مقاله علمی – پژوهشی:

بررسی اثرات رژیم‌های نوری مختلف بر رشد و رسیدگی جنسی آزادماهی دریای خزر (*Salmo caspius*)

ناصر آق*[1]، عبدالجبار ایرانی[1]

*n.agh@urmia.ac.ir

۱- پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

چکیده

در این تحقیق اثرات رژیم‌های نوری مختلف شامل ۲۴ ساعت روشنایی (تیمار ۱)، سه ماه اول ۱۸ ساعت روشنایی و سه ماه دوم ۶ ساعت روشنایی (تیمار ۲)، سه ماه اول ۶ ساعت روشنایی و سه ماه دوم ۱۸ ساعت روشنایی (تیمار ۳) و ۲۴ ساعت تاریکی (تیمار ۴)، در شش‌ماهه دوم سال دوم زندگی آزادماهی دریای خزر (*Salmo caspius*) موردبررسی قرار گرفت. برای انجام تحقیق از مخازن یک‌هزار لیتری با ۲۰ قطعه در هر مخزن (با سه تکرار برای هر تیمار) استفاده شد. نتایج نشان داد که رشد، تغذیه و شاخص‌های تولیدمثلی تحت‌تأثیر رژیم‌های نوری قرار گرفتند. بیش‌ترین رشد ویژه (۰/۴۴ درصد در روز) و کم‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی (۳/۴) در ماهیان تیمار ۴ مشاهده شد که نسبت به تیمار ۱ (به‌ترتیب ۳۰ درصد در روز و ۴/۴)، تیمار ۲ (به‌ترتیب ۲۹ درصد در روز و ۴/۷) و تیمار ۳ (۳۰ درصد در روز و ۴/۵) اختلاف معنی‌داری نشان داد. رژیم‌های نوری مختلف بر رشد و نمو گنادها در ماهیان ماده تأثیر چندانی نداشتند، اما رشد و نمو گنادهای ماهیان نر به‌شدت تحت تأثیر رژیم‌های نوری قرار گرفتند به‌طوری‌که تمام ماهیان نر تیمار ۲ کاملاً رسیده بودند. رژیم‌های نوری تیمارهای ۳ و ۴ باعث توقف رشد و نمو یا تحلیل رفتن گنادهای جنسی در ماهیان نر شده است. بنابراین، برای افزایش رشد ماهی آزاد دریای خزر، رژیم ۲۴ ساعت تاریکی و برای تحریک رسیدگی جنسی آن، رژیم ۱۸ و ۶ ساعت روشنایی به‌ترتیب در سه ماه اول و سه ماه دوم بهتر است.

لغات کلیدی: آزادماهی دریای خزر، رژیم نوری، رشد، رسیدگی جنسی

*نویسنده مسئول

مقدمه

امروزه کاملاً مشخص شده است که رژیم نوری در رشد، تغذیه و تولیدمثل گونه‌های مختلف ماهیان نقش بسیار مهمی دارد. بنابراین، محققان متعددی، اثرات استفاده از رژیم‌های نوری مختلف را بر تحریک رشد و تغذیه، اسمولت شدن، افزایش بازماندگی و نیز مدیریت تولیدمثل مورد بررسی قرار داده‌اند. دوره‌های نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و نیز ۲۴ ساعت روشنایی بر رشد و بازماندگی لاروهای بسیاری از ماهیان از قبیل روغن ماهی (*Gadus morhua*)، هالیبوت اقیانوس اطلس (*Hippoglossus hippoglossus*)، شانک اقیانوس آرام (*Pagrus auratus*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*)، شانک (*Sparus aurata*) و سیم دریایی (*Pagrus major*) تأثیر مثبت داشته است. این گونه‌ها به دلیل افزایش فعالیت و قابلیت رؤیت بهتر غذا، دارای مقادیر مصرف غذا، بازده غذایی و ضریب رشد ویژه بالاتر بودند (Barlow *et al*., 1995; Simensen *et al*., 2000; Puvanendran and Brown, 2002; Fielder *et al*., 2002; Ergun *et al*., 2003; Ginés *et al*., 2004; Biswas *et al*., 2005b). اما تأثیر نور بر رشد لاروها و بچه‌ماهیان همیشه مثبت گزارش نشده است. بعضی گونه‌ها رژیم‌های روشنایی کوتاه‌مدت (۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی) یا شرایط روشنایی و تاریکی برابر (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) را ترجیح می‌دهند (Appelbalum and Kamler, 2000; Stefansson *et al*., 2002; Biswas and Takeuchi, 2003; Almazan-Rueda *et al*., 2005; Mustapha *et al*., 2012).

در مدیریت تکثیر آبزیان، دست‌کاری‌های رژیم نوری به منظور تنظیم چرخه تولیدمثلی، هم‌زمان‌سازی رشد و نمو جنسی، تحریک رسیدگی جنسی و جلوگیری از مشکلات مربوط به ازدحام جمعیت ماهیان رسیده، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hansen *et al*., 1992; Campos-Mendoza *et al*., 2004; Biswas *et al*., 2005a).

آزادماهی دریای خزر (*Salmo caspius*) یکی از گونه‌های اقتصادی مهم می‌باشد که در ایران زیستگاه اصلی آن دریای خزر است (Dorafshan *et al*., 2007). ماهیان بالغ برای تولید مثل در فصل پائیز به برخی رودخانه‌های گیلان و مازندران مهاجرت می‌نمایند. بچه‌ماهیان بعد از حدود دو سال به دریا باز می‌گردند. سن بلوغ این گونه سه تا پنج سال است (عبدلی و نادری، ۱۳۸۷). در زمینه شاخص‌های تاثیرگذار بر تکثیر و پرورش تجاری آزادماهی دریای خزر مطالعات کمی صورت گرفته است (فلاح و همکاران، ۱۳۹۰؛ نفری یزدی و همکاران، ۱۳۹۸). از آنجایی که رسیدگی جنسی زودهنگام یک گونه ماهی از جنبه مدیریت تکثیر یک خصوصیت مثبت (از نظر اقتصادی و مدیریتی) ولی از جنبه پرورش به‌دلیل کاهش رشد، یک ویژگی منفی تلقی می‌گرد، در این تحقیق، برای تحریک رسیدگی جنسی و نیز کنترل تولیدمثل، اثرات رژیم‌های نوری مختلف در مرحله پیش بلوغ آزادماهی دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش کار

ماهی و سیستم پرورش

لاروهای دارای کیسه زرده آزادماهی از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان سرد آبی شهید باهنر کلاردشت به پژوهشکده آرتمیا و آبزی‌پروری دانشگاه ارومیه منتقل شده و با استفاده از غذای قزل‌آلا پرورش داده شدند. این ماهیان زمانی که به سن ۱۸ ماهگی رسیدند (میانگین طول ۲۵/۷۴ سانتی‌متر و میانگین وزن ۱۶۳/۳۳ گرم)، برای اجرای این تحقیق استفاده شدند. چهار رژیم نوری در قالب چهار تیمار در نظر گرفته شد؛ تیمار ۱: ۲۴ ساعت روشنایی (روشنایی مداوم) برای مدت ۶ ماه، تیمار ۲: ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی برای مدت ۳ ماه، سپس ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی برای ۳ ماهه دوم، تیمار ۳: ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی برای مدت ۳ ماه، سپس ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی برای ۳ ماهه دوم و تیمار ۴: ۲۴ ساعت تاریکی (تاریکی مداوم) برای مدت ۶ ماه بود.

برای پرورش ماهیان در شرایط تیمارهای آزمایشی از مخزن‌های پلی‌اتیلن هزار لیتری در سه تکرار برای هر تیمار استفاده شد. در هر مخزن ۲۰ قطعه آزادماهی قرار داده شد و دبی آب در هر یک از آن‌ها ۱۰ لیتر در دقیقه بود. برای نوردهی، لامپ‌هایی در فاصله حدود ۱/۵ متری بالای مخزن‌ها آویزان شد و دوره تاریکی نیز به‌وسیله پوشش پلاستیکی سیاه‌رنگ ایجاد شد. تغذیه ماهیان با غذای پرواری قزل‌آلا (GFT) و با نرخ ۱/۳ درصد وزن بدن و دو بار در روز انجام شد.

نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌ها

در ابتدای دوره تحقیق ماهیان مورد مطالعه برای مدت یک شبانه‌روز بدون غذادهی نگهداری شدند. سپس تعداد ۱۵ نمونه به طور تصادفی برداشته شد و با استفاده از پودر گل میخک بی‌هوش شدند. طول و وزن آنها اندازه‌گیری و گنادها توزین گردید. در انتهای دوره پرورش، طول و وزن تمام ماهیان تیمارها اندازه‌گیری شد. از هر تیمار تعداد ۱۵ ماهی (۵ عدد از هر تکرار) به طور تصادفی برداشته و پس از اندازه‌گیری طول و وزن، گنادها جدا و توزین شده و پس از بررسی ظاهری و مراحل رشد و نمو، برای بررسی بافتی به آزمایشگاه منتقل شدند. برای محاسبه شاخص هپاتوسوماتیک، کبد ماهیان خارج و توزین شدند. طی دوره پرورش برای بررسی رشد و تنظیم غذادهی تمام ماهیان، هرماه توزین شدند.

رشد ویژه با فرمول $SGR = (\ln Wf - \ln Wi) * 100 / t$، ضریب تبدیل غذایی با فرمول $FCR = F / (Wf - Wi)$، فاکتور وضعیت با فرمول $cf = w/l3$، شاخص هپاتوسوماتیک با فرمول $HIS = (H / W) * 100$ و شاخص رسیدگی جنسی با فرمول $GSI = (G / W) * 100$ محاسبه شد.

بافت‌شناسی گنادها

از نمونه‌های گناد قطعه‌ای به اندازه ۱*۱ سانتی‌متر تهیه و برای فِیکس شدن به مدت ۴۸-۲۴ ساعت در داخل فرمالِین بافر فسفات نگهدارِی شد. پس از فِیکس شدن نمونه‌ها مراحل آبگیری با غلظت‌های صعودی الکل، شفاف‌سازی با محلول‌های صدر و گزیلل، آغشتگی در پارافین مذاب، قالب‌گیری توسط پرافین، تهیه برش‌های ۶ – ۴ میکرون با دستگاه میکروتوم و رنگ آمیزی با هماتوکسیلین و ائوزین انجام شد (Hung *et al*., 1990).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای سازمان‌دهی داده‌ها، انجام محاسبات موردنیاز و ترسیم نمودارها از برنامه اکسل ۲۰۱۶ استفاده شد و برای بررسی آماری داده‌ها از برنامه اس‌پی‌اس‌اس ۲۲، آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و تست دانکن استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو–ویلک و همگنی واریانس‌ها با استفاده از تست لون بررسی شد.

نتایج

بررسی وضعیت گنادها در شروع آزمایش (در سن هجده ماهگی) نشان داد که تعداد زیادی از ماهیان نر دارای گناد رشد کرده (مرحله ۳-۴) بودند، اما در همین زمان، در میان ماهیان بررسی‌شده، هیچ ماده‌ای با گناد رشدکرده مشاهده نگردید.

تأثیر دوره نوری بر طول، وزن و رشد ویژه

در پایان دوره پرورش شش ماهه، بیش‌ترین مقدار طول کل (۳۱/۲ سانتی‌متر) مربوط به ماهیان تیمار ۴ بود که نسبت به تیمار ۲ اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<$ ۰/۰۵). طول ماهیان تیمارهای ۱ و ۳ اختلاف آماری با یکدیگر و سایر تیمارها نداشت (جدول ۱). بیش‌ترین مقدار وزن نهایی و افزایش وزن (به‌ترتیب ۳۳۱/۵ گرم و ۱۶۷/۵ گرم) نیز مربوط به ماهیان تیمار ۴ بود که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($p<$ ۰/۰۵). ماهیان سایر تیمارها از نظر وزن نهایی و افزایش وزن اختلاف آماری نشان ندادند (جدول ۱). ماهیان تمامی تیمارها در طول دوره تحقیق، رشد ویژه نسبتاً پائینی داشتند. بیش‌ترین مقدار آن (۰/۴۴) مربوط به تیمار ۴ بود که نسبت به سایر تیمارها اختلاف آماری نشان داد، اما سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. ضریب تبدیل غذایی در تمامی تیمارها بالا بود ولی پایین‌ترین مقدار آن (۳/۴) در تیمار ۴ مشاهده گردید که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($p<$ ۰/۰۵).

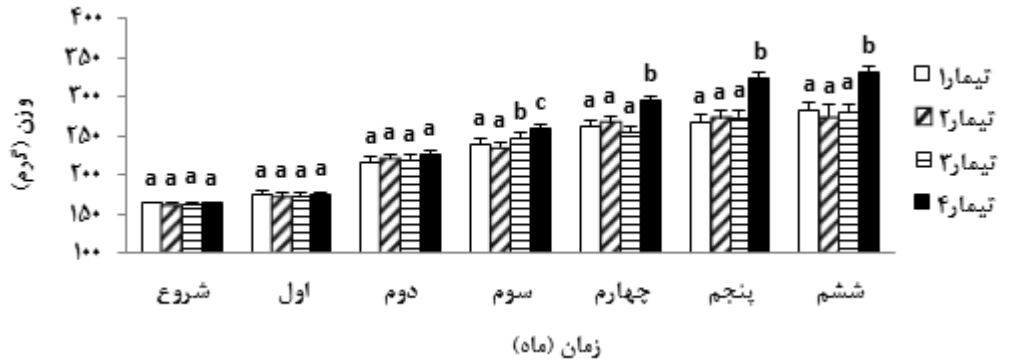
جدول ۱: پارامترهای رشدی آزادماهی‌های دریای خزر در معرض رژیم‌های مختلف نوری*

Table 1: Growth performance parameters of Caspian trout exposed to different photoperiods

تیمار	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
طول نهایی (سانتی‌متر)	۳۰ ± ۱/۱ ^{ab}	۲۹ ± ۱/۵ ^{a}	۳۰ ± ۰/۹ ^{ab}	۳۱/۲ ± ۰/۹ ^{b}
وزن نهایی (گرم)	۲۸۲ ± ۱۰/۶ ^{a}	۲۷۴ ± ۱۵/۲ ^{a}	۲۸۰ ± ۹/۶ ^{a}	۳۳۱/۵ ± ۸/۲ ^{b}
افزایش وزن (گرم)	۱۱۸/۱ ± ۴/۷ ^{a}	۱۱۰/۳ ± ۶/۹ ^{a}	۱۱۵/۸ ± ۵/۲ ^{a}	۱۶۷/۵ ± ۳/۷ ^{b}
رشد ویژه (درصد در روز)	۰/۳۵ ± ۰/۰۱۹ ^{a}	۰/۳۳ ± ۰/۰۰۱ ^{a}	۰/۳۴ ± ۰/۰۰۵ ^{a}	۰/۴۴ ± ۰/۰۰۷ ^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۴/۴ ± ۰/۱۸ ^{b}	۴/۷ ± ۰/۳۲ ^{b}	۴/۵ ± ۰/۲۱ ^{b}	۳/۴ ± ۰/۱۵ ^{a}

* خطای معیار ± میانگین. در هر ردیف حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$).

در ماه اول و دوم رشد ماهیان در تیمارهای مختلف اختلاف چندانی نداشت (شکل ۱)، اما در پایان ماه سوم، تیمار ۴ به طور معنی‌داری رشد بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها داشت و ماهیان تیمار ۳ از تیمارهای ۱ و ۲ به طور معنی‌داری بزرگ‌تر بود. ولی تیمارهای ۱ و ۲ اختلاف قابل‌توجهی باهم نداشتند. در پایان ماه چهارم و پنجم، تیمار ۴ اختلاف رشد بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها نشان داد و اختلاف وزن آنها از نظر آماری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). بین هیچ‌کدام از تیمارهای ۱ الی ۳ در پایان ماه‌های چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).



شکل ۱: وزن آزادماهی دریای خزر طی دوره تحقیق در معرض رژیم‌های نوری مختلف

Figure 1: Wheight of Caspian trout exposed to different light regims during experimntal period

تأثیر دوره نوری بر فاکتور وضعیت و شاخص هپاتوسوماتیک

مقادیر فاکتور وضعیت در پایان دوره تحقیق در تیمارهای ۱ الی ۴ به‌ترتیب ۱/۰۴، ۱/۱۳، ۱/۰۴ و ۱/۰۹ بود و بین هیچ‌کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). شاخص هپاتوسوماتیک در تیمارهای ۱ الی ۴ به‌ترتیب ۱/۰۶، ۰/۹۱، ۱/۰۵ و ۰/۷۸ بود و بین هیچ‌کدام از تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>۰/۰۵$).

تأثیر دوره نوری بر تولیدمثل
شاخص رسیدگی جنسی

پایین‌ترین مقادیر شاخص رسیدگی جنسی در جنس ماده مربوط به ماهیان تیمار ۴ (۰/۰۸±۰/۲۱) و تیمار ۳ (۰/۱۲±۰/۵۳) بود و بیش‌ترین مقدار آن (۰/۳۳±۲/۷) در تیمار ۲ مشاهده گردید، ولی بین هیچ‌کدام از ماهیان ماده تیمارها از نظر شاخص رسیدگی جنسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p<0/05$). در جنس نر، بیش‌ترین مقدار شاخص رسیدگی جنسی مربوط به تیمار ۱ (۰/۶۵±۴/۸۵) بود که به طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای ۳ و ۴ اختلاف داشت ($p<0/05$). شاخص رسیدگی جنسی ماهیان نر تیمار ۲ نسبت به تیمار ۳ اختلاف معنی‌داری داشت، اما نسبت به سایر تیمارها اختلاف آماری نشان نداد ($p>0/05$).

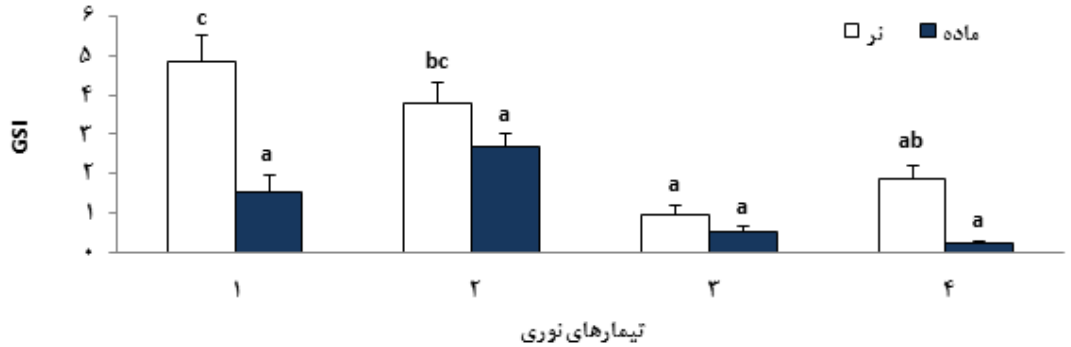
وضعیت ظاهری گنادها

در پایان دوره تحقیق همه ماهیان نر تیمار ۲ کاملاً رسیده بودند به‌طوری‌که با اندک فشاری به ناحیه شکم، اسپرم از منفذ تناسلی خارج می‌گردید. در تیمار ۱، ۲۵ درصد ماهیان نر رسیده و ۵۰ درصد آنها دارای گناد رشد کرده بودند. در تیمار ۳، گناد ۷۵ درصد ماهیان نر در مرحله شروع رشد و نمو و ۲۵ درصد در مرحله نسبتاً رشد کرده بودند. هیچ ماهی نر رسیده و یا واقع در مرحله گناد رشد کرده در این تیمار مشاهده نشد. از تیمار ۴، گنادهای ۴۳ درصد ماهیان نر در مرحله رشد کرده، ۱۴ درصد در مرحله نسبتاً رشد کرده و ۴۳ درصد در مرحله شروع رشد و نمو قرار داشتند.

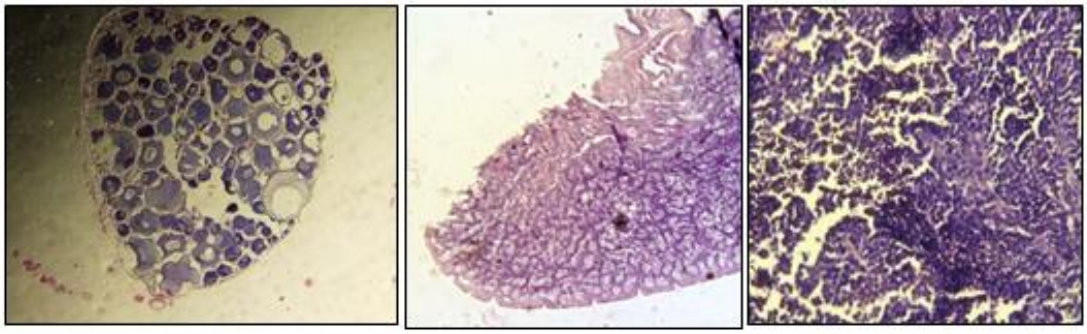
در مورد جنس ماده، ۶۷ درصد ماهیان تیمار ۱ در مرحله شروع رشد و نمو و ۳۳ درصد آن‌ها در مرحله نسبتاً رشد کرده قرار داشتند. در تیمار ۲، حدود ۷۱ درصد ماهیان در مرحله شروع رشد و نمو، ۱۴/۵ درصد در مرحله نسبتاً رشد کرده و ۱۴/۵ درصد در مرحله رشد کرده بودند. تمام ماهیان ماده تیمارهای ۳ و ۴ در مرحله شروع رشد و نمو قرار داشتند.

بررسی بافت‌شناسی گنادها

در تمامی تیمارها بیش‌تر ماده‌ها ازلحاظ رسیدگی جنسی اختلاف قابل‌توجهی با هم نداشتند و تخمک‌ها در مرحله قبل از زرده‌سازی بودند (شکل ۲)، ولی نرها تحت‌تأثیر شرایط نوری مختلف قرار گرفتند به‌طوری‌که بیش‌ترین رسیدگی جنسی مربوط به ماهیان تیمار ۲ بود (شکل ۳، سمت راست). زیرا اسپرماتوزوئیدهای آزاد و آماده لقاح (مناطق تیره‌رنگ) در این گروه وجود داشت. اما شرایط نوری تیمار ۳ باعث جلوگیری از رسیدگی جنسی گردید (شکل ۳، سمت چپ).



شکل ۲: شاخص رسیدگی جنسی (GSI) آزادماهی دریای خزر در معرض رژیم‌های مختلف نوری
Figure 2: Gonadosomatic index of Caspian trout exposed to different photoperiods



شکل ۳: بیضه آزادماهی تیمار ۲ (راست)، بیضه آزادماهی تیمار ۳ (وسط) و تخمدان آزادماهی تیمار ۱ (چپ)
Figure 3: Caspian trout testis of treatments 2 (right) and 3 (middle), and ovary of treatment 1 (left)

بحث

در این مطالعه، رژیم‌های نوری اعمال‌شده در شش‌ماهه دوم سال دوم زندگی آزادماهی دریای خزر، پارامترهای رشد، تغذیه و تولیدمثل آنها را تحت تأثیر قرار داده است به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار طول، وزن، افزایش وزن، رشد ویژه و کم‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴ (تاریکی مداوم) مشاهده گردید. با وجودی که رژیم‌های نوری بلندمدت و مداوم بر رشد و بازماندگی لاروها و بچه ماهیان بسیاری از ماهیان به دلیل افزایش فعالیت ماهیان و قابلیت رؤیت بهتر غذا تأثیر مثبت داشته است (Barlow *et al*., 1995; Simensen *et al*., 2000; Puvanendran and Brown, 2002; Fielder *et al*., 2002; Ergun *et al*., 2003; Ginés *et al*., 2004; Biswas *et al*., 2005b; Turker and Yildirim, 2011). ولی تأثیر نور بر رشد ماهیان همیشه مثبت گزارش نشده است و بعضی گونه‌ها رژیم‌های روشنایی کوتاه‌مدت (۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی) یا شرایط روشنایی و تاریکی برابر (۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) را ترجیح می‌دهند. برای مثال، در مطالعه Biswas و Takeuchi (۲۰۰۳) دوره نوری ۲۴ ساعته به دو دوره نوری ۱۲ ساعته تقسیم و رژیم نوری ۶ ساعت روشنایی و ۶ ساعت تاریکی بر تیلاپیا نیل اعمال گردید و نتایج آن نشان داد که در این رژیم نوری به دلیل بهتر بودن مصرف غذا و بازده غذایی، بالاترین مقدار رشد حاصل شد. در تحقیق Stefansson و همکاران (۲۰۰۲) دوره بلندمدت روشنایی در ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*) باعث ناآرامی، استرس، کاهش بازده غذایی و کاهش رشد شده است. برعکس، دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و نیز ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی باعث افزایش بازده غذایی و رشد بدن شده است. رژیم روشنایی مداوم در مراحل اولیه زندگی گربه‌ماهی (*Clarias gariepinus*) باعث استرس فیزیولوژیک، کاهش رشد، افزایش خشونت و کانیبالیسم و کاهش بازماندگی می‌گردد. اما نگهداری این گونه در شرایط تاریکی مداوم باعث کاهش استرس و خشونت، کاهش مصرف انرژی ناشی از کاهش حرکات، افزایش بازده غذایی و درنهایت باعث افزایش رشد و بازماندگی می‌گردد (Appelbalum and Kamler, 2000; Almazán-Rueda *et al*, 2005; Mustapha *et al*., 2012). همانند نتایج تحقیقات محققان مذکور، در این مطالعه نیز تاریکی مداوم تأثیر مثبتی بر پارامترهای رشد و تغذیه‌ای آزادماهی دریای خزر داشته است. یکی از دلایل آن، می‌تواند مربوط به توقف رشدونمو گنادهای جنسی و هدایت مصرف انرژی به سمت رشد عمومی بدن باشد. زیرا تیمارهایی که دارای رشد بهتری بودند، رشد گنادی کمتری نشان دادند و برعکس. دلیل دیگر این امر شاید به اهلی نبودن و عدم سازگاری این ماهی به شرایط پرورشی باشد و به‌تبع آن در شرایط تاریکی، بهتر تغذیه کرده و رشد بیش‌تری داشته‌اند.

در تحقیق حاضر بررسی ظاهری گنادها، شاخص رسیدگی جنسی و مطالعات بافت‌شناسی گنادها نشان داد که در جنس ماده آزادماهی دریای خزر، رشد و نمو گنادها در

ششماهه دوم سال دوم زندگی به طور قابلتوجهی تحتتأثیر رژیمهای نوری قرار نگرفتند. اما ماهیان نر نسبت به رژیمهای نوری مختلف واکنش نشان دادند بهطوریکه تیمار ۲ (روزبلند در سه ماه اول و روزکوتاه در سه ماه دوم) به شدت تحریککننده رسیدگی جنسی بود، زیرا تمام ماهیان نر در این تیمار نوری کاملاً رسیده و دارای اسپرم آماده برای لقاح بودند. همچنین رسیدگی جنسی ماهیان نر تیمار مذکور باعث شده است که میزان رشد آنها دچار افت شود. شرایط نوری مربوط به تیمار ۳ (روزکوتاه در سه ماه اول و روزبلند در سه ماه دوم) و تیمار ۴ (شرایط تاریکی مداوم) باعث توقف رشد و نمو یا تحلیل گنادهای جنسی شده است بهطوریکه مقادیر شاخص رسیدگی جنسی در آنها پائینتر از شاخص رسیدگی جنسی در شروع دوره تحقیق بوده است. اما شرایط نوری مداوم (تیمار ۱) تأثیر منفی بر رشد و نمو گنادها نداشته است بهطوریکه در این تیمار، ماهیان نر دارای بالاترین مقدار شاخص رشد گنادی (GSI) بودند. ولی اسپرم سازی (اسپرمیشن) در آنها صورت نگرفت و فاقد اسپرم آماده برای لقاح بودند.

در برخی گونهها از قبیل روغن ماهی اقیانوس اطلس (*Gadus morhua*) دوره بلندمدت روشنایی بر تولیدمثل تأثیر منفی دارد بهطوریکه قرار گرفتن در معرض دوره بلندمدت روشنایی باعث تأخیر در تخمریزی، کاهش هماَوری و کوچک شدن اندازه تخمها میگردد (Hansen *et al*., 2001). این پدیده به کاهش بیان ژنهای مربوط به هورمون آزادکننده گنادوتروپین ۳ (GnRH3) در مغز و هورمون GnRH-R2a در غده هیپوفیز نسبت داده شده است. بیان این ژنها باعث ارتباط مغز و غده هیپوفیز در یک محور مرکزی مغز – هیپوفیز – گناد میگردد که این محور فعالیت تولیدمثلی مهرهداران را تنظیم مینماید. در نتیجه، عدم بیان ژنهای مربوط به هورمونهای GnRH3 و GnRH-R2a باعث گسسته شدن ارتباط مغز – هیپوفیز شده و بهتبع آن رشد و نمو گنادهای جنسی متوقف میشود (Hidahl *et al*., 2013). تحقیق دیگر نشان داده است که جنسهای نر و ماده ماهی سوف (*Perca fluviatilis*) که در معرض دوره نوری ۱۶: ۸ (روشنایی: تاریکی) و دوره نوری طبیعی قرار داشتهاند در مقایسه با ماهیانی که در معرض دوره روشنایی مداوم قرار داشتهاند، دارای ضریب گنادوسوماتیک، سطوح تستسترون و استرادیول بالاتری بودهاند. به همین دلیل، تأثیر منفی رژیم نوری ۲۴ ساعته بر رشد و نمو گنادهای جنسی، به پائین بودن سطح تستوسترون نسبت داده شده است، زیرا این هورمون در جنس ماده به عنوان پیش ماده استرادیول و در جنس نر به عنوان محرک اسپرماتوژنز نقش مهمی در رشد و نمو گنادهای هر دو جنس ایفاء مینماید (Migaud *et al*., 2004).

در ماهی تیلاپیا نیل نیز دورههای نوری بلندمدت (۱۶ : ۸ و ۱۴ : ۱۰) باعث افزایش سرعت رسیدگی جنسی، افزایش دفعات تخمریزی، افزایش تولید تخم و افزایش ترشح هورمونهای استروئیدی از قبیل استرادیول، تستوسترون و GnRH شده است. این امر به آزاد شدن ملاتونین از غده پینه آل نسبت داده شده است. ملاتونین به عنوان یک ناقل سیگنال برای غده هیپوفیز و هیپوتالاموس عمل کرده و آنها را وادار به ترشح هورمونهای تولیدمثلی نموده است (Prayogo *et al*., 2012) که منجر به رشد و نمو سریع گنادها و بهبود وضعیت تخمها شده است (Campos-Mendoza *et al*., 2004; Biswas *et al*., 2005a).

شرایط نوری مداوم در مقایسه با رژیم نوری بلند (۲۰ : ۴ و ۱۸ : ۶) در تیلاپیا نیل باعث کاهش رشد و نمو گنادی و افزایش رشد بدنی شده است. این نتایج به علت مصرف بیشتر غذا و هدایت مصرف انرژی به سمت رشد بوده است (Rad *et al*., 2006).

نگهداری آزادماهی چینوک (*O. tshawytscha*) در سال دوم زندگی در شرایط ۲۴ روشنایی باعث شده است که فرایند رسیدگی جنسی در جنس ماده کاملاً متوقف شود (Unwin *et al*., 2005). همچنین در ماهیان پیش بالغ آزادماهی اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) که از ماه اکتبر لغایت می در شرایط نوری مداوم (۲۴ ساعت روشنایی) قرار داده شده بودند، رشد و نمو گنادها کاملاً متوقف شده و رشد بدنی آنها در مقایسه با گروه شاهد (رژیم نوری طبیعی) به طور معنیداری بالاتر بوده است (Glebe, 2012). بهرحال، بسیاری از تفاوتهای یافتههای محققان

مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت‌های گونه‌ای، اختلاف نیازهای فیزیولوژیک و بیولوژیک مثل متفاوت بودن فصل تولیدمثل و همچنین تفاوت‌های رفتاری باشد.

در مجموع، با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان اذعان نمود، رژیم‌های نوری مختلف بر رشدونمو گنادها در جنس ماده آزادماهی دریای خزر در دوره زمانی موردنظر تأثیر چندانی نداشت، اما رشدونمو گنادهای جنس نر به‌شدت تحت‌تأثیر رژیم‌های نوری قرار گرفت به‌طوری‌که تمام ماهیان نر تیمار ۲ (سه ماه اول ۱۸ ساعت روشنایی و سه ماه دوم ۶ ساعت روشنایی)، کاملاً رسیده بودند. به همین دلیل، برای تحریک رسیدگی جنسی در مراکز تکثیر، این رژیم نوری توصیه می‌شود. رژیم نوری ۶ و ۱۸ ساعت روشنایی به‌ترتیب در سه ماه اول و سه ماه دوم (تیمار ۳) و به‌ویژه رژیم نوری ۲۴ ساعت تاریکی (تیمار ۴)، باعث توقف رشد و نمو یا تحلیل گنادهای جنسی در ماهیان نر و افزایش رشد کلی ماهیان شد. بنابراین، بهتر است در مراکز پرورش ماهیان بازاری به‌خصوص در اواخر دوره پرورش، از رژیم نوری تاریکی مداوم استفاده شود.

منابع

عبدلی، ا. و نادری، م.، ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات علمی آبزیان. ۲۴۲صفحه.

فلاح، س.، خدابنده، ص.، رجبی، ح. و امیری مقدم، ج.، ۱۳۹۰. اثر چربی گیاهی جیره غذایی بر ساختار سکوم‌های گوارشی بچه ماهیان آزاد خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۰(۱): ۱۲۲-۱۱۱. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109980.

نفری یزدی، م.، پورکاظمی، م.، عدالحی، ح. و نجاتی جوارمی، ا.، ۱۳۹۸. شناسایی مهمترین صفات اقتصادی در برنامه اصلاح نژاد ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). مجله علمی شیلات ایران، ۲۸(۶): ۱۴۶-۱۳۳. DOI: 10.22092/ISFJ. 2019.120210

Almazán-Rueda, P., Van Helmont, A.T.M., Verreth, J.A.J. and Schrama, J.W., 2005. Photoperiod affects growth, behaviour and stress variables in *Clarias gariepinus*. *Journal of Fish Biology*, 67: 1029-39. DOI: 1111/10/j.0022-2005/1112.00806.x.

Appelbaum, S. and Kelmer, E., 2000. Survival, growth, metabolism and behavior of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquaculture Engineering*, 22: 169-287. DOI: 1016/10/S0144-8609(00)00054-6.

Barlow, C.G., Pearce, M.G., Rodgers, L.J. and Clayton, P., 1995. Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). Aquaculture, 138: 159-168. DOI: 1016/10/0044-8486(95)01073-4.

Biswas, A.K. and Takeuchi, T., 2003. Effects of photoperiod and feeding interval on food intake and growth rate of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Fisheries Science*, 69: 1010-16. DOI: 1046/10/j.1444-2003/2906.00720.x.

Biswas, A.K., Morita, T., Yoshizaki, G., Maita, M. and Takeuchi, T., 2005a. Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture*, 243: 229-239 (a). DOI: 1016/10/j.aquaculture.10/2004.008.

Biswas, A.K., Seoka, M., Inoue, Y., Takii, K. and Kumai, K., 2005b. Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficieny and digestibility of red sea bream (*Pargus major*). *Aquaculture*, 250: 666-673 (b). DOI: 1016/10/j.aquaculture.04/2005.047.

Campos-Mendoza, A., McAndrew, B.J., Coward, K. and Bromage, N., 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*, 231: 299-314. DOI: 1016/10/j.aquaculture.10/2003.023.

Dorafshan, S., Kalbassi, M.R., Pourkazemi, M., Majazi Amiri, B. and Soltan Karimi, S., 2007. Effects of triploidy on the Caspian salmon (*Salmo trutta caspius*) haematology. *Fish Physiology and Biochemistry*, 34:195-200. DOI: 10.1007/s10695-007-9176-z.

Ergun, S., Yigit, M. and Turker, A., 2003. Growth and feed consumption of young rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to different photoperiods. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 55: 132-138. DOI: hdl.handle.net/10524/19078.

Fielder, D.S., Bardsley, W.J., Allan, G.L. and Pankhurst, P.M., 2002. Effect of photoperiod on growth and survival of snapper *Pagrus auratus* larvae. *Aquaculture*, 211: 135-150. DOI: 1016/10/S0044-8486(02)00006-6.

Ginés, R., Afonso, J.M., Arguello, A., Zamorano, M.J. and Lopéz, J.L., 2004. The effects of long-day photoperiod on growth, body composition and skin colour in immature gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*, 35: 1207-12. DOI: 1111/10/j.1365-2004/2109.01126.x.

Glebe, B., 2012. The Effect of Photoperiod on Growth and Maturationof Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in the Bay of Fundy. *Fisheries and Oceans Canada*, Issue 14.

Hansen, T., Stefansson, S. and Taranger, G.L., 1992. Growth and sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., reared in sea cages at two different light regimes. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23, 275–280. DOI: 1111/10/j.1365-1992/2109.tb00770.x.

Hansen, T., Karlsen, O., Taranger, G.L., Hemre, G.I., Holm, J.C. and Kjesbu, O.S., 2001. Growth, gonadal development and spawning time on Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture*, 203: 51-67. DOI: 1016/10/S0044-8486(01)00610-X.

Hildahl, J., Taranger, G.L., Norberg, B., Haug, T.M. and Weltzien, F.A., 2013. Differential regulation of GnRH ligand and receptor genes in the brain and pituitary of Atlantic cod exposed to different photoperiod. *General and Comparative Endocrinology*, 180: 7-14. DOI: 1016/10/j.ygcen.09/2012.025.

Hung, S.S.O., Groff, J.M., Lutes, P.B. and Kofifiynn-Aikins, F., 1990. Hepatic and intestinal histology of juvenile white sturgeon fed different carbohydrates. *Aquaculture*, 87: 349-360.

Migaud, H., Fontaine, P., Kestemont, P., Wang, N. and Brun-Bellut, J., 2004. Influence of photoperiod on the onset of gonadogenesis in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, 241: 561-574. DOI: 1016/10/j.aquaculture.07/2004.031.

Mustapha, M.K., Okafor, B.U., Olaoti, K.S. and Oyelakin, O.K., 2012. Effects of three different photoperiods on the growth and body coloration of juvenile African, *Clarias gariepinus* (Burchell). *Archives of Polish Fisheries*, 20: 55-59. DOI: 2478/10/v10086-012-0007-1.

Prayogo, N.A., Wijayanti, G.E., Murwantoko, Kawaichi M. and Astuti, P., 2012. Effect of photoperiods on melatonin levels, the expression cGnRH-II and sGnRH genes and estradiols level in hard-lipped barb (*Osteochilus hasselti* C.V.). *Global Veterinaria*, 8: 591-597. DOI: researchgate.net/publication/265805472.

Puvanendran, V. and Brown, J.A., 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, 214: 131-151. DOI: 1016/10/S0044-8486(02)00045-5.

Rad, F., Bozaoglu, S., Gozukara, S.E., Karhan, A. and Kurt, G., 2006. Effects of different long-day photoperiods on somatic growth and gonadal development in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) *Aquaculture*, 255: 292-300. DOI: 1016/10/j.aquaculture.11/2005.028.

Simensen, M.L., Jonassen, T.M., Imsland, A.K. and Stefansson, S., 2000. Photoperiod regulation of growth of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hipoglosus* L.). *Aquaculture*, 190: 119-128. DOI: 1016/10/S0044-8486(00)00397-5.

Stefansson, M.O., Fitz Gerald, R.D. and Cross, T.F., 2002. Growth, feed utilizatio and growth heterogeneity in juvenile *Scophthal musmaximus* (Rafinesque) under different photoperiod regimes. *Aquaculture Research*, 33: 177-187. DOI: 1046/10/j.1365-2002/2109.00651.x.

Turker, A. and Yildirim, O., 2011. Interrelationship of photoperiod with growth performance and feeding of seawater farmed rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 393-397. DOI: 4194/10/1303-2712-v11_3_08.

Unwin, M.J., Rowe, D.K., Poortenaar, C.W. and Boustead, N.C., 2005. Suppression of maturation in 2-year-old Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) reared under continuous photoperiod. *Aquaculture*, 246: 239-250. DOI: 1016/10/j.aquaculture.01/2005.022.

Investigating the effects of photoperiod on growth performance and sextual maturation of Caspian trout (*Salmo trutta caspius*)

Agh, N.[1*]; Irani, A.[1]

*n.agh@urmia.ac.ir

1- Artemia and Aquaculture Research Institute, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

Photoperiod is one of the very important environmental factors that extremely affect growth performance, feeding and reproduction of various fish species. Thus In this research effects of different photoperiod regimes on Caspian Salmon during the premature stage (18 months old at the beginning of experiment) were investigated. One thousand liter tank with 20 premature fishs were allocated for each treatment. Applied photoperiod regimes during 6 months experimental period were: (1) continues light (24L/0D), (2) 18L/6D during first three months and 6L/18D during second three months, (3) 6L/18D during first three months and 18L/6D during second three months and (4) continues dark (0L/24D). Results indicated that growth performance, feeding and reproduction were influenced by the photoperiod regimes. The highest values of SGR (0.44 % d^{-}) and the lowest values of FCR (4/3) were observed in treatment 4 that showed significant differences as compared with treatment 1 (0.35 % d^{-} and 4.4) treatment 2 (0.33 % d^{-} and 4.7) and treatment 3 (0.34 % d^{-} and 4.5). Maturation of females was not influenced by experimental photoperiod regimes but maturation of males was significantly influenced. As all males of treatment 2 reached sexual maturity at the end of experiment. In contrast, treatments 3 and 4 postponed gonad development and maturation of males. Therefore, to increase the growth of Caspian salmon, the 24-hour dark photoperiod and to stimulate its sexual maturation, the 18 and 6-hour light photpperiod is recomonded in the first and second trimesters of the six-month photpperiod regime, respectively.

Keywords: Caspian Salmon, Photoperiod, Growth performance, Maturation

*Corresponding author