

光照、温度对黑鲷(♀)×真鲷(♂)杂交子代受精卵孵化效果的影响

刘海林, 张志勇, 张志伟, 许 津, 陈淑吟, 贾超峰, 祝 斐, 孟 乾

(江苏省海洋水产研究所 江苏省鱼类遗传育种重点实验室, 江苏 南通 226007)

摘要: 为了研究不同光照强度、温度对黑鲷(*Acantho pagruschlegelii*) (♀)×真鲷(*Pagrosomus major*) (♂) 杂交 F1 代受精卵孵化效果及仔鱼存活的影响, 作者采用试验生态学的方法比较不同温度(16、18、20、22、24、26℃)下杂交鲷受精卵的孵化率、畸形率、孵化时间、7 日龄仔鱼的存活率; 比较不同光照强度下(10、100、300、800、1500、4 000、10 000 lx)受精卵孵化率、畸形率、孵化时间; 比较不同光照强度下(200、1 000、2 000、5 000、10 000、15 000、20 000 lx)7 日龄仔鱼的存活率。结果表明: 在盐度为 22 条件下, 受精卵最高孵化率(34.00%)和最低畸形率(16.65%)的孵化温度为 20℃; 在 16~26℃范围内, 温度与孵化时间呈负相关, 与 7 日龄仔鱼存活率也呈负相关。不同的光照强度对受精卵孵化率和孵化时间的影响不显著, 孵化率为 65.88%~71.88%; 但大于 800 lx 的光照会令畸形率上升(大于 15.21%); 另外, 5 000~10 000 lx 的光照强度更适宜仔鱼生存, 7 日龄仔鱼存活率达到 38%~40.75%。黑鲷(♀)×真鲷(♂)杂交子代最佳孵化温度为 20℃, 最适光照强度为 5 000~10 000 lx。

关键词: 杂交鲷(*Acantho pagruschlegelii*) (♀)×(*Pagrosomus major*) (♂); 受精卵; 光照; 温度

中图分类号: S961.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2018)05-0108-08

DOI: 10.11759/hyxx20171214003

黑鲷(*Acantho pagruschlegelii*), 俗称海鲋、青鳞加吉、黑加吉等, 属脊索动物门(Chordata)、辐鳍鱼纲(Actinopterygii)、鲈形目(Perciformes)、鲷科(Sparidae)、棘鲷属(*Acanthopagrus*)。体形为长椭圆形、侧扁, 体态优雅、色泽素丽、肉质鲜美, 是一种名贵的海产鱼类^[1]。黑鲷鱼的抗逆性强, 对温度、盐度适应范围广, 但养殖周期长、抗病力差。近年来由于没有对种鱼进行选育和改良, 种质资源已经开始出现衰退, 病害日趋严重、品质下降, 经济效益明显下滑, 影响了黑鲷养殖业的稳定与持续发展。真鲷(*Pagrosomus major*), 俗称加吉鱼、红加吉、铜盆鱼等, 属脊索动物门、辐鳍鱼纲、鲈形目、鲷科、真鲷属(*Pagrosomus*)。真鲷为近海暖温性底层肉食性鱼类, 具有生长快、便于暂养、经济价值高等特点, 是另一种名贵的海水养殖鱼种。近年来, 真鲷的人工养殖试验已取得了一定的成果, 在中国南方沿海地区已经发展成为一种主要的海水养殖鱼种。但真鲷抗逆性差、不耐低温^[2-3]。

因此, 作者期望通过杂交育种的方式, 将真鲷与黑鲷进行杂交, 使得杂交鲷产生杂种优势, 克服亲本不耐低温、生长偏慢的缺点。鲷科鱼类的远缘杂交育种研究相比较其他海水鱼类开展的要早。早

在 1964 年, 原田辉雄等^[4]初次尝试了真鲷与黑鲷的正反试验, 甚至还进行了石鲷(石鲷科)与黑鲷之间的科间远缘杂交, 亦成功培育出杂交鱼苗, 但孵化和成活率极低, 没有生产养殖价值。随后国内研究者也进行了多种鲷科鱼类远缘杂交研究, 为鲷科鱼类杂交育种积累了丰富的经验^[5]。颜付云等^[6]对杂交鲷(真鲷♀×黑鲷♂)和黑鲷幼鱼的代谢率及排泄率进行比较, 发现杂交鲷幼鱼具有代谢率显著低于亲本的优点, 也继承了父本耐低温的优点, 但却失去了双亲耐高温、耐低氧的特点, 并出现了应激反应大等不良性状。蒋宏雷等^[7-8]对杂交鲷(真鲷♀×黑鲷♂与黑鲷♀×真鲷♂)的胚胎发育进行了研究, 寻找杂交鲷胚胎

收稿日期: 2017-12-14; 修回日期: 2018-02-24

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(17)2021); 江苏省重点研发计划(现代农业)项目(BE2016326); 江苏省水产三新工程项目(Y2016-23); 江苏省农业重大新品种创制项目(PZCZ201744)

[Foundation: Agricultural Science and Technology Innovation of Jiangsu Province, No.CX(17)2021; Key Research and Development(Modern Agriculture) Program of Jiangsu Province, No.BE2016326; Aquatic Sanxin Engineering Project of Jiangsu Province, No.Y2016-23; Key Project of Creation of New Varieties of Agriculture of Jiangsu Province, No. PZCZ-201744]

作者简介: 刘海林(1963-), 男, 江苏南通人, 工程师, 主要从事海洋生物繁殖与增养殖技术研究, 电话: 13806296738, E-mail: 1765016796@qq.com; 张志勇, 通信作者, 研究员, 13906292412@139.com; 许津, 通信作者, 高工, xugood@126.com

发育适宜温度以及胚胎畸形等问题,认为无论正交反交,真鲷与黑鲷仍存在生殖隔离,杂交繁育难度较大,要达到规模生产,需要继续研究实验。

温度、光照条件是影响海水鱼类生长、生存的重要环境因素,同时也对种苗培育有着重要的影响,不同的鱼类对环境因素的适应范围有较大差异,国内外对此也有许多报道。李涛等^[9-10]研究了温度骤变对黑鲷仔鱼存活率的影响,结果表明,当水温由 18℃降至 14、12℃时,黑鲷仔鱼在 24 h 的存活率接近 50%;当水温由 18℃骤升至 22℃以上时,仔鱼存活率急剧下降;当水温由 18℃骤升至 26℃时,仔鱼在 24 h 内全部死亡,可见温度骤升较温度骤降对黑鲷仔鱼存活率影响更大。对于杂交鲷,过去几年的育苗实验,其受精卵孵化率和仔鱼成活率都很低,因此探究杂交鲷受精卵孵化及仔鱼发育所需的最适环境因子,对杂交育苗乃至今后的养殖都有着重要的意义。作者将在之前研究成果的基础上,对黑鲷(♀)×真鲷(♂)杂交子一代的受精卵孵化影响因素进行探究,以期寻找温度、盐度对杂交鲷受精卵孵化及仔鱼发育的影响,为提高杂交鲷育苗的孵化率及成活率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验材料

实验用鱼为江苏省海水增殖技术及种苗中心养殖的真鲷(♂)和黑鲷(♀)。通过注射促排卵素 LHR-A2,将处于繁殖期的两种亲鱼人工诱导其性腺成熟,注射剂量为每公斤鱼体质量 2 μg,雄鱼剂量减半。采用湿法人工授精,并收集受精卵。将收集到的受精卵放入盐度略高于自然海水的水中静置,剔除沉底的死卵,收集上浮的好卵。

收集到的受精卵一部分作为受精卵孵化实验的材料,另取一部分状态良好受精卵放置在孵化车间孵化,待仔鱼完全孵出后,挑选无畸形的正常仔鱼进行仔鱼存活率的相关试验。仔鱼开口饵料的投喂使用当日购买的新鲜活轮虫,投喂密度约为 10 个/L。

1.1.2 实验仪器

透明玻璃广口瓶 2.5 L、增氧系统(小型气泵、橡胶软管、气流控制阀、气石)、电子数显温度计(江苏省精创电气有限公司,测量范围-50~80℃)、SA287 笔式数显盐度计(广州市普析通仪器有限公司)、LX-1330A 数字式照度表(泰仕电子工业股份有限公

司)、WK-2 温度调控器(宁波市鄞州先锋电热设备厂,控温范围 0℃至 50℃)、CW-1500A 智能型冷凝机(广东日生集团有限公司)、控温电加热板、LED 灯(100 W)等。

1.2 方法

1.2.1 不同温度下的杂交鲷受精卵孵化实验

条件设计:设置不同的温度梯度(16、18、20、22、24、26℃)。将经过挑选,透明的、在海水中上浮的黑鲷(♀)×真鲷(♂)杂交受精卵分组放置于广口瓶中孵化,每组 100 粒受精卵,孵化密度为 50 粒/L。

实验装置:透明玻璃广口瓶容量为 2.5 L,瓶内装自然海水 2 L,孵化所用海水事先经过石棉布过滤并静置沉淀,盐度为 23。静水孵化,广口瓶内放置气石,微充气。在广口瓶外套以水槽,设置温度调控器、冷凝机、电加热板等控温装置(控温误差±0.5℃),加热水槽中的水,以水浴的方式实现广口瓶中的水温控制,由于微充气,广口瓶内外热交换均匀,温度一致,可以满足试验要求。孵化在室内进行,自然光照下进行,白天光照强度约为 1 000 lx。

数据记录:待仔鱼孵出,记录每一组的孵化时间、孵化率、畸形率。其中孵化时间是指受精卵中 50%孵化出膜时所用的时间,孵化率是指待受精卵全部孵化所记录的成功出膜仔鱼数量占初始受精卵数量的比例,畸形率是指有畸形现象的仔鱼数量占成功出膜仔鱼数量的比例。

孵化时间:50%受精卵孵化出膜时所用的时间

$$\text{孵化率} = \frac{\text{仔鱼数量}}{\text{受精卵数量}} \times 100\%$$

$$\text{畸形率} = \frac{\text{畸形仔鱼数量}}{\text{仔鱼总数}} \times 100\%$$

本实验设置 3 个平行组,温度梯度中有一组(20℃)为自然温度组,即为对照组,不同的平行组同时进行。

1.2.2 不同温度下的杂交鲷仔鱼存活率实验

条件设计:设置不同的温度梯度(16、18、20、22、24、26℃)。取受精卵孵化实验中同一批的受精卵放置在孵化车间中进行孵化,孵化条件为海水盐度 23,温度 20℃,水面光照强度约 1 000 lx,静水孵化,微充气。待仔鱼出膜后第 2 天,仔细用烧杯从水中舀取无畸形、有活力的仔鱼 200 尾,放置于装有 2 L 海水的广口瓶中,培育密度为 100 尾/L。

实验装置:培育环境、控温装置、光照条件等与 1.2.1 受精卵孵化实验相同。在仔鱼出膜后第 3 天投

喂轮虫(*Brachionus plicatilis*)作为仔鱼的开口饵料,投喂密度为 10 个/mL(添加密度为 2×10^4 个/mL 的轮虫母液 1 mL),之后每天 6:00、12:00、18:00 定时检查饵料密度,及时补充消耗掉的轮虫。

数据记录:等待孵化出的仔鱼发育,在仔鱼出膜后第 7 天,观察并记录每一组剩余的仔鱼数,计算仔鱼的存活率。存活率以剩余的仔鱼数量占初始仔鱼数量的百分比来表示。本实验设置 2 个平行组,不同的平行组同时进行。

1.2.3 不同光照强度下的杂交鲷受精卵孵化实验

条件设计:设置不同的光照强度条件梯度(10、100、300、800、1 500、4 000、10 000 lx)。挑选状态良好的受精卵放置于广口瓶中进行孵化,每组 100 粒受精卵,孵化密度为 50 粒/L。

实验装置:透明玻璃广口瓶内装自然海水 2 L,海水事先过滤并静置沉淀,盐度为 23。静水孵化,微充气。孵化场所选择一间无窗的暗室,完全隔绝自然光照,室内悬挂 1 台 100 W 的 LED 灯,通过调节广口瓶与光源的距离来控制孵化水面的光照强度。暗室内温度为 20℃,光照 24 h 无间歇。

数据记录:数据记录同实验 1.2.1,待仔鱼孵出,记录每一组的孵化时间、孵化率、畸形率。本实验设置 4 个平行组,不同的平行组同时进行。

1.2.4 不同光照强度下的杂交鲷仔鱼存活率实验

条件设计:设置不同的光照强度条件梯度(200、

1 000、2 000、5 000、10 000、15 000、20 000 lx)。取受精卵孵化实验中同一批的受精卵放置在孵化车间中进行孵化,孵化条件为海水盐度 23,温度 20℃,水面光照强度约 2 000 lx,静水孵化,微充气。待仔鱼出膜后第 2 天,仔细用烧杯从水中舀取无畸形、有活力的仔鱼 200 尾,放置于装有 2 L 海水的广口瓶中,培育密度为 100 尾/L。

实验装置:培育环境、温度条件、光照控制等与 2.2.3 受精卵孵化实验相同。在仔鱼出膜后第 3 天投喂轮虫作为仔鱼的开口饵料,投喂密度为 10 个/mL,之后每天及时补充消耗掉的轮虫。

数据记录:数据记录同实验 1.2.2,统计仔鱼存活率。本实验设置两个平行组,不同的平行组同时进行。

所有数据用 SPSS16.0 进行统计分析,并对结果进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 温度对杂交鲷受精卵孵化的影响

观察不同温度下杂交鲷受精卵孵化情况并统计结果(表 1)。结果表明,温度在 16~22℃范围内受精卵都可以孵化,而温度高于 22℃时,孵化率极低,不足 2%。温度对孵化率的影响显著,20℃时孵化率达到最高,为 34.00%;16、18 和 22℃时孵化率较低,分别为 8.33%、20.00%和 18.33%。

表 1 不同温度下的杂交鲷受精卵孵化

Tab. 1 The hatching rate of hybrid fertilized eggs at different temperatures

项目	温度/℃					
	16	18	20	22	24	26
孵化率/%	8.33±1.53*	20.00±4.58*	34.00±4.58**	18.33±2.08*	2.00±1.00	1.33±0.58
畸形率/%	68.81±7.84*	38.33±4.41*	16.65±2.13	37.88±6.32*	88.89±19.25**	100.00±0.00**
孵化时间/h	43	41	40	39	38	38

注:表中数据为平均值±标准差;*、差异显著;**、差异极显著;以下各表同。

与孵化率相似,孵出仔鱼的畸形率也受到温度因素的显著影响。20℃时畸形仔鱼数最少,畸形率为 16.65%;16、18 和 22℃时的畸形率分别为 68.81%、38.33%和 37.88%;更高温度已不适合受精卵的孵化,几乎所有的仔鱼都为畸形。

在 16~26℃范围内,受精卵的孵化时间随着温度的升高而缩短,两者之间呈负相关关系,符合二次曲线函数(图 1,实线为点折线,虚线为拟合的二次曲线)。16℃时孵化时间最长,为 43 h;在孵化率最

高并且畸形率最低的 20℃下,孵化时间为 40 h;而随着温度的继续升高,在 22~26℃时,孵化时间随温度增加有逐渐缩短的趋势,孵化时间分别为 39、38 和 38 h。

2.2 温度对杂交鲷仔鱼存活率的影响

在仔鱼出膜后第 7 天统计存活仔鱼数并计算存活率(图 2)。结果表明,杂交鲷的存活率随着温度的升高呈下降趋势。其中 20~24℃组的差异不显著,存活率分别为 25%、20%和 19%;16 和 18℃组的存活率分别为 60%和 49%;而 26℃组的存活率最低,只有 7%。

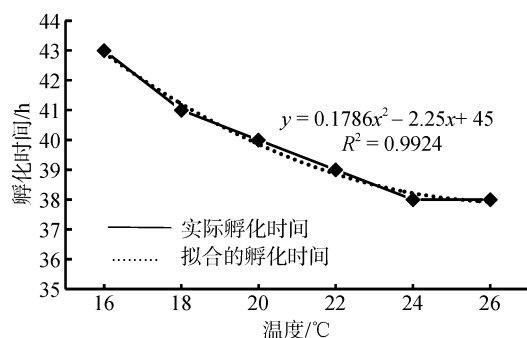


图 1 温度对杂交鲷受精卵孵化时间的影响

Fig. 1 The effect of temperature on the hatching time of hybrid fertilized eggs

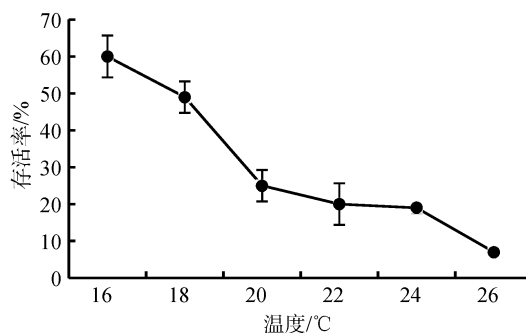


图 2 温度对杂交鲷仔鱼存活率的影响

Fig. 2 The effect of temperature on the survival rate of hybrid larvae

2.3 光照强度对杂交鲷受精卵孵化的影响

观察不同光照强度下杂交鲷受精卵的孵化情况并统计结果(表 2)。结果显示, 在光照强度 10~10 000 lx

范围内受精卵都可以孵化, 孵化率在 65%~72%, 且差异不显著。其中, 300 lx 组的孵化率最高, 为 71.88%; 其余各组的孵化率都相对略低, 低于 68.13%。

表 2 不同光照强度下的杂交鲷受精卵孵化

Tab. 2 The hatching rate of hybrid fertilized eggs at different illumination intensities

项目	光照强度/lx						
	10	100	300	800	1500	4000	10000
孵化率/%	66.00±2.12	67.63±6.97	71.88±1.89	68.13±2.53	65.88±1.93	66.25±4.01	66.75±5.04
畸形率/%	12.09±1.94	11.66±1.20	9.04±0.89	15.21±1.23	22.52±2.96	29.80±6.33*	29.24±7.40*
孵化时间/h	43	43	43	43	43	42	42

注: 表中数据为平均值±标准差。

光照强度对受精卵孵化畸形率的影响则较为显著(图 3)。光照强度为 300 lx 时, 畸形率最低, 为 9.04%; 光照强度更低时, 畸形率略有上升, 但不显著; 而当光照强度在 300 lx 以上, 畸形率随光照强度增加而上升, 差异显著。

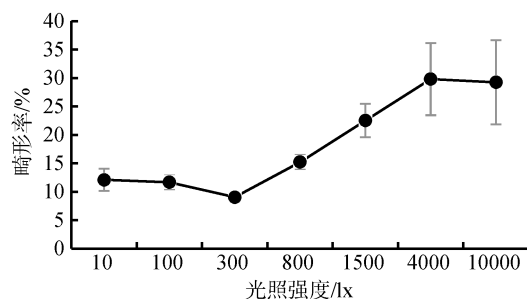


图 3 光照强度对受精卵孵化畸形率的影响

Fig. 3 The influence of illumination intensity on the malformation rate of hybrid fertilized eggs

各组的孵化时间差异不显著, 光照强度 10~1 500 lx 组的孵化时间为 43 h, 略高于 4 000、10 000 lx 组的 42 h。

2.4 光照强度对杂交鲷仔鱼存活率的影响

不同的光照强度下, 杂交鲷仔鱼出膜后 7 d 的存活率有明显差异(图 4)。光照强度 5 000、10 000 lx 组的存活率相对较高, 分别为 40.75%、38.00%; 其余各组随着光照强度的增高或降低, 存活率都有着下降的趋势, 光照强度 200、1 000、2 000、15 000、20 000 lx 组的存活率分别为 20.75%、23.50%、31.25%、28.75%、28.25%。

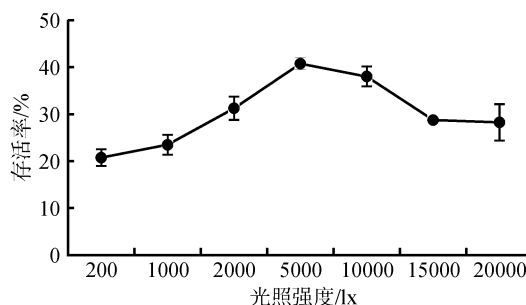


图 4 光照强度对杂交鲷仔鱼存活率的影响

Fig. 4 The influence of illumination intensity on the survival rate of hybrid larvae

3 讨论

3.1 温度对杂交鲷受精卵孵化及仔鱼存活的影响

温度对于每一种鱼类的胚胎发育都有着十分重要的影响,而不同的鱼类发育要求的温度条件不尽相同,对温度的适应范围也有窄有宽。据文献报导,斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)受精卵孵化的适宜温度为 24~30℃,最适温度为 24~26℃^[11];条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)受精卵孵化的适温范围为 23~25℃^[12];黄鲷(*Dentex tumifrons*)受精卵孵化的适宜温度为 18~22℃^[13];金头鲷(*Sparus aurata*)的孵化适宜温度为 19℃^[14]。对于同一物种的不同发育阶段,其适温范围也有着很大差异,在胚胎发育时期对于适宜温度的要求往往比其他发育时期更严苛,适温范围更窄^[15]。大多数鲷科鱼类受精卵孵化的适温范围都在 20℃左右,因此,在温度实验中,设计以 20℃为中心的梯度,探究杂交鲷胚胎发育的适宜温度。

蒋宏雷等^[16]对杂交鲷鱼苗培育过程中温度与时间的关系研究中发现:将杂交鲷鱼苗培育至相同规格当培育水温越高,所需时间越短。从本实验结果上来看,孵化率、畸形率、孵化时间 3 项指标受温度的影响都很明显,这与表明杂交鲷受精卵孵化有着比较高的温度要求。在 16~26℃ 范围内,杂交鲷受精卵孵化率有一个先增后降的曲线,而畸形率则与之相对的先降后增,并且较高的孵化率与较低的畸形率所处温度是重合的,为 20℃,孵化率为 34.00%,畸形率为 16.65%。在蒋宏雷^[7]等对鲷鱼杂交繁育的研究中指出黑鲷、真鲷自交的孵化率为 72%、90%,畸形率为 6%、4%。可以看出,杂交产生的低存活率与致畸现象是客观存在的,可能是杂交受精卵的质量不及自交受精卵的原因造成的。该研究同时得出真鲷与黑鲷正反交的孵化率分别为 85%、90%,显著高于本实验 34% 的结果,可能是由于受精卵质量的不同或杂交方法差异所致,同时也可能受不同孵化条件的影响。

在 16~26℃ 范围内,受精卵的孵化时间随温度的升高而降低,曲线拟合一条二次函数方程。这可能是因为促进孵化的孵化酶效果受温度的影响,大多数鱼类的胚胎具有起源于外胚层的单细胞孵化腺,由其分泌孵化酶,使卵膜变薄^[17]。随着温度的上升,孵化酶的活力会增强,孵化时间就会缩短,若温度

超过一定范围,酶的活力就会被破坏,导致孵化时间的增加^[18]。

温度对 7 日龄杂交鲷仔鱼存活率的影响为:随着温度的升高,仔鱼的存活率越来越低。这可能是因为仔鱼还没有开口,而温度影响着仔鱼对卵黄物质的消耗速度,温度越高则消耗越快,无法开口的仔鱼存活时间就越短。

3.2 光照强度对杂交鲷受精卵孵化及仔鱼存活的影响

光照强度与温度一样,也是直接影响着鱼类胚胎发育的重要因素之一。250~500 lx 的光照强度,是中华鲟(*Acipenser sinensis*)受精卵的最适发育光照^[19];不同的光照条件对点带石斑鱼仔鱼的存活率也有着影响^[20]。

从实验结果中可以看出,光照对杂交鲷受精卵的孵化率影响并不显著,在 300~800 lx 光照下有着较高的孵化率和较低的畸形率。这可能是由于黑鲷产卵时间是在夜间,由其自身的生活习性所决定的,较低强度的光照会有利于受精卵的孵化。光照对于畸形率的影响则相对明显一些,大于 800 lx 的光照会导致仔鱼畸形率明显上升,10 000 lx 光照下的畸形率接近 30%,是 300 lx 光照组的 3 倍,强光照下致畸现象的机理仍有待进一步研究。孵化时间受光照强度的影响很小,可以看出影响杂交鲷受精卵孵化的主要因素仍是温度。在本实验中,不同光照强度下的孵化时间略有差异,可能是因为实验过程中,强光照的实验组距离光源较近,导致温度略有升高(测量温度后发现 10 000 lx 组的温度比 10 lx 组的高出 0.8℃),略微影响了实验的准确性。

与受精卵发育所不同的是,杂交鲷仔鱼生长所需求的光照强度要高于受精卵孵化所需。在 5 000 lx 光照强度下,7 日龄仔鱼有着最高的存活率,更高或更低的光照强度都会导致其存活率下降。秦志清等^[21]认为,过高的光照下,仔鱼处于高度活动状态,因此耗能过多,存活率较差;而过低的光照下,仔鱼摄食困难,因此存活率也会降低。周秋白等^[22]认为光照可以影响仔鱼的摄食、代谢及活动,从而影响到仔鱼发育阶段对环境条件的适应性以及仔鱼的存活率。在更多的研究中也有提及光照对鱼类育苗的影响,光照对杂交鲷育苗的影响不如温度、盐度等因素的影响更显著、更直接^[23-24],因此光照因素在实际生产过程中往往得不到足够的重视,但也是一个非常重要

的环境因子。

综上所述,在实际生产中,将培育环境条件控制在温度 18~20℃和光照强度 300~800 lx 范围内,将有利于提高黑鲷(♀)×真鲷(♂)杂交子代受精卵的孵化率,而 20℃的温度和 5 000~10 000 lx 的光照条件更有利于孵出仔鱼的存活。

参考文献:

- [1] 祝浩森,祝文浩.我国主要药用海洋鱼类及药用价值[J].河北渔业,2014,10:48-58.
Zhu Haomiao, Zhu Wenhao. The main medicinal marine fishes and their medicinal value in China[J]. Hebei Fishery, 2014, 10: 48-58.
- [2] 陆忠康.真鲷精养技术研究现状及其发展前景[J].福建水产,1989,2:14-22.
Lu Zhongkang. The research status and development prospect of technology of red sea bream[J]. Fujian Fishery, 1989, 2: 14-22.
- [3] 朱清澄,孙栋,花传祥,等.西非近海真鲷生物学特征的初步研究[J].大连海洋大学学报,2015,30(6):686-691.
Zhu Qingcheng, Sun Dong, Hua Chuanxiang, et al. A preliminary study on the biological characteristics of red sea bream offshore West Africa[J]. Journal of Dalian ocean University, 2015, 30(6): 686-691.
- [4] 原田辉雄,殷禄阁.鲷类的交配和品种改良[J].河北渔业,1993,2:31-32.
原田ひとたけ, Yin Luge. Mating and variety improvement of snapper[J]. Hebei Fishery, 1993, 2: 31-32.
- [5] 单保党,洪万树,何大仁.真鲷与黑鲷杂交与多倍体育种系列研究-I[J].海洋渔业,1999,1:14-15.
Shan Baodang, Hong Wanshu, He Daren. Research on hybrid and polyploid breeding between red sea bream and black porgy Series I [J]. Marine Fisheries, 1999, 1: 14-15.
- [6] 颜付云,徐善良,谷江稳,等.杂交鲷和黑鲷幼鱼的代谢率及排泄率比较[J].台湾海峡,2010,29(4):496-502.
Yan Fuyun, Xu Shanliang, Gu Jianwen, et al. Comparison of metabolic and excretion rates of hybrid cichlids and juveniles *Acanthopagrus schlegelii*[J]. Journal of Oceanography In Taiwan Strait, 2010, 29(4): 496-502.
- [7] 蒋宏雷,吴雄飞,沈庞幼.真鲷与黑鲷杂交繁育技术研究[J].河北渔业,2009,1:25-27,46,53.
Jiang Honglei, Wu Xiongfei, Shen Pangyou. Research on technique of hybridization between red sea bream and black sea bream[J]. Hebei Fishery, 2009, 1: 25-27, 46, 53.
- [8] 蒋宏雷,吴雄飞,石刚德,等.真鲷与黑鲷杂交子一代的胚胎发育[J].河北渔业,2007,2:40-42.
Jiang Honglei, Wu Xiongfei, Shi Gangde, et al. Embryo development of hybrid F1 from red sea bream and black sea bream[J]. Hebei Fishery, 2007, 2: 40-42.
- [9] 李涛,吕国敏,黄小林.国内鲷科鱼类远缘杂交与多倍体育种研究进展[J].广东农业科学,2013,40(19):134-137.
Li Tao, Lü Guomin, Huang Xiaolin. Research progress on distant hybridization and polyploid breeding of domestic snapper[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(19): 134-137.
- [10] 李涛,吕国敏,黄小林,等.温度和盐度骤变对黑鲷仔鱼存活率的影响[J].江苏农业科学,2014,42(4):181-182.
Li Tao, Lü Guomin, Huang Xiaolin, et al. The effects of temperature and salinity changes on the survival of juvenile black sea-bream[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(4): 181-182.
- [11] 张海发,刘晓春,王云新,等.温度、盐度及pH对斜带石斑鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响[J].热带海洋学报,2006,25(2):31-36.
Zhang Haifa, Liu Xiaochun, Wang Yunxin, et al. Effects of temperature, salinity and pH on the hatching of fertilized eggs and the vigor of the larval of *Epinephelus coioides*[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2006, 25(2): 31-36.
- [12] 徐永江,柳学周,王妍妍,等.温度、盐度对条石鲷胚胎发育影响及初孵仔鱼饥饿耐受力[J].渔业科学进展,2009,30(3):25-31.
Xu Yongjiang, Liu Xuezhou, Wang Yanyan, et al. Effects of temperature and salinity on embryonic development and starving tolerance of newly hatched larvae of rock bream *Oplegnathus fasciatus*[J]. Progress in Fishery Science, 2009, 30(3): 25-31.
- [13] 夏连军,施兆鸿,王建钢,等.温度对黄鲷胚胎发育的影响[J].上海水产大学学报,2006,15(2):163-168.
Xia Lianjun, Shi Zhaohong, Wang Jiangang, et al. Effect of temperature on embryonic development of *Dentes tumifrons* (Temminck et Schlegel)[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2006, 15(2): 163-168.
- [14] 王彦怀,马艳,周文生,等.温度、盐度对金头鲷受精卵孵化率影响的研究[J].渔业现代化,2006,33(5):21-22.
Wang Yanhuai, Ma Yan, Zhou Wensheng, et al. Study on the effect of temperature and salinity on the hatching rate of the fertilized eggs of the gilthead sea bream *Sparus aurata* (Linnaeus)[J]. Fishery Modernization, 2006, 33(5): 21-22.
- [15] Azaza M S, Dhraef M N, Kraem M M. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile

- tilapia *Oreochromis niloticus*(Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia[J]. J Therm Biol, 2008, 33(2): 98-105.
- [16] 蒋宏雷, 吴雄飞. 真鲷♀×黑鲷♂人工育苗技术研究[J]. 河北渔业, 2011, 3: 12-14, 19.
- Jiang Honglei, Wu Xiongfei. Study on artificial breeding technique of female red porgy and male black porgy[J]. Hebei Fishery, 2011, 3: 12-14, 19.
- [17] 郭永军, 陈成勋, 李占军, 等. 水温和盐度对鲤鱼 (*Cyprinus carpio* L.) 胚胎和前期仔鱼发育的影响[J]. 天津农学院学报, 2004, 11(3): 5-9.
- Guo Yongjun, Chen Chengxun, Li Zhanjun, et al. Effects of water temperature and salinity on the development of carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and prelarval[J]. Journal of Tianjin Agricultural University, 2004, 11(3): 5-9.
- [18] 强俊, 王辉, 李瑞伟. 温度对奥尼罗非鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响[J]. 淡水渔业, 2009, 38(6): 329-332.
- Qiang Jun, Wang Hui, Li Ruiwei. The effect of the temperature on hatching of fertilized eggs and larval activity of hybrid tilapia[J]. Freshwater Fishery, 2009, 38(6): 329-332.
- [19] 柴毅, 谢从新, 危起伟, 等. 不同水深和光照强度对中华鲟受精卵孵化率的影响[J]. 水利渔业, 2008, 28(3): 32-33.
- Chai Yi, Xie Congxin, Wei Qiwei, et al. Effects of different depth of water and light intensity on the hatching rate of fertilized eggs of Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*[J]. Reservoir Fisheries, 2008, 28(3): 32-33.
- [20] 陈凯, 乔振国. 光照条件和开口饵料对点带石斑鱼仔鱼培育成活率的影响[J]. 现代渔业信息, 2011, 26(2): 25-27.
- Chen Kai, Qiao Zhenguo. Effects of light conditions and open bait on the survival rate of spotted grouper[J]. Modern Fisheries Information, 2011, 26(2): 25-27.
- [21] 秦志清, 林越超, 张雅芝, 等. 光照对漠斑牙鲆仔鱼摄食、生长与存活的影响[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2009, 14(3): 224-228.
- Qin Zhiqing, Lin Yuejiu, Zhang Yazhi, et al. Effects of light on the feeding, growth and survival of larvae of *Paralichthys olivaceus*[J]. Journal of Jimei University (Natural Science), 2009, 14(3): 224-228.
- [22] 周秋白, 金善勉, 吴小波, 等. 水深和光照对黄鳝受精卵孵化率的影响[J]. 淡水渔业, 2006, 36(2): 31-33.
- Zhou Qiubai, Jin Shanmian, Wu Xiaobo, et al. The influence of water depth and light on the hatching rate of fertilized eggs of *Monopterus albus*[J]. Freshwater Fishery, 2006, 36(2): 31-33.
- [23] 邱新志, 吴雄飞. 盐度对真鲷(♀)×黑鲷(♂)杂交子一代仔鱼活力的影响[J]. 渔业现代化, 2008, 35(4): 41-43.
- Qiu Xinzhì, Wu Xiongfei. The influence of salinity on larval activity of hybrids between female red sea bream and male black sea bream[J]. Fishery Modernization, 2008, 35(4): 41-43.
- [24] 王涵生. 盐度对真鲷受精卵发育及仔稚鱼生长的影响[J]. 中国水产科学, 2002, 9(1): 33-37.
- Wang Hansheng. Effects of salinity on the growth of red sea bream fertilized eggs and larvae[J]. Journal of Fisheries Sciences of China, 2002, 9(1): 33-37.

Effect of illumination and temperature on zygote hatching and larval survival of hybrids obtained from *Acanthopagrus schlegelii* (♀)×*Pagrosomus major* (♂)

LIU Hai-lin, ZHANG Zhi-yong, ZHANG Zhi-wei, XU Jin, CHEN Shu-yin, JIA Chao-feng, ZHU Fei, MENG Qian

(Jiangsu Marine Fisheries Research Institute, Jiangsu Key Laboratory for Genetics and Breeding of Marine Fishes, Nantong 226007, China)

Received: Dec. 14, 2017

Key words: hybrid seabream; zygote; illumination; temperature

Abstract: This study investigated the effect of illumination and temperature on zygote hatching and larval survival of hybrids obtained from *Acanthopagrus schlegelii* (♀) × *Pagrosomus major* (♂), which could help in improving the hatching rates and survival ratio. The hatching rates, the deformity rates, and the hatching period of zygotes and

the 7-day larval survival rates of hybrid seabreams were observed and compared at the temperatures of 16, 18, 20, 22, 24, and 26°C. The hatching rates, the deformity rates, and the hatching period of zygotes were compared at the illumination intensities of 10, 100, 300, 800, 1500, 4 000, and 10 000 lx. The survival rates of 7-day larvae were compared at the illumination intensities of 200, 1 000, 2 000, 5 000, 10 000, 15 000, and 20 000 lx. The results showed that the zygotes had the highest hatching rate (34.00%) and the lowest deformity rate (16.65%) at the temperature of 20°C. At a temperature range of 16–26°C, it was observed that the temperature negatively correlated with the hatching period and the survival rate of 7-day larvae. There was no significant effect of different illumination intensities on the hatching rate and the hatching period, and the hatching rates were 65.88%–71.88%. An illumination intensity of >800 lx resulted in a higher deformity rate (>15.21%). In addition, the illumination intensity of 5 000–10 000 lx was found to be more suitable for larval survival, with the survival rate being 38%–40.75%. Conclusion: The most suitable hatching temperature for the hybrids obtained from *A. schlegelii* (♀) × *P. major* (♂) was 20°C, and the most suitable illumination intensity was 5 000–10 000 Lx.

(本文编辑: 谭雪静)