CC BY

مقاله مروری:

اثر شرایط نوری محیط بر فیزیولوژی، رشد، تولیدمثل، شاخص‌های خونی، عملکرد ایمنی و رنگ‌آمیزی در ماهیان زینتی

رضا نهاوندی*[۱]، سعید تمدنی جهرمی[۲]، سیامک بهزادی[۲]، سجاد پورمظفر[۳]، محمدخلیل پذیر[۴]، محسن گذری [۲]، زهرا امینی خوئی[۵]

*Rezanahavandi91@gmail.com

۱-موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲-پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.
۳-ایستگاه تحقیقات نرمتنان خلیج فارس، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرلنگه، ایران.
٤-پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بوشهر، ایران
٥-مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ١٤٠٤ تاریخ پذیرش: فروردین ١٤٠٥

چکیده

نور یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر تنظیم رفتار، ریتم‌های زیستی و فرایندهای فیزیولوژیک ماهیان است. در آبزی‌پروری، شناخت اثرات ویژگی‌های مختلف نور، از جمله طیف طول موج، شدت روشنایی و دوره نوری، برای بهینه‌سازی رشد، سلامت و عملکرد تولیدمثلی اهمیت دارد. در پرورش ماهیان زینتی، علاوه بر رشد و بقا، ویژگی‌هایی مانند کیفیت و درخشندگی رنگ، موفقیت تولیدمثلی و وضعیت سلامت و عملکرد سیستم ایمنی نیز از شاخص‌های مهم تولید به شمار می‌روند. این مقاله مروری به بررسی اثرات شرایط نوری، شامل طیف‌های مختلف نور، به‌ویژه نورهای قرمز، آبی، سبز و سفید، شدت روشنایی، دوره نوری و رنگ پس‌زمینه مخازن، بر فیزیولوژی و عملکرد پرورشی ماهیان زینتی می‌پردازد. شواهد پژوهشی نشان می‌دهند که پاسخ ماهیان به شرایط نوری تحت تأثیر گونه، مرحله رشد و شرایط محیطی قرار دارد. نور از طریق تنظیم ریتم‌های شبانه‌روزی، ترشح ملاتونین و تعدیل محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–گناد می‌تواند بر بلوغ جنسی و عملکرد تولیدمثلی تأثیر بگذارد؛ بااین‌حال، جهت و شدت این اثرات در گونه‌های مختلف یکسان نیست. شرایط نوری همچنین ممکن است بر رشد، مصرف خوراک، ضریب تبدیل غذایی، پاسخ‌های استرس فیزیولوژیک، شاخص‌های خونی و عملکرد ایمنی تأثیرگذار باشد. افزون بر این، طیف نور و رنگ پس‌زمینه مخازن می‌توانند از طریق اثرگذاری بر سلول‌های رنگ‌دانه‌ای و سازوکارهای فیزیولوژیک مرتبط، بر ظاهر و شدت رنگ‌آمیزی ماهیان اثر بگذارند. در مجموع، انتخاب و مدیریت متناسب شرایط نوری با نیازهای اختصاصی هر گونه می‌تواند به بهبود سلامت، عملکرد تولیدمثلی، رشد و کیفیت ظاهری ماهیان زینتی کمک کند. با توجه به تفاوت پاسخ‌ها میان گونه‌ها، تعیین شرایط نوری بهینه مستلزم ارزیابی شواهد اختصاصی هر گونه و در نظر گرفتن برهم‌کنش عوامل محیطی و مدیریتی است.

کلمات کلیدی: نور، ماهیان زینتی، طیف نور، شدت روشنایی، دوره نوری، رشد، تولیدمثل، رنگ‌آمیزی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

مقدمه

رنگ‌بندی، جذابیت ظاهری و سلامت عمومی آبزیان زینتی، پایه‌های اصلی تجارت جهانی این گونه‌ها را تشکیل می‌دهند. در محیط‌های طبیعی، ماهیان از طریق تغذیه از منابع متنوع و قرارگیری در معرض چرخه‌های منظم نور خورشید، رنگدانه‌های لازم را دریافت کرده و چرخه‌های زیستی خود را تنظیم می‌کنند (Sathyaruban *et al*., 2021 ;Shirinabadi *et al*., 2013). با این‌حال، در محیط‌های پرورشی و محصور، تأمین این نیازها نیازمند مداخلات دقیق مدیریتی است. یکی از مهم‌ترین عناصر در ایجاد رنگ‌های درخشان در ماهیان، کاروتنوئیدها هستند. کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های طبیعی محلول در چربی هستند که در طیف رنگی زرد، نارنجی تا قرمز یافت می‌شوند و گیاهان، جلبک‌ها، قارچ‌ها و برخی باکتری‌ها آنها را سنتز می‌کنند. از آن‌جایی‌که ماهیان و سایر جانوران قادر به سنتز کاروتنوئیدها در بدن خود نیستند، باید این ترکیبات را از طریق جیره غذایی دریافت کنند (Moka, 2020; Sun *et al*., 2012; Gouveia *et al*., 2003). در آبزی‌پروری، کاروتنوئیدها نه‌تنها به عنوان رنگدانه عمل می‌کنند بلکه نقش‌های زیستی بسیار حیاتی در سلامت و بقاء ماهیان دارند. آستاگزانتین، کانتگزانتین، لوتئین و زآگزانتین از جمله رایج‌ترین کاروتنوئیدهای مورد استفاده در جیره آبزیان هستند (Lau *et al*., 2023). این ترکیبات پس از هضم و جذب در روده، از طریق جریان خون به بافت‌های مختلف از جمله پوست، عضله و تخمدان‌ها منتقل می‌شوند. در پوست، کاروتنوئیدها در سلول‌های رنگدانه‌ای ویژه‌ای به نام کروماتوفورها (به طور خاص زانتوفورها و اریتروفورها)، ذخیره شده و باعث ایجاد رنگ‌های جذاب در ماهیان زینتی مانند ماهی قرمز، کوی و انواع تتراها می‌گردند (Jorjani *et al*., 2019).

با وجود این، تجمع و بروز کاروتنوئیدها در پوست ماهیان تنها به تغذیه وابسته نیست، بلکه به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه نور قرار دارد. نور به عنوان یک محرک خارجی، ریتم‌های شبانه‌روزی ماهی را تنظیم کرده و سیگنال‌های لازم را برای توزیع یا تجمع رنگدانه‌ها در کروماتوفورها ارسال می‌کند (Pegu and Singh, 2023; Sánchez-Vázquez *et al*., 2019; Sakai et al., 2016). نور محیطی دارای سه ویژگی اصلی: شدت، طول موج یا طیف و دوره نوری، است. هر یک از این ویژگی‌ها تأثیرات عمیقی بر فیزیولوژی، رفتار، رشد، تولیدمثل و سیستم ایمنی آبزیان دارند. توسعه فناوری‌های نوین نظیر دیودهای ساطع‌کننده نور (LED)، انقلابی در آبزی‌پروری ایجاد کرده است. LEDs امکان کنترل دقیق طیف نوری، کاهش مصرف انرژی و ایجاد محیط‌های نوری سفارشی را فراهم آورده‌اند (Mehta and Raparia, 2025). با این‌حال، واکنش گونه‌های مختلف ماهیان به شرایط نوری یکسان نیست و پاسخ‌های زیستی متعددی در آنها مشاهده می‌شود. برای مثال، طیفی که برای رشد یک گونه مفید است، ممکن است در گونه‌ای دیگر موجب استرس یا اختلال در تولیدمثل شود. هدف اصلی از مطالعه حاضر، بررسی جامع و تحلیلی نقش نور محیط (با تأکید بر فناوری LED، فوتوپریود و رنگ پس‌زمینه)، بر شاخص‌های حیاتی آبزیان زینتی و پرورشی شامل تکثیر، رشد، بقاء، سیستم ایمنی و تغییرات رنگ پوست است. مطالعه حاضر، شکاف‌های موجود در درک تعاملات پیچیده بین گیرنده‌های نوری ماهیان و مسیرهای هورمونی (محور مغز-هیپوفیز-گناد) را پر می‌کند. همچنین با تجمیع داده‌های پراکنده در خصوص تأثیر طیف‌های نوری خاص بر رفتار تغذیه‌ای و استرس اکسیداتیو، یک راهنمای عملی برای بهینه‌سازی سیستم‌های پرورشی مداربسته و آکواریومی ارائه می‌دهد.

اثرات نور محیط بر فیزیولوژی

نور محیطی تأثیر زیادی بر فرایندهای فیزیولوژیک آبزیان دارد. از جمله مهم‌ترین این تأثیرات می‌توان به تنظیم ریتم‌های شبانه‌روزی، ترشح هورمون‌های مغزی نظیر ملاتونین و تعدیل رفتارهای تغذیه‌ای از طریق نوروپپتیدها اشاره کرد (Xu *et al*., 2023). گیرنده‌های نوری در شبکیه چشم و غده پینه‌آل، فوتون‌های نوری را دریافت کرده و با مهار یا تحریک سنتز هورمون‌ها، چرخه سوخت‌وساز ماهی را هدایت می‌کنند. نور مناسب می‌تواند باعث بهبود هضم، افزایش اشتها و کاهش استرس شود درحالی‌که نور نامناسب با اختلال در ریتم زیستی، موجب هدررفت انرژی و تضعیف سیستم ایمنی می‌گردد (Mehta and Raparia, 2025).

در مطالعه‌ای بر بچه ماهیان هامور خال‌قرمز (*Epinephelus akaara*)، محققان تأثیر چهار طیف نوری LED (سفید، قرمز، آبی و سبز) را بر بیان ژن‌های مرتبط با رشد و فیزیولوژی تغذیه ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که بیان ژن نوروپپتید Y (NPY) که محرک اصلی اشتهاست، در هر چهار گروه نوری افزایش

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

یافت، اما گروه نور سفید بهترین تعادل فیزیولوژیک را در بیان ژن‌های CCK (کوله سیستوکینین) و PSS-I (پری‌پرو سوماتوستاتین) نشان داد (Xu *et al*., 2023). در مطالعه‌ای دیگر، رفتار حرکتی و ترجیح نوری در ماهی گوپی (*Poecilia reticulata*) بررسی شد. ماهیان در یک مخزن با شدت نوری (۵۹۰۰-۳۲۰۰ لوکس) قرار گرفتند. مشاهدات نشان داد که گوپی‌ها در محیط‌های دارای شدت نوری، فعالیت حرکتی خود را تا ۳۰ درصد افزایش می‌دهند و دارای بیشترین فرکانس حضور در محدوده نوری ۴۷۰۰ لوکس هستند. این امر نشان‌دهنده رفتار جستجوگرانه فعال در روشنایی بالاست (Ruchin, 2020). مطالعه بر رفتار تغذیه‌ای تیلاپیا نشان داد که محیط‌های نوری متفاوت می‌توانند نرخ تبدیل غذایی (FCR) را تغییر دهند. استفاده از نور قرمز باعث افزایش انگیزه تغذیه و کاهش چشمگیر هدر رفت خوراک در مقایسه با نورهای آبی و سبز گردید (Lopez-Betancur *et al*., 2020). همچنین انتقال ناگهانی شدت نور باعث بروز رفتارهای نامنظم و استرس حاد در ماهیان می‌شود درحالی‌که سیستم‌های کنترلی پیشرفته LED با ایجاد طلوع و غروب تدریجی مصنوعی، پایداری فیزیولوژیک را تضمین می‌کنند (Mehta and Raparia, 2025).

نور تنها یک عامل برای دیدن محیط نیست، بلکه به طور مستقیم به هسته‌های هیپوتالاموس متصل است و ترشح نوروپپتیدهایی نظیر NPY (محرک اشتها) را کنترل می‌کند (Volkoff, 2024; Xu *et al*., 2022; Takahashi *et al*., 2018). افزایش فعالیت حرکتی در ماهیان گوپی (*P. reticulata*) تحت روشنایی بالا نشان می‌دهد که این گونه برای یافتن غذا به‌شدت به محرک‌های بینایی و نوری وابسته است (Ruchin, 2020). به‌علاوه، نورهای با طول موج خاص می‌توانند پاسخ‌های استرسی ایجاد کنند (Volpato *et al*., 2001). افزایش رفتارهای تهاجمی در نور سبز برای برخی گونه‌ها، اهمیت انتخاب دقیق طیف نوری متناسب با اکولوژی طبیعی هر ماهی را برجسته می‌سازد.

اثرات نور محیط بر رشد

رشد مهم‌ترین شاخص ارزیابی عملکرد در سیستم‌های پرورشی است. نور از طریق اثر بر مدت زمان تغذیه، فعالیت فیزیکی، ضریب تبدیل غذایی و ترشح هورمون رشد از غده هیپوفیز، مستقیماً بر میزان افزایش وزن و طول ماهی اثر می‌گذارد (Noureldin *et al*., 2021; Abdollahpour *et al*., 2020; Shin *et al*., 2012). برخی از گونه‌ها تحت نورهای پیوسته به دلیل داشتن زمان بیشتر برای تغذیه، رشد بالاتری دارند درحالی‌که در سایر گونه‌ها این امر منجر به استرس و کاهش رشد می‌شود (Ganesh *et al*., 2015). همچنین طول موج‌های نوری (رنگ نور) می‌توانند گیرنده‌های شبکیه را تحریک کرده و از طریق غده تیروئید و هیپوفیز، متابولیسم پایه‌ای و ترشح هورمون رشد را تنظیم کنند. در پژوهشی بر ماهی گلدفیش (*Carassius auratus*)، محققان تأثیر نورهای LED سفید، قرمز، سبز و آبی را با دوره نوری ۱۲ ساعته بررسی کردند و نتایج نشان داد که ماهیانی که تحت تابش طیف نور آبی قرار گرفتند، بهترین نرخ رشد ویژه (SGR) را با مقدار ۵/۳۳ درصد در روز تجربه کردند درحالی‌که رشد در نور قرمز ۳/۴۶درصد بود (Sabrina *et al*., 2023).

در مطالعه‌ای بر لاروهای خرگوش ماهی (*Siganus guttatus*)، تأثیر نور پیوسته (۲۴ ساعت روشنایی) با نور طبیعی مقایسه شد. لاروها در زیر نور پیوسته در روز هفتم دارای طول استاندارد بیشتری (۳/۴۹ میلی‌متر) نسبت به گروه کنترل (۳/۲۱ میلی‌متر) بودند و نرخ بقاء آنها نیز به طور قابل توجهی بالاتر بود (Duray and Kohno, 1988). در پرورش بچه‌ماهی تیلاپیای نیل تحت روشنایی مداوم (۲۴ ساعته) با شدت‌های نوری متفاوت (بالا، متوسط و پایین)، نتایج نشان داد که ماهیان در شدت‌های نوری بالا و متوسط ۲۰-۱۳ درصد دارای وزن بالاتر و ۸-۶ درصد طویل‌تر از ماهیان در دوره نوری استاندارد بودند (Martinez-Chavez *et al*., 2021). Ndobe و همکاران (۲۰۲۳) اثر رنگ پس‌زمینه مخزن (قرمز، نارنجی، بنفش، آبی، زرد) را بر رشد بچه ماهیان کوی (*Cyprinus carpio*) ارزیابی کردند. بیشترین میزان رشد طولی و وزنی در مخازن با پس‌زمینه نارنجی رنگ به‌دست آمد که نشان‌دهنده تأثیر کنتراست بصری بر کارایی تغذیه است (Ndobe *et al*., 2023). تأثیر طیف نوری بر رشد به‌شدت وابسته به گونه است. در ماهی گلدفیش که یک ماهی روزگرد است، سلول‌های مخروطی چشم حساسیت بالایی به طیف آبی (۵۰۰-۴۴۰ نانومتر) دارند. ورود نور آبی به شبکیه موجب تحریک محور هیپوتالاموس-هیپوفیز می‌شود و با تحریک ترشح هورمون‌های تیروئیدی، فعالیت هورمون رشد را تقویت می‌کند (Sabrina *et al*., 2023). به‌علاوه، در گونه‌هایی مانند تیلاپیا، نور قرمز با افزایش انگیزه تغذیه موجب رشد بهتر

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

می‌گردد (Lopez-Betancur *et al*., 2020) . افزایش طول دوره روشنایی به ۲۴ ساعت، زمان دسترسی به غذا را برای تغذیه‌کنندگان بصری افزایش می‌دهد و جبران کمبودهای غذایی اولیه را ممکن می‌سازد. تأثیر رنگ پس‌زمینه مخزن در ماهیان کوی نیز مؤید اهمیت کنتراست محیطی در قابلیت رؤیت پلت‌های غذایی و کاهش انرژی صرف شده برای جستجوی غذاست.

تأثیر نور محیط بر تولیدمثل و تکثیر

کنترل و مدیریت تولیدمثل در آبزیان زینتی و پرورشی، قلب تپنده توسعه اقتصادی در این صنعت به‌شمار می‌رود. نور به عنوان کلیدی‌ترین عامل محیطی، وظیفه زمان‌بندی و همگام‌سازی چرخه‌های تولیدمثلی را بر عهده دارد. مکانیسم تأثیر نور بر تولیدمثل از طریق سیستم فوتونوروآندوکرین صورت می‌پذیرد. در ماهیان، غده پینه‌آل به عنوان یک دریافت‌کننده مستقیم نور عمل کرده و هورمون ملاتونین را در پاسخ به تاریکی ترشح می‌کند. نوسانات ترشح ملاتونین، اطلاعات مربوط به طول روز و فصل را به محور مغز-هیپوفیز-گناد مخابره می‌نماید.

در محورمغز، هیپوفیز و گناد سیستم عصبی با ترشح نوروپپتیدهای کلیدی نظیر کیس‌پپتین که به‌وسیله ژن‌های Kiss1 و Kiss2 کدگذاری می‌شوند و گیرنده‌های آنها GPR54، نقش تنظیم‌کننده را ایفاء می‌کند. کیس‌پپتین‌ها به طور مستقیم نورون‌های ترشح‌کننده هورمون آزادکننده گنادوتروپین (GnRH) را تحریک می‌کنند و به دنبال آن، GnRH بر هیپوفیز اثر می‌گذارد و باعث ترشح گنادوتروپین‌ها شامل هورمون محرک فولیکول (FSH) و هورمون لوتئینه کننده (LH)می‌شود. هورمون FSH در مراحل اولیه زرده‌سازی و اسپرم‌سازی دخیل است درحالی‌که هورمون LH نقش اساسی را در بلوغ نهایی و تخمک‌گذاری (اوولاسیون) و اسپرم‌سازی ایفاء می‌کند. در یک آزمایش بر بچه ماهیان هامور خال‌قرمز، محققان اثر تابش دو ماهه LEDs سفید، قرمز، آبی و سبز را بر هورمون‌های محور تولیدمثلی بررسی کردند. پس از دو ماه، توسعه گنادی در تمامی گروه‌های نوری از مرحله تخمک‌های دارای هستک کروماتین به مرحله تخمک‌های اطراف هسته‌ای پیشرفت کرد. نتایج مولکولی نشان داد که بیان ژن‌های Kiss2 و گیرنده آن (GPR54) در تمامی گروه‌های تحت تابش LED به طور معناداری افزایش یافت. همچنین بیان ژن sbGnRH در گروه‌های نور سفید و آبی با افزایش چشمگیری همراه بود. با وجود این، بیان ژن‌های زیر واحد بتای FSH و LH تفاوت معناداری نداشت که نشان‌دهنده قرار داشتن این ماهیان در مراحل ابتدایی بلوغ است و هورمون‌های هیپوفیزی هنوز نقش فعال نهایی خود را آغاز نکرده‌اند (Xu *et al*., 2023). یک مطالعه بر تیلاپیای نیل، تأثیر نور پیوسته (۲۴ ساعته) بر روند تکامل گنادی مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی نمونه‌برداری از بافت به صورت مکرر در روزهای متوالی پس از تفریخ انجام شد. محققان دریافتند که نور پیوسته باعث ایجاد دوشکلی فیزیولوژیک در روند بلوغ نرها و ماده‌ها می‌شود. در ماهیان نر، روند تولید اسپرم در مقایسه با گروه کنترل با تأخیر مواجه شد. در مقابل، روند تکامل تخمک‌ها در ماهیان ماده با سرعت بیشتری پیش رفت و آنها سریع‌تر به مراحل پیشرفته بلوغ تخمدان دست یافتند (Martinez-Chavez *et al*., 2021)

Garcia و همکاران (۲۰۲۰) در یک آزمایش ماهیان زینتی تترا امپراتور را از مرحله نوجوانی تحت تابش LEDs رنگی قرار دادند. تمایز جنسی خارجی در طول دوره ۱۲ هفته‌ای آزمایش رخ داد و نرها با رنگ‌های درخشان‌تر و ایجاد باله دمی سه‌شاخه متمایز شدند اما نتیجه بسیار مهم و کاربردی این بود که طیف‌های نوری قرمز و آبی توانستند، نسبت جنسی جمعیت را به طور قابل‌توجهی دستخوش تغییر کنند. در نورهای قرمز و آبی، نسبت ماهیان ماده به نر به ۳ به ۱ انحراف پیدا کرد درحالی‌که در نورهای سفید و سبز نسبت جنسی ۱به۱ باقی ماند (Garcia *et al*., 2020) دستکاری فوتوپریود یک استاندارد تثبیت‌شده برای تغییر فصل تخم‌ریزی است. برای مثال، در هچری‌های قزل‌آلا در ایالات متحده، با استفاده از سیستم‌های LED قابل برنامه‌ریزی که تغییرات فصلی نور خورشید را در طول سال شبیه‌سازی می‌کنند، تخم‌ریزی ماهیان در مخازن مختلف همگام‌سازی شده است. این روش با تنظیم شدت و دمای رنگ نور، منجر به افزایش ۳۰ درصدی تولید تخم و بهبود نرخ لقاح و بقاء لاروها گردید (Mehta and Raparia, 2025).

فعال‌سازی ژن‌های پیش‌ساز بلوغ نظیر Kiss2 و GPR54 تحت تابش LED نشان‌دهنده حساسیت بالای نورون‌های کیس‌پپتین به ویژگی‌های فوتونی محیط است (Xu *et al*., 2023). همچنین تأخیر در بلوغ جنسی نرها با استفاده از نور پیوسته، یک راهکار مدیریتی است، زیرا بلوغ زودرس در بسیاری از گونه‌ها موجب توقف رشد و کاهش ارزش تجاری ماهی می‌شود.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

اثر نور محیط بر شاخص‌های خونی و سیستم ایمنی

سیستم ایمنی آبزیان به‌شدت متأثر از محرک‌های محیطی است. استرس‌های ناشی از سیستم‌های نوری نامناسب (شدت بیش از حد نور، نوسانات ناگهانی خاموش و روشن شدن، یا طول موج‌های نامطلوب)، باعث فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-اینتررنال و ترشح مقادیر بالای هورمون کورتیزول به خون می‌شود (Ryu *et al*., 2020; Heydarnejad *et al*., 2017; Song *et al*., 2016). افزایش کورتیزول در طولانی مدت موجب سرکوب سیستم ایمنی، کاهش سلول‌های دفاعی و افزایش حساسیت به بیماری‌های عفونی می‌گردد. همچنین استرس نوری تولید رادیکال‌های آزاد و استرس اکسیداتیو را تشدید می‌کند که نیازمند پاسخ سیستم آنتی‌اکسیدانی بدن ماهی است (Mehta and Raparia, 2025; Grzelak *et al*., 2017; Choi *et al*., 2012; Yin *et al*., 1995). مطالعات اخیر بر ماهی گوپی (*P. reticulata*) و ماهی طلایی (*C. auratus*) نشان داد که شرایط نوری نامناسب (به‌ویژه شدت بالای نور سبز، سفید و یا روشنایی کامل) منجر به افزایش سطح کورتیزول، کاهش تعداد گلبول‌های سفید و کاهش فعالیت لیزوزیم می‌شود (Ruchin, 2020; Noureldin *et al*., 2021). Lopez-Betancur و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که نور سبز در تیلاپیا به عنوان یک عامل استرس‌زا عمل می‌کند و منجر به افزایش ترشح کورتیزول می‌گردد. این پاسخ استرسی موجب تجزیه بافت‌های پروتئینی برای تأمین انرژی تقابلی و کاهش قابل توجه بقاء تا ۵۹/۹ درصد در مقایسه با سایر محیط‌های نوری شد. در مقابل، نور آبی به دلیل اثرات آرام‌بخشی بر سیستم عصبی، استرس محیطی را کاهش داد. در بررسی ترکیب بدن تیلاپیا در زیر نور آبی، کاهش استرس باعث کاهش هدررفت انرژی و در نتیجه، ثبت بالاترین میزان پروتئین در بافت بدن این ماهی شد (Lopez-Betancur *et al*., 2020). استفاده از سیستم‌های هوشمند LED با قابلیت ایجاد دوره‌های گذار نوری ملایم، از ایجاد شوک‌های نوری شبانه جلوگیری می‌کند و رفتارهای عصبی و آسیب‌های فیزیکی ناشی از برخورد ماهیان با دیواره‌ها را به حداقل می‌رساند که این امر مستقیماً نرخ بقاء را افزایش می‌دهد (Mehta and Raparia, 2025). Martinez-Chavez و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که بالاترین میزان تلفات (۱۲ درصد) در ماهیان تیلاپیا دقیقاً در تیماری رخ داد که در معرض بالاترین شدت نوری پیوسته قرار داشتند. مشاهدات رفتاری نشان داد که این شدت نور بالا موجب پرخاشگری فیزیکی و حالت هشدار مستمر در ماهیان شد که منجر به استرس و در نهایت تلفات گردید (Martinez-Chavez *et al*., 2021). ایجاد شرایط مناسب برای آبزیان مستلزم پرهیز از آلودگی‌های نوری و تنش‌های مرتبط با آن است. طیف‌های آرام‌بخش نظیر نور آبی، با کاهش سطح فعالیت‌های تهاجمی و کورتیزول، نقش یک سپر حفاظتی غیرمستقیم را ایفاء می‌کنند. همچنین شدت نور باید بر اساس اکولوژی زیستگاه طبیعی گونه تنظیم شود.

نقش نور در تغییر رنگ پوست آبزیان زینتی

در تجارت آبزیان زینتی، رنگ و درخشندگی ماهیان عامل اصلی تعیین‌کننده ارزش اقتصادی آن‌ها محسوب می‌شود. بروز رنگ در پوست ماهیان ناشی از فعالیت سلول‌های رنگدانه‌ای به نام کروماتوفورهاست که در لایه اپیدرم و درم قرار دارند. تجمع یا پراکندگی گرانول‌های رنگدانه درون این سلول‌ها، باعث تیرگی یا روشنی رنگ ماهی می‌شود. این تغییرات به دو صورت فیزیولوژیک (تغییرات سریع و کوتاه‌مدت تحت کنترل سیستم عصبی) و مورفولوژیک (تغییرات کند و بلندمدت ناشی از سنتز رنگدانه‌های جدید و افزایش تعداد کروماتوفورها)، بروز می‌کند. سیستم عصبی و هورمون‌هایی نظیر ملانوسیت استیمولیتینگ هورمون، اپی‌نفرین و استیل‌کولین مستقیماً تحت تأثیر اطلاعات نوری دریافت‌شده از چشم قرار می‌گیرند و وضعیت کروماتوفورها را کنترل می‌کنند. در آزمایشی بر ماهی گلدفیش (*Carassius auratus*)، تأثیر چهار طیف LED بر درخشندگی رنگ ماهی ارزیابی شد. نتایج آزمایش نشان داد که طیف نور قرمز بیشترین تأثیر را در افزایش شدت رنگ گلدفیش داشته است. درخشندگی رنگ در تیمار نور قرمز به ۶۳/۰۴ درصد رسید که اختلاف معناداری با سایر طیف‌ها داشت. دلیل این امر، توانایی نور قرمز در جلوگیری از هیدرولیز و تخریب آستاگزانتین در سلول‌های کروماتوفور و کمک به توزیع گسترده گرانول‌های رنگدانه بیان شده است Ndob (Sabrina *et al*., 2023) و همکاران (۲۰۲۳) با پرورش بچه ماهیان کوی در مخازنی با رنگ

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

پس‌زمینه متفاوت، نشان دادند که رنگ پس‌زمینه محیط نقش کلیدی در فرایند هم‌رنگ‌سازی و استتار فیزیولوژیک دارد. مخازن دارای پس‌زمینه نارنجی، موجب تحریک سلول‌های رنگدانه‌ای نارنجی به قرمز شدند (Ndobe *et al.*, 2023). Garcia و همکاران در مطالعه ماهی زینتی تترا امپراتور دریافتند که محیط نوری، باعث بروز تمایزات رنگی عمیقی بین دو جنس می‌شود. فارغ از این‌که ماهی در چه رنگی از نور پرورش یافته است، در شرایط محیطی پایدار آزمایشگاه، ماهیان نر به‌مراتب رنگارنگ‌تر از ماده‌ها شدند که این امر نشان‌دهنده تأثیر شرایط کنترل‌شده بر بروز صفات ثانویه جنسی است (Garcia *et al.*, 2020). در سیستمی متفاوت با استفاده از بیوفلوک، Lopez-Betancur (۲۰۲۰) مشاهده کردند که نور قرمز باعث افزایش چشمگیر ذخایر لیپیدی در تیلاپیا می‌شود. از آن‌جایی‌که کاروتنوئیدهای مسئول رنگ، ماهیتی محلول در چربی دارند، افزایش لیپیدهای بافتی می‌تواند محیط مناسب‌تری برای انحلال و رسوب رنگدانه‌ها فراهم کند و به طور غیرمستقیم پتانسیل رنگ‌پذیری ماهی را ارتقاء بخشد (Lopez-Betancur *et al.*, 2020). درخشان‌سازی رنگ آبزیان زینتی فرایندی دوگانه شامل تأمین جیره غنی از کاروتنوئید و تحریک نوری است. استفاده از طیف‌های نور قرمز و مخازن با پس‌زمینه رنگی مناسب، با جلوگیری از تخریب آستاگزانتین و تحریک سیستم عصبی جهت پراکنده‌سازی رنگدانه‌ها، بهترین و ارزان‌ترین راهکار برای افزایش جذابیت ظاهری و ارزش تجاری این ماهیان محسوب می‌شود (Sabrina *et al.*, 2023).

نتیجه‌گیری

نور محیطی به عنوان یک محرک بنیادین و تنظیم‌کننده پیچیده‌ترین شبکه‌های زیستی در آبزیان شناخته شده است. در صنعت رو به رشد ماهیان زینتی و سیستم‌های متراکم آبزی‌پروری، درک صحیح از نقش چندگانه شاخص‌های نوری شامل طول موج (طیف)، دوره نوری، شدت نور و رنگ پس‌زمینه مرز بین موفقیت تجاری و شکست را تعیین می‌کند. بررسی‌های جامع در مطالعه حاضر، نشان می‌دهد که هر یک از ویژگی‌های نور می‌تواند به عنوان یک کلید اختصاصی برای فعال‌سازی یا غیرفعال‌سازی مسیرهای ژنتیکی و هورمونی عمل نماید. در بحث فیزیولوژی و سیستم ایمنی، مشخص گردید که نورهای تنش‌زا که با اکولوژی گونه در تضاد هستند، نظیر نور سبز در برخی گونه‌ها، باعث افزایش ترشح کورتیزول می‌شوند که نتیجه مستقیم آن کاهش بقاء است. ولی استفاده از تکنولوژی LED و ایجاد دوره‌های روشنایی ملایم و استفاده از نورهایی با خاصیت آرام‌بخش نظیر نور آبی، ضامن حفظ رفاه ماهی و ارتقاء پاسخ‌های ایمنولوژیک است. نور با طول موج بلند (قرمز) و کنتراست‌های پس‌زمینه، کروماتوفورها را تحریک کرده و با پیشگیری از تخریب آستاگزانتین، رنگ‌هایی زنده و درخشان ایجاد می‌کند که ارزش اقتصادی ماهی را دوچندان می‌سازد.

منابع

Abdollahpour, H., Falahatkar, B. and Lawrence, C., 2020. The effect of photoperiod on growth and spawning performance of zebrafish, *Danio rerio*. Aquaculture Reports, 17, p.100295. DOI:10.1016/j.aqrep.2020.100295

Choi, C.Y., Shin, H.S., Choi, Y.J., Kim, N.N., Lee, J. and Kil, G.S., 2012. Effect of LED light spectra on starvation-induced oxidative stress in the cinnamon clownfish *Amphiprion melanopus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 163(3–4), 357–363. DOI:10.1016/j.cbpa.2012.07.005

Duray, M. and Kohno, H., 1988. Effects of continuous lighting on growth and survival of first-feeding larval rabbitfish, *Siganus guttatus*. *Aquaculture*, 27(2), 73-79. DOI:10.1016/0044-8486(88)90147-0

Ganesh, C.B., Menage, N., Pujari, P., Olekar, R. and Revankar, S., 2015. influence of different light intensities on growth, survival and hatchling success in the mosquito fish *Gambusia Affinis*. *Journal of Ecophysiology and Occupational Health.*, 15(1), 39-44.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

Garcia, L.N., Marin, A.F. and Chapman, F.A., 2020. Effects of different color artificial lights on growth, survival, and sex ratio on an experimental population of freshwater ornamental emperor tetra fish *Nematobrycon palmeri*. *AACL Bioflux*, 13(2), 1048-1054.

Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. and Empis, J., 2003. Colouring ornamental fish (Cyprinus carpio and Carassius auratus) with microalgal biomass. Aquaculture nutrition, 9(2), pp.123-129. DOI: 10.1046/j.1365-2095.2003.00233.x

Grzelak, A.K., Davis, D.J., Caraker, S.M., Crim, M.J., Spitsbergen, J.M. and Wiedmeyer, C.E., 2017. Stress leukogram induced by acute and chronic stress in zebrafish (*Danio rerio*). *Comparative Medicine*, 67(3), 263–269. PMID:28662755

Heydarnejad, M.S., Fattollahi, M. and Khoshkam, M., 2017. Influence of light colours on growth and stress response of pearl gourami *Trichopodus leerii* under laboratory conditions. *Journal of Ichthyology*, 57(6), 908–912. DOI:10.1134/S0032945217060054

Jorjani, M., Sharifrohani, M., Mirhashemi Rostami, A. and Tan, S.H., 2019. Effects of *Hibiscus rosasiensis* as a natural carotenoid on growth performance, body composition, pigmentation and carotenoid in blood plasma of blue gourami. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 18(4), 619-634. DOI:20.1001.1.15622916.2019.18.4.23.4

Lau, C.C., Mohd Nor, S.A., Tan, M.P., Yeong, Y.S., Wong, L.L., Van de Peer, Y., Sorgeloos, P. and Danish-Daniel, M., 2023. Pigmentation enhancement techniques during ornamental fish production. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 33(4), pp.1027-1048. DOI: 10.1007/s11160-023-09777-4

Lopez-Betancur, D., Moreno, I., Guerrero-Mendez, C., Gómez-Meléndez, D., Macias P., M.J. and Olvera-Olvera, C., 2020. Effects of colored light on growth and nutritional composition of tilapia, and biofloc as a food source. *Applied Sciences*, 10(1), 352.362. DOI:10.3390/app10010362

Martinez-Chavez, C.C., Navarrete-Ramírez, P., Parke, D.V. and Migaud, H., 2021. Effects of continuous light and light intensity on the growth performance and gonadal development of Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 21(6), 224-232. DOI:10.37496/rbz5020180275

Mehta, J. and Raparia, S., 2025. A review on fish culture practices based on artificial light commercialised industrial projects. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 13(1), 189-194. DOI:10.22271/fish.2025.v13.i1c.3033

Maoka, T., 2020. Carotenoids as natural functional pigments. Journal of natural medicines, 74(1), pp.1-16. DOI: 10.1007/s11418-019-01364-x

Ndobe, S., Madinawati, Gani, A., Sangkota, I.S.L., Tobigo, D.T., Nilawati, J. and Mangitung, S.F., 2023. Brightness of koi carp (*Cyprinus carpio*) juveniles reared in tanks with different coloured backgrounds. *Advances in Biological Sciences Research*, 16(7), 118-127. DOI:10.2991/978-94-6463-334-4_13

Noureldin, S.M., Diab, A.M., Salah, A.S. and Mohamed, R.A., 2021. Effect of different monochromatic LED light colors on growth performance, behavior, immune-physiological responses of gold fish, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 15(6), 78-91. DOI:10.1016/j.aquaculture.2021.736532

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

Pegu, M. and Singh, M.K., 2025. Pigmentation and colour changing mechanism in fishes. Fish Physiology and Biochemistry, 51(4), p.132. DOI: 10.1007/s10695-025-01549-0

Ruchin, A.B., 2020. Effect of illumination on growth and behavior of Guppy, *Poecilia reticulata*. *Periódico Tchê Química*, 17(35), 338-345. DOI:10.52571/PTQ.v17.n35.2020.30

Ryu, H.S., Song, J.A., Park, H.S., Choi, Y.J. and Choi, C.Y., 2020. Physiological and oxidative stress response of goldfish *Carassius auratus* induced by a light dimming system. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46, 585–595. DOI:10.1007/s10695-019-00733-3

Sabrina, A.N., Mukti, A.T., Suciyono, Kenconojati, H., Ulkhaq, M.F., Fasya, A.H., Lamadi, A., Imlani, A. and Mariah D., S.R., 2023. Color brightness and growth levels of goldfish (*Carassius auratus*) reared with different light spectrums. *Jurnal Medik Veteriner*, 6(2), 250-255. DOI:10.20473/jmv.vol6.iss2.2023.250-255

Sakai, Y., Ohtsuki, H., Kasagi, S., Kawamura, S. and Kawata, M., 2016. Effects of light environment during growth on the expression of cone opsin genes and behavioral spectral sensitivities in guppies (Poecilia reticulata). BMC Evolutionary Biology, 16(1), p.106. DOI: 10.1186/s12862-016-0679-z

Sánchez-Vázquez, F.J., López-Olmeda, J.F., Vera, L.M., Migaud, H., López-Patiño, M.A. and Míguez, J.M., 2019. Environmental cycles, melatonin, and circadian control of stress response in fish. Frontiers in Endocrinology, 10, p.279. DOI: 10.3389/fendo.2019.00279

Shin, H. S., Lee, J. and Choi, C.Y., 2012. Effects of LED light spectra on the growth of the yellowtail clownfish *Amphiprion clarkii*. *Fisheries Science*, 78(3), 549–556. DOI:10.1007/s12562-012-0482-8

Shirinabadi, M., Matinfar, A., Kamali, A. and Hosseinzadeh, H., 2013. Effect of different light regimes on the maturational progress of the whitespotted rabbitfish (*Siganus sutor*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(4), 916-927. DOI:10.20473/jmv.vol6.iss2.2023.250-255

Sathyaruban, S., Uluwaduge, D.I., Yohi, S. and Kuganathan, S., 2021. Potential natural carotenoid sources for the colouration of ornamental fish: a review. Aquaculture International, 29(4), pp.1507-1528. DOI: 10.1007/S10499-021-00689-3

Song, J. A., Kim, N. N., Choi, Y. J. and Choi, C. Y. (2016). Effect of green light spectra on the reduction of retinal damage and stress in goldfish, *Carassius auratus*. Biochemical and Biophysical Research Communications, 476(2), 96–101. DOI: 10.1016/j.bbrc.2016.05.049

Sun, X., Chang, Y., Ye, Y., Ma, Z., Liang, Y., Li, T., Jiang, N., Xing, W. and Luo, L., 2012. The effect of dietary pigments on the coloration of Japanese ornamental carp (koi, *Cyprinus carpio* L.). Aquaculture, 342, pp.62-68. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.02.019

Takahashi, A., Kasagi, S., Murakami, N., Furufuji, S., Kikuchi, S., Mizusawa, K. and Andoh, T., 2018. Effects of different green light intensities on the growth performance and endocrine properties of barfin flounder Verasper moseri. General and comparative endocrinology, 257, pp.203-210. DOI: 10.1016/j.ygcen.2017.04.003.

Volkoff, H., 2024. The effects of environmental changes on the endocrine regulation of feeding in fishes. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences,

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

379(1898), p.20220503. DOI: 10.1098/rstb.2022.0503

Volpato, G.L. Quemener, L. and Roux, A., 2001. Environmental blue light prevents stress in the nile tilapia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research.*, 34(11), 1041-1045. DOI:10.1590/S0100-879X2001000800011

Xu, W., Zou, H., Zeng, J., Mei, W. and Choi, S., 2023. Effects of various LED light spectra on growth, gonadal development, and growth-/reproduction-related hormones in the juvenile red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Animals*, 13(13), 266-275. DOI:10.3390/ani13132047

Xu, H., Shi, C., Ye, Y., Mu, C. and Wang, C., 2022. Photoperiod-independent diurnal feeding improved the growth and feed utilization of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by inducing food anticipatory activity. Frontiers in Marine Science, 9, p.1029483. DOI:10.3389/fmars.2022.1029483

Yin, Z., Lam, T.J. and Sin, Y.M., 1995. The effects of crowding stress on the non-specific immune response in fancy carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 5(7), 519–529. DOI: 10.1016/S1050-4648(95)80052-2

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]

Review Article:

Effects of Environmental Light Conditions on Physiology, Growth, Reproduction, Hematological Parameters, Immune Function, and Coloration in Ornamental Fish

Nahavandi R.[1]; Tamadoni Jahromi S.[2]; Behzadi S.[2]; Pourmozaffar S.[3]; Pazir M.Kh.[4]; Gozari M.[2]; Amini Khoei Z.[5]

*Rezanahavandi91@gmail.com

1-Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2-Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran
3-Persian Gulf Mollusks Research Station, Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar-e-Lengeh. Iran
4-Iran Shrimp Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Boushehr, Iran
5-Offshore Fisheries Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Chabahar, Iran

Abstract

Light is one of the most important environmental factors regulating behavior, biological rhythms, and physiological processes in fish. In aquaculture, understanding the effects of different light characteristics, including spectral composition, light intensity, and photoperiod, is essential for optimizing growth, health, and reproductive performance. In ornamental fish culture, production quality is evaluated not only by growth and survival but also by coloration and color intensity, reproductive success, and immune status. This review examines the effects of environmental light conditions, including different light spectra, particularly red, blue, green, and white light, light intensity, photoperiod, and tank background color, on the physiology and culture performance of ornamental fish. Available evidence indicates that fish responses to lighting conditions depend on species, developmental stage, and environmental context. Through the regulation of circadian rhythms, melatonin secretion, and the hypothalamic–pituitary–gonadal axis, light can influence sexual maturation and reproductive performance; however, the direction and magnitude of these effects vary among species. Lighting conditions may also affect growth, feed intake, feed conversion ratio, physiological stress responses, hematological parameters, and immune function. Furthermore, light spectrum and tank background color may influence the appearance and intensity of fish coloration through their effects on pigment cells and related physiological mechanisms. Overall, selecting and managing lighting conditions according to species-specific requirements may help improve the health, reproductive performance, growth, and visual quality of ornamental fish. Given the variation in responses among species, identifying optimal lighting conditions requires the evaluation of species-specific evidence and consideration of interactions among environmental and management factors.

Keywords: Light, ornamental fish, light spectrum, light intensity, photoperiod, growth, reproduction, coloration

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.22034/JOA.13.3.19]