

تغییرات بافت‌شناسی گنادهای صافی ماهی لکه سفید (*Siganus sutor*) تحت تأثیر تغییرات طول روز

- **مهرداد شیرین‌آبادی***: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **عباس متین‌فر**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، صندوق پستی: ۶۱۱۶-۱۴۱۵۵
- **ابوالقاسم کمالی**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **همایون حسین‌زاده صحافی**: موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، صندوق پستی: ۶۱۱۶-۱۴۱۵۵

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۲

چکیده

در تحقیق حاضر، اثرات تغییر در مدت زمان تابش روزانه نور بر سطح رسیدگی جنسی صافی ماهی لکه سفید، *Siganus sutor* مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور تعداد ۱۰۰ عدد ماهی بالغ (طول کل: $30.6/4 \pm 2/12$ میلی‌متر؛ وزن بدن: $40.1/5 \pm 8/45$ گرم) از سواحل صخره‌ای جزیره لاوان صید شد. ماهیان با تراکم ۵ عدد و سه تکرار به صورت تصادفی درون تانک‌های ۳۰۰ لیتری جای گرفتند و به مدت ۶۰ روز در فصل پیش از تخم‌ریزی تحت تأثیر سه دوره نوری ۸، ۱۲ و ۱۶ ساعت با شدت نور ثابت ۲۰۰۰ لوکس پرورش یافتند. پس از اتمام دوره نوردی، میانگین شاخص گنادی-بدنی برای سه تیمار مذکور در جنس ماده به ترتیب $2/0.3 \pm 0/34$ ، $5/83 \pm 0/80$ و $10/39 \pm 0/80$ درصد و در جنس نر به ترتیب $8/15 \pm 0/43$ ، $13/91 \pm 1/52$ و $14/56 \pm 0/41$ درصد محاسبه شد که اختلاف حاصل میان طول روز ۸ و ۱۶ ساعت در هر دو جنس معنی‌دار بود ($P < 0/05$). از نظر بافت‌شناسی، تخمدان ماهیان ماده متناسب با افزایش طول روز به ترتیب در مراحل ۳، ۴ و ۵ رسیدگی جنسی قرار داشتند اما بیضه‌های ماهیان نر در تمام تیمارها به مرحله ۵ رسیده بودند. در نظر قرار دادن مجموع این نتایج ثابت می‌کند که در هر دو جنس صافی ماهی لکه سفید، روند بلوغ تحت تأثیر طول روز بوده و در شدت نور ۲۰۰۰ لوکس با تغییرات افزایشی آن رابطه مستقیم برقرار می‌کند؛ به طوری که بالاترین سطح رسیدگی جنسی در ماهیانی مشاهده می‌شود که تحت طولانی‌ترین مدت زمان تابش روزانه نور (۱۶ ساعت) قرار گرفته بودند.

کلمات کلیدی: بافت‌شناسی، بیضه، تخمدان، صافی ماهی لکه سفید، *Siganus sutor*، طول روز



مقدمه

پراکنش امروزه ثابت شده که آبی‌پروری سریع‌ترین بخش رو به تعالی در صنعت تولید غذا در جهان می‌باشد. در این بین یکی از جدی‌ترین موانع در مسیر توسعه پایدار آبی‌پروری به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه کنترل روند تولیدمثل ماهیان در شرایط اسارت است (Pham و همکاران، ۲۰۱۰؛ Bromage و همکاران، ۱۹۹۲) که در صورت تحقق، ماحصل آن افزایش تولید به‌واسطه پیش‌رسی جنسی و یا تعویق زمان بلوغ در خلال چرخه سالانه تولیدمثل می‌باشد. با این حال در بسیاری از گونه‌ها، زمانی که ماهیان تحت شرایط مطلوب محیطی پرورش نمی‌یابند عملکردهای نامناسب تولیدمثلی را از خود بروز می‌دهند که معمول‌ترین آن از دست دادن بلوغ اووسیت‌ها، اوولاسیون و در نهایت عدم تخم‌ریزی در جنس ماده است (Zohar و Mylonas، ۲۰۰۱). بنابراین شناخت زیست‌شناسی ماهیان و همچنین دست‌کاری عوامل متنوع زیست‌محیطی زمینه مطمئنی را جهت حصول آبی‌پروری پایدار فراهم می‌کند (Pham و همکاران، ۲۰۱۰).

در میان فاکتورهای محیطی، تغییرات شبانه‌روزی و فصلی طول روز یا همان فتوپریود به‌عنوان مهم‌ترین عامل خارجی مؤثر بر زمان‌بندی گامتوزن و بلوغ ماهیان محسوب می‌گردد (Bromage و همکاران، ۱۹۹۴). اگرچه مکانیسم‌های دخیل در این فرایند هنوز به‌خوبی محرز نشده‌اند اما نقش سیستم عصبی درون‌ریز به‌وضوح آشکار شده است (Miranda و همکاران، ۲۰۰۹). بر اساس مطالعات انجام شده در عرض‌های میانی و بالایی جغرافیایی، نوسانات طول روز به‌عنوان یک متغیر اولیه و منظم برای شروع و تکمیل بلوغ محسوب می‌گردد که زمان‌بندی فصلی مناسب جهت تولیدمثل را مطابق با شرایط مطلوب برای رشد و نمو لاروها به ارمغان می‌آورد (Porter و Pankhurst، ۲۰۰۳؛ Maitra و همکاران، ۲۰۰۶؛ Taranger و همکاران، ۲۰۱۰). بر همین اساس تاکنون گزارشات متعددی در این زمینه با موضوعات گوناگون اعم از القاء و یا تعویق روند بلوغ برای گونه‌های ساکن در این مناطق منتشر شده است؛ ماهی آزاد اقیانوس اطلس، *Salmo salar* (Taranger، ۱۹۹۳)؛ قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss* (Bon و همکاران، ۱۹۹۹)؛ قزل‌آلای قهوه‌ای، *S. trutta* (Bromage و همکاران، ۱۹۹۰)؛ آزاد ماهیان اقیانوس آرام، *Oncorhynchus* spp. (Murray و Beacham، ۱۹۹۳)؛ فلاندر تابستانی،

Paralichthys dentatus (Watanabe و همکاران، ۱۹۹۸)؛ هالیبوت اقیانوس اطلس، *Hippoglossus hippoglossus* (Smith و همکاران، ۱۹۹۱؛ Bjornsson و همکاران، ۱۹۹۸) و باس دریایی اروپایی، *Dicentrarchus labrax* (Mananos و همکاران، ۱۹۹۷) از جمله مهم‌ترین گونه‌های مذکور به‌لحاظ تجاری می‌باشند. در مناطق حاره و نیمه‌حاره نیز با وجود اعتقاد عمومی مبنی بر نقش عواملی نظیر درجه حرارت و بارندگی‌ها، به‌نظر می‌رسد که بلوغ و حتی تخم‌ریزی در این سیستم‌ها نیز به نوسانات طول روز وابسته باشد (Bromage و همکاران، ۲۰۰۱؛ Porter و Pankhurst، ۲۰۰۳؛ Takemura و Bapary، ۲۰۱۰). اما شواهد موجود در این‌باره به گونه‌هایی چند نظیر تیلاپای نیل، *Oreochromis niloticus* (Ridha و Cruz، ۲۰۰۰) و کیور هندی، *Catla catla* (Dey و همکاران، ۲۰۰۵) محدود می‌شود.

از جمله ماهیان دریایی ساکن در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، صافی ماهیان (Pisces: Siganidae) می‌باشند که به‌عنوان گونه‌های تپیک مناطق صخره‌ای، مرجانی و پوشش‌های جلبکی، به‌صورت گسترده‌ای در سرتاسر بخش‌های حاره و نیمه حاره اقیانوس هند و غرب اقیانوس آرام (Indo-Pacific)، دریای سرخ و دریای مدیترانه پراکنش دارند (Saoud و همکاران، ۲۰۰۸). از این خانواده، ۴ گونه در منطقه خلیج فارس و دریای عمان زندگی می‌کنند و دو گونه به نام‌های *Siganus javus* و *Siganus sutor* در آب‌های ساحلی ایران شناسایی شده‌اند (فروغی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۱). گونه اخیر که با نام‌های بسیاری از جمله صافی ماهی قهوه‌ای (در جنوب ایران) و صافی ماهی لکه سفید شناخته شده، گونه‌ای گرمسیری می‌باشد و در محدوده عرض‌های ۳۰ درجه شمالی تا ۴۵ درجه جنوبی پراکنش دارد (Woodland، ۱۹۹۰).

شواهد به‌دست آمده ناشی از مطالعات متعدد در خصوص رشد و تولیدمثل و درک ویژگی‌های مطلوب صافی ماهیان نظیر امکان تخم‌ریزی در اسارت، رشد سریع، تحمل محدوده وسیع نوسانات شوری و کمبود اکسیژن، تحمل درجه حرارت‌های بالا (بیش از ۳۴ درجه سانتی‌گراد)، استفاده از سطوح پایین زنجیره غذایی و پایداری در برابر افزایش تراکم سبب گردیده تا صافی ماهیان به‌عنوان گزینه‌ای مناسب جهت آبی‌پروری در مناطق گوناگون معرفی گردند (فروغی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۱؛ Kamukuru، ۲۰۰۹). در بحث تکثیر ثابت شده که تغییرات دوره‌های ماه و پدیده‌های وابسته به آن شامل جزر و مد، شدت



آغاز و به مدت ۶۰ روز در فصل پیش از تخم‌ریزی (زمستان) تداوم داشت. لازم به ذکر است که در این مدت ماهیان در معرض شرایط نوری خارج قرار نگرفته و شدت تابش نور نیز در تمام تیمارها با استفاده از لوکس متر دیجیتال در حد ۲۰۰۰ لوکس ثابت نگه داشته شد. در طول دوره آزمایش، علاوه بر تداوم برنامه غذایی و تعویض آب مطابق گذشته، نوسانات pH، شوری، دما و اکسیژن محلول در آب نیز ثبت گردید.

در پایان دوره نوردی، ماهیان هر تانک با استفاده از پودر میخک (۰/۱-۰/۱۵ گرم در لیتر) بی‌هوش شدند (فروغی‌فرد، ۱۳۸۳). سپس هر ماهی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت دهم گرم توزین گردید (TW). در ادامه، به واسطه شکافتن خط میانی ناحیه شکم، گنادها از حفره صفاق بیرون آورده شدند تا ضمن تعیین جنسیت، وزن آن‌ها با دقت صدم گرم سنجیده شود (GW). با استفاده از اطلاعات مذکور، شاخص گنادی-بدنی ($GSI = GW/TW \times 100$) برای هر ماهی محاسبه شد. در گام بعد مشخصات ظاهری گنادها ثبت گردید و از ناحیه میانی تخمدان ماهیان ماده نمونه‌برداری نیز به عمل آمد. نمونه‌ها پس از فیکس شدن در فرمالین ۱۰ درصد، مراحل مختلف جهت تهیه مقاطع بافت‌شناسی را مطابق دستورالعمل ارائه شده توسط پوستی و ادیب‌مرادی (۱۳۸۵) طی کردند. بدین ترتیب که مراحل پاساژ بافت به روش پارافین شامل آب‌گیری در سری الک‌های صعودی، شفاف‌سازی با زایلن و آغشته نمودن با پارافین مذاب صورت پذیرفت. پس از قالب‌گیری با پارافین و سخت شدن آن‌ها، برش بافت‌ها با ضخامت ۶ میکرون با کمک میکروتوم دوار انجام شد. برش‌ها پس از استقرار بر روی لام به روش هماتوکسیلین-هاریس-ائوزین به صورت خودکار رنگ‌آمیزی و پس از چسباندن لام‌ها مهیای بررسی میکروسکوپی گردیدند (پوستی و ادیب‌مرادی، ۱۳۸۵). در پایان، با بهره‌گیری از مشاهدات ماکروسکوپی و میکروسکوپی، مراحل مختلف رسیدگی جنسی ماهیان بر مبنای کلید ارائه شده در خصوص این گونه، تعیین گردید (Jaccarini و Ntiba، ۱۹۹۰).

مقایسه میانگین نتایج به دست آمده میان رژیم‌های نوری مختلف با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPSS و روش آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) صورت پذیرفت. ضمن آن‌که جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها با هدف تشخیص معنی‌دار بودن اختلافات مشاهده شده میان تیمارهای گوناگون نیز آزمون دانکن (Duncan Test) به عنوان تست مکمل آنالیز واریانس به کار برده شد. لازم به ذکر است که به منظور ارزیابی توزیع نرمال داده‌ها در تمام میانگین‌های

نور ماه، زمان بالا آمدن ماه نسبت به خورشید و الگوی حرکت ماه در طول آسمان شب، مهم‌ترین عوامل محیطی می‌باشند که زمان تخم‌ریزی صافی ماهیان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به طوری که آغاز بلوغ گنادی و رهاسازی گامت‌های بالغ با چرخه ماه هماهنگ می‌گردد (Takemura و همکاران، ۲۰۰۴؛ Park و همکاران، ۲۰۰۶). بدین ترتیب نقش نور خورشید در پیش‌برد روند بلوغ و یا تعویق آن در گونه‌های مختلف صافی ماهیان در حاله‌ای از ابهام قرار داشته و در گزارشات اندکی به بیان اهمیت آن پرداخته شده است. بر همین اساس در تحقیق حاضر تغییرات افزایشی طول روز بر سطح رسیدگی جنسی ماهیان نر و ماده صافی ماهی لکه سفید (*S. sutor*) از دیدگاه بافت‌شناسی بیضه و تخمدان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

بر پایه اطلاعات کسب شده، سواحل صخره‌ای جزیره لاوان واقع در خلیج فارس (موقعیت جغرافیایی "۳۵° ۴۸' ۲۶" شمالی و "۸° ۱۶' ۵۳" شرقی) به عنوان محل مناسب تجمع صافی ماهی لکه سفید انتخاب گردید. در فصل پاییز، ۱۰۰ عدد ماهی بالغ (طول کل: $2/12 \pm 3/4$ میلی‌متر؛ وزن بدن: $4/5 \pm 8/15$ گرم) با استفاده از تور گوشگیر تک رشته نایلونی زنده‌گیری شد و سپس با هوادهی مناسب درون مخازن فایبرگلاس، ابتدا به مرکز تحقیقات نرم‌تنان خلیج فارس و دریای عمان (بندر لنگه) و پس از گذشت ۲۴ ساعت به بخش تکثیر و پرورش پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان در بندرعباس منتقل شدند. در این مرکز ماهیان تا زمان شروع مطالعات درون دو تانک فایبرگلاس (ظرفیت ۵ هزار لیتر) با هوادهی مناسب و تعویض آب روزانه ۸۰ درصد با آب دریای فیلتر شده، نگهداری شدند. ضمن آنکه غذادهی ماهیان، دو بار در روز با استفاده از خوراک پلت میگو (EX SF) ساخت کارخانه خوراک بیضه فارس تا حد سیری صورت گرفت.

برای ایجاد شرایط نوری مصنوعی، اطاقک‌هایی با استفاده از نایلون تیره رنگ طراحی گردید. هر اطاقک دارای یک تانک فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری مجهز به سنگ هوا بود و توسط یک لامپ که مدت زمان روشنایی آن تحت کنترل یک زمان‌سنج ۲۴ ساعته قرار داشت، روشن می‌شد. یک روز پیش از آغاز آزمایشات، ماهیان با تراکم ۵ عدد به تانک‌های ۳۰۰ لیتری منتقل شدند و از روز بعد، نوردی تحت سه فتوپریود ($16D:8L$ ، $12D:12L$ و $16L:8D$) (L: D = تاریکی: روشنایی)



درصد رسیده بود و از نظر گنادی نیز، ماهیان در مرحله ۳ رسیدگی جنسی قرار داشتند. در این مرحله، وضعیت ظاهری تخمدان از نبود شبکه خون‌رسانی سطحی تا شکل‌گیری تدریجی رگ‌ها در سطح آن حکایت داشت (شکل ۱). ترکیب میکروسکوپی تخمدان نیز شامل اووسیت‌های پیش‌هستک، آلونول‌های قشری و مراحل ابتدایی تجمع زرده بود که با نظمی آشکار در ساختار لاملایی تخمدان استقرار یافته بودند (شکل ۲، راست). غالب اووسیت‌ها را به لحاظ فراوانی و اندازه، مراحل ابتدایی و پیشرفته آلونول‌های قشری تشکیل داده بودند؛ به طوری که در حالت اخیر، سیتوپلاسم سلول به دو لایه روشن داخلی و پر رنگ خارجی تقسیم شده بود. پس از آن‌ها، اووسیت‌های پیش‌هستک با نسبت هسته به سیتوپلاسم بیشتر، فقدان حبابچه‌های چربی در اطراف هسته و ظهور هستک‌ها در حاشیه هسته وجود داشتند (شکل ۲، چپ).

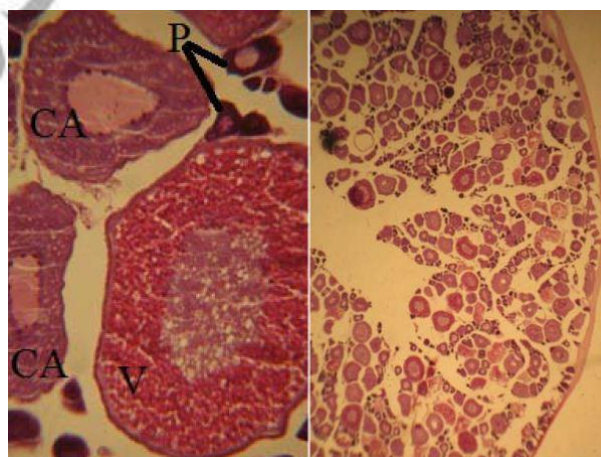
محاسبه شده از شاخص خطای استاندارد میانگین (SEM) با دامنه تغییرات ± 1 استفاده شده است.

نتایج

با توجه به ویژگی‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی ارائه شده توسط Jaccarini و Ntiba (۱۹۹۰)، ارزیابی ریخت‌شناسی تخمدان و مشاهدات بصری مقاطع بافت‌شناسی تهیه شده از ماهیان پرورش یافته تحت رژیم‌های نوری مختلف، ۳ سطح متفاوت از رسیدگی جنسی را عیان ساخت. بدین ترتیب که میزان رسیدگی در تمام ماهیان ماده یکی از مراحل ۳ (رشد و نمو اولیه)، ۴ (رشد و نمو نهایی) و یا ۵ (رسیده و در برخی موارد روان) را نشان داد. کم‌ترین نشانه‌های بلوغ در ماهیان متعلق به تیمار ۸L:۱۶D مشاهده گردید. در این گروه، میانگین شاخص GSI در پایین‌ترین میزان خود به معادل $2/03 \pm 0/34$



شکل ۱: عدم شکل‌گیری شبکه خونی در سطح تخمدان ماهیان حائز مرحله ۳ رسیدگی جنسی



شکل ۲: نحوه آرایش اووسیت‌ها در ساختار تیغه‌ای تخمدان (سمت راست، بزرگ‌نمایی $\times 40$)؛ تلفیقی از اووسیت‌های پیش‌هستک (P)، آلونول‌های قشری (CA) و زرده‌ای (V) در تخمدان مرحله ۳ (سمت چپ، بزرگ‌نمایی $\times 40$).

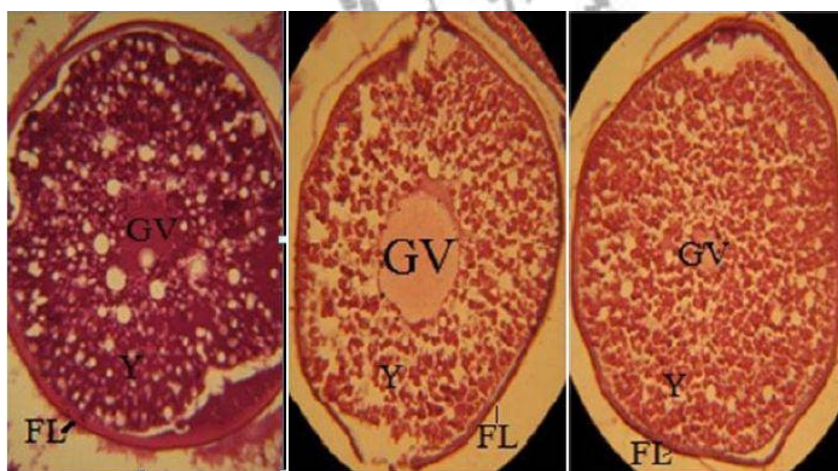


بافت‌شناسی نیز ساختار لاملائی تخمدان در حال فروپاشی بود و غالب اووسیت‌ها در یکی از مراحل سه‌گانه جذب زرده قرار داشتند (شکل ۴) و مابقی، شامل جمعیت‌های پراکنده‌ای از اووسیت‌های مراحل آلونول‌های قشری و پیش‌هستک بودند.

با افزایش طول روز به ۱۲ ساعت (۱۲D:۱۲L)، میانگین شاخص گنادی-بدنی با رشدی محسوس به رقم $5/83 \pm 0$ درصد رسید که البته اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر نداشت ($P > 0/05$). تخمدان‌های ماهیان متعلق به این تیمار ویژگی‌های مرحله ۴ رسیدگی جنسی را از خود بروز دادند. به لحاظ ظاهری، شبکه گسترده و پیچیده‌ای از رگ‌های خونی سطح خارجی دیواره تخمدان را فرا گرفته بود (شکل ۳). از منظر



شکل ۳: تشکیل شبکه متراکمی از رگ‌های خونی بر روی تخمدان در مرحله ۴ رسیدگی جنسی

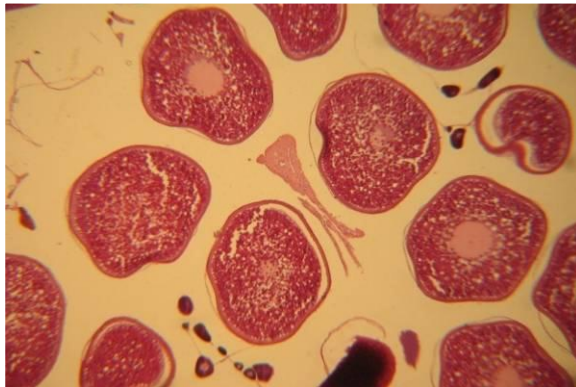


شکل ۴: اووسیت‌های زرده‌ای مراحل I (چپ)، II (وسط) و III (راست) جمعیت غالب سلول‌ها را در مرحله ۴ رسیدگی جنسی تشکیل می‌دهند. GV: هسته؛ Y: زرده؛ FL: لایه فولیکولی. بزرگ‌نمایی: X۴۰۰.

شدن اندام در ظاهر نمود یافت (شکل ۵). به لحاظ بافت‌شناسی نیز آثاری از ساختار تیغه‌ای تخمدان وجود نداشت و اووسیت‌ها که به واسطه جذب زرده به شکل قابل توجهی قطور شده بودند، بدون سازماندهی مشخص در کنار یکدیگر استقرار داشتند. جمعیت اصلی سلول‌ها را در این سطح، اووسیت‌های زرده مرحله سوم به‌خود اختصاص داده بودند و اووسیت‌های پیش‌هستک بصورت پراکنده در میان آنها مشاهده گردیدند (شکل ۶).

در قیاس با دو گروه اخیر، بالاترین نرخ رشد شاخص GSI برای ماهیانی به‌دست آمد که روزانه به‌مدت ۱۶ ساعت تحت تأثیر تابش نور قرار گرفته بودند ($10/39 \pm 0/80$ درصد)؛ به‌طوری‌که سبب بروز اختلاف معنی‌دار با نتایج حاصل از ماهیان پرورش یافته تحت طول روز حداقل گردید ($P < 0/05$). مشخصات ماکروسکوپی و میکروسکوپی تخمدان ماهیان این تیمار از رسیدن به مرحله ۵ رسیدگی جنسی حکایت داشتند. این امر در قالب حذف شبکه خون‌رسانی سطحی و عریض‌تر





شکل ۶: اووسیت‌های زرده‌ای مرحله سوم جمعیت اصلی اووسیت‌ها در تخمدان‌های مرحله پنجم؛ بزرگ‌نمایی $\times 100$

به ترتیب 0.43 ± 0.15 ، 1.52 ± 0.91 و 0.41 ± 0.56 درصد محاسبه شد. آزمون دانکن، تفاوت‌های موجود را میان فتوپریود حداقل و حداکثر معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$).



شکل ۵: حذف شبکه خون‌رسانی سطحی و عریض شدن تخمدان در مرحله ۵ رسیدگی جنسی

برخلاف تنوع مشاهدات در جنس ماده، ماهیان نر نگهداری شده در هر سه رژیم نوری در مرحله ۵ رسیدگی جنسی قرار داشتند. خروج مایع منی از مخرج تناسلی در زمان صید و نیز عدم مشاهده عروق خونی در سطح بیضه ماهیان پس از کالبدگشایی، دلالت این ادعا بر مبنای کلید ارائه شده می‌باشند (شکل ۷). اما آن‌چه عامل اختلاف میان سه فتوپریود ۸، ۱۲ و ۱۶ ساعت گردید، مقادیر میانگین شاخص گنادی-بدنی بود که



شکل ۷: ظاهر ماکروسکوپی بیضه و خروج منی به واسطه فشار به ناحیه منفذ تناسلی در مرحله پنجم رسیدگی جنسی صافی ماهی لکه‌سفید

اکسیژن محلول در آب (DO) به دلیل هوادهی مطلوب هرگز از 0.5 میلی‌گرم در لیتر کاهش نیافت و با دامنه تغییرات 0.14 میلی‌گرم در لیتر در بین تانک‌های مختلف به‌طور میانگین در حد 0.26 ± 0.04 میلی‌گرم در لیتر سنجیده شد. بر خلاف عوامل مذکور، سطح شوری آب در میان تانک‌های مورد آزمایش در هر بار نمونه‌برداری ثابت بود اما در طول دوره فعالیت با نوسانی در حدود 2 گرم در لیتر، در بازه $37-39$ گرم در لیتر تغییر داشته است. این بررسی‌ها میانگین شوری آب را طی دوره



لازم به ذکر است که با وجود نوسانات فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در طول دوره نوردهی، اختلاف معنی‌داری میان تیمارهای گوناگون مشاهده نشد ($P > 0.05$). بر مبنای سنجش‌های متوالی، میانگین دمای آب طی این مدت، 0.16 ± 0.07 درجه سانتی‌گراد بوده و نوسانی را در محدوده $0.50-0.70$ درجه سانتی‌گراد داشته است. میانگین pH آب پیش از تعویض 0.17 ± 0.34 بود که پس از تعویض آب با افزایشی حدود 0.05 واحدی به‌طور میانگین به 0.20 ± 0.83 رسیده است. سطح

نمونه برداری $37/8 \pm 0/37$ گرم در لیتر نشان می‌دهند.

بحث

علی‌رغم گزارشات متعددی که بلوغ نهایی و زمان تخم‌ریزی صافی ماهیان را تحت کنترل چرخه ماه و پدیده‌های ناشی از آن می‌دانند، در معدودی از مطالعات نیز کم و بیش به نقش مؤلفه‌های نور و به‌خصوص طول روز بر سرعت رشد و نمو گنادها پرداخته شده است. به‌طور مثال Lam و Soh در سال ۱۹۷۵ گزارش کردند که استفاده از دوره نوری طولانی‌تر از حالت طبیعی (۱۲D:۱۲L) بلوغ گنادی را در *Siganus canaliculatus* به تعویق می‌اندازد. Lavina (۱۹۷۵) مشاهده کرد که طول دوره نوری نسبت به بارش و بادهای غالب، رابطه مثبتی با تغییرات فصلی نمو گنادها در صافی ماهیان دارد. علاوه بر این، گزارش شده که بلوغ گنادی در *Siganus rivulatus* با افزایش دما و دوره نوری طولانی تسریع می‌گردد (Duray, ۱۹۹۸). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز مؤید مطالعات صورت گرفته در گذشته بوده و نقش نور را بر روند رشد و نمو گنادی صافی ماهی لکه سفید (*S. sutor*) به‌وضوح آشکار می‌سازد. در این تحقیق، ماهیان در ۶۰ روز منتهی به بهار در معرض سه دوره نوری ۸، ۱۲ و ۱۶ ساعت قرار گرفتند. با توجه به گزارش فروغی‌فرد (۱۳۸۳)، مبنی بر آغاز تخم‌ریزی گونه مذکور از اردیبهشت ماه، لذا دوره زمانی انتخاب شده مصادف با اوج تغییرات گامتوزن در ماهیان نر و ماده بوده و می‌تواند بالاترین سطح تأثیرپذیری ماهیان نسبت به تغییرات نوری را ارائه دهد. براینده نتایج حاصل از محاسبات GSI و مشاهدات ماکروسکوپی و میکروسکوپی گنادها نیز بر این موضوع صحت گذارده و ثابت می‌کند که روند رسیدگی جنسی در این گونه رابطه مستقیم با طول روز در فصل پیش از تخم‌ریزی دارد. به گونه‌ای که اگر در زمستان شرایط نوری بهار شامل ۱۶ ساعت روشنایی در مقابل ۸ ساعت تاریکی برای ماهیان مهیا شود، در قیاس با روشنایی ۱۲ ساعت که معادل شرایط وقت در منطقه پراکنش گونه مورد نظر است، به‌خوبی می‌توان رسیدگی جنسی در سطح ۵ را در ماهیان القاء نمود. درحالی‌که با کاهش طول روز به ۸ ساعت که نماینده شرایط نوری در اواخر پاییز و اوایل زمستان می‌باشد، عدم مشاهده آشکار مصادیق بلوغ نشان از تأثیر منفی کاهش طول روز بر سرعت رشد و نمو گنادی ماهیان دارد. EL-Hakim و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه بر تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) و Dey و همکاران

(۲۰۰۵) به‌واسطه تحقیق بر کپور هندی (*Catla catla*) به‌عنوان گونه‌های ساکن در مناطق حاره و نیمه‌حاره نیز دریافتند که افزایش دوره تابش نور می‌تواند اثرات مثبتی بر جنبه‌های مختلف تولیدمثلی این گونه‌ها داشته باشد.

در کسب نتایج بیان شده، رابطه میان شاخص گنادی-بدنی و وضعیت بافت‌شناسی گنادها بسیار حائز اهمیت است. همان‌طور که مشاهده گردید، آنالیز مقاطع بافت‌شناسی تخمدان صافی ماهیان لکه‌سفید که تحت دوره‌های نوری ۸، ۱۲ و ۱۶ ساعت پرورش یافته بودند به‌ترتیب مراحل سوم، چهارم و پنجم رسیدگی جنسی را نشان داد. اگرچه این نتایج برگرفته از کلید شناسایی، مبتنی بر دید محقق و محتمل بر وجود خطا در مشاهدات و ارزیابی‌ها می‌باشد، اما هنگام انطباق آن‌ها با شاخص GSI ثابت می‌گردد که رابطه مستقیمی میان وضعیت بافت‌شناسی تخمدان و مقادیر عددی درصد شاخص گنادی-بدنی هر ماهی وجود دارد. به‌طوری‌که با افزایش طول روز، مقادیر میانگین درصد GSI نیز افزایش یافته و احتمال بیش‌تری را برای مشاهده جمعیت‌های اووسیت‌ها در مراحل بالاتر تکامل به‌وجود آورده است. برپایه این رابطه، کم‌ترین و بیش‌ترین میانگین درصد GSI به‌ترتیب به ماهیان تیمارهای ۸ ساعت ($2/03 \pm 0/34$) درصد) و ۱۶ ساعت ($10/39 \pm 0/80$ درصد) تعلق داشت که به لحاظ بافت‌شناسی نیز آشکارا به‌ترتیب بیانگر مراحل سوم و پنجم رسیدگی جنسی بودند. رابطه میان GSI و سطح رسیدگی جنسی در حقیقت ناشی از افزایش GSI به‌واسطه افزایش جمعیت اووسیت‌های زرده‌ای و تمایل آن‌ها به جذب مقادیر بیش‌تری از ویتلوژنین تولید شده توسط کبد به‌عنوان پیش‌ساز زرده می‌باشد. بر این اساس، هر چه GSI افزایش یابد احتمال مشاهده اووسیت‌های زرده III بالا رفته و ماهیان به‌طور حتم رسیده‌تر خواهند بود. به‌همین علت بسیاری از محققان به وجود رابطه معنی‌دار میان ویتلوژنین و شاخص گنادی-بدنی اذعان داشته‌اند (Rahman و همکاران، ۲۰۰۰aob؛ Miranda و همکاران، ۲۰۰۹؛ Pham و همکاران، ۲۰۱۰). لازم به ذکر است که ترکیب اصلی اووسیت‌ها در مرحله ۵ رسیدگی جنسی در صافی ماهی لکه سفید را اووسیت‌های زرده مرحله III به‌همراه جمعیت پراکنده‌ای از اووسیت‌های پیش‌هستک تشکیل داده‌اند. این ظاهر بافتی در تأیید یافته‌های پیشین ثابت می‌کند که نمو تخمدانی در گونه *S. sutor* از نوع Group synchronous می‌باشد (Duray, ۱۹۹۸؛ Park و همکاران، ۲۰۰۶). Hoque و همکاران (۱۹۹۸) در خصوص *S. canaliculatus* و Rahman و همکاران (۲۰۰۰) در گونه *Siganus guttatus* نیز چنین



و مدیر بخش آبی‌پروری جناب آقای مهندس فروغی فرد صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از زحمات بی‌شائبه مسئولین مرکز تحقیقات نرم‌تنان خلیج فارس و دریای عمان به‌ویژه جناب آقایان مهندس رامشی، مهندس اسماعیل‌زاده و مهندس ساربان نیز تقدیر به‌عمل می‌آید.

منابع

- یوستی، ا. و ادیب‌مرادی، م.، ۱۳۸۵. روش‌های آزمایشگاهی بافت‌شناسی. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۹۶ صفحه.
 - فروغی فرد، ح.، ۱۳۸۱. بررسی امکان مولدسازی صافی ماهیان بومی استان هرمزگان (*Siganus javus*, *Siganus sutor*). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان. ۷۰ صفحه.
 - فروغی فرد، ح.، ۱۳۸۳. بررسی امکان تکثیر صافی ماهی گونه *Siganus sutor* و پرورش لارو تا مرحله انگشت قد. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی ایران، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان. ۳۴ صفحه.
 - Bapary, M.A.J. and Takemura, A., 2010. Effect of temperature and photoperiod on the reproductive condition and performance of a tropical damselfish *Chrysiptera cyanea* during different phases of the reproductive season. *Fish Sci.* Vol. 76, pp: 769-776.
 - Beacham, T.D. and Murray, C.B., 1993. Acceleration of maturity of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) using photoperiod control. *Aquaculture.* Vol. 109, pp: 315-325.
 - Bjornsson, B.T.; Halldorsson, O.; Haux, C.; Norberg, B. and Brown, C., 1998. Photoperiod control of sexual maturation of the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): plasma thyroid hormone and calcium levels. *Aquaculture.* Vol. 166, pp: 117-140.
 - Bon, E.; Breton, B.; Govoroun, M.S. and Le Menn, F., 1999. Effects of accelerated photoperiod regimes on the reproductive cycle of the female rainbow trout: II-Seasonal variations of plasma gonadotropins (GTH I and GTH II) levels correlated with ovarian follicle growth and egg size. *Fish Physiol. Biol.* Vol. 20, pp: 143-154.
 - Bromage, N.; Duston, J.; Randall, C.; Brook, A.; Thrush, M.; Carrillo, M. and
- مکانیسمی از رشد و نمو اووسیت‌ها را در تخمدان ماهیان تحت بررسی مشاهده کردند؛ درحالی‌که تخمدان صافی ماهی *Siganus argenteus* در طول فصل تخم‌ریزی دارای انواعی از اووسیت‌های ویتلوژنیک بوده و لذا از الگوی Asynchronous تبعیت می‌نماید (Salaki, ۱۹۹۳). چنین مشاهداتی نشان می‌دهد که در جنس *Siganus* حداقل دو الگوی رشد و نمو اووسیت‌ها در تخمدان گونه‌های مختلف وجود دارد (Rahman و همکاران، ۲۰۰۰b).
- بهره‌گیری از ارتباط موجود میان GSI و سطح بلوغ گنادی در ماهیان ماده، کمک شایانی به تفسیر نتایج در ماهیان نر نمود؛ زیرا که وضعیت ظاهری بیضه‌ها در تمام تیمارها نشان از رسیدن ماهیان به مرحله ۵ رسیدگی جنسی داشت. با این وجود، وجه تمایز تیمارهای سه‌گانه، اختلاف آن‌ها در مقادیر میانگین GSI بود که از روند موجود در ماهیان ماده پیروی می‌کرد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که شاخص گنادی-بدنی از یک سو تجلی متریک وضعیت بافت‌شناسی گنادها بوده و از سوی دیگر همانند آن‌چه در ماهیان نر مشاهده گردید در هر مرحله بلوغ ممکن است دامنه گسترده‌ای از تغییرات معنی‌دار را شامل گردد (Pham و همکاران، ۲۰۱۰). این امر لزوم انجام مطالعات هیستولوژیک را در کنار محاسبات عددی به اثبات می‌رساند.
- با عنایت به نتایج ذکر شده می‌توان بیان کرد که صافی ماهی لکه سفید (*S. sutor*) گونه‌ای گرمسیری است که بلوغ نهایی و زمان تخم‌ریزی آن از چرخه ماه و پدیده‌های متأثر از آن پیروی می‌کند، اما روند بلوغ در ماهیان نر و ماده با وضعیت نور خورشید نیز مرتبط است؛ به‌طوری‌که تغییر در رژیم نوری طبیعی می‌تواند سبب پیش‌رسی و یا تعویق زمان بلوغ گردد. به استناد نتایج این تحقیق، روند رسیدگی جنسی این گونه در فصل پیش از تخم‌ریزی کاملاً به طول دوره روشنایی و البته شدت نور بستگی کامل دارد؛ به‌نحوی که در صورت استفاده از فتوپریود ۱۶ ساعت با شدت ۲۰۰۰ لوکس می‌توان روند بلوغ را در آن تسریع نمود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با پشتیبانی‌های فنی و علمی مسئولین پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان به انجام رسیده است. لذا از ریاست محترم پژوهشکده جناب آقای دکتر مرتضوی



- canaliculatus* (Park, 1797). Horiz. Unltd. Vol. 14, pp: 37-45.
19. **Maitra, S.K.; Seth, M. and Chattoraj, A., 2006.** Photoperiod, Pineal photoreceptors and melatonin as the signal of photoperiod in the regulation of reproduction in fish. J. Endocrinol.Reprod. Vol.10,No.2, pp: 73-87.
 20. **Mananos, E.L.; Zanuy, S. and Carrillo, M., 1997.** Photoperiodic manipulations of the reproductive cycle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and their effects on gonadal development, and plasma 17 β -estradiol and vitellogenin levels. Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 16, pp: 211-222.
 21. **Miranda, L.A.; Strussmann, C.A., and Somoza, G.M., 2009.** Effects of light and temperature conditions on the expression of GnRH and GtH genes and levels of plasma steroids in *Odontesthes bonariensis* females. Fish Physiol. Biochem. Vol. 35, pp:101-108.
 22. **Ntiba, M.J. and Jaccarini, V., 1990.** Gonad maturation and spawning times of *Siganus sutor* off the Kenya coast: evidence for definite spawning seasons in a tropical fish. Journal of Fish Biology. Vol. 37, pp: 315-325.
 23. **Pankhurst, N.W. and Porter, M.J.R., 2003.** Cold and dark or warm and light: variations on the theme of environmental control of reproduction. Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 28, pp: 385-389.
 24. **Park, Y.J.; Takemura, A. and Lee, Y.D., 2006.** Annual and lunar-synchronized ovarian activity in two rabbitfish species in the Chuuk lagoon, Micronesia. Fisheries Science. Vol. 72, pp: 166-172.
 25. **Pham, H.Q.; Kjörsvik, E., Nguyen, A.T.; Nguyen, M.D. and Arukwe, A., 2010.** Reproductive cycle in female Waigieu seaperch (*Psammoperca waigiensis*) reared under different salinity levels and the effects of dopamine antagonist on steroid hormone levels. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 383, pp:137-145.
 26. **Rahman, M.S.; Takemura, A. and Takano, K., 2000a.** Correlation between plasma steroid hormones and vitellogenin profiles and lunar periodicity in the female golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). Comparative Biochemistry and Physiology. Part B, Vol. 127, pp: 113-122.
 27. **Rahman, M.S.; Takemura, A. and Takano, K., 2000b.** Annual changes in ovarian histology, plasma steroid hormones
 - Zanuy, S., 1990.** Photoperiodic control of teleost reproduction. Prog. Comp. Endocrinol. Vol. 342, pp: 620-626.
 9. **Bromage, N.; Jones, J.; Randall, C.; Thrush, M.; Davies, B.; Springate, J.; Duston, J. and Barker, G., 1992.** Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 100, pp: 141-146.
 10. **Bromage, N.; Randall, C.; Davies, B. and Porter, M., 1994.** Photoperiod, melatonin and finfish reproduction. In High Performance Fish. American Fisheries Society. pp: 137-142.
 11. **Bromage, N.; Porter, M. and Randall, C., 2001.** The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. Aquaculture. Vol. 197, pp:63-98.
 12. **Dey, R.; Bhattacharya, S. and Maitra, S. K., 2005.** Importance of photoperiods in the regulation of ovarian activities in Indian major carp *Catla catla* in an annual cycle. J. Biol. Rhythms. Vol. 20, No. 2, pp: 45-58.
 13. **Duray, M.N., 1998.** Biology and Culture of Siganids. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC), Tigbauan, Iloilo, Philippines. 62 P.
 14. **El-Hakim, A.; El-Gamal, E. and El-Greisy, Z.A., 2005.** Effect of photoperiod, temperature and HCG on ovarian recrudescence and ability of spawning in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei, Cichlidae). Egyptian Journal of Aquatic Research. Vol.31,No.2,pp:419-431.
 15. **Hoque, M.M.; Takemura, A. and Takano, K., 1998.** Annual changes in oocyte development and serum vitellogenin level in the rabbitfish *Siganus canaliculatus* (Park) in Okinawa, Southern Japan. Fish. Sci. Vol. 64, pp: 44-51.
 16. **Kamukuru, A.T., 2009.** Trap fishery and reproductive biology of the whitespotted rabbitfish *Siganus sutor* (Siganidae), within the Dar es Salaam Marine Reserves, Tanzania. Western Indian Ocean J. Mar. Sci. Vol. 8, No.1, pp: 75-86.
 17. **Lam, T.J. and Soh, C.L., 1975.** Effect of photoperiod on gonadal maturation in the rabbitfish, *Siganus canaliculatus*. Aquaculture. Vol. 5, No. 4, pp: 407-410.
 18. **Lavina, A.F.D., 1975.** A study of the gonadal cycle of the rabbitfish, *Siganus*



- new species and comments on distribution and biology. Bishop Museum, Honolulu. 136 P.
37. **Zohar, Y. and Mylonas, C.C., 2001.** Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*. Vol. 197, pp: 99-136.
- and vitellogenin in the female golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). *Bulletin of Marine Science*. Vol. 67, No. 2, pp: 729-740.
28. **Ridha, M.T. and Cruz, E.M., 2000.** Effect of light intensity and photoperiod on Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus* L. seed production. *Aquaculture Research*. Vol. 31, No.7, pp: 609-617.
29. **Salaki, M.S., 1993.** Studies on gonadal reproductive and lunar spawning cycles of *Siganus argenteus* (Quoy et Gaimard), Siganidae. M.Sc. Thesis, Dept. Mar. Sci., Univ. Ryukyus. 63 P.
30. **Saoud, I.P.; Ghanawi, J. and Lebbos, N., 2008.** Effects of stocking density on the survival, growth, size variation and condition index of juvenile rabbitfish *Siganus rivulatus*. *Aquacult. Int.* Vol. 16, pp: 109-116.
31. **Smith, P.; Bromage, N.R.; Shields, R.; Gamble, J.; Gillespie, M.; Dye, J.; Young, C. and Bruce, M., 1991.** Photoperiod controls spawning time in the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). In *Proceedings of IV International Symposium on Reproductive Physiology of Fish*. Edited by, AP Scott, J Sumpter, D Kime and M Roffe. *Fish Symp.* Vol. 91, 172 P.
32. **Takemura, A.; Rahman, M.S.; Nakamura, S.; Park, Y.J. and Takano, K., 2004.** Lunar cycles and reproductive activity in reef fishes with particular attention to rabbitfishes. *Fish and Fisheries*. Vol. 5, pp: 317-328.
33. **Taranger, G.L., 1993.** Sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.; aspects of environmental and hormonal control. Dr Scient. Thesis, University of Bergen. 133 p.
34. **Taranger, G.L.; Carrillo, M.; Schulz, R.W.; Fontaine, P.; Zanuy, S.; Felip, A.; Weltzien, F.A.; Dufour, S.; Karlsen, O.; Norberg, B.; Andersson, E. and Hansen, T., 2010.** Control of puberty in farmed fish. *General and Comparative Endocrinology*. Vol. 165, pp: 483-515.
35. **Watanabe, W.O.; Ellis, E.P.; Elis, S.C. and Feeley, M.W., 1998.** Progress in controlled maturation and spawning of summer flounder *Paralichthys dentatus* broodstock. *J. World Aqua. Soc.* Vol. 29, pp: 393-404.
36. **Woodland, D.J., 1990.** Revision of the fish Family Siganidae with descriptions of two

