9种交配组合鳢的人工繁殖试验

龙敏明,马建波,周爱国,曾运丁,邹记兴

(华南农业大学动物科学学院,广东 广州 510642)

摘要:运用人工催产的方法进行了9种交配组合鳢的人工繁殖试验,9种组合来源于乌鳢(*Channa argus*)、斑鳢(*C. maculate*)和杂交鳢(Hybrid snakehead)彼此之间的交配繁殖。结果表明,无论采用何种孵化方式,9种交配组合所产卵的受精率和孵化率高低顺序基本一致,且各组合间都存在显著差异。交配组合斑鳢(♀)×斑鳢(♂)、斑鳢(♀)×杂交鳢(♂)、杂交鳢(♀)×斑鳢(♂)及杂交鳢(♀)×杂交鳢(♂)在繁殖过程中,其受精率和孵化率高于其他组合,具有较强的繁殖优势,但其子代的生产性能优势还有待进一步研究。孵化方式对受精卵的发育与孵化有重大影响,其中以微流水孵化方式时的受精率和孵化率最高、孵化效果最好。雄亲鱼的重复催产次数会影响受精率及孵化率,一般以重复利用2~3次为宜。

关键词:鳢;人工繁殖;受精率;孵化率

中图分类号:Q321 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2012)05-0066-07

鳢(snakehead)俗称生鱼。乌鳢(*Channa argus*)和斑鳢(*C. maculate*)均属鲈形目(Perciformes)、攀鲈亚目(Anabantoidei)、鳢科(Channidae)、鳢属(*Channa*)。杂交鳢(Hybrid snakehead)通常是指乌鳢(♂)×斑鳢(♀)的杂交F_1代,其生长快、肉质鲜美、抗病能力强并且对恶劣水环境具有高忍受力,在我国已有10多年的养殖历史。随着养殖技术的进步、配合饲料的推广及消费市场的认可,杂交鳢已经成为我国重要的淡水养殖对象。

对乌鳢、斑鳢及杂交鳢的人工繁殖主要是通过对其亲鱼注射催产激素进行催产。早期的乌鳢人工繁殖孵化率较低(何林等,1993;柳富荣等,1996);随后在不同水域采用不同模式的乌鳢人工繁殖均取得了较好效果(陈德英等,1997;马忠庆等,1997;李成勇等,1999;吴莉芳等,1999;李治国和邵翠霞,2003;张惊文等,2004;赵慧英等,2004)。关于斑鳢人工繁殖的报道较少,主要集中于福建闽江流域(林两德,1986;游曦,2001;陈家友等,2001;陈奋燊,2004)。一些研究者利用雄乌鳢与雌斑鳢进行杂交,得到的子一代生长性能优于亲本(游曦,2006;刘文奎等,2007;冯晓宇等,2010);杂交鳢的大规模早繁试验也取得了成功(万松良和吴志佳,2011);此外,刘文奎等(2007)还研究了对父本乌鳢重复催产对催产率和受精率的影响,重复1次能取得较好的效果。

鳢的人工繁殖面临催产率、受精率和孵化率低下等问题,急需改进生产工艺以提高繁殖效率。本试验进行9种交配组合鳢的人工催产试验,研究各交配组合及不同孵化方式对催产率、受精率及孵化率的影响,探索最有利的繁殖孵化方式以及最具繁殖优势的交配组合;同时研究了雄亲鱼重复催产次数对催产率、受精率及孵化率的影响,探索有利于生产的雄鱼重复催产次数,提高人工繁殖效率,旨在为杂交鳢实际生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 交配组合设计

以斑鳢、乌鳢及杂交鳢为亲本,采取种内及种间交配繁殖方法,得到9组交配组合(表1)。

表1 交配繁殖试验组合

Tab. 1 Nine mating combinations among *C. argus*, *C. maculate* and hybrid snakehead

编号	交配组合	编号	交配组合
G1	斑鳢(♀)×斑鳢(♂)	G6	乌鳢(♀)×杂交鳢(♂)
G2	斑鳢(♀)×乌鳢(♂)	G7	杂交鳢(♀)×斑鳢(♂)
G3	斑鳢(♀)×杂交鳢(♂)	G8	杂交鳢(♀)×乌鳢(♂)
G4	乌鳢(♀)×斑鳢(♂)	G9	杂交鳢(♀)×杂交鳢(♂)
G5	乌鳢(♀)×乌鳢(♂)		

收稿日期:2012-09-03

基金项目:广东省部产学研结合项目(2011B090400270);清远市科技计划项目(2011C011106009)。

通讯作者:邹记兴,教授,博士生导师,研究员。E-mail:zoujixing@163.com

作者简介:龙敏明,1987年,女,理学硕士在读,研究方向为水生经济动物遗传育种与繁殖。E-mail:gyhopelong@yahoo.com.cn

1.2　亲鱼培育及选择

新购的亲鱼必须下塘专池培育,雌雄分养,促使亲鱼适应当地环境。一般不投喂,使亲鱼消耗多余脂肪用于性腺发育成熟。判断雌亲鱼群体成熟度,可随机取卵进行镜检,若卵粒分散、大小整齐、饱满圆润、颜色晶黄,表明卵子成熟度较好。培育池塘以土塘为佳,泥厚 15 ~ 20 cm,水深 1.0 ~ 1.5 m,池埂高出水面 40 ~ 50 cm,防止亲鱼逃跑。亲鱼放养密度 3 000 kg/hm^2。

1.3　人工催产

1.3.1　暂养池培育　雌鱼腹部柔软稍膨大、生殖孔微红稍外突者可用于催产;成熟可催产的雄鱼则身体瘦长,胸部有黑斑,生殖孔狭小微红。催产前 2d,将雌雄亲鱼分开暂养,用网箱吊养于水泥池,水深 20 ~ 30 cm,微流水刺激。

1.3.2　催产及配对受精　雌亲鱼均采用 2 次注射,时间间隔为 11 ~ 12 h,第 1 次注射在上午7: 00 ~ 8: 00,单位鱼体重注射 HCG(200 IU/kg) + LRH-A_2(3 μg/kg);第 2 次注射在当天 19: 00 ~ 20: 00,注射剂量为 HCG(800 IU/kg) + LRH-A_2(12 μg/kg) + DOM(5 mg/kg),背部肌肉注射,2 次注射在不同体侧进行,以免药物溢出。注射后的亲鱼置于规格为 60 cm × 40 cm × 30 cm 的泡沫箱中,每箱 10 ~ 15 尾。雄亲鱼采用一次注射,在雌鱼第 2 次注射时进行,背部肌肉注射,剂量为雌鱼的 50%。

第 2 针注射后将雌雄亲鱼以 1: 1 配对放入泡沫箱进行催产,水深 15 ~ 20 cm,初始水温 28 ~ 29℃,水源为自来水,经 24 h 加热及曝气(孵化用水下同)。盖紧箱盖,在箱盖上开 2 个直径为 2 ~ 3 cm 的小孔,用于空气流通及观察。9 种不同交配组合每组催产配对 10 对,每个泡沫箱 1 对,每组共 10 箱。待大部分亲鱼产卵后统计产卵亲鱼数量,计算每组催产率。催产率 = (产卵亲鱼/催产亲鱼总数) × 100%

1.4　人工孵化

1.4.1　泡沫箱孵化(BC)试验　亲鱼产卵受精后,用 80 目滤网分别将每对亲鱼的受精卵小心移入相对应的泡沫箱进行发育与孵化。水深 15 ~ 20 cm,箱盖不开孔,在箱体上沿相对两边各开 1 个边长为 5 cm 的等边三角形,以便空气轻微流通,保证受精卵孵化所需氧气。孵化期间需观察水霉的生成情况,并对卵群做轻微拨动,防止水霉与卵粘结成块,影响孵化。受精后 12 h 左右,待受精卵进入原肠中、后期(俗称“打影”)后,从每个箱中随机取 30 粒卵均匀平铺在培养皿中,置于解剖镜下观察,统计正常发育(到达原肠中、后期)的受精卵数量,计算受精率。受精率 = (正常发育受精卵的数量/检查卵的总数) × 100%

受精后 30 h 左右,仔鱼孵化出膜,从每个箱中随机取 30 尾(粒)仔鱼与卵,均匀平铺在培养皿中,置于解剖镜下观察,统计出膜与未出膜仔鱼数量,计算孵化率。孵化率 = (孵化仔鱼数/检查仔鱼与卵的总数) × 100%。

1.4.2　水泥池微流水孵化(MW)试验　将 9 组受精卵分别移入位于保温棚的 9 个水泥池中孵化,水泥池预先消毒,水深 20 ~ 30 cm,施以微流水,水温 28 ~ 29 ℃。孵化密度控制在 8000 ~ 10 000 粒/m^2;待“打影”及出膜后,从孵化池中各个角落分别随机取出 200 粒左右的卵,进行受精率及孵化率的统计,分别重复 3 次。

1.4.3　水泥池静水孵化(SW)试验　操作方法同水泥池微流水孵化试验,但受精卵采用静水孵化,期间对卵群做轻微拨动,防止水霉与卵粘结成块,影响孵化。

1.5　亲鱼产后护理

亲鱼产卵结束后,统一用 20 mg/L 高锰酸钾溶液浸洗消毒 15 ~ 20 min 后放入暂养池网箱,使其充分休息;对那些未产或半产的亲鱼,应轻压鱼腹,将卵挤出;若生殖孔堵塞,则应戳通生殖孔。1 d 后把亲鱼放入池塘,1 周后开始投喂少量生鱼膨化料,视亲鱼摄食强度逐步增加投喂量。保持水质清新活爽,刺激亲鱼食欲,使其尽快恢复体质用于第 2 次催产。

1.6　雄亲鱼重复催产试验

对雄亲鱼进行重复 1 次、2 次、3 次催产,每次催产过程同上,研究雄亲鱼不同重复催产次数对催产率、受精率及孵化率的影响。催产率、受精率及孵化率的统计同上。

2　结果与分析

2.1　受精卵的生物学性状

雌亲鱼注射第 2 针后 20 ~ 24 h 产卵,所产卵均为浮性卵,具有 1 个大油球。斑鳢所产卵为橘黄色,卵径 1.33 ~ 1.62 mm;杂交鳢所产卵为橘黄色,但比斑鳢卵的颜色稍深,卵径 1.42 ~ 1.86 mm;乌鳢所产卵为金黄色,卵径 1.91 ~ 2.30 mm。

2.2　受精率

2.2.1　不同孵化方式对受精率的影响　表 2 显示,

在3种不同孵化方式下,除了G2外,其余8种不同交配组鳢的受精率大小顺序均为:微流水(MW)>泡沫箱(BC)>静水(SW),表明不同的孵化方式对受精卵的发育产生了一定影响,其中以微流水的效果最佳。以乌鳢为父本的G2、G5、G8在3种不同孵化方式下的受精率均无显著差异($P>0.05$);G7、G9在MW与BC下的受精率无显著差异($P>0.05$),但在SW下差异显著($P<0.05$)。

2.2.2 相同孵化方式下,不同交配组合鳢的受精率对比 表2的结果还显示,在相同的孵化方式下,9个不同交配组合鳢的受精率大小顺序均为:G1>G3>G7>G9>G2>G5>G8>G4>G6;其中,G1、G3、G7、G9组的受精率均高于平均值。在MW下,各组间存在极显著差异($P<0.01$);其中,G1受精率最高,为(69.57±0.46)%。在BC下,各组间存在极显著差异($P<0.01$),而以乌鳢为父本的G2、G5、G8组的受精率较低,且G5与G2、G5与G8均无显著差异($P>0.05$)。在SW下,以乌鳢(♀)×杂交鳢(♂)为亲本的G6受精率最低,仅为(34.32±0.43)%($P<0.01$)。

表2 不同孵化方式9种不同交配组合鳢的受精率

Tab.2 Fertilization rates of nine mating combinations with different hatching methods %

组合	泡沫箱(BC)	静水(SW)	微流水(MW)
G1	$68.19\pm1.88^{A(A),a}$	$68.06\pm0.40^{A(A),a}$	$69.57\pm0.46^{(A),a}$
G2	$45.93\pm1.70^{E(E),a}$	$44.28\pm0.43^{E(E),a}$	$45.77\pm0.31^{(E),a}$
G3	$60.97\pm1.05^{B(B),ab}$	$60.00\pm0.56^{B(B),b}$	$61.53\pm0.15^{(B),a}$
G4	$41.75\pm1.67^{F(F),ab}$	$40.99\pm0.60^{G(G),b}$	$43.19\pm0.04^{(G),a}$
G5	$44.07\pm2.51^{EF(EF),a}$	$42.21\pm0.58^{F(F),a}$	$44.81\pm0.30^{(F),a}$
G6	$35.40\pm1.20^{G(G),ab}$	$34.32\pm0.43^{H(H),b}$	$36.08\pm0.29^{(H),a}$
G7	$54.72\pm1.46^{C(C),a}$	$52.76\pm0.21^{C(C),b}$	$55.67\pm0.35^{(C),a}$
G8	$42.41\pm1.70^{F(EF),a}$	$41.49\pm0.35^{FG(FG),a}$	$43.46\pm0.22^{(G),a}$
G9	$50.42\pm1.25^{D(D),a}$	$48.19\pm0.12^{D(D),b}$	$51.33\pm0.16^{(D),a}$

注:(1)数据表示形式为平均值±标准差;显著水平为0.05。(2)表中上标含有相同小写字母的表示在不同孵化方式下,同一组的受精率无显著差异($P>0.05$);反之则表示有显著差异($P<0.05$),且括号内含有不同小写字母的表示有极显著差异($P<0.01$)。(3)表中上标含有相同大写字母的表示在相同孵化方式下,不同组合的受精率无显著差异($P>0.05$);反之则表示有显著差异($P<0.05$),且括号内含有不同大写字母的表示有极显著差异($P<0.01$)。

Note: (1) Dates were expressed as Mean ± SD. The significant difference was at the 0.05 level. (2) Within the same mating combination, the superscripts which contained same small letters meant no significant differences among the three hatching methods ($P>0.05$). (3) Within the same hatching method, the superscripts which contained same big letters meant no significant differences among the nine mating combinations ($P>0.05$) and the superscripts in brackets which contained different big letters meant extremely significant differences among the nine mating combinations ($P<0.01$).

2.3 孵化率

2.3.1 不同孵化方式对孵化率的影响 表3显示,在3种不同孵化方式下,9个不同交配组鳢的孵化率大小顺序均为:微流水(MW)>泡沫箱(BC)>静水(SW)。各组合在不同孵化方式间的孵化率存在显著差异($P<0.05$)。

2.3.2 相同孵化方式下,不同交配组合鳢的孵化率对比 表3显示,在相同的孵化方式(BC与SW)下,9个不同交配组合鳢的孵化率大小顺序均为:G1>G3>G7>G9>G5>G8>G2>G4>G6,且组间存在极显著差异($P<0.01$);其中,G1、G3、G7、G9组的孵化率均高于平均值,但以斑鳢、杂交鳢为亲本的G3、G7与以杂交鳢为亲本的G9无显著差异($P>0.05$)。在水泥池微流水孵化方式(MW)下,9个不同交配组合鳢的孵化率大小顺序为:G1>G3>G7>G9>G5>G2>G8>G4>G6,且组间存在极显著差异($P<0.01$);其中,以乌鳢为父本G2、G8的受精率较低且无显著差异($P>0.05$),以斑鳢、杂交鳢为亲本的G3、G7受精率均大于平均值且无显著差异($P>0.05$)。

试验结果表明,9种不同交配组合鳢所产的受精卵无论采用何种孵化方式进行发育与孵化,其受精率和孵化率的大小顺序基本是一致的,且各组合间基本上都存在显著差异,表明各组受精卵的受精率和孵化率存在显著差异,且这种差异不会因为孵化方式的改变而改变;其中,交配组合G1、G3、G7及G9组的受精率和孵化率均较高,具有较高的繁殖效率,是最有利于繁殖的交配组合,但其子代的生产性能优势还有待进一步的研究。各组合分别采用不同孵化方式时,其受精率和孵化率的大小顺序均为:微流水>泡沫箱>静水;表明采用微流水孵化方式时的受精率和孵化率最高,受精卵发育较好,孵化效果最好;泡沫箱次之,而静水孵化的效果最差。故在进行鳢的受精卵孵化时,应采用微流水孵化方式。

表 3　不同孵化方式 9 种不同交配组合鳢的孵化率

Tab. 3 Hatching rates of nine mating combinations with different hatching methods　%

组合	泡沫箱(BC)	静水(SW)	微流水(MW)
G1	$65.97 \pm 1.46^{A(A),(b)}$	$62.50 \pm 0.69^{A(A),(c)}$	$69.38 \pm 0.93^{A(A),(a)}$
G2	$31.67 \pm 2.22^{D(D),b(ab)}$	$30.29 \pm 0.62^{D(D),b(b)}$	$36.30 \pm 1.24^{E(E),a(a)}$
G3	$45.28 \pm 0.64^{B(B),b(bc)}$	$43.86 \pm 0.49^{B(B),c(c)}$	$49.10 \pm 0.51^{B(B),a(a)}$
G4	$28.25 \pm 1.20^{E(E),b(b)}$	$26.28 \pm 0.61^{E(E),b(b)}$	$32.93 \pm 1.32^{F(F),a(a)}$
G5	$39.07 \pm 1.40^{C(C),b(b)}$	$37.89 \pm 0.45^{C(C),b(b)}$	$41.91 \pm 0.63^{D(D),a(a)}$
G6	$22.54 \pm 0.73^{F(F),b(b)}$	$21.02 \pm 0.47^{F(F),c(b)}$	$25.33 \pm 0.84^{G(G),a(a)}$
G7	$45.14 \pm 1.05^{B(B),b(b)}$	$43.22 \pm 0.49^{B(B),c(b)}$	$48.01 \pm 0.51^{BC(BC),a(a)}$
G8	$32.41 \pm 0.85^{D(D),b(b)}$	$30.62 \pm 0.64^{D(D),c(b)}$	$35.31 \pm 0.13^{E(E),a(a)}$
G9	$44.72 \pm 0.64^{B(B),b(b)}$	$43.08 \pm 0.40^{B(B),c(b)}$	$47.00 \pm 0.77^{C(C),a(a)}$

注:(1)数据表示形式为 平均值 ± 标准差,显著水平为 0.05。(2)表中上标含有相同小写字母的表示在不同孵化方式下,同一组的受精率无显著差异($P > 0.05$);反之则表示有显著差异($P < 0.05$),且括号内含有不同小写字母的表示有极显著差异($P < 0.01$)。(3)表中上标含有相同大写字母的表示在相同孵化方式下,不同组合的受精率无显著差异($P > 0.05$);反之则表示有显著差异($P < 0.05$),且括号内含有不同大写字母的表示有极显著差异($P < 0.01$)。

Note: (1) Dates were expressed as Mean ± SD. The significant difference was at the 0.05 level. (2) Within the same mating combination, the superscripts which contained same small letters meant no significant differences among the three hatching methods ($P > 0.05$) and the superscripts in brackets which contained different small letters meant extremely significant differences among the three hatching methods ($P < 0.01$). (3) Within the same hatching method, the superscripts which contained same big letters meant no significant differences among the nine mating combinations ($P > 0.05$) and the superscripts in brackets which contained different big letters meant extremely significant differences among the nine mating combinations ($P < 0.01$).

2.4　雄亲鱼重复催产的效果

2.4.1　雄亲鱼重复催产对催产率的影响　表 4 显示,各组合之间的催产率存在差异,其中以组合 G1、G3、G7 及 G9 组的催产率较高,而以乌鳢为亲本的 G5 组最低。

表 4　雄亲鱼重复催产对催产率的影响

Tab. 4　Effects of reuse of male brookstock on the induced spawning rate　%

组合	雄亲鱼重复催产数/次			
	0	1	2	3
G1	80.0	80.0	90.0	80.0
G2	60.0	70.0	70.0	60.0
G3	80.0	80.0	80.0	80.0
G4	70.0	70.0	80.0	70.0
G5	60.0	70.0	60.0	60.0
G6	70.0	80.0	80.0	80.0
G7	80.0	80.0	90.0	80.0
G8	60.0	70.0	80.0	80.0
G9	80.0	90.0	80.0	80.0

2.4.2　雄亲鱼重复催产对受精率的影响　表 5 显示,雄亲鱼重复催产次数对 9 个不同交配组鳢的受精率大小顺序均为:$R_2 > R_1 > R_0 > R_3$,第 3 次催产(R_2)的受精率最高。受精率最高的 G1 组的 R_2 与 R_1 无显著差异($P > 0.05$);G3、G5、G8 的 R_2 与其余催产次数存在显著差异($P < 0.05$);G2、G4、G6、G7、G9 各组催产次数均存在极显著差异($P < 0.01$)。由此推断,雄亲鱼的最适催产次数为 3 次,即可重复利用 2 ~ 3 次。

G1、G3、G7 组雄亲鱼在不同催产次数下的受精率均大于平均值。在第 1 次催产(R_0)中,各组间存在极显著差异($P < 0.01$)。在第 2 次催产(R_1)中,G2 与 G5、G4 与 G5、G4 与 G8 无显著性差异($P > 0.05$);在第 3 次催产(R_2)中,G4 与 G5、G4 与 G8 无显著性差异($P > 0.05$);在第 4 次(R_3)催产中,G4 与 G8、G5 与 G9 无显著性差异($P > 0.05$)。

2.4.3　雄亲鱼重复催产对孵化率的影响　表 6 显示,雄亲鱼重复催产次数对 9 个不同交配组鳢的孵化率大小顺序均为:$R_2 > R_1 > R_0 > R_3$,第 2 次催产(R_2)的孵化率最高。G4、G8 不同催产次数下的孵化率均存在极显著差异($P < 0.01$),其余各组的 R_0 与 R_1 无显著差异($P > 0.05$),R_2 与其余催产次数存在显著差异。由此推断,雄亲鱼的最适催产次数为 3 次,即可重复利用 2 ~ 3 次。

G1、G3、G7、G9 组雄亲鱼在不同催产次数的孵化率均大于平均值,且 G1 的最大孵化率为最高。在第 1 次催产(R_0)中,G3 与 G7、G2 与 G8、G7 与 G9 无显著性差异($P > 0.05$);在第 2 次催产(R_1)中,各组间存在极显著差异($P < 0.01$);在第 3 次催产(R_2)中,G4 与 G8 无显著性差异($P > 0.05$);在第 4 次(R_3)催产中,G2、G4、G8 无显著性差异($P > 0.05$)。

表5 雄亲鱼重复催产次数对受精率的影响

Tab. 5 Effects of number of reuse of male brookstock on the fertilization rate %

组合	雄亲鱼重复催产数/次			
	0	1	2	3
G1	69.57 ± 0.46$^{A(A),b(bc)}$	71.43 ± 0.28$^{A(A),a(ab)}$	72.74 ± 0.60$^{A(A),a(a)}$	68.41 ± 1.47$^{A(A),b(c)}$
G2	45.77 ± 0.31$^{E(E),c(b)}$	47.11 ± 0.39$^{E(E),b(b)}$	52.23 ± 1.12$^{E(D),a(a)}$	42.69 ± 0.57$^{E(E),d(c)}$
G3	61.53 ± 0.15$^{B(B),b(b)}$	63.21 ± 0.41$^{B(B),b(b)}$	66.90 ± 1.49$^{B(B),a(a)}$	58.42 ± 1.04$^{B(B),c(c)}$
G4	43.19 ± 0.04$^{G(G),c(b)}$	45.49 ± 1.46$^{FG(EF),b(b)}$	48.92 ± 0.80$^{FG(E),a(a)}$	39.71 ± 0.43$^{F(F),d(c)}$
G5	44.81 ± 0.30$^{F(F),c(b)}$	46.75 ± 1.41$^{EF(E),b(b)}$	49.33 ± 0.14$^{F(E),a(a)}$	44.48 ± 0.92$^{D(DE),c(b)}$
G6	36.08 ± 0.29$^{H(H),c(b)}$	37.29 ± 0.16$^{H(H),b(b)}$	40.50 ± 0.75$^{H(F),a(a)}$	33.72 ± 0.68$^{G(G),d(c)}$
G7	55.67 ± 0.35$^{C(C),c(b)}$	57.48 ± 0.18$^{C(C),b(ab)}$	59.29 ± 1.17$^{C(C),a(a)}$	51.65 ± 0.79$^{C(C),d(c)}$
G8	43.46 ± 0.22$^{G(G),b(b)}$	44.35 ± 0.69$^{G(F),b(b)}$	47.43 ± 0.92$^{G(E),a(a)}$	40.19 ± 1.15$^{F(F),c(c)}$
G9	51.33 ± 0.16$^{D(D),c(c)}$	52.72 ± 0.19$^{D(D),b(b)}$	54.31 ± 0.66$^{D(D),a(a)}$	45.85 ± 0.71$^{D(D),d(d)}$

表6 雄亲鱼重复催产次数对孵化率的影响

Tab. 6 Effects of the number of reuse of male brookstock on the hatching rate %

组合	雄亲鱼重复催产次数			
	0	1	2	3
G1	69.38 ± 0.93$^{A(A),b(a)}$	70.10 ± 0.35$^{A(A),ab(a)}$	70.96 ± 0.59$^{A(A),a(a)}$	59.70 ± 0.89$^{A(A),c(b)}$
G2	36.30 ± 1.24$^{E(E),b(b)}$	38.11 ± 0.69$^{F(E),b(b)}$	42.34 ± 2.20$^{F(E),a(a)}$	30.97 ± 1.06$^{F(E),c(c)}$
G3	49.10 ± 0.51$^{B(B),b(b)}$	50.67 ± 0.88$^{B(B),b(b)}$	54.56 ± 1.17$^{B(B),a(a)}$	45.10 ± 0.93$^{B(B),c(c)}$
G4	32.93 ± 1.32$^{F(F),c(b)}$	34.87 ± 0.36$^{H(F),b(b)}$	38.56 ± 0.84$^{G(F),a(a)}$	29.55 ± 0.69$^{F(E),d(c)}$
G5	41.91 ± 0.63$^{D(D),b(b)}$	43.12 ± 0.35$^{E(D),b(b)}$	46.38 ± 1.04$^{E(D),a(a)}$	36.80 ± 1.58$^{E(D),c(c)}$
G6	25.33 ± 0.84$^{G(G),b(bc)}$	26.55 ± 1.06$^{I(G),b(b)}$	30.98 ± 0.76$^{H(G),a(a)}$	23.20 ± 0.88$^{G(F),c(c)}$
G7	48.01 ± 0.51$^{BC(BC),b(b)}$	49.25 ± 1.15$^{C(BC),b(b)}$	52.52 ± 0.92$^{C(B),a(a)}$	41.06 ± 0.60$^{C(C),c(c)}$
G8	35.31 ± 0.13$^{E(E),c(b)}$	36.70 ± 0.22$^{G(E),b(b)}$	38.89 ± 0.36$^{G(F),a(a)}$	30.60 ± 1.12$^{F(E),d(c)}$
G9	47.00 ± 0.77$^{C(C),b(b)}$	48.06 ± 0.39$^{D(C),b(b)}$	49.75 ± 0.50$^{D(C),a(a)}$	39.14 ± 0.61$^{D(C),c(c)}$

注:(1)数据表示形式为 平均值 ± 标准差,显著水平为0.05。(2)表中上标含有相同小写字母的表示在不同催产次数下,雄亲鱼的受精率无显著差异($P>0.05$);反之表示有显著差异($P<0.05$),且括号内含有不同小写字母的表示有极显著差异($P<0.01$)。(3)表中上标含有相同大写字母的表示在相同催产次数下,不同组合雄亲鱼的受精率无显著差异($P>0.05$);反之表示有显著差异($P<0.05$),且括号内含有不同大写字母的表示有极显著差异($P<0.01$)。

Note: (1) Dates were expressed as Mean ± SD. The significant difference was at the 0.05 level. (2) Within the same mating combination, the superscripts which contained same small letters meant no significant differences among groups of different reuse number of male broodstock ($P>0.05$) and the superscripts in brackets which contained different small letters meant extremely significant differences among groups of different reuse number of male broodstock ($P<0.01$). (3) Within the same group, the superscripts which contained same big letters meant no significant differences among the nine mating combinations ($P>0.05$) and the superscripts in brackets which contained different big letters meant extremely significant differences among the nine mating combinations ($P<0.01$).

试验表明,雄亲鱼的催产次数对每个组合的受精率和孵化率均存在影响,基本规律是随着雄亲鱼重复催产次数的增加,受精率与孵化率也相应升高,第3次催产时受精率与孵化率达到最高值,但随着催产次数的进一步增加,受精率与孵化率均呈下降趋势,表明雄亲鱼催产3次的效果最佳。所以雄亲鱼在催产过程中可重复利用,这不仅可节约成本,也可以提高催产效果;但至多不能重复超过3次,以免浪费雌亲鱼。

在不同的催产次数下,G1、G3、G7、G9组的受精率与孵化率明显高于其他组,表明在雄鱼催产次数变化时,G1、G3、G7、G9仍能在繁殖时保持较高的受精率与孵化率。综合推断,G1斑鳢(♀)×斑鳢(♂)、G3斑鳢(♀)×杂交鳢(♂)、G7杂交鳢(♀)×斑鳢(♂)、G9杂交鳢(♀)×杂交鳢(♂)是最有利于繁殖的交配组合,但其子代的生产性能优势还有待进一步的研究。

3 讨论

3.1 影响受精率的因素

本试验中9种不同交配组合鳢的受精率大小顺序为:G1 > G3 > G7 > G9 > G2 > G5 > G8 > G4 > G6,其受精率差异显著,这可能取决于各组合两亲本的亲缘关系。在其他条件相同的情况下,亲缘关系近,其受精率高,反之则低,明显地体现在种类交配的G1和G9都有较高的受精率。但种内繁殖的G9组受精率低于种间繁殖的G3与G7,其原因可能是杂交F_1代产生的精卵出现异常,其受精卵在发育过程

中未到眼点期便停止发育。杂交鳢的染色体是遗传自乌鳢和斑鳢各一套染色体数目为 $2n=45$。存在一定的杂种不育,其生理功能不协调,生殖系统遭受干扰而导致繁殖力低下(张诚等,2005;刘苏等,2010)。笔者认为,杂交鳢 F_1 代雄性种群是部分可育,因为张诚等(2005)随机取样发现 F_1 代杂交鳢存在性腺发育Ⅲ期以上的雌个体,而未发现有性腺成熟的雄性个体,但本试验繁殖出了杂交鳢 F_2 代,说明杂交鳢 F_1 代存在可育的雄性,由于存在未受精的配对,推测这些雄鱼未排精或者排出的精子无活力;此外,种内繁殖的 G5 组受精率却低于种间繁殖的 G2 与 G7 组,其原因可能是 G5 亲鱼乌鳢的自然分布在长江流域,引种到珠江流域后,短时期内其生殖系统与内分泌系统还未适应当地水文环境。从 3 种母本的受精率可以看出,以乌鳢为母本的组合其受精率基本都低于其他 2 种,或者以乌鳢为父本的组合其受精率也是同种母本 3 种组合中最低的。可见对于乌鳢来说,外部环境对受精率的影响超过了亲缘关系的影响。

在本次试验中,对同一交配组合,雄亲鱼不同催产次数对受精率产生了影响,表明每次排出精子的活力存在一定差异且成熟度不一致。生鱼的精巢较小、精液少(冯俊荣等,1995),在多次利用后,其精液必然会变稀,活力也会下降,故不宜利用 4 次以上。至于前 3 次其活力逐渐增大的原因,还有待进一步探究。

3.2　影响孵化率的因素

卵受精与否直接影响孵化率的高低,受精率高,且孵化方式稳妥,其孵化率自然就高。本试验中,在相同的孵化方式下,9 种不同交配组合鳢的受精率大小顺序与孵化率的大小顺序是基本一致的;而在 3 种不同的孵化方式中,微流水的孵化效果最佳。

水霉对卵的孵化有很大危害。鳢的卵有个大油球,在孵化过程中一旦破裂,就会有大量的有机质溶于孵化水体中,极易孳生水霉。水霉形成后会覆盖在卵的表面并将附近的卵粘结成块,造成那些本可孵化的受精卵周围水质恶化而停止发育;即使能形成胚体,但由于水霉在卵表面的张力,使仔鱼不能出膜,导致窒息而死,故选择适当的孵化方式很重要。静水孵化最容易形成水霉,而且水温随着外部环境改变较大,不利于受精卵的发育;由于不同亲鱼产的卵其质量和受精率不一,混合在一起孵化容易相互影响,使坏卵感染好卵,泡沫箱孵化避免了这种情况的发生,而且易于保温,不足之处就是操作者对卵的发育情况不方便掌握,必需掀盖才能观察,而且每次孵化前都要对箱体进行清洗和消毒,又要逐个注入孵化用水,增加了很多工作量;采用微流水孵化,不仅能使水温稳定,又能使卵保持轻微流动状态,保证时刻处于好的水质环境中,且水霉与卵之间不易粘结,也能方便观察卵的发育情况。无论采取何种孵化方式,都应该及时剔除死卵,防止水质的恶化。

3.3　影响催产率的因素

催产激素的种类和剂量对催产率有很大影响,吴莉芳等(1999)用 HCG(1 000 IU/kg) + 多巴胺 RES(0.15 mg/kg) + B 型激素(215 IU/kg)对乌鳢雌亲鱼 2 次注射,催产率达到 92.3%;金广海和朴笑平(2007)用 HCG(1 000 ~ 1 200 IU/kg) + DOM (68 mg/kg) + LRH-A_2(5 ~ 6 μg/kg)2 次注射乌鳢雌亲鱼,催产率达到 90%;陈奋燊(2004)采用 HCG (3 000 IU/kg)斑鳢雌亲鱼 1 次注射,催产率达到 100%;冯晓宇等(2010)采用 DOM(4 ~ 6 mg/kg) + LRH-A_2(10 ~ 15 μg/kg) + HCG(800 ~ 1 000 IU/kg) 对雌鱼 2 针注射,催产率平均达到 95%。由此可见,催产药物的选择并无固定搭配,在剂量合适的情况下均能取得较好的效果,注射剂量的多少则应该根据亲鱼的成熟度而定。这些都是需要在长期的繁殖实践中总结经验,刻意地制定催产药物种类和剂量往往不利于繁殖工作。

从本试验结果可以看出,催产率并不会随着雄亲鱼的重复利用次数而显著改变。在生产实践中,催产后未产卵的亲鱼,经过一定时间,在没有雄鱼的情况下也会产卵。雌亲鱼产卵不同步的原因在于其成熟度不一,且没能很好把握催产药物的剂量。可见在相同的产卵环境中,雌亲鱼的产卵与否基本上由催产药物种类和剂量决定。只要催产剂对特定雌鱼的效应时间一到,雌鱼自然会产卵。

参考文献

陈德英,奕伯荣,王福海. 1997. 乌鳢人工繁殖及苗种培育试验[J]. 齐鲁渔业,(3):45 – 49.

陈奋燊. 2004. 斑鳢人工繁殖及育苗技术研究[J]. 福建水产,(3):68 – 69.

陈家友,陈漪,黄汉敢. 2001. 斑鳢人工繁殖的初步研究[J]. 集美大学学报:自然科学版,(6):204 – 209.

冯俊荣,曹克驹,曹秀云. 1995. 乌鳢精巢发育的研究[J]. 水利渔业,(5):7 – 9,35.

冯晓宇,王宇希,谢楠,等. 2010. 杂交鳢人工繁育技术研究[J]. 杭州农业与科技,(4):26 – 30.

何林,曹克驹,王敏,等. 1993. 乌鳍人工繁殖的初步研究[J].

水利渔业,(5):65-66.
金广海,朴笑平.2007.乌鳢规模化人工繁殖技术要点[J].渔业致富指南,(1):12-16.
李成勇,于中立,王永和.1999.乌鳍人工繁殖及流水培育夏花试验[J].水产科学,27(3):53-55.
李治国,邵翠霞.2003.乌鳢人工繁育技术[J].河南水产,(4):23-25.
林两德.1986.斑鳢人工繁殖试验报告[J].福建水产,(3):42-45.
刘苏,朱新平,陈昆慈,等.2010.斑鳢、乌鳢及其杂交种遗传差异的AFLP分析[J].基因组学与应用生物学,29(4):673-678.
刘文奎,樊启学,朱邦科,等.2007.雄性乌鳢与雌性斑鳢杂交试验[J].中国水产,(3):37-39
柳富荣,张先科,李庚.1996.乌鳍人工繁殖试验初探[J].内陆水产,(9):76-79.
马忠庆,邱发春,韩鲁平,等.1997.乌鳍人工繁殖的初步试验[J].黑龙江水产,(4):54-57.
万松良,吴志佳.2011.春末杂交鳢大规模早繁试验[J].科学养鱼,(6):10-11.
吴莉芳,张东鸣,黄权,等.1999.乌鳢的繁殖特性及人工繁殖技术的研究[J].吉林农业大学报,17(4):34-38.
游曦.2001.关于几种鳢科鱼类的养殖技术之四:斑鳢人工繁殖及苗种培育技术研究[J].中国水产,(12):50-51.
游曦.2006.闽香鳢人工繁育及苗种培育技术研究[J].福建水产,3(1):93-94.
张诚,刘年锋,杨小强,等.2005.闽香鳢(斑鳢♀×乌鳢♂)及其亲本染色体组型的比较[J].上海水产大学学报,14(2):103-107.
张惊文,涂涝,漆向贤.2004.乌鳢人工繁殖及苗种培育[J].江西水产科技,(1):56-60.
赵慧英,马士晓,蒋孝祥,等.2004.大棚乌鳢的人工繁殖培育试验[J].水利渔业,24(3):56-60.

(责任编辑 万月华)

Artificial Propagations of Nine Mating Combinations among *Channa argus*, *Channa maculate* and Hybrid Snakehead

LONG Min-ming, MA Jian-bo, ZHOU Ai-guo, ZENG Yun-ding, ZOU Ji-xing

(College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, P. R. China)

Abstract: Artificial propagations of nine mating combinations among *Channa argus*, *C. maculate* and hybrid snakehead were conducted in this study, which was expected to provide the reliable technical information and experience for the cultivation and production of hybrid snakehead. The results showed that the orders of fertilization rate and hatching rate for the nine kinds of snakehead were same in all hatching methods and there were significant differences in fertilization rate and hatching rate among the nine kinds of snakehead. The fertilization rates and hatching rates of four mating combinations [i.e. *C. maculate*(♀)×*C. maculate*(♂), *C. maculate*(♀)×hybrid snakehead(♂), hybrid snakehead(♀)×*C. maculate*(♂) and hybrid snakehead(♀)×hybrid snakehead(♂)]were higher than these of other five combinations, which suggested higher reproduction efficiencies of the four combinations. However, the production performance advantages of their offspring still needed further research. Hatching method had significant influences on the development and hatching of fertilized eggs, and the method 'micro-flow incubation' was the best. The fertilization rate and hatching rate were also influenced by the number of reuse of male broodstock, and the suitable number of reuse was 2-3.

Key words: snakehead; artificial propagation; fertilization rate; hatchability