کاربرد فناوری‌های نوین مولکولی در برنامه‌های حفاظت ژنتیکی و پرورش ماهیان خاویاری

رضا پسندیده[1*]
Rezapasandideh63@gmail.com
[1]پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، بوشهر، ایران

چکیده

هدف از این مقاله تعیین کاربردهای فناوری‌های نوین مولکولی در برنامه‌های حفاظت ژنتیکی و پرورش ماهیان خاویاری می‌باشد. راسته تاس‌ماهی‌سانان، شامل دو خانواده Acipenseridae (ماهیان خاویاری) و Polyodontidae (پاروپوزه ماهیان)، به دلیل تولید خاویار سیاه دارای ارزشمندترین گونه‌های اقتصادی در تجارت جهانی آبزیان می‌باشد، لذا این گونه‌ها هدف بسیاری از برنامه‌های حفاظت ژنتیکی در سراسر جهان بوده و هستند. چندین گونه از ماهیان خاویاری در بخش‌های جنوبی دریای خزر و رودخانه‌های منتهی به آن وجود دارند. طی دهه‌های اخیر، استفاده از اطلاعات ژنتیکی به عنوان یک بخش ضروری از برنامه‌های مدیریتی گونه‌های در معرض خطر انقراض از جمله ماهیان خاویاری مطرح شده است. بدون اجرای برنامه‌های حفاظتی و پرورشی پایدار، احتمال پایینی برای زنده‌مانی جمعیت‌های کنونی ماهیان خاویاری وجود دارد. فناوری‌های نوین مولکولی مانند مهندسی ژنوم و پیوند ژنومی (پیوند سلول‌های رده زایا و انتقال هسته سلول غیرجنسی)، راهکارهای امیدبخشی برای تولید گامت، ایجاد بانک ژن، بازسازی ژنتیکی و حفاظت و احیای گونه‌های در معرض خطر انقراض با چرخه تولیدمثلی طولانی مانند ماهیان خاویاری می‌باشند.

واژگان کلیدی: اصلاح نژاد؛ آبزی پروری؛ تاس‌ماهی‌سانان؛ ژنتیک مولکولی؛ ماهیان خاویاری

بیان مساله

راسته تاس‌ماهی‌سانان[1] ماهیان ابتدایی هستند که شامل دو خانواده تاس‌ماهیان[2](ماهیان خاویاری[3] و پوزه‌پارویی‌ها[4] (پاروپوزه ماهیان[5]) می‌باشند و اغلب به عنوان "فسیل‌های زنده" شناخته می‌شوند (Chandra & Fopp-Bayat, 2021). گونه‌ها و جمعیت‌های مختلفی از خانواده تاس‌ماهیان در زمان‌های خاصی از سال برای تخم‌ریزی وارد رودخانه‌های جنوب دریای خزر می‌شوند. تاس‌ماهیان در بخش ایرانی دریای خزر و رودخانه‌های منتهی به آن دارای دو جنس *Huso* (جنس فیل‌ماهی‌ها) و *Acipenser* (جنس تاس‌ماهی‌های اصلی) می‌باشند. گونه‌های تاس‌ماهیان موجود در این آب‌ها شامل تاس‌ماهی ایرانی یا قره برون (*Acipenser persicus*)، تاس‌ماهی روسی یا چالباش (*Acipenser gueldenstaedti*)، ماهی شیپ (*Acipenser nudiventris*)، ازون برون یا دراکول (*Acipenser stellatus*) و فیل‌ماهی یا بلوگا (*Huso huso*) می‌باشند. علاوه بر این، در سال‌های اخیر دو گونه استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) و تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) به عنوان گونه‌های غیر بومی ایران، به منظور پرورش در استخرها وارد کشور شده‌اند (معصوم‌زاده و کاظمی، ۱۴۰۰).

جمعیت‌های طبیعی ماهیان خاویاری به دلیل تخریب زیستگاه، ممانعت فیزیکی از مهاجرت مولدین، آلودگی‌های محیط زیستی و بهره‌برداری بیش از حد از این ماهیان به منظور استحصال خاویار سیاه گران قیمت و گوشت بدون استخوان در حال کاهش هستند (Chandra & Fopp-Bayat, 2021). ماهیان خاویاری در طول زندگی خود از آب شیرین، آب شور و آب دریا استفاده می‌کنند که به دلیل این چرخه زندگی طولانی و پیچیده باید برای آن‌ها برنامه‌های حفاظتی جهانی در اکوسیستم‌های مختلف در نظر گرفته شود (Ludwig, 2006). در سال‌های گذشته، رهاسازی ماهی‌های تکثیر شده به شکل مصنوعی و یا انتقال گونه‌های غیربومی یکی از اقدامات انجام شده در برنامه‌های حفاظتی با هدف کاهش خطر انقراض بوده است. با این حال، این‌گونه از اقدامات با برخی از مشکلات عمده علمی و/یا اقتصادی روبه رو بوده‌اند. برای مثال برنامه‌های ذخیره‌سازی/رهاسازی تقریباً جزء فعالیت‌های مدیریتی برگشت ناپذیر محسوب می‌شوند. به بیان دیگر هنگامی که یک گونه/ذخیره با موفقیت به یک زیستگاه معرفی می‌شود، حذف آن تقریباً غیرممکن است. با این حال، در مواردی که چنین اقداماتی با موفقیت همراه بوده‌اند، بر ساختار ژنوتیپی جمعیت‌های بومی تأثیر منفی داشته‌اند. برای برنامه‌های ذخیره‌سازی/رهاسازی اکیداً توصیه شده است که در صورت امکان فقط از گونه‌های بومی استفاده شود. طی دهه‌های اخیر، استفاده از اطلاعات ژنتیکی به عنوان یک بخش ضروری از برنامه‌های مدیریتی و حفاظت گونه‌های در معرض خطر انقراض مطرح شده است. بدون اجرای برنامه‌های حفاظت ژنتیکی و پرورشی پایدار، احتمال پایینی برای زنده‌مانی جمعیت‌های کنونی ماهیان خاویاری وجود دارد (Ludwig, 2006).

معرفی دستاورد یا راهکار

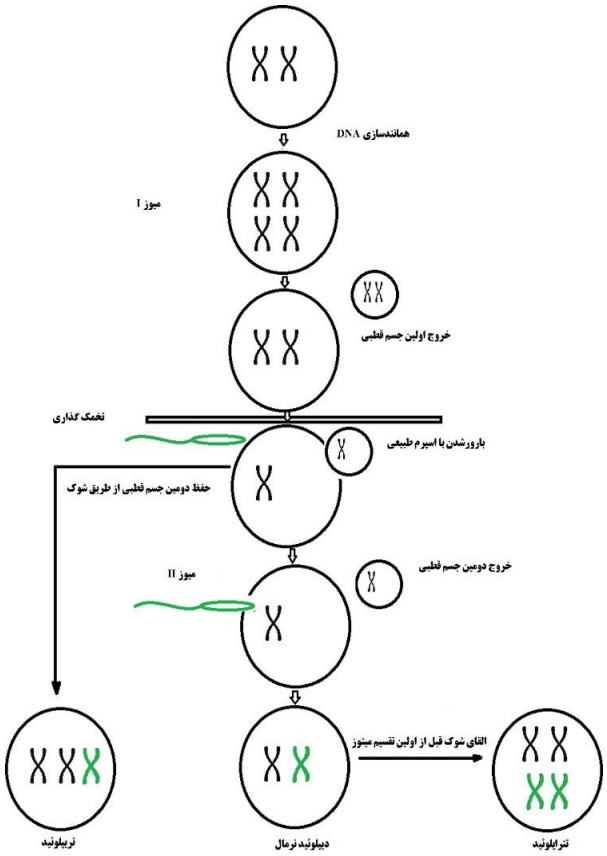
۱- دستکاری‌های کروموزومی و پلی پلوئیدی در ماهیان خاویاری

مهندسی ژنوم و دستکاری‌های کروموزومی به صورت ماده‌زایی (گاینوژنزیز[6]، نرزایی (آندروژنزیز[7]) و پلی

[1] Acipenseriformes
[2] Acipenseridae
[3] Sturgeons
[4] Polyodontidae
[5] Paddlefishes
[6] Gynogenesis

پلوئیدی القایی (تری پلوئیدی، تتراپلوئیدی و "چندپلوئیدی") در افزایش تولید صنعت آبزی پروری حایز اهمیت هستند. ماده‌زایی و نرزایی شامل رشد جنینی است که حاوی کروموزوم‌های فقط یک والد است (Chandra & Fopp-Bayat, 2021). ماده‌زایی و نرزایی در ایجاد جمعیت‌های تماماً ماده یا نر استفاده می‌شوند. ماده‌زایی، ماهیان خاویاری را ایجاد می‌کند که فقط حاوی ژنوم مادری هستند و از این رو در ایجاد ذخایر ماده برای تولید خاویار، گران‌ترین محصول غذایی، مهم به نظر می‌رسد. رایج‌ترین ماده‌زایی، ماده‌زایی میوزی است. ماده‌زایی در همه تاس ماهیان دریای خزر صورت گرفته است. برای مثال در سال‌های اخیر ماده‌زایی میوزی در ازون برون (Hassanzadeh Saber *et al.*, 2008) و ماده‌زایی با استفاده از اثر اشعه گاما بر روی اسپرم تاس ماهی ایرانی، تاس ماهی روسی و ماهی ازون برون در ایران با موفقیت انجام گرفته است (حسن زاده صابر، ۱۴۰۲). نرزایی در حفاظت گونه‌ها از طریق احیای گونه‌های در حال انقراض در زیستگاه طبیعی آن‌ها مفید است (Fopp-Bayat, 2018).

پلی‌پلوئیدی القایی با قرار دادن زیگوت در معرض فشار هیدرواستاتیک، شوک دمایی یا ترکیبات شیمیایی بلافاصله پس از لقاح برای حفظ دومین جسم قطبی (القای تریپلوئیدی) یا دقیقاً قبل از اولین تقسیم میتوز برای اندومیتوز (القای تتراپلوئیدی) انجام می‌شود (شکل ۱). برخی از ماهی‌های تریپلوئیدی رشد و وزن بیشتری دارند زیرا معمولاً ماهیتی عقیم دارند و برخلاف ماهی‌های دیپلوئیدی از انرژی خود برای تولید گوشت و نه رشد غدد جنسی استفاده می‌کنند (Chandra & Fopp-Bayat, 2021). با این حال، هنوز میزان بازماندگی ماهیان دستکاری ژنتیکی شده و تولید شده از طریق تکنیک ماده‌زایی پایین است و تحقیقات بیشتری در زمینه بهبود این آبزیان نیاز است (Manan *et al.*, 2022).



شکل ۱- نمودار شماتیک مهندسی ژنوم (تریپلوئید، دیپلوئید نرمال و تتراپلوئید) در ماهیان خاویاری

- شناسایی گونه‌های ماهیان خاویاری با استفاده از تجزیه و تحلیل مولکولی

شناسایی گونه‌ها در حفاظت، اصلاح نژاد انتخابی و جلوگیری از تجارت غیرقانونی ماهی و محصولات شیلاتی بسیار مهم است. شناسایی ماهیان توسط روش‌های ریخت شناسی بر اساس اندازه، شکل، رنگ و خصوصیات مریستیک[۸] ممکن است نتایج غیردقیق داشته باشند. از طرفی، روش‌های ریخت شناسی به تنهایی نمی‌توانند گونه‌های نزدیک به هم در یک جنس را متمایز

[۷] Androgenesis

[۸] Meristic

کنند (Callejas & Ochando, 2001). روش‌های مبتنی بر پروتئین مانند متمرکزسازی ایزوالکتریک (IEF)[9]؛ الکتروفورز مویینه‌ای[10]؛ کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)[11]؛ سنجش ایمونوسوربنت متصل به آنزیم (ELISA)[12] برای شناسایی ماهیان و محصولات شیلات استفاده شده است. با این حال، شناسایی گونه‌ها توسط این روش‌ها به دلیل حضور متفاوت پروتئین‌ها در انواع سلول‌ها، از دست دادن فعالیت بیولوژیکی پروتئین‌ها پس از مرگ حیوان، حساسیت پروتئین‌ها نسبت به حرارت و واسرشت شدن آن‌ها نمی‌تواند دقیق باشد (Asensio, 2007). DNA در مقایسه با پروتئین در برابر حرارت پایدارتر است و می‌توان آن را از هر بافت و مایع بیولوژیکی ماهی جداسازی نمود. علاوه بر این، DNA حاوی اطلاعات ژنتیکی بسیار بیشتری نسبت به پروتئین است. بنابراین، تجزیه و تحلیل مولکولی بر اساس قطعات خاص از DNA، نتایج قابل اعتمادتری را در شناسایی گونه ارایه می‌دهد. روش‌های مولکولی متعددی برای شناسایی گونه‌های ماهی وجود دارند. برای مثال روش‌های PCR-RFLP[13]، توالی‌یابی PCR، پرایمرهای اختصاصی PCR، Real-time PCR و فناوری ریزآرایه به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. انتخاب روش مناسب تا حدود زیادی به هدف تحقیق بستگی دارد. پرایمرهای اختصاصی PCR و PCR-RFLP ارزان‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها هستند، در حالی که توالی‌یابی PCR روشی پرهزینه و زمان‌بر است (Chandra & Fopp-Bayat, 2021).

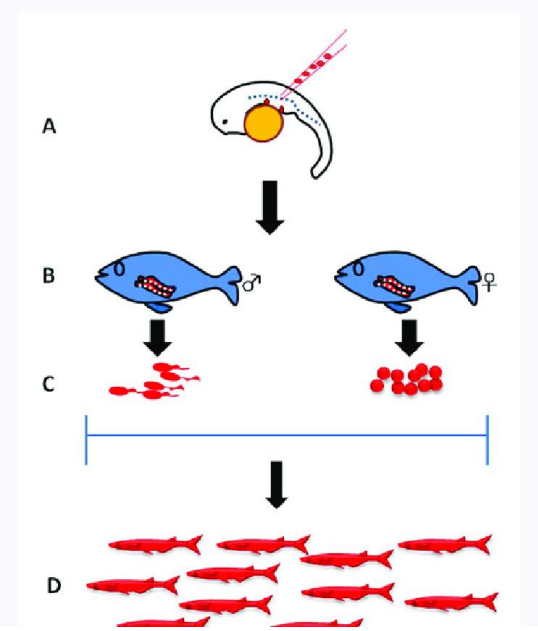
در مطالعه‌ای نشانگرهای AFLP به منظور شناسایی ژنتیکی دورگه‌های بِستر (بلوگا ماده × استرلیاد نر) استفاده شد (Yarmohammadi *et al.*, 2012). نتایج آن مطالعه نشان داد که این دورگه‌ها شباهت بیشتری به بلوگا (۰/۶۸) در مقایسه با استرلیاد (۰/۴۵) داشتند. در مطالعه دیگر، با استفاده از تجزیه و تحلیل ژن سیتوکروم b میتوکندریایی و دو نشانگر DNA هسته‌ای (ریزماهواره و AFLP)، ژنتیک جمعیت و تاریخچه تکاملی در تاس‌ماهی آدریاتیک مورد بررسی قرار گرفت (Ludwig *et al.*, 2003). بر اساس DNA میتوکندریایی، افراد به سه تک گروه (هاپلوگروه[14] متمایز (Po1، Po2 و Buna) طبقه بندی شدند. دو تک گروه Po1 و Buna و نیز توزیع هر دو نشانگر هسته‌ای کاملاً مطابق با پراکنش جغرافیایی افراد بود. در تحقیقی، شباهت و تفاوت‌های ژنتیکی بین دو گونه تاس‌ماهی ایرانی و تاس‌ماهی روسی با استفاده از روش RAPD-PCR[15] شناسایی شد (Gharaei *et al.*, 2005). نتایج آن تحقیق نشان داد که تاس‌ماهی ایرانی به عنوان یک گونه مستقل از تاس‌ماهی روسی می‌باشد. در تحقیقی تنوع ژنتیکی و ساختار جمعیت تاس‌ماهی ایرانی با استفاده از روش PCR-RFLP برای زیر واحد ۵ نوکلئوتید دهیدروژناز ۵ (ND5) از DNA میتوکندریایی مورد بررسی قرار گرفت (Nazari *et al.*, 2020). نتایج این مطالعه جمعیت‌های مستقلی از ماهیان خاویاری ایرانی را مشخص نمود. در یک مطالعه در ایران، از تکثیر یک ناحیه ژنومی اختصاصی جنس ماده با اندازه تقریبی ۱۰۰ جفت باز برای تعیین جنسیت ماهی بلوگا استفاده شد (Jamshidi *et al.*, 2023). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، این قطعه در ۱۴ ماده تکثیر شد، در حالی که تکثیر خاصی در نر مشاهده نگردید. بنابراین، آزمایش مولکولی می‌تواند

[9] Isoelectric focusing (IEF)
[10] Capillary electrophoresis
[11] High-performance liquid chromatography (HPLC)
[12] Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)
[13] Polymerase chain reaction (PCR)–restriction fragment length polymorphism (RFLP)
[14] Haplogroup
[15] Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)

به عنوان یک روش مطمئن، کارآمد و سریع برای تعیین جنسیت این گونه مورد استفاده قرار گیرد.

۳- پیوند سلول‌های ژرم لاین[۱۶] یا سلول‌های رده زایا

سلول‌های ژرم لاین یا سلول‌های رده زایا سلول‌هایی هستند که طی تولید مثل جنسی با تقسیم میوز، به گامت‌های نر (اسپرم) یا گامت‌های ماده (تخمک) تمایز می‌یابند. پیوند سلول‌های رده زایا یک روش میکروسکوپی ساده است که در آن سوسپانسیون سلولی خام تخمدان یا بیضه به فضای داخل صفاقی ماهی گیرنده تزریق می‌شود. سپس سلول‌های بنیادی رده زایای پیوندی در ستیغ‌های تناسلی مستقر می‌شوند و شروع به اسپرم‌زایی یا تخمک‌زایی می‌کنند و سایر سلول‌های باقی‌مانده در حفره صفاقی می‌میرند (شکل ۲). پیوند سلول‌های بنیادی رده زایای بیضه یا تخمدان به حفره داخل صفاقی ماهی میزبان در مرحله لاروی صورت می‌گیرد زیرا در این مرحله میزبان دارای سیستم ایمنی نابالغ است و بنابراین مواد خارجی را پس نمی‌زند (Chandra & Fopp-Bayat, 2021). پیوند سلول‌های رده زایا یک روش کارآمد برای تولید گامت برای اهداف مختلف آبزی پروری و حفاظت از گونه‌های در حال انقراض به ویژه ماهیان خاویاری است که چرخه تولیدمثلی آن‌ها طولانی است و جنین‌ها حاوی زرده بالا با نفوذپذیری غشایی کم هستند. علاوه بر این، انجام تکنیک‌هایی مانند انجماد، بانک ژن و تولید مثل جایگزین[۱۷] به راحتی از طریق سلول‌های رده زایا امکان‌پذیر است (Psenicka *et al.*, 2015).



شکل ۲- تصویر گرافیکی از پیوند سلول‌های رده زایا در لاروهای ماهی تازه تفریخ شده

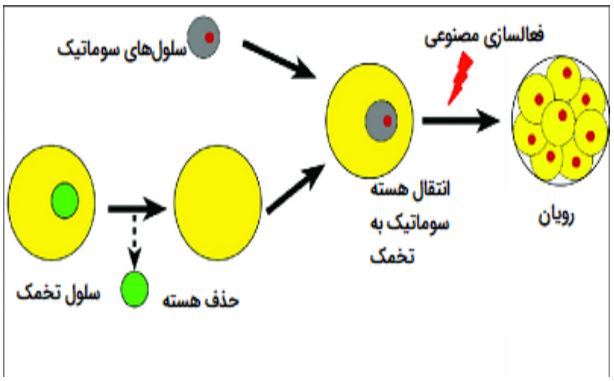
در تحقیقی Psenicka و همکاران (۲۰۱۵) اسپرماتوگونی (SG) و اووگونی (OG) را از ماهیان خاویاری سیبری (*A. baerii*)، یک گونه در معرض خطر با چرخه تولیدمثلی طولانی، جداسازی کردند و آن‌ها را به یک ستیغ تناسلی از لاروهای استرلیاد (*A. ruthenus*)، یک گونه از ماهیان خاویاری با چرخه تولید مثلی کوتاه، پیوند زدند. این محققان توانستند با استفاده از این روش یک ژرم لاین کایمرا تولید و کارایی پیوند را با میکروسکوپ الکترونی تأیید نمودند. Ye و همکاران (۲۰۱۷) تکنیکی را برای پیوند داخل صفاقی سلول‌های رده زایا در ماهیان خاویاری چینی در معرض خطر انقراض (*A. sinensis*) طراحی نمودند. در این روش، سلول‌های رده زایای ماهیان خاویاری بالغ چینی با موفقیت به فضای داخل صفاقی ماهیان خاویاری *A. dabryanus*، یک گونه نزدیک از نظر ژنتیکی به ماهیان خاویاری چینی، پیوند زده شد. نتایج نشان داد که بیش از ۹۰ و ۷۰ درصد از لاروهای پیوندی به ترتیب پس از ۲ و ۵۱ روز پس از پیوند زنده

[۱۶] Germline cell transplantation
[۱۷] Surrogate reproduction

ماندند. بنابراین، روش پیوند داخل صفاقی سلول‌های رده زایا، "دریچه‌ای جدید" را برای حفاظت از گونه‌های ماهیان خاویاری در معرض خطر مانند ماهیان خاویاری چینی باز کرده است.

۴- انتقال هسته سلول غیرجنسی یا سوماتیک (SCNT)[۱۸]

در فرآیند انتقال هسته سلول غیرجنسی، هسته یک سلول غیرجنسی که محتوی DNA است (موجود دهنده) به تخمکی که هسته آن برداشته شده است (موجود گیرنده) منتقل می‌شود. این سلول می‌تواند تکوین یابد و در نهایت سلول‌های بنیادی ایجاد کند (شکل ۳). در این حالت، این سلول‌ها حاوی مواد ژنومی موجود دهنده می‌باشند. این تکنیک راهکار امیدبخشی در آینده برای حفظ و احیای گونه‌هایی است که در آستانه انقراض هستند (Fatira *et al.*, 2018).



شکل ۳- مراحل فرآیند انتقال هسته سلول غیرجنسی

در تحقیقی روش انتقال هسته سلول غیرجنسی بین گونه‌ای (iSCNT)[۱۹] برای پیوند سلول بالغ ماهیان خاویاری روسی (*A. gueldenstaedtii*) به تخمک‌های بدون هسته استرلیاد (*A. ruthenus*) استفاده شد (Fatira *et al.* 2018). این محققان نتیجه‌گیری نمودند که انتقال هسته سلول غیرجنسی (SCNT) یک تکنیک شبیه‌سازی بسیار امیدوارکننده برای بازسازی ژنتیکی حیوانات در حال انقراض است. در روش انتقال هسته سلول غیرجنسی استفاده از چندین سلول‌های غیرجنسی دهنده، موفقیت رشد جنینی را افزایش می‌دهد. روش انتقال هسته سلول غیرجنسی چندگانه (SCNT) با موفقیت در ماهیان خاویاری روسی (*A. gueldenstaedtii*) به‌عنوان دهنده سلول‌های غیرجنسی متعدد و استرلیاد (*A. ruthenus*) به‌عنوان تخمک بدون هسته گیرنده استفاده شد (Fatira *et al.* 2019).

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

فناوری ماده‌زایی، ماهیان خاویاری را ایجاد می‌کند که فقط حاوی ژنوم مادری هستند و از این رو با ایجاد ذخایر ماده، در افزایش تولید خاویار حایز اهمیت است. فناوری نرزایی در حفاظت گونه‌ها از طریق احیای گونه‌های در حال انقراض در زیستگاه طبیعی آن‌ها کاربرد دارد. فناوری القای پلی‌پلوئیدی ممکن است موجب ایجاد ماهیان خاویاری با رشد و وزن بیشتر گردد. با این حال، هنوز میزان بازماندگی ماهیان دستکاری ژنتیکی شده و تولید شده از طریق تکنیک ماده‌زایی پایین می‌باشد و تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است. پیوند سلول‌های رده زایا و انتقال هسته سلول غیرجنسی راهکارهای امیدبخشی برای تولید گامت، ایجاد بانک ژن، بازسازی ژنتیکی و حفاظت و احیای گونه‌های در معرض خطر انقراض مانند ماهیان خاویاری می‌باشند. فناوری‌های نوین در این زمینه بسیار کارآمد هستند و معمولاً نتایج سریع‌تری را در مقایسه با تکنیک‌های قدیمی‌تر ارائه می‌کنند. علاوه بر روش‌های مولکولی بررسی شده، تکنیک‌های انجماد اسپرم و انجماد جنین (ایجاد بانک جنین) نیز می‌توانند به حفظ تنوع ژنتیکی ماهیان خاویاری کمک کنند و همچنین هزینه و فضای مورد نیاز برای رشد مولدین را کاهش دهند.

[۱۸] Somatic cell nuclear transfer (SCNT)
[۱۹] Interspecific somatic cell nuclear transfer (iSCNT)

منابع

معصوم‌زاده، م.، کاظمی، ر.، ۱۴۰۰. ماهیان خاویاری: یافته‌های پژوهشی ۲۰ ساله موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر. انتشارات شمیم مهر و اندیشه. ۴۱۲ ص.

حسن زاده صابر، م.، ۱۴۰۲. مروری بر ماده‌زایی (گاینوژنزیز) مصنوعی در تاس‌ماهیان دریای کاسپین. نشریه توسعه آبزی پروری. ۱۷ (۲) :۵۷-۲۹.

Chandra, G., & Fopp-Bayat, D. 2021. Trends in aquaculture and conservation of sturgeons: A review of molecular and cytogenetic tools. *Reviews in Aquaculture, 13*(1), 119-137.

Chassaing, O., Desse-Berset, N., Hänni, C., Hughes, S., & Berrebi, P. 2018. Microsatellite diversity of a critically endangered sturgeon, Acipenser sturio L. 1758, assessed from museum and archaeological tissue remains. *Journal of biogeography, 45*(5), 1043-1053.

Fatira, E., Havelka, M., Labbé, C., Depincé, A., Iegorova, V., Pšenička, M., & Saito, T. 2018. Application of interspecific Somatic Cell Nuclear Transfer (iSCNT) in sturgeons and an unexpectedly produced gynogenetic sterlet with homozygous quadruple haploid. *Scientific reports, 8*(1), 5997.

Fatira, E., Havelka, M., Labbé, C., Depincé, A., Pšenička, M., & Saito, T. 2019. A newly developed cloning technique in sturgeons; an important step towards recovering endangered species. *Scientific reports, 9*(1), 10453.

Fopp-Bayat, D., Hliwa, P., & Ocalewicz, K. 2018. Presence of gynogenetic males suggests a female heterogamety in sterlet Acipenser ruthenus L. *Animal reproduction science, 189*, 110-118.

Gharaei, A., Porkazemi, M., Rezvani, S., & Amiri Majazi, B. 2005. Genetic difference and resemblance between *Acipenser persicus* and Acipenser gueldenstaedtii by means of RAPD Technique. *Iranian Scientific Fisheries Journal, 14*(2), 91-102.

Hassanzadeh Saber, M., Noveiri Baradaran, S., Pourkazemi, M., & Yarmohammadi, M. 2008. Induction of gynogenesis in stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) and its verification using microsatellite markers. *Aquaculture Research, 39*(14): 1483-1487.

Ludwig, A. 2006. A sturgeon view on conservation genetics. *European Journal of Wildlife Research, 52*, 3-8.

Ludwig, A., Congiu, L., Pitra, C., Fickel, J., Gessner, J., Fontana, Zane, L. 2003. Nonconcordant evolutionary history of maternal and paternal lineages in Adriatic sturgeon. *Molecular Ecology, 12*(12), 3253-3264.

Luis, A. 2007. PCR-based methods for fish and fishery products authentication. *Trends in Food Science & Technology, 18*(11), 558-566.

Manan, H., Hidayati, A. N., Lyana, N. A., Amin-Safwan, A., Ma, H., Kasan, N. A., & Ikhwanuddin, M. 2022. A review of gynogenesis manipulation in aquatic animals. *Aquaculture and Fisheries, 7*(1), 1-6.

Pšenička, M., Saito, T., Linhartová, Z., & Gazo, I. 2015. Isolation and transplantation of sturgeon early-stage germ cells. *Theriogenology, 83*(6), 1085-1092.

Williot, P., Nonnotte, G., & Chebanov, M. 2018. *The Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869) Volume 2-Farming*: Springer.

Yarmohammadi, M., Shabani, A., Pourkazemi, M., & Baradaran Noveiri, S. 2012. Identification of bester hybrids (female *Huso huso* Linnaeus, 1758 and male sterlet *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) using AFLP molecular technique. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11*(2), 415-423.

Ye, H., Li, C.-J., Yue, H.-M., Du, H., Yang, X.-G., Yoshino, Wei, Q.-W. 2017. Establishment of intraperitoneal germ cell transplantation for critically endangered Chinese sturgeon Acipenser sinensis. *Theriogenology, 94*, 37-47.

The application of new molecular technologies in genetic conservation and farming programs of sturgeons

***Reza Pasandideh*[1*]**

Rezapasandideh63@gmail.com

[1] Iranian Shrimp Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

Abstract

The purpose of this manuscript is to investigate the applications of new molecular technologies in genetic protection and breeding programs of sturgeons. Due to the production of black caviar, the order of Acipenseriformes including two families Acipenseridae (sturgeons) and Polyodontidae (paddlefishes), contains the economic most valuable species in world trade, hence, these species were and are the goal of many genetic conservation programs around the world. There are several species of sturgeons in the southern parts of the Caspian Sea and the rivers leading to it. In recent decades, the use of genetic information has been proposed as an essential component of management programs for endangered species such as sturgeons. Without the implementation of sustainable breeding and conservation programs, there is a low probability for the survival of the current populations of sturgeons. New molecular technologies such as genome engineering and genome transplantation (germline cell transplantation and Somatic cell nuclear transfer) are promising solutions for gamete production, creation of gene banks, genetic reconstruction, protection and restoration of endangered species with a long reproductive cycle such as sturgeons.

Keywords: Breeding; Aquaculture; Acipenseriformes; Molecular genetics; Sturgeons