



جنسیت در ماهیان

سیدمر ترضی ابراهیمزاده

دانشجوی دکتری شیلات

مقدمه

دانستن سازوکارهای تعیین جنسیت و تمایز جنسی در ماهیان از دو بُعد اهمیت دارد. ماهی به‌عنوان یکی از متنوع‌ترین مهره‌داران از جایگاه مهمی در زیست‌شناسی تکوینی و روند تکامل موجودات برخوردار است، از این‌رو درک فرایندهای فیزیولوژیک بدن ماهی در مطالعات مقایسه‌ای سایر مهره‌داران مفید خواهد بود. وجود تنوع زیاد در سیستم تعیین جنسیت ماهیان، آن‌ها را به موجوداتی آرمانی برای مطالعات تکاملی تعیین جنسیت و کروموزوم‌های جنسی تبدیل کرده است. از طرف دیگر چون ماهی به‌عنوان منبع ارزشمند پروتئین حیوانی در جهان مطرح است. فعالیت‌های مرتبط با پرورش ماهی در جهان به‌شدت در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود با توجه به محدود بودن زمین و رسیدن به حداکثر تولید در فعالیت‌های دام و طیور نیز و برتر بودن ارزش غذایی ماهیان از نظر بهداشت انسانی، در آینده نزدیک فرآورده‌های آبی از جمله ماهیان، بخش قابل ملاحظه‌ای از سبد غذایی انسان‌ها را تشکیل خواهند داد. از جمله کاربردهای تعیین جنسیت و تمایز جنسی در پرورش ماهی، دستکاری و کنترل جنسیت ماهیان با ارزش پرورشی است که دارای این مزایاست:

- الف. کاهش نگهداری مولدین مورد نیاز برای به‌دست آوردن تخم یا افزایش استحصال تخم با پرورش ماهیان ماده؛
 - ب. پرورش تک‌جنسی ماهیانی که در آن‌ها یک جنس (نر یا ماده) از رشد بیشتری برخوردار است (برای مثال آزادماهیان و کپورماهیان ماده و سیچلیدهای نر رشد بیشتری دارند)؛
 - ج. جلوگیری از بلوغ جنسی زودرس در ماهیان؛
 - د. جلوگیری از بلوغ جنسی در هر دو جنس از طریق عقیم‌سازی.
- درواقع هدف نهایی کنترل جنسیت در ماهیان پرورشی، افزایش کارایی و میزان تولید در فعالیت‌های آبی پروری است. لازمه کنترل جنسیت در ماهیان، شناخت سازوکارهای تعیین جنسیت و تمایز جنسی در آن‌هاست و هدف این مقاله تشریح این موضوع است.

کلیدواژه‌ها: تعیین جنسیت ماهیان، تمایز جنس ماهیان، الگوی چندژنی

سازوکار تظاهر جنسیت

بیان و ظهور جنسیت در ماهیان بستگی به دو فرآیند تعیین جنسیت^۱ و تمایز جنسی^۲ دارد. تعیین جنسیت توسط ژنوتیپ فرد کنترل می‌شود و تمایز جنسی تکامل و رشد غدد جنسی (تخمدان یا بیضه) (فنوتیپ جنسی) را شامل می‌شود. بر اثر این دو فرآیند، دو نوع فنوتیپ مورفولوژیک، کارکردی و رفتاری (نر یا ماده) بروز می‌یابد. معمولاً ژنوتیپ ماده سبب بروز فنوتیپ ماده و ژنوتیپ نر سبب بروز فنوتیپ نر می‌شود. در برخی از جانوران به‌ویژه بی‌مهرگان پست، تمایز جنسی به آسانی تحت تأثیر عوامل محیطی برهم می‌خورد و موجب می‌شود که جنسیت فنوتیپی با جنسیت ژنوتیپی متفاوت باشد. این تغییر جنسیت، همراه با انواع سازوکارهای تعیین و تمایز جنسیت مشاهده شده، به‌ویژه در ماهیان، باعث فقدان یک تئوری واحد برای تعیین و تمایز جنسیت در مهره‌داران شده است. به عبارت دیگر سازوکار عمومی شناخته شده‌ای برای تعیین جنسیت و تمایز جنسی

که بتوان برای همه ماهیان به کار برد وجود ندارد، اگرچه این سازوکار در دیگر مهره‌داران بهتر شناخته شده است.

تعیین جنسیت

تعیین جنسیت مجموعه‌ای از عناصر ژنتیکی مسئول ظهور و شکل‌گیری غدد جنسی است. در واقع مجموعه ژن‌های مسئول برای تشکیل غدد جنسی همانند مجموعه ژن‌های مسئول در شکل‌گیری اندام‌های دیگر، مثل کلیه، در تعیین جنسیت دخیل‌اند. ژن‌های تعیین‌کننده جنسیت فقط مسئول شکل‌گیری غدد جنسی نیستند، بلکه نوع شکل غدد جنسی (اندام ترکیبی یا اندام جفت)، تمایز آن‌ها به بیضه یا تخمدان، داشتن یا نداشتن حفره تخمدان و غیره را نیز کنترل می‌کنند. ژن‌های تعیین‌کننده جنسیت ممکن است در سراسر ژنوم پراکنده، یا اغلب در یک جفت کروموزوم جنسی متمرکز باشند. در هر صورت، جنسیت ژنتیکی یک فرد به مجموعه ژن‌های تعیین‌کننده

جنسیت به ارث رسیده از هر دو والد، بستگی دارد.

اساساً الگوی تعیین جنسیت شناخته شده است: کروموزومی، چند ژنی (پلی ژنیک) و برهم کنش ژنوتیپ و محیط. تعیین جنسیت کروموزومی به حضور کروموزوم‌های جنسی وابسته است. یک جفت کروموزوم که هترو کروموزوم نامیده می‌شوند، بیشترین ژن‌های مسئول برای تکامل جنسی را دارا هستند. در مهره‌داران تنها دو ژن تعیین جنسیت شناسایی شده است. ژن SRY/sry در پستانداران و ژن DMY در ماهی مداکا گونه *Oryzias latipes* به عنوان ژن تعیین جنسیت معرفی شده‌اند.

برخلاف توزیع وسیع SRY در پستانداران، DMY در اکثر گونه‌های *Oryzias* وجود ندارد که نشان‌دهنده تفاوت در ژن تعیین جنسیت در گونه‌های خیلی نزدیک در این ماهی است. براساس مطالعات سیتوژنتیک، ۸ سیستم کروموزومی تعیین جنسیت در ماهیان پیشنهاد شده است. این سیستم‌ها محدوده‌ای از

سیستم‌های ساده از قبیل XX/XY یا ZZ/ZW، تا سیستم‌های پیچیده‌تری را، که بیش از یک جفت کروموزوم جنسی یا تعداد مختلفی از کروموزوم بسته به جنس در آن دخیل هستند، شامل می‌شوند. اکثر گونه‌های ماهیان استخوانی تجاری، دارای سیستم تعیین جنسیت XX/XY یا ZZ/ZW هستند.

در پرندگان و پستانداران عموماً کروموزوم‌های جنسی قابل شناسایی وجود دارد. پستانداران نر هتروگامت و دارای کروموزوم‌های جنسی X و Y هستند؛ در مقابل، پرندگان ماده هتروگامت و دارای گامت‌های Z و W هستند.

تعیین جنسیت چندژنی سیستمی از تعیین جنسیت است که ژن‌های تعیین جنسیت نر و مادهٔ اپیستاتیک در کروموزوم‌ها دیگر (اتوزوم) و همچنین در هترو کروموزوم‌ها وجود دارند. بنابراین، جنسیت نتیجه‌ای از ترکیب نسبی عوامل نر و ماده در مجموعه‌های کروموزومی به ارث رسیده از هر والد به فرد است.

در آخر، تعیین جنسیت محیطی، برهم کنش ژنوتیپ و محیط است. نمونهٔ بارز این حالت

در ماهی پهلونقره‌ای آتلانتیک (*Menidia menidia*) است که تعیین جنسیت آن تحت کنترل ژنتیک و محیط است و بستگی به دمای انکوباسیون در طول مرحله حساس تکامل لارو دارد. در سال‌های

اخیر، چندین مطالعه نشان داده است که جنسیت در ماهیان می‌تواند تحت تأثیر دمای محیطی که در آن تکامل می‌یابند، قرار گیرد. این مطالعات نشان داده که اثرهای عوامل محیطی روی جنسیت فنوتیپی از طریق تغییر در آنزیم آروماتاز اعمال می‌شود. در هر صورت، بدیهی است که عوامل محیطی، فنوتیپ را از طریق دخالت در فرایند تمایز جنسی و نیز از طریق تقویت یا مهار ژن‌های خاص متأثر می‌کند. بنابراین، عوامل محیطی در فرایند تعیین جنسیت دخالتی ندارند. واقع حتی در تعیین جنسیت محیطی، مبنای ژنتیکی تعیین‌کننده جنسیت است و بهتر است بیان

شود که عوامل محیطی در تمایز جنسی نقش دارند نه در تعیین جنسیت

در پرندگان و پستانداران، جنسیت در زمان لقاح تعیین و تثبیت می‌شود و شرایط محیطی تأثیر چندانی بر تعیین یا تغییر جنسیت آن‌ها ندارد. کروموزوم‌های جنسی مشخص در برخی از خزندگان و دوزیستان نیز

یافت می‌شوند، اما برخی دیگر از آن‌ها فاقد کروموزوم‌های جنسی مشخص هستند و تعیین جنسیت آن‌ها به وسیلهٔ عوامل محیطی اعمال می‌شود. به عنوان مثال، در لاک‌پشت‌ها، دمای پایین محیط در طی زمان انکوباسیون منجر به ایجاد جنسیت نر می‌شود، در حالی که در کروکودیل‌ها و مارمولک‌ها، نرها معمولاً در دمای بالاتر از حد بهینه ایجاد می‌شوند.

تمایز جنسی

تمایز جنسی با اتفاق‌هایی که در طول تکامل اتفاق می‌افتد و جنسیت ژنتیکی به صورت جنسیت فنوتیپی ظهور می‌یابد، در ارتباط است. تمایز جنسی مجموعه‌ای از همهٔ اتفاق‌هایی است که در گنادهای بدوی به وقوع می‌پیوندد. این اتفاق‌ها شامل مهاجرت سلول‌های زایگر اولیه (PGCs)، تشکیل تیغهٔ گنادی و تمایز گنادها به بیضه یا تخمدان است. تمایز جنسی در ماده‌ها زودتر و در نرها دیرتر اتفاق می‌افتد. از نشانه‌های اولیهٔ تمایز جنسی در ماهیان ماده آغاز تقسیم میوز در اووگونیا

و یا تکثیر سلول‌های سوماتیک برای تشکیل حفرهٔ تخمدان است. به عکس، در ماهیان نر تمایز جنسی دیرتر اتفاق می‌افتد و با ظهور اسپرماتوگونیا، قرار گرفتن سلول‌های زاینده و سلول‌های سوماتیک در

فعالیت‌های مرتبط با پرورش ماهی در جهان به شدت در حال افزایش است و قطعاً با توجه به محدود بودن زمین و رسیدن به حداکثر تولید در فعالیت‌های دام و طیور و ارزش غذایی ماهیان از نظر بهداشت انسانی، در آینده نزدیک فرآورده‌های آبی از جمله ماهیان، بخش قابل ملاحظه‌ای از سبد غذایی انسان‌ها را تشکیل خواهند داد

بیان و ظهور جنسیت در ماهیان بستگی به دو فرآیند تعیین جنسیت و تمایز جنسی دارد. تعیین جنسیت توسط ژنوتیپ فرد کنترل می‌شود و تمایز جنسی تکامل و رشد غدد جنسی (تخمدان یا بیضه) (فنوتیپ جنسی) را شامل می‌شود. بر اثر این دو فرآیند، دو نوع فنوتیپ مورفولوژیک، کارکردی و رفتاری (نر یا ماده) بروز می‌یابد

نابودی مرجان‌ها

قناره نوازها

ملیکا قلیچ پور

اشاره

آب‌سنگ‌های مرجانی از متنوع‌ترین زیستگاه‌های طبیعی جهان‌اند. فعالیت‌های بشر و عدم توجه به اصول زیست‌محیطی، سبب تخریب و در نهایت نابودی زیستگاه‌ها می‌شود. در این میان اکوسیستم‌های پرتولید و غنی از تنوع زیستی، نسبت به عوامل مخرب آسیب‌پذیرترند و نابودی آن‌ها حیات سایر زیستگاه‌ها را نیز به خطر می‌اندازد.

کلیدواژه‌ها: آب‌سنگ مرجانی، سفید شدن مرجان‌ها، آلودگی خلیج فارس

لوبول‌ها و تمایز دستگاه عروقی بیضه، شامل ورید و شریان بیضه و مجاری اسپرم قابل تشخیص می‌شود.

تمایز جنسی در ماهیان در دو مسیر متفاوت صورت می‌پذیرد. در حالت اول، گنادهای بدوی به‌طور مستقیم به تخمدان یا بیضه تمایز می‌یابند. به این گونه‌ها گونه‌های تمایز یافته می‌گویند. در حالت دوم، همه ماهیان ابتدا گناد شبه تخمدان دارند و در ادامه این گنادها در برخی از ماهیان به تخمدان و در برخی دیگر به بیضه تمایز می‌یابد. به این گروه از ماهیان، گونه‌های تمایز نیافته می‌گویند.

ماهیت القا کننده‌های تمایز جنسی در ماهیان از اهمیت زیادی برخوردار است. تا همین اواخر توافقی در زمینه مدلی که به‌طور رضایت‌بخش فرایند تمایز جنسی در مهره‌داران غیرپستاندار را شرح دهد، وجود نداشت، اما با توجه به آزمایش‌های مختلفی که روی ماهی مداکا انجام گرفت، تئوری استروئیدهای جنسی به‌عنوان القا کننده طبیعی جنسیت پذیرفته شده. استروئیدهای جنسی از طریق گیرنده‌های ویژه در سلول‌های هدف عمل می‌کنند. گیرنده‌های آندروژن و استروژن در ماهیان (مانند سایر مهره‌داران) شناسایی شده‌اند. در طول تمایز جنسی استروئیدهای جنسی به‌عنوان عوامل مورفوژنیک و بعدها در طول بلوغ جنسی به‌عنوان عوامل فعال کننده عمل می‌کنند.

اخیراً تحقیقات زیادی در زمینه عملکرد آنزیم‌های استروئیدوژنیک در طول فرایند تمایز جنسی در ماهی و دیگر مهره‌داران صورت پذیرفته است. در آزادماهی‌ای که از نظر ژنتیکی ماده است، مهار کننده آروماتاز^۳ سبب نر شدن فنوتیپی این ماهی می‌شود. مشخص شده است که ژن آروماتاز در طول تمایز جنسی بیان می‌شود و آروماتاز در فرایند تمایز جنسی ماهی نقش محوری دارد.

پی‌نوشت‌ها

1. Sex determination
2. Sex differentiation
۳. آروماتاز که استروژن سنتتاز نیز نامیده می‌شود آنزیمی است که نقش محوری در بیوسنتز استروژن‌ها دارد.

منابع

۱. درافشان، سالار و ابراهیم‌زاده، سیدمرتضی (۱۳۸۹). زیست‌شناسی تولیدمثل ماهی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحات ۱-۹.
2. Piferrer F. (2001). **Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish**. *Aquaculture* 197. 229-281.
3. Naruse K., Tanaka M. and Takeda H. (2011). **Frequent Turnover of Sex Chromosomes in the Medaka Fishes**. In: *Medaka: A Model for Organogenesis, Human Disease, and Evolution*. Springer, pp: 229-241.
4. Hines, G., Boots, L.R., Wibbels, T., Watts, S.A., (1999). **Steroid levels and steroid metabolism in relation to early gonadal development in the tilapia *Oreochromis niloticus* Teleostei: Cyprinoidei**. *Gen. Comp. Endocrinol.* 114, 235-248.