

4 种精子对淇河鲫鱼子代生长性状影响研究

董传举,吕红皂,张江凡,王梦雪,常松欢,李帅博,李学军

(河南师范大学 水产学院,河南 新乡 453007)

摘要:淇河鲫(*Carassius auratus* in Qihe river)是河南省特有的名贵优质鱼类,其体型丰满、体色鲜亮、营养丰富,淇河鲫的繁殖方式为天然雌核发育,故多为三倍体,本研究选取 14 条健康的成熟淇河鲫雌鱼,取卵子混合后,分别用淇河鲫、荷包红鲤、红鲫、黄河鲤的成熟精子刺激并采用干法授精的方式进行人工授精,孵化后培育,分别在 5 月龄及 7 月龄时测量 4 种精子刺激的淇河鲫子代的体长、体高、体宽和体质量,运用 SPSS 22.0 软件对不同性状的平均值、标准差、显著性检验,结果表明,与异源精子刺激产生的淇河鲫子代相比,同源精子刺激产生的后代生长性状较差,而黄河鲤精子刺激产生的子代生长性状最好,该实验支持并验证了“异精生物学效应”假说,为淇河鲫的种质资源保护和雌核发育研究提供参考,具有一定的社会和经济价值。

关键词:淇河鲫;雌核发育;异源精子;生长性状

中图分类号:S965.117

文献标志码:A

淇河鲫(*Carassius auratus* in Qihe river)属硬骨鱼纲(Osteichthyes),鲤形目(Cypriniformes),鲤科(Cyprinidae),鲫属(*Carassius*),原产于河南省淇河流域^[1]。淇河鲫口感细腻,味道鲜美,蛋白质质量分数接近 20%,氨基酸成分高而全,脂肪质量分数不到 3%,具有较好的开发前景^[2]。淇河鲫为天然三倍体雌核发育鲫鱼,生长速度快,具有较好的经济价值^[3]。

雌核发育与其他繁殖方式不同,精子只起到刺激卵子的作用,子代染色体由卵细胞分裂而来。通过诱导雌核发育,不但可以快速建立纯系、固定优良性状,还为探讨性别决定机制、繁育单性群体奠定基础^[4]。相较于同源精子,有研究已表明异源精子刺激也能成功诱导雌核发育产生子代^[5]。关于同源和异源精子刺激母本雌核发育产生子代方面已有大量研究,例如:贾方钧等先将异源精子用紫外线照射使其失活,之后对鲫卵子进行刺激,成功得到子代个体^[6]。杨景峰等用冷冻保存的异源花鲈精子刺激卵子,得到条斑星鲈二倍体鱼苗^[7]。王晓清等分别使用同源异源精子刺激大黄鱼卵子,也成功得到大黄鱼二倍体后代^[8];苗亮等用异源的鲢鱼精子刺激大黄鱼卵子,得到了大黄鱼雌核发育二倍体^[9]。研究发现,不同精子刺激的雌核发育产生的子代在生长方面存在不同程度的差异^[10]。蒋一珪等对鲫的研究发现,异源精子诱导的雌核发育,对后代生长性状有不同程度的影响,进而提出“异精生物学效应”假说,即更加有效的异源精子刺激,将有利于提高其养殖产量和经济效益^[11]。也有相关研究反对“异精生物学效应”假说,如张英培等发现异育淇河鲫的同工酶与母本相同而与父本不同,认为异育淇河鲫遗传物质完全来自母本,异源精子刺激对子代无影响,支持“无异精生物学效应”假说^[12]。因此对于“异精生物学效应”假说目前存在较大争议,仍需大量实验验证。

目前,对同源和异源精子诱导淇河鲫繁殖的研究较少。本研究分别用淇河鲫、荷包红鲤、红鲫、黄河鲤 4 种不同精子,采用干法授精的方式进行人工授精。孵化后进行培育,分别在 5 月龄及 7 月龄时测量其体长、体高、体宽和体质量,比较分析 4 种精子刺激下的淇河鲫早期生长性状,研究淇河鲫同源和异源精子诱导产生的子代生长性状差异,为淇河鲫的种质资源保护和人工诱导繁殖方式提供借鉴和参考。

收稿日期:2019-01-10;**修回日期:**2019-10-21.

基金项目:国家自然科学基金(31801032);河南省科技攻关计划项目(182102210081);河南省高等学校重点科研项目(17B240001).

作者简介:董传举(1989-),男,山东菏泽人,河南师范大学副教授,博士,研究方向为水产应用基因组学,E-mail:cjd1989@126.com.

通信作者:李学军,教授,博士,E-mail:xjli@htu.cn.

1 材料与方法

1.1 亲鱼培育和人工授精

实验用亲鱼取自河南师范大学水产养殖基地,选取14条性腺发育成熟、生长良好的雌性淇河鲫作为母本,各选取3条生长发育良好的雄性淇河鲫、荷包红鲤、红鲫、黄河鲤作为父本,从5月份开始,进行雌雄亲鱼分桶养殖于循环水养殖桶内,进行流水刺激,控温控光催熟。

用促排卵素2号(LHR-A2)和地欧酮(DOM)组合型催产剂分别对雌雄鱼进行催产,出现追尾现象后取出亲鱼,采用干法授精的方式进行人工授精。吸水纸吸干其腹部,轻压雌鱼腹部获得卵子,用吸管在雄鱼生殖孔处吸取少量精子,4种不同精子分别对卵子进行刺激,用滑石粉对受精卵进行脱黏。

1.2 孵化、鱼苗培育及饲养管理

不同精子刺激的受精卵转至孵化桶中分桶孵化,52 h左右受精卵破膜出苗,4 d后将鱼苗转移培育,以轮虫喂食,5~7 d后用丰年虾喂食。

45 d后待鱼苗生长至3 cm左右时,分别转移至4个不同网箱,放置在池塘中喂养,在1 d中的8时、12时、18时分别进行投喂,每个网箱饵料饲喂量为100 g左右,投喂时将饵料放入料袋中喂食以便观察鱼的吃食情况。严格按照上述方法,定时定点定量投喂,以排除不同水温水质等环境因素以及人为因素的干扰,饲养期间要观察水质变化,保证水质干净。

1.3 形态学测量

当年10月份即鱼苗5月龄时,使用PIT标记对所有鱼进行背部肌肉注射,扫码记录编号,对其体长、体高、体宽、体质量性状进行形态学测量,之后对所有子代淇河鲫进行池塘混养,在当年12月份即7月龄时对池塘进行清塘处理,再次测量其形态学数据并记录。

1.4 数据分析

通过形态学测量,得到子代淇河鲫5月龄和7月龄形态学数据,从不同精子刺激的淇河鲫子代中分别随机挑取50尾生长数据,使用SPSS 22.0软件对其生长速度、性状相关性,质量增加率,变异系数分别进行方差显著性比较分析。

2 实验结果

2.1 4种精子刺激的淇河鲫子代的生长速度分析

为更加清楚的显示各性状分布,分别对4种精子刺激的淇河鲫子代5月龄和7月龄体长、体高、体宽、体质量分别统计绘图,如图1所示,在5月龄和7月龄时,淇河鲫刺激子代淇河鲫生长最慢,黄河鲤刺激子代淇河鲫生长最快,异源精子刺激的淇河鲫子代体长、体高、体宽、体质量生长性状均优于同源精子刺激的淇河鲫子代。

5月龄子代数据分析显示,4种不同精子刺激产生的淇河鲫子代体长平均值为8.03 cm,其中淇河鲫精子刺激的淇河鲫子代平均体长最小,为7.39 cm;黄河鲤精子刺激的淇河鲫子代平均体长最长,为8.47 cm。4种淇河鲫子代体高平均值是2.87 cm,其中淇河鲫精子刺激的淇河鲫子代平均体高最小,为2.63 cm;黄河鲤精子刺激的淇河鲫子代平均体高最高,为3.03 cm。4种淇河鲫子代体宽为1.52 cm,其中淇河鲫精子刺激的淇河鲫子代平均体宽最小,为1.38 cm;黄河鲤精子刺激下的淇河鲫子代平均体宽最高,为1.58 cm。4种淇河鲫子代体质量平均值为16.59 g,淇河鲫精子刺激的淇河鲫子代平均体质量最小,为12.90 g;黄河鲤精子刺激下的淇河鲫子代平均体质量最高,为18.90 g(如表1)。

将5月龄各组间不同性状运用SPSS 22.0软件进行显著性多重比较分析(如表2),同源精子刺激较异源精子刺激的子代生长性状均表现为极显著差异($P < 0.01$);在异源精子生长性状显著性比较中,黄河鲤精子刺激产生的子代与荷包红鲤精子刺激产生的子代相比,体长表现为极显著差异($P < 0.01$),体质量表现为显著差异($P < 0.05$);黄河鲤精子刺激产生的子代与红鲫精子刺激产生的子代相比,体长、体高均表现为极显著差异($P < 0.01$),体质量表现为显著差异($P < 0.05$)。

表1 5月龄4种精子刺激下淇河鲫鱼子代生长性状比较(平均值±标准差)

Tab.1 Comparison of growth trait of *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm at five month old (mean ± standard deviation)

精子刺激类型	体长/cm	体高/cm	体宽/cm	体质量/g
淇河鲫	7.39±0.49	2.63±0.63	1.38±0.13	12.90±3.27
荷包红鲤	8.12±0.70	2.95±0.29	1.55±0.17	17.31±4.75
红鲫	8.14±0.63	2.89±0.27	1.56±0.15	17.29±4.75
黄河鲤	8.47±0.37	3.03±0.15	1.58±0.11	18.90±2.61
平均值	8.03±0.68	2.87±0.28	1.52±0.16	16.59±4.52

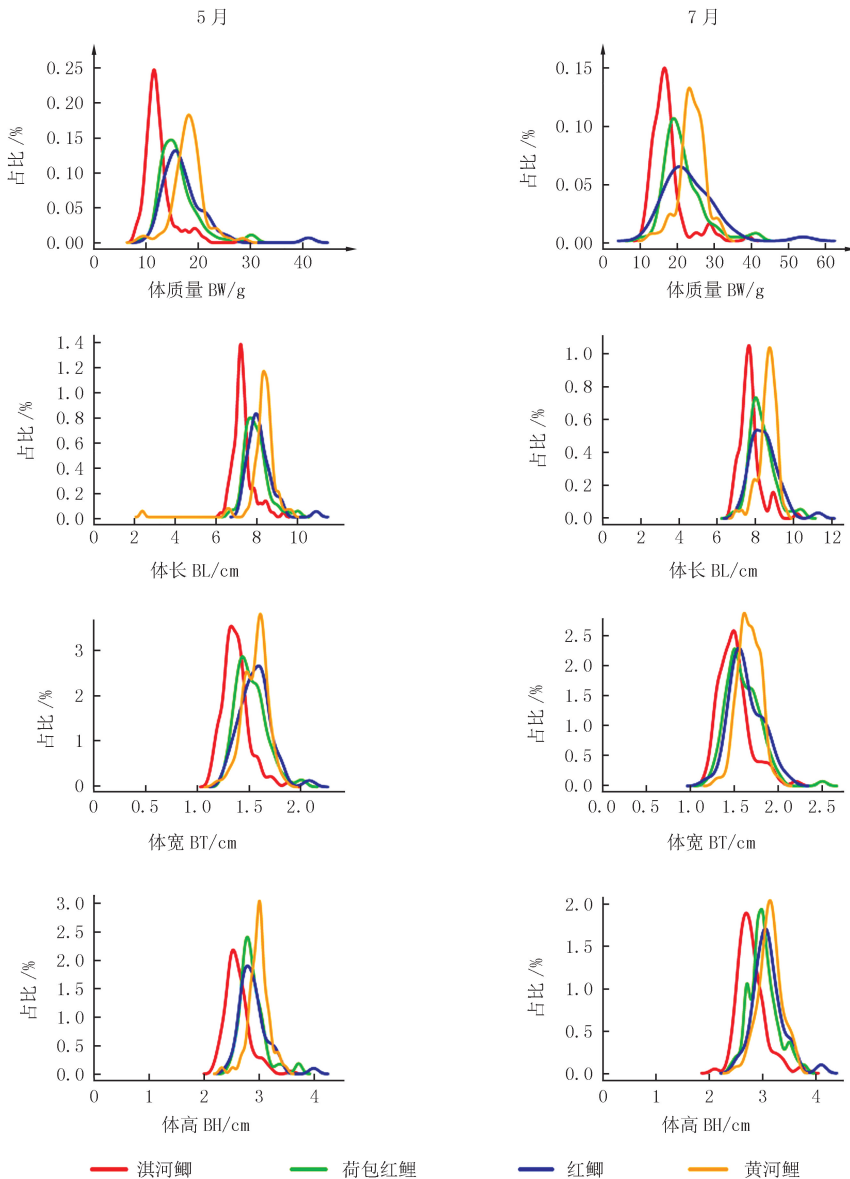


图1 4种精子刺激的淇河鲫鱼子代5月龄和7月龄性状分布

Fig.1 Traits distribution of five and seven month old *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm

7月龄子代数据分析显示,4种不同精子刺激下淇河鲫鱼子代的体长平均值为8.48 cm,淇河鲫精子刺激的淇河鲫鱼子代平均体长最小,为7.92 cm;黄河鲤精子刺激的淇河鲫鱼子代平均体长最长,为8.83 cm.4种淇河鲫鱼子代体高平均值是3.06 cm,淇河鲫精子刺激的淇河鲫平均体高最小,为2.86 cm;黄河鲤精子刺激下的淇

河鲫平均体高最高,为 3.19 cm.4 种淇河鲫鱼子代体宽平均值是 1.61 cm,淇河鲫精子刺激的淇河鲫平均体宽最小,为 1.53 cm;黄河鲤精子刺激下的淇河鲫平均体宽最高,为 1.68 cm.4 种淇河鲫鱼子代体质量平均值为 22.93 g,淇河鲫精子刺激的淇河鲫平均体质量最小,为 18.51 g;黄河鲤精子刺激下的淇河鲫平均体质量最高,为 25.45 g(如表 3).

表 2 5 月龄各组间各性状显著性多重比较

Tab.2 Multiple comparisons of the significance of each trait between groups at five month old

精子刺激类型	荷包红鲤	红鲫	黄河鲤
淇河鲫	a**b**c**d**	a**b**c**d**	a**b**c**d**
荷包红鲤	—	abcd	a**bcd*
红鲫	—	—	a**b**cd*

注:以 a、b、c、d 分代表体长、体高、体宽、体质量, ** 表示差异极显著, * 表示差异显著

表 3 7 月龄 4 种精子刺激下淇河鲫鱼子代生长性状比较(平均值±标准差)

Tab.3 Comparison of growth trait of *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm at seven month old (mean ± standard deviation)

精子刺激类型	体长/cm	体高/cm	体宽/cm	体质量/g
淇河鲫	7.92±0.60	2.86±0.30	1.53±0.20	18.51±4.98
荷包红鲤	8.62±0.79	3.07±0.30	1.63±0.19	23.76±6.99
红鲫	8.57±0.77	3.10±0.29	1.63±0.18	23.95±7.40
黄河鲤	8.83±0.38	3.19±0.20	1.68±0.12	25.45±2.85
平均值	8.485±2.8	3.06±0.30	1.61±0.18	22.93±6.34

将 7 月龄各组间不同性状运用 SPSS 22.0 软件进行显著性多重比较分析(如表 4),除淇河鲫精子刺激产生的子代与红鲫精子刺激产生的子代体宽为显著差异($P < 0.05$)外,其余同源精子刺激较异源精子刺激产生的子代生长性状表现为极显著差异($P < 0.01$);异源精子刺激产生的子代生长性状之间彼此没有显著性差异.

表 4 7 月龄各组间各性状显著性多重比较

Tab.4 Multiple comparisons of the significance of each trait between groups at seven month old

精子刺激类型	荷包红鲤	红鲫	黄河鲤
淇河鲫	a**b**c**d**	a**b**c**d**	a**b**c**d**
荷包红鲤	—	abcd	abcd
红鲫	—	—	abcd

注:以 a、b、c、d 分代表体长、体高、体宽、体质量, ** 表示差异极显著, * 表示差异显著

2.2 4 种淇河鲫鱼子代生长性状相关性分析和体质量增加比较

分别对 5 月龄和 7 月龄的测量数据(体长、体高、体宽和体质量)进行相关性比较,如表 5 和表 6 所示,5 月龄各性状相关性在 0.841~0.950 之间,为极显著正相关($P < 0.01$);7 月龄各性状相关性在 0.724~0.956 之间,为极显著正相关($P < 0.01$),且从 5 月龄到 7 月龄各生长相关性的结果一致,说明所测量的 4 种不同精子刺激下的淇河鲫鱼子代各生长性状均极显著相关($P < 0.01$),具有测量学意义.

表 5 5 月龄 4 种不同精子刺激的淇河鲫鱼子代各生长性状相关性比较

Tab.5 Correlation of comparison in growth trait of *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm at five month old (mean ± standard deviation)

生长性状	体高	体宽	体质量
体长	0.947**	0.841**	0.947**
体高	1	0.876**	0.950**
体宽	—	1	0.852**

注:** 表示差异极显著

表6 7月龄4种不同精子刺激下的淇河鲫各生长性状相关性比较

Tab.6 Correlation of comparison in growth trait of *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm at seven month old (mean \pm standard deviation)

生长性状	体高	体宽	体质量
体长	0.824 **	0.747 **	0.956 **
体高	1	0.724 **	0.842 **
体宽	—	1	0.779 **

注: ** 表示差异极显著

水产养殖经济中一般把体质量增长作为衡量生长速度的重要参考指标.使用5月龄及7月龄所测量的数据,针对4种淇河鲫子代体质量以及从5月龄到7月龄子代质量增加进行比较分析.如表7所示,淇河鲫精子刺激的淇河鲫子代增加体质量最小,平均增加体质量5.61 g;红鲫精子刺激下的淇河鲫子代增加体质量最多,平均增加体质量6.66 g;黄河鲤精子刺激的淇河鲫子代平均增加体质量为6.55 g;荷包红鲤精子刺激的淇河鲫子代平均增加体质量为6.45 g.结果表明同源精子刺激的淇河鲫从5月龄到7月龄期间增加体质量最少,异源精子刺激的淇河鲫相对于同源精子刺激的淇河鲫来说增加体质量较多,且差异均极显著($P < 0.01$).

表7 4种不同精子刺激的淇河鲫子代的体质量增长比较

Tab.7 Comparison of weight gain in *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm

精子刺激类型	5月龄体质量/g	7月龄体质量/g	平均增加体质量/g
淇河鲫	12.90 \pm 3.27	18.51 \pm 4.98	5.61
荷包红鲤	17.31 \pm 4.75	23.76 \pm 6.99	6.45 **
红鲫	17.29 \pm 4.75	23.95 \pm 7.40	6.66 **
黄河鲤	18.90 \pm 2.61	25.45 \pm 2.85	6.55 **
平均值	16.59 \pm 4.52	22.93 \pm 6.34	6.34

注:以淇河鲫精子刺激产生的子代增加体质量为对照组, ** 表示差异极显著.

2.3 4种不同精子刺激的淇河鲫子代生长性状变异系数分析

分别对5月和7月龄子代各性状的变异系数进行分析(如表8).5月龄和7月龄相比,体长、体高、体宽、体质量4种生长性状的变异系数无较大变化,表明在养殖过程中受外界环境因素干扰较小.而4种子代体长、体高、体宽、体质量四个生长性状,分别比较其变异系数,发现黄河鲤精子刺激下的淇河鲫子代变异系数均最低,说明黄河鲤刺激的淇河鲫生长性状相对稳定,遗传稳定性较好.

表8 5月和7月龄不同精子刺激下的淇河鲫各性状的变异系数

Tab.8 Coefficient of variation of each trait of *Carassius auratus* in Qihe river offspring stimulated by four kinds of sperm at five and seven month old %

精子刺激类型	体长的变异系数	体高的变异系数	体宽的变异系数	体质量的变异系数
	5月/7月	5月/7月	5月/7月	5月/7月
淇河鲫	6.63/7.57	23.95/10.48	9.42/13.07	25.34/26.90
荷包红鲤	8.62/9.16	9.83/9.77	10.96/11.65	27.44/29.42
红鲫	7.74/8.99	9.34/9.35	9.61/11.04	27.47/30.89
黄河鲤	4.37/4.30	4.95/6.27	6.96/7.14	13.81/11.20
平均值	8.47/8.61	9.75/9.80	10.53/11.18	27.24/27.65

3 讨论

鲫在生殖过程中经减数分裂产生精子或卵子.受精以后,卵细胞在排出第二极体后和精核融合,最后发育成二倍体鲫.淇河鲫是天然三倍体鲫,其生殖方式为雌核发育,即在生殖过程中产生的卵细胞依旧是三倍体,经过精子激活之后,卵核自身发育成三倍体的淇河鲫^[4].鲫具有天然雌核发育的特性,在天然水体中雌性

个体占比较大,且生长速度快于雄性个体,因此雌核发育的鲫鱼代一般具有优良的生长性状^[4]。

在诱导雌核发育的过程中,使用同源和异源精子都能成功诱导雌核发育.蒋一珪等在揭示这一特殊生殖方式的基础上,用兴国红鲤的精子刺激银鲫雌核发育,不但获得了全雌性子代,而且进一步发现了促生长效应,进而提出“异精生物学效应”假说^[11].张海发等在对异源精子激发彭泽鲫雌核发育的研究中,发现异源精子虽然只起到刺激卵子的作用,但精子的基因片段对卵子有某种程度的影响进而影响子代的生长性状^[13],舒琥等人使用不同精子刺激彭泽鲫,也发现在其子代生长性状中,异源精子刺激效果好于同源精子^[14].通过对异源精子刺激银鲫,并对产生的后代生长性状统计分析发现,异源精子效应确实存在,每种异源精子对子代的生长性状等方面影响不同^[15].目前也有很多研究发现异源精子刺激母本雌核发育产生的子代中有少量父本 DNA 片段^[16-18].但在诸多研究中,也有很多学者并不支持“异精生物学效应”假说.他们认为同源和异源精子诱导的子代差异并不显著,支持无异源精子效应.例如: Taniguch 等应用 RAPD 等分子标记技术对日本银鲫进行的研究,发现用日本银鲫作母本,异源精子刺激所获得子代的总基因组与母本完全一致^[19-20].而对具有雌核发育特性的淇河鲫鱼代与父母本的血清生化指标研究发现,子代与母本无明显差异,但与父本差异十分显著^[21].

本研究采用同源精子(淇河鲫)和异源精子(荷包红鲤、红鲫和黄河鲤)分别诱导淇河鲫成熟卵子进行繁育,并对其子代5月龄和7月龄的4种生长性状、增加体质量和变异系数等数据进行分析.在5月龄和7月龄时4种精子刺激的淇河鲫鱼代中,同源精子刺激产生的淇河鲫鱼代与异源精子刺激产生的子代相比,4种生长性状均较差,且具有显著性差异.淇河鲫精子刺激产生的子代体质量增长与异源精子刺激产生的子代相比,增加体质量较少,且具有极显著差异.结果表明异源精子不仅能成功诱导成熟淇河鲫卵子发育产生子代,而且子代淇河鲫比同源精子诱导的子代生长性状更好,具有促生长效应,因此也进一步支持了“异精生物学效应”假说.结合之前的研究,我们推测异源精子效应产生的原因,可能是由于父本 DNA 微量片段在母本的存留,对子代生长性状造成不同程度的影响^[22].

异源精子刺激产生的子代生长性状比较分析结果显示,在子代5月龄时,荷包红鲤精子刺激产生的子代与红鲫精子刺激产生的子代相比,4种生长性状均没有显著差异,而与黄河鲤精子刺激产生的子代相比,体长均具有极显著性差异,而体质量具有显著性差异.但在7月龄时,这3种精子刺激产生的子代均无显著性差异.结果表明,不同精子刺激在对淇河鲫后代早期生长发育过程中,可能会对生长性状具有一定的影响,但是随着子代的生长,该差异会逐渐消失.在5月和7月龄4种精子刺激下淇河鲫各性状变异系数比较中,发现黄河鲤精子刺激下的淇河鲫鱼代变异系数最低.因此,不同异源精子诱导子代雌核发育效果不同,其后代的形态特征确实会受到一定影响.另外,在一些研究中,确实没有发现异源精子效应,这可能是研究物种的差异造成的,即不同的物种面对不同精子刺激时,可能会不产生异源精子效应或产生不同的异源精子效应,即异源精子与母本的亲缘关系决定其精子 DNA 片段是否能够留在卵核基因组中^[23].在本试验中发现异源精子(荷包红鲤、红鲫、黄河鲤)刺激产生的淇河鲫鱼代中,黄河鲤精子刺激产生的子代淇河鲫生长较好,这可能是由于黄河鲤与淇河鲫的亲缘关系有关,但红鲫与淇河鲫亲缘关系更近,因此本实验并不能直接说明异源精子亲缘关系对诱导雌核发育的子代有某种关系.异源精子与父母本亲缘关系的远近与子代生长性状的优劣是否有直接关系,可进一步作更深入的研究.

在该研究中,黄河鲤精子刺激产生的子代生长性状最好,生长性状相对稳定,遗传稳定性较好.研究有利于人们进一步开展异源精子对子代生长机制的研究,为淇河鲫种质资源的保护和人工诱导繁殖提供参考,具有一定的社会和经济效益.

参 考 文 献

- [1] 程臆臻.淇河鲫(♀)与锦鲤(♂)杂交 F₁ 代生长和遗传多样性研究[D].新乡:河南师范大学,2014.
- [2] 刘颖.饲料蛋白水平及蛋白质质量对彭泽鲫养殖全期生长的影响[D].北京:中国农业科学院,2008.
- [3] 高丽霞,李学军,李永东,等.淇河鲫与两野生鲫鱼群体遗传多样性的 ISSR 分析[J].水产科学,2011,30(7):421-424.
- [4] 奚绍初,杨志刚.优质鱼养殖[M].北京:农业出版社,1987.
- [5] 张新辉,夏新民,罗伟,等.团头鲂雌核发育后代的微卫星标记分析[J].华中农业大学学报,2012,31(6):737-743.
- [6] 贾方钧,王剑伟,吴清江.异源精子诱导稀有鮠鲫的人工雌核发育[J].水生生物学报,2002,26(3):246-252.

- [7] 杨景峰,陈松林,苏鹏志,等.异源精子诱导条斑星鲃雌核发育[J].水产学报,2009,33(3):372-378.
- [8] 王晓清,王志勇,柳小春,等.大黄鱼人工诱导雌核发育后代的微卫星标记分析[J].遗传,2006,28(7):831-837.
- [9] 苗亮,王天柱,李祥云,等.同源和异源精子诱导大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)雌核发育的胚胎发育比较及子代 SSR 遗传标记分析[J].海洋与湖沼,2011,42(3):419-424.
- [10] Luckenback J A, Godwin J, Daniels H V, et al. Induction of diploid gynogenesis in southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) with homologous and heterologous sperm.[J]. Aquaculture, 2004, 237(1): 499-516.
- [11] 蒋一珪.异源精子在银鲫雌核发育子代中的生物学效应[J].水生生物学报,1983,7(1):1-16.
- [12] 张英培,刘红,楼允东.异育淇鲫及其双亲同工酶的比较研究[J].Journal of Genetics & genomics,1990(1):34-37.
- [13] 张海发,陈湘麟.异源精子激发彭泽鲫雌核发育产生的子一代及亲本 RAPD 分析[J].应用与环境生物学报,1999,5(5):507-511.
- [14] 舒璇.彭泽鲫的雌核发育及异源精子的效应[D].广州:华南师范大学,1997.
- [15] 许昌光,荣顺秀,赵永明.异精激发银鲫雌核发育所获后代的比较研究[J].齐鲁渔业,1985(4):26-32.
- [16] 陈洪,朱立煌,杨靖,等.RAPD 技术在异精激发方正银鲫比较研究中的应用[J].科学通报,1994,39(7):661-663.
- [17] 周莉,桂建芳.银鲫两个雌核发育克隆间两性生殖子代的遗传多样性分析[J].实验生物学报,2001,34(3):169-176.
- [18] Jia Z Y, Shi L Y, Sun X W, et al. Inheritance of microsatellite DNA in bisexual gynogenesis complex of Fangzheng silver crucian carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch)[J]. Journal of Fish Biology, 2008, 73(5): 1161-1169.
- [19] Dong S, Taniguchi N. Clonal Nature of Offsprings of Ginbuna *Carassius langsdorfii* by RAPD-PCR and Isozyme Patterns[J]. Nsugaf, 1996, 62(6): 891-896.
- [20] Dong S, Ohara K, Taniguchi N. Introduction of Sperm of Common Carp *Cyprinus carpio* into Eggs of Ginbuna *Carassius langsdorfii* by Heart Shock Treatment and Its Confirmation by DNA Markers[J]. Nsugaf, 1997, 63(2): 201-206.
- [21] 楼允东,沈斌,陆君,等.异育淇鲫及其亲本血清生化组成的比较研究[J].动物学研究,1991(2):73-77.
- [22] 曹顶臣,贾智英,鲁翠云,等.同源与异源精子对方正银鲫子代存活、生长及性别的影响[J].水产学杂志,2012,25(3):11-14.
- [23] 凌去非,李思发,张海军,等.丁(鱼岁)雌核发育鱼的异源精子诱导及其与亲本的 RAPD 比较分析[J].水产学报,2005,29(1):120-123.

Effects of four kinds of sperms on the growth traits of *Carassius auratus* in Qihe river offspring

Dong Chuanju, Lü Hongzao, Zhang Jiangfan, Wang Mengxue, Chang Songhuan, Li Shuaibo, Li Xuejun

(College of Fisheries, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: The Qihe crucian carp (*Carassius auratus* in Qihe river) is a unique and valuable fish in Henan province. Compared with common crucian carp, it is plump, brillante and nutritious. Reproductive way of feral Qihe crucian carp is natural gynogenesis, thus most of them are triploid. In this study, we selected 14 healthy mature female Qihe crucian carp, and mixed the eggs. Then we stimulated eggs of Qihe crucian carp with four mature sperms including Qihe crucian carp, Red purse carp, Red crucian carp, Yellow River carp respectively. After hatching, we measured the length, height, width and weight in 5-month old and 7-month old and analyzed the average of growth traits, standard deviation, and significance test using the SPSS 22.0 software. The results showed that comparing with homology sperm stimulation, the Qihe crucian carp offspring growth traits are better when heterologous sperm stimulation and the Yellow River carp stimulation is the best. Our study supports and verifies the allogynogenetic effect, providing a ponderable reference of crucian carp germplasm resources protection and gynogenesis breeding research. It has a definite social and economic benefits.

Keywords: *Carassius auratus* in Qihe river; gynogenesis; heterologous sperm; growth trait

[责任编辑 王凤产 杨浦]