



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 9, No. 4, 2024, pages: 31-45
DOI: 10.22124/janb.2024.26532.1232



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of different photoperiods on growth indices of female sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*

Bahman Meknetkhah¹, Masoud Sattari¹, Bahram Falahatkar^{1*}, Samaneh Poursaeid²

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara,
Guilan, Iran

2- Cell Biology Department, University of Connecticut Health Center, Farmington, Connecticut,
United states of America

Received 27 October 2023

Revised 18 December 2023

Accepted 20 December 2023

KEYWORDS

Light regime

Sturgeon

broodstock

Biometric

characteristics

Food

conversion

ratio

ABSTRACT

Introduction: Light is one of the most important environmental factors influencing the physiological activities and growth of living organisms, including various fish species. Sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus* is a sturgeon species native in northern latitudes with shorter light periods, however, due to high performance in rearing, it has been distributed in different regions of the world with different latitudes.

Materials and methods: This study was carried out to examine the effects of various photoperiods on growth indices and survival rate of female sterlet sturgeon broodstock. A total number of 36 fish, 1166.78 ± 248.35 g in average weight, were distributed in 12 concrete tanks in 6 treatments each with two replicates and 3 fish in each tank. They were reared under six different photoperiods for 12 weeks, including natural light (LDN), constant darkness (0L:24D), 8 h light and 16 h darkness (8L:16D), 12 h light and 12 h darkness (12L:12D), 16 h light and 8 h darkness (16L:8D), and constant light (24L:0D). Fish biometrical characteristics were measured and growth performance was evaluated every 4 weeks intervals.

Results: The results showed a significant difference in weight gain (WG) among different treatments from the 8th to 12th weeks. The highest WG was 70.00 ± 26.34 g in treatment 8L:16D. In addition, the treatments of 16L:8D and 24L:0D exhibited significant differences with the constant darkness and 12L:12D from the 8th to 12th weeks of the experiment. The lowest and highest body weight increase (BWI) were observed in the constant darkness and 16L:8D, respectively. The highest specific growth rate (SGR) was observed in the

16L:8D, while the lowest was found in the constant darkness. From the 8th to 12th weeks of study, the lowest food conversion ratio (FCR) in different treatments was attributed to the constant darkness, with significant difference with other treatments. At the end of the experiment, even though the WG, SGR, and FCR indices displayed better conditions in the constant light, however, the differences were not significant ($p>0.05$). The condition factor also did not exhibit any significant difference among different treatments throughout the experiment. The survival rate was 100%.

Discussion: Based on the obtained results, the light regimes affect the growth of female sterlet sturgeon broodstocks, however, it was not significant. The lowest growth and the highest FCR were observed in fish reared in constant darkness. Although sturgeons are among benthopelagic species and do not depend much on the vision to find food, light can affect their growth performance. This study was conducted at the low temperature of the optimal feeding range for sturgeons. Obviously, at a higher temperature, the growth of fish can be increased and the possibility of a greater weight differences in various light regimes may be achieved. It seems that alterations in the photoperiod and increasing the illumination affect the secretion of hormones involving in the metabolism as well as enhance the sterlet sturgeon appetite and ultimately improve the ability of food conversion.

Conclusion: Although the effects of light on feeding and growth of female sterlet sturgeon in short periods were not significant, light and increasing the duration of illumination can enhance the efficiency of feed and growth. Further studies can be suggested at a longer period in order to optimize the rearing conditions of this species in different latitudes.

*Corresponding author: falahatkar@guilan.ac.ir





"مقاله پژوهشی"

اثر دوره‌های نوری مختلف بر شاخص‌های رشد ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده

بهمن مکن‌خواه^۱؛ مسعود ستاری^۱؛ بهرام فلاحتکار^{۱*}؛ سمانه پورسعید^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

۲- گروه زیست‌شناسی سلولی، مرکز بهداشت دانشگاه کنتیکت، فارمینگتون، کنتیکت، ایالات متحده آمریکا

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۵

کلمات کلیدی

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر دوره‌های نوری بر شاخص‌های رشد و بقا در ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده مولد انجام شد. در مجموع، ۳۶ عدد ماهی استرلیاد ماده با میانگین وزن $248/35 \pm$ گرم در ۱۲ مخزن بتونی در قالب ۶ تیمار شامل دو تکرار و در هر مخزن ۳ عدد ماهی توزیع شدند و به مدت ۱۲ هفته تحت تأثیر ۶ دوره نوری شامل نور طبیعی (LDN)، تاریکی مستمر (0L:24D)، ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی (8L:16D)، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی (12L:12D)، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (16L:8D) و روشنایی مستمر (24L:0D) قرار گرفتند. ماهیان مورد آزمون در ابتدا و سپس هر ۴ هفته یکبار زیست‌سنجی شدند و شاخص‌های رشد در آنها ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های وزن کسب شده (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمارهای مختلف در هفته هشتم الی دوازدهم آزمون نشان داد، اما در پایان دوره تحقیق، با وجود این‌که شاخص‌های WG، SGR و FCR در تیمار روشنایی مستمر و شاخص BWI در تیمار 16L:8D نسبت به دیگر تیمارها بهتر بود، ولی تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). میزان بقا در طی دوره تحقیق ۱۰۰٪ بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان ادعان کرد اگرچه اثرات نور در دوره‌های کوتاه مدت از نظر آماری چندان قابل توجه نیست، با وجود این، نور و افزایش مدت تابش می‌تواند کارایی تغذیه و رشد ماهی استرلیاد ماده بالغ را بهبود ببخشد.

در سازگان‌های پرورشی مختلف مورد توجه آبی‌پروران قرار گرفته‌اند (Abdollahpour, 2017).

ماهی استرلیاد گونه‌ای از ماهیان خاویاری است که از دیدگاه پرورش حائز اهمیت بوده و دارای ویژگی‌های منحصر به فردی چون سن پایین بلوغ، زندگی انحصاری در آب شیرین، توانایی بالای تولید خویار به نسبت وزن بدن، خویار دهی سالانه، امکان تولید دورگه با دیگر ماهیان خاویاری به خصوص فیل‌ماهی (*Huso huso*) و غیره است. از نظر پرورش گوستی نیز نتایج بسیار مطلوبی از پرورش آن و دورگه‌های ایجاد شده از این ماهی به دست آمده است (Steffens et al. 1990). به این دلایل، استرلیاد دارای اهمیت شیلاتی قابل توجهی است، به طوری که این اهمیت فوق‌العاده سبب شده تا از زیستگاه اصلی خود (رودخانه‌های عرض‌های بالاتر جغرافیایی) به عرض‌های جغرافیایی دیگر با دوره‌های نوری مختلف انتقال یابد. همچنین، ماهی استرلیاد کوچک‌ترین عضو خانواده ماهیان خاویاری است که به علت شرایط زیستی و رسیدگی جنسی کوتاه‌تر نسبت به دیگر ماهیان خاویاری و کمبود ماهیان مولد وحشی، به عنوان یک ماهی مدل خاویاری در تحقیقات در نظر گرفته می‌شود (Piros et al. 2002; Lahnsteiner et al. 2004; Williot et al. 2005).

این ماهی در سال ۱۳۸۳ از کشور مجارستان توسط سازمان شیلات ایران وارد کشور شد. ابتدا در مراکز دولتی تکثیر و پرورش و در ادامه در بخش‌های خصوصی به‌عنوان یک ماهی با قابلیت‌های پرورشی مطلوب مطرح شد. سیاست‌های شیلات در خصوص گسترش تولید ماهیان خاویاری توسط بخش خصوصی سبب شد که استرلیاد را نیز مانند دیگر ماهیان خاویاری در عرصه‌های مختلف اقلیمی کشور پرورش دهند.

با انتشار این ماهی به‌خصوص در نواحی جنوبی کشور مانند خوزستان این سؤال مطرح می‌شود که در عرض‌های پایین جغرافیایی کشور با دوره‌های نوری بلندتر، افزایش طول دوره نوری چه اثری بر رشد و تکثیر و پرورش این ماهی که از نظر بوم‌شناختی زیستگاه طبیعی آن مناطق سرد عرض‌های شمالی با دوره‌های نوری متفاوت است، خواهد داشت. از آنجا که ماهیان آب شیرین نسبت به ماهیان دریایی به تغییرات دوره نوری حساس‌ترند (Imstrand et al. 1995) و ماهی استرلیاد از معدود ماهیان خاویاری آب شیرین است، ممکن است اثرات دوره‌های نوری بر این گونه نسبت به دیگر ماهیان خاویاری بارزتر باشد.

عوامل محیطی (دما، شوری، بارندگی، pH و نور) در کنترل رفتار، فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو موجودات زنده نقش مهمی را ایفا می‌کنند (Ruchin, 2007). نور یک عامل مهم محیطی است که به شکل‌های مختلفی (شدت نور، طول دوره نوری و طیف نوری) با تحت تأثیر قرار دادن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-گناد می‌تواند بر رشد، بقا، تولیدمثل و تخم‌ریزی مؤثر باشد (Davies and Bromage, 2002; Falcón and Zohar, 2018). دوره نوری به عنوان بخشی از روشنایی در یک روز تعریف شده است که با فصول سال تغییر می‌کند (Bowden et al. 2007).

امروزه اجرای دوره‌های نوری مختلف در مزارع آبی‌پروری به منظور القای بلوغ جنسی، رشد گنادی و تخم‌ریزی برخی از ماهیان انجام می‌شود. همچنین، رابطه مستقیمی بین دوره‌های نوری و رشد ماهی وجود دارد (Garcia, 1996). موضوع تأثیر دوره‌های نوری بر رشد ماهیان از دو جهت تأثیرات فیزیولوژیک و تغذیه‌ای قابل بررسی است. تأثیر دوره‌های نوری بر رشد ماهی را می‌توان توسط فعالیت محور مغز-هیپوفیز-غده صنوبری توضیح داد که در آن با افزایش مدت زمان تابش نور، ترشح هورمون رشد افزایش می‌یابد و این هورمون باعث بهبود اشتها ماهی و بهتر شدن قابلیت تبدیل مواد غذایی می‌شود (Donalson et al. 1979; Handeland et al. 2013; Hou et al. 2019).

حفظ ذخایر ماهیان خاویاری در تمام نقاط جهان یک مسئله ضروری و حائز اهمیت است. این ماهیان در حال حاضر در بسیاری از کشورها که صید آنها بر اساس قانون به مقدار محدود و مطابق مقررات CITES انجام می‌شود، محافظت می‌شوند. به‌رغم همه تلاش‌هایی که برای حفاظت از آنها انجام شده است، ذخایر این ماهیان به‌شدت در حال کاهش است (Bronzi et al. 2019). به طوری که بسیاری از آنها در فهرست ماهیان در معرض خطر IUCN قرار گرفته‌اند (IUCN, 2022). این موضوع بسیاری از دولت‌ها و سازمان‌ها را به فکر حراست از گونه‌های مختلف از طریق بهینه‌سازی محیط زیست، کاهش صید، رفع آلودگی‌ها و از همه مهمتر تکثیر مصنوعی و رهاسازی آن‌ها به پیکره‌های آبی وادار کرده است. در این بین، ماهیان خاویاری به‌دلیل قدرت سازگاری بوم‌شناختی زیاد، توانایی همزیستی با ماهیان استخوانی و استفاده از بیوتوپ‌های گوناگون، رشد سریع، نیاز اکسیژنی پایین و قابلیت پرورش

نوری را به عنوان یک عامل محیطی بر رشد ماهی مولی نارنجی چشم قرمز (*Poecilia sphenops*) و Shahjahan و همکاران (۲۰۲۰) اثرات دوره نوری طولانی مدت بر شاخص‌های رشد ماهی روهو (*Labeo rohita*) را مطالعه کردند. Abdollahpour و همکاران (۲۰۲۰) اثرات دوره نوری بر رشد و تخم‌ریزی گورخرماهی (*Danio rerio*) و Malinovskyi و همکاران (۲۰۲۲) اثرات طول دوره نوری بر رشد باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) جوان را ارزیابی کردند. اما به طور کلی تحقیقات انجام شده بر روی ماهی استرلیاد اندک است که از مهمترین آنها می‌توان به مطالعه Naderi (۲۰۱۲) اشاره کرد که تأثیر رنگ نور و دوره نوری بر رشد و رسیدگی جنسی ماهی استرلیاد ماده را بررسی کرد. در بررسی‌های به عمل آمده، سابقه‌ای از انجام تحقیقات مرتبط با تأثیر دوره‌های نوری متفاوت بر شاخص‌های رشد و بقا در خصوص ماهیان مولد استرلیاد به دست نیامد. با توجه به این‌که نور به‌عنوان یک عامل محیطی تأثیرگذار به شکل‌های مختلف (شدت، طیف نوری و دوره نوری) می‌تواند بر رشد جسمی و گنادی ماهی‌ها و همچنین بر تغییرات فیزیولوژیک بافت‌ها و اندام‌های مختلف آنها مؤثر باشد، بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر دوره‌های نوری مختلف بر شاخص‌های رشد و بقای ماهی استرلیاد ماده مولد و مشخص شدن شرایط بهینه نوری برای آنها اجرا شد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

این تحقیق در مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف پور سیاهکل وابسته به سازمان شیلات ایران واقع در ۲۲ کیلومتری جنوب شرقی شهر رشت انجام شد. برای پرورش ماهیان از ۱۲ مخزن بتونی به قطر ۱۸۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر استفاده شد. میزان دبی آب ورودی مخازن به طور میانگین $0/۶۵ \pm ۱۱/۷۲$ لیتر در دقیقه و حجم آب هر مخزن به طور میانگین $۷/۳۷ \pm ۶۶۵/۷۸$ لیتر بود.

برای تأمین دوره‌های مختلف نوری از لامپ‌های ۱۵ وات (شرکت لامپ نور، ساوه، ایران) استفاده شد. لامپ‌ها در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح آب برای ۸ مخزن نصب شدند. برای تیمارهای تاریکی مطلق و تیمار نور طبیعی (مجموعاً چهار مخزن) لامپ نصب نشد. به منظور کنترل دوره‌های مختلف نوری، برای همه گروه‌های آزمایشی بجز

در چند دهه اخیر تحقیقات متنوعی در خصوص اثرات نور از جنبه‌های مختلف مانند شدت، طیف و دوره نوری بر روی انواع ماهیان انجام شده است که از جمله آنها تحقیقات Asgariyan (۲۰۰۳) بر روی شاخص‌های رشد و سطوح استرس در فیل‌ماهی پرورشی در دوره‌های نوری، Hoseini-Najd-Geramy و Irani (۲۰۰۶) درباره بررسی تأثیر رژیم‌های نوری بر رشد، بقا و فراسنجه‌های تغذیه‌ای آلون قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، Parandavar و همکاران (۲۰۰۸) درباره مطالعه تأثیر دوره نوری بر تغذیه بچه‌ماهیان شیپ (*Acipenser nudiventris*) و مطالعه اثر رنگ نور و دوره‌های نوری بر بقا و شاخص‌های رشد آلون و بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توسط Sanchouli و همکاران (۲۰۰۹) قابل اشاره است. در دیگر تحقیقات نیز می‌توان به مطالعه Ghomi و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) در خصوص تأثیر دوره‌های نوری بر شاخص‌های رشد فیل‌ماهی جوان، Falahatkar و همکاران (۲۰۱۲) درباره تأثیر دوره‌های نوری بر تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) جوان، Eshghzadeh و همکاران (۲۰۱۳) بر روی تأثیر دوره‌های نوری بر عملکرد رشد و نرخ بقا در نوزاد و پیش‌نوزاد فیل‌ماهی، Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) درباره تأثیر شدت‌های مختلف نور مداوم روی رشد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان اشاره کرد. Kazemi و همکاران (۲۰۱۵) و (۲۰۱۶) نیز، اثرات دوره‌های نوری مختلف و شدت نور را بر رشد، بازماندگی و تغییرات حجم کیسه زرده نوزاد تاس‌ماهی ایرانی مطالعه کردند. بررسی تأثیر هم‌زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی بر میزان رشد و تبدیل بچه-ماهی پار به اسمولت در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، توسط Bahr Kazemi و همکاران (۲۰۱۶) و تأثیر رژیم‌های نوری مختلف بر عملکرد رشد و رفتار نوزادان تاس‌ماهی ایرانی، توسط Falahatkar و همکاران (۲۰۱۷) از دیگر مطالعات انجام شده در خصوص اثرات دوره‌های نوری بر رشد ماهیان است. همچنین، می‌توان به بررسی اثر دوره نوری بر شاخص‌های رشد در ماهی (*Megalobrama bluntnout bream*) توسط Tian و همکاران (۲۰۱۹) و تحقیق در مورد تأثیر زمان‌بندی دوره‌های نوری طولانی مدت بر رشد و بلوغ قزل‌آلای جویباری (*Salvelinus fontinalis*) توسط Lundova و همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد. علاوه بر این، Zutshi و Singh (۲۰۲۰) اثر دوره

با استفاده از نورسنج دیجیتال (ATES1336 Tiwan)، اندازه‌گیری شد. شدت نور به‌طور میانگین $157/35 \pm$ $633/25$ لوکس بود.

تغذیه

غذادهی به ماهیان مولد با خوراک اکسترود GFS1 فرو رونده به قطر ۴ میلی‌متر، ساخت شرکت فرادانه (شهرکرد ایران)، با ترکیب پروتئین خام ۴۴٪، چربی خام ۱۴٪، خاکستر ۸٪ و رطوبت ۹٪، بر اساس درجه حرارت آب و اشتهای ماهیان دو بار در شبانه‌روز در ساعات ۹ صبح و ۹ شب انجام شد. طول دوره اجرای تیمارهای نوری، دوازده هفته بود. در برخی از روزها به علت دمای پایین آب محل نگهداری ماهیان مولد و یا انجام زیست‌سنجی، غذادهی متوقف شد.

زیست‌سنجی و اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

ماهیان تیمارهای مختلف هر چهار هفته یک‌بار زیست‌سنجی شدند. ۲۴ ساعت قبل از انجام هر مرحله زیست‌سنجی غذادهی قطع می‌شد. برای کاهش استرس ناشی از دستکاری، ماهی‌ها پس از خروج از مخزن بی‌درنگ توسط محلول حاوی پودر گل میخک با غلظت ۳۰۰ ppm بی‌هوش شدند (Ghiasi et al. 2014). وزن و درازای کل آنها به ترتیب با استفاده از ترازوی دیجیتال شرکت محک (ساوه، ایران) با دقت یک گرم و خط‌کش زیست‌سنجی با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشد شامل وزن کسب شده (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، شاخص وضعیت (CF)، تغذیه اختیاری (VFI) و درصد بازماندگی (SR) در هر مرحله از زیست‌سنجی بر اساس معادله‌های زیر محاسبه شدند (Falahatkar, 2015):

$$WG (g) = BW_f (g) - BW_i (g)$$

$$BWI (\%) = [(BW_f - BW_i) / BW_i] \times 100$$

$$SGR (\%/day) = [(\ln W_f - \ln W_i) / (T_2 - T_1)] \times 100$$

$$FCR = \text{Feed intake (g)} / WG (g)$$

$$CF = [W (g) / L^3 (cm)] \times 100$$

$$VFI (\%/day) = 100 \times DFC (g) / \text{days} \times [2 / (\text{Biomass}_i + \text{Biomass}_f)]$$

$$SR (\%) = 100 \times (\text{تعداد ماهی در ابتدای دوره} / \text{تعداد ماهی در انتهای دوره})$$

$$BW_f = \text{وزن انتهایی}$$

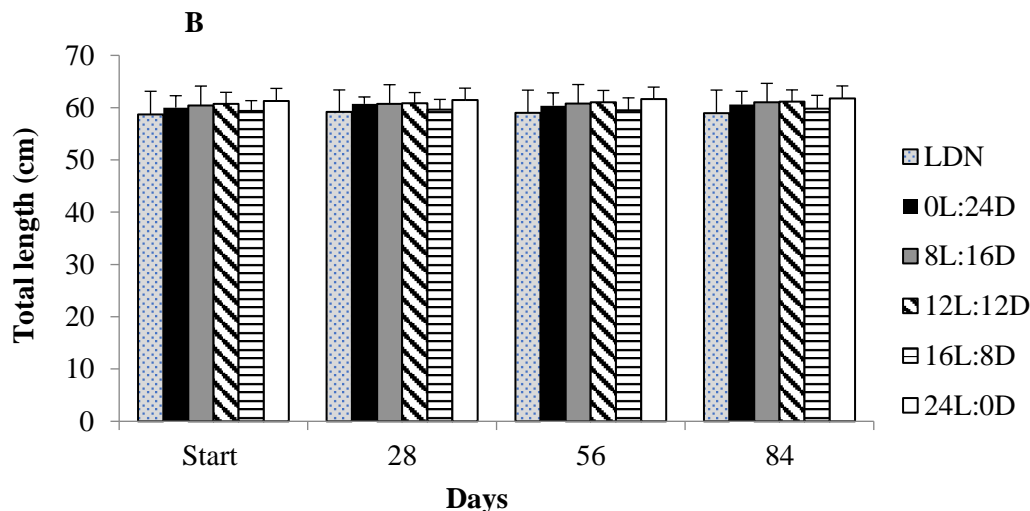
گروه نور طبیعی پوشش‌هایی در نظر گرفته شد که متشکل از حلقه‌های فلزی به اندازه قطر مخازن بودند که بر روی آنها پلاستیک‌های تیره رنگ دو لایه نصب شد. در زمان‌هایی که تیمار مورد نظر بایستی در تاریکی قرار می‌گرفت، از این پوشش استفاده شد تا از هر گونه تداخل نوری بین گروه‌های مختلف آزمایشی جلوگیری شود. از بین گله مولد استرلیاد موجود در مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی دکتر یوسف‌پور سیاهکل ۳۶ قطعه ماهی ماده هم-سن انتخاب شد.

طراحی آزمایش

ماهیان ماده استرلیاد انتخاب شده با میانگین وزن $237/99 \pm 1233/89$ در ۱۲ حوضچه هم‌اندازه توزیع شدند. در این بررسی، شش رژیم نوری مختلف با دو تکرار شامل تیمار نور طبیعی یا کنترل (LDN)، تاریکی مطلق (0L:24D)، دوره نوری ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی (8L:16D)، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی (12L:12D)، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی (16L:8D) و روشنایی مطلق (24L:0D) در نظر گرفته شد. در هر مخزن ۳ قطعه مولد قرار داده شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی شیمیایی آب

دما، اکسیژن محلول و pH آب محل پرورش در طی دوره تحقیق با دستگاه پی‌اچ-اکسی‌متر (WTW330i)، ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. دمای آب در طی دوره نگهداری ماهیان تا زمان تکثیر بین کمینه ۲/۵ درجه سانتی‌گراد تا بیشینه ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد نوسان داشت و به‌طور میانگین $2/34 \pm 9/88$ درجه سانتی‌گراد بود. pH آب ورودی نیز بین ۷/۵ تا ۸/۱ در نوسان و به‌طور میانگین $7/9 \pm 0/22$ بود. همچنین، اکسیژن محلول در طی دوره تحقیق به‌طور میانگین $7/74 \pm 1/08$ میلی‌گرم در لیتر بود. میزان نور تابیده شده بر سطح آب محل نگهداری ماهیان تیمارهای مختلف چندین بار و در ساعات مختلف شبانه‌روز



شکل ۱ روند تغییرات میانگین وزن (A) و درازای کل (B) (\pm انحراف معیار) در ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده تحت تیمارهای نوری مختلف به مدت سه ماه

Figure 1 Changes in average weight (A) and total length (B) (\pm standard deviation) in female sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) under different light treatments for three months

شاهد، به میزان $58/97 \pm 4/40$ سانتی‌متر مشاهده شد. از نظر شاخص وضعیت (ضریب چاقی) بیشترین مقدار این شاخص به میزان $0/11 \pm 0/62$ در ماهیان تیمار نور طبیعی، و کمترین آن در ماهیان تیمار $12L:12D$ با میانگین $0/04 \pm 0/55$ به دست آمد. هم‌چنین ماهیان تیمار $16L:8D$ با $60/9 \pm 14/46$ ٪ افزایش بیشترین افزایش وزن بدن و ماهیان تیمار تاریکی مستمر با $10/80 \pm 8/81$ ٪ افزایش کمترین درصد افزایش وزن بدن را نسبت به آغاز دوره داشتند. تیمار روشنایی مستمر نیز با $32/86 \pm 169/17$ گرم، بیشترین وزن کسب شده به ازای هر ماهی را به خود اختصاص داد، در حالی که کمترین وزن کسب شده به ازای هر ماهی در تیمار تاریکی مستمر و به مقدار $125/50 \pm 95/50$ گرم به دست آمد. تیمار روشنایی مستمر با $0/10 \pm 0/26$ ٪ در روز، بالاترین نرخ رشد را به خود اختصاص داد. در همین حال، تیمار تاریکی مستمر با $0/18 \pm 0/15$ ٪ در روز پایین‌ترین نرخ رشد ویژه را داشت. ضریب تبدیل غذا در تیمار روشنایی مستمر کمتر و در تیمار تاریکی مستمر بیشتر بود. شاخص تغذیه اختیاری در تیمار روشنایی مستمر حدود $0/37$ ٪ در روز، در تیمار $12L:12D$ حدود $0/39$ ٪ در روز و در دیگر تیمارها بین این دو مقدار بود. در طی دوره تحقیق تلفاتی مشاهده نشد و میزان بازماندگی 100 ٪ بود (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴).

شاخص‌های رشد بررسی شده در زیست‌سنجی اول در جدول ۱ نشان داده شده است. با وجود این‌که وزن کسب شده و نرخ رشد روزانه در گروه آزمایشی $12L:12D$ بیش از دیگر گروه‌های آزمایشی بود، اما اختلافات معنی‌دار نبود ($p > 0/05$).

نتایج دومین زیست‌سنجی نیز نشان داد که با افزایش طول دوره آزمایش، پاسخ ماهیان به نور تغییر می‌کند (جدول ۲). به رغم عدم اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی مختلف، بالاترین رشد در تیمار روشنایی مطلق مشاهده شد ($p > 0/05$).

مقایسه شاخص‌های اندازه‌گیری شده در فاصله زیست‌سنجی دوم تا زیست‌سنجی نهایی (جدول ۳) حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های وزن کسب شده، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذا، بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه بود ($p < 0/05$), به طوری که بیشترین وزن کسب شده و بهترین ضریب تبدیل غذایی در گروه آزمایشی $8L:16D$ مشاهده شد.

جدول ۴ شاخص‌های رشد بعد از گذشت ۱۲ هفته نسبت به شروع دوره را نشان می‌دهد. بیشترین درازای کل در پایان دوره پرورش در ماهیان تیمار روشنایی مستمر، با $61/78 \pm 2/38$ سانتی‌متر و کمترین آن در ماهیان گروه

جدول ۱ مقادیر میانگین شاخص‌های رشد ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده پس از ۴ هفته پرورش در تیمارهای مختلف نوری**Table 1 Growth indices of female sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) during four weeks of experiment (from the beginning to the first biometry) in different treatments**

Indices	Control	0L:24D	8L:16D	12L:12D	16L:8D8	24L:0D
Initial weight (g)	1143.50 ± 364.00	1185.17 ± 192.67	1181.17 ± 195.31	1120.67 ± 197.76	1167.33 ± 318.74	1202.83 ± 279.00
Final weight (g)	1203.83 ± 354.40	1238.17 ± 184.55	1244.17 ± 163.98	1202.50 ± 164.27	1236.83 ± 324.23	1278.00 ± 270.27
Initial total length (cm)	58.70 ± 4.43	60.02 ± 2.27	60.43 ± 3.7	60.72 ± 2.22	59.37 ± 1.97	61.30 ± 2.38
Final total length (cm)	59.20 ± 4.19	60.17 ± 2.23	60.72 ± 3.67	60.82 ± 2.07	59.65 ± 1.93	61.43 ± 3.30
Weight gain (g)	60.33 ± 23.74	53.00 ± 57.27	62.83 ± 38.53	81.83 ± 36.39	69.50 ± 28.26	75.17 ± 27.50
Body weight increase (%)	5.91 ± 3.00	4.70 ± 5.23	5.83 ± 4.13	7.93 ± 4.57	6.23 ± 3.17	5.04 ± 3.26
Specific growth rate (%/day)	0.31 ± 0.16	0.24 ± 0.26	0.29 ± 0.21	0.40 ± 0.22	0.32 ± 0.16	0.34 ± 0.16
Feed conversion ratio	1.22 ± 0.52	1.80 ± 1.49	1.02 ± 0.10	0.97 ± 0.23	0.92 ± 0.15	0.86 ± 0.08
Condition factor	0.58 ± 0.13	0.57 ± 0.07	0.56 ± 0.09	0.53 ± 0.04	0.57 ± 0.10	0.54 ± 0.06
Voluntary feed intake (%/day)	0.28 ± 0.00	0.27 ± 0.01	0.28 ± 0.00	0.28 ± 0.00	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.01
Survival rate (%)	100	100	100	100	100	100

Values are expressed as mean ± standard deviation.

جدول ۲ مقادیر میانگین شاخص‌های رشد ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده در هفته چهارم الی هفته هشتم پرورش در تیمارهای مختلف نوری**Table 2 Growth indices of female sterlet (*Acipenser ruthenus*) during four to eight weeks of experiment (from the first to the second biometry) in different treatments**

Indices	Control	0L:24D	8L:16D	12L:12D	16L:8D8	24L:0D
Initial weight (g)	1203.83 ± 354.40	1238.17 ± 184.55	1244.17 ± 163.98	1202.50 ± 164.27	1236.83 ± 324.23	1278.00 ± 270.27
Final weight (g)	1233.00 ± 359.77	1259.17 ± 172.47	1255.17 ± 155.66	1211.83 ± 153.01	1258.67 ± 326.01	1307.00 ± 274.25
Initial total length (cm)	59.20 ± 4.19	60.17 ± 1.30	60.72 ± 3.67	60.82 ± 2.07	59.65 ± 1.93	61.43 ± 2.30
Final total length (cm)	59.03 ± 4.32	60.38 ± 2.44	60.80 ± 3.62	61.05 ± 2.25	59.52 ± 2.36	61.62 ± 2.32
Weight gain (g)	29.17 ± 19.73	21.00 ± 44.01	11.17 ± 13.70	9.33 ± 25.42	21.83 ± 8.98	29.67 ± 7.17
Body weight increase (%)	2.50 ± 1.50	1.85 ± 3.32	0.99 ± 1.25	0.90 ± 2.12	1.83 ± 0.69	2.33 ± 0.56
Specific growth rate (%/day)	0.14 ± 0.09	0.11 ± 0.19	0.06 ± 0.07	0.05 ± 0.12	0.11 ± 0.04	0.14 ± 0.03
Feed conversion ratio	2.94 ± 1.73	3.84 ± 2.43	4.82 ± 1.21	4.06 ± 1.20	3.34 ± 0.42	2.54 ± 0.23
Condition factor	0.59 ± 0.12	0.57 ± 0.05	0.56 ± 0.08	0.53 ± 0.04	0.59 ± 0.10	0.55 ± 0.06
Voluntary feed intake (%/day)	0.34 ± 0.01	0.35 ± 0.00	0.35 ± 0.00	0.35 ± 0.00	0.34 ± 0.00	0.34 ± 0.00
Survival rate (%)	100	100	100	100	100	100

Values are expressed as mean ± standard deviation.

جدول ۳ مقادیر میانگین شاخص‌های رشد ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده در هفته هشتم تا هفته دوازدهم پرورش در تیمارهای مختلف نوری

Table 3 Growth indices of female sterlet (*Acipenser ruthenus*) during eight to twelve weeks of experiment (second to final biometry in different treatments)

Indices	Control	0L:24D	8L:16D	12L:12D	16L:8D8	24L:0D
Initial weight (g)	1233.00 ± 359.77	1259.17 ± 172.47	1255.17 ± 155.66	1211.83 ± 153.01	1258.67 ± 326.01	1307.00 ± 274.25
Final weight (g)	1291.17 ± 352.2	1280.67 ± 167.75	1325.17 ± 156.62	1254.67 ± 143.25	1324.50 ± 310.90	1372.00 ± 253.85
Initial total length (cm)	59.03 ± 4.32	60.38 ± 2.44	60.80 ± 3.62	61.05 ± 2.25	59.52 ± 2.36	61.62 ± 2.32
Final total length (cm)	58.97 ± 4.40	60.58 ± 2.55	61.03 ± 3.62	61.16 ± 2.23	59.80 ± 2.56	61.78 ± 2.38
Weight gain (g)	58.17 ± 26.65 ^{ab}	21.50 ± 44.29 ^{bc}	70.00 ± 26.34 ^a	42.83 ± 19.33 ^{bc}	65.83 ± 20.33 ^a	64.33 ± 22.58 ^a
Body weight increase (%)	5.16 ± 2.72 ^{ab}	1.85 ± 3.25 ^c	5.66 ± 2.26 ^{ab}	3.66 ± 1.75 ^{bc}	5.75 ± 2.58 ^{ab}	3.68 ± 3.17 ^{ab}
Specific growth rate (%/day)	0.26 ± 0.14 ^{ab}	0.09 ± 0.17 ^c	0.29 ± 0.11 ^a	0.19 ± 0.09 ^b	0.30 ± 0.14 ^a	0.28 ± 0.16 ^{ab}
Feed conversion ratio	2.27 ± 0.29 ^b	7.51 ± 1.21 ^a	1.74 ± 0.27 ^b	3.15 ± 0.57 ^b	1.85 ± 0.00 ^b	1.91 ± 0.18 ^b
Condition factor	0.62 ± 0.11	0.57 ± 0.05	0.59 ± 0.08	0.55 ± 0.04	0.61 ± 0.09	0.58 ± 0.04
Voluntary feed intake (%/day)	0.49 ± 0.01	0.47 ± 0.03	0.49 ± 0.00	0.51 ± 0.00	0.50 ± 0.00	0.50 ± 0.01
Survival rate (%)	100	100	100	100	100	100

Values are expressed as mean ± standard deviation. The presence of different letters indicates a significant difference.

جدول ۴ مقادیر میانگین شاخص‌های رشد ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) ماده طی دوازده هفته پرورش (آغاز تا پایان اجرای دوره‌های نوری) در تیمارهای مختلف

Table 4 Growth indices of female sterlet (*Acipenser ruthenus*) during twelve weeks of experiment (start to final biometry in different treatments)

Indices	Natural conditions	0L:24D	8L:16D	12L:12D	16L:8D8	24L:0D
Initial weight (g)	1143.50 ± 364	1185.17 ± 192.67	1181.17 ± 195.31	1120.67 ± 197.76	1167.33 ± 318.74	1202.83 ± 279.00
Final weight (g)	1291.17 ± 352.92	1280.67 ± 167.75	1325.17 ± 156.62	1254.67 ± 143.25	1324.50 ± 310.90	1372.00 ± 274.25
Initial total length (cm)	58.70 ± 4.43	60.02 ± 2.27	60.43 ± 3.70	60.72 ± 2.22	59.37 ± 1.98	61.30 ± 2.38
Final total length (cm)	58.97 ± 4.40	60.58 ± 2.44	61.03 ± 3.62	61.16 ± 2.23	59.80 ± 2.56	61.78 ± 2.38
Weight gain (g)	136.33 ± 61.57	92.16 ± 125.43	144.00 ± 65.94	114.16 ± 65.71	157.17 ± 39.70	169.17 ± 32.86
Body weight increase (%)	14.26 ± 6.74	8.81 ± 10.80	13.02 ± 7.35	12.98 ± 7.55	14.46 ± 5.87	11.36 ± 6.62
Specific growth rate (%/day)	0.24 ± 0.11	0.15 ± 0.18	0.22 ± 0.12	0.22 ± 0.12	0.25 ± 0.09	0.26 ± 0.10
Feed conversion ratio	1.73 ± 0.35	2.75 ± 0.74	1.82 ± 0.29	1.89 ± 0.25	1.64 ± 0.15	1.55 ± 0.02
Condition factor	0.62 ± 0.11	0.57 ± 0.05	0.59 ± 0.08	0.55 ± 0.04	0.61 ± 0.09	0.58 ± 0.04
Voluntary feed intake (%/day)	0.37 ± 0.01	0.38 ± 0.01	0.37 ± 0.00	0.39 ± 0.00	0.38 ± 0.01	0.37 ± 0.00
Survival rate (%)	100	100	100	100	100	100

Values are expressed as mean ± standard deviation.

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که دوره‌های نوری می‌توانند شاخص‌های رشد ماهی مولد ماده استرلیاد را تحت تأثیر قرار دهند. با وجود این، اثرات در طولانی مدت آشکار می‌شود، به طوری که در این مطالعه تا قبل از هفته هشتم پرورش، اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های اندازه‌گیری شده بین گروه‌های آزمایشی مشاهده نشد، اما از هفته هشتم پرورش بیشترین مقادیر وزن کسب شده در تیمارهای روشنایی دائم و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی مشاهده شد.

نتایج مطالعه Ghomi و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۱) در بررسی تأثیر فتوپریود بر شاخص‌های رشد فیل‌ماهی جوان با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت. Zolfagari و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه اثر دوره‌های نوری و تناوب دفعات تغذیه بر رشد تاس‌ماهی ایرانی، رشد بهتر در تیمار 18L:6D را مشاهده کردند، اما مشابه تحقیق حاضر اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود. هم‌چنین نتایج مطالعه Falahatkar و همکاران بر روی تاس‌ماهی ایرانی جوان (۲۰۱۲) کاملاً هم‌سو با نتایج این تحقیق بود. Bani و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر دوره‌های نوری و شدت نور را بر رشد بچه‌ماهی استرلیاد بررسی کردند و مشابه این تحقیق تفاوت معنی‌داری در تیمارهای مختلف ندیدند، هر چند که رشد بچه‌ماهیان در تیمار 16D:8L و شدت نور ۱۰۰ لوکس بیشتر بود. Falahatkar و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی اثر توأم دوره نوری و زمان غذایی بر عملکرد رشد بچه فیل‌ماهی پرورشی، بهترین عملکرد رشد را در شرایط نوری مداوم دیدند، اما اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود و نتایج آنها مشابه تحقیق حاضر بود. در بررسی انجام شده توسط Ruchin و همکاران (۲۰۰۷) که اثرات دوره‌های نوری مختلف بر روی رشد و شاخص‌های فیزیولوژیک و هماتولوژیک در تاس‌ماهیان جوان سبیری (*Acipenser baerii*) ارزیابی شد، بیشترین میزان رشد این ماهیان در تیمار روشنایی مستمر و 16L:8D مشاهده شد و اختلاف با دیگر تیمارها معنی‌دار بود که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد. هم‌چنین Asgariyan و همکاران (۲۰۰۳) تأثیر مثبت افزایش طول دوره‌های نوری را بر روی رشد فیل‌ماهی جوان نشان دادند که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی ندارد. نتایج مطالعات Ali و El-Feky (۲۰۱۳) در خصوص اثر دوره‌های نوری مختلف بر عملکرد رشد، نرخ بقا و رنگ پوست ماهی تیلایپای نیل (*Oreochromis*)

niloticus) انگشت قد، برخلاف نتایج تحقیق حاضر افزایش معنی‌دار رشد در تیمار 24L:0D را نشان داد. مطالعه اثر دوره‌های نوری بر رشد ماهی blunt snout bream که توسط Tian و همکاران (۲۰۱۹) انجام شد نیز نتایج مشابه تحقیق حاضر نداشت. Lundova و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای که بر روی ماهی قزل‌آلای جویباری انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که اثر مثبت روز طولانی بر رشد این ماهی‌ها به طور معنی‌دار بیشتر بود، در حالی که در مطالعه حاضر اثر مثبت دوره‌های نوری طولانی مدت قابل توجه نبود.

در مطالعه حاضر، کمترین رشد و بالاترین ضریب تبدیل غذایی در ماهیانی مشاهده شد که در تاریکی مطلق پرورش یافتند. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه ماهیان خاویاری جزو گونه‌هایی محسوب می‌شوند که از کف تغذیه می‌کنند و وابستگی چندانی به حس بینایی برای یافتن غذا ندارند، اما نور می‌تواند بر عملکرد رشد آن‌ها مؤثر باشد. تحقیق حاضر در فصلی از سال انجام شد که دمای آب ورودی به طور میانگین 27.34 ± 9.88 درجه سانتی‌گراد و در محدوده مطلوب تغذیه ماهیان خاویاری نبوده است و حتی در مقطعی از دوره تحقیق، تغذیه ماهیان مورد بررسی به دلیل پایین بودن دمای آب محل نگهداری آنها قطع شد. بدیهی است که در دمای بالاتر، رشد ماهیان بیشتر شده و احتمال بروز اختلاف وزن بیشتر در تیمارهای مختلف نوری در شرایط دمایی بالاتر و یا دمای مطلوب و ثابت، دور از انتظار نخواهد بود. بررسی روند رشد در طی دوره نیز نشان داده است که در دوره‌ای از زمان تحقیق که دمای آب ورودی تا حدودی افزایش یافت، در تیمارهایی با روشنایی بیشتر (16L:8D و 24L:0D) افزایش وزن بیشتری به‌دست آمد و بیشتر شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نسبت به تیمار تاریکی مطلق نشان دادند. این احتمال وجود دارد که با تغییر دوره نوری و افزایش دوره روشنایی، چرخه شبانه‌روزی هورمون‌های مؤثر بر سوخت و ساز مانند ملاتونین، انسولین و هورمون رشد تحت تأثیر قرار گرفته باشند که سبب بهبود اشتها ماهی و در نهایت، بهتر شدن قابلیت تبدیل مواد غذایی می‌شود (Handeland et al. 2013; Hou et al. 2019).

در مطالعه حاضر، میزان بازماندگی ماهیان تحت تأثیر تیمارهای نوری قرار نگرفت و اختلافی بین تیمارهای با دوره‌های نوری مختلف و گروه شاهد دیده نشد و کلیه ماهیان تا پایان دوره پرورش زنده ماندند. بنابراین، می‌توان

می‌تواند به دلیل همین توانمندی سازش‌پذیری فیزیولوژیک بالا با شرایط محیطی باشد. در نهایت می‌توان بیان کرد که نور و افزایش مدت تابش می‌تواند بر تغذیه و رشد ماهی استرلیاد ماده بالغ در طولانی مدت مؤثر باشد. با وجود این، توصیه می‌شود که مطالعات تکمیلی در زمینه اندازه‌گیری بیان ژن و پروتئین‌های مرتبط با محور رشد و اجرای تحقیقات مشابه در دوره زمانی طولانی‌تر و در دامنه‌های دمایی بالاتر و مطلوب‌تر تغذیه‌ای ماهیان استرلیاد انجام شود تا بهتر بتوان شرایط پرورش این گونه را در عرض‌های جغرافیایی متفاوت بهینه سازی کرد.

تشکر و قدردانی

قدردان همه عزیزانی که در مراحل مختلف اجرای این تحقیق ما را یاری کردند، به خصوص آقایان دکتر ایرج عفت‌پناه کمایی، مهندس اسحاق رسولی، دکتر مهدی رحمتی، مهندس حامد عبدالله‌پور، دکتر عرفان اکبری نرگسی، خانم مهندس حدیثه علیزاده و همچنین کارکنان زحمتکش بخش ونیروی مرکز تکثیر و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل هستیم.

منابع

Abdollahpour, H. 2017. Effect of thyroxine hormone injection on the reproductive performance of female sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). Master of Science thesis, University of Guilan, 110 p.

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

Ali, M.A.M., El-Feky, A.M.I. 2013. Effect of different photoperiods on growth performance, survival rate and skin colour of Nile Tilapia fingerlings. *Egyptian Journal of Animal Production* 50: 186-192. doi: 10.21608/EJAP.2013.93679.

Asgariyan, F. 2003. Investigating the growth indices and stress levels of

نتیجه گرفت که دوره نوری به‌تنهایی تأثیری بر بقا در ماهیان بالغ استرلیاد ندارد. نتایج این تحقیق در خصوص اثر نور بر میزان بقای ماهیان مولد استرلیاد، با نتایج Asgariyan و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه بر روی فیل- ماهی جوان، Eshagh Zadeh و همکاران (۲۰۱۳) بر روی نوزاد فیل‌ماهی، Bani و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه اثر دوره‌های نوری و شدت نور بر بچه ماهی استرلیاد و Ali و همکاران (۲۰۱۳) El-Feky در مطالعه بر ماهی تیلاپپای نیل انگشت قد هم‌خوانی دارد، اما با نتایج Kazemi و همکاران (۲۰۱۵ و ۲۰۱۶) بر روی نوزاد و انگشت‌قد تاس‌ماهی ایرانی و همچنین، Malinovskyi و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه بر روی ماهی باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) جوان هم‌سو نیست. این تفاوت را می‌توان به اختلافات گونه‌ای، سن ماهی و شرایط آزمایش نسبت داد. به نظر می‌رسد که ماهیان مولد در مقایسه با نوزادان حساسیت کمتری به تغییرات دوره نوری داشته باشند. به طور کلی، ماهیان خاویاری دارای توانایی‌های فیزیولوژیک منحصر به فرد در خصوص تطابق با شرایط محیطی متفاوت هستند و چند صد میلیون سال سابقه حضور در آب‌های مختلف نیمکره شمالی گواه این خصوصیت است. قدرت سازگاری بالای این ماهیان سبب شده که توانایی حضور در اقلیم‌های جغرافیایی متنوع با دوره‌های نوری متفاوت را داشته باشند و عدم اختلاف در رشد و بقای ماهیان استرلیاد در دوره‌های مختلف نوری نیز

Beluga sturgeon (*Huso huso*) breeder in photoperiod. Master of Science thesis, Islamic Azad University, 214 p.

Bahr Kazemi, M., Javani, F., Farhadi, M.T. 2016. The simultaneous effect of photoperiods and food ration on growth and conversion rate of translate par to smolt in Caspian Sea trout. *Journal of New Technologies in Aquaculture Development* 1: 27-42.

Bani, A., Jeddi Charudeh, M., Razzaghi, M. 2017. The effect of light intensity and photoperiod on growth and lactate and glucose level of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). 12th Symposium on Science and Technology Advances, December 18, Mashhad, Iran, 227-240.

Bowden, T.J., Thompson, K.D., Morgan, A.L., Gratacap, R.M.L., Nikoskelainen, S. 2007. Seasonal variation and the

- immune response: A fish perspective. *Fish and Shellfish Immunology* 22: 695-706. doi: 10.1016/j.fsi.2006.08.016.
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, M.T., Wei, Q., Rosenthal, H., Gessner, J. 2019. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology* 35: 257-266. doi: 10.1111/jai.13870.
- Davies, B. and Bromage, N., 2002. The effects of fluctuating seasonal and constant water temperatures on the photoperiodic advancement of reproduction in female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 205: 183-200. doi: 10.1016/S0044-8486(01)00665-2.
- Donalson E.M., Fagerlund, U.H.M., Higgs, D.A., McBridge, J.R. 1979. Hormonal enhancement of growth. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.). *Fish Physiology*, Vol 8. Academic Press, New York, USA, 455-497.
- Eshagh Zadeh, H., Rafiee, G., Eagderi, S., Kazemi, R., Poorbagher, H. 2013. Effects of different photoperiod on the survival and growth of beluga sturgeon (*Huso huso*) larva. *International Journal of Aquatic Biology* 1: 36-41. doi: 10.22034/ijab.v1i1.15.
- Falahatkar, B., Razgardani shrahi, A., Porasadi, Mohsen., Razavi Siad, A., Meknetkhah, B., Rahmati, M., Efatpanah, A. 2020. Combined effect of photoperiod and feeding time on the growth performance of Beluga sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture Development Scientific Journal* 2: 83-93 (In Persian).
- Falahatkar, B., Poursaeid, S., Efatpanah, I., Meknatkhah, B. 2017. Growth, development and behavior of Persian sturgeon *Acipenser persicus* larvae in different light regimes. *Aquaculture Research* 48: 5812-5820. doi: 10.1111/are.13404.
- Falahatkar, B. 2015. *Feeding and Feed Formulation in Aquatic Organisms*. Institute of Technical and Vocational Higher Education, Tehran, Iran, 334 p. (In Persian).
- Falahatkar, B., Poursaeid, S., Efatpanah, I., Meknatkhah, B., Biswas, A. 2012. Effect of photoperiod manipulation on growth performance, physiological and hematological indices in juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 43: 679-687. doi: 10.1111/j.1749-7345.2012.00600.x.
- Falcón, J., Zohar, Y. 2018. Photoperiodism in fish. In: M.K. Skinner (Ed.), *Encyclopedia of Reproduction* (Second Edition). Elsevier, Amsterdam, 400-408.
- Garcia, S.A.J. 1996. Growth of juvenile gilthead seabream (*Sparus auratus*) reared under different photoperiod regimes. *Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh*, 48: 84-93.
- Ghiasi, S., Falahatkar, B., Dabrowski, K., Abasalizadeh, A., Arslan, M. 2014. Effect of thiamine injection on growth performance, hematology and germinal vesicle migration in sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus* L. *Aquaculture International* 22: 1563-1576. doi: 10.1007/s10499-014-9765-7.
- Ghomi, M.R., Nazari, R.M., Sohrabnejad, M., Ovissipour, M., Zarei, M., Esmaili Mola, A., Makhdoomi, C., Rahimian, A., Noori, H., Naghavi, A. 2010. Manipulation of photoperiod in growth factors of beluga sturgeon *Huso huso*. *African Journal of Biotechnology* 9: 1978-1981. doi: org/10.5897/AJB09.1611.
- Ghomi, M.R., Nazari, R.M., Poorbagher, H., Sohrabnejad, M., Jamalzadeh, H.R., Ovissipour, M.R., Esmaili Molla, A., Zarei, M. 2011. Effect of photoperiod on blood parameters of young beluga sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1775). *Comparative Clinical Pathology* 20: 647-651. doi: 10.1007/s00580-010-1051-0.
- Ghorbani, S., Azari Takami, Gh., Talebi Haghghi, D., Armoudli, R. 2013. effect of different light intensities under continuous light on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fisheries Journal*, 1: 94-85. (In Persian)
- Handeland, S.O., Imsland, A.K., Bjornsson, B.Th., Stefansson, S.O. 2013. Long-term effects of photoperiod, temperature

- and their interaction on growth, gill Na⁺, K⁺-ATPase activity, seawater tolerance and plasma growth-hormone levels in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 83: 1197-1209. doi: org/10.1111/jfb.12215.
- Hoseini Najd Geramy, E., Irani, A.J. 2006. The effects of photoperiod on the growth, survival and feeding parameters in the rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) Larvae. *Pajouhesh and Sazandegi* 2: 2-5. (In Persian).
- Hou, Z., Wen, H., Li, J., He, F., Li, Y., Qi, X., Zhao, J., Zhang, K., Tao, Y. 2019. Effects of photoperiod and light Spectrum on growth performance, digestive enzymes, hepatic biochemistry and peripheral hormones in spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*). *Aquaculture* 507: 419-427. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.04.029.
- Imstrand, A., Folkvord, A., Stefansson, S.O. 1995. Growth, oxygen consumption and activity of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) reared under different temperature and photoperiod. *Netherlands Journal of Sea Research* 34: 149-159. doi: 10.1016/0077-7579(95)90023-3.
- IUCN. 2022. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-3.1. Available at: <https://www.iucnredlist.org>.
- Kazemi, R., Nouri, F., Bani, A., Hosseini-Najd-Grami, A., Yazdani-Sadati., M.A. 2016. The effects of different photoperiods and light intensity on the growth, survival and changes in yolk sac volume in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae. *Journal of Aquatic Ecology* 4: 22-32. (In Persian).
- Kazemi, R., Nouri, F., Bani, A., Hosseini-Najd-Grami, A., Yazdani-Sadati., M.A. 2015. The effects of photoperiod and light intensity on the growth and survival factors of the larval to fingerling stage of Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897) in larval to fingerling stage. *Journal of Applied Ichthyological Research* 2: 29-45. (In Persian).
- Lahnsteiner, B., Berger, F., Horvath, A., Urbanyi, B. 2004. Studies on the semen biology and sperm cryopreservation in the sterlet (*Acipenser ruthenus*). *Aquaculture Research* 35: 519-528. doi: org/10.1111/j.1365-2109.2004.01034.x.
- Lundova, K., Matousek, J., Prokesova, M., Sebesta, R., Policar, T., Stejskal., V. 2019. The effect of timing of extended photoperiod on growth and maturity of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture Research* 50: 1697-1704. doi: org/10.1111/are.14053.
- Malinovskyi, O., Rahimnejad, S., Stejskal, V., Bonko, D., Stařa, A., Velíšek, J., Policar, T. 2022. Effects of different photoperiods on growth performance and health status of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) juveniles. *Aquaculture* 548: 737631. doi: 10.1016/j.aquaculture.2021.737631.
- Naderi, F. 2012. Effects of colored light and photoperiod on sexual maturation and plasma melatonin levels in female Sterlet (*Acipenser ruthenus*). Master of Science thesis, University of Guilan, 55 p.
- Parandavar, H., Tavakoli, M., Touraji, M.R. 2008. Effects of photoperiod on ship sturgeon (*Acipenser nudiventris*), feeding on *Daphnia* at laboratory condition. *Pajouhesh va Sazandegi* 4: 192-199. (In Persian).
- Piros, B., Glogowski, J., Kolman, R., Rzemieniecki, A., Domagala, J., Horvath, A., Urbanyi, B. and Ciereszko, A., 2002. Biochemical characterization of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and (*Acipenser ruthenus*) milt plasma and spermatozoa. *Fish Physiology and Biochemistry* 26: 289-295. doi: 10.1023/A:1026280218957.
- Ruchin, A.B. 2007. Effect of photoperiod on growth, physiological and hematological indices of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Biology Bulletin* 34: 583-589. doi: 10.1134/S1062359007060088.
- Sanchouli, H., Hajibeglou, A., Sudagar., M. 2009. The Effect of light color and photoperiods on the hatching and survival rate and larval growth indices in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Environment Quarterly Journal* 2: 253-258. (In Persian).

- Shahjahan, M.D., Al-Emran, Majharul Islam, S.M., Abdul Baten, S.M., Rashid, H. 2020. Prolonged photoperiod inhibits growth and reproductive functions of rohu *Labeo rohita*. *Aquaculture Reports* 16: 100272. doi: 10.1016/j.aqrep.2019.100272.
- Steffens, W., Jähnichen, H., Fredrich, F. 1990. Possibilities of sturgeon culture in central Europe. *Aquaculture* 89: 101-122. doi: org/10.1016/0044-8486(90)90303-5.
- Tian, H., Zhang, D., Li, X., Jiang, G., Liu, W. 2019. Photoperiod affects blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) growth, diel rhythm of cortisol, activities of antioxidant enzymes and mRNA expression of GH/IGF-I. *Comparative Biochemistry and Physiology* 233B: 4-10. doi: 10.1016/j.cbpb.2019.03.007.
- Williot, P., Brun, T.R., Rouault, T., Pelard, M., Mercier, D., Ludwig, A. 2005. Artificial spawning in cultured sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) with special emphasis on hermaphrodites. *Aquaculture* 246: 263-273. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.02.048.
- Zolfaghari, M., Imanpour, M.R., Najafi, E. 2011. Effect of photoperiod and feeding frequency on growth and feed utilization of fingerlings Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Aquaculture Research* 42: 1594-1599. doi: 10.1111/j.1365-2109.2010.02749.x.
- Zutshi, B., Singh, A. 2020. Impact of photoperiod as an environmental cue on growth and reproductive performance in the Red eyed orange molly (*Poecilia sphenops*). *Proceedings of the Zoological Society* 73: 25-31. doi: 10.1007/s12595-019-00294-6.