

دانشگاه سیام نور

اصول تکثیر و پرورش ماهی

(رشته مهندسی شیلات)

دکتر نصرالله احمدی فرد دکتر احمد ایمانی

دکتر کوروش سروی مغانلو

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پربار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاوردهای انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار

سیزده

فصل اول. اقدام‌های تولیدمثلی و نحوه عملکرد آن‌ها.....	۱
هدف کلی.....	۱
هدف‌های یادگیری.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱ دستگاه تولیدمثلی ماهیان نر.....	۲
۱-۱-۱ ساختار دستگاه تولیدمثل.....	۲
۱-۱-۲ مراحل توسعه گناد (گامتوزنز) در ماهیان نر.....	۵
۱-۱-۳ نقش هورمون‌ها در گامتوزنز ماهیان نر.....	۷
۱-۱-۴ مراحل تکاملی بیضه.....	۹
۱-۱-۵ ساختار اسپرم در ماهیان.....	۱۰
۱-۱-۶ خصوصیات مشترک مایع اسپرمی در ماهیان.....	۱۰
۱-۱-۷ پارامترهای ارزیابی کیفیت اسپرم.....	۱۱
۱-۱-۸ روش پردازش تصویر (CASA) در ارزیابی اسپرم.....	۱۴
۱-۱-۹ عوامل مؤثر بر کیفیت اسپرم.....	۱۷
۱-۱-۱۰ نگهداری بلندمدت و کوتاه‌مدت اسپرم.....	۱۹
۲-۱ دستگاه تولیدمثلی ماهیان ماده.....	۲۱
۲-۱-۱ ساختار دستگاه تولیدمثل.....	۲۱
۲-۲-۱ انواع تخمدان.....	۲۳
۲-۲-۳ بافت‌شناسی تخمدان.....	۲۵
۲-۲-۴ مراحل تکاملی تخمدان.....	۲۶

۲۶	۵-۲-۱	مراحل توسعه گناد (تخمک‌زایی) در ماهیان ماده
۳۰	۶-۲-۱	نقش هورمون‌ها در تخمک‌زایی
۳۶	۷-۲-۱	ارزیابی کیفیت تخمک
۳۷	۸-۲-۱	عوامل مؤثر در کیفیت تخمک
۴۰	۹-۲-۱	نگهداری تخمک لقاح‌نیافته
۴۱		خلاصه فصل اول
۴۱		خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۴۳		فصل دوم. زیست‌شناسی تولیدمثل
۴۳		هدف کلی
۴۳		هدف‌های یادگیری
۴۳		مقدمه
۴۴	۱-۲	انواع تولیدمثل در ماهیان
۴۴	۱-۱-۲	تولیدمثل هرمافرودیسیم
۴۶	۲-۱-۲	تولیدمثل بکرزایی یا تک‌جنسی
۴۷	۳-۱-۲	تولیدمثل دوجنسی
۴۷	۲-۲	الگوهای تولیدمثل در ماهیان
۴۸	۱-۲-۲	ماهیان زنده‌زا
۴۹	۲-۲-۲	ماهیان تخم‌گذار
۵۲	۳-۲	رفتارهای تولیدمثلی در ماهیان
۵۳	۱-۳-۲	گروه‌های اکولوژیکی بدون‌محافظ
۵۴	۲-۳-۲	گروه‌های اکولوژیکی حفاظت‌کننده
۵۵	۳-۳-۲	گروه‌های اکولوژیکی حمل‌کننده
۵۶	۴-۲	هماوری در ماهیان
۵۷	۱-۴-۲	انواع هماوری
۵۹	۲-۴-۲	روش‌های تعیین هماوری مطلق
۶۱	۳-۴-۲	تغییرات هماوری
۶۳	۵-۲	مهاجرت در ماهیان
۶۳	۱-۵-۲	گروه‌های مختلف ماهیان مهاجر
۶۴	۲-۵-۲	مراحل مهاجرت در ماهیان آنادروموس (آزادماهیان)
۶۶		خلاصه فصل دوم
۶۷		خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۶۹		فصل سوم. تعیین جنسیت و رسیدگی مولدین
۶۹		هدف کلی
۶۹		هدف‌های یادگیری

۶۹	مقدمه.....
۷۱	۱-۳ انواع سیستم‌های تعیین جنسیت.....
۷۲	۲-۳ تمایز جنسیت در ماهیان.....
۷۳	۳-۳ روش‌های تعیین سیستم‌های جنسیت.....
۷۴	۱-۳-۳ استفاده از روش کاربوتایپ (مطالعات سینوزنتیکی).....
۷۵	۲-۳-۳ استفاده از نشانگرهای مولکولی.....
۷۶	۴-۳ صفات اولیه و ثانویه جنسی.....
۷۶	۱-۴-۳ صفات اولیه تولیدمثلی.....
۷۶	۲-۴-۳ صفات ثانویه تولیدمثلی.....
۷۸	۵-۳ صفات جنسی در بعضی از ماهیان شاخص.....
۷۸	۱-۵-۳ صفات جنسی قزل‌آلای رنگین‌کمان.....
۷۸	۲-۵-۳ صفات جنسی ماهیان خاویاری.....
۸۰	۳-۵-۳ صفات جنسی ماهیان زیتنی.....
۸۲	۴-۵-۳ صفات جنسی کپورماهیان.....
۸۳	۶-۳ نحوه تهیه و انتقال ماهیان مولد.....
۸۴	۷-۳ شاخص‌های بررسی رسیدگی ماهی مولد.....
۸۴	۱-۷-۳ مشخصات ظاهری.....
۸۶	۲-۷-۳ بررسی موقعیت هستک.....
۸۷	۳-۷-۳ بررسی هورمونی و غلظت یون‌ها.....
۸۸	۸-۳ عوامل مؤثر بر رسیدگی جنسی.....
۸۸	۱-۸-۳ عوامل ژنتیکی.....
۸۸	۱-۸-۳ عوامل محیطی.....
۸۹	۸-۳ روش‌های بررسی گناد.....
۹۰	۹-۳ القاء رسیدگی جنسی.....
۹۰	۱-۹-۳ تحریک نیمه‌طبیعی بدون استفاده از هورمون.....
۹۲	۲-۹-۳ تحریک نیمه‌طبیعی با استفاده از هورمون.....
۹۳	۳-۹-۳ تحریک مصنوعی با استفاده از هورمون.....
۹۴	خلاصه فصل سوم.....
۹۴	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم.....
۹۷	فصل چهارم. تکثیر مصنوعی ماهیان.....
۹۷	هدف کلی.....
۹۷	هدف‌های یادگیری.....
۹۷	مقدمه.....
۹۸	۱-۴ اهمیت تزریق هورمون و نحوه عملکرد آن‌ها.....
۹۹	۲-۴ آماده‌سازی هورمون.....

۹۹.....	۴-۲-۱ غلظت هورمون.....
۱۰۰.....	۴-۲-۲ وزن ماهیان مولد.....
۱۰۰.....	۴-۲-۳ حجم تزریق.....
۱۰۰.....	۴-۳ انواع هورمون‌های مورد استفاده در تزریق.....
۱۰۰.....	۴-۳-۱ غده هیپوفیز.....
۱۰۵.....	۴-۳-۲ هورمون گنادوتروپین جفت انسانی.....
۱۰۶.....	۴-۳-۳ هورمون آزادکننده هورمون زرده.....
۱۰۷.....	۴-۳-۴ ترکیبات آنتی‌دوپامینی.....
۱۰۸.....	۴-۴ روش‌های استفاده از هورمون‌ها.....
۱۰۹.....	۴-۵ بررسی مولدین بعد از تزریق هورمون.....
۱۱۰.....	۴-۶ استحصال تخمک در تکثیر مصنوعی.....
۱۱۰.....	۴-۶-۱ استحصال تخمک با دست.....
۱۱۰.....	۴-۶-۲ استحصال تخمک با عمل جراحی.....
۱۱۱.....	۴-۶-۳ استحصال تخمک با کشتن ماهی.....
۱۱۲.....	۴-۷ نحوه گرفتن مایع اسپرمی.....
۱۱۳.....	۴-۸ لقاح در ماهیان.....
۱۱۵.....	۴-۹ انواع لقاح در ماهیان.....
۱۱۵.....	۴-۹-۱ لقاح خشک (روش وداسکی).....
۱۱۵.....	۴-۹-۲ لقاح نیمه‌خشک (نیمه‌مرطوب).....
۱۱۵.....	۴-۹-۳ لقاح مرطوب (تر).....
۱۱۵.....	۴-۱۰ رفع چسبندگی تخم‌ها.....
۱۱۶.....	۴-۱۰-۱ ماهیان خاویاری.....
۱۱۶.....	۴-۱۰-۲ کپور معمولی.....
۱۱۷.....	۴-۱۰-۳ سوف سفید.....
۱۱۷.....	۴-۱۰-۴ ماهی باس سفید.....
۱۱۷.....	۴-۱۰-۵ گربه‌ماهی.....
۱۱۷.....	۴-۱۱ انکوباسیون.....
۱۲۲.....	۴-۱۲ ارزیابی و شمارش تخم.....
۱۲۳.....	۴-۱۳ انواع انکوباتور.....
۱۲۴.....	۴-۱۳-۱ انکوباتورهای مورد استفاده در شرایط کارگاهی.....
۱۲۹.....	۴-۱۳-۲ انکوباتورهای مورد استفاده در شرایط صحرایی.....
۱۳۰.....	۴-۱۴ مشخصات آب تفریخ‌گاه‌ها.....
۱۳۰.....	۴-۱۴-۱ دما.....
۱۳۱.....	۴-۱۴-۲ اکسیژن محلول.....
۱۳۲.....	۴-۱۴-۳ نور.....
۱۳۲.....	۴-۱۴-۴ دشمنان تخم.....

۱۳۲	۴-۱۴-۵ سایر فاکتورها
۱۳۳	۴-۱۵-۱۵ حمل و نقل تخم‌ها
۱۳۳	۴-۱۵-۱۱ معاینه ظاهری
۱۳۳	۴-۱۵-۲ هم‌دماسازی
۱۳۴	۴-۱۵-۳ ضد عفونی
۱۳۴	۴-۱۶-۱۶ حمل و نقل بچه‌ماهیان
۱۳۵	خلاصه فصل چهارم
۱۳۶	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۳۹	فصل پنجم. سیستم‌های مختلف پرورش
۱۳۹	هدف کلی
۱۳۹	هدف‌های یادگیری
۱۳۹	مقدمه
۱۳۹	۵-۱ سیستم پرورش از نظر وسعت و گستردگی
۱۴۰	۵-۱-۱ پرورش در مقیاس خرد
۱۴۰	۵-۱-۲ پرورش در مقیاس متوسط
۱۴۰	۵-۱-۳ پرورش در مقیاس کلان
۱۴۰	۵-۲ سیستم پرورش از نظر تولید در اندازه‌های مختلف
۱۴۰	۵-۲-۱ مراکز فروش تخم چشم‌زده و لارو
۱۴۱	۵-۲-۲ مراکز فروش بچه‌ماهی
۱۴۱	۵-۲-۳ مراکز فروش ماهیان بازاری
۱۴۱	۵-۳ سیستم پرورش از نظر ترکیب گونه‌ای
۱۴۱	۵-۳-۱ پرورش تک‌گونه‌ای
۱۴۲	۵-۳-۲ پرورش دوگونه‌ای
۱۴۲	۵-۳-۳ پرورش چندگونه‌ای
۱۴۳	۵-۳-۴ پرورش تک‌جنسی
۱۴۴	۵-۴ سیستم پرورش از نظر ذخیره‌سازی یا تراکم
۱۴۴	۵-۴-۱ سیستم گسترده
۱۴۴	۵-۴-۲ سیستم نیمه‌متراکم
۱۴۴	۵-۴-۳ سیستم متراکم
۱۴۴	۵-۴-۴ سیستم فوق‌متراکم
۱۴۵	۵-۴-۵ سیستم خیلی فوق‌متراکم
۱۴۵	۵-۵ معرفی سیستم مدار بسته
۱۴۵	۵-۵-۱ کلیات
۱۴۶	۵-۵-۲ نحوه کار سیستم مدار بسته
۱۴۶	۵-۵-۳ حوضچه‌های پرورشی

۱۴۷	۴-۵-۵ حذف ذرات جامد معلق.....
۱۴۹	۵-۵-۵ روش های حذف مواد محلول.....
۱۵۳	۶-۵-۵ حذف دی اکسید کربن.....
۱۵۳	۷-۵-۵ از بین بردن عوامل بیماری زا.....
۱۵۴	۸-۵-۵ اکسیژن دهی.....
۱۵۵	۹-۵-۵ مزایا و معایب سیستم مدار بسته.....
۱۵۵	۶-۵ سیستم پرورش در قفس.....
۱۵۶	۱-۶-۵ انواع قفس.....
۱۵۷	۲-۶-۵ قسمت های مختلف قفس.....
۱۵۹	۳-۶-۵ کیفیت آب محل استقرار قفس.....
۱۵۹	۴-۶-۵ مزایای پرورش در قفس.....
۱۶۰	۵-۶-۵ معایب استفاده از قفس.....
۱۶۱	خلاصه فصل پنجم.....
۱۶۱	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل پنجم.....
۱۶۳	فصل ششم. شرایط بهینه رشد و پرورش ماهی.....
۱۶۳	هدف کلی.....
۱۶۳	هدف های یادگیری.....
۱۶۳	مقدمه.....
۱۶۳	۱-۶ تعریف رشد.....
۱۶۴	۲-۶ عوامل درونی مؤثر بر رشد.....
۱۶۴	۱-۲-۶ سیستم هورمونی کنترل رشد.....
۱۶۶	۲-۲-۶ تغییرات فیزیولوژیکی و ساختاری دستگاه گوارش.....
۱۶۷	۳-۶ عوامل بیرونی مؤثر بر رشد.....
۱۶۷	۱-۳-۶ تغذیه.....
۱۶۸	۲-۳-۶ بلوغ جنسی و تولید مثل.....
۱۶۸	۳-۳-۶ دوره نوری و فصل.....
۱۶۸	۴-۳-۶ تراکم و تعاملات اجتماعی.....
۱۷۰	۵-۳-۶ کمیت آب.....
۱۷۱	۶-۳-۶ کیفیت آب.....
۱۸۶	خلاصه فصل ششم.....
۱۸۶	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل ششم.....
۱۸۹	فصل هفتم. طبقه بندی ماهیان پرورشی و معرفی گونه های شاخص.....
۱۸۹	هدف کلی.....
۱۸۹	هدف های یادگیری.....

مقدمه.....	۱۸۹
۱-۷ طبقه‌بندی ماهیان پرورشی.....	۱۹۰
۱-۱-۷ طبقه‌بندی از نظر درجه حرارت.....	۱۹۰
۱-۲-۷ طبقه‌بندی از نظر شوری.....	۱۹۳
۱-۳-۷ طبقه‌بندی از نظر ارزش اقتصادی.....	۱۹۴
۲-۷ معرفی گونه‌های شاخص پرورشی.....	۱۹۴
۱-۲-۷ قزل‌آلای رنگین‌کمان.....	۱۹۴
۲-۲-۷ کپور ماهیان.....	۲۰۱
۳-۲-۷ ماهی کفال.....	۲۰۶
۴-۲-۷ خامه ماهی.....	۲۰۹
۵-۲-۷ ماهی تیلاپیا.....	۲۱۱
خلاصه فصل هفتم.....	۲۱۳
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هفتم.....	۲۱۴
 فصل هشتم. کشت توأم ماهی.....	۲۱۷
هدف کلی.....	۲۱۷
هدف‌های یادگیری.....	۲۱۷
مقدمه.....	۲۱۷
۱-۸ کشت توأم ماهی با برنج.....	۲۱۷
۱-۱-۸ روش‌های پرورش ماهی.....	۲۱۸
۲-۱-۸ آماده‌سازی مزارع برنج.....	۲۱۹
۳-۱-۸ رهاسازی ماهی.....	۲۱۹
۴-۱-۸ مدیریت کشت‌ها.....	۲۲۰
۵-۱-۸ منابع غذایی ماهیان.....	۲۲۱
۲-۸ کشت توأم ماهی با اردک.....	۲۲۲
۱-۲-۸ کلیات.....	۲۲۲
۲-۲-۸ روش پرورش ماهی.....	۲۲۲
۳-۲-۸ روش پرورش اردک.....	۲۲۳
۳-۸ کشت توأم ماهی با گیاه (آکواپونیک).....	۲۲۵
۱-۳-۸ کلیات.....	۲۲۵
۲-۳-۸ گونه‌های گیاهی.....	۲۲۵
۳-۳-۸ گونه‌های ماهی.....	۲۲۶
۴-۳-۸ اجزاء سیستم آکواپونیک.....	۲۲۶
۵-۳-۸ نسبت اجزای سیستم.....	۲۲۷
۶-۳-۸ اقتصاد آکواپونیک.....	۲۲۹
خلاصه فصل هشتم.....	۲۳۰

۲۳۱	 خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۲۳۳	 پاسخنامه خودآزمایی‌های چهارگزینه‌ای
۲۳۵	 منابع

پیشگفتار مؤلفان

در طول چندین سال تحصیل و تدریس در دانشگاه‌ها در رشته مهندسی منابع طبیعی - شیلات همواره خلأ وجود یک منبع درسی مدون و یکپارچه در درس اصول تکثیر و پرورش ماهی که به صورت هماهنگ در تمام مراکز علمی کشور تدریس شود، احساس می‌گردید. این مسئله همواره برای دوران دانشجویی مؤلفان و همچنین برای دانشجویان و اساتید حال حاضر باعث سردرگمی و حتی مشکلاتی را برای دانشجویان آماده ورود به مقاطع تحصیلی بالاتر به وجود می‌آورد. لذا جهت رفع این مشکلات کتاب حاضر براساس سرفصل‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در رشته تکثیر و پرورش آبزیان به صورت اولین بار تدوین گردیده است، تا ضمن برآورد نیاز دانشجویان مقاطع تحصیلی مختلف رشته شیلات، در مراکز تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی و گرم‌آبی کشور نیز به عنوان یک دستورالعمل اجرایی مورد استفاده قرار گیرد.

در کتاب حاضر سعی شده است در چهارفصل اول به مباحث مربوط به تکثیر ماهیان پرداخته شود. در فصل اول به اندام‌های جنسی ماهیان نر و ماده و عوامل تأثیرگذار بر رسیدگی آن‌ها و در فصل دوم به زیست‌شناسی تولیدمثل اشاره شده است. نحوه تعیین جنسیت با استفاده از صفات اولیه و ثانویه جنسی و القاء رسیدگی جنسی مباحث فصل سوم کتاب حاضر است. در فصل چهارم مباحث مربوط به تکثیر مصنوعی ماهیان مورد بحث قرار گرفته است. از فصل پنجم تا هشتم به مباحث مربوط به پرورش ماهیان از جمله سیستم‌های مختلف پرورش، شرایط بهینه رشد و پرورش، طبقه‌بندی ماهیان پرورشی و سیستم‌های پرورش توأم پرداخته شده است.

نصراله احمدی فرد

مؤلف مسئول

فصل اول

اندام‌های تولیدمثلی و نحوه عملکرد آنها

هدف کلی

هدف کلی این فصل آشنایی دانشجو با اندام‌های تولیدمثلی ماهیان نر و ماده و نحوه کارکرد آنها است.

هدف‌های یادگیری

- پس از مطالعه این فصل، دانشجو قادر خواهد بود:
۱. اندام‌های تولیدمثلی جنس نر و ماده را در انواع ماهیان بشناسد.
 ۲. مراحل مختلف رشد گامت‌های نر و ماده را بیان کند.
 ۳. نقش عوامل مؤثر بر رشد گنادی جنس نر و ماده ماهیان را توضیح دهد.
 ۴. با عوامل مؤثر بر کارکرد اندام‌های تولیدمثلی ماهیان آشنا شود.
 ۵. روش‌های مناسب ارزیابی کیفیت گنادها و گامت‌های حاصل را بداند.

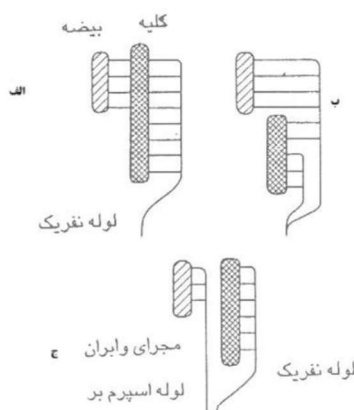
مقدمه

اندام‌های تولیدمثلی در جنس نر و ماده ماهیان با هم‌دیگر متفاوت است. در ابتدای این فصل ساختمان دستگاه تولیدمثلی جنس نر و عملکرد آنها مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. سپس در ماهیان ماده، ساختمان دستگاه تناسلی و کارکرد آنها توضیح داده می‌شود.

۱-۱ دستگاه تولیدمثلی ماهیان نر

۱-۱-۱ ساختار دستگاه تولیدمثل

دستگاه تولیدمثل در ماهیان نر شامل یک جفت بیضه است که در قسمت پایه مجرای ادراری ترشحات خود را به بیرون دفع می‌نماید (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. ساختار تولیدمثلی ماهی نر: الف) ماهیان خاویاری؛ ب) ماهیان غضروفی؛ ج) ماهیان استخوانی (اقتباس از جابلینگ، ۱۹۹۵)

بیضه دارای دو سری سلول‌های غیرجنسی و جنسی است. سلول‌های جنسی شامل اسپرماتوگونی، اسپرماتوسیت اولیه، اسپرماتوسیت ثانویه، اسپرماتید و اسپرماتوزوآ و سلول‌های غیرجنسی شامل سلول‌های بینابینی و سلول‌های سرتولی می‌باشند. سلول‌های بینابینی بین لوبول‌ها قرار گرفته و هورمون‌های استروئیدی را ترشح می‌کنند. تعداد زیادی میتوکندری، شبکه آندوپلاسمی خشن، ریبوزم‌های آزاد، قطرات چربی و کمپلکس‌های گلژی در آن‌ها دیده می‌شوند. گروه دوم سلول‌های سرتولی هستند که وظیفه آن‌ها نگهداری، حفاظت، تغذیه سلول‌های جنسی و در شرایط نامساعد فاگوسیتوز آن‌هاست. این سلول‌ها دارای هسته‌هایی با شکل نامنظم هستند و از سلول‌های بینابینی کوچک‌ترند. همچنین این سلول‌ها دارای میتوکندری و کمپلکس گلژی هستند اما فاقد شبکه آندوپلاسمی واضح می‌باشند.

ساختمان بیضه در ماهیان به صورت یک زوج اندام طویل در سقف حفره شکمی قرار دارد و اغلب درون آستری به نام *تونیکا آل‌بورژینا*^۱ پوشانده شده است. این ساختمان

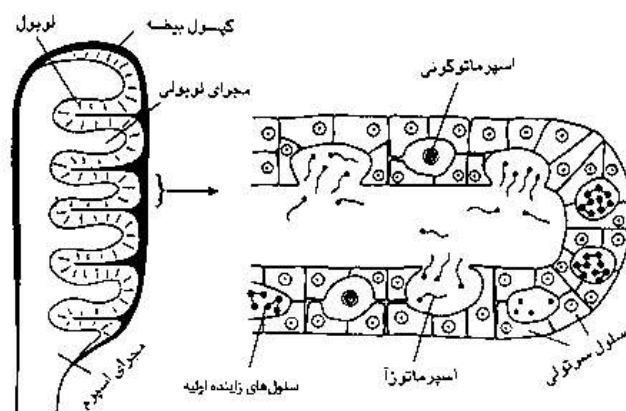
1. Tonica Albugina

۳ اندام‌های تولیدمثلی و نحوه عملکرد آنها

از گونه به گونه دیگر متفاوت بوده اما دو شکل عمده آن یعنی بیضه‌های نوع قطعه‌ای (لوبولار)^۱ و نوع لوله‌ای (توبولار)^۲ به‌طور کامل قابل تشخیص می‌باشند (هوار، ۱۹۸۸). در بیضه‌های توبولار تکامل اسپرم به‌صورت هم‌زمان و یک‌باره صورت می‌گیرد اما در بیضه‌های لوبولار این تکامل به‌صورت تدریجی انجام می‌گیرد و ممکن است در یک‌زمان مراحل مختلفی از اسپرم درون بیضه دیده شود.

در اغلب ماهیان بیضه از نوع لوبولار است که شامل لوبول‌های متمایز با دسته‌های سلولی در مراحل یکسان می‌باشد. لوبول‌ها توسط بافت پیوندی از یکدیگر جدا می‌شوند و به هنگام بلوغ، تمام سلول‌ها داخل یک حفره و در یک مرحله از رشد و نمو سلولی قرار دارند (شکل ۱-۲).

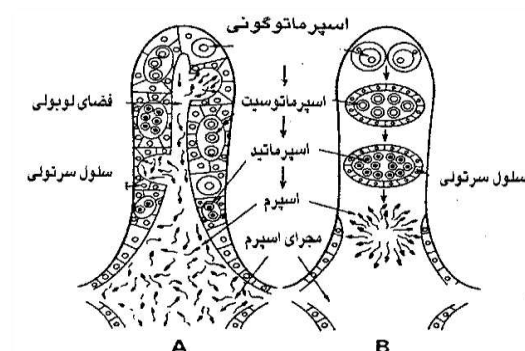
در بیضه‌های نوع توبولار اسپرماتوگونی‌ها فقط در انتهای بسته توبول‌ها دیده‌شده و توبول‌ها تا فضای مرکزی ادامه یافته‌اند. حرکت اسپرماتوگونی‌ها به سمت فضای مرکزی تا مراحل تکوین آنها و تولید اسپرم ادامه می‌یابد (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۲. ساختار عمومی بیضه لوبولار که در اکثر ماهیان استخوانی دیده می‌شود. (اقتباس از جابلینگ، ۱۹۹۵).

مجرای گناد حاوی تعداد زیادی سلول است که دارای فعالیت آکالین فسفاتاز بالا و مقادیر زیادی میکروویلی^۳ می‌باشند که در حمل و نقل مایع سمینال نقش دارند. این مجرا از سلول‌های سوماتیک موجود در دیواره حفره شکمی ماهی شکل می‌گیرد.

-
1. Lobular Type
 2. Tubular Type
 3. Microvilli



شکل ۳-۱. دو نوع ساختمان بیضه در ماهیان استخوانی: A: نوع لوبولار B: نوع توبولی (اقتباس از هوار، ۱۹۸۸)

خانواده آزادماهیان، سوفماهیان، کپورماهیان و شیشه‌ماهیان دارای بیضه‌هایی از نوع توبولی هستند.

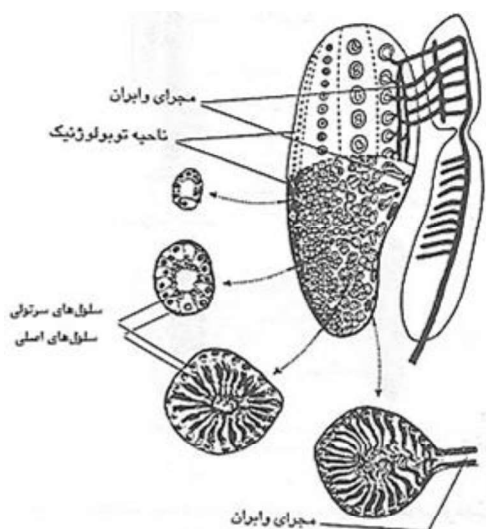
در داخل بیضه، عروق خونی و عروق لنفاوی به همراه فیبروبلاست‌ها و سلول‌های بینابینی دیده می‌شوند. در برخی از ماهیان استخوانی در انتهای مجرای انتقال‌دهنده اسپرم در هر گناد، بخشی غده‌ای به نام کیسه‌منی^۱ به وجود می‌آید که این غده مایع زرد و روشن و شفاف تولید می‌کند. از آنجایی‌که این غده بخشی از مجاری ولفین^۲ نبوده و قابلیت نگه‌داری اسپرم را ندارد، لذا نمی‌تواند مشابه این غده در سایر مهره‌داران باشد. نقش این غده، ترشح مایع جهت انتقال اسپرم در مجرای اصلی است. درعین حال در برخی از گونه‌های ماهیان بخش‌هایی از بافت بیضه به صورت خون‌ساز عمل می‌کند. بافت اصلی خون‌ساز^۳ در ماهیان در بخش قدامی و مرکزی کلیه‌ها قرار دارد.

در الاسموبرانش‌ها (ماهیان غضروفی)، اسپرم آزادشده از آمپول، به کانال وایران رفته و از یکسری لوله‌های مارپیچی که از قسمت غیرادراری مزونفروس مشتق شده‌اند عبور می‌کند. اسپرم، ترشح غدد لایدیگ را دریافت کرده و سپس از قسمت بازشده مجرای آوران که آمپول نامیده می‌شود، می‌گذرد. همان‌طور که اسپرم در طول سیستم پیچیده سبته‌ها حرکت می‌کند متحرک‌شده و ترشحات اضافی همانند هیالین^۴ را دریافت می‌کند (شکل ۴-۱). اسپرماتوزوآ در ماهیان استخوانی زنده‌زا، به‌طور منظم تشکیل

1. Seminal Vesicle
2. Wolffian Duct
3. Hemopoietic
4. Hyalin

اندام‌های تولیدمثلی و نحوه عملکرد آنها ۵

می‌شود. در این گروه از ماهیان تجمع اسپرم در لوله‌های مایع اسپرم‌بر (سمن‌بر) بوده و ترتیب قرار گرفتن آن‌ها به شکلی است که قسمت دم به طرف مرکز و سر به طرف خارج قرار داشته و تشکیل توپ‌های اسپرمی را می‌دهند. همین‌طور که این توپ‌ها از مجاری وایران عبور می‌کنند ترشحات ژلاتینی دریافت نموده و با آن‌ها ترکیب می‌شوند. از این‌رو تا زمان انتقال به جنس ماده دست‌نخورده باقی می‌مانند.



شکل ۱-۴. ساختمان بیضه ماهیان غضروفی (اقتباس از حسین‌زاده صحافی، ۱۳۸۰)

در بعضی از ماهیان استخوانی، ساختمان‌های بزرگ که اغلب سمینال وزیکول نامیده می‌شوند از رشد و نمو مجاری اسپرمی به‌وجود می‌آیند. این سمینال وزیکول‌ها اسپرم را ذخیره نمی‌کنند و قابل‌مقایسه با سمینال وزیکول مهره‌داران عالی‌تر نبوده و ترشحاتی را که در انتقال اسپرم یا دیگر فعالیت‌های تولیدمثلی نقش دارند، ایجاد می‌کنند. هورمون‌های تولیدمثلی مترشحه از بیضه عامل کنترل فعالیت ترشحي مجاری و بروز صفات ثانویه جنسی در ماهیان است.

۱-۱-۲ مراحل توسعه گناد (گاموژنز) در ماهیان نر

گامت‌های (سلول‌های جنسی) نر به‌طور عمده متحرک و کوچک هستند و از دستگاه تولیدمثلی جنس نر خارج می‌شوند. سلول‌های تولیدمثلی همانند سلول‌های سوماتیکی

(رشدی) دارای تعداد کروموزوم‌های ثابت می‌باشد اما تعداد کروموزوم‌ها در سلول‌های تولیدمثلی (گامت‌ها) نصف کروموزوم‌های سلول‌های سوماتیک است. به‌طور معمول تعداد این کروموزوم‌ها در سلول‌های مختلف بدنی، $2n$ و تعداد آن در گامت‌های جنسی n می‌باشد. این در حالی است که تعداد به $3n$ و $4n$ نیز افزایش می‌یابد. سلول‌های تولیدمثلی به‌طور معمول تحت تأثیر محیط قرار نمی‌گیرد و با ترکیب گامت‌های نر و ماده، سلول تخم یا زیگوت حاصل می‌شود که نتیجه این ادغام ایجاد سلول‌های $2n$ کروموزومی می‌باشد. کروموزوم‌های جنسی در تعیین جنسیت ماهی دخالت داشته اما اتوزوم دربرگیرنده کلیه خصوصیات و صفات گونه می‌باشد. در ماهیان نر، ۳ مرحله توسعه گنادی دیده می‌شود (شکل ۱-۵) که عبارت‌اند از:

- **اسپرماتوژنز.** پروسه رشد اسپرم را اسپرماتوژنز می‌نامند. مرحله اسپرماتوژنز طی چندین زیر مرحله کامل می‌شود:

۱. **مرحله تزاید^۱.** در این مرحله تعداد اسپرماتوگونی‌ها توسط میتوز افزایش می‌یابد. سلول اسپرماتوگونی در ابتدا بیضوی و دارای هسته کروی بزرگ می‌باشد اما در ادامه تکثیر کوچک و گرد می‌شود. سلول‌های اسپرماتوگونی ماهی در قسمت قاعده کیسه‌ها قرار گرفته و از غشای پایه توسط نواری از سیتوپلاسم سلول‌های سرتولی جدا شده‌اند.

۲. **مرحله رشد^۲.** شاخص این مرحله افزایش تعداد اسپرماتوسیت‌های اولیه می‌باشد. اسپرماتوسیت اولیه از تمایز اسپرماتوگونی حاصل می‌شود. سیتوپلاسم اسپرماتوسیت اولیه متراکمتر از اسپرماتوگونی است.

۳. **مرحله بلوغ^۳.** در این مرحله اسپرماتوسیت اولیه تقسیم میوز انجام داده و اسپرماتوسیت ثانویه تشکیل می‌شود که سلول‌های گرد با یک سیتوپلاسم نازک و هسته تیره است. دومین تقسیم میوزی باعث تبدیل اسپرماتوسیت ثانویه به سلول‌های کوچک‌تری بنام اسپرماتید می‌شود.

اندازه اسپرماتید و اسپرماتوسیت ثانویه شباهت زیادی به هم دارند. آن‌ها به شکل ساختمان نقطه مانند به نظر می‌رسند. هسته اسپرماتیدها کم‌ویش گرد بوده و هستک‌ها دیده نمی‌شود. نسبت سیتوپلاسم به هسته به شدت کاهش می‌یابد. در مراحل بعدی

1. Multiplication Stage
2. Growth Phase
3. Maturation Phase

اندام‌های تولیدمثلی و نحوه عملکرد آنها ۷

رشد اسپرماتیدها، هسته‌ها در کنار سلول دیده می‌شود. غشاء هسته در تماس با غشاء سیتوپلاسم قرار می‌گیرد که پس از تکامل در قسمت جلویی اسپرم مشاهده می‌شود.

- **اسپرمیوژن^۱**: اسپرماتیدهایی که در مرحله قبل تشکیل شده‌اند به تدریج تغییر شکل داده و به نوعی دستخوش دگرذیسی می‌شوند. بدین ترتیب که مقادیر زیادی از محتوای سیتوپلاسمی خود را از دست داده و هسته در قسمت قدامی سلول (سرسلول) متمرکز گشته و دستگاه گلژی در ناحیه قدامی آن قرار می‌گیرد. قسمتی از سیتوپلاسم به استتاله طویلی به نام دم تبدیل می‌شود. هسته باریک و کشیده می‌شود. آکروزوم تشکیل می‌گردد (در بعضی از گونه‌ها) و میتوکندری جهت تأمین انرژی لازم، جهت حرکت دم در قطعه میانی ایجاد می‌گردد. در نهایت اسپرماتید به اسپرماتوزوآ تبدیل می‌شود، ولی هنوز قابلیت باروری تخمک را ندارد (تغییر شکل اسپرماتیدهای هاپلوئیدی به اسپرماتوزوآ تاژک‌دار).

- **اسپرمیشن^۲**: اسپرماتوزوآهایی که تکامل یافته‌اند در لوله‌های آوران تجمع پیدا می‌کنند و برحسب نوع ساختار بیضه به تدریج آزاد می‌شوند. این مرحله به آخرین مرحله رسیدگی معروف است و مایع اسپرمی یا پلاسمای اسپرمی (مایع منی) نیز در این مرحله تشکیل می‌گردد. به‌طور معمول تزریق هورمونی نیز در این مرحله صورت می‌گیرد. ماهیان مهاجر برای تکمیل این مرحله، اقدام به مهاجرت می‌کنند (شکل ۱-۵).

۱-۳ نقش هورمون‌ها در گامتوزن ماهیان نر

در ماهیان نر نیز همانند ماهیان ماده، محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-غدد جنسی فعال می‌شود و با تحریک عامل ترشح‌شده از هیپوتالاموس (GnRH)، گنادوتروپین توسط غده هیپوفیز تولید می‌شود. هورمون‌های گنادوتروپین، بیضه را به سمت تولید سلول‌های جنسی سوق می‌دهند. در دوره اسپرماتوزن (که در انتهای این مرحله با اتمام تقسیم میوز II اسپرماتید تولید می‌شود)، سطح هورمون تستوسترون (T) و ۱۱-کتوتستوسترون (۱۱-KT) در پلاسمای بالا رفته و سطح این هورمون‌ها با آغاز مرحله بعد (اسپرمیشن) کاهش می‌یابد. در مرحله اسپرمیشن سطح هورمون دی‌هیدروکسی پروژسترون در پلاسمای بالاست (در دوره

1. Spermiogenesis

2. Spermiation