

مهندسی کروموزوم در ماهی‌ها

سیدمرتضی ابراهیم‌زاده

morteza.ebrahimzadeh@modares.ac.ir

چکیده

آبزیان در مقایسه با جانداران خشکی‌زی، برای پژوهشگران ژنتیک مزایای بیشتری دارند؛ مثلاً، به تعداد زیاد سلول جنسی تولید می‌کنند و لقاح خارجی دارند، با ژنوتیپ‌های یکسان فنوتیپ‌های انعطاف‌پذیر دارند، امکان تغییر جنسیت همراه با دما یا با کاربرد هورمون در طول دوره حساس رشد و نمو دارند، امکان تغییر پلوییدی و سطح واریانس ژنتیک با دست‌ورزی سری کروموزوم با استفاده از شوک دمایی یا فشار و تولید ماهیان تری‌پلویید عقیم یا ژنوتیپ‌های منحصر به فرد مثل نرهای YY و ماده‌زایی و نر‌زایی و غیره را دارند. در حال حاضر رایج‌ترین روش‌های موجود در مهندسی کروموزوم، تولید ماهیان تری‌پلویید، تتراپلویید، القای ماده‌زایی و نر‌زایی است. یکی از روش‌های مؤثر در دست‌ورزی ژنومی ماهیان، القای ماده‌زایی است که نتیجه آن تولید نتایجی است که فرزندان همه مواد وراثتی را از مادر خود به ارث برده‌اند و القای نر‌زایی است که منتج به فرزندی می‌شود که همه مواد وراثتی را از پدر خود دریافت می‌کنند. از این روش‌ها برای تولید لاین‌های هم‌خون استفاده می‌شود. پلی‌پلوییدی به حالتی از ژنتیک اطلاق می‌شود که می‌توان از طریق دست‌ورزی جنین به‌صورت مصنوعی در ماهیان القا کرد. افراد پلی‌پلویید دارای سری‌های کروموزومی اضافی علاوه بر دو سری کروموزومی طبیعی هستند. افراد تری‌پلویید سه سری و افراد تتراپلوییدی چهار سری کروموزوم دارند. با وجود اینکه این حالت برای پستانداران و پرندگان مرگ‌بار است، ماهیان تری‌پلویید زیست‌پذیرند ولی به‌علت فقدان رشدونمو غدد جنسی، عقیم‌اند. این عقیمی موجب سوق دادن انرژی تولیدمثلی به سمت رشد بدنی می‌شود، در نتیجه امکان رشد بیشتر برای برخی افراد تری‌پلویید وجود دارد. با وجود این، نتایج برای ماهیان متغیر و متضاد بوده است، به‌طوری‌که گزارش‌هایی مبنی بر رشد کمتر، برابر یا سریع‌تر نسبت به ماهیان دیپلویید وجود دارد.

مقدمه

در بیشتر گونه‌های ماهی، لقاح خارجی است و این دست‌ورزی تعداد کروموزوم‌های ماهیان را ممکن ساخته است. بر این اساس روش‌هایی برای تولید ماهیان هاپلویید و پلی‌پلویید با سه سری کروموزوم (تری‌پلویید) و حتی چهار سری کروموزوم (تتراپلویید) توسعه یافته است. با توجه به پیشرفت‌های حاصل، امکان تولید ماهیانی که کروموزوم‌ها آن‌ها فقط از مادر (ماده‌زایی) یا ژینوژن (یا فقط از پدر (نر‌زایی) یا آندروژن) به ارث می‌رسد، میسر شده است. ماده‌زایی شکل طبیعی تولیدمثل در ماهیان عالی استخوانی (تلتوست) گونه *Mellienesia Formosa* و برخی جمعیت‌های کیور کاراس (*carassius auratus gibelio*) و چند گونه از خانواده *Poeciliidae* در مکزیک است. در این نوع ماده‌زایی طبیعی، رشدونمو تخم توسط اسپرم گونه‌های نزدیک که با تخم برهم‌کنش دارند، اما با آن ترکیب نمی‌شوند، تحریک می‌شود. تری‌پلوییدی خودبه‌خودی در ماهی کلمه *Rutilus rutilus* و در جمعیت تکثیر شده قرل‌آلای رنگین‌کمان مشاهده شده است. اهداف اصلی مهندسی کروموزوم ماهی، تولید لاین‌های هم‌خون ماده زاد، تری‌پلویدهای عقیم یا پلی‌پلوییدی است.

هرتویگ آغازکننده تحقیقات در زمینه مهندسی کروموزوم بود. او تخم قورباغه را با اسپرم غیرفعال شده با پرتو، لقاح داد. او نشان داد که تخم‌ها، بدون ورود مواد ژنتیک جنس نر می‌توانند رشد و نمو کنند. این فرایند ماده‌زایی (ژینوژن) (وراثت تمام مادری) نامیده می‌شود، که شکل ویژه‌ای از بکر‌زایی است. جنین‌های زنده مانده عمدتاً هاپلویید و تعداد کمی (۱ درصد) دیپلویید بودند. جنین‌های دیپلویید از ابقای جسم قطبی دوم یا توقف اولین تسهیم سلول حاصل شدند. بعدها مشخص شد که شوک‌های دمایی، فشار هیدروستاتیک یا تیمارهای شیمیایی تخم‌های لقاح یافته، می‌توانند تعداد جنین‌های دیپلویید را افزایش دهند. فرایند مکمل در این زمینه پرتو دادن کروموزوم تخمک و به‌دنبال آن لقاح است. در این روش رشد و نمو جنینی تنها با کروموزوم‌های انتقال داده شده توسط اسپرم انجام می‌شود. این فرایند نر‌زایی (آندروژن)، وراثت تمام پدری نامیده می‌شود.

به‌کارگیری روش‌های مشابه، اما با استفاده از اسپرم طبیعی برای لقاح تخمک‌ها، تولید پلی‌پلوییدی را در پی دارد. اگر تیمار کمی بعد از لقاح صورت گیرد،





زمانی که کروموزوم‌های اسپرم تخریب می‌شوند، تخم‌های فعال شده بعد از کامل شدن میوز II، تنها حاوی سری هاپلوئید کروموزوم هستند. برخی از این تخم‌های هاپلوئید رشد و نمو جنینی را انجام می‌دهند که غالباً غیرطبیعی‌اند و به‌ندرت تا زمان تخم‌گشایی زنده می‌مانند. جنین‌های هاپلوئید منبع خوبی برای نقشه‌برداری ژنی هستند؛ چون واجد DNA کافی برای اهداف نقشه‌برداری ژنی‌اند. جنین‌های هاپلوئید و دیپلوئید بسیار متفاوت‌اند و به راحتی می‌توان آن‌ها را از هم تشخیص داد. هاپلوئیدی در ماهیان، نوعی ناهنجاری مورفولوژیک (سندرم هاپلوئید) است (شکل ۱).

غیرفعال کردن اسپرم

آزمایش‌های اول برای غیرفعال کردن اسپرم با استفاده از دوز بالای پرتو یونیزه که برای غیرفعال شدن اسپرم ضروری است، انجام شد، اما این

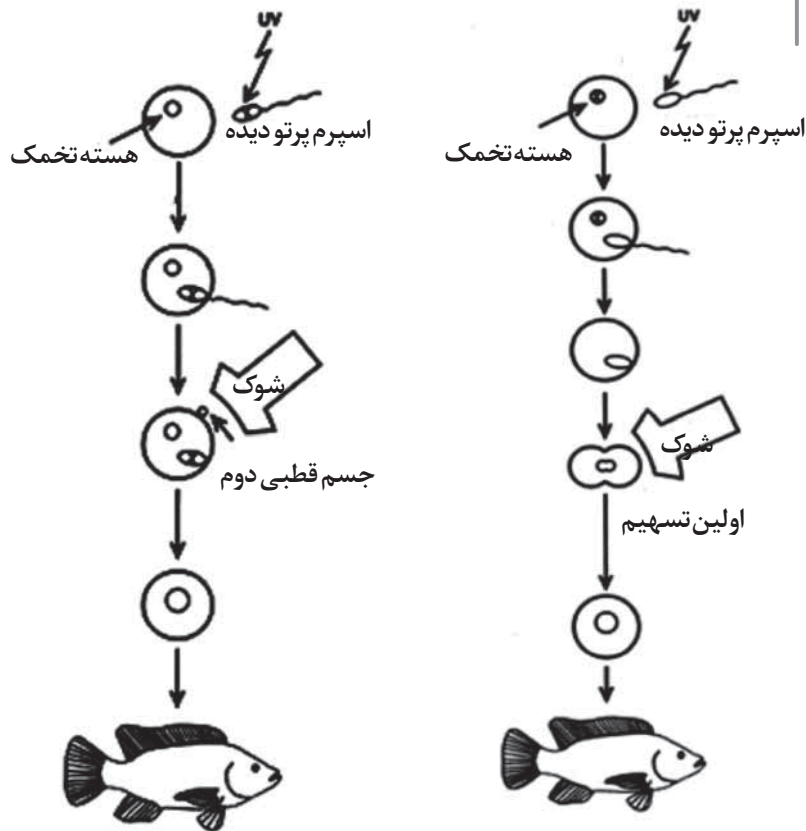
شکل ۱- a- جنین طبیعی (دیپلوئید)، b- جنین هاپلوئید (بعد از لقاح با اسپرم غیرفعال از لحاظ ژنتیک) در کپور ماهیان هندی



تری پلوئیدی به‌خاطر ابقای جسم قطبی دوم ایجاد می‌شود. اگر تیمار کمی قبل از تسهیم اول برای توقف این اتفاق (تسهیم اول) انجام گیرد، به علت دوبرابر شدن تعداد کروموزوم، تتراپلوئیدی ایجاد خواهد شد. تولید تری پلوئیدهای عقیم در برخی از گونه‌ها برای جلوگیری از رشد و نمو بلوغ زودرس انجام می‌گیرد و ماهیان تتراپلوئید برای تولید ماهیان تری پلوئید، با آمیزش ماهی دیپلوئید طبیعی با یک ماهی تتراپلوئید، ایجاد می‌شوند.

ماده‌زایی

ماده‌زایی رشدونمو جنین، تنها تحت کنترل مواد وراثتی مادر، بعد از فعال شدن تخم از طریق لقاح است. هدف از ایجاد ماهیان ماده‌زاد توسعه جانوران هم‌خون و ایجاد ذخایر تمام ماده است. ماده‌زایی به‌وسیله فعال شدن یک تخمک با اسپرم غیرفعال از نظر ژنتیک، انجام می‌گیرد. اسپرم را می‌توان با قرار دادن در معرض پرتو یونیزه (حدود ۱۰۰۰۰ راد) یا فرابنفش از نظر ژنتیک غیرفعال کرد. قراردادن اسپرم در معرض پرتو فرابنفش سبب تخریب و شکسته شدن کروموزوم‌های اسپرم می‌شود. با وجود این، اسپرم هنوز متحرک است و توانایی ورود به تخمک و فعال کردن تخم برای آغاز میوز II را دارد. البته در بسیاری از ماهیان پرتو فرابنفش باعث کاهش تحرک اسپرم می‌شود. بنابراین، یکی از علت‌های کاهش زنده‌مانی ماده‌زادها کاهش میزان لقاح ناشی از کاهش تحرک اسپرم پرتو دیده است.



شکل ۲. طرح القای ماده‌زایی میوزی (سمت چپ) و ماده‌زایی میتوزی (سمت راست)

ماده‌زایی

رشد و نمو جنین،
تنها تحت کنترل
مواد وراثتی مادر،
بعد از فعال شدن
تخم از طریق
لقاح است. هدف
از ایجاد ماهیان
ماده‌زاد توسعه
جانوران هم‌خون
و ایجاد ذخایر
تمام ماده است

اعمال می‌شود. کارهای اولیه روی دوزیستان، ماهی پهن دریایی و آزادماهیان نشان داده است که ایجاد دیپلوئید از طریق شوک سرما امکان‌پذیر است. در این آزمایش‌ها، تخم‌های تازه لقاح‌یافته در مخلوط آب و یخ قرار داده شدند. بعدها نشان داده شد که شوک گرمایی نسبت به شوک سرمایی روش مناسب‌تری برای ماهیان آزاد است. فشار هیدروستاتیک نیز برای تولید ماهیان ماده‌زاد دیپلوئید استفاده می‌شود. زمان شوک‌دهی برای تولید جنین‌های دیپلوئید مهم است و باید برای هر گونه تعیین شود. شوک معمولاً ۵ تا ۱۵ دقیقه بعد از لقاح اعمال می‌شود و باید برای بیش از ۲۰ دقیقه برای شوک گرمایی یا ۲۰ تا ۱۲۰ دقیقه برای شوک سرمایی به طول انجامد.

از آنتی‌بیوتیک سیتوکلازین B برای ایجاد پلوئیدی استفاده می‌شود، ولی مشخص شده که این ماده شیمیایی برای القا پلی‌پلوئیدی در ماهیان مفید نیست و درصد افراد پلی‌پلوئید در این روش بسیار کم است و القای تری‌پلوئیدی از طریق شوک گرمایی یا فشار هیدروستاتیک ارزان‌تر و مؤثرتر انجام می‌گیرد.

برای توقف تقسیمات، معمولاً شوک در مرحله آنافاز تقسیم مورد نظر اعمال می‌شود. تحت تاثیر این

دسترس نیست. جانشین این روش، استفاده از پرتو فرابنفش است که امروزه برای تولید جنین ماده زاد مرسوم است و آزمایش‌های مختلف نشان از نتایج بهتر این پرتو نسبت به پرتو یونیزه دارد. پرتو فرابنفش برخلاف پرتوهای یونیزه‌کننده نظیر گاما یا ایکس منجر به ایجاد قطعات کروموزومی در اسپرم نمی‌شوند و لذا احتمال حضور این قطعات در جنین‌های ماده‌زاد و به تبع آن احتمال کاهش بازماندگی و یا ایجاد خطا در بررسی صحت ماده‌زادی را کاهش می‌دهد. یکی دیگر از راه‌های تولید جنین‌ها ماده‌زاد استفاده از یک اسپرم غیر مرتبط با ماهیان مورد آزمایش است.

شوک برای تولید دیپلوئیدهای ماده‌زاد

به‌منظور ایجاد ماهیان ماده‌زاد دیپلوئید زنده، سری کروموزوم ماده‌های هاپلوئید می‌بایست دو برابر شود. سری کروموزوم یک ماهی ماده از دو طریق دو برابر می‌شود: از طریق متوقف کردن تقسیم میوز II در تخم‌ها (ماده‌زایی میوزی) یا از طریق توقف اولین تقسیم میتوز در جنین هاپلوئید (ماده‌زایی میتوزی) (شکل ۲).

برای توقف مصنوعی تقسیمات میوز یا میتوز، تیمارهای فیزیکی شدید (شوکه‌ها) روی جنین

یکی از مزایای
نر زایی این است
که لاین های
هموزیگوس با
بازیابی بالای
ژنوتیپ ها را
می توان از
اسپریم ها منجمد
ایجاد کرد

دو جنس را نشان دهند. با وجود این، در بسیاری از ماهیان ماده ماده زاد، صفات تولید مثلی طبیعی است. اگر ماده زایی برای چندین نسل در ماهیان تکرار شود خالص سازی کامل با ضریب هم خونی حدود^۱ ایجاد خواهد شد.

نر زایی (Androgenesis)

در حالی که کروموزوم های اسپرم در ماده زایی غیر فعال می شوند، در نر زایی کروموزوم های تخمک غیر فعال می شوند. نر زایی (آندروژنز) رشد و نمو جنین تنها تحت کنترل کروموزوم های پدری است. غیر فعال سازی ژنتیک کروموزوم های ماهی ماده برای القای نر زایی، از طریق پرتو دادن به تخمک ها، توسعه یافته است. بعد از لقاح تخمک هایی که از نظر ژنتیک دارای کروموزوم های غیر فعال اند با اسپرم، هاپلوئید های نر زاد ایجاد می شود. برای تولید ماهی نر زاد دیپلوئید زنده، سری کروموزوم های هاپلوئید پدری باید دو برابر شود. این امر از طریق توقف اولین تقسیم میتوز در جنین های هاپلوئید قابل اجراست (شکل ۴).

مشکلی که در زمینه نر زایی وجود دارد، این است که پرتو یونیزه ممکن است سبب آسیب محتویات (به ویژه DNA میتو کندریایی) و سیتوپلاسم تخمک شود و بنابراین میزان قابلیت زیست آن ها را کاهش دهد. یکی از مزایای نر زایی این است که لاین های هموزیگوس با بازیابی بالای ژنوتیپ ها را می توان از اسپریم ها منجمد ایجاد کرد. بانک ها ژنی نژادهای ارزشمند را می توان با اسپرم منجمد شده ایجاد کرد و در ادامه با استفاده از روش نر زایی و آمیزش بین فرزندان نر زاد بعد از رسیدن به سن بلوغ آن ها، از نژادهای با ارزش حفاظت کرد.

تری پلوئیدی

بلوغ جنسی زود هنگام مشکلی در مزارع پرورش تجاری ماهی است؛ چون بلوغ جنسی اغلب با از بین رفتن سریع کیفیت گوشت، مرگومیر بالا و کاهش رشد همراه است. ماهی تری پلوئید عقیم شروع به ساخت گناد نمی کند و بنابراین قادر به ادامه رشد بدون اختلال ناشی از فرایند بلوغ جنسی است. تحقیقات جدید نشان می دهد که آزاد ماهیان تری پلوئید به علت کاهش نسبی تعداد سلول ها و کاهش سطح هوشیاری نسبت به محرک های محیطی و نیز عدم تولید هورمون های استروئیدی آنابولیک از قابلیت رشد کمتری نسبت به انواع دیپلوئید در شرایط قبل

تیمار، رشته های دوک تخریب، در نتیجه، تقسیم متوقف و سلول های خواهری با هم ترکیب می شوند. هنگامی که تقسیم میوز II متوقف می شود، جسم قطبی دوم خارج نمی شود و با پیش هسته های ماهی ماده هاپلوئید ترکیب می شود. در طول توقف اولین تقسیم میتوز در جنین های هاپلوئید، دو هسته هاپلوئید به هم می پیوندند و یک هسته دیپلوئید تشکیل می دهند. بعد از چرخه میتوزی بعدی دو بلاستومر دیپلوئید تشکیل می شود (شکل ۲).

تولید لاین های هم خون

ماده زایی رشد و نمو جنین، تنها تحت کنترل مواد وراثتی مادر، بعد از فعال شدن تخم از طریق لقاح است. هدف از ایجاد ماهیان ماده زاد توسعه جانوران هم خون و ایجاد ذخایر تمام ماده است. دو سری کروموزوم در ماهی دیپلوئید ماده زاد منشأ یکسان دارند و از دو برابر شدن آن ها در طول مرحله اول میوز ایجاد شده اند. در گونه هایی که ماهیان ماده، جنس هموگامتیک هستند مثل آزاد ماهیان، همه ماهیان ماده زاد به خاطر دریافت اطلاعات ژنتیک فقط از مادر، ماده خواهند بود. به منظور توسعه لاین های هم خون ایجاد ماهیان نر هم خون نیز ضروری است. نر های کاملاً هم خون را می توان با تیمار هورمونی ماهیان ماده زاد ایجاد کرد. نتایج مناسب از طریق اضافه کردن هورمون نرساز (۱۷) آلفا متیل تستوسترون) به غذای بچه ماهیان ماده زاد برای دو ماه اول شروع تغذیه به دست آمده است. با این روش ماهیان ماده ژنتیک به نر های فنوتیپی تغییر جنسیت می دهند. ماده های ماده زاد تغییر جنسیت می دهند، به بلوغ جنسی می رسند و اسپرم قابل زیستی که قادر به لقاح تخمک است، تولید می کنند. با وجود این، این ماده های تغییر جنسیت یافته معمولاً فاقد مجرای اسپرم بر هستند (در ماهی قزل آلا رنگین کمان)، به طوری که قادر به خارج کردن اسپرم از منفذ تناسلی خود نیستند (شکل ۳). برای استحصال اسپرم باید ماهی کشته شود یا با سوزن هیپودرمیک اسپرم را خارج کرد.

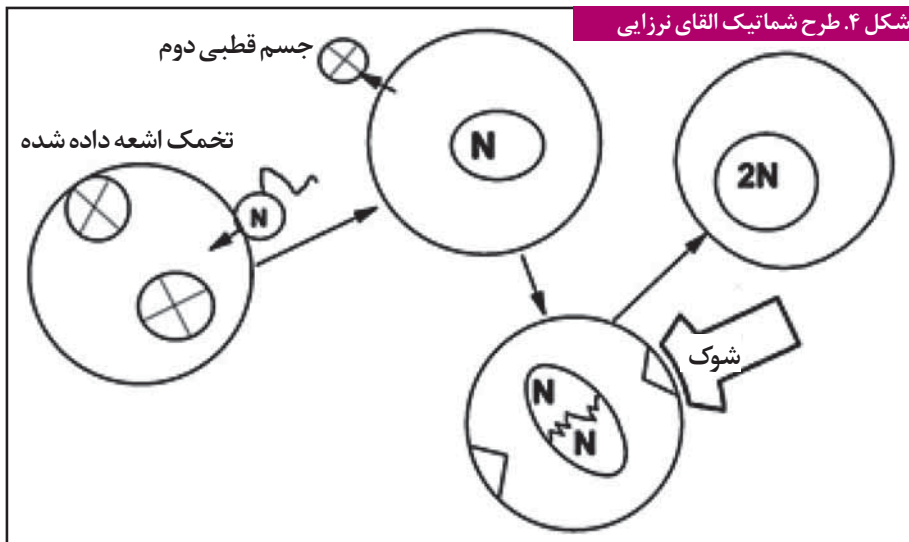
در سال اول رشد فرزندان ماده زاد، مرگومیر بالا دیده می شود و میزان رشد در مقایسه با دیپلوئید طبیعی کمتر است. مرگومیر با افزایش سن زیاد می شود، اما با رسیدن ماهی به سن بلوغ متوقف می شود.

تعداد بسیاری از ماهیان ماده زاد ممکن است تخمدان معیوب داشته باشند و برخی نیز صفات

شکل ۳. الف) ساختار بیضه و مجرای اسپرم بر در ماهیان نر تغییر جنسیت یافته (فاقد مجرای اسپرم بر) و ب) معمولی قزل آلاي رنگين کمان (اقتباس از کلباسي و ابراهيم زاده، ۱۳۹۲)



شکل ۴. طرح شماتیک القای نرزايبی



لقاح خارجی در ماهیان امکان به کارگیری روش هایی جالب را برای مهندسی ژنتیک فراهم کرده است

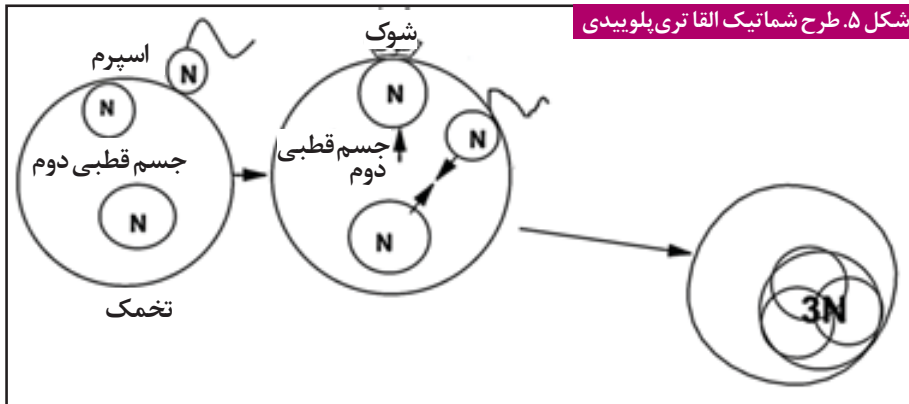
چنین شرایطی بسیار مفید است. ماهیان پرورشی عقیم این مزیت را نیز دارند که در صورت فرار از مزارع پرورشی نمی توانند با ذخایر طبیعی و بومی آمیزش داشته باشند و بنابراین بر ساختار ژنتیک ذخایر وحشی تأثیر ندارند.

تولید ماهیان تری پلوئید

روش مشابه آنچه را که در ماده زایی استفاده می شود،

از بلوغ برخوردارند. در مقابل، با فرا رسیدن بلوغ جنسی، به لحاظ عدم صرف انرژی جهت توسعه گنادی در ماهیان تری پلوئید، این ماهیان از رشد بهتر و همچنین تلفات کمتری در مقایسه با انواع دیپلوئید برخوردارند. برای برخی از گونه ها مثل تیلاپیای پرورشی در استخرهای خاکی افزایش بیش از حد تراکم ماهی ناشی از تولیدمثل سبب کاهش محصول می شود و تولید تری پلوئیدهای عقیم در

شکل ۵. طرح شماتیک القا تری پلوئیدی



تولید ماهیان
تری پلوئید
به خاطر عقیم
بودن آنها
جذاب است.
عقیمی ناشی
از تری پلوئیدی
نتیجه اختلال
ناشی از سه سری
کروموزوم در
هنگام تقسیم
میوز است

نتیجه گیری

لقاح خارجی در ماهیان امکان به کارگیری روش های جالب برای مهندسی ژنتیک فراهم کرده است. در چند دهه گذشته تحقیقات زیادی در زمینه مهندسی ژنوم ماهیان برای مطالعات پایه و کاربردی برای صنعت آبی پروری در نقاط مختلف دنیا انجام شده است. امیدبخش ترین جنبه های این تحقیقات عبارتند از:

- تولید ماهیان عقیم، بیشتر برای گونه هایی مورد توجه است که قبل از اندازه بازاری در مزارع پرورشی به سن بلوغ می رسند مثل آزاد ماهیان،

- تولید ماهیان تک جنس، برای گونه هایی اهمیت دارد که یک جنس سریع تر از جنس دیگر رشد می کند. در برخی از گونه ها جنس نر سریع تر از جنس ماده رشد می کند مثل تیلاپیا و آزاد ماهیان و برخی دیگر برعکس مثل هالیبوت.

- تولید ماهیان کاملاً هم خون در یک یا چند نسل، برای برنامه اصلاح نژاد واریانس ژنتیک غیرافزایشی مورد استفاده است.

* منابع

۱. کلباسی، م. ر. و ابراهیم زاده س. م. (۱۳۹۲)، مبانی نظری و کاربردی آبی پروری، صفحات ۴۰۹-۴۲۰.
۲. بومن، ای. آر. و هورکی. (۱۳۸۹)، زیست فناوری و ژنتیک در شیلات و آبی پروری، مترجمان: دکتر سعید کیوان شکوه و دکتر سالار درافشان، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحات ۱۳۷-۱۵۲.
۳. تیو، دی. (۱۳۸۸)، مبانی ژنتیک، اصلاح نژاد و بیوتکنولوژی ماهیان، مترجم: دکتر فرهاد امینی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران، صفحات ۳۲۳-۳۵۱.
۴. جوهری ع.؛ کلباسی، م. ر.؛ ولیکی ا. س. و طلا م. (۱۳۸۲)، مقایسه خصوصیات و قابلیت لقاح اسپرم در ماهیان نر تغییر جنسیت یافته و مولدین معمولی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*): مجله علوم دریایی ایران؛ دوره دوم؛ شماره چهارم؛ صفحات ۲۷-۳۷.
۵. درافشان، س. (۱۳۸۶)، دستکاری های کروموزومی ماهی آزاد دریای خزر و قزل آلائی رنگین کمان و مقایسه رشد در نسل F۱. رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۶ صفحه.

6. Bhise, M. P., Khan, T. A. (2002), Androgenesis: The Best Tool for Manipulation of Fish Genomes., Turk J Zool, 26:317-325.
7. Gjerdem, (T. 2005). Selection and Breeding Programs in Aquaculture, Springer. 280-290p.
8. Gomelsky, B. (2003). Chromosome set manipulation and sex control in common carp: a review, Aquat. Living Resour. 16, pp: 408-415.

می توان برای ایجاد ماهیان تری پلوئید به کار برد با این استثنا که اسپرم طبیعی و تیمار نشده در این روش استفاده می شود. لقاح با مخلوط کردن اسپرم و تخمک انجام می گیرد. به منظور جلوگیری از تقسیم سلول و تخریب جسم قطبی دوم، تخم های لقاح یافته، کمی بعد از لقاح در معرض شوک دمایی یا فشار هیدروستاتیک قرار می گیرند (شکل ۵). با استفاده از شمارش کروموزوم، محاسبه حجم هسته، اندازه گیری مقدار DNA هر سلول و شمارش آلل ها برای ریزماهوره (میکروساتلایت) یا دیگر جایگاه های ژنی می توان صحت تری پلوئیدی را سنجید.

بلوغ جنسی ماهیان تری پلوئید

تولید ماهیان تری پلوئید به خاطر عقیم بودن آنها جذاب است. عقیمی ناشی از تری پلوئیدی نتیجه اختلال ناشی از سه سری کروموزوم در هنگام تقسیم میوز است. در ماهیان نر تری پلوئید، فرایند اسپرم زایی خیلی تحت تأثیر قرار نمی گیرد. تنها تفاوت ماهیان نر تری پلوئید نسبت به ماهیان دیپلوئید این است که اسپرماتوژنز در ماهیان تری پلوئید تا تولید اسپرماتید بیشتر پیش نمی رود. بنابراین ماهیان تری پلوئید نر سلول اسپرم متحرک تولید نمی کنند و قادر به لقاح تخمک نیستند. ظاهر بیضه ماهیان تری پلوئید نر نیز غیرطبیعی است. ماهیان تری پلوئید نر در سن بلوغ صفات ثانویه جنسی دارند و کیفیت گوشت آنها همانند ماهیان نر دیپلوئید کاهش می یابد. یک ماهی تری پلوئید ماده دارای غدد جنسی توسعه نیافته با اووگونی اولیه هستند و عمدتاً رشد تخمدانی در آنها صورت نمی پذیرد (شکل ۶).

شکل ۶. تخمدان (پیکان) تحلیل رفته قزل آلائی قهوه ای ۱۹ ماه بعد از لقاح

