CC BY

مقاله علمی -پژوهشی:

مقایسه شاخص‌های تولیدمثلی بین و درون جمعیت‌های مختلف کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

سمیرا ناظم‌رعایا*[۱]، سیدعبدالصاحب مرتضوی‌زاده[۱]، آیه‌سادات صدر[۱]، محمد یونس زاده فشالمی[۱]، فرخ امیری[۱]، فاطمه حکمت‌پور[۱]، حسین هوشمند[۱]، مینا آهنگرزاده[۱]، فرحناز کیان‌ارثی[۱]، محمود بهمنی[۲]، محمود حافظیه[۲]، منصور شریفیان[۲]، الهام جرفی[۲]

*s.nazem@areeo.ac.ir

۱-پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲-مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

چکیده

هدف این مطالعه، مقایسه شاخص های تولیدمثلی مولدین بین و درون (تیمار شاهد و منتخب) چهار جمعیت مختلف کپور معمولی با منشاء تاتا مجارستان (TATA)، شمال ایران، چین (RAN) و جنوب ایران (خوزستان) است. تیمار شاهد در هر جمعیت شامل میانگین جمعیت مولدین و تیمار منتخب شامل ۳۰ درصد بالای میانگین (جدای از ماهیان شوتر با رشد بی‌رویه و خارج از نرم جامعه) جهت محاسبه پیشرفت ژنتیکی در نظر گرفته شد. شاخص های تولیدمثلی نر و ماده به‌ترتیب با ارزیابی کیفیت اسپرم (اسپرماتوکریت، تراکم اسپرم، درصد تحرک و طول دوره تحرک اسپرم) و با اندازه‌گیری هم‌آوری کاری و نسبی، قطر تخمک و تخم آب کشیده، نرخ لقاح و تفریخ، نرخ بازماندگی لارو و اندازه لارو پس از خروج از تخم بررسی شد. نتایج نشان داد که با وجود هم آوری بالا در جمعیت جنوب ایران، کمترین اندازه قطر تخم و نرخ بازماندگی لارو در این جمعیت دیده شد ($p<۰/۰۵$). اگرچه جمعیت با منشأ چین (شاهد و منتخب) دارای کمترین حجم اسپرم استحصالی، کمترین تراکم اسپرم در هر میلی لیتر و کمترین درصد اسپرماتوکریت بین جمعیت های مختلف بود، اما تیمار منتخب بیشترین درصد اسپرم متحرک و مدت زمان تحرک تا ایستایی کامل را از آن خود کرده بود که منجر به بیشترین درصد لقاح متعلق به این جمعیت گردید ($p<۰/۰۵$). بیشترین نرخ بازماندگی ۲۴ ساعت پس از تفریخ در جمعیت های با منشاء چین (شاهد و منتخب) و شمال ایران شاهد و کمترین آن در جمعیت تاتا (شاهد و منتخب)، شمال ایران -منتخب و جنوب ایران مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بالاترین نرخ بازماندگی لارو ۷۲ ساعت پس از تفریخ در جمعیت چینی شاهد دیده می‌شود، هرچند تفاوت معنی‌داری با جمعیت های شمال ایران (شاهد و منتخب) و تاتا -شاهد ندارد. اما اختلاف آن با جمعیت‌های جنوب ایران، تاتا - منتخب و منشأ چین -منتخب معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). اندازه لارو در جمعیت تاتا منتخب و شمال ایران شاهد و جنوب ایران منتخب کوچکتر از سایر جمعیت‌هاست ($p<۰/۰۵$). اندازه لارو در جمعیت شمال ایران بین تیمار شاهد و منتخب تفاوت معنی‌داری ندارد، اما در جمعیت چینی و تاتا به طور معنی‌داری در شاهد بیشتر از منتخب است. یافته‌ها نشان داد که انتخاب مولدین بزرگ‌تر بر شاخص های تولیدمثل درون جمعیت‌ها و میزان بقاء لاروی در نسل F1 تأثیری نداشت. با این حال، اندازه لارو را بهبود بخشید. جمعیت چینی و شمال ایران به‌ترتیب در شاخص های تولیدمثلی جنس نر و ماده دارای بهترین عملکرد بودند و شاید ارزش آن را داشته باشد که دورگه‌گیری بین این دو جمعیت مطالعه شود.

لغات کلیدی: اصلاح نژاد، مولد کپور، تکثیر، هماوری، تخمک، اسپرم

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

مقدمه

همانند برنامه‌های اصلاح نژادی برای سایر حیوانات، کنترل کیفیت گامت‌ها در آبزی‌پروری از اهمیت بسیاری برخوردار است (Migaud *et al.*, 2013). در دسترس بودن گامت‌های با کیفیت خوب از هر دو جنس نر و ماده برای به‌دست آوردن نسل‌های بعدی ضروری است، چون تفاوت در کمیت و کیفیت گامت‌ها می‌تواند تولید لارو و امکان انجام انتخاب ژنتیکی را به خطر اندازد (Bobe, 2015). پیش‌نیاز مدیریت تفریخ‌گاه‌ها شامل بررسی کیفیت مولدین به منظور افزایش کارایی تکثیر، نرخ لقاح و موفقیت در تولید نتاج است (Aliniya *et al.*, 2013). صنعت پرورش ماهی بیشتر بر کیفیت تخم و لارو تا کیفیت اسپرم متمرکز بوده درحالی‌که کیفیت هر دو بر موفقیت لقاح و بازماندگی لاروی مؤثر است (Rurangwa *et al.*, 2004). نشانگرهای مختلفی برای ارزیابی کیفیت اسپرم (روش‌های ریخت‌سنجی و بیوشیمیایی (پارامترهای مربوط به ترکیب یا کارایی اسپرم مانند چربی‌های غشائی پلاسمای اسپرم، ترکیب پلاسمای سمینال، قابلیت تحرک تعیین گونه‌های واکنشگر اکسیژن (ROS) در اسپرم) تا روش‌های مولکولی (مطالعات مختلف ترانسکریپتوم مانند بررسی باقیمانده RNA از فرآیند اسپرماتوژنزیز که RNAs اسپرماتوزوآ نامیده می‌شود، پروتئومیکس و سایر روش‌های مولکولی) وجود دارد (Cabrita *et al.*, 2014). تحرک اسپرم، پارامتری کلیدی است که تعیین‌کننده موفقیت لقاح است. ملاک‌های ارزیابی تحرک اسپرم مانند سرعت حرکت آن، درصد اسپرم‌های دارای تحرک و مدت زمان تحرک آنها هستند (Alavi *et al.*, 2010). تفاوت در اندازه تخم‌ها به فصل تخم‌ریزی، اندازه ماهی، نژاد، هم‌آوری مطلق و عوامل محیطی بستگی دارد (Bonislawska *et al.*, 2001). همچنین تفاوت در اندازه تخم همراه با سایر خصوصیات ریختی و جنسی جمعیت‌های ماهی به عوامل ژنتیکی و بر اساس سازگاری آن با شرایط محیطی بستگی دارد (Marteinsdottir and Able, 1992). همچنین در بسیاری از گونه‌های ماهی، اندازه و وزن تخمک می‌تواند در بین جمعیت‌ها متغیر بوده و این اختلاف ناشی از تفاوت در سن، موقعیت جغرافیایی و فصل باشد.

متاسفانه مطالعات مربوط به وراثت‌پذیری ویژگی‌های تولیدمثلی در آبزی‌پروری، اندک است. اگرچه اغلب برنامه‌های اصلاح نژادی به سمت پیشرفت در برنامه‌های انتخاب ژنتیکی سوق داده شده‌اند، اما در مورد ماهیان هنوز با مشکل مواجه هستیم. زیرا از سویی، تنوع گونه‌ای در آبزی‌پروری بسیار قابل‌توجه بوده و از سوی دیگر، تعداد توالی‌های ژنومی موجود در پایگاه‌های داده بسیار اندک است (Bobe, 2015). بنابراین، اندازه‌گیری شاخص‌های تولیدمثلی از این جهت مهم است که سن و اندازه مولدین نقش بسیار مهمی در کیفیت و کمیت تخمک و اسپرم دارد و بررسی این شاخص‌ها به منظور انتخاب صحیح مولدین در برنامه اصلاح نژادی ضروری است.

پیش از این مطالعه‌ای در ارتباط با برخی از خصوصیات گنادی (هم آوری مطلق و نسبی، وزن تخمدان، شاخص گنادوسوماتیک، قطر تخمک و تعداد تخمک در گرم)، اندازه ماهی (طول و وزن) و شاخص کبدی طی دوره تولیدمثلی در مولدین ماده ماهی کپور دریایی (*Cyprinus carpio*) در خلیج گرگان انجام شده است (Enayat Gholampoor and Imanpoor, 2012). در مطالعه‌ای دیگر، اثر سن مولدین ماهی کپور معمولی ماده نیز بر شاخص‌های مورفولوژیک (وزن، طول، ضریب چاقی) و تولیدمثلی (وزن تخمک، هم آوری، تعداد تخمک، در گرم، هم‌آوری نسبی به ازاء وزن و طول)، ماهی کپور معمولی بررسی شده است (Ghaffari and Falahatkar, 2014). Aliniya و همکاران (۲۰۱۳) نقش سن مولدین نر و ماده کپور معمولی را بر ویژگی‌های تولیدمثلی و لقاح نیز بررسی کرده‌اند. در این مطالعه، پارامترهای کیفیت اسپرم (تراکم و درصد اسپرماتوزوآ با قابلیت تحرک)، قطر تخمک، درصد لقاح و بقاء تخم بین دو کلاس وزنی از مولدین نر و ماده دو و سه ساله مورد بررسی قرار گرفته است. Weber و Brown (۲۰۱۲) ویژگی‌های تولیدمثلی مادری کپور معمولی را در تعیین هم آوری، اندازه تخم و انرژی آن بررسی کرده‌اند.

این مطالعه با هدف بررسی ویژگی‌های تولیدمثلی و لقاح در مولدین و بازماندگی لاروها بین جمعیت‌های با منشاء مجارستان (TATA)، شمال ایران، چینی (RAN) و جنوب

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

ایران و درون هر جمعیت بین نمونه‌های شاهد و منتخب انجام شد.

مواد و روش کار

مولدین

در این مطالعه مولدین هریک از جمعیت‌های با منشاء تاتا مجارستان، شمال ایران، چینی (RAN) در دو گروه منتخب و شاهد انتخاب و به‌وسیله تگ‌های تزریقی درون صفاقی با ابعاد ۱۲×۲/۱۲ میلی‌متری شرکت ICAR (MJ Utrecht, The Netherlands) با سرنگ مخصوص نشان‌گذاری شدند. این تگ‌ها از شرکت واسطه ایرانی تپکو (https://www.tapcotag.com) خریداری شدند. در واقع، مولدین حاصل جمع‌آوری و نگهداری از ۲۰۰۰ عدد بچه ماهی تاتا از کشور مجارستان، ۱۰۰۰ عدد بچه ماهی از مزرعه خصوصی خوشحال در شمال کشور، ۵۰۰ عدد بچه ماهی کپور با منشأ کشور چین خریداری از شرکت RAN در استان گلستان با وزن اولیه حدود ۵۰ گرم و ثبت ماهیانه رکورد فنوتیپی (شاخص‌های وزن، طول کل، طول استاندارد، ارتفاع و قطر بدن) آنها طی دو سال تا رسیدن به فصل تکثیر بود. در طول نگهداری پیش مولدین هر یک از جمعیت‌های تاتا، شمال ایران و چینی از نظر عوامل رشد و انتخاب افراد برتر از لحاظ فنوتیپی نسبت به میانگین جمعیت بررسی شدند. نمونه شاهد در هر جمعیت شامل میانگین آن جمعیت (البته با انتخاب تصادفی افراد)، جهت محاسبه پیشرفت ژنتیکی نسبت به نمونه منتخب و نمونه منتخب شامل ۳۰ درصد بالای میانگین (جدای از ماهیان شوتر با رشد بی‌رویه و خارج از نرم جامعه) در نظر گرفته شد. پس از یکسال از ورود جمعیت‌های بالا، ۵۰ جفت کپور معمولی جنوب ایران (استان خوزستان) نیز به عنوان پیش مولد، با وزن و سن مشابه جمعیت با جمعیت‌های بالا، با در نظر گرفتن تنها نمونه منتخب (به علت محدودیت نمونه) به بانک ژن اضافه شد. گروه‌های منتخب و شاهد با تفکیک نر و ماده هر جمعیت در استخرهای جداگانه هر یک در سه تکرار توزیع شدند. ترکیب جنسی در ذخیره اولیه از هر جمعیت ٪۵۰ ماده و ٪۵۰ نر بود. در جداسازی نمونه منتخب نیز همین ترکیب در نظر گرفته شد. در زمان تکثیر ترکیب جنسی ۲ ماده: ۱ نر در نظر گرفته شد. از ۲۵ جفت مولد در دو گروه جداگانه منتخب و شاهد برای تکثیر استفاده شد. تزریق هیپوفیز محلول در سرم فیزیولوژی در مولدین نر و ماده به‌ترتیب به میزان ۲ و ۴ میلی‌گرم به ازاء هر کیلوگرم وزن بدن صورت گرفت. ماده‌ها تزریق دو مرحله‌ای و نرها یک مرحله همزمان با مرحله دوم ماده‌ها را سپری کردند. همه مولدین به هورمون پاسخ ندادند و درصد پاسخ‌دهی به هورمون بین جمعیت‌ها متفاوت بود. حدود ۱۰ ساعت پس از تزریق دوم عملیات تخم کشی و اسپرم‌گیری به روش مالشی صورت گرفت (Khara *et al.*, 2012). تکثیر به روش لقاح خشک انجام شد. میزان تحرک و طول دوره تحرک اسپرم‌ها محاسبه شد. تخمک‌های به‌دست آمده از مولدین با اسپرم‌ها در تشتک مخلوط شدند.

ارزیابی کیفیت اسپرم

از محلول ۰/۳ درصد NaCl برای رقیق سازی به منظور تعیین درصد تحرک و طول دوره تحرک اسپرم استفاده شد. یک میکرولیتر از مایع سمن با هزار ماکرولیتر از محلول فعال ساز مخلوط و ۱۰ ماکرولیتر از این سمن رقیق شده روی لام شیشه‌ای قرار داده شد و تحرک اسپرم‌ها با میکروسکوپ (Motic, BA210, Japan) مجهز به دوربین ضبط شد. مدت زمان تحرک اسپرم‌ها بلافاصله پس از فعال‌سازی آنها تا زمانی اندازه‌گیری شد که ٪۱۰۰ آنها از حرکت بایستند. درصد اسپرماتوزوآ متحرک به صورت درصدی از اسپرم‌های متحرک به شکل پیشرونده در هر نمونه فعال شده محاسبه شد که به شکل حرکت رو به جلو مشخص می‌شود. اسپرم‌هایی که در جای خود درجا می‌زنند و رو به جلو حرکت نمی‌کنند، متحرک شناخته نمی‌شوند. مشاهدات در عرض دو ساعت پس از جمع‌آوری سمن انجام شد. سمن تا ٪۸۰-۶۰ حجم لوله موئینه میکروهماتوکریت بالا کشیده شد و سپس انتهای آن به‌وسیله خمیر بسته شده و در ۳۰۰۰ g به مدت هشت دقیقه سانتریفیوژ شد. اسپرماتوکریت به صورت نسبت کل حجم مایع سفید به کل حجم سمن ×۱۰۰ محاسبه شد (Aliniya *et al.*, 2013).

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

ارزیابی شاخص‌های تولیدمثلی جنس ماده

طول کل و وزن مولدین و همچنین وزن کل تخمک استحصالی از هر مولد ماده به‌ترتیب با تخته زیست‌سنجی با دقت یک میلی‌متر و ترازو با دقت یک گرم اندازه‌گیری و ثبت شد.

مقداری (به اندازه تقریباً یک گرم) از تخمک استحصالی هر مولد به‌ویسله ترازوی دیجیتال با دقت یک میلی‌گرم توزین و تعداد در گرم تخمک‌ها پس از پخش و عکس‌برداری از آنها در یک پتری دیش با نرم افزار مخصوص «Count things»[1] نسخه تلفن همراه شمارش و به‌وزن کل تخمک استحصالی تعمیم داده شد.

هم‌آوری کاری از روش وزنی و از طریق رابطه ذیل به‌دست آمد (Biswas, 1993):

$$f=a/b\times c$$

f: هم آوری کاری، a: وزن کل تخمک استحصالی (گرم)، b: وزن نمونه (گرم) و c تعداد تخمک در هر نمونه

هم‌آوری نسبی به ازاء وزن بدن بر اساس رابطه ذیل به‌دست آمد:

$$fw=a/b$$

که در این رابطه fw هم آوری نسبی به ازای وزن بدن، a هم آوری کاری و b وزن بدن (گرم) است.

هم‌آوری نسبی به ازای طول بدن نیز بر اساس رابطه روبرو مشخص شد:

$$fl=a/b$$

fl: هم‌آوری نسبی به ازاء طول بدن، a: هم‌آوری کاری، b طول بدن (سانتی‌متر)

ده عدد تخمک از هر مولد پیش از هیدارته شدن انتخاب شده و قطر آن زیر لوپ مجهز به میکرومتر اندازه‌گیری شدند. قطر تخمک هیدارته نیز پس از انجام لقاح و آبگیری تخم با نمونه‌برداری از آنها با استفاده از لوپ مجهز به میکرومتر اندازه‌گیری شد.

شش ساعت پس از لقاح، به منظور تعیین درصد لقاح حدود ۱۰۰ عدد تخم از هر انکوباتور زیر لوپ شمارش و میزان لقاح تخمک‌ها بر اساس رابطه ذیل محاسبه شد:

$$FR=a/b\times 100$$

FR: درصد لقاح، a: تعداد تخمک لقاح یافته، b: تعداد کل تخمک‌ها

با تفریخ تخم‌ها (حدود ۲۴ ساعت پس از لقاح در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد) نرخ تفریخ از رابطه ذیل محاسبه شد:

$$HR=a/b\times 100$$

HR: نرخ تفریخ، a: تعداد لارو، b: تعداد تخم‌های لقاح یافته

درصد بازماندگی لاروها در هر گروه نیز در مرحله آغاز تغذیه فعال حدود ۲۴ ساعت پس از تفریخ بر اساس رابطه ذیل محاسبه گردید (Bonislawska *et al.*, 2001):

$$LSR=a/b\times 100$$

LSR: درصد بازماندگی لارو، a: تعداد کل لارو ذخیره‌سازی شده، b: تعداد لاروهای زنده

درصد بازماندگی لاروها ۷۲ ساعت پس از تفریخ و پیش از رهاسازی در استخرها نیز با روش فوق محاسبه شد.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

در ابتدا نرمال بودن داده‌ها و همگن بودن آنها به‌ترتیب با استفاده از دو آزمون Shapiro-Wilk و Levene مشخص شدند. برای مقایسه مقادیر مورد مطالعه در بین جمعیت‌های مختلف از آنالیز واریانس یک طرفه و سپس آزمون دانکن در سطح اطمینان ٪۹۵ با نرم افزار SPSS (نسخه ۲۳) استفاده شد و داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شدند.

نتایج

شاخص‌های زیست‌سنجی و تکثیر بین مولدین منتخب و شاهد در جنس نر

در جدول ۱ مقادیر شاخص‌های زیست سنجی و شاخص‌های مربوط به اسپرم مربوط به مولدین نر منتخب و شاهد در هر جمعیت (به‌جز جمعیت جنوب ایران که تنها نمونه منتخب دارد.)، ارائه شده است. با توج به جدول، بیشترین وزن مولدین نر و با اختلاف معنی‌دار از هم به‌ترتیب متعلق به جمعیت جنوب ایران منتخب، تاتا منتخب، تاتا شاهد، شمال ایران منتخب، شمال ایران شاهد و چینی منتخب است ($p<۰/۰۵$). بیشترین طول کل و استاندارد با اختلاف معنی‌دار در جمعیت جنوب ایران-منتخب و کمترین آنها در چینی-شاهد دیده می‌شود ($p<۰/۰۵$).

[1] https://countthings.com/

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

جدول ۱: شاخص‌های مربوط به تکثیر در جنس نر جمعیت‌های مختلف کپور معمولی
Table 1: Male Reproductive indices of different common carp population

Sperm volume (ml)	Sperm density per milliliter ($\times 10^9$)	Spermatocrit (%)	Motility duration (s)	Motile sperm (%)	Standard length (mm)	Total length (mm)	Weight (g)	Population
16±8 ^{a}	31±6 ^{b}	43±4 ^{c}	44±2 ^{ab}	67±4 ^{b}	467±35 ^{a}	554±32 ^{a}	3625±823 ^{a}	South Iran
7±2 ^{b}	18±4 ^{c}	38±3 ^{a}	46±3 ^{a}	78±6 ^{a}	400±25 ^{bc}	478±27 ^{b}	1385±194 ^{de}	China-originated-Selected
7±2 ^{b}	20±6 ^{c}	40±3 ^{a}	43±3 ^{b}	75±6 ^{a}	371±21 ^{c}	445±25 ^{c}	989±337 ^{e}	China-originated-control
9±3 ^{b}	24±9 ^{c}	43±2 ^{c}	43±2 ^{b}	57±6 ^{d}	407±53 ^{b}	494±59 ^{b}	2911±546 ^{b}	TATA-selected
10±3 ^{b}	47±6 ^{a}	52±3 ^{a}	44±2 ^{ab}	63±6 ^{bc}	412±29 ^{b}	497±33 ^{b}	2217±509 ^{c}	TATA-control
15±8 ^{a}	35±1 ^{b}	46±1 ^{b}	44±1 ^{b}	59±4 ^{cd}	423±37 ^{b}	513±43 ^{b}	1772±434 ^{d}	North Iran-selected
7±2 ^{b}	23±11 ^{c}	43±2 ^{c}	43±2 ^{b}	58±6 ^{cd}	395±5 ^{bc}	483±8 ^{b}	1460±198 ^{d}	North Iran-control

حروف متفاوت لاتین در هر شاخص بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین جمعیت‌های مختلف (شاهد و منتخب) است.
Different letters in each index shows the significant difference between and within populations (c and selected)

بالاترین حجم استحصالی اسپرم بدون داشتن اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) از هم در دو جمعیت جنوب ایران و شمال ایران منتخب مشاهده شد و با اختلاف معنی‌دار از این دو جمعیت، کمترین مقدار آن در سایر جمعیت‌ها به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$). بیشترین تراکم اسپرم با اختلاف معنی‌دار از سایر جمعیت‌ها متعلق به تاتا-شاهد است ($p<۰/۰۵$). پس از آن جمعیت جنوب ایران-منتخب و شمال ایران-منتخب بدون داشتن اختلاف معنی‌دار از هم در مرحله بعدی قرار دارند ($p>۰/۰۵$). کمترین مقدار تراکم اسپرم سایر جمعیت‌ها بدون داشتن اختلاف معنی‌دار از هم مشاهده شد. بیشترین درصد اسپرماتوکریت با اختلاف معنی‌دار از سایر جمعیت‌ها در جمعیت تاتا-شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$)، و کمترین مقدار آن نیز با اخلاف معنی‌دار متعلق به جمعیت چینی شاهد و منتخب بود ($p<۰/۰۵$). اگرچه جمعیت چینی شاهد و منتخب دارای کمترین حجم اسپرم استحصالی، کمترین تراکم اسپرم در هر میلی لیتر و کمترین درصد اسپرماتوکریت بین جمعیت‌های مختلف بودند، اما جمعیت چینی-منتخب، بیشترین درصد اسپرم متحرک و مدت زمان تحرک تا ایستایی کامل را از آن خود کرده بود ($p<۰/۰۵$).

بررسی شاخص‌های تکثیر بین مولدین منتخب و شاهد در جنس ماده

در جدول ۲ مشخصات وزن، طول و درصد پاسخ دهی به هورمون، تعداد تخم در هر گرم، هم‌آوری کاری، هم‌آوری نسبی، نرخ لقاح، نرخ تفریخ و نرخ بازماندگی لارو ۲۴ ساعت پس از آغاز تغذیه فعال در مولدین ماده هر چهار جمعیت با نمونه شاهد و منتخب آنها ارائه شده است. با توجه به جدول، بیشترین وزن مولدین با اختلاف معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) از سایر جمعیت‌ها متعلق به جمعیت جنوب ایران است. بیشترین طول کل در جمعیت جنوب ایران است، اما با جمعیت تاتا تفاوت معنی‌دار ندارد. طول و وزن مولدین در نمونه منتخب در درون هر جمعیت تاتا، شمال ایران و چینی با اختلاف معنی‌دار بیشتر از نمونه شاهد آن است ($p<۰/۰۵$). درصد پاسخ‌دهی به هورمون از هر ۱۲ مولد در هر جمعیت تاتا و چینی منتخب ۷۰ درصد است و در سایر جمعیت‌ها زیر ۴۰ درصد است.

بیشترین تعداد تخم در هر گرم متعلق به جمعیت چینی منتخب است، هرچند از نظر آماری با دو جمعیت جنوب ایران منتخب، شمال ایران شاهد و تاتا منتخب تفاوت

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

معنی‌دار ندارد ($p>۰/۰۵$) اما، به طور معنی‌دار با شمال ایران منتخب و تاتا شاهد و چینی شاهد اختلاف دارد ($p<۰/۰۵$). تفاوت تعداد تخم در هر گرم در جمعیت چینی و تاتا کمتر است، اما در جمعیت جنوب ایران و شمال ایران تفاوت‌ها بیشتر است. بین دو نمونه جمعیت چینی شاهد و منتخب تفاوت معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$)، اما در دو جمعیت شمال ایران و تاتا بین نمونه‌های شاهد و منتخب آنها در تعداد تخم در هر گرم تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($p>۰/۰۵$).

جدول ۲: شاخص‌های مربوط به تکثیر در جنس ماده جمعیت‌های مختلف کپور معمولی
Table 2: Female Reproductive indices of different common carp population

Larval survival rate 72 h after hatching	Larval survival rate 24 h after hatching	Hatching rate	Fertilization rate	Relative fecundity	working fecundity	Number of eggs per gram	Total length (mm)	Weight (g)	Population
78±3 bc	47±5 b	64±5 b	68±7 b	200±58 a	982748±262589 a	860±156 ab	590±20 a	4950±416 a	South Iran
73±6 c	62±10 a	76±6 a	84±5 a	99±19 b	197706±37431 b	927±16 a	523±33 bcd	2005±173 c	China-originated - Selected
87±6 a	64±6 a	74±3 a	73±4 b	100±47 b	130397±48547 b	657±18 c	470±26 de	1134±113 d	China-originated -control
77±6 bc	52±5 b	69±3 ab	50±1 cd	80±28 b	294650±114168 b	787±59 abc	565±25 ab	3640±262 b	TATA-selected
79±2 abc	49±1 b	65±2 b	45±2 d	89±38 b	212615±114352 b	690±80 bc	493±34 cde	2343±429 c	TATA-control
83±3 ab	50±3 b	64±6 b	54±4 c	51±13 b	114764±45865 b	721±148 bc	533±38 bc	2202±395 c	North Iran-selected
82±3 ab	65±2 a	75±1 a	56±4 c	102±19 b	138974±5039 b	797±121 abc	447±30 e	1387±250 d	North Iran-control

حروف متفاوت لاتین در هر شاخص بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین جمعیت‌های مختلف (شاهد و منتخب) است.
Different letters in each index shows the significant difference between and within populations (control and selected)

با اختلاف معنی‌دار و فاحش، بیشترین هم‌آوری کاری در جمعیت جنوب ایران منتخب دیده شده است ($p<۰/۰۵$) و بین سایر جمعیت‌ها و درون هر جمعیت، بین نمونه‌های شاهد و منتخب آنها تفاوت معنی‌دار وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). به طور مشخص بیشترین هم‌آوری نسبی در کل جمعیت‌های مورد مطالعه در جمعیت جنوب ایران منتخب مشاهده می‌شود ($p<۰/۰۵$) و سایر جمعیت‌ها در رتبه پس از آن بدون داشتن تفاوت معنی‌دار از هم قرار دارند ($p>۰/۰۵$). درون هر جمعیت نیز بین نمونه‌های شاهد و منتخب آنها در شاخص هم‌آوری نسبی تفاوت معنی‌دار نیست ($p>۰/۰۵$).

بیشترین درصد لقاح متعلق به جمعیت چینی منتخب با اختلاف معنی‌دار از سایر جمعیت‌هاست ($p<۰/۰۵$). پس از آن جمعیت چینی شاهد و جنوب ایران قرار دارند. در جمعیت شمال ایران و تاتا بین نمونه‌های منتخب و شاهد تفاوت معنی‌داری از نظر درصد لقاح وجود ندارد ($p>۰/۰۵$). کمترین نرخ لقاح در جمعیت تاتا شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

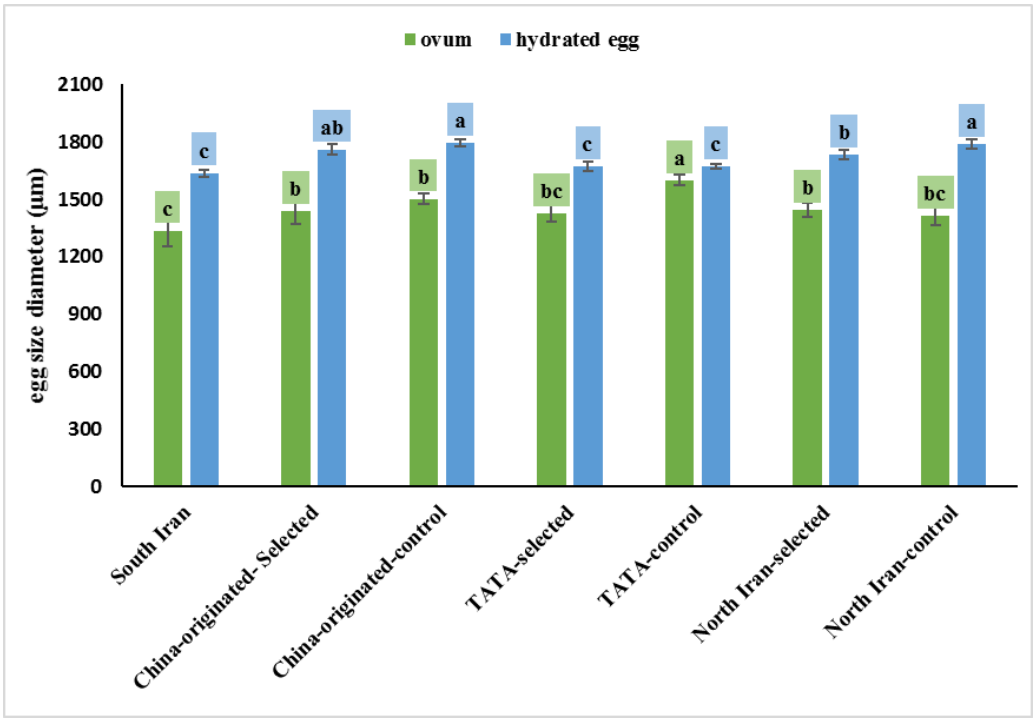
بیشترین نرخ تفریخ در جمعیت چینی (شاهد و منتخب) و شمال ایران شاهد و کمترین نرخ تفریخ در جمعیت تاتا شاهد، شمال ایران منتخب و جنوب ایران دیده شد

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

($p<۰/۰۵$)، هرچند همگی با جمعیت تاتا منتخب تفاوت معنی‌داری ندارند ($p>۰/۰۵$).

بیشترین درصد بازماندگی ۲۴ ساعت پس از تفریخ بدون داشتن اختلاف معنی‌دار از سایر جمعیت‌ها، در جمعیت‌های چینی (شاهد و منتخب) و شمال ایران شاهد دیده می‌شود ($p<۰/۰۵$). کمترین نرخ بازماندگی ۲۴ ساعت پس از تفریخ نیز متعلق به جمعیت تاتا (شاهد و منتخب)، شمال ایران- منتخب و جنوب ایران است ($p<۰/۰۵$). بیشترین نرخ بازماندگی لارو ۷۲ ساعت پس از تفریخ در جمعیت چینی- شاهد دیده می‌شود، هرچند تفاوت معنی‌داری با جمعیت‌های شمال ایران (شاهد و منتخب) و تاتا- شاهد ندارد ($p>۰/۰۵$) اما اختلاف آن با جمعیت‌های جنوب ایران، تاتا منتخب و چینی منتخب معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

در شکل ۱ مقایسه قطر تخمک و تخم بین جمعیت‌های مختلف کپور و نمونه شاهد و منتخب آنها نمایش داده شده است. بیشترین و کمترین قطر تخمک پیش از لقاح و عملیات آبگیری به طور مشخص و معنی‌دار به‌ترتیب در جمعیت تاتا شاهد و جنوب ایران مشاهده می‌شود ($p<۰/۰۵$)، پس از آن جمعیت‌های شمال ایران منتخب، چینی شاهد و چینی منتخب بدون داشتن تفاوت معنی‌دار از هم وجود دارند. اگرچه بین نمونه‌های شاهد و منتخب در دو جمعیت چینی و شمال ایران از نظر قطر تخمک تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما در جمعیت تاتا مجارستان به طور مشخص اندازه قطر تخم در نمونه شاهد بیشتر از نمونه منتخب است ($p<۰/۰۵$). پس از آبگیری تخم‌ها، بیشترین قطر تخم متعلق به دو جمعیت چینی شاهد و شمال ایران شاهد بوده ($p<۰/۰۵$) درحالی‌که کمترین مقدار اندازه تخم پس آبگیری متعلق به جمعیت تاتا و جنوب ایران است ($p<۰/۰۵$).

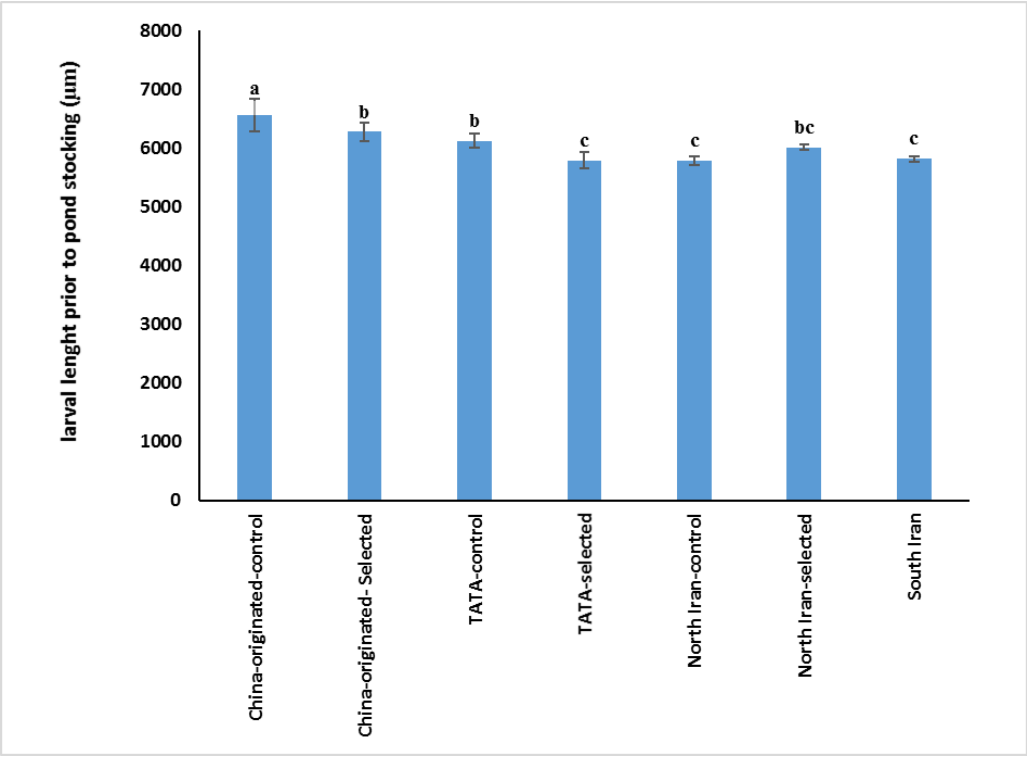


شکل ۱: مقایسه اندازه قطر تخمک (رنگ سبز) و تخم هیدارته (رنگ آبی) بین جمعیت جنوب ایران، چینی، شمال ایران و تاتا (حروف متفاوت لاتین در هر رنگ سبز و آبی به طور جداگانه بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین و درون جمعیت‌ها (شاهد و منتخب) به‌ترتیب در اندازه تخمک و تخم هیدارته است.)

Figure 1: The comparison between ovum and hydrated eggs size diameter among South Iran, China-originated, North Iran, and TATA populations
(Different letters in each yellow and blue error bar show the significant difference between and within populations (control and selected) in ovum and hydrated eggs size, respectively)

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

در شکل ۲ مقایسه اندازه لارو تکامل یافته در انکوباتور پیش از رهاسازی در استخر پرورش بین جمعیت‌های مختلف کپور و نمونه شاهد و منتخب آنها نمایش داده شده است. با توجه به شکل، اختلاف معنی‌دار بلندترین اندازه طول لارو متعلق به جمعیت چینی شاهد است ($p<۰/۰۵$). اندازه لارو در جمعیت تاتا- منتخب و شمال ایران- شاهد و جنوب ایران بدون داشتن تفاوت معنی‌دار از هم، کوچک‌تر از سایر جمعیت‌هاست ($p<۰/۰۵$). در جمعیت شمال ایران بین نمونه شاهد و منتخب تفاوت معنی‌دار نیست ($p>۰/۰۵$)،اما اندازه لارو در نمونه شاهد هر دو جمعیت چینی و تاتا به‌طور معنی‌داری بیشتر از نمونه منتخب آنهاست ($p<۰/۰۵$).



شکل ۲: مقایسه اندازه لارو پیش از ذخیره‌سازی در استخر بین جمعیت‌های مختلف کپور معمولی
(حروف متفاوت لاتین بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین جمعیت‌هاست.)

Figure 2: The comparison of larval size prior to stocking in ponds between different common carp populations (Different letters in each error bar shows the significant difference between populations)

بحث

در این مطالعه، شاخص‌های تولیدمثلی هر دو جنس نر و ماده بین و درون (بین شاهد و منتخب) چهار جمعیت مختلف کپور معمولی تاتا مجارستان، شمال ایران، ران (با منشاء چین) و جنوب ایران بررسی شد. نتایج بیانگر آن بود که جمعیت‌های مختلف در این مطالعه تفاوت‌های معنی‌داری را در همه شاخص‌ها نشان می‌دهند. یافته‌ها نشان داد که انتخاب مولدین بزرگ‌تر بر شاخص‌های تولیدمثل درون جمعیت‌ها و میزان بازماندگی لاروی در نسل F1 تأثیری ندارد. با این‌حال، می‌تواند اندازه لارو را بهبود بخشد. همچنین جمعیت چینی و شمال ایران به‌ترتیب در شاخص‌های تولیدمثلی جنس و ماده دارای بهترین عملکرد بودند.

استراتژی‌های حفظ و نگهداری ذخایر مناسب به‌شدت بر دانش ساختار ژنتیکی جمعیت‌های محافظت شده و توانایی نظارت و جلوگیری از تغییرات نامطلوب به موقع تکیه دارند. این دانش زمانی حیاتی است که نیاز به مشخص کردن جمعیت‌هایی دارد که ویژگی‌های خاص آنها را برای حفاظت

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

و نگهداری در اولویت قرار داده باشد (Napora-Rutkowski *et al.*, 2017). بنابراین، توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک، ژنتیکی، ریختی و رفتاری جمعیت‌های گونه پرورشی مهم است.

در پرورش تجاری ماهیان، ارزیابی توانایی تولیدمثل یکی از موضوعات مورد علاقه برای افزایش کارایی تکثیر مصنوعی است. اغلب تفاوت‌های فردی بسیاری در مولدین کپور گزارش شده است (Tóth *et al.*, 2022). ماهی کپور به‌سرعت رشد می‌کند و در سال دوم زندگی به بلوغ جنسی می‌رسد درحالی‌که به‌شدت بارور (حدود دو میلیون تخم در هر ماده) است. دانش زیست‌شناسی تولیدمثل ماهی برای استفاده منطقی از ذخایر و تولید پایدار آن (Hossain *et al.*, 2016) و درک جنبه‌های تولیدمثل ماهی برای ارائه توصیه‌های علمی صحیح در مدیریت شیلاتی نیز بسیار مهم هستند (Hossain *et al.*, 2017; Khatun *et al.*, 2019). بر اساس مطالعات انجام شده، ویژگی‌های ژنتیکی، ریختی و باروری ماهیان کپور پرورشی در سواحل جنوبی ایران نسبت به نمونه‌های وحشی آن و شرایط محیط زیستی دستخوش تغییر شده است (Andarz *et al.*, 2022). به‌واسطه رشد سریع و هزینه کم خوراک در مقایسه با کپور جنوب ایران، کپورهای معمولی اهلی شده ژنتیکی در سال‌های اخیر محبوب شده‌اند (Chen *et al.*, 2021). باروری مولدین ماهی کپور معمولی معیاری برای سنجش توانایی تولیدمثل موفق آن است که یکی از مهم‌ترین پارامترهای رایج مورد استفاده برای مطالعه تنوع ژنتیکی است (Tóth *et al.*, 2022).

صنعت پرورش ماهی بیشتر بر کیفیت و کمیت تخم یا لارو به جای تنوع ژنتیکی متمرکز بوده است، با وجود این‌که تنوع ژنتیکی می‌تواند بر موفقیت لقاح و بقاء لارو تأثیر بگذارد (Rurangwa *et al.*, 2004). مدیریت تکثیر ماهی به استفاده از بهترین مولدین بستگی دارد. بنابراین، باید تاکید کرد که بهبود کیفیت تخمک و اسپرم برای تعیین پتانسیل تفاوت انتخاب در یک برنامه اصلاحی مهم است. در واقع، موفقیت باروری اغلب برای تعریف شاخص‌های ژنتیکی در طرح‌های انتخاب (به‌گزینی) استفاده نمی‌شود. این کار در درازمدت، همان‌طوری‌که در گذشته برای گاوهای شیری مشاهده شد، می‌تواند مشکلات قابل‌توجهی را در موفقیت تولیدمثل ایجاد کند (Migaud *et al.*, 2013).

از عوامل مهم در لقاح، کیفیت تخم‌های به‌دست آمده از مولدین است. مهم‌ترین عوامل مرتبط در این خصوص سن، وزن واندازه مولدین ماده و به پیروی از آن، اثر این عوامل بر میزان هم‌آوری مولدین است (Lahnsteiner, 2000). تعداد تخم تولیدی به ازاء هر مولد گاهی به عنوان هم‌آوری مطلق یا هم‌آوری کل، عنوان می‌شود. هم‌آوری را می‌توان به نسبت به وزن بدن پس از تخلیه تخم‌ها در نظر گرفت. مشخص شده است که هم‌آوری ماهی با افزایش سن و اندازه مولدین افزایش می‌یابد (Barry *et al.*, 2022). هم‌آوری کل و اندازه تخم با افزایش سن و اندازه افزایش می‌یابد درحالی‌که هم‌آوری نسبی با افزایش سن کاهش می‌یابد (Andarz *et al.*, 2022). تفاوت در میزان هم‌آوری یک گونه در مناطق مختلف را به تفاوت‌های ژنتیکی زیر گونه‌های مختلف و عوامل محیطی مانند تهیه و در دسترس بودن غذا، تراکم جمعیت و تغییرات دما نسبت می‌دهند. حتی هم‌آوری در یک جمعیت مشخص، از سالی به سال دیگر یا در جمعیت‌های مختلف یک گونه تفاوت دارد (Ünlü and Balci,1993).

مطالعه چندانی درباره ارتباط تفاوت‌های ژنوتیپی و هم‌آوری در کپور معمولی پرورشی انجام نشده است. در مطالعه Andarz و همکاران (۲۰۲۲) مقایسه کیفیت و کمیت تخم مولدین بین کپور معمولی دریای خزر (جمعیت گیلان و مازندارن) انجام شده که پیش‌تر تفاوت‌های ژنتیکی در این دو جمعیت با استفاده از نشانگر ریزماهواره مشخص شده است. در مطالعه آنها قطر تخم و هم‌آوری مطلق در جمعیت گیلان به طور معنی‌داری بیشتر از جمعیت مازندران بوده، هرچند در هم‌آوری نسبی جمعیت مازندران از گیلان پیشی گرفته بود. تفاوت در مقدار هم‌آوری کل و نسبی بین جمعیت‌های مختلف در مطالعه حاضر نیز دیده شد به‌طوری‌که بیشترین هم‌آوری کاری و نسبی در کل جمعیت‌های مورد مطالعه در جمعیت جنوب ایران-منتخب مشاهده شد و سایر جمیت‌ها در رتبه پس از آن، فاقد تفاوت معنی‌دار از هم قرار داشتند. همچنین درون هر جمعیت نیز بین نمونه‌های شاهد و منتخب آنها در شاخص هم‌آوری

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

نسبی تفاوت معنی‌داری دیده نشد. پیش از این مشخص شده است که بین وزن مولد ماده و میزان هم‌آوری در ماهی کپور (Ghaffari and Falahatkar, 2014)، ماهی قزل آلای خال قرمز (Rasool and Jan, 2013) و بارب گلی (Shafi *et al.*, 2013) رابطه مستقیمی وجود دارد و با افزایش وزن ماهی، مقدار آن افزایش یافته است. در مطالعه اخیر، وزن مولدین جمعیت جنوب ایران به طور معنی‌داری بیش از سایر جمعیت‌ها بود و دلیل افزایش هم‌آوری کل در آن نیز همین موضوع است. هم‌آوری نسبی بر اساس مقدار کل وزن تخمک به‌دست آمده به وزن مولدین سنجیده می‌شود. انتظار می‌رود، هم‌آوری نسبی باافزایش سن و اندازه کاهش یابد (Barrett *et al.*, 2022) اما در این مطالعه هم‌آوری نسبی در جمعیت جنوب ایران با توجه به اندازه بزرگتر آن کاهش نیافت. از آن‌جایی‌که منشاء ماهیان جمعیت جنوب (استان خوزستان) با منشاء ماهیان جمعیت شمال ایران و تاتا یکی است (بر اساس یافته‌های منتشر نشده: شناسایی جمعیت‌های این مطالعه با نشانگر SNP)، دلیل این تفاوت در مقدار هم‌آوری نسبی بین جمعیت جنوب ایران با سایر جمعیت‌ها می‌تواند ناشی از تغییر در ویژگی‌های زیستی و ریختی این جمعیت به عنوان یک نتیجه سازگاری با محیط پیرامون باشد (Balon, 1995). چنانچه پیش از این به‌خوبی مشخص شده است که اندازه تخم ماهی، تفاوت‌های درون و بین گونه‌ای قابل‌توجهی نشان می‌دهد. حتی والدین با نژاد، وزن و طول یکسان دارای تخم‌هایی با اندازه‌های متفاوت هستند (Weber and Lee, 2014).

در مطالعه حاضر، بیشترین تعداد تخم در هر گرم متعلق به جمعیت چینی منتخب (۹۲۷±۱۶) است (جدول ۲)، هرچند از نظر آماری با دو جمعیت جنوب ایران منتخب، شمال ایران شاهد و تاتا منتخب تفاوت معنی‌دار ندارد. اما به طور معنی‌دار با شمال ایران منتخب و تاتا شاهد و چینی شاهد اختلاف دارد (جدول ۲). تعداد تخم در هر گرم بین دو نمونه جمعیت چینی شاهد و منتخب تفاوت معنی‌دار دارد، اما در دو جمعیت شمال ایران و تاتا بین نمونه‌های شاهد و منتخب آنها در تعداد تخم در هر گرم تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در مطالعه Ghaffari و Falahatkar (۲۰۱۴) بر ماهی کپور معمولی، تعداد تخم در هر گرم در مولدین دو ساله حدود ۱۳۸±۱۰۰۰ و در مولدین سه ساله ۱۱۶±۹۰۶ عدد به‌دست آمده است که با تعداد تخم در هر گرم در جمعیت با منشاء چین - منتخب مشابهت دارد. تعداد بالای تخم در هر گرم در دو جمعیت جنوب ایران منتخب و چینی منتخب را می‌توان به اندازه کوچک‌تر قطر آنها نسبت به سایر جمعیت‌ها نسبت داد. پیش از این، رابطه مستقیم افزایش تعداد تخم در هر گرم با اندازه کوچکتر یا اندازه کمتر قطر تخم مشخص شده است، چنانچه پیش از این در ماهی کپور معمولی (Aliniya *et al.*, 2013, Ghaffari and Falahatkar, 2014) و در ماهی آمور (Bozkurt and Öğretmen, 2012) دیده شده است. فهم کیفیت تخم در سنین مختلف مولدین پیش نیاز مدیریت تفریخ‌گاه است. کیفیت گامت‌های مولدین در ماهی به ویژگی‌های تخم تا نرخ لقاح و موفقیت نتاج بستگی دارد. برای مثال، اندازه تخم به طور مثبتی با ظرفیت تخم‌ریزی (Doğu *et al.*, 2022) و اندازه لارو (Marteinsdottir and Able, 1992) ارتباط دارد. معمولاً قطر تخم، نرخ لقاح و نرخ تفریخ (تخم گشایی)، به عنوان شاخص‌های کیفیت گامت در نظر گرفته می‌شوند. پیش از این مشخص شده است که اثرات مادری، دسته‌ای از اثرات فنوتیپی هستند که والدین بر فنوتیپ‌های نتاج خود دارند که با ژنوتیپ خود فرزند مرتبط نیستند و ناشی از سرمایه‌گذاری متفاوت باروری والدین هستند (Weber and Brown, 2012). بدین معنا که با تغذیه مولدین در ارتباط است. درواقع، مولدین ماده بزرگتر یا مسن‌تر که در شرایط بهتری بوده، اغلب تخم‌های بیشتر یا بزرگتری تولید می‌کنند که حاوی ذخایر اضافی غذایی (لیپیدی) در مقایسه با مولدین کوچیکتر یا جوان‌تر و یا مولدین هستند که در شرایط بدتر قرار دارند (Smith and Walker 2004; Bunnell *et al.*, 2005). هرچند در این مطالعه، اندازه بزرگتر والد ماده از نظر وزنی و طولی در جمعیت جنوب ایران نسبت به سایر جمعیت‌ها منجر به افزایش اندازه تخم نشد ولی اندازه تخم در جمعیت تاتا شاهد، بزرگتر از سایر جمعیت‌ها بود. شایان ذکر است، در تمام جمعیت‌ها و نمونه‌ها در هر جمعیت به‌جز تاتا شاهد، بین اندازه قطر تخمک غیرهیدراته و تخم هیدارته تفاوت معنی‌دار وجود دارد و اندازه تخم پس از آبکشی

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

افزایش یافته است، اما در جمعیت تاتا اندازه تخم قبل و پس از آبگیری تفاوت معنی‌داری ندارد و احتمالاً به این دلیل است که تخم‌ها پیش از خروج در شکم ماهی آب کشیده شده‌اند و احتمالاً دلیل اندازه بزرگتر تخم در جمعیت تاتا شاهد نسبت به منتخب با وجود وزن کمتر مولد آن، همین باشد.

تخم با کیفیت به تخم‌هایی گفته می‌شود که میزان مرگ‌ومیر پایینی را در زمان لقاح، تفریخ و اولین تغذیه از خود نشان می‌دهند و سالم‌ترین نتاج با سریع‌ترین رشد را تولید می‌کنند (Brooks *et al.*, 1997). در مطالعه حاضر، بیشترین درصد لقاح متعلق به جمعیت چینی منتخب با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر جمعیت‌هاست و پس از آن جمعیت چینی شاهد و جنوب ایران قرار دارند. با وجود آن‌که این دو جمعیت دارای اندازه تخم کمتری نسبت به دو جمعیت تاتا و شمال ایران هستند، اما دلیل بیشتر بودن نرخ لقاح در جمعیت چینی را در عوامل دیگری مانند سرعت حرکت اسپرم و نرخ تحرک آن باید جست. کیفیت اسپرم یک متغیر بسیار مهم در مدیریت مولدین آبزی‌پروری است (Billard *et al.*, 1995)، زیرا می‌تواند بر درصد لقاح تخمک و در نتیجه کل تولید تخمک‌های زنده از مولدین تأثیر بگذارد (Aliniya *et al.*, 2013). لقاح یک پاسخ یکپارچه به عوامل متعددی بوده که ممکن است تغییرات ذاتی کیفیت اسپرم را پنهان کند (Fauvel *et al.*, 2010). برای مثال، اگرچه کیفیت اسپرم بر لقاح در تلاقی فاکتوریل در قزل‌آلای رنگین‌کمان (Nagler *et al.*, 2000) و باس دریایی (Saillant *et al.*, 2001) هیچ اثری نداشته، اما کیفیت تخم اثری معنی‌دار داشته است. در مقابل، تفاوت معنی‌دار لقاح در کپور به دلیل تلاقی اسپرم با استفاده از هر یک از نرها یا مخلوطی از اسپرم‌های مختلف (هترو-اسپرم) است که در آن فقط تفاوت در لقاح با تفاوت شدید سرعت شنای اسپرم توضیح داده شد (Kaspar *et al.*, 2008). نتایج دیگر نیز به‌وضوح نشان داده‌اند که بسیاری از ویژگی‌های اسپرم به کیفیت کلی کمک می‌کند (Alavi, 2008; Cabrita *et al.*, 2008; Bobe and Labbé, 2010)، اما هیچ کدام از عوامل به‌تنهایی و به اندازه کافی برای توصیف کامل توانایی اسپرم برای لقاح تخمک کافی نیست (Fauvel *et al.*, 2010). در این مطالعه، با وجودی‌که درصد اسپرماتوکریت در جمعیتی چینی (شاهد و منتخب) کمتر از سایر جمعیت‌ها بود، اما درصد اسپرم متحرک و مدت زمان تحرک تا ایستایی کامل آن به شکل معنی‌داری بیشتر بود. تحرک عامل بسیار مهمی است، زیرا اسپرم باید آنقدر تحرک داشته باشد تا بتواند در تخمک نفوذ کند. تحرک اسپرم و مدت زمان آن می‌تواند با توجه به گونه‌های ماهی و درجه حرارت در طول دوره اسپرم سازی تغییر کند. علاوه‌براین، تراکم و پی‌اچ اسپرم از دیگر شاخص‌های کیفیت اسپرم هستند که می‌توانند بر میزان لقاح تأثیر گذارند. بنابراین، برای برآورد موفقیت در لقاح عواملی مانند هم‌آوری، اندازه تخم و پارامترهای کیفیت اسپرم نیز باید با هم در نظر گرفته شود (Bozkurt and Öğretmen, 2012). با این‌حال، تحرک اسپرم در قدرت و مدت زمان نه‌تنها در میان نرها بلکه در مورد هر نر با توجه به رسیده بودن، متفاوت است (Bozkurt *et al.*, 2011). عملکرد حرکت اسپرم (درصد اسپرم متحرک و مدت زمان تحرک) در فصل تخم‌ریزی در ماهیان استخوانی تغییر می‌کند. به‌نظر می‌رسد که تغییرات مشاهده شده مربوط به تغییرات ترکیب مایع منی و تغییرات هورمونی در هیپوتالاموس است (Bozkurt *et al.*, 2009). اگرچه بیشترین درصد اسپرماتوکریت و تراکم اسپرم در هر میلی لیتر در جمعیت تاتا شاهد مشاهده می‌شود و نسبت به جمعیت شمال ایران و تاتا منتخب مدت زمان تحرک تا ایستایی کامل و درصد اسپرم متحرک بیشتری دارد، اما کمترین درصد لقاح در این جمعیت دیده شد که دلیل آن آب کشیده شدن تخم‌ها پیش از ترکیب با اسپرم است.

پیش از این، وجود همبستگی قوی بین اسپرماتوکریت (نسبت سلول‌های اسپرم به حجم نمونه منی) و تراکم سلولی در نمونه اسپرم آزادماهیان، سوف‌ماهیان، کپورماهیان، کفشک ماهیان و ماهیان خاویاری نشان داده شده است (Alavi, 2008). در این مطالعه نیز میان این دو نسبت در هر جمعیت همبستگی (R^2= 0.9245) وجود دارد.

در هر مرحله از تکامل تخم، تغییرات مشخصی در هر جمعیت دیده می‌شود. چنانچه بیشترین درصد تخم چشم‌زده متعلق به جمعیت چینی شاهد و شمال ایران شاهد بود، هرچند هر دو نمونه شاهد از نظر آماری با نمونه منتخب

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

تفاوت معنی‌داری ندارند و کمترین نرخ تخم چشم زده در جمعیت تاتا (منتخب و شاهد) و جنوب ایران مشاهده شد. بیشترین نرخ بازماندگی لارو ۲۴ و ۷۲ ساعت پس از تفریخ در جمعیت چینی شاهد دیده می‌شود. مرحله لاروی بلافاصله پس از تفریخ، بحرانی‌ترین مرحله رشد در چرخه زندگی ماهی است که نیاز به مکث قابل‌توجهی برای حفظ رشد و بقاء تا مراحل بعدی زندگی دارد (Jelkić *et al.*, 2012). کنترل عوامل محیطی مانند کیفیت آب، شکارچیان، بیماری‌ها و تغذیه بسیار مهم است. پیش از این مشخص شده است که بهترین افزایش وزن و افزایش طول در حوضچه‌های خاکی در فضای باز مشاهده می‌شود درحالی‌که میزان بقاء بهتر در مخازن داخلی به‌دست می‌آیند و پیشنهاد شده است که لاروها پس از تفریخ، در سیستم پرورش بسته و کنترل شده رهاسازی شده و سپس برای جلوگیری از مرگ‌ومیر و دستیابی به بالاترین عملکرد رشد، در استخرهای خاکی رهاسازی شوند (Al-Faiz *et al.*, 2022).

اندازه لارو خارج شده از تخم به طور مستقیم متناسب با اندازه تخمک‌های لقاح یافته است. بنابراین، لاروهای کوچکتر، تخم‌های لقاح یافته کوچکتری داشته‌اند. از آن‌جایی‌که اندازه تخم‌های لقاح‌یافته نیز به طور مستقیم به مدت زمان انکوباسیون و هماوری مرتبط است، هردو این عوامل نیز به استراتژی اولیه برای هر گونه و برای گونه‌های در یک جنس با وضعیت اکولوژیک مشابه ارتباط نزدیکی دارد (Park *et al.*, 2017). دمای بهینه آب در گونه‌های ماهی بر اساس چرخه زندگی و ویژگی‌های زیست‌محیطی آنها متفاوت است. دمای آب یک عامل محیطی است که بر رشد اولیه تخم و رشد و بقاء لارو تأثیر می‌گذارد (Cho *et al.*, 2015). در مطالعه حاضر، بیشترین اندازه طولی لارو پس از تفریخ و پیش از رهاسازی به استخر (پنج روز پس از انکوباسیون) در جمعیت چینی شاهد دیده شد که پس از تاتا شاهد دارای بیشترین اندازه قطر تخمک بود (شکل ۲). اندازه لارو در جمعیت تاتا منتخب و شمال ایران شاهد و جنوب ایران بدون داشتن تفاوت معنی‌دار از هم، کوچک‌تر از سایر جمعیت‌هاست. در جمعیت شمال ایران بین نمونه شاهد و منتخب تفاوت معنی‌دار نیست، اما اندازه لارو در نمونه شاهد هر دو جمعیت چینی و تاتا به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه منتخب آنهاست. کمترین اندازه قطر تخمک در این مطالعه نیز در جمعیت جنوب ایران دیده شد که با اندازه کوچکتر لارو آن منطبق است.

نتایج این مطالعه نشان داد که با انتخاب مولدین بزرگ‌تر از طریق مقایسه نمونه منتخب و شاهد، شاخص‌های تولیدمثل درون جمعیت‌ها و میزان بقاء لاروی در نسل F1 تغییری نمی‌کند، با این‌حال می‌تواند اندازه لارو را بهبود بخشد. همچنین جمعیت چینی و شمال ایران به‌ترتیب در شاخص‌های تولیدمثلی جنس نر و ماده دارای بهترین عملکرد بودند و شاید ارزش آن را داشته باشد که دورگه‌گیری بین این دو جمعیت مطالعه شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از استانداری خوزستان و معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری (مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت نهاد ریاست جمهوری) برای حمایت‌های مالی در به سرانجام رسیدن این پروژه تشکر و قدرانی می‌نمایند.

منابع

Alavi, S.M.H., 2008. Fish spermatology: implications for aquaculture management. In: Alavi, S.M.H., Cosson, J., Coward, K. and Rafiee, G. (eds.), Fish Spermatology. Alpha Science International Ltd, Oxford, UK. pp. 397-460.

Alavi, S.M.H, Jorfi, E., Hatef, A. and Mortezavi, S.A., 2010. Sperm motility and seminal plasma characteristics in *Barbus sharpeyi* (Günther, 1874). *Aquaculture research*, 41(10):e688-e694. DOI:10.1111/j.1365-2109.2010.02600.x

Al-Faiz, N.A., Yesser, A.T., Jabir, A.A. and Alhamdany, Q.H., 2022. Comparison of the traditional outdoor and recirculation indoor rearing systems on survival rate and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae druring early development. *International Journla of Aquatic Biology*, 10(4):310-314. DOI:10.22034/ijab.v10i4.1711

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

Aliniya, M., Khara, H., Noveiri, S.B. and Dadras, H., 2013. Influence of age of common carp (*Cyprinus carpio*) broodstock on reproductive traits and fertilization. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(1):19-25. DOI:10.4194/1303-2712-v13_1_03

Andarz, B., Kemal, A., Avakh Keysami, M. and Rajab, H., 2022. Comparison of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fecundity in two provinces of the southern part of the Caspian Sea in relation to the genetic variations. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(4):902-914. DOI:10.22092/ijfs.2022.127397

Balon, E.K., 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*, 129(1-4):3-48. DOI:10.1016/0044-8486(94)00227-

Barrett, T.J., Hordyk, A.R., Barrett, M.A. and Van den Heuvel, M.R., 2022. Spatial and temporal differences in fecundity of Atlantic herring (*Clupea harengus*) off Nova Scotia and consequences for biological reference points. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 79(7):1086-1096. DOI:10.1139/cjfas-2021-0269

Barry, P., Broquet, T. and Gagnaire, P.A., 2022. Age-specific survivorship and fecundity shape genetic diversity in marine fishes. *Evolution letters*, 6(1):46-62. DOI:10.1002/evl3.265

Billard, R., Cosson, J., Crim, L.W. and Suquet, M. 1995. Sperm Physiology and Quality. In: N.R. Bromage. and R.J. Roberts (eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Vol.1. Blackwell Science Press, Oxford, UK, pp. 25-52.

Biswas S.P., 1993. Manual of methods in fish biology. South Asian Publisher Pvt Ltd, New Delhi, Indian. 157 P.

Bobe, J. and Labbé, C., 2010. Egg and sperm quality in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 165(3):535-548. DOI:10.1016/j.ygcen.2009.02.011

Bobe, J., 2015. Egg quality in fish: Present and future challenges. *Animal Frontiers*, 5(1):66-72. DOI:10.2527/af.2015-0010

Bonislawska, M., Formickik, K., Korezelecka Orkisz, A. and Winncki, A., 2001. Fish egg size variability: Biological significance. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Fisheries*. 4:1-10.

Bozkurt, Y., Öğretmen, F. and Seçer, F.S., 2009. Effect of different extenders and storage periods on motility and fertilization success of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) sperm during spawning season. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(3):277-284. DOI:10.1501/Tarimbil_0000001101

Bozkurt, Y., Ogretmen, F., Kokcu, O. and Ercin, U., 2011. Relationships between seminal plasma composition and sperm quality parameters of the *Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858) semen: with emphasis on sperm motility. *Czech Journal of Animal Science*, 56(8):355-364.

Bozkurt, Y. and Öğretmen, F., 2012. Sperm quality, egg size, fecundity and their relationships with fertilization rate of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Iranian*

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

Journal of Fisheries Sciences, 11(4):755-764. DOI:20.1001.1.15622916.2012.11.4.4.6

Brooks, S., Tyler, C.R. and Sumpter, J.P., 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg?. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7:387-416. DOI:10.1023/A:1018400130692

Bunnell, D.B., Scantland, M.A. and Stein, R.A., 2005. Testing for evidence of maternal effects among individuals and populations of white crappie. *Transactions of the American Fisheries Society*, 134(3):607-619. DOI:10.1577/T04-094.1

Cabrita, E., Robles, V. and Herráez, P., 2008. Sperm quality assessment. In: Cabrita, E.; Robles, V.; Herraez, P. (eds) *Methods in reproductive aquaculture: marine and freshwater species*. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA. pp 93-149.

Cabrita, E., Martínez-Páramo, S., Gavaia, P.J., Riesco, M.F., Valcarce, D.G., Sarasquete, C., Herráez, M.P. and Robles, V., 2014. Factors enhancing fish sperm quality and emerging tools for sperm analysis. *Aquaculture*, 432, 389-401. DOI:10.1016/j.aquaculture.2014.04.034

Chen, L., Xu, J., Sun, X. and Xu, P., 2021. Research advances and future perspectives of genomics and genetic improvement in allotetraploid common carp. *Reviews in Aquaculture*, 14(2):957-978. DOI:10.1111/raq.12636

Cho, J.K., Hong, C.G., Park, J.Y., Son, M.H., Park, C.K. and Park, J.M., 2015. Effects of water temperature and salinity on the egg development and larvae of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus*. *Korean Journla of Ichthyology*, 27(1):21-25. DOI: 10.12717/DR.2013.17.4.369

Doğu, Z., Aral, F. and Şahinöz, E., 2022. The effect of cryopreservative extender developed for Mesopotamian spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus* Banks and Solander, 1794) on sperm motility and fertilization rate after thawing. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 21(2):619-633. DOI:20.1001.1.15622916.2022.21.2.21.9

Enayat Gholampoor, T. and Imanpoor, M.R., 2012. The relationship between Female broodstocks gonadal characteristic, size and hepatosomatic index of Common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) in Gorgan bay. *Iranian Journal of Biology*. 25(3):409-417. (In Persian).

Fauvel, C., Suquet, M. and Cosson, J., 2010. Evaluation of fish sperm quality. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(5):636-643. DOI:10.1111/j.1439-0426.2010.01529.x

Ghaffari, T and Falahatkar, B., 2014. Effect of age on reproductive indices in common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquaculture development*, 9(1), 67-79. (In Persian)

Hossain, M.Y., Hossen, M.A., Islam, M.M., Pramanik, M.N.U., Nawer, F., Paul, A.K., Hameed, H.A., Rahman, M.M., Kaushik, G. and Bardoloi, S., 2016. Biometric indices and size at first sexual maturity of eight alien fish species from Bangladesh. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, *42*(3):331-339. DOI:10.1016/j.ejar.2016.09.001

Hossain, M.Y., Hossen, M.A., Islam, M.S.,

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

Jasmine, S., Nawer, F. and Rahman, M.M., 2017. Reproductive biology of *Pethia ticto* (Cyprinidae) from the Gorai river (SW Bangladesh). *Journal of Applied Ichthyology*, 33(5):1007-1014. DOI:10.1111/jai.13427

Jelkić, D., Opačak, A., Stević, I., Ozimec, S., Jug Dujaković, J. and Safner, R., 2012. Rearing carp larvae (*Cyprinus carpio*) in closed recirculatory system (RAS). *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 70(1):9-17.

Kaspar, V., Vandeputte, M., Kohlmann, K., Hulak, M., Rodina, M., Gela, D., Kocour, M. and Linhart, O., 2008. A proposal and case study towards a conceptual approach of validating sperm competition in common carp (*Cyprinus carpio* L.), with practical implications for hatchery procedures. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(4):406-409. DOI:10.1111/j.1439-0426.2008.01148.x

Khara, H., Baradaran Noveyri, SH., Dadras. H., Rahbar, M., Ahmadnezhad, M., Alinia, M. and Khodadoust, A., 2012. Effect of some ions on sperm activity and artificial propagation performance in *Cyprinus carpio*. *J. of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 1(3):45-63. (In Persian).

Khatun, D., Hossain, M.Y., Nawer, F., Mostafa, A.A. and Al-Askar, A.A., 2019. Reproduction of *Eutropiichthys vacha* (Schilbeidae) in the Ganges River (NW Bangladesh) with special reference to potential influence of climate variability. *Environmental Science and Pollution Research*, 26:10800-10815. DOI:10.1007/s11356-019-04523-5

Lahnsteiner, F., 2000. Morphological, physiological and biochemical parameters characterizing the over-ripening of rainbow trout eggs. *Fish Physiology and Biochemistry*, 23:107-118. DOI:10.1023/A:1007839023540

Marteinsdottir, G. and Able, K.W., 1992. Influence of egg size on embryos and larvae of *Fundulus heteroclitus*. *Journal of Fish Biology*, 41:883-896. DOI:10.1111/j.1095-8649.1992.tb02717.x

Migaud, H., Bell, G., Cabrita, E., McAndrew, B., Davie, A., Bobe, J., Herráez, M. P. and Carrillo, M., 2013. Gamete quality and broodstock management in temperate fish. *Reviews in Aquaculture*. 5:S194–S223. DOI: 10.1111/raq.12025

Moshayedi, F., Eagderi, S. and Iri, M., 2016. Body shape change in Common carp, *Cyprinus carpio* var. Sazan, during early development using geometric morphometric method. *Iranian Journal of Ichthyology*, 3(3):210-217.DOI: 10.22034/iji.v3i3.199

Nagler, J.J., Parsons, J.E. and Cloud, J.G., 2000. Single pair mating indicates maternal effects on embryo survival in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 184(1-2):177-183. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00309-9

Napora-Rutkowski, Ł., Rakus, K., Nowak, Z., Szczygieł, J., Pilarczyk, A., Ostaszewska, T. and Irnazarow, I., 2017. Genetic diversity of common carp (*Cyprinus carpio* L.) strains breed in Poland based on microsatellite, AFLP, and mtDNA genotype data. *Aquaculture*, 473:433-442. DOI:10.1016/j.aquaculture.2017.03.005

Park, J.M., Mun, S.J., Yim, H.S. and Han,

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

K.H., 2017. Egg development and larvae and juveniles morphology of Carp, *Cyprinus carpio* in Korean. *Development and Reproduction*, 21(3):287. DOI:10.12717/DR.2017.21.3.287

Rasool, N. and Jan, U., 2013. Study on the fecundity of *Salmo trutta fario* (Brown trout) in Kashmir. *Journal of Biology and Life Science*, 4(1):181-193.

Rurangwa, E., Kime, D.E., Ollevier, F. and Nash, J.P., 2004. The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture*, 234(1-4):28. DOI:10.1016/j.aquaculture.2003.12.006

Saborido-Rey, F. and Kjesbu, O. S., 2012. Growth and maturation dynamics. In: Digital CSIC book, Superior Council of Scientific Investigations, Vigo, Spain. cited 16 Mar 2012. http://hdl.handle.net/10261/47150

Saillant, E., Chatain, B., Fostier, A., Przybyla, C. and Fauvel, C., 2001. Parental influence on early development in the European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 58(6): 585-1600. DOI:10.1111/j.1095-8649.2001.tb02314.x

Shafi, S., Yousuf, A.R. and Parveen, M., 2013. Length-weight relationship and breeding biology of *Puntius conchonius* (Hamilton, 1822) from Dal lake, Kashmir. *International Journal of Innovative Research and Development*, 2(2):299-312.

Smith, B.B. and Walker, K.F., 2004. Spawning dynamics of common carp in the River Murray, South Australia, shown by macroscopic and histological staging of gonads. *Journal of Fish Biology*, 64(2):336-354. DOI:10.1111/j.0022-1112.2004.00293.x

Tóth, B., Ashrafzadeh, M.R., Khosravi, R., Bagi, Z., Fehér, M., Bársony, P., Kovács, G. and Kusza, S., 2022. Insights into mitochondrial DNA variation of common carp *Cyprinus carpio* strains in the Centre of Carpathian Basin. *Aquaculture*, 554, 738116 P. DOI:10.1016/j.aquaculture.2022.738116

Ünlü, E. and Balci, K., 1993. Observation on the reproduction of *Leuciscus cephalus orientalis* (Cyprinidae) in Savur Stream (Turkey). *Cybium (Paris)*, 17(3): 241-250. DOI:10.26028/cybium/1993-173-007

Weber, G.M. and Lee, C.S., 2014. Current and Future Assisted Reproductive Technologies for Fish Species. In: Lamb, G., DiLorenzo, N. (eds) Current and Future Reproductive Technologies and World Food Production. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol 752. Springer, New York, NY, pp. 33-76. DOI:10.1007/978-1-4614-8887-3_3

Weber, M.J. and Brown, M. L., 2012. Maternal effects of common carp on egg quantity and quality. *Journal of Freshwater Ecology*, 27(3):409–417. DOI:10.1080/02705060.2012.666890

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]

Comparing the reproductive indices between and within different common carp (*Cyprinus carpio*) populations

Nazemroaya S.[1]; Mortezavizadeh S.A.[1]; Sadr A.S.[1]; Yooneszadeh Feshalami M.[1]; Amiri F.[1]; Hekmatpour F.[1]; Houshmand H.[1]; Ahahangarzadeh M.[1]; Kianersi F.[1]; Bahmani M.[2]; Hafezieh M.[2]; Sharifian M.[2]; Jorfi E.[2]

s.nazem@areeo.ac.ir

1- Aquaculture Research Center -South of Iran, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
2- Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

This study aimed to compare reproductive indices of broodstocks between and within (control and selected treatments) four different populations common carp of Hungarian-originated (TATA), North Iran, China-originated (RAN), and South Iran (Khuzestan). Control and selected treatments in each population comprised the average of the broodstock population and those chosen deliberately from 30% above the population mean (apart from shooter fish with excessive growth and out of the normal range), respectively, to calculate the genetic progress. Male and female reproductive indices were checked respectively by evaluating sperm quality (spermatocrit, sperm density per milliliter, percentage of motile sperm, and motility duration) and measuring working and relative fecundity, ovum and hydrated egg diameter, fertilization rate, hatching rate, the larval survival rate, and larval size after hatching. The results showed that, despite the high fecundity in the South Iran population, it has the lowest egg diameter and larval survival rate ($p<0.05$). Although the China-originated (control and selected treatments) population had the lowest sperm volume, sperm density per milliliter, and percentage of spermatocrit among different populations, the selected-treatment had the highest motile sperm percentage and the motility duration, which resulted in the most elevated fertilization rate belonging to it ($p<0.05$). The highest survival rate 24 hours post-hatching was observed in China-originated (control and selected) and North Iran-control, and the lowest in TATA (control and selected), North Iran-selected, and South Iran populations ($p<0.05$). China-originated control population gained the highest larval survival rate 72 hours after hatching. Although it did not differ significantly with the North Iran (control and selected) and TATA-control ($p>0.05$) populations, it has meaningful difference with the South Iran, TATA-selected, and China-originated-selected ($p<0.05$). The larval size in TATA-selected, North Iran-control, and South Iran is significantly smaller than other populations ($p<0.05$). There is no considerable difference in larval length size of the North Iran population between the control and the selected treatments, but it is significantly more in control than selected treatments in the China-originated and TATA populations. This finding illustrated that the selective breeding of broodstocks did not affect the reproductive indices within populations and the larval survival rate in F1. However, it improved the larval size. China-originated and North Iran populations performed satisfactorily in male and female reproductive indices, respectively, and it is worth bringing into mind hybridization between the two populations in future studies.

Keywords: Breeding, Carp broodstock, Reproduction, Fecundity, Egg, Sperm

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2024-04-26]