍武,陈国华. 石斑鱼繁殖生物学和人工繁殖技术研究现状[J]. 海南大学学报:自然科学版,2005,23(3): 288-292.
- [3] 邢晨光,金珊,袁思平. 石斑鱼性逆转研究现状[J]. 水产科学,2006,25(4): 214-216.
- [4] 邹记兴,常林,向文洲,等. 点带石斑鱼的亲鱼培育、产卵受精和胚胎发育[J]. 水生生物学报,2003,27(4): 378-384.
- [5] 何永亮,区又君,李加儿,等. 石斑鱼人工繁育技术研究进展[J]. 南方水产,2008(3): 75-79.
- [6] 谢菁,区又君,李加儿,等. 七带石斑鱼胚体和卵黄囊期仔鱼的发育[J]. 海洋通报,2009,28(2): 41-49.
- [7] 方琼珊,郑乐云,林琪,等. 斜带石斑鱼亲鱼周年产卵的观察及仔鱼活力判别[J]. 中国水产科学,2009,16(4): 357-363.
- [8] Sadovy Y. Regional survey for fry/fingerling supply and current practices for grouper mariculture: evaluating current status and long-term prospects for grouper mariculture in South East Asia. Final report to the Collaboration APEC grouper research and development network (FWG01/99). [R]. Hong Kong: University of Hong Kong,2000: 1-77.
- [9] Zhang H. Status of grouper culture, fry production and grouper disease in Guangdong, China PR [C]// Report and proceeding of APEC FWG Project 02/2000 "Development of a Regional Research Programme on Grouper Virus Transmission and Vaccine Development". Bangkok: Asia Pacific Economic Cooperation (APEC), Aquat Animal

- Health Research Institute (AAHRI), Fish Health Section of the Asian Fisheries Society (FHS/AFS) and the Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA), 2001: 55-57.
- [10] Ottolenghi F, Silvestri C, Giordano P, et al. Capture-based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails [R]. Rome: FAO, 2004: 1-308.
- [11] 邹记兴. 石斑鱼在我国科技兴海中的战略地位[J]. 中国水产, 2001(1): 76-78.
- [12] 王涵生. 石斑鱼 *Epinephelus* 人工繁殖研究的现状与存在问题[J]. 大连水产学院学报, 1997, 12(3): 44-51.
- [13] 黄滨, 关长涛, 林德芳, 等. 我国深海抗风浪网箱发展中存在的问题[J]. 渔业现代化, 2004(4): 34-35.
- [14] 成庆泰, 杨文华. 中国脂科鱼类地理分布的初步研究 [C]. 鱼类学论文集, 第一辑. 北京: 科学出版社, 1981: 1-8.
- [15] Heemstra P C, Randall J E. FAO species catalogue. Groupers of the world (Serranidae, Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date [M]. FAO Fisheries Synopsis. No. 125, Vol. 16. Rome: FAO, 1993: 382.
- [16] 平澤敬一. 人工種苗を用いたマハタ養殖の普及をめざして [R]. AQUA NEWS. 大分県農林水産研究センター水産試験場, 2007, 24: 5.
- [17] 照屋和久. マハタの親魚養成におけるNNV抑制技術と健苗生産技術開発 [R]. 栽培漁業センター技報. 東京: 水産総合研究センター, 2004, 1: 67-70.
- [18] 土橋靖史. マハタの種苗生産技術開発に関する研究 [R]. 三重県科セ水研報. 志摩: 三重県水産研究所, 2005, 12: 23-51.
- [19] 王新安, 马爱军, 陈超, 等. 七带石斑鱼 (*Epinephelus septemfasciatus*) 两个野生群体形态差异分析 [J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(6): 655-660.
- [20] Song Y, Baek H, Kim H, et al. Induction of maturation and ovulation with HCG treatment in the sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus* [J]. J Aquac, 2008, 21(2): 96-101.
- [21] Fukuhara O. A review of the culture of grouper in Japan. [J]. Bull Nansei Reg Fish Res Lab, 1989(22): 47-57.
- [22] 平澤敬一. 明日を拓く漁業創出のための技術開発事業 1. マハタ [R]. 平成18年度大分県農林水産研究センター水産試験場事業報告, 2006: 5-7.
- [23] 辻将治, 栗山功, 西川久代, 等. 「三重のマハタ」高品質・早期安定種苗生産技術開発事業 [R]. 平成18年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告. 三重県水産研究所, 2007.
- [24] 土内隼人, 築山陽介. 1. 第2期魚介類種苗量産技術開発研究事業 (魚類) III. マハタの種苗量産試験 [R]. 平成18年度長崎県総合水産試験場事業報告, 2007: 72-73.
- [25] 钟声平, 陈超, 王军, 等. 七带石斑鱼染色体核型研究 [J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 150-155.
- [26] 程波, 陈超, 王印庚, 等. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价 [J]. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 51-57.
- [27] 塚島康生, 北島力. メチルステロイド経口投与によるマハタの雄性化の促進 [R]. 長崎県水産試験場研究報告, 1983, 9: 55-57.
- [28] 辻将治, 栗山功, 羽生和宏, 等. 「三重のマハタ」高品質・早期安定種苗生産技術開発事業—II 性転換, 成熟促進技術開発 [R]. 平成17年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告, 2006: 123-124.
- [29] 土橋靖史, 田中秀樹, 黒宮香美, 等. マハタ雄性化のためのホルモン投与法の検討 [J]. 水産増殖, 2003, 51(2): 189-196.
- [30] 土橋靖史, 栗山功, 岡田一宏, 等. クエ・マハタ種苗量産技術確立事業—I (種苗生産技術開発) [R]. 平成14年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告, 2003: 108-109.
- [31] 宮木廉夫, 山田敏之, 長野直樹, 等. 凍結保存精子を用いたマハタ人工授精 [R]. 長崎県水産試験場研究報告 第32号, 2006: 17-21.
- [32] 宮木廉夫, 山田敏之, 岡部耕治, 等. 2. 新魚種種苗生産技術開発研究事業 I. マハタ種苗生産試験 [R]. 平成15年度長崎県総合水産試験場事業報告, 2004: 66-68.
- [33] Shein N L, Chuda H, Arakawa T, et al. Ovarian

- development and final oocyte maturation in cultured sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus* [J]. Fish Sci, 2004, 70: 360–365
- [34] 渡邊新吾, 三浦慎一, 尾上静正, 等. マハタ養殖実用化技術開発事業[R]. 平成14年度大分県海水研事業報告, 2002: 91–93.
- [35] 北島力, 高屋雅生, 塚島康生, 等. マハタの卵内発生および飼育による仔稚魚の形態変化[J]. 魚類学雑誌, 1991, 38(1): 47–55.
- [36] 土橋靖史, 丹羽誠, 黒宮香美. 新魚種量産技術開発事業(種苗生産技術開発)[R]. 平成10年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告, 1999: 146–153.
- [37] 宮木廉夫, 山田敏之, 中田久, 等. 2. 親魚成熟誘導技術開発研究 I. マハタの採卵試験[R]. 平成11年度長崎県総合水産試験場事業報告, 2001: 65–66.
- [38] 竹本悟郎, 山田敏之, 中田久, 等. 8. 親魚成熟誘導技術開発研究 I. マハタの採卵試験[R]. 平成11年度長崎県総合水産試験場事業報告, 2000: 92–93.
- [39] 内海訓弘. 栽培漁業推進技術開発事業 1. マハタ[R]. 平成16年度大分県海洋水産研究センター事業報告, 2005: 63–65.
- [40] 土橋靖史, 栗山功, 黒宮香美, 等. マハタ種苗生産におけるウイルス性神経壊死症(VNN)の防除対策の検討[J]. 水産増殖, 2003, 51(3): 355–361.
- [41] Sabate F S, Sakakura Y, Shiozaki M, et al. Onset and development of aggressive behavior in the early life stages of the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* [J]. Aquaculture, 2009, 290: 97–103
- [42] 田中由香里, 阪倉良孝, 中田久, 等. マハタ仔魚のワムシサイズに対する摂餌選択性[J]. 日本水産学会誌, 2005, 71(6): 911–916.
- [43] 照屋和久, 與世田兼三, 岡雅一, 等. 光周期がマハタ仔魚の生残, 成長および摂餌に及ぼす影響[J]. 日本水産学会誌, 2008, 74(4): 645–652.
- [44] Ruttanapornvareesakul Y, Sakakura Y, Atsushi H. Effect of tank proportions on survival of seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg) and devil stinger *Inimicus japonicus* (Cuvier) larvae [J]. Aquac Res, 2007, 38: 193–200.
- [45] Sakakura Y, Shiotani S, Chuda H, et al. Improvement of the survival in the seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus* larvae by optimizing aeration and water inlet in the mass-scale rearing tank [J]. Fish Sci, 2006, 72: 939–947.
- [46] 渡邊新吾, 岡本久美子, 東馬場大, 等. マハタ養殖実用化技術開発事業[R]. 平成15年度大分県海洋水産研究センター事業報告, 2004: 82–85.
- [47] Liao I C, Su H M, Chang E Y. Techniques in finfish larviculture in Taiwan [J]. Aquaculture, 2001, 200(1–2): 1–31
- [48] 本藤靖, 堀田卓朗, 服部圭太. クエ養成親魚の卵巣内に形成される卵塊の形成状況と産卵に及ぼす影響[R]. 栽培漁業センター技報, 2008, 8: 1–4.
- [49] 陈国华, 张本. 点带石斑鱼亲鱼培育、产卵和孵化的试验研究[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(4): 428–435.
- [50] Sudaryanto M T, Mous P J. Natural spawning of three species of grouper in floating cages at a pilot broodstock facility at Komodo, Flores, Indonesia [R]. SPC Live Reef Fish Information Bulletin. Secretariat of the Pacific Community, 2004, 12: 21–26.
- [51] Rimmer M. Grouper and snapper aquaculture in Taiwan [R]. SPC live reef fish information bulletin. Secretariat of the Pacific Community, 1998, 4: 39–43.
- [52] Okumura S, Okamoto K, Oomori R, et al. Improved fertilization rates by using a large volume tank in red spotted grouper (*Epinephelus akaara*) [J]. Fish Physiol Biochem, 2003, 28: 515–516
- [53] 照屋和久. マハタ種苗の安定生産に成功[R]. 豊かな海, 2005, 5: 32–34.
- [54] 张饮江, 孙飞, 颜阔秋, 等. 闭合循环水工艺在褐点石斑鱼苗培育中的应用研究[J]. 渔业现代化, 2007(1): 5–8.
- [55] Russo T, Boglione C, de Marzi P, et al. Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: A

- contribution addressing the domestication of this species [J]. Aquaculture, 2009, 289: 289–296.
- [56] Pierre S, Gaillard S, Prévot-D'Alvise N, et al. Grouper aquaculture: Asian success and Mediterranean trials [J]. Aquat Conser Mar Freshw Ecosyst, 2008, 18: 297–308.
- [57] 陈信忠, 苏亚玲, 龚艳清, 等. 逆转录聚合酶链式反应 (RT – PCR) 检测 5 种养殖石斑鱼的神经坏死病毒 [J]. 中国水产科学, 2004, 11 (3): 202–207.
- [58] 陈晓艳. 鱼类病毒性神经坏死病研究现状 [J]. 动物医学进展, 2005, 26 (5): 17–21.
- [59] Fukuda Y, Nguyen H D, Furuhashi M, et al. Mass mortality of cultured sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* associated with viral nervous necrosis [J]. Fish Pathol, 1996, 31 (3): 165–171.
- [60] Rimmer M. Review of grouper hatchery technology [R]. SPC live reef fish information bulletin. Secretariat of the Pacific Community, 2000, 7: 14–19.
- [61] Chi S C, Lo C F, Kou G H, et al. Mass mortalities associated with viral nervous necrosis (VNN) disease in two species of hatchery-reared grouper, *Epinephelus fuscogutatus* and *Epinephelus akaara* (Temminck & Schlegel) [J]. J Fish Dis, 1997, 20: 185–193.
- [62] Gomez D K, Baeck G W, Kim J H, et al. Molecular detection of betanodavirus in wild marine fish populations in Korea [J]. J Vet Diagn Invest, 2008, 20: 38–44.
- [63] Kai Y, Chi S. Efficacies of inactivated vaccines against betanodavirus in grouper larvae (*Epinephelus coioides*) by bath immunization [J]. Vaccine, 2008, 26: 1450–1457.
- [64] Takeshita A, Soyano K. Effects of fish size and size-grading on cannibalistic mortality in hatchery-reared orange-spotted grouper *Epinephelus coioides* juveniles [J]. Fish Sci, 2009, 75: 1253–1258.
- [65] Hseu J R, Chang H F, Ting Y Y. Morphometric prediction of cannibalism in larviculture of orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides* [J]. Aquaculture, 2003, 218: 203–207.
- [66] Hseu J R. Effects of size difference and stocking density on cannibalism rate of juvenile grouper *Epinephelus coioides* [J]. Fish Sci, 2002, 68: 1384–1386.
- [67] Takeshita A, Soyano K. Effects of light intensity and color of rearing tank on cannibalism in the juvenile orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) [J]. Aquac Sci, 2008, 56: 175–180.

Progress of artificial breeding technique for seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*

LIU Xinfu^{1,2}, ZHUANG Zhimeng¹, MENG Zhen¹, LEI Jilin¹, YANG Zhi³

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Qingdao 266071, China; 2. College of Fisheries Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 3. Yantai Tianyuan Aquatic Products Co., Ltd, Yantai 264000, China)

Abstract: Seven-band grouper *Epinephelus septemfasciatus*, a fast growing and commercially valuable marine fish species with better tolerance to cold water temperature than most other grouper species, is considered as one of the most potential species for marine fish cage culture in the temperate seas along the coast of Northeast Asia. It has been investigated intensively for aquaculture during the past several decades in the countries of China, Japan and Korea where it distributes. However, the stable and efficient artificial breeding technique of seven-band grouper has not been established fully, owing to some reproduction problems such as extended maturation age for male, failure to spawn spontaneously under captivity and the fragility of newly hatched larvae. The progress on broodstock reproduction, larval rearing, and the nursery of juveniles of seven-band grouper, which has been achieved mainly by Japanese scientists during the past twenty years, is reviewed. Further research priorities in this domain are also suggested. This paper also provides necessary referential information for the research on the mass seed production technique of seven-band grouper in China. [Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(5): 1128–1136]

Key words: *Epinephelus septemfasciatus*; broodstock reproduction; larval rearing; juvenile nursery

Corresponding author: ZHUANG Zhimeng. E-mail: zhuangzm@ysfri.ac.cn

《中国水产科学》网上采编系统开通使用通知

为了更好地服务于广大读者、作者及审稿专家,方便查询论文信息、投稿、询稿及审稿,提高学报工作效率,《中国水产科学》编辑部引进了期刊采编系统,并建设了门户网站。目前该采编系统已进入试运行阶段,本系统在功能上可以实现作者在线投稿,在线查询稿件处理进展;编辑在线收稿、送审,在线编辑加工;审稿专家在线审稿;各种表格、数据的批量生成和保存等。请作者登陆编辑部网址 <http://www.fishscichina.com>,注册后进行在线投稿并查询稿件处理进度。敬请广大读者、投稿作者、审稿专家试用本系统,并向编辑部反馈意见,以不断对系统进行改进。2010年9月31日后,编辑部将只接收网上投稿。如您在操作上碰到任何问题,请留言(zgsckx@cafs.ac.cn)或与编辑部联系(010-68673921),运行期间如给您带来不便,敬请谅解!感谢您对本刊的关注与支持!

《中国水产科学》编辑部

2010年4月20日