Archive of SID

مقاله مروری

آمیخته‌گری در ماهیان، دلایل، کاربردها و روش‌های شناسایی

سالار درافشان*، فاطمه پورخزایی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۴۱۵۸۳۱۱۱، ایران.

*نویسنده مسئول: sdorafshan@iut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۷

چکیده

آمیخته‌گری یکی از روش‌های کاربردی اصلاح نژاد در آبزیان است و هدف از آن در صنعت آبزی‌پروری، بهبود عملکرد آبزیان آمیخته در مقایسه با والدین خود تحت شرایط خاص محیطی است. بهبود عملکرد تولید در صفات مختلف کاملاً تصادفی است که به دلیل بروز همکاری آللی در آمیخته‌ها ممکن است به صورت برتری آمیخته یا هتروزیس بروز نماید. تاکنون، آمیخته‌های متعددی از ماهیان به صورت طبیعی و یا با دخالت مستقیم بشر به طور مصنوعی تولید شده‌اند. آمیخته‌ها بخش قابل‌توجهی از تولید برخی از گونه‌ها در برخی از کشورها را تشکیل می‌دهند. به منظور بهبود یافتن بقا و تکامل پایدار در فرزندان آمیخته از فرآیند تری‌پلوییدسازی در کنار آمیخته‌گری استفاده می‌شود. نتایج آمیخته‌گری می‌تواند متغیر باشد و به ساختار ژنتیکی والدین (جنسیت) بستگی دارد. نکته کلیدی در این روش اصلاح‌نژادی، اثبات ماهیت آمیخته نتاج است. به منظور بررسی ماهیت واقعی نتاج حاصل از آمیخته‌گری می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده نمود، که از بین آن‌ها روش مولکولی به دلیل بررسی صحت آمیخته‌گری در مراحل آغازین لاروی و یا حتی پس از خروج لارو از تخم، دقت، صحت بالا و سرعت مناسب از ابزارهای بسیار کارآمد محسوب می‌شود. در این نوشتار به بررسی آمیخته‌های تولیدی در گروه-های مختلف ماهیان خوراکی و زینتی با تأکید بر گونه های مهم در ایران خواهیم پرداخت.

واژگان کلیدی: آبزی‌پروری، آمیخته‌گری، زیست فناوری، هتروزیس (برتری آمیخته).

مقدمه

با افزایش جمعیت جهانی، تقاضا برای پروتئین با کیفیت بالا، به‌ویژه منابع آبزی، به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. در هزاره سوم، به‌دلیل صید بی-رویه و بیش از ظرفیت اقیانوس‌ها و منابع آب‌شیرین، از بین رفتن زیستگاه‌ها و افزایش جمعیت منجر به عدم پاسخگویی به نیاز پروتئینی آبزیان برای جمعیت جهانی شده است و تحت شرایط فعلی جهانی و محیط زیستی افزایش بیشتر تولیدات از منابع آبی پیش‌بینی نمی‌شود (Dunham *et al*., 2001). افزایش تولید آبزی‌پروری، آخرین امید برای فراهم کردن ماهی به اندازه کافی برای جهان است که ارزان‌ترین منبع پروتئین حیوانی به‌شمار می‌رود (Ayoola and Idowu, 2008; Semeniuk *et al*., 2019)، اما صنعت آبزی‌پروری در حال حاضر با حل مشکلات هم‌زمان از جمله توسعه سیستم‌های تولیدی از نظر اقتصادی، کاهش تأثیرات بر محیط زیست و مشکلات استفاده از مقدار کمتری از فضای زمین و آب مواجه است (Moses *et al*., 2005).

با افزایش تقاضا برای غذاهای آبزیان، به سیستم-های تولیدی کارآمدتر از سیستم‌های سنتی که با موانع پایداری مانند رشد آهسته ماهی، ضریب غذایی نامناسب، تلفات شدید ناشی از بیماری، مرگ ماهی ناشی از سطوح پایین اکسیژن، عدم برداشت محصول به میزان کافی، هماوری و تکثیر ضعیف مواجه نباشند، نیاز است (Dunham, 2011). علم ژنتیک به‌عنوان ابزاری در راستای افزایش تولید در واحد سطح، به‌عنوان یکی از راه حل‌های اصلی برای تأمین نیازهای غذایی آینده جمعیت رو به رشد جهان شناخته شده است. زیست‌فناوری، دریچه جدیدی را برای توسعه منابع ژنتیکی در آبزی‌پروری باز کرده است، زیرا می‌تواند نقش به‌سزایی در بهبود یافتن محصولات آبزی‌پروری داشته باشد، و علاوه بر آن به بازارپسندی، فرهنگ‌پذیری و حفظ ذخایر طبیعی

www.SID.ir

Archive of SID

کمک می‌کند (Moses *et al*., 2005; Semeniuk *et al*., 2019). استفاده از زیست‌فناوری در سیستم‌های مختلف تولید همراه با اثرات منفی است، اما حتی با این وجود، مزایای بیشتری نسبت به نگرانی‌های آن وجود دارد، زیرا تکنیک‌ها به‌طور مداوم در حال توسعه هستند و در نتیجه اثرات منفی آن را کاهش می‌دهند. بنابراین، اگر جهان بخواهد از هر فرصتی برای دستیابی به امنیت غذایی استفاده کند، باید روش‌های زیست‌فناوری اتخاذ شود (Omole, 2017).

مطالعه ژنتیک ماهی در اوایل قرن بیستم، پس از شناخت و درک صفات کمی و اصول ژنتیک آغاز گردید، اما به‌دلیل فقدان شناخت کافی از ژنتیک آبزیان به‌ویژه ماهی و عدم علاقه دست‌اندرکاران به مطالعات ژنتیکی در آبزی‌پروری، همچنین محدودیت و جوان بودن صنایع شیلاتی و آبزی‌پروری در آن زمان، عملاً مطالعات چشمگیری در این زمینه تا دهه ۱۹۶۰ انجام نگرفت و در حقیقت تلاش‌های اصلی در زمینه ژنتیک ماهی در مقیاس تجاری در زمینه بهگزینی انواع ماهیان تجاری نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌منظور بهبود ضریب تبدیل غذایی و رشد به‌اجرا درآمد. به‌تدریج با درک اصول و قوانین ژنتیک و نیز توسعه آبزی‌پروری به‌عنوان یکی از صنایع مهم زیربخش کشاورزی، کاربرد روش‌های مدرن و نوین در آبزیان توسعه یافت. در این خصوص روش‌های جدید زیست‌فناوری نظیر دستکاری کروموزومی و القای پلوییدی به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در زمینه تولید آبزیان پرورشی در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ به‌طور کامل مورد پذیرش و کاربرد قرار گرفت. به‌طورکلی می‌توان گفت که از اوایل دهه ۱۹۸۰، تحقیقات ژنتیکی در زمینه آبزی‌پروری توسعه مداوم خود را آغاز نمود و امروزه این تحقیقات به‌صورت گسترده و چشمگیر در جنبه‌های مختلف آبزی‌پروری در حال آزمایش و تجاری‌سازی است. انواع مختلفی از این فناوری‌ها مانند: بهگزینی، آمیخته‌گری، تغییر جنسیت، اصلاح‌نژاد و القای پلوییدی در حال حاضر در مقیاس تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند (Fraser *et al*., 2020؛ درافشان، ۱۳۸۵).

آمیخته‌گری یک روش تولید مثلی مهم برای به‌دست آوردن گونه جدید است. آمیخته تولیدشده می‌تواند تنوع ژنتیکی را افزایش دهد و ترکیب‌های ژنومی مختلف می‌توانند ترکیب ژنتیکی فرزندان آمیخته را تغییر دهند. زمانی‌که آمیخته صفات مطلوب را ترکیب کند و واریته‌های جدیدی با فنوتیپ‌های برتر نسبت به والدین به‌دست آورد، گفته می‌شود توان آمیخته یا هتروزیس مثبت دارد که البته این کار، هدف نهایی پرورش است (Rahman *et al*., 2018). آمیخته‌گری بین گونه‌های مختلف از یک جنس یا جنس‌های مختلف از یک خانواده رخ می‌دهد و می‌تواند مرزهای گونه‌ها را از بین ببرد، تغییرات ژنتیکی را گسترش داده و انواع واریته‌ها یا گونه‌های جدید ایجاد کند (Zhang *et al*., 2014; Engle *et al*., 2017; Chen *et al*., 2018). بنابراین، تولید یک آمیخته با ویژگی‌های منتخب و مطلوب هر یک از والدین، یکی از اهداف آبزی‌پروری است.

آمیخته‌گری در ماهی‌ها به‌دلیل لقاح خارجی بیشتر از سایر گروه‌های مهره‌داران مشاهده می‌شود (Hubbs, 1955; Campton, 1987). اما با این حال، گونه‌های مختلف ماهیان به‌علت مکانیسم‌های جداکننده باروری، جداگانه باقی می‌مانند و اغلب حتی آمیخته‌گری مصنوعی را دشوار می‌کند. اولین مانعی که بایستی برطرف شود، مکانیسم‌های جداسازی باروری است. مکانیسم‌های عمده جداکننده تولید مثل به شیوه آمیخته‌گری در آبزیان شامل عوامل جغرافیایی، مکانیکی و سلولی (نامتناسب بودن اندازه گامت‌های گونه‌های مختلف با همدیگر)، رفتاری (رفتارهای معاشقانه، سایر رفتارهای جفتگیری، و نشانه‌های فرمونی)، زمان تولید مثل، ناسازگاری ژنتیکی گامت‌های گونه‌های مختلف با همدیگر و عقیم‌بودن آمیخته نسل اول است

www.SID.ir

Archive of SID

(Dunham, 2011; Liu *et al*., 2020).

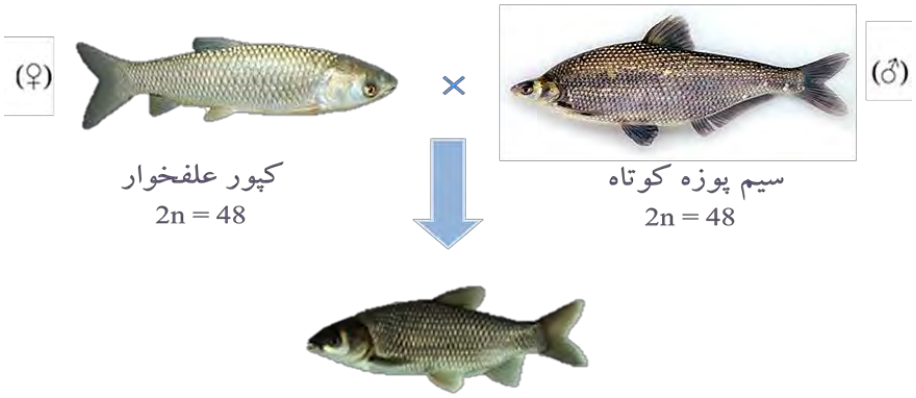
آمیخته‌های بین‌گونه‌ای توجه زیادی را به‌خود اختصاص داده‌اند، زیرا می‌توانند از طریق توان آمیخته باعث بهبود بهره‌وری، انتقال ویژگی‌های مطلوب یا تولید حیوانات عقیم شوند (Chevassus, 1983). آمیخته‌گری همچنین ممکن است برای ترکیب ویژگی‌های با ارزش همچون، رشد بهتر و کیفیت گوشت، مقاومت در برابر بیماری و افزایش تحمل‌های محیطی استفاده شود. در سال‌های اخیر تولید آمیخته‌هایی از گونه‌های مختلف خانواده کپورماهیان (Cyprinidae) در مزارع پرورشی عمومی و خصوصی به‌صورت موفقیت‌آمیز بوده است و به‌دلیل مقاومت بالای این آمیخته‌ها در برابر شرایط نامساعد اکولوژیکی برای مزارع پرورش،گزینه مناسبی هستند (Reddy, 2000; Rahman *et al*., 2005).

با توجه به اختلافات ژنتیکی و فیزیولوژیکی والدین، در تکثیر آمیخته‌گری مشکلاتی مانند ناسازگاری بین آلل‌های والدین و اختلال تنظیم ژن که باعث مرگ فرزندان آمیخته می‌شود، وجود دارد. حتی اگر والدین تعداد کروموزوم یکسانی داشته باشند، اما کاریوتایپ آن‌ها به طور چشمگیری متفاوت از همدیگر باشد، بقای فرزندان حاصل از آمیخته‌گری مشکل است (Lou and Li, 2006; Hu *et al*., 2018). همچنین، تفاوت‌های موجود در والدین ممکن است ترتیب زمانی بیان ژن‌ها را مختل کند و منجر به غیرهمزمانی یا مهارشدن بیان آن‌ها شود. به عنوان مثال، در آمیخته حاصل از آمیزش بین گونه‌ای کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) جنس ماده و سیم پوزه کوتاه (*Megalobrama amblycephala*) جنس نر (شکل ۱)، بیان ایزوآنزیم‌ها با منشاء مادری در آمیخته مذکور از نظر زمانی پیش از بیان ژن‌های مشابه از منشاء والد پدری، قابل ردیابی است. این شواهد نشان می‌دهد که ناسازگاری زمانی بیان ژن‌های مذکور، می‌تواند منجر به تشکیل بافت‌ها و اندام‌های غیرطبیعی در مرحله جنینی شود که خود بروز ناهنجاری‌ها یا مرگ جنین-های آمیخته را در پی خواهد داشت (Qing *et al*., 1997). اگر سیتوپلاسم تخم با DNA هسته‌ای اسپرم به‌خوبی هماهنگ نباشد، بیان ژن‌های خاصی را مهار یا تسریع می‌کند، در نتیجه، منجر به مرگ جنین‌ها قبل از تفریخ می‌شود و اگر تعداد کمی از آن‌ها تفریخ پیدا کنند، دشوار است که بتوانند تا سنین بالاتر باقی بمانند (Lou and Li, 2006; Fu *et al*., 2020). بنابراین، در آمیخته‌گری، نه تنها بین هسته تخمک و اسپرم ناسازگاری وجود دارد، بلکه ناسازگاری بین هسته و سیتوپلاسم نیز منجر به اختلالات تکاملی در آمیخته‌ها می‌شود. آمیخته‌های تریپلوییید با دو آلل مادری یا پدری، ممکن است بیان ژن کاهش‌یافته آلل سوم را جبران کرده و سنتز طبیعی مواد ژنتیکی و متابولیسم که برای بقای فرزندان آمیخته ضروری است را تضمین کند. با این حال، مشخص نیست که چه ارتباطی بین مواد ژنتیکی والدین در فرزندان آمیخته وجود دارد. درک بیشتر اثرات ژنتیکی والدین و مکانیسم‌های تعامل آن‌ها در طی تشکیل آمیخته‌های تریپلوییید ضروری است (Fu *et al*., 2020) (شکل ۱).

آمیخته‌ها بخش قابل توجهی از تولید برخی از گونه‌ها در برخی از کشورها را مانند آمیخته سی‌باس راه راه (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) در امریکا، آمیخته گربه‌ماهی راه رونده (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) در تایلند، آمیخته کاراسیده (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*) در ونزوئلا و آمیخته بستر (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) در ایران را تشکیل می‌دهند. با وجود استفاده گسترده از آن، این تصور عمومی وجود دارد که آمیخته‌گری ابزار مفیدی برای آبزی‌پروری نیست. ما معتقدیم که این تصور از گزارش نادرست برخی از آمیخته‌های مفید، آزمایش‌های محدود سویه‌های مورد استفاده برای آمیخته‌ها و از کار اولیه بر آزادماهیانی است که منجر به آمیخته‌های تجاری نشده‌اند، به‌وجود آمده است (Bartley *et al*., 2001; Semeniuk *et al*.,

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ - آمیخته‌گری بین دو جنس مختلف از کپورماهیان. آمیخته بین دو گونه کپور علفخوار و سیم پوزه کوتاه، منجر به بروز آمیخته‌های تریپلوییید می‌شود (Qing و همکاران، ۱۹۹۷).

2019). از این‌رو این مطالعه مروری، بر روی آمیزش بین گونه‌هایی که از لحاظ ژنتیکی متمایز هستند و پرورش آمیخته‌ها تمرکز دارد انجام شد تا توانایی آمیخته‌ها در تولید آبزی‌پروری جهانی نشان داده شود.

۱- ارزش آمیخته‌ها: به‌طور کلی در صنعت آبزی-پروری، آمیخته‌گری به‌منظور تولید آبزیان با صفات مطلوب یا بهبود کلی عملکرد آن‌ها به‌کار گرفته می-شود و هدف، معمولاً تولید نسلی است که عملکرد بهتری را نسبت به والدین نشان دهند. برای ارزیابی مطلوب از امکان به‌کارگیری آمیخته‌ها در صنعت آبزی‌پروری، ابتدا باید تفسیری مناسب از صفات آن‌ها ارایه داد. درحقیقت ارزش آمیخته‌ها در نتیجه یک یا ترکیب مناسبی از این صفات حاصل می‌شود. سه دسته از اطلاعات شامل بازماندگی، نرخ رشد و عملکرد تولید مثلی در آمیخته‌ها باید با دقت بیشتری مورد ارزیابی قرار گیرند (Bartley *et al.*, 2001).

۱) بازماندگی آمیخته‌ها: مطابق اطلاعات گزارش شده در مورد آمیخته‌های ماهیان، بازماندگی را باید در سه دوره مختلف تمایز داد:

الف- بازماندگی در مراحل آغازین نمو (نمو جنینی، مرحله تفریخ، جذب زرده و شروع تغذیه فعال): غالباً مرگ و میر بالا طی این دوره گزارش شده است، حتی برای آمیخته‌هایی که از بقای بالایی پس از این مراحل برخوردار هستند. این پدیده به‌ویژه در مورد آمیخته‌های بین‌جنسی (Intergeneric) حاد است. برای مثال، در بین آزادماهیان، دو ماه بعد از تفریخ نرخ بقا قزل‌آلای ببری آمیخته بین قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*) و قزل‌آلای جویباری (*Salvelinus fontinalis*) در حدود ۱۰ الی ۲۰ درصد گروه شاهد بود. این تلفات تا زمانی که مربوط به دوره قبل از تغذیه فعال است و با فرض استفاده از روش‌های فیزیکی ساده جهت حذف آن‌ها، تهدید اقتصادی جدی محسوب نمی‌شوند. به-علاوه، مراحل آغازین اغلب نتایج بسیار متغیری را خصوصاً از یک والد به والد دیگر نشان می‌دهند. در مورد قزل‌آلای قهوه‌ای، گزارش‌های مختلف نرخ بقا را در پایان مرحله جذب زرده از ۰ تا ۴۳ درصد بین فرزندان حاصل از والدین مختلف نشان دادند که علل این تلفات به خوبی بررسی نشده است. مطالعات سیتوژنتیک مولکولی آمیخته بین آزادماهی ماسو ماده (*Oncorhynchus masou*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان نر، حذف ترجیحی و بدشکلی‌های کروموزومی را تا ۲۰ روز بعد از لقاح نشان دادند. چنین اختلالات کروموزومی به‌نظر یکی از دلایل تلفات جنین‌ها است که در وهله اول به‌دلیل ناهماهنگی‌های بین ژنوم والد نر (اسپرم) و سیتوپلاسم تخمک پدید می‌آید. اگرچه مکانیسم‌های مولکولی این ناهماهنگی‌ها و تلفات

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲ - مقایسه رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (الف)، ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) (ج) و آمیخته بین آن‌ها (ب). میزان رشد ماهیان آمیخته، در سن ۱۸ ماهگی حدواسط دو گونه والدینی است (درافشان، ۱۳۸۵).

جنینی به‌طور کامل مشخص نیست (Ito *et al.*, 2006).

ب- بازماندگی در طی دوره رشد قبل از بلوغ: با فرارسیدن دوره تغذیه خارجی، نرخ بقا آمیخته‌ها غالباً حدواسط والدین است. سطح واقعی عملکرد به محیط پرورشی و وجود عوامل بیماری‌زای خاص وابسته است. آمیخته‌ها به‌ظاهر حداقل بخشی از مقاومت خاص یکی از دو والد را به ارث می‌برند. آمیخته بین قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آزاد کوهو (*Oncorhynchus kisutch*) تا حدی نسبت به سپتیسمی هموراژیک ویروسی (*Viral Hemorrhagic septicemia* (VHS)) مقاوم است، این ویژگی منشا پدری دارد. قزل‌آلای ببری نسبت به آب دریا از قزل‌آلای جویباری مقاوم‌تر است؛ این ویژگی از گونه مادر انتقال پیدا می‌کند (Ord *et al.*, 1976).

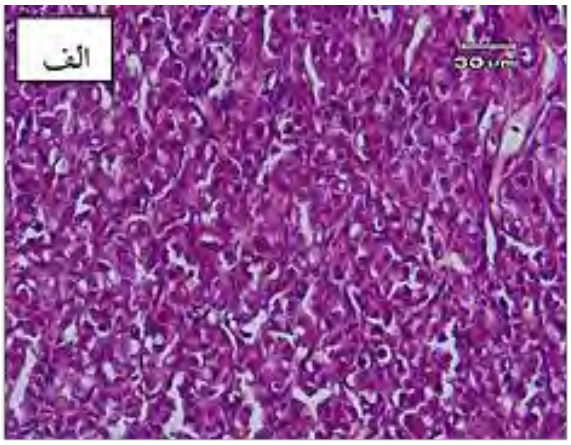
ج- بازماندگی در طی بلوغ جنسی و پس از آن: یکی از اهداف آمیخته‌گری تأخیر و یا حتی ممانعت از بلوغ جنسی است. چنین تأثیری می‌تواند نتایج مثبتی بر نرخ بقا داشته باشد. در جایی که بلوغ جنسی اغلب با افزایش حساسیت آبزیان همراه است، مانند مرگ‌ومیری که در آزادماهیان جنس *Oncorhynchus* رخ می‌دهد، ممانعت از بروز بلوغ جنسی می‌تواند زمینه‌ساز افزایش بقا در این دسته از آمیخته‌ها در مقایسه با والدین باشد (Susuki and Fukuda, 1971).

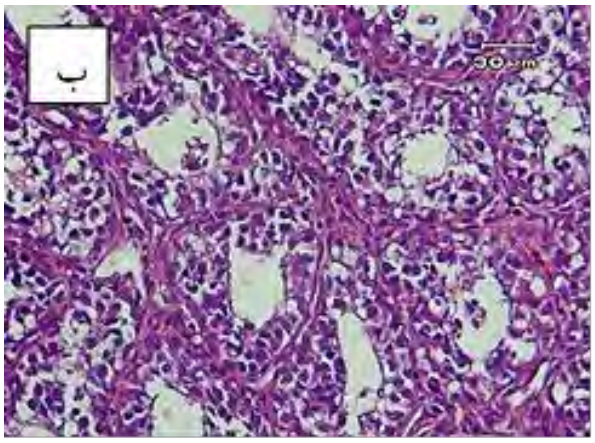
۲) پتانسیل رشد آمیخته‌ها: رشد آمیخته‌ها در طی دو دوره اصلی قبل و بعد از بلوغ قابل بررسی است:

الف- رشد قبل از بلوغ: اگرچه یکی از اهداف آمیخته‌گری، دست‌یابی به هتروزیس مثبت برای صفت رشد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صفات مطرح در آبزی‌پروری است، اما به‌طور معمول رشد آمیخته‌ها عمدتاً حدواسط گروه‌های والدینی قرار می‌گیرد (شکل ۲). به‌نظر می‌رسد والد دارای نرخ رشد بیشتر حداقل قادر است تا حدی این امکان را به آمیخته‌ها منتقل کند. بنابراین، شاید بهره‌برداری از هتروزیس محدود به آمیزش بین گروه‌های مختلف یک گونه شود. به‌لحاظ اقتصادی، استفاده از مزایای آمیخته‌گری به‌طور کلی می‌تواند با آمیزش یک گونه حساس اما دارای رشد زیاد با گونه مقاوم اما با رشد کم، تأمین شود (Susuki and Fukuda, 1972).

www.SID.ir

Archive of SID





شکل ۳ - عقیمی گنادی (الف) و عقیمی گامتی یا زایگوتی (ب) به‌ترتیب در جنس ماده و نر آمیخته حاصل از قزل آلای رنگین کمان و ماهی آزاد دریای خزر. به تخریب ساختار تیغه ای تخمدان در جنس ماده آمیخته و توسعه محدود بیضه در آمیخته نر توجه شود (درافشان، ۱۳۸۵).

ب- رشد در دوره بلوغ جنسی: کاهش رشد همراه با بلوغ جنسی یک پدیده معمول در ماهیان است. عقیم‌بودن برخی آمیخته‌ها به‌عنوان یک شیوه ممکن جهت جلوگیری از این پدیده مورد تأکید قرار گرفته است. عدم امکان تولید مثل همچنین می‌تواند با کنترل جمعیت منجر به استفاده بهتر از منابع محیطی و در نتیجه افزایش رشد ماهی آمیخته شود. آمیخته‌های ماهی تیلاپیا مثال مناسبی از این وضعیت هستند (Mires, 1977) (شکل ۲).

۳) تولید مثل: در ماهیان آمیخته، بلوغ جنسی ممکن است به راه‌های مختلفی تحت تأثیر قرار گیرد. برخی آمیخته‌ها بلوغ طبیعی را در هر دو جنس نشان می‌دهند و اجازه تولید نسل F_2 یا آمیزش‌های برگشتی را فراهم می‌کنند. به‌عنوان مثال، آمیخته‌های ماهی آزاد کتا ماده (*O. keta*) و ماهی آزاد نر (*O. nerka*) در آزادماهیان بارور هستند. برخی دیگر از انواع آمیخته‌ها، نظیر قزل‌آلای ببری تحلیل گنادها یا نمو اندک سلول‌های جنسی در مرحله گامتوژنز (عقیمی گنادی) را نشان می‌دهند. در آمیخته بین جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان و جنس نر ماهی آزاد دریای خزر، عقیمی گنادی در جنس ماده آمیخته و عقیمی گامتی یا زایگوتی در جنس نر آمیخته مشاهده شده است (شکل ۳؛ درافشان، ۱۳۸۵). بین دو وضعیت باروری کامل و عقیمی گنادی چندین وضعیت حدواسط شامل عقیمی زایگوتی (گامت‌زایی صورت گرفته و امکان بارورسازی یا بارورشدن برای گامت‌ها فراهم است، با این وجود، جنین‌های حاصل بازماندگی اندکی را نشان می‌دهند و عموماً پس از تفریخ تلف می‌شوند) و عقیمی گامتی (گامت‌های تولیدشده اغلب در تعداد و یا در شکل غیرطبیعی هستند و بنابراین از آمیزش آن‌ها با یکدیگر، اصولاً جنینی حاصل نمی‌شود) قابل مشاهده است (Susuki and Fukuda, 1973).

علی‌رغم این که گزارش‌های متعددی از وقوع آمیخته‌گری مصنوعی و یا طبیعی بین گونه‌های مختلف ماهیان، خصوصاً آزادماهیان وجود دارد (Bartley *et al*., 2001; Ayllon *et al*., 2004) اما کاربرد و توسعه انواع آمیخته‌های بین گونه‌ای آزادماهیان در آبزی‌پروری به‌دلیل بروز تلفات شدید خصوصاً در مراحل جنینی و تا قبل از آغاز تغذیه خارجی بسیار محدود است (Bartley *et al*., 2001)؛ به‌طوری که حتی در بسیاری از موارد آمیخته‌گری بین‌گونه‌ای آزادماهیان منجر به حصول نتاج مرده و یا میزان بازماندگی اندک می‌شود، به‌حدی که پرورش آن‌ها را فاقد توجیه اقتصادی می‌نماید (Semeniuk *et al*., 2019). بررسی‌های کاریولوژیک برخی آمیخته‌های بین‌گونه‌ای در آزادماهیان و نیز کپورماهیان نشان داد که بخش عمده آمیخته‌های باقی مانده، در واقع آمیخته‌های تریپلوییدی هستند که به‌صورت خودبه‌خودی تولید

www.SID.ir

Archive of SID

شده‌اند. درک این حقیقت منجر به القای تریپلوییدی در آمیخته‌های بین‌گونه‌ای آزادماهیان به‌منظور افزایش قابل قبول بازماندگی در آن‌ها گردید (Chevassus, 1983; Scheerer and Thorgaard, 1983; Fraser *et al*., 2020). آمیخته‌های تریپلویید علاوه بر بازماندگی بهتر، کاملاً عقیم بوده و از مزایایی نظیر عدم امکان مشارکت در تولید نسل و در نتیجه اختلاط ژنی مجموعه ماهیان بومی و ذخایر وحشی نیز برخوردار هستند (Gray *et al*., 1993)؛ موفقیت این روش در برخی موارد در حدی بود که امروزه توسعه پرورش آمیخته‌های بین‌گونه‌ای آزادماهیان، تنها متکی به استفاده از انواع آمیخته تریپلویید است (Blanc *et al*., 2000; Blanc and Maunas, 2005; Fraser et al., 2020; Fu *et al*., 2020).

۲- کاربرد آمیخته‌ها در آبزی‌پروری: آمیخته‌گری در آبزی‌پروری به‌منظور افزایش توان تولید، تولید آبزیان مناسب برای پرواربندی، ایجاد نژاد یا سویه‌های جدید، تولید محصولات هم‌شکل، تولید جمعیت‌های تک جنس، تولید آبزیان آمیخته برای ذخیره‌سازی در آن دسته از پیکره‌های آبی که ناتوان از نگهداری جمعیت‌های خود-تکثیر هستند، تولید افراد عقیم، افزایش سرعت رشد، بهبود کیفیت گوشت، افزایش مقاومت به بیماری و تحمل شرایط محیطی و همچنین بهبود سایر صفات با کیفیت به‌منظور سودآور ساختن ماهی‌ها انجام می‌شود (Rahman *et al*., 2018).

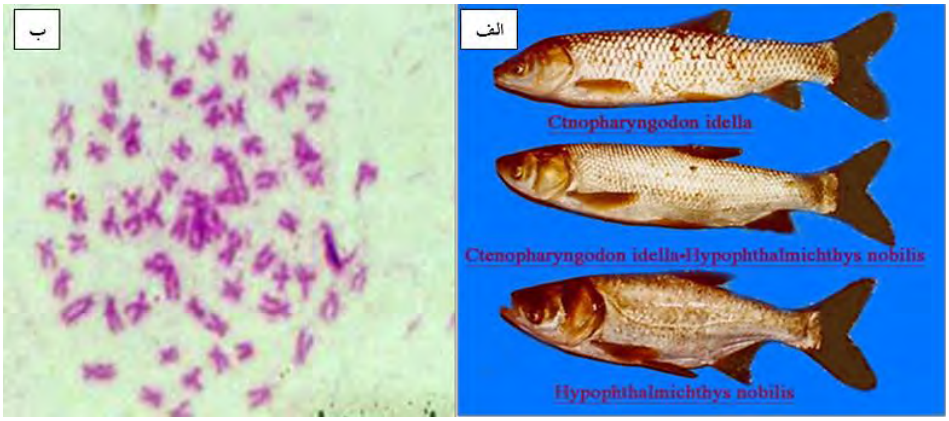
اغلب کارهای قبلی درمورد آمیخته‌گری بر روی آزادماهیان انجام شده است، اما این گونه‌ها معمولاً آمیخته‌هایی با اهمیت تجاری تولید نمی‌کنند. به‌همین دلیل، آمیخته‌های موجود در این ماهی‌ها مورد توجه متخصصان پرورش ماهی قرار نمی‌گیرند (Bartley *et al*., 2001; Rahman *et al*., 2013). با توجه به افزایش گسترش آبزی‌پروری در سراسر جهان، آمیخته‌های تولیدشده از آمیزش‌های بین‌گونه‌ای یک نقش اساسی در تولید آبزی‌پروری جهانی دارند. استفاده بیشتر از تکنیک‌های تکثیر مصنوعی و لقاح آزمایشگاهی و افزایش دانش زیست‌شناسی تولید مثل، آبزی‌پروران را به تولید آمیخته‌ها به‌منظور بهبود ویژگی‌های کیفی نسبت به گونه‌های والدینی خالص تشویق می‌کند. برخی از ویژگی‌ها و عملکردهای مهم که از طریق آمیخته‌گری در بین گونه‌های مختلف بهبود یافته است در زیر ارزیابی می‌شود (Rahman *et al*., 2018).

۱) افزایش نرخ رشد: افزایش نرخ رشد مطلوب‌ترین ویژگی در پیشرفت صنعت تکثیر و پرورش آبزیان است. افزایش رشد ممکن است ناشی از واریانس غالب، یا از افزایش تعداد لوکوس‌های پلی‌مورفیک در یک فرد باشد. افزایش هتروزایگوسیتی در بهبود رشد گونه‌های مختلف، همچنین سایر ویژگی‌های مطلوب مانند سازگاری توسعه، بازده تبدیل غذایی و متابولیسم اکسیژن نقش داشته است. امروزه به‌واسطه رشد بهتر آمیخته‌ها نسبت به والدین آن‌ها در تعدادی از گونه‌های اقتصادی ماهیان، این شرایط فراهم گردیده که آمیخته‌گری مصنوعی در آن‌ها انجام شود (Rahman *et al*., 2018).

۲) تولید آبزیان عقیم: آمیخته‌گری اغلب به فرزندانی منتهی می‌شود که یا عقیم هستند یا ظرفیت تولید مثلی آن‌ها کاهش می‌یابد که به‌دلیل مشکلات توسعه گناد و جفت‌شدن کروموزوم است. تولید جانوران عقیم می‌تواند برای کاهش تولید مثل ناخواسته یا برای بهبود نرخ رشد و جلوگیری از اتلاف انرژی ناشی از تولیدمثل مفید باشد. بررسی کاریوتایپ گونه‌ها یک نشانه خوب قابل تعمیم در مورد این‌که آیا آمیخته‌گری منجر به آمیخته‌های عقیم خواهد شد یا نه، است. کاریوتایپ تعداد کروموزوموهای هسته را در یک سلول یوکاریوت یک موجود، توصیف می‌کند و اینکه کروموزوم‌ها در زیر میکروسکوپ نوری چگونه به‌نظر می‌رسند، که معمولاً طول آن‌ها، موقعیت سانترومرها، الگوی دسته‌بندی، تفاوت‌های بین کروموزوم‌های جنسی و سایر ویژگی‌های فیزیکی مورد توجه قرار می‌گیرد (Rahman *et*

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ - آمیزش مصنوعی بین جنس ماده ماهی آمور *Ctenophayongodon idella* و جنس نر ماهی سرگنده، *Hypophthalmichthys nobilis* و تولید آمیخته تریپلوییید (الف). ارزیابی گسترش کروموزومی، وجود ۷۲ کروموزوم در آمیخته را تایید کرد (ب) (درافشان و کلباسی، ۱۳۸۶).

al., 2018). ماهی کپور علفخوار از جمله گونه‌های غیربومی و وارداتی به کشور جهت توسعه فعالیت‌های شیلاتی و آبزی‌پروری است که به‌دلیل رشد سریع، رژیم غذایی گیاه‌خواری، قرارگیری در سطوح پایین زنجیره غذایی و گوشت لذیذ از طرفداران زیادی بین پرورش‌دهندگان برخوردار است. کپور علفخوار اگرچه از توانایی بالایی در کنترل گیاهان آبزی برخوردار است اما امکان تکثیر آن در منابع آبی همواره از تهدیدات بالقوه سلامت اکوسیستم‌های آبی در سراسر جهان به‌شمار می‌رود. به‌منظور جلوگیری از بروز این پدیده، تولید ماهیان تریپلوییید و عقیم، از مهم‌ترین راهکارها محسوب می‌شود. بدین منظور آمیخته بین کپور علفخوار ماده و کپور سرگنده نر (*Hypophthalmichthys nobilis*) ایجاد شد. نتایج نشان داد که آمیخته‌ها از لحاظ ظاهری حدواسط بودند. مطالعه سیتوژنتیک آمیخته‌ها نشان داد که آن‌ها به‌دلیل داشتن یک سری کروموزوم اضافی تریپلوییید و عقیم هستند، پس برای رهاسازی در محیط آبی ایده آل هستند (شکل ۴؛ درافشان و کلباسی ۱۳۸۶).

۳) دستکاری نسبت جنسی: تولید جمعیت‌های تک جنس در ماهی اغلب برای توسعه آبزی‌پروری ارجح است. یکی دیگر از مزایای بالقوه آمیخته‌گری بین گونه‌ای این است که آمیزش برخی از گونه‌ها منجر به ایجاد نسلی با نسبت جنسی منحرف یا نسل تک جنس می‌شود. این ترجیح ممکن است به دلیل اختلافات رشدی بین جنس‌ها (به عنوان مثال، تیلاپیای نر سریع‌تر از ماده‌ها رشد می‌کند درحالی‌که در آزادماهیان و شانک‌ماهیان (Sparidae) ماده‌ها رشد بهتری نسبت به نرها دارند)، محصولات وابسته به جنس مثل خاویار باشد. یک کروموزوم جنسی خاص (XX کروموزوم‌هایی برای افراد ماده و XY برای افراد نر) ممکن است یک محصول با ارزش و جمعیت تک جنس را تولید کنند و به کاهش تولید مثل ناخواسته کمک کنند (Rahman *et al*., 2018).

ماهی تیلاپیا سهم زیادی در آبزی‌پروری در جهان به‌خود اختصاص می‌دهد، تیلاپیای نر رشد بیشتری نسبت به تیلاپیای ماده دارد که باعث می‌شود از آمیخته‌گری بین گونه تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) و تیلاپیای آبی (*O. aureus*) درصد بالایی تیلاپیای نر که هدف عمده پرورش است، ایجاد شد. نتایج نشان داد که نسبت جنسی آمیخته‌های نر به‌طور قابل توجهی بیشتر از نسبت جنسی مورد انتظار بود. همچنین آمیخته بین تیلاپیای آبی ماده و تیلاپیای نیل نر در بسیاری از صفات از جمله وزن اولیه و نهایی، درصد ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio (FCR)، ضریب رشد ویژه (Specific growth rate (SGR) و نسبت بازده پروتئین (Protein

www.SID.ir

Archive of SID

efficiency ratio (PER)(نسبت به مولدین خود هتروزیس بودند. آمیخته بین تیلاپیای نیل ماده و تیلاپیای آبی نر هم در بعضی صفات مثل PER و FCR، هتروزیس بودند (Dunham, 2011).

۴) افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و عوامل بیماری‌زا: ماهیان همواره تحت تاثیر تنش‌های محیطی و هجوم عوامل بیماری‌زا هستند، بنابراین کاهش عملکرد آن‌ها از منظر رشد و بقاء تحت تاثیر عوامل بیان شده، مشکلی مرسوم در مزارع پرورش آبزیان است. آمیخته‌گری می‌تواند به عنوان ابزاری برای بهبود مقاومت نسبت به عوامل بیان شده مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال، آمیخته‌های تولید شده بین گونه‌های مختلف آزادماهیان با آزادماهی کوهو، بهبود مقاومت نسبت به عوامل بیماری‌زای ویروسی را نشان می‌دهند (Bartley, 2001). اگر آمیخته‌های بین‌گونه‌ای تفریخ شوند، بقای بعدی و مقاومت بیماری آن‌ها اغلب بهتر از گونه‌های والدین است. آمیخته‌های تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان و چار .*Salvelinus* spp به چندین ویروس بیماری‌زا در آزادماهیان مقاوم بودند، اما به آرامی نسبت به همتایان دیپلویید خود رشد می‌کنند. آمیخته‌های تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان و آزادماهی کوهو مقاومت نسبت به ویروس نکروز خونی عفونی)*Necrosis Infectious Haematopoietic*((IHN) را افزایش داد، اما این آمیخته‌ها نسبت به دیپلوئیدها رشد بسیار آهسته‌تری داشتند. آمیخته‌های تریپلوئید بین آزاد ماهی اقیانوس اطلس و آزادماهی قهوه‌ای (*Salmo trutta* × *S. salar*) بقا و رشد را مشابه با دیپلوئیدهای تک جنسی آزاد ماهی اقیانوس اطلس نشان دادند (Dunham, 2011).

به نظر می‌رسد زمانی که در آمیخته‌گری یکی از والدین به‌خوبی محدوده گسترده‌تری از صفات را تحمل می‌کند (مانند گونه‌هایی که محدوده وسیعی از شوری یا دما را تحمل می‌کنند)، در آمیخته نیز به دلیل افزایش هتروزایگوسیتی محدوده تحمل شرایط زیستی افزایش می‌یابد. آمیخته‌های حاصل از لقاح تیلاپیای موزامبیک (*O. mossambicus*) (تحمل شوری بالا) و تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) (تحمل شوری پایین)، محدوده وسیع‌تری از شوری را تحمل می‌کنند. همچنین، این صفت در آمیخته تیلاپیای نیل × تیلاپیای آبی نیز قابل مشاهده است. آمیخته‌های تریپلوئید آزاد ماهی اقیانوس آرام سازگاری بیشتری را با آب دریا نشان داده‌اند (Dunham, 2011).

۵) پلی‌پلوییدسازی آمیخته: آمیخته‌گری همراه با دستکاری کروموزومی ممکن است باعث افزایش بقا و ثبات رشد ماهیان آمیخته در طی مراحل ابتدایی چرخه زندگی شود. به‌نظر می‌رسد آزادماهیان آمیخته پلی‌پلویید برای انواع شرایط پرورشی مناسب‌تر از آزادماهیان پلی‌پلویید یا آزادماهیان آمیخته هستند. اگرچه آزادماهیان آمیخته دیپلویید برای پرورش استفاده نمی‌شوند، اما تریپلوییدسازی آمیخته‌ها ممکن است باعث افزایش بقا و رشد شود. تریپلوییدکردن آمیخته‌های حاصل از آزادماهی اطلس و قزل‌آلای قهوه‌ای میزان بقا و رشد را نسبت به آزادماهی اطلس افزایش داد (Rahman *et al.*, 2018). همچنین، القای تریپلوییدی در آمیخته‌های حاصل از آمیزش قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) موجب افزایش میزان بازماندگی آمیخته‌های حاصل شد (درافشان، ۱۳۸۵).

آمیخته‌گری‌های انجام شده بین گروه‌های مختلف ماهیان

تاکنون، آمیخته‌های متفاوتی از آبزیان به‌ویژه ماهیانی که به صورت طبیعی و یا با دخالت مستقیم بشر به‌طور مصنوعی تولید شده‌اند، گزارش شده است (جدول ۱). در کپورماهیان چینی، آمیخته‌گری بین گونه‌های مختلف، برتری‌های متفاوتی از قبیل تطابق بهتر با محیط، انعطاف و تطابق‌پذیری وسیع‌تر از لحاظ عادات و رفتارهای تغذیه‌ای، بهره‌برداری کامل‌تر از منابع غذایی طبیعی، ضریب رشد بهتر، مقاومت بیشتر نسبت به بیماری‌ها، کیفیت بهتر گوشت و عقیمی را نشان داده است (Wu *et al.*, 2019).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – آمیخته‌گری بین گونه های مختلف ماهیان، مطالعات خارج از ایران، همراه با تأثیر آمیخته‌گری بر ویژگی‌های زیستی آن‌ها.

آمیخته‌ها	ویژگی‌ها، اثرات و مزایا	منبع
کپورماهیان		
Rohu × catla (*Labeo rohita* × *Catla catla*)	رشد خوب کاتلا و شکل سر کوچک مطلوب روهو	Reddy, 2000
Silver carp × bighead carp (*Hypophthalmichthys molitrix* × *Aristichthys nobilis*)	آمیخته‌ها بارور هستند و از نظر رشد هتروزیس مثبت دارند، تغذیه حدواسط گونه‌های والدینی	Krasnai, 1987
Grass carp × bighead carp (*Ctenopharyngodon idella* × *A. nobilis*)	آمیخته‌ها عقیم هستند، آمیخته‌های تریپلوییید نرخ رشد بالایی دارند.	Allen and Wattendorf, 1987
Common carp × catla (*Cyprinus carpio* × *C. catla*)	آمیخته‌های تریپلوییید و عقیم، رشد خوب و بقا در پرورش‌های تک گونه	Khan *et al*., 19990
Grass carp× Topmouth culter (*Ctenopharyngodon idellus* × *Erythroculter ilishaeformis)*	آمیخته‌های تریپلوییید گیاهخوار، افزایش محتوای اسیدهای آمینه ماهیچه نسبت به والد مادری	Wu *et al*., 2019
(Schizothorax wangchiachii × *Percocypris pingi)*	اولین آمیخته‌های پنتاپلوییید پایدار	Gu *et al*., 2019
سیچلیده		
Nile tilapia × blue tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)	آمیخته‌های برخی از نژادها فرزندان نر با رشد برتر دارند، برخی از آمیخته‌ها بارور هستند، تحمل بیشتر شوری و سرما	Verdegem *et al*., 1997; Zhou *et al*., 2019
Nile tilapia × Wami tilapia (*O. niloticus* × *O. hornorum*)	آمیخته‌ها غالباً نر هستند، تحمل شوری بالا	Wohlfarth, 1994
Mozambique tilapia × Wami tilapia (*O. mossambicus* × *O. hornorum*)	آمیخته‌ها غالباً نر و بارور هستند، نژادهای مختلف آمیخته‌هایی با تحمل بالای شوری و رشد خوب تولید می‌کنند.	Wohlfarth, 1994
آزادماهیان		
Atlantic salmon × brown trout (*Salmo salar* × *S. trutta*)	آمیخته‌های تریپلوییید رشد و بقای بیشتری نسبت به والدین نشان دادند، فرزندان عقیم	Galbreath and Thorgaard, 1995
Brown trout × brook trout (*Salmo trutta* × *Salvelinus fontinalis*)	آمیخته‌های حاصل را قزل‌آلای ببری می‌نامند، عقیم هستند، بقای پایین اما رشد در مراحل بالاتر خیلی خوب است.	Scheerer and Thorgaard, 1983
Rainbow trout × char trout (*Oncorhynchus mykiss* × *Salvelinus* sp.)	آمیخته‌ها نسبت به ویروس‌های سالمونید مقاومت بیشتری نشان دادند.	Dorson *et al*., 1991
Arctic char × Brook char (*Salvelinus alpinus* × *S. fontinalis*)	بیشتر بودن توده بدنی والدین نسبت به آمیخته‌ها؛ کاهش اندازه نسبی اندام‌های قلب، کبد و طحال؛ پایین‌تر بودن عملکرد رشد آمیخته‌ها نسبت به والدین	Dupont Cyr *et al*., 2018

Bakos و همکاران (۱۹۸۷) توانایی آمیخته‌گری بین گونه‌های مختلف کپورماهیان از جمله آمیخته‌گری بین کپور علفخوار با سایر کپورماهیان را گزارش کرده‌اند. آمیخته‌گری در آزادماهیان از سابقه بسیار طولانی برخوردار است، اگرچه آمیخته‌های بین‌گونه‌ای در آزادماهیان معمولاً برتری خاصی را در صفات مرتبط با رشد و بازماندگی در مقایسه با والدین نشان نمی‌دهند، اما قابلیت بهره‌برداری از توان آمیخته در خصوص برخی دیگر از صفات مهم تولیدی نظیر مقاومت به بیماری‌های ویروسی، pH اسیدی، تطابق زودهنگام با شوری آب دریا و حتی عقیمی در برخی از انواع آمیخته‌های بین‌گونه‌ای آزادماهیان، به اثبات رسیده است (Arai, 1984; Bartley *et al*., 2001). اولین گزارش‌های منتشر شده درخصوص آمیخته‌گری بین‌گونه‌ای در آزادماهیان توسط Haack (۱۸۸۰) منتشر شده است که به توصیف آمیخته‌های حاصل از آمیزش قزل‌آلای قهوه‌ایو آزاد ماهی اطلس پرداخته است (Refstie and Gjedrem, 1975). همچنین تعدادی از آمیخته‌ها در گزارش Bartley و همکاران (۲۰۰۱) مورد اشاره قرار گرفته‌اند. از جمله معروف‌ترین انواع آمیخته‌ها، آمیخته قزل‌آلای ببری (Tiger trout) است که از آمیخته‌گری بین قزل‌آلای قهوه‌ای و قزل‌آلای جویباری تولید شده است، عقیم بوده و اگرچه در مراحل اولیه بقای پایین دارد اما از رشد مناسب در مراحل بعدی برخوردار است. در آمیخته بین ماهی آزاد اطلس و قزل‌آلای قهوه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

القای تریپلوییدی، بقا و نرخ رشد را به میزان قابل مقایسه با ماهی آزاد اطلس افزایش می‌دهد. ماهیان حاصل عقیم بوده و می‌توان از مزیت‌های عقیمی آن‌ها در پرورش بهره برد. بنابراین تولید آمیخته‌های جدید بین گونه‌ها و زیرگونه‌های مختلف، همچنان یکی از فعالیت‌های تحقیقاتی مهم در آبزی‌پروری است.

آمیخته‌گری در ایران

۱) کپورماهیان: در ایران نیز محققین مطالعاتی بر روی آمیخته‌گری گونه‌های با ارزش تجاری بومی کشور و غیربومی انجام داده‌اند (جدول ۲). علی‌رغم سابقه بیش از نیم قرن تجربه در زمینه تکثیر و پرورش کپور، فقط چند مورد آمیخته‌گری آزمایشی انجام گرفته است که اکثر تلاقی‌ها در حد بررسی ماهیان نسل اول در مراحل اولیه یعنی حداکثر ۱ تا ۲ سال پس از تولید هستند، که در اینجا به چند مورد از آن تلاقی‌ها اشاره خواهد شد. تلاقی دوطرفه ماهی سفید (*Rutilus kutum*) و ماهی کلمه (*Rutilus lacustris*) (رشد آمیخته‌های تولیدشده کمتر از ماهیان شاهد) و همچنین تلاقی دوطرفه ماهی سیم (*Abramis brama*) و کلمه (رشد ماهیان آمیخته کمتر از ماهیان شاهد) نیز در مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان صورت پذیرفت (حسینی، ۱۳۷۲). آمیخته‌گری بین ماهی سفید ماده و کپور علفخوار نر انجام شده (رشد آمیخته‌های تولید شده بیشتر از ماهیان شاهد)، که براساس مطالعات مورفومتریک انجام شده، نسل حاصله، آمیخته اعلام گردید و امکان جایگزینی آمیخته ماهی کپور علفخوار و ماهی سفید به جای کپور علفخوار در پرورش توأم با کپورماهیان در ایستگاه تحقیقات شیلاتی سفیدرود میسر شد (حسینی، ۱۳۷۶). همچنین می‌توان به تلاقی کپور علفخوار و کپور سرگنده (تولید ماهیان آمیخته عقیم) (پناهی صاحبی، ۱۳۸۱؛ درافشان و کلباسی، ۱۳۸۶) و آمیخته متقابل بین ماهی سفید و ماهی سیم (زمینی و همکارن، ۱۳۸۳) اشاره نمود.

۲) آزادماهیان: با توجه به اهمیت ماهی آزاد دریای خزر به‌عنوان یک گونه بومی، درخطر انقراض و مقاوم به بیماری و جایگاه پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌عنوان یک گونه پررشد و اهلی‌شده که بیشترین میزان تولید ماهی سردآبی مزارع ایران را به‌خود اختصاص داده است، تاکنون مطالعاتی بر روی آمیخته‌های مستقیم و معکوس دیپلویید و تریپلویید بین آن‌ها پرداخته شده است. سه گزارش درخصوص امکان آمیخته‌گری بین گونه‌های آزادماهی دریای خزر و قزل‌آلای رنگین‌کمان وجود دارد: مطالعات مهرابی (۱۳۷۴)، به‌دلیل بروز تلفات شدید در مراحل انکوباسیون و جذب زرده به آغاز تغذیه خارجی محدود گردید، او امکان تولید بچه ماهی را در هر دو تلاقی مستقیم و معکوس مورد مطالعه قرار داد، اما به بررسی صحت دگرآمیزی نپرداخت. پورغلام و نوروزی مقدم (۱۳۷۴)، تنها بازماندگی بسیار محدود ناشی از آمیزش قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده و ماهی آزاد دریای خزر نر را مورد تأکید قرار دادند و تلفات کامل قبل از تفریخ را در آمیزش معکوس گزارش کردند. درافشان (۱۳۸۵) آزمایش را با تعداد مولد بیشتر اجرا کرد و اثر القای پلوییدی بر دگرگشنی را مدنظر قرار داد. نتایج نشان داد که آمیزش جنس ماده ماهی آزاد خزر با جنس نر قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به حصول نتاج نشد. درحالی که در تلاقی معکوس، میزان بازماندگی اندک جنین‌های حاصل با القای پلوییدی تا حدمطلوبی افزایش یافت.

همچنین، نجف‌پور (۱۳۹۸) به بررسی جامع‌تر آمیخته دیپلویید و تریپلویید (بین قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده و ماهی آزاد دریای خزر نر) با تمرکز بر نمو سیستم گوارشی و سنجش ترنسکریپتوم آن پرداخت. به طور کلی، آمیخته‌گری در آزادماهیان با توجه به تلفات شدید در خلال نمو جنینی توسعه زیادی نداشته است و مسیرهای مولکولی درگیر در این تلفات کمتر مورد توجه قرار گرفته است، بنابراین انجام مطالعات مولکولی هر چه بیشتر در این زمینه احساس می‌گردد. در تحقیق وی جهت شناخت علل بروز تلفات در گونه‌های آمیخته از روش RNA-Seq

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ – آمیخته‌گری بین گونه‌های مختلف ماهیان در ایران، همراه با تأثیر آمیخته‌گری بر ویژگی‌های زیستی آن‌ها.

آمیخته‌ها	نتایج آمیخته‌گری	منبع
کپورماهیان		
ماهی کلمه × ماهی سفید دریای خزر *Rutilus kutum* ×*Rutilus rutilus*	رشد آمیخته‌های تولیدشده کمتر از ماهیان شاهد	حسینی، ۱۳۷۲
ماهی سفید × کپور علف‌خوار *Ctenopharyngodon idella* ×*Rutilus kutum*	رشد آمیخته‌های تولید شده بیشتر از ماهیان شاهد	حسینی، ۱۳۷۶
کپور سرگنده × کپور علف‌خوار *Ctenopharyngodon idella* × *Hypophtalmichthys nobilis*	تولید ماهیان آمیخته عقیم	پناهی صاحبی،۱۳۸۱؛ درافشان و کلباسی، ۱۳۸۶
تاسماهیان		
اوزون‌برون× فیل‌ماهی *Huso huso* × *Acipenser Stellatus*	-	امینی، ۱۳۷۱
شیپ × فیل‌ماهی *Huso huso* × *Acipenser nudiventris*	-	قزل، ۱۳۷۶
استرلیاد × فیل ماهی *Huso huso* × *Acipenser ruthenus*	مناسب بودن این آمیخته در آبزی‌پروری به علت تعیین جنسیت آمیخته‌ها در ۳ سالگی و پرورش آن‌ها تا ۴ سالگی	برادران نویری و همکاران، ۱۳۹۱
آزادماهیان		
ماهی آزاد دریای خزر × قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* × *Salmo caspius*)	بروز تلفات شدید در مراحل انکوباسیون و جذب زرده و محدود شدن به آغاز تغذیه خارجی	مهرابی، ۱۳۷۴
ماهی آزاد دریای خزر × قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* × *Salmo caspius*)	بازماندگی بسیار محدود ناشی از آمیزش قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده و ماهی آزاد دریای خزر نر را مورد تأکید قرار دادند و تلفات کامل قبل از تفریخ را در آمیزش معکوس	پورغلام و نوروزی مقدم، ۱۳۷۴
ماهی آزاد دریای خزر × قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* × *Salmo caspius*)	میزان بازماندگی اندک جنین‌های حاصل از لقاح قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده و ماهی آزاد دریای خزر نر با القای پلوییدی	درافشان، ۱۳۸۵
ماهی آزاد دریای خزر × قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* × *Salmo caspius*)	نمو سیستم گوارشی و سنجش ترنسکریپتوم آن؛ شباهت سیستم گوارشی آمیخته به والد مادر	نجف پور، ۱۳۹۸

استفاده شده است که در واقع امکان ارزیابی کل ژنوم را فراهم می‌آورد. پیشرفت‌های اخیر در زمینه فن-آوری‌های RNA-Seq نقش مهمی را در گسترش دانش تکامل مولکولی از راه تولید داده‌های توالی کدگذاری پروتئین در تمام سطوح تنوع زیستی ایفا می‌کنند. به‌طور کلی، آنالیز ترنسکریپتوم ماهیان آمیخته و گونه‌های والد نشان‌دهنده تفاوت در زیست-شناسی ماهیان تولیدی و نیز تأثیر تریپلوییدی بر عملکرد زیستی ماهیان آمیخته است. این مطالعه نخستین مطالعه انجام شده بر آمیخته دیپلویید و تریپلویید (بین قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده و ماهی آزاد دریای خزر نر) و همچنین ماهی آزاد دریای خزر در سطح ترنسکریپتوم است که می‌تواند آغازی بر بکارگیری روش RNA-Seq در ماهیان آمیخته و گونه‌های والد آن در صنعت آبزی‌پروری در ایران باشد. نتایج این مطالعه اطلاعاتی مفید از تأثیر تریپلوییدی بر وراثت صفاتی مانند رشد و فعالیت هضمی آمیخته بین قزل‌آلای رنگین‌کمان ماده و ماهی آزاد دریای خزر نر را فراهم می‌آورد. به‌طور کلی نتایج تحقیق ایشان جهت کاربرد در بخش آبزی-پروری و هم به‌عنوان مبنایی برای مطالعات آینده قابل استفاده است (نجف‌پور، ۱۳۹۸).

۳) تاسماهیان: در ایران نیز انواع تلاقی مصنوعی بین تاسماهیان انجام شد که از جمله می‌توان به تلاقی فیل‌ماهی (*Huso huso*) و ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) در مرکز تحقیقات شیلاتی استان مازندران و پرورش آن در شرایط کنترل‌شده (امینی، ۱۳۷۱)، فیل‌ماهی و شیپ (*A. nudiventris*) (قزل، ۱۳۷۶)، فیل‌ماهی و تاس-ماهی روسی (*A. gueldenstaedtii*) (قزل و امینی، ۱۳۷۷)، تاسماهی روسی و ازون‌برون (رستمیان، ۱۳۷۵)، شیپ و ازون‌برون (رستمیان، ۱۳۷۷)، فیل-

www.SID.ir

Archive of SID

ماهی و تاسماهی ایرانی (*A. persicus*) (پورکاظمی و همکاران، ۱۳۸۵)، استرلیاد (*A. ruthenus*) و فیل-ماهی (برادران نویری و همکاران، ۱۳۹۱) اشاره نمود. تمام آمیخته‌های تولید شده به‌جز آمیخته بستر، آزمایشگاهی و تحقیقاتی بوده و به مرحله تولید تجاری و انبوه نرسیده‌اند.

۴) ماهیان زینتی: تاکنون آمیخته‌گری‌های فراوانی در بین ماهیان زینتی صورت گرفته است اما مستندات علمی که بتوان در این زمینه به آن‌ها مراجعه نمود، بسیار اندک است و شاید به این علت باشد که متخصصین صنعت تکثیر و پرورش ماهیان زینتی، اطلاعات مربوط به نژادهایی که در آمیخته-گری‌ها به‌کار می‌روند را به‌صورت نسبتاً مخفی نگهداری می‌نمایند. رایج‌ترین آمیخته‌ها در بین ماهی‌های آکواریومی، از گروه زنده‌زاها هستند. آمیخته‌های حاصل از *Xiphophorus helleri*، *X. variatus* و *X. maculatus* ماهی‌های دم شمشیری و پلاتی که در رنگ‌های متنوع در مغازه‌ها دیده می‌شوند هستند، و مولی‌ها، بیشتر آمیخته‌های حاصل از سه گونه ماهی *Poecilia sphenops*، *P. latipinna* و *P. velifera* هستند. به‌نظر می‌رسد که این آمیخته‌ها، تایید شده و مطلوب می‌باشند. لازم به ذکر است که تحقیقات بیشتری در زمینه آمیخته-گری ماهیان زینتی نیاز است، تحقیقاتی که آمیخته-های موجود را از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار دهند و همچنین تحقیقاتی که امکان ایجاد آمیخته-های جدید از ماهیان زینتی را مورد آزمایش قرار می-دهند؛ که نتایج این بررسی‌ها می‌تواند در صنعت تکثیر و پرورش ماهیان زینتی بسیار مفید واقع گردد (سوداگر و جهانگیری، ۱۳۹۴).

روش‌های شناسایی آمیخته‌ها: در این بین، آنچه که بسیار حائز اهمیت است، بررسی صحت آمیخته-گری است، این مهم در ماهیان به‌دلیل احتمال بروز فرآیندهایی نظیر ماده‌زایی و یا حتی نرزایی که در اثر اختلاط مصنوعی گامت‌های نر و ماده در دو گونه متفاوت ممکن است پدید آید، اهمیتی دوچندان می-یابد؛ خصوصاً زمانی که تعداد بچه‌ماهیان بازمانده حاصل از آمیزش مصنوعی اندک باشد، صحت آمیخته‌گری بایستی با دقت و حساسیت بیشتری مورد بررسی قرار گیرد (Chevassus, 1983). به-منظور بررسی ماهیت واقعی نتاج حاصل از آمیخته-گری می‌توان از روش‌ها یا ویژگی‌های متعددی نظیر ویژگی‌های مرفومتریک و مریستیک، فیزیولوژیک، کاریولوژیک و مولکولی استفاده نمود (درافشان، ۱۳۸۵).

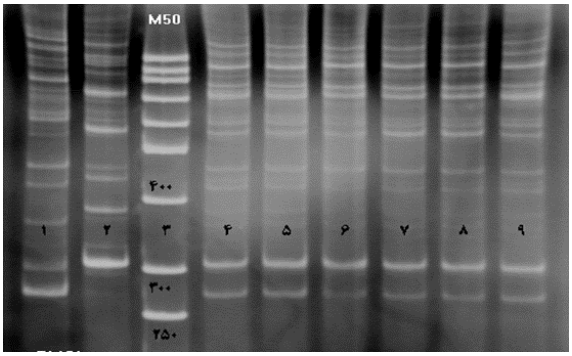
روش ریخت‌شناختی از ابتدایی‌ترین روش‌ها است، اما امروزه کاربرد این روش، به دلایلی نظیر شباهت گونه‌های والد به یکدیگر، نیاز به بررسی تعداد زیاد ویژگی و نمونه جهت حصول نتیجه قطعی و نیز تأثیرپذیری بسیاری از ویژگی‌های شمارشی ماهیان از متغییرهای محیطی، به‌شدت محدود شده است. آمیخته‌های نسل اول ممکن است شکل بدن و رنگ حدواسط والدینشان را داشته باشند. هرچند این پدیده در برخی از آمیخته‌ها نظیر آمیخته کپور معمولی × کاراس (*Carassius auratus* × *Cyprinus carpio*) همیشه به‌آسانی قابل تشخیص نیستند، زیرا صفات ظاهری ترکیبی از خصوصیات والدین را نشان می‌دهند (Taylor and Mahon, 1977). در آمیزش بین کپور نقره‌ای و کپور معمولی دو زمان متفاوت برای تفریخ مشاهده شده است، در نتیجه تخم‌هایی که زودتر تفریخ می‌شوند ماده‌زا و بعدی‌ها آمیخته می‌شوند. در بعضی موارد، تشخیص شکل ظاهری آمیخته‌ها از والدینشان مشکل است. به‌عنوان مثال، تشخیص ریختی آمیخته بین آزادماهی اطلس و قزل‌آلای قهوه‌ای به‌خصوص در مراحل جوانی خیلی مشکل است. این آمیخته‌ها می‌توانند با فنوتیپی شبیه آزادماهیان یا شبیه قزل‌آلا ظاهر شوند (L´Abee-Lund, 1988).

www.SID.ir

Archive of SID

روش سیتوژنتیک دارای دقت بالا است اما استفاده از آن زمانی میسر است که تفاوت فاحشی از نظر تعداد و یا نوع کروموزوم بین والدین وجود داشته باشد و روش وقت‌گیری به‌شمار می‌رود. در این بین روش مولکولی به‌دلیل بررسی صحت آمیخته‌گری در مراحل آغازین لاروی و یا حتی پس از خروج لارو از تخم، دقت، صحت بالا و سرعت مناسب از ابزارهای بسیار کارآمد محسوب می‌شود. انواع مختلفی از روش‌های مولکولی وجود دارد که یا در سطح پروتئین (آلوزایم‌ها) و یا در سطح DNA هستند. انواع مختلفی از مارکرهای مولکولی در سطح DNA وجود دارد و هر کدام دارای قابلیت‌های منحصر به‌فرد برای روشن نمودن ابهامات ژنتیکی خاص هستند که در زیر به بعضی از آن‌ها اشاره می‌شود (درافشان و همکاران، ۱۳۹۰).

۱) روش چندشکلی طولی قطعات برش‌یافته (Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)): از مارکر RFLP می‌توان بدون نیاز به تعیین توالی قطعات DNA، به‌عنوان نشانگر ژنتیکی استفاده نمود. به‌منظور ارزیابی آمیخته در ذخایر وحشی دو گونه گربه‌ماهی *Pseudoplatystoma corruscans* و *P. reticulatum* از روش ریختی و روش مولکولی RFLP استفاده شد. با استفاده از روش ریختی براساس رنگ خارجی و الگوی پوستی، در سه ایستگاه از هشت ایستگاه مورد مطالعه آمیخته شناسایی شد. بعد از آن از روش RFLP استفاده شد و در سه ایستگاه آمیخته‌ها شناسایی شدند. نتایج نشان داد که استفاده از خصوصیات ظاهری برای تشخیص در این مطالعه نتایج نادرستی نشان داد و روش مولکولی به‌عنوان روشی دقیق معرفی شد (Dotti do Prado *et al.*, 2012). Sriphairoj و همکاران (۲۰۱۸) از روش PCR-RFLP برای شناسایی گونه‌های آمیخته و غیرآمیخته بین ۶ گونه گربه‌ماهی پنگوسی استفاده کردند (Sriphairoj *et al.*, 2018). همچنین در مطالعه‌ای دیگر، برای شناسایی آمیخته‌های بین



شکل ۵ - توارث نشانگر RAPD در آمیخته‌های حاصل از آمیزش مصنوعی بین جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان و جنس نر ماهی آزاد دریای خزر. الگوی ژنوتیپی آمیخته‌ها در مقایسه با مولدین توسط آغازگر H9 بر ژل اکریل آمید. ستون ۱ مولد ماده، قزل آلای رنگین کمان، ستون ۲ مولد نر، ماهی آزاد دریای خزر، ستون ۳ مارکر 50bp، ستون‌های ۹-۴، آمیخته. به توارث کامل قطعات خاص والد پدری و مادری در فرزندان توجه شود (درافشان و همکاران، ۱۳۹۰).

Oryzias latipes و *O.curvinotus* روش PCR-RFLP را به کار بردند و با استفاده از *Mse* I از ژن 16S rRNA دریافتند که آمیخته‌ها دارای DNA میتوکندریایی مادری هستند (Masaoka *et al.*, 2012).

۲) روش چندشکلی DNA تکثیریافته تصادفی (Random Amplified Polymorphic DNA(RAPD)): این آغازگرها، به‌دلیل عدم نیاز به شناخت ماهیت ژنوتیپی نمونه‌ها، بررسی چندین جایگاه ژنی به صورت همزمان و سهولت در ارزیابی از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند. برای بررسی صحت آمیخته‌گری در نتاج حاصل از تلاقی مصنوعی جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان و جنس نر ماهی آزاد دریای خزر از آغازگر RAPD استفاده شد. نمونه از باله دمی مولدین و از لاروهای تازه تفریخ شده گرفته شد. از ۳۰ آغازگر مورد استفاده، ۲ آغازگر دارای پلی‌مورفیسم مناسب همراه با تکرارپذیری بالا را نشان دادند. نحوه توارث باندهای اختصاصی والدین در فرزندان حاصل از آمیخته‌گری مصنوعی نشان داد که آمیخته‌های مذکور (به جز یک مورد) توارث کاملی از باندهای اختصاصی والدین را دارا بودند. بنابراین ماهیت آمیخته بچه‌ماهیان تأیید شد (شکل

www.SID.ir

Archive of SID

۵؛ درافشان و همکاران، ۱۳۹۰). تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری نشانگرهای RAPD در کپور علفخوار ماده و کپور سرگنده نر و آمیخته‌های نسل اول حاصل از آمیزش آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از ۷۷ باند تولیدشده نشان داد که تمامی الگوی باندهای RAPD والدین در آمیخته‌های نسل اول وجود داشتند که نشان‌دهنده تأثیر و غالبیت بالای نشانگرها است. اختلاف کم چندشکلی در نشانگرهای مورد استفاده بین آمیخته‌های نسل اول و والدین نشان می‌دهد که والدین در برخی از لوکوس‌ها دارای هتروزایگوسیتی هستند، که می‌تواند باعث اختلاف کم در آمیخته‌های دو جنس مجزا شود. نتایج نشان دادند که نشانگرهای RAPD در تمایز والدین از آمیخته‌های نسل اول از کارایی مناسبی برخوردار بودند، اما تنوع ژنتیکی آمیخته‌های تریپلویید و دیپلویید نسل اول توسط آغازگرهای به‌کار برده شده شناسایی نشدند (Jamshidi *et al.*, 2009).

۳) ریزماهواره (Microsatellite): صفاتی که تحت شرایط محیطی به صورت متفاوت بروز می‌کنند، بازتاب تفاوت‌های موجود در ردیف‌های DNA هستند. این تفاوت‌ها می‌توانند به‌عنوان نشانگر یا مارکر به‌کار گرفته شوند. نشانگرهای DNA از نظر بسیاری از ویژگی‌ها مانند میزان پلی‌مورفیسم، غالبیت و همبارز بودن، تعداد جایگاه‌های تجزیه‌شده در هر آزمایش، توزیع در سطح کروموزوم، نیاز یا عدم نیاز به توالی‌یابی DNA الگو و هزینه مورد نیاز با یکدیگر متفاوتند. انتخاب نشانگر به هدف مطالعه و سطح پلوییدی موجود مورد مطالعه بستگی دارد. ماهواره‌ها (Satellite) بخش‌های عمده‌ای از ژنوم هستند که هیچ گونه پروتئین خاصی را رمز نمی‌کنند و عمل و نقش آن‌ها هنوز به‌درستی مشخص نشده است. از جمله این ردیف‌های غیرعملکردی، ردیف‌هایی هستند که از چند باز تشکیل شده و به‌طور مکرر به دنبال هم تکرار می‌شوند و به توالی‌های تکراری معروفند. این ردیف‌ها براساس اندازه خود به دو دسته مینی‌ستلایت‌ها و میکروستلایت‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند. میکروستلایت‌ها یا ریزماهواره‌ها از ۶-۱ جفت باز تشکیل شده‌اند و در کل ژنوم پراکنده هستند. طول ریزماهواره‌ها معمولاً کمتر از ۱۰۰ جفت باز بوده ولی بیشتر از این هم گزارش شده است (نقوی و همکاران ۱۳۸۶).

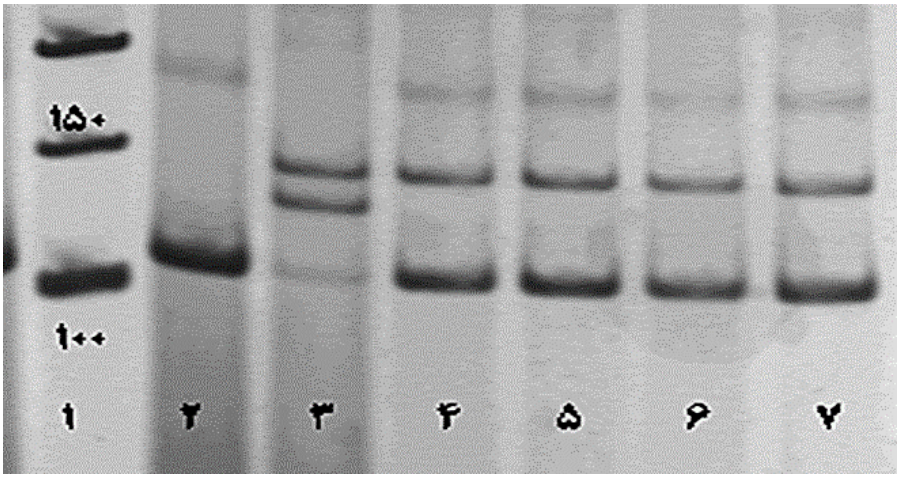
مزیت ریزماهواره‌ها در سهولت تفسیر، تنوع بسیار بالا و تکرارپذیری مناسب می‌باشد که درنتیجه از پرقدرت‌ترین نشانگرها به‌شمار می‌رود. از ریزماهواره‌ها برای بررسی صحت آمیخته‌گری در نتاج حاصل از تلاقی مصنوعی جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان و جنس نر ماهی آزاد دریای خزر ، استفاده شد. از ۱۰ جفت آغازگر مورد استفاده، دو نمونه فاقد اتصال روی ژنوم و بقیه به جز یک مورد فاقد پلی‌مورفیسم مناسب بین جفت مولدین بود. نتایج نشان داد که نتاج تولیدی، آمیخته حقیقی بوده و توارث کاملی از باندهای اختصاصی والدین را دارا هستند (شکل ۶؛ درافشان و همکاران ۱۳۸۹). Hasanzadeh Saber و همکاران (۲۰۱۵) اقدام به شناسایی آمیخته‌های بین تاسماهی شیپ ماده و تاسماهی سیبری نر با استفاده از نشانگر ریزماهواره نمودند. این بررسی به واسطه شباهت ریختی آمیخته‌ها به تاسماهی سیبری صورت گرفت و در آن مشخص گردید که آمیخته‌ها هر دو آلل را از والدین به ارث برده‌اند. همچنین، Hasanzadeh Saber و همکاران (۲۰۱۱) از نشانگر ریزماهواره برای تشخیص آمیخته‌های حاصل از ماهی سفید دریای خزر ماده با ماهی کپور علف‌خوار نر استفاده نمودند زیرا تشخیص فنوتیپی آمیخته‌ها به‌علت تشابه شکل ظاهری و برخی از خصوصیات مریستیک آمیخته با ماهی سفید ماده دشوار بود.

بحث

توسعه نژادهای بهتری از ماهی‌ها که می‌توانند به افزایش تولید ماهی کمک کنند، ضمن اینکه از تنوع زیستی و محیط زیست محافظت می‌کند، به عنوان یکی از راه‌حل‌های کلیدی برای تأمین نیازهای غذای جمعیت‌های روبه‌رشد آینده شناخته می‌شود. ظهور

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶ - الگوهای ژنوتیپی لاروهای حاصل از آمیزش مصنوعی جنس ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان و جنس نر ماهی آزاد دریای خزر (ستون‌های ۷-۴)، والد ماده (ستون ۲) و والد نر (ستون ۳) با استفاده از آغازگر OmyFgt1TUF. نکته: توارث همبارز تنها یکی از آلل‌های والد نر به همراه آلل خاص والد ماده در فرزندان. ستون ۱ مارکر ۵۰bp (درافشان و همکاران، ۱۳۸۹).

تکنیک‌های تخم‌ریزی القایی همچون هیپوفیزکاری، هورمون‌های مصنوعی، تکنولوژی لقاح آزمایشگاهی و افزایش دانش زیست‌شناسی تولید مثل، منجر به این مورد شده است که آبزی‌پروران بتوانند بسیاری از گونه‌های ماهی را برای آبزی‌پروری پرورش دهند و اهلی‌سازی کنند. با افزایش اهلی‌شدن گونه‌های ماهی، احتمال افزایش تولید ماهی از طریق روش‌های مناسب اصلاح ژنتیکی نیز افزایش می‌یابد. آمیخته-گری یکی از ابزارهای ساده، ارزان و بالقوه در برنامه-های افزایش تولید ماهی است؛ این یک روش مفید برای ترکیب صفات مطلوب گونه‌های انتخاب شده است (Rahman *et al.*, 2018).

آمیخته‌گری می‌تواند به تغییرات سریع ژنومی، از جمله چیدمان مجدد کروموزوم‌ها، گسترش ژنوم، بیان متمایز ژن و خاموش شدن ژن منجر شود. آمیخته‌های نسل اول دارای یک ترکیب ژنتیکی از هر دو گونه والدین هستند که می‌تواند منجر به مسیرهای جدید و متفاوت آنتوژنتیکی شود که می-توانند فنوتیپ‌های جدیدتری تولید کنند. هتروزیس ناشی از ترکیبی از آلل‌های برتر در لوکوس‌های متعدد، برهم کنش‌های آللی با یک یا چندین آلل آمیخته و اپیستازی است و غالباً منجر به بیان ویژگی‌های برتر در آمیخته‌های نسل اول در مقایسه با لاین‌های والدین می‌شود. با این وجود تحقیقات درمورد آزادماهیان نشان داده است که آمیخته‌های نسل اول معمولاً عملکرد کمتری نسبت به لاین‌های والدین دارند، نشان می‌دهد که اختلال در اثرات افزایشی و تعاملات غالب می‌تواند به‌طور بالقوه عملکرد رشد را در آمیخته‌های نسل اول کاهش دهد (Dupont Cyr *et al.*, 2018).

تعدادی از مطالعات آمیخته‌گری در ماهی‌ها گزارش شده است، اما قطع به‌یقین همه آمیخته‌ها در تولید آبزی‌پروری تجاری سهیم نیستند. به‌هرحال، سهم ماهیان آمیخته در تولید آبزی‌پروری جهانی ناچیز در نظر گرفته می‌شود. شناسایی دقیق آمیخته-ها نه تنها برای توسعه آبزی‌پروری پایدار مهم است بلکه امکان درک بهتر از مباحث تنوع زیستی و حفظ ذخایر طبیعی را نیز فراهم می‌کند. برای درک نقش آمیخته‌ها در تولید آبزی‌پروری جهانی باید به نکات زیر توجه شود (Bartley *et al.*, 2001; Rahman *et al.*, 2013):

الف) برای جلوگیری از مشکلات هم‌خونی و اصلاح-نژادی باید مولدین به‌خوبی مدیریت شوند.

ب) گونه‌ها و ویژگی‌های مناسب برای سیستم‌های پرورشی با هزینه کم باید از طریق برنامه‌های آمیخته‌گری مناسب که بهتر به مسائل امنیتی غذا

www.SID.ir

Archive of SID

می‌پردازند، برای بهبود ژنتیکی در اولویت قرار گیرند.
ج) بهبود ذخایر ژنتیکی از طریق آمیخته‌گری بین جنس و بین گونه‌ای در ماهیان باید تحت برنامه‌های تکثیر در موسسات تحقیقاتی انجام گیرد و تفریخ‌گاه-های مرکزی باید تحت راهنمایی متخصصین و زیست‌شناسان تکثیر ماهی باشند.
د) اطلاعات درباره نژادهای والدینی و هویت مولدین برای هر آمیخته باید ثبت گردد. وقتی تلاقی‌ها صورت می‌گیرد، اول باید گونه‌های ماده ثبت گردند؛ تلاقی-های تصادفی در خصوص جنسیت هر یک از والدین هم باید شناسایی گردد.
ه) تا آنجا که ممکن است اطلاعات درمورد آمیخته در دسترس باشد. اطلاعات لازم شامل وضعیت نگهداری و جنسیت هر یک از گونه‌های والدینی، ارزیابی مقایسه‌ای از آمیزش‌های دوطرفه شامل توضیحات اساسی امکانات پرورش محیطی و یک ارزیابی از باروری آمیخته‌ها است.
و) باید توجه داشت که لازم است برای آمیخته‌هایی که پتانسیل خوبی برای آبزی‌پروری و شیلات دارند، نام مشخصی در نظر گرفت. بستر، مثالی از نام قابل قبول برای آمیخته بین‌گونه‌ای است.
ز) گسترش مزارع پرورشی آبزیان اصلاح‌نژاد شده برای آبزی‌پروری فقط باید در چارچوب مقررات و سیاست‌های لازم انجام شود (Rahman *et al.*, 2018).

نتیجه‌گیری

آمیخته‌گری نه تنها یک روش مناسب جهت بهبود ژنتیکی است، بلکه یک ابزار بالقوه برای بهبود آبزی-پروری از طریق انتقال صفات مطلوب در گونه‌های والدینی به نسل بعدی است. ارزیابی مناسب آمیخته-گری منحصراً به ساختار ژنتیکی، الگوهای تلاقی، سازگاری گامتی و الگوهای رانش ژن گونه‌های والدینی بستگی دارد. بنابراین دانش عملی درمورد قوانین ژنتیکی ماهی‌های مولد شامل نگهداری از گونه‌های والدینی واقعی و جلوگیری از همخونی، آمیخته‌گری ناخواسته یا آمیزش معکوس، قبل از آغاز آزمایش‌های آمیخته‌گری، بسیار ضروری است. همچنین نمی‌توان تعدادی از عوامل غیرژنتیکی مانند شرایط آب و هوایی، سیستم‌های پرورش، فصول سال و استرس‌های ناشی از انتخاب، جمع‌آوری، دستکاری، تکثیر و پرورش مولدین و فرزندان را که ممکن است موفقیت آمیخته‌گری را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار دهند، از نظر دور داشت. استفاده از نشانگرهای مولکولی به‌عنوان یک روش دقیق برای شناسایی آمیخته‌ها توصیه می‌شود. مطالعات بیشتر در زمینه تولید ماهیان آمیخته در مقیاس‌های وسیع که می-تواند برای حفظ گونه‌ها و آبزی‌پروری تجاری مورد استفاده قرار گیرد، نیاز است.

منابع

امینی ک. ۱۳۷۱. دورگه‌گیری بین فیل‌ماهی و ازون‌برون و پرورش نسل حاصل در شرایط کنترل شده. گزارش نهایی پروژه، مرکز تحقیقات شیلاتی استان مازندران. ۲ ص.

برادران نویری ش.، حلاجیان ع.، چکمه‌دوز ف.، عباسعلی زاده. ۱۳۹۱. مقایسه رشد دورگه‌های بستر (فیل ماهی ماده و استرلیاد نر) نر و ماده ۳ و ۴ ساله. اولین همایش ملی شیلات و آبزیان ایران، بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.

پناهی صاحبی ح. ۱۳۸۱. امکان‌سنجی دورگه‌گیری ماهی آمور ماده و کپور سرگنده نر و مطالعه دورگه نسل اول. پایان‌نامه کارشناسی ارشد شیلات، گرایش تکثیر و پرورش آبزیان. دانشگاه تربیت مدرس. ۵۷ ص.

پورغلام ر.، نوروزی مقدم ح. ۱۳۷۴. دورگه‌گیری از ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آزاد دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران ۴: ۵۴-۴۶.

پورکاظمی م.، محسنی م.، نوروزفشخامی م.ر.، بهمنی م.، طاهری ع. ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه بررسی دورگه-گیری بین فیل‌ماهی (*Huso huso*) و تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) و مقایسه رشد آن‌ها. انتشارات موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۷۳ ص.

حسینی ا. ۱۳۷۲. دورگه‌گیری بین ماهی سفید دریای خزر و ماهی کلمه. گزارش طرح تحقیقاتی مرکز

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیقات شیلات گیلان.

حسینی ا. ۱۳۷۶. امکان جایگزینی دورگه ماهی آمور و ماهی سفید به جای آمور در پرورش توام با کپورماهیان. گزارش طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات شیلات گیلان.

درافشان س. ۱۳۸۵. دستکاری کروموزومی ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspicus*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و مقایسه رشد در نسل F_1. رساله دکتری رشته شیلات، گرایش تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

درافشان س.، کلباسی م. ۱۳۸۶. مطالعه کاریولوژیک نسل F_1 حاصل از هیبریداسیون آمیخته ماهیان کپور علفخوار و کپور سرگنده *Hypophtalmichthys nobolis* × *Ctenopharyngodon idella*. مجله زیست‌شناسی ایران، ۲۰(۲)، ۲۷۷-۲۸۵.

درافشان س.، کلباسی م.، پورکاظمی م.، مجازی امیری ب. ۱۳۸۹. کاربرد نشانگر ریزماهواره در بررسی صحت آمیخته‌گری بین دو گونه اقتصادی آزادماهیان ایران. مجله زیست‌شناسی ایران. ۳۳(۱)، ۸۵-۹۳.

درافشان س.، کلباسی م.، پورکاظمی م. و مجازی امیری ب. ۱۳۹۰. بررسی صحت آمیخته‌گری بین قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* و ماهی آزاد دریای خزر *Salmo trutta caspius* با استفاده از روش مولکولی PCR-RAPD. ژنتیک نوین. ۴: ۵۵-۶۰.

رستمیان م. ۱۳۷۵. دورگه بین ماهی شیپ و ازون‌برون و مقایسه رشد نسل حاصل با یکی از والدین تا مرحله فینگرلینگ. پایان‌نامه مقطع کارشناسی شیلات، مرکز آموزش عالی علوم و صنایع شیلاتی میرزا کوچک خان.

رستمیان م. ۱۳۷۶. دورگه بین ماهی شیپ و ازون‌برون و مقایسه رشد آن با ماهی ازون‌برون. مجله علمی شیلات ایران، ۷(۲): ۳۹-۴۸.

زمینی ع.ع.، احمدی م.ر.، امینی ف. ۱۳۸۳. آمیزش متقابل ماهیان سفید و سیم و بررسی برخی از صفات ریخت‌سنجی در دورگه‌های حاصل. اولین همایش علمی – پژوهشی علوم شیلاتی، لاهیجان، ۲۶-۲۷ آذر ۱۳۸۳.

سوداگر م.، جهانگیری ل. ۱۳۹۴. دورگه‌گیری در ماهیان زینتی زنده‌زا و تخم‌گذار. مجله آبزیان زینتی. ۱: ۲۳-۱۷.

قزل ح. ۱۳۷۶. گزارش نهایی پروژه دورگه‌گیری بین فیل-ماهی و چالباش و پرورش نسل حاصل در شرایط کنترل شده. مرکز تحقیقات شیلات استان مازندران.

قزل ح.، امینی ک. ۱۳۷۷. گزارش نهایی، پروژه دورگه-گیری بین فیل‌ماهی و شیپ و پرورش نسل حاصل در شرایط کنترل‌شده. مرکز تحقیقات شیلات استان مازندران.

مهرابی ی. ۱۳۷۴. گزارش هیبریداسیون بین ماهی آزاد دریای خزر و قزل‌آلای رنگین‌کمان. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۵ ص.

نجف‌پور ب. ۱۳۹۸. نمو لاروی آمیخته قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و ماهی آزاد درای خزر (*Salmo trutta caspicus*) با تاکید بر توالی یابی RNA. رساله دکتری شیلات، گرایش تکثیر و پرورش آبزیان. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

نقوی م.، قره‌یاضی ب.، حسینی سالکده ق. ۱۳۸۶. نشانگرهای مولکولی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۲۳-۱۴۵.

Allen J.S.K., Wattendorf R.J. 1987. Triploid grass carp: Status and management implications. *Fisheries* 12, 20-24.

Arai K. 1984. Developmental genetic studies on salmonids: morphogenesis, isozyme phenotypes and chromosomes in hybrid embryos. School of Fisheries Sciences, Kitasato University, Sanrilcu, Iwate, Japan. 126 p.

Ayllon F., Martinez J.L., Davaine P., Beall E., Garcia-Vazquez E. 2004. Interspecific hybridization between Atlantic salmon and brown trout introduced in the subantarctic Kerguelen Islands. *Aquaculture* 230(1-4), 81-88.

Ayoola S.O., Idowu A.A. 2008. Biotechnology and species development in aquaculture. *African Journal of*

www.SID.ir

Archive of SID

M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery, J.R. Arthur (eds.). Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millenium, Bangkok, Thailand, 20-25 February. NACA, Bangkok, and FAO, Rome. pp: 129–157.

Dupont Cyr B.A., Dufresne F., Christen F., Desrosiers V., Proulx E., Francois N., Vandenberg G.W., Blier P.U. 2018. Hybridization between char species (*Salvelinus alpinus* and *Salvelinus fontinalis*): a fast track for novel allometric trajectories. *The company of biologists* 7, 1-7.

Engle C., Renukdas N., Park J., Rees P. 2017. Hybrid catfish (♂*Ictalurus punctatus* × ♀*Ictalurus furcatus*) production: does mixed-size production make economic sense? *Journal of Applied Aquaculture* 29 (3-4), 245-255.

Fraser T.W.K., Hansen T.J., Sambraus F., Fjelldal P.G. 2020. Vertebral deformities in interspecific diploid and triploid salmonid hybrids. Journal of Fish Biology. DOI: 10.1111/jfb.14353.

Fu W., Peng L., Wu X., He S., Zhao H., Liu J., Liu W., Xiao Y. 2020. Triploidization of hybrids (female zebrafish × male blunt snout bream) by heat-shock can improve survival rate. *Aquaculture* 517, 734786.

Galbreath P.F., Thorgaard G.H. 1995. Sexual maturation and fertility of diploid and triploid Atlantic salmon x brown trout hybrids. *Aquaculture* 137, 299–312.

Gu H.R., Wan Y.F., Yang Y., Ao Q., Cheng W.L., Deng S.H., Pu D.Y., He X.F., Wang Z.J. 2019. Genetic and morphology analysis among the pentaploid F_1 hybrid fishes (*Schizothorax wangchiachii* ×*Percocypris pingi*) and their parents. *Animal* 13(12), 2755-2764.

Hassanzadeh Saber M., Baradaran Noveiri S., Pourkazemi M., Nowruzfashkhami M.R., Yarmohammadi M., Kashani Sabet A.R. 2011. DNA markers in hybrids of female Caspian kutum *Rutilus frisii kutum* and male grass carp *Ctenopharyngodon idella*: possible production of gynogenic progeny. *Progress in Biological Sciences* 1(1), 49-54.

Hassanzadeh Saber M.H, Baradaran Noveiri S., Pourkazemi M., Nowruzfashkhami M.R., Yarmohammadi M., Salari Aliabadi M.A., Zolgharnein H., Ronagh M.T. 2015. Confirmation of induced hybrid from *Biotechnology* 7(25), 4722-4725.

Bakos J., Krasznai Q., Marian T. 1978. Crossbreeding experiments with carp, tench and Asian interspecific hybrid and results of its morphological analysis. *Aquacultura Hungarica* 3, 5-15.

Bartley D.M., Rana K., Immink A.J. 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10, 325-337.

Blanc J.M., Maunas P. 2005. Farming evaluation of the brownbow triploid hybrid (*Oncorhynchus mykiss* × *Salmo trutta*). *Aquaculture International* 13(3), 271-281.

Blanc J.M., Vallee F., Dorson M. 2000. Survival, growth and dressing traits of triploid hybrids between rainbow trout and three charr species. *Aquaculture Research* 31(4), 349-358.

Campton D.E. 1987. Natural hybridization and introgression in fishes: Methods of detection and genetic and chromosomes in hybrid embryos. *Memoirs of Faculty of Fisheries, Hokkaido University* 31, 1-94.

Chen J., Luo M., Li S., Tao M., Ye X., Duan W., Zhang C., Qin Q., Xiao J., Liu S.J. 2018. A comparative study of distant hybridization in plants and animals. *Science China Life Science*s 61(3), 285-309.

Chevassus B. 1983. Hybridization in fish. *Aquaculture* 33, 245-262.

Dorson M., Chevassus B., Torhy C. 1991. Comparative susceptibility of three species of char and rainbow trout ×char triploid hybrids to several pathogenic salmonid viruses. *Diseases of Aquatic Organisms* 11, 217-224.

Dotti do Prado F., Hashimoto D., Augusto Senhorini J., Foresti F., Porto Foresti F. 2012. Detection of hybrids and genetic introgression in wild stocks of two catfish species: The impact of hatcheries in Brazil. *Fisheries Research* 125-126, 300-305.

Dunham R.A., 2011. aquaculture fisheries biotechnology: genetic approaches. 2nd Edition. CABI Publishing, Massachusetts. 495 p.

Dunham R.A., Majumdar K., Hallerman E., Bartley D., Mair G., Hulata G., Liu Z., Pongthana N., Bakos J., Penman D., Gupta M., Rothlisberg P., Hoerstgen-Schwark G. 2001. Review of the status of aquaculture genetics. In: R.P. Subasinghe, P. Bueno

www.SID.ir

Archive of SID

salmon, *Salmo salar* L., and brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology* 33, 899-903.

Masaoka T., Okamoto H., Araki K., Nagoya H., Fujiwara A., Kobayash T. 2012. Identification of the hybrid between *Oryzias latipes* and *Oryzias curvinotus* using nuclear genes and mitochondrial gene region. *Marine Genomics* 7, 37-41.

Mires D. 1977. Theoretical and practical aspects of the production of all male tilapia hybrids. *Bamidgeh* 29, 94-101.

Moses Y., Olufeagba S.O., Raphael A.Z. 2005. Intra-specific Hybridization in Two Strains of *Clarias gariepinus* (Limnaeus, 1758). In: M.I. Nguru, C.U Iroegion, V.C. Ejere (eds.). Genetics Society of Nigeria 30th Annual National Conference, Nsukka. 5th-8th September. pp:153-158.

Omole I.A. 2017. Biotechnology as an important tool for improving fish productivity. *American Journal of Bioscience and Bioengineering* 5(1), 17-22.

Ord W.M., Berre M.L., Kinkelin P.D. 1976. Viral hemorrhagic septicemia: comparative susceptibility of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and hybrids (*S. gairdneri* × *Oncorhynchus kisutch*) to experimental infection. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 33(5), 1205-1208.

Rahman M.A., Arshad A., Marimuthu K., Ara R., Amin S.M.N. 2013. Inter- Specific Hybridization and its potential for aquaculture of fin fishes. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(2), 139-153.

Rahman M.A., Lee S.G., Yusoff F.M., Rafiquzzaman S.M. 2018. Hybridization and its application in aquaculture. in book: sex control in aquaculture. John Wiley and Sons Ltd. pp: 163- 179.

Rahman M.A., Uehara T., Lawrence J.M. 2005. Growth and heterosis of hybrids of two closely related species of Pacific sea urchins (Genus *Echinometra*) in Okinawa. *Aquaculture* 245, 121-133.

Reddy P.V.G.K. 2000. Genetic ressources of indian major carps. FAO Fisheries Technical Paper No. 387, FAO, Rome, Italy. 76 p.

Refstie T., Gjedrem T. 1975. Hybrids between salmonidae species. Hatchability and growth rate in the fresh water period. *Aquaculture* 6, 333-342.

Scheerer P.D., Thorgaard G.H. 1983. female ship sturgeon *Acipenser nudiventris* Lovetsky, 1828 and male Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt, 1869 using microsatellite markers. *Journal of Applied Ichthyology* 31, 1002–1005.

Hu F., Wu C., Zhou Y., Cao L., Xiao J., Wang S., WuY., Ren L., Liu Q., Li W., Wen M., Tao M., Qin Q., Zhao R., Luo K., Liu S.J. 2018. Production of androgenetic, triploid and tetraploid hybrids from the interspecific hybridization of female Japanese crucian carp and male blunt snout bream. *Aquaculture* 491, 50-58.

Hubbs C.L. 1955. Hybridization between fish species in nature. *Systematic Zoology* 4, 1-20.

Ito D., Fujiwara A., Abe S. 2006. Hybrid inviability and chromosome abnormality in salmonid fish. *The Journal of Animal Genetics* 34(1), 6570.

Jamshidi S., Kalbassi M.R., Sadeghizadeh M. 2009. Inheritance of RAPD marker in female grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), male bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) and their F1 hybrids. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 8(1), 47-56.

Khan H.A., Gupta S.D., Reddy P.V.G.K., Tantia M.S., Kowtal G.V. 1990. Production of sterile intergeneric hybrids and their utility in aquaculture and stocking. In: P. Keshavanath, K.V. Radhakrishnan (eds.), Carp Seed Production Technology, Special Publication of the AFS No 2. Asian Fisheries Society, Mangalor, India. pp: 41-48.

Krasnai Z.L. 1987. Interspecific hybridization of warm water finfish. In: K. Tiews (ed.), Selection, hybridization, and genetic engineering in aquaculture. Vol 2. FAO, EIFAC and ICES, Rome, Italy and Copenhagen, Denmark. pp: 35-45.

Liu Q., Liu J., Yuan L., Li L., Tao M., Zhang C., Qin Q., Chen B., Ma M., Tang C., Liu S. 2020. The establishment of the fertile fish lineages derived from distant hybridization by overcoming the reproductive barriers. *Reproduction* 159, 237-249.

Lou Y., Li, X., 2006. Distant hybridization of fish and its application in aquaculture in China. Journal of Fishery sciences of China.1.

L´Abee-Lund J.H. 1988. Otolith shape discriminates between juvenile Atlantic

www.SID.ir

Archive of SID

Qin Q., Luo K., Tao M., Liu S. 2019. Production of diploid gynogenetic grass carp and triploid hybrids derived from the distant hybridization of female grass carp and male topmouth culter. *Aquaculture* 504, 462-470.

Zhang Z., Chen J., Li L., Tao M., Zhang C., Qin Q., Xiao J., Liu Y., Liu S. 2014. Research advances in animal distant hybridization. *Science China Life Science*s 57(9), 889-902.

Zhou Y., Zhang X., Xu Q., Yan J., Yu F., Wang F., Xiao J., Luo Y., Zhong H. 2019. Nonadditive and allele-specific expression of insulin-like growth factor I in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) × blue tilapia (*O. aureus*) hybrids. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 232, 93-100.

Increased survival in salmonid hybrids by induced triploidy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40, 2040-2044.

Semeniuk C.A.D., Capelle P.M., Dender M.G.E., Devlin R., Dixon B., Drown J., Heath J., Hepburn R., Higgs D.M., Janisse K., Lehnert S.J., Love O.P., Mayrand J., Mickle M., Pitcher T.E., Neff B., Semple S.L., Smith J.L., Toews S., Wellband K., Venney C.J., Heath D. 2019. Domestic-wild hybridization to improve aquaculture performance in Chinook salmon. *Aquaculture* 511, 1-10.

Sriphairoj K., Na-Nakorn U., Klinbunga S. 2018. Species identification of non-hybrid and hybrid Pangasiid catfish using polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Agriculture and Natural Resources* 52, 99-105.

Susuki R., Fukuda Y. 1971. Survival potential of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory* 21, 69-83.

Susuki R., Fukuda Y. 1972. Growth and survival of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory* 21, 117-138.

Susuki R., Fukuda, Y. 1973. Appearance and numerical characters of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory* 23, 5-32.

Taylor J., Mahon R. 1977. Hybridization of *Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*; the first two exotic species in the lower Laurentian Great Lakes. *Environmental Biology of Fishes* 1, 205-208.

Um-E-Kalsoom, Salim M., Shahzadi T., Barlas A. 2009. Growth performance and feed conversion ratio (FCR) in hybrid fish (*Catla catla x Labeo rohita*) fed on wheat bran, rice broken and blood meal. *Pakistan Veterinary Journal* 29, 55-58.

Verdegem M.C.J., Hilbrands A.D., Boon, J.H. 1997. Influence of salinity and dietary composition on blood parameter values of hybrid red tilapia, *Oreochromis niloticus x O. mossambicus*. *Aquaculture Research* 28, 453-459.

Wohlfarth G.W. 1994. The unexploited potential of tilapia hybrids in aquaculture. *Aquaculture and Fisheries Management* 25, 781-788.

Wu C., Huang X., Hu F., Ouyang Y., Zhao L., Wang S., Li W., Fan J., Zhang C., Ren L.,

www.SID.ir

Archive of SID

Review Article

Hybridization in fishes; reasons, applications and detection methods

Salar Dorafshan*, Fatemeh Purkhazaee

Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 8415683111, Iran.
*Corresponding author: sdorafshan@iut.ac.ir
Received: 2020/5/11 Accepted: 2020/9/7

Abstract

Hybridization is an important breeding method for obtaining new varieties that increase genetic diversity. Inter-specific hybrids have been produced for aquaculture and stocking programs to increase growth rate, transfer desirable traits between species, combine desirable traits of two parents into a single group. The aim of hybridization in the aquaculture industry is to improve the performance of hybrids compared to their parents under specific environmental conditions. Improvement in production performance in different traits is quite coincidental due to the presence of allelic interaction in hybrids which can provide hybrid vigor or heterosis. Until now, numerous hybrids of fish have been produced naturally or by direct human intervention. Hybrids constitute a significant proportion of some countries' production for certain taxa. Hybridization has been used in combination with polyploidization to improve developmental stability in hybrid progeny. The results of inter-specific hybridization can be variable and depend on the genetic structure (including the sex) of the parent fish. Detection of hybrid nature of the progeny has a key role in the hybridization practices. Different methods can be used to investigate the true nature of hybrids, such as molecular methods which provide us the possibility to test at early larval stages or even after larval hatching. High precision and accuracy as well as suitable performance test speed make them efficient tools for hybrid detection. Hybridization between different species of food as well as ornamental fish with emphasizing on most important Iranian fish species have been reviewed.

Keywords: Aquaculture, Hybridization, Biotechnology, Heterosis (Hybrid vigor).

www.SID.ir