دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی"
دوره سوم، شماره دوم، تابستان ۹۴
http://jair.gonbad.ac.ir

اثرات دوره نوری و شدت نور بر فاکتورهای رشد و بازماندگی تاس‌ماهی ایرانی *Acipenser persicus* (Borodin, 1897) مرحله لاروی تا انگشت قد

رضوان‌اله کاظمی*[۱]، فرزانه نوری[۲]، علی‌بانی[۳]، ابراهیم حسین نجدگرامی[۲] و محمدعلی یزدانی ساداتی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه دانشگاه ارومیه- مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر، رشت، ایران

[۲] استادیار گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش آبزیان پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

[۳] دانشیار گروه بیولوژی دریا دانشکده علوم پایه دانشگاه گیلان، رشت، ایران

[۴] استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر، رشت، ایران

تاریخ ارسال: ۹۴/۵/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۰

چکیده

کاهش کیفیت و کمیت تاس‌ماهی ایرانی *A. persicus* وحشی و پرورشی در مراحل اولیه زندگی از مهم‌ترین مشکلات این گونه بومی و اقتصادی است. هدف از این مطالعه، افزایش راندمان تولید تاس‌ماهی ایرانی *A. persicus* در مرحله تغذیه فعال تا انگشت قد با استفاده از اثر متقابل دوره و شدت نور بود. این تحقیق در ۱۳ تیمار با ۳ شدت نور (۱۰۰، ۲۵۰ و ۴۵۰ لوکس) و چهار دوره نوری متفاوت (۲۴L:۰۰D، ۱۶L:۰۸D، ۱۲L:۱۲D و ۰۸L:۱۶D) مجموعاً در ۱۲ تیمار و گروه شاهد، هر تیمار با سه تکرار (هر تکرار شامل ۱۸۰۰ قطعه به‌ترتیب با میانگین وزن و طول ۴۱/۶۶ میلی‌گرم و ۱۹/۶۴ میلی‌متر) به‌مدت ۶۰ روز انجام شد. در طی دوره آزمایش، نمونه‌ها در دو نوبت، یک و ۶۰ روز پس از تغذیه فعال زیست‌سنجی شدند. همه ماهی‌ها در طول دوره، به‌طور یکسان با غذای زنده تغذیه شدند. فاکتورهای رشد شامل وزن و طول نهایی، وزن کسب شده WG، ضریب رشد ویژه SGR، ضریب چاقی CF، درصد افزایش وزن بدن BWI و درصد بازماندگی SR با استفاده از برابری‌های خاص محاسبه گردید. نتایج نشان داد که به‌جز درصد بازماندگی، فاکتورهای رشد تحت تأثیر اثر متقابل دوره نوری و شدت آن قرار گرفتند، هر چند تأثیرپذیری وزن و طول کل نهایی بیشتر متأثر از دوره نوری بود. فاکتورهای رشد ماهیانی که در شرایط نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با شدت ۱۰۰ لوکس و ۸

*نویسنده مسئول: rezkazemi2000@yahoo.com

ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی با شدت ۲۵۰ لوکس بودند به‌طور معنی‌داری بهتر از دیگر تیمارهای نوری و شدت آن بود.

***واژه‌های کلیدی*: *A. persicus*، تغذیه فعال، نور، راندمان تولید، بازماندگی**

مقدمه

سال‌های زیادی است که تأثیر عوامل مختلف محیطی به‌ویژه دما، روی رشد و تولید مثل ماهی مورد مطالعه قرار گرفته است. اگرچه در کنترل فعالیت‌های فیزیولوژیک و رشد و نمو ماهی دما نقش اساسی دارد، اما فاکتورهای مهم دیگری چون شوری، پی اچ، اکسیژن قابل دسترس، دوره نوری و شدت نور نیز به‌عنوان نقش آفرینان اصلی در رشد و نمو و زنده‌مانی ماهی شناخته شده‌اند (Boeuf and Le Bail., 1999). نور (شدت، کیفیت و دوره نوری) عاملی محیطی است که می‌تواند در یک محدوده گسترده، بسیار سریع تغییر نماید. این عامل برای اغلب موجودات گیاهی و جانوری، به‌جز چند گونه، مانند ماهیان اعماق دریاها و غارها که می‌توانند بدون حضور نور زنده بمانند، فاکتوری ضروری برای زندگی است. با وجود نقش دوره نوری و شدت نور در رشد و نمو ماهیان (Rodrýguez and Gisbert, 2002)، میزان این تأثیر در گونه‌های مختلف، بسته به سن و مراحل مختلف نمو همان گونه نیز متفاوت است (Loew and Sillman, 1993). در ماهیان استخوانی، نور در تمام مراحل چرخه زندگی از رشد و نمو جنینی (Downing and Litvak, 2002) تا رسیدگی جنسی در بالغین (Migaud *et al*., 2010) تأثیرگذار است.

در مطالعات گوناگونی که در خصوص تاثیر دوره نوری روی رشد ماهی صورت پذیرفته است، افزایش طول دوره نوری سبب افزایش رشد (Villamizar *et al*., 2011) در برخی از گونه‌ها مانند، *Mylio macrocephalus* (Kiyono and Hirano, 1981)، خرگوش‌ماهی *Siganus guttatus* (Duray and Kohno, 1988)، سیم سرطلایی *Sparus auratus* (Chatain, 1994)، کفشک پشت‌سبز *Rhombosolea tapirina* (Hart *et al*., 1996)، ماهی کاد *Gadus morhua* (Puvanendran and Brown, 2002; Van der Meeren and Jørstad. 2001)، اسنایپر *Pagrus auratus* (Fielder *et al*., 2002)، کفشک سنگال *Solea senegalensis* (Canavate and Fernández-Díaz, 1999)، گرگ‌ماهی اروپایی *Dicentrarchus labrax* (Hatziathanasiou *et al*., 2002; Villamizar *et al*., 2010)، آزادماهی آتلانتیک *Salmo salar* (Duston and Saunders, 1995; Migaud *et al*., 2007)، تاس‌ماهی ایرانی *Acipenser persicus* (Zolfaghari *et al*., 2011)، فیل‌ماهی *Huso huso* (Askarian and Kryuchkov and Obukhov, 2006)، استرلیاد *A. ruthenus* (Kousha, 2009; Eshaghzadeh *et al*., 2013) و شیپ *Acipenser nudiventris* (Ponomarenko *et al*., 1992) شده است. در برخی از

مطالعات نیز دوره نوری با طول روز بلند یا روشنایی مطلق روی رشد و نمو مراحل لاروی و جوان ماهی در تعداد از گونه‌ها اثر منفی داشت (Pen *et al*., 2004; Bani *et al*., 2009; Mukai *et al*., 2010; Villamizar *et al*., 2011; Falahatkar *et al*., 2012).

شدت نور نیز از دیگر عوامل محیطی است که می‌تواند روی زمان تکامل، بازماندگی و رشد و نمو لارو و بچه‌ماهی اثرات مثبت یا منفی داشته باشد (Downin and Litvak, 1999, 2001; Brown *et al*., 2003; Monk *et al*., 2006; Vera and Miguad, 2009). در این زمینه، مطالعات انجام یافته درباره تأثیر دوره نوری و شدت آن به‌ویژه بر مراحل لاروی و بچه‌ماهی تاس‌ماهیان بسیار کم و نادر بوده است.

تاس‌ماهی ایرانی *A. persicus* از ماهیان بومی و یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گونه‌های خاویاری ناحیه جنوبی دریای خزر است که همانند سایر گونه‌های تاس‌ماهی در لیست جانوران در حال انقراض می باشد (IUCN, 2010). بیشترین تلفات و مرگ و میر ماهیان از جمله ماهیان خاویاری به‌دلایل مختلف چون اندازه کوچک، محدود بودن توانایی شنا و حساسیت به تغییرات محیطی (دما، نور) در مرحله تکامل لاروی و آغاز تغذیه فعال رخ می‌دهد (Rice *et al*., 1987; Miller *et al*., 1988).

بر پایه مطالعات انجام یافته، اثر دوره نوری و شدت آن در گونه‌های مختلف و حتی در یک گونه، بر اساس نیازهای زیستی هر مرحله از زندگی، متفاوت از مراحل دیگر بوده و نمی‌توان نتایج آنها را به هم تعمیم داد (Villamizar *et al*., 2011). بنابراین دستیابی به دامنه مناسب و بهینه دوره نوری و شدت آن در یک واکنش متقابل و نیز تأثیر این عوامل روی فاکتورهای رشد از مهم‌ترین خلاهای تحقیقاتی موجود در خصوص آبزی‌پروری تاس‌ماهیان به‌ویژه تاس‌ماهی ایرانی به‌عنوان یکی از گونه‌های مناسب آبزی‌پروری در مراحل اولیه زندگی است. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از اجرای این تحقیق تعیین اثر متقابل دوره‌های مختلف نوری و شدت آن بر فاکتورهای رشد تاس‌ماهی ایرانی در مرحله آغاز تغذیه فعال تا بچه‌ماهی انگشت‌قد به‌منظور دستیابی به شرایط بهینه پرورشی از دیدگاه طول دوره نوری و شدت نور بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از اواخر فروردین تا پایان خردادماه ۱۳۹۳ در مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید بهشتی رشت و مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر به انجام رسید. لارو مورد نیاز این مطالعه از مرکز شهید بهشتی که حاصل تکثیر مصنوعی مولدین تاس‌ماهی ایرانی وحشی بود، تهیه شد. عملیات اجرایی در یک سالن سرپوشیده و در اتاقک‌هایی با روکش پلاستیکی مشکی، به انجام رسید. در مجموع ۱۲ اتاقک در چهار ردیف (هر ردیف سه اتاقک و کاملاً مستقل از هم و در هر اتاقک سه وان به‌عنوان تکرارهای هر تیمار) قرار داشت. در همه اتاقک‌ها و در ارتفاع ۸۰ سانتی‌متری از

سطح آب هر تکرار (هر وان پلاستیکی) یک لامپ آفتابی نصب گردید. در مسیر هر لامپ یک دیمر (شرکت پارت برق ایرانیان) برای تنظیم شدت نور و یک زمان سنج ۲۴ ساعته (با حساسیت ۱۵ دقیقه، شرکت سون الکتریک چین) برای کنترل دوره نوری تیمار مربوطه و یک پریز و کلید نصب شد. شدت نور مورد نیاز تیمارها با استفاده از دستگاه نورسنج دیجیتالی (مدل TES-1336A با حساسیت ۲۰۰۰۰-۲۰ لوکس شرکت TES Electrical Electronic Corp تایوان) تنظیم و هر روز سه بار کنترل گردید. پرورش ماهی‌ها در وان‌های پلاستیکی و حجم مفید ۱۰۰ لیتر آب صورت گرفت. همه اتاقک‌ها با استفاده از لوله‌های پلی‌اتلینی، لوله‌کشی شدند. در هر وان یک سنگ هوا منشعب از یک پمپ آکواریوم قرار داده شد. آب به‌طور پیوسته با دبی ۰/۴ تا ۰/۵ لیتر بر ثانیه وارد وان‌ها شد و سپس از خروجی به بیرون انتقال یافت. تیمار ۱۳ یا شاهد نیز در خارج از اتاقک‌ها و در شرایط سالن ونیرو با سه تکرار و با وضعیت مشابه سایر تیمارها قرار داشت. روزانه با استفاده از اکسیژن‌متر، دماسنج دیجیتال (مدل HQ40d مولتی شرکت HACH آلمان) و پی اچ متر (مدل 2A20-1012 - Ph 330i/set شرکت WTW آلمان) غلظت و درصد اشباعیت اکسیژن محلول، دما و پی اچ آب وان‌ها در هر تیمار به‌طور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت گردید. تیمارهای ۱۳ گانه و نحوه چیدمان آنها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات و نحوه چیدمان تیمارهای مورد آزمایش

اتاقک ۱ (تیمار ۳)	**اتاقک ۲ (تیمار ۹)**	**اتاقک ۳ (تیمار ۲)**	**اتاقک ۴ (تیمار ۶)**
۲۴ ساعت روشنایی و بدون تاریکی با شدت نور ۴۵۰ لوکس	۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۴۵۰ لوکس	۲۴ ساعت روشنایی و بدون تاریکی با شدت نور ۲۵۰ لوکس	۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با شدت نور ۴۵۰ لوکس
اتاقک ۵ (تیمار ۸)	**اتاقک ۶ (تیمار ۴)**	**اتاقک ۷ (تیمار ۱)**	**اتاقک ۸ (تیمار ۷)**
۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۲۵۰ لوکس	۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با شدت نور ۱۰۰ لوکس	۲۴ ساعت روشنایی و بدون تاریکی با شدت نور ۱۰۰ لوکس	۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با شدت نور ۱۰۰ لوکس
اتاقک ۹ (تیمار ۱۲)	**اتاقک ۱۰ (تیمار ۱۱)**	**اتاقک ۱۱ (تیمار ۱۰)**	**اتاقک ۱۲ (تیمار ۵)**
۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی با شدت ۴۵۰ لوکس	۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی با شدت نور ۲۵۰ لوکس	۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی با شدت نور ۱۰۰ لوکس	۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با شدت نور ۲۵۰ لوکس

به هر تکرار (وان) هر تیمار، ۷۵ گرم (۱۸۰۰ قطعه) لارو تازه به تغذیه افتاده (به‌ترتیب با وزن و طول ۴۱/۶۶ میلی‌گرم و ۱۹/۶۴ میلی‌متر) و به کل تیمارها، ۲۹۲۵ گرم (۷۰۲۰۰ قطعه) معرفی شد. میانگین دما، اکسیژن محلول، درصد اشباعیت و pH آب در طول دوره آزمون به‌ترتیب ۲۱/۸ درجه سانتی‌گراد، ۷/۲ میلی‌گرم درلیتر، ۹۲/۲ درصد و ۷/۲ بود.

طول دوره آزمون، ۶۰ روز بود. ماهی‌ها در دو نوبت (روز اول و ۶۰ ام پس از تغذیه فعال) به‌طور جداگانه زیست‌سنجی شدند. وزن با ترازوی دیجیتالی (مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ گرم شرکت A & D ژاپن) و طول با خط‌کش فلزی به دقت یک میلی‌متر محاسبه شد. پس از پایان دوره تحقیق و آزمایش، نسبت به تعیین افزایش وزن کسب شده (W2=WG–W1)، ضریب رشد ویژه (100× Ln W2- Ln W1)/day-1 =SGR)، ضریب چاقی (100× (W /L3) =CF)، درصد افزایش وزن بدن (100× (BWI=(W1–W2/W1) و درصد بازماندگی ((N1/N0) × 100 =SR) بچه‌ماهی‌ها در تیمارهای مختلف با استفاده از برابری‌های ریاضی زیر اقدام گردید (Taylor *et al*., 2006; Bani *et al*., 2009). در برابری‌های فوق؛ W1= وزن اولیه، W2= وزن ثانویه، W= وزن کل، L= طول کل، N0= تعداد بچه ماهی در آغاز آزمون و N1= تعداد بچه ماهی در پایان دوره بود.

این آزمایش با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل با سه فاکتور شامل طول دوره نوری در چهار سطح شامل (۲۴ ساعت روشنایی و بدون تاریکی، ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی) و شدت نور در سه سطح (۱۰۰ لوکس، ۲۵۰ لوکس و ۴۵۰ لوکس) و اثر تکرارها انجام گرفت. به‌منظور مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون تجزیه واریانس Three- way Nested ANOVA و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون جدا ساز Tukey در سطح اطمینان ۹۵ درصد و برای تعیین یکنواختی واریانس‌ها از آزمون Levene استفاده شد. آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS-20 و رسم نمودارها از Excel-2010 انجام گردید. برای آنالیز داده‌ها نخست نرمالیتی داده‌ها با استفاده از آزمون (K-S) Kolmogrov-smironov کنترل شد. در صورت عدم نرمال بودن داده‌ها از آزمون ناپارامتریک و برای بررسی اثر تکرارها در تیمار از آزمون تکرار در تیمار آشیان (Nested ANOVA) استفاده شد. برای تعیین درصد زنده‌مانی، آزمون مربع K مورد استفاده قرار گرفت. ضمناً اثر تکرار با آزمون تکرار در تیمار آشیان بررسی شد، به‌طوری که هر بین تکرارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. برای بیان داده‌ها از "میانگین±اشتباه استاندارد" استفاده گردید.

نتایج

میانگین وزن نهایی بچه تاس‌ماهی ایرانی *A. persicus* در محدوده بین ۶۸/۴۶±۱۵۷۳/۲۸ و ۲۵۰/۸۹±۳۳۶۵/۰۳ میلی‌گرم (p<۰/۰۵ و F=۱۰/۶۶، df=۱۲) و در تیمارهای مختلف دوره نوری دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (جدول ۱). نتایج مشابه‌ای نیز در پایان دوره آزمون در خصوص میانگین طول کل نهایی با مقدار بین ۱/۳۳±۶۹/۷۷ و ۲/۱۴±۹۰/۷۳ میلی‌متر (p<۰/۰۵ و H=۱۰۶/۰۲، df=۱۲)، ضریب رشد ویژه در محدوده بین ۰/۰۷±۶/۰۱ و ۰/۱۳±۷/۱۸ درصد (p<۰/۰۵ و F=۱۰/۶۶،

df=۱۲)، افزایش وزن بدن با نوسان بین ۱۶۴/۳۳±۳۶۷۶/۴۷ و ۶۰۲/۲۳±۷۹۷۷/۳۷ درصد (p<۰/۰۵ و F=۱۰/۶۸، df=۱۲) و وزن کسب شده در محدوده بین ۶۸/۴۶±۱۵۳۱/۶۲ و ۲۵۰/۸۹±۳۳۲۳/۳۷ میلی‌گرم (p<۰/۰۵ و F=۱۰/۶۸، df=۱۲) مشاهده شد. اما دو فاکتور ضریب چاقی با مقدار عددی بین ۰/۰۱±۰/۴۲ و ۰/۰۱±۰/۴۸ (p>۰/۰۵ و H=۶۴/۲۸، df=۱۲) و بازماندگی در محدوده بین ۰/۰۰±۸۶/۳۰ و ۰/۰۰±۹۳/۴۳ درصد (p>۰/۰۵ و H=۰/۵۱۸، df=۲۴) در همه تیمارها نسبت به یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۹۵ درصد اعتماد بودند (جدول ۱).

جدول ۲: نتایج تأثیر دوره و شدت نور روی فاکتورهای رشد در بچه تاس‌ماهی ایرانی (n=۳۰ و SE ± میانگین)

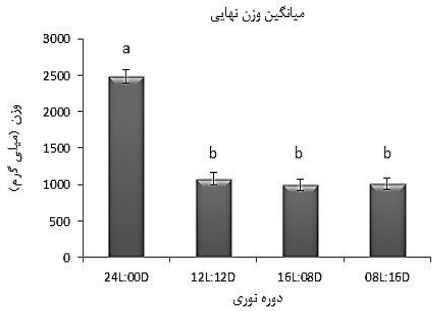
تیمارها	فاکتورهای رشد						
	طول کل نهایی (mm)	وزن کل نهایی (mg)	ضریب رشد ویژه در روز (%)	افزایش وزن بدن (%)	وزن کسب شده (mg)	ضریب چاقی	زنده مانی (%)
۱	۷۷/۹۰±۲/۰۲^{defg}	۲۳۲۵/۴۰±۱۶۹/۱۱^{bc}	۶/۶۰±۰/۱۱^{bc}	۵۴۸۱/۸۵±۴۰۵/۹۴^{bc}	۲۲۸۳/۷۴±۱۶۹/۱۱^{bc}	۰/۴۸±۰/۰۱	۸۷/۸۱±۰/۰۰
۲	۸۰/۰۷±۲/۱۷^{cdef}	۲۳۵۶/۰۰±۱۶۹/۶۶^{bc}	۶/۶۰±۰/۱۱^{bc}	۵۵۵۵/۳۰±۴۰۷/۲۴^{bc}	۲۳۱۴/۳۴±۱۶۹/۶۶^{bc}	۰/۴۴±۰/۰۱	۸۶/۳۰±۰/۰۰
۳	۸۵/۹۰±۱/۶۶^{abcd}	۲۷۵۸/۹۰±۱۴۱/۷۳^{ab}	۶/۹۳±۰/۰۸^{ab}	۶۵۲۲/۴۲±۳۴۰/۲۱^{ab}	۲۷۱۷/۲۴±۱۴۱/۷۳^{ab}	۰/۴۳±۰/۰۱	۹۰/۳۰±۰/۰۰
۴	۹۰/۰۷±۲/۵۲^{ab}	۳۳۶۵/۰۳±۲۵۰/۸۹^{a}	۷/۱۸±۰/۱۳^{a}	۷۹۷۷/۳۷±۶۰۲/۲۳^{a}	۳۳۲۳/۳۷±۲۵۰/۸۹^{a}	۰/۴۴±۰/۰۱	۸۷/۴۷±۰/۰۱
۵	۷۹/۲۰±۲/۵۵^{cdef}	۲۴۳۴/۸۳±۲۲۲/۸۱^{bc}	۶/۶۰±۰/۱۴^{bc}	۵۷۴۴/۵۳±۵۳۴/۸۲^{bc}	۲۳۹۳/۱۷±۲۲۲/۸۱^{bc}	۰/۴۶±۰/۰۱	۹۳/۴۳±۰/۰۰
۶	۸۱/۱۷±۱/۷۸^{bcdef}	۲۴۵۸/۴۳±۱۴۸/۱۴^{abc}	۶/۷۲±۰/۰۹^{abc}	۵۸۰۱/۱۸±۳۵۵/۶۰^{abc}	۲۴۱۶/۷۷±۱۴۸/۱۴^{abc}	۰/۴۵±۰/۰۱	۹۱/۲۶±۰/۰۰
۷	۷۲/۶۷±۱/۳۷^{fg}	۱۸۸۵/۸۳±۹۶/۴۰^{cd}	۶/۳۰±۰/۰۹^{cd}	۴۴۲۶/۷۲±۲۳۱/۴۱^{cd}	۱۸۴۴/۱۷±۹۶/۴۰^{cd}	۰/۴۸±۰/۰۱	۹۲/۵۰±۰/۰۰
۸	۸۲/۴۳±۱/۸۹^{abcde}	۲۶۲۸/۲۳±۱۶۱/۰۸^{ab}	۶/۸۲±۰/۱۰^{ab}	۶۲۰۸/۷۸±۳۸۶/۶۷^{ab}	۲۵۸۶/۵۷±۱۶۱/۰۸^{ab}	۰/۴۶±۰/۰۱	۸۹/۳۱±۰/۰۰
۹	۸۷/۴۳±۱/۹۹^{abc}	۳۰۳۰/۵۷±۱۸۳/۶۶^{ab}	۷/۰۶±۰/۱۰^{ab}	۷۱۷۴/۵۲±۴۴۰/۸۵^{ab}	۲۹۸۸/۹۱±۱۸۳/۶۶^{ab}	۰/۴۴±۰/۰۱	۸۸/۹۱±۰/۰۰
۱۰	۷۳/۷۳±۱/۵۶^{efg}	۱۹۴۳/۶۰±۱۱۸/۵۵^{cd}	۶/۳۲±۰/۱۰^{cd}	۴۵۶۵/۳۹±۲۸۴/۵۸^{cd}	۱۹۰۱/۹۴±۱۱۸/۵۵^{cd}	۰/۴۷±۰/۰۱	۹۱/۸۰±۰/۰۰
۱۱	۹۰/۷۳±۲/۱۴^{a}	۳۱۱۹/۹۷±۱۶۱/۹۴^{a}	۷/۱۲±۰/۱۰^{a}	۷۳۸۹/۱۱±۳۸۸/۷۳^{a}	۳۰۷۸/۳۱±۱۶۱/۹۴^{a}	۰/۴۲±۰/۰۱	۸۸/۲۴±۰/۰۰
۱۲	۷۹/۷۰±۱/۹۰^{cdef}	۲۴۵۰/۸۳±۱۶۰/۱۶^{abc}	۶/۷۰±۰/۱۰^{abc}	۵۷۸۲/۹۴±۳۸۴/۴۴^{abc}	۲۴۰۹/۱۷±۱۶۰/۱۶^{abc}	۰/۴۷±۰/۰۱	۹۰/۸۷±۰/۰۱
۱۳	۶۹/۷۷±۱/۳۳^{g}	۱۵۷۳/۲۸±۶۸/۴۶^{d}	۶/۰۱±۰/۰۷^{d}	۳۶۷۶/۴۷±۱۶۴/۳۳^{d}	۱۵۳۱/۶۲±۶۸/۴۶^{d}	۰/۴۸±۰/۰۱	۸۹/۸۱±۰/۰۰

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است (p<۰/۰۵)

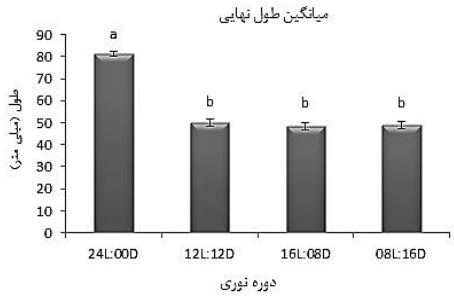
آنالیز آماری فاکتورهای رشد نشان داد که بیشترین افزایش میانگین وزن و طول نهایی و نیز شرایط بهینه برای سایر فاکتورهای رشد بچه تاس‌ماهی‌های ایرانی در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی با شدت نور ۱۰۰ لوکس و پس از آن بدون اختلاف معنی‌دار در دوره نوری ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی با شدت نور ۲۵۰ لوکس رخ داده بود. کمترین افزایش میانگین وزن و طول نهایی و نیز حداقل شرایط بهینه در سایر فاکتورهای رشد مورد آزمون با اختلاف آماری معنی‌دار نسبت به تیمارهای یاد شده (p<۰/۰۵)، در دوره نوری و شدت نور تیمار شاهد و پس آن به‌ترتیب در

دوره‌های نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی هر دو با شدت نور ۱۰۰ لوکس (جدول ۱) مشاهده شد.

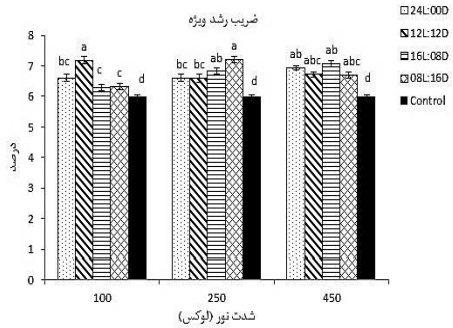
نتایج آماری نشان داد که دوره نوری و شدت نور در بسیاری از فاکتورهای رشدی با یکدیگر اثر متقابل مؤثر داشتند و بچه‌ماهی‌ها در دوره‌های نوری مشابه ولی با شدت نور متفاوت، از کارایی رشد معنی‌داری برخوردار بودند (شکل‌های ۶-۳) ($p<۰/۰۵$)، اما دو فاکتور میانگین نهایی وزن و طول کل، تأثیر دوره نوری بر شدت نور غلبه داشت (شکل‌های ۲-۱). همچنین نتایج اثر متقابل دو عامل مورد آزمون حاکی از آن بود که درصد بازماندگی اگرچه در تیمارهای مختلف متفاوت بود، ولی فاقد اختلاف معنی‌دار بودند ($p>۰/۰۵$) (شکل ۷). همچنین یافته‌ها نشان دادند که در همه فاکتورهای رشد بجز ضریب چاقی و درصد بازماندگی که تیمارها فاقد اختلاف معنی‌دار بودند، بچه ماهی‌های تیمار شاهد از کمیت کمتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل‌های ۷-۳). نتایج فاکتورهای رشد و درصد بازماندگی تیمار شاهد با تیمارهای با شدت نور پایین (۱۰۰ لوکس) مطابقت داشت و فاقد اختلاف معنی‌دار ولی با تیمارهای با شدت نور بالا دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۱).



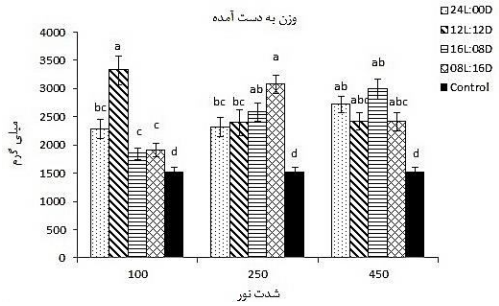
شکل ۱: میانگین وزن نهایی



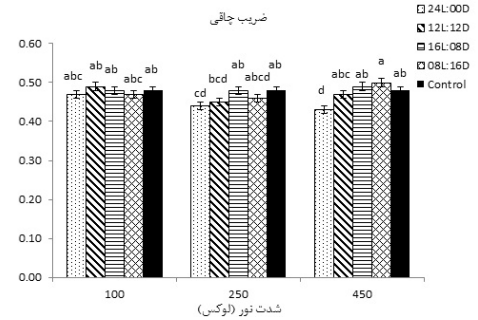
شکل ۲: میانگین طول نهایی



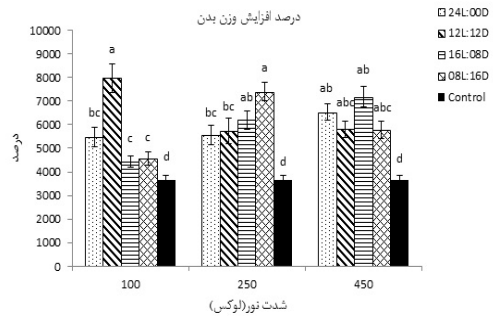
شکل ۳: میانگین ضریب رشد ویژه



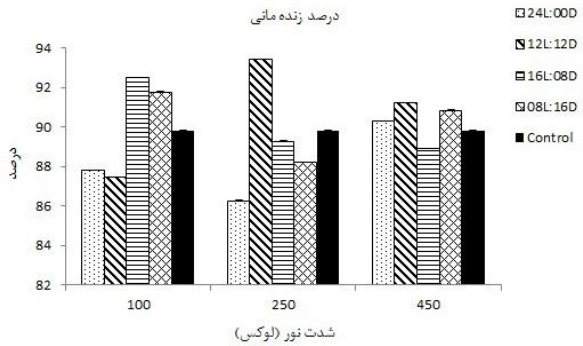
شکل ۴: میانگین وزن بدست آمده



شکل ۵: میانگین ضریب چاقی



شکل ۶: میانگین درصد افزایش وزن



شکل ۷: میانگین درصد زنده مانی

در تمام شکل ها حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری است ($p<۰/۰۵$)

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به روشنی امکان پرورش موفقیت‌آمیز تاس‌ماهی ایرانی در مرحله لارو تا انگشت قـد را در تانک‌های کوچک داخل سالن و در شرایط مختلف دوره نوری و شدت نور تا ۶۰ روز مشخص کـرد و نتایج نشان داد که این دو فاکتور به‌طور معناداری روی افزایش رشد تأثیر داشـتند درحـالی‌کـه درصـد زنده‌مانی و ضریب چاقی تحت تأثیر آنها قرار نگرفتند.

دوره نوری و رشد لارو بچه ماهی: بیشترین میانگین وزن، طول کل نهایی، ضریب رشد ویژه، افزایش وزن بدن و وزن کسب شده در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و ۸ ساعت روشنایی ۱۶ ساعت تاریکی مشاهده شد. تأثیر دوره‌های مختلف نوری روی کارایی رشـد بچـه‌ماهیـان (میـانگین وزنی ۳ گرم) در مطالعه حاضر مشابه نتایج مشاهده شده در فیل‌ماهی پرورشی جوان دو ساله (میانگین وزن یک کیلوگرم) پس از ۷۵ روز پرورش در دوره‌های مختلف نوری بود که بالاترین ضریب رشد ویژه و کمترین ضریب تبدیل غذایی در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و بهینه رژیم نوری برای رشد بهینـه در

۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی مشاهده شد. بر اساس یافته‌های بدست آمده نتیجه‌گیری شد که در فیل ماهی دو ساله پرورشی، دوره‌های نوری با روشنایی و یا تاریکی مستمر نمی‌تواند رژیم نوری مناسبی باشد (Ghomi *et al.*, 2012). در مطالعه دیگری ثابت شد که دوره نوری نمی‌تواند پاسخ‌های استرس مزمن مهم در بچه تاس‌ماهی ایرانی زیر یک گرم ایجاد کند. در این تحقیق بالاترین افزایش رشد تاس‌ماهی ایرانی انگشت‌قد پرورشی در دوره نوری با روشنایی ۱۲ تا ۱۸ ساعت مشاهده گردید (Zolfaghari *et al.*, 2011). در کار تحقیقی دیگر، رژیم نوری مناسب برای مراحل اولیه زندگی فلاندر جنوبی *Paralichthys lethostigma*، دوره نوری طبیعی یا ۱۰ ساعت در شبانه روز اعلام شد که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت (Tuckey and Smith, 2001). آنها بر این باور بودند که ۱۰ ساعت روشنایی ممکن است وابسته به تنظیم کننده‌های عملکرد طبیعی دوره‌های نوری این گونه باشد که در پاسخ به آن رشد، تمایز و چرخه‌های روزانه دوره نوری کنترل می‌گردد. اما امکان دارد در تیمارهای تاریکی و روشنایی مستمر این دوره‌های فیزیولوژیک شبانه‌روزی شکسته شوند، به‌طوری که در تیمارهای تاریکی مستمر کل دستگاه گوارش به‌خوبی تمایز نیافته، رشد ماهی کاهش یابد.

برخلاف مطالعات انجام یافته در آزادماهیان که در بیشتر موارد با افزایش دوره نوری و طول روز، رشد لارو و بچه ماهی بهبود یافت (Ronzani Cerqueira *et al.*, 1991; Hallaraker *et al.*, 1995; Hart *et al.*, 1996; Constantinos *et al.*, 2004; Biswas *et al.*, 2006; Campagnolo and Nuner, 2008)، در تاس‌ماهیان، دوره‌های مختلف نوری نتایج متفاوتی را رقم زدند. پونومارنکو و همکاران (Ponomarenko *et al.*, 1992) و کریوچکوف و ابوکوف (Kryuchkov and Obukhov, 2006) به‌ترتیب با مطالعه روی تاس‌ماهی شیپ و استرلیاد دریافتند که کمینه و بیشینه روند تمایز و رشد در این گونه‌ها به‌ترتیب در رژیم‌های نوری تاریکی و روشنایی مستمر رخ می‌دهد. اسحق زاده و همکاران (Eshaghzadeh *et al.*, 2013) با بررسی تأثیر دوره‌های مختلف نوری روی لارو فیل‌ماهی پرورشی (آغاز تغذیه فعال تا ۵۰ روز پس تفریخ) بهینه رشد را در دوره نوری ۱۸ ساعت روشنایی و ۶ ساعت تاریکی مشاهده کردند و نتیجه گرفتند که چرخه‌های روشنایی و تاریکی ماهیان پرورشی با توجه به گونه و بر اساس زیستگاه و چرخه زندگی آنها متفاوت است. از طرف دیگر بانی و همکاران (Bani *et al.*, 2009) گزارش کردند که دوره‌های مختلف نوری تأثیری روی کارایی رشد فیل ماهی جوان پرورشی (۲۲/۵ گرم) نداشت و حتی در رژیم نوری ۲۴ ساعت روشنایی، وزن نهایی ۱۵٪ کمتر از ۱۶ ساعت روشنایی بود. همچنین فلاحتکار و همکاران (Falahatkar *et al.*, 2012) نیز پس از مطالعه دوره‌های مختلف نوری روی تاس‌ماهی ایرانی ۲ ساله اعلام کردند اگرچه رشد ماهی در تیمار دوره نوری ۲۴ ساعت تاریکی بهتر از سایر تیمارها بود، ولی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در تیمارها مشاهده نشد. هر دو گروه محققین اخیر به این نتیجه رسیدند که دستگاه بینایی نقش مهمی در فعالیت‌های تغذیه‌ای پاروپوزه‌ها

و ماهیان خاویاری بازی نمی‌کند، زیرا آنها ماهیانی بنتوزخوار بوده، از انـدام‌هـای تخصـص یافتـه ماننـد سبیلک و روستروم (Kasumyan, 1999) برای یافتن غذای خود استفاده می‌کنند و به همـین دلیـل بـه راحتی می‌توانند در تاریکی غـذای خـود را بیابنـد. البتـه گـروه اخیـر دمـای آب، وزن، سـن، ژنتیـک و ویژگی‌های فردی را نیز از مهم‌ترین دلایل تفاوت نتایج محققین روی گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری اعلام داشتند. همچنین تفاوت رشد در گونه‌های خاویاری در دوره‌های متفاوت نوری ممکن است ناشـی از طراحی آزمون، فاکتورهای مغذی، سیستم‌های پرورشـی (Hallaraker *et al*., 1995; Falahatkar *et al*., 2012) و نیز اندازه ماهی مورد آزمایش باشد.

با توجه به یافته‌های مورد اشاره مـی‌تـوان گفـت کـه آزادماهیـان و بسـیاری از ماهیـان اسـتخوانی دوره‌های نوری بلند مدت را ترجیح می‌دهند. زیرا به‌نظر می‌رسد ارتباط بین دوره نوری و رشد ماهی بـا میزان برخورد طعمه با ماهی همبستگی دارد. از این رو دوره نوری طولانی‌تر، هم شانس برخورد بیشـتر با طعمه و در نتیجه خوردن بیشتر غذا را سبب خواهد شد که افزایش رشد را به دنبـال خواهـد داشـت (Hart *et al*., 1996) و هم ممکن است سبب افزایش ترشح هورمون رشد شود (Constantinos *et al*., 2004) که با تحریک ساخت پروتئین، بهبود ضریب تبـدیل غـذایی و اشـتها را در بسـیاری از گونـه‌هـا، افزایش خواهد داد. اما بر پایه نتایج مطالعه حاضر و نیز یافته‌های مطالعات دیگـر محققـین در خصـوص ماهیان خاویاری می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هر چند عدم وابسـتگی تغذیـه ایـن گـروه از ماهیـان بـه دستگاه بینایی و نیز تفاوت گونه‌ای و مرحله سنی تا حدی تفاوت تأثیر دوره نوری روی رشـد آنهـا را بـا آزاد ماهیان توجیه می‌کند، اما به‌نظر می‌رسد که در پرورش مراحل اولیه زندگی تاس‌ماهیان حتماً بایـد دوره‌های نوری روشنایی– تاریکی وجود داشته باشد. زیرا بین دوره نوری، دما، اکسیژن محلـول و سـایر خصوصیات محیط، اثرات متقابل مثبتی وجود دارد که عموماً همزمان با هم تغییرات را باعث مـی‌شـوند (Boeuf and Le Bail., 1999).

شدت نور و رشد لارو و بچه‌ماهی: مطالعه حاضر نشان داد کـه رشـد تـاس‌مـاهی ایرانـی در مرحلـه لاروی تا انگشت‌قد علاوه بر دوره نوری، تحت تأثیر شدت نور بود و بیشینه رشد گـروه‌هـای تیمـاری بـا اختلافی معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) در محدوده شدت نور ۲۵۰-۱۰۰ لوکس بروز کرده است. مطالعـات انـدک انجام شده در خصوص تأثیر نور روی تاس‌ماهیان تنها دربردارنده تیمارهـای دوره نـوری بـود و بـه‌نظـر می‌رسد مطالعه حاضر نخستین مطالعه‌ای باشد کـه هـم زمـان تـأثیر شـدت نـور و دوره نـوری را روی پارامترهای رشد و بازماندگی تاس‌ماهیان (تاس‌ماهی ایرانـی) مـورد بررسـی قـرار داده، بـه ایـن نتیجـه رسیده است که شدت نور می‌تواند به‌شدت برخی از فاکتورهای رشد را تحـت تـأثیر قـرار دهـد. نتـایج بدست آمده در این مطالعه با برخی از نتایج مطالعات انجام یافته روی ماهیان استخوانی و بـه ویـژه آزاد ماهیان مشابهت داشت.

مطالعات نشان داده است که برای رشد و تمایز طبیعی لاروها به یک حداقل آستانه شدت نور نیاز است. این شدت نور آستانه در گونه‌ها ممکن است متفاوت بوده و در یک دامنه قرار گیرد. مثلاً لارو سیم دریایی برای رشد بهینه به شدت نور ۱۳۰۰-۶۰۰ لوکس (Tandler and Helps, 1985)، آزادماهی آتلانتیک جوان ۶۰۰-۲۰۰ لوکس (Mortensen and Damsgard, 1993)، هالیبوت *Hippoglossus hippoglossus*، ۱۰-۱ لوکس (Hole and Pittman, 1995)، کفشک‌ماهی جنوبی ۱۶۰۰-۳۴۰ لوکس (Daniels *et al*, 1996) و سیم دریایی سرطلایی ۱۵۰-۵۰ لوکس (Boeuf and Le Bail, 1999) نیاز دارند که بیانگر حداقل حساسیت به شدت نور می‌باشند. این در حالی است که برخی دیگر از گونه‌ها به‌ویژه گونه‌های پلاژیک، لاروها در آستانه شدت نور بسیار کم رشد و نمو می‌یابند که از آن جمله می‌توان به لارو شگ‌ماهی در شدت نور کمتر از یک لوکس (Blaxter, 1975)، گرگ‌ماهی راه‌راه *Morone* saxatilis، یک لوکس (Chesney, 1989) و بچه‌ماهی انگشت‌قد آزادماهی چار قطبی *Salvelinus alpinus*، در ۵۰ لوکس اشاره کرد. ضمناً لارو برخی از گونه‌ها مانند لارو گرگ‌ماهی اروپایی با ۶۰۰ لوکس (Barahona-Fernandes, 1979) و خرگوش‌ماهی با ۱۰۰۰ لوکس (Duray and Kohno, 1988) روشنایی برای رشد به نوری با شدت بالا نیازمندند. این اختلاف در شدت نور مورد نیاز می‌تواند بر اساس راهبرد شکار طعمه و فعالیت‌های تغذیه توضیح داده شود. حداقل آستانه شدت نور به شدت به تمایز بینایی لارو بستگی دارد و عاملی ضروری برای انتخاب طعمه می‌باشد. در یک تحقیق مشخص شد، شدت نور ۱۳۰۰ لوکس نسبت به ۱۰۰ لوکس در سیم دریایی، (Chatain and Qunais-Guschemaan, 1991) برای رشد مناسب‌تر بود. تأمین شدت نور بهینه برای گونه‌های خاص، کارایی حس بینایی را برای تغذیه لاروها و ماهی‌ها افزایش می‌دهد (Downing and Litvak, 1999) به‌طوری که می‌تواند رشد را بهبود بخشد. پووانندران و براون (Puvanendran and Brown, 2002) نیز اعلام داشتند که رشد لاروهای کاد، تا روز ۲۸ در شدت نور بالا (۲۴۰۰ لوکس) به‌طور معناداری بیشتر از شدت نور پایین (کمتر از ۱۰۰۰ لوکس) بود، اما پس از ۲۸ روز اختلاف معناداری با سایر تیمارها نداشت. آنها نتیجه گرفتند که شدت نور در برخی از گونه‌ها در روزهای نخست بسیار مهم است زیرا در این مدت شبکیه چشم تکامل می‌یابد و پس از تمایز شبکیه چشم، دیگر نیازی به شدت نور بالا نمی‌باشد و لاروها برای تغذیه و رشد قادر هستند در نور پایین نیز به مقدار مشابه شدت نور بالا، غذا دریافت کرده و رشد یکسانی داشته باشند. برخلاف لاروها و بچه‌ماهیان، مطالعات انجام یافته روی ماهیان جوان و بالغ آزادماهیان نشان داد که رشد به شدت وابسته به شرایط پرورشی است و به نظر می‌رسد که شدت نور عامل مؤثر و مهمی در تنظیم رشد ماهیان جوان و بالغ نباشد (Boeuf and Le Bail, 1999). در تاس‌ماهی ایرانی نیز با توجه به رژیم غذایی بنتوزخواری و هماهنگ با شرایط طبیعی، در شدت نور پایین و در محدوده گسترده‌ای از شدت نور می‌تواند به رشد مناسب خود دست یابد.

درصد بازماندگی: مطالعه حاضر نشان داد که در دوره‌های نوری و شدت نور متفاوت، درصد بازماندگی بین گروه‌ها فاقد اختلاف معنی‌دار بود (p>۰/۰۵). این نتایج با نتایج برخی از محققین روی ماهی‌های مختلف استخوانی (Fuchs, 1978; Barlow *et al.*, 1995; Hart *et al.*, 1996; Constantinos *et al.*, 2004) مطابقت داشت. برخلاف نتایج فوق، در لارو گربه‌ماهی آسیایی (*Clarias macro- cephalus*) و آفریقایی (*C. gariepinus*) دوره نوری، اثر معنی‌داری روی درصد بازماندگی داشت به‌طوری که هر دو گونه در تاریکی بلندمدت تا تاریکی مستمر دارای بیشترین درصد بازماندگی بودند. نتیجه اخیر نشان داد که ممکن است دامنه تحمل این گونه‌ها به دوره نوری در مقایسه با دیگر گونه‌ها زیادتر باشد (Mino *et al.*, 2008). کمپاگنولو و نونر (Campagnolo and Nuñer, 2008) نیز کم‌ترین بازماندگی لاروهای ۵ تا ۱۰ روزه *Pseudoplatystoma corruscans* را در دوره نوری بلند مشاهده کردند و نتیجه گرفتند که این پدیده ممکن است با افزایش مرگ و میر لاروها در نتیجه فعالیت‌های شدید شنا (مصرف بالاتر انرژی و کاهش غلظت ملاتونین) در ارتباط باشد. در حالی که در شرایط تاریکی سطح هورمون ملاتونین افزایش و به بالاترین میزان خود می‌رسد. این تغییر در غلظت ملاتونین پلاسما موقعیتی است که در دوره‌های نوری طبیعی رخ می‌دهد و در زنده‌مانی ماهی مؤثر است (Boeuf and Le Bail, 1999). از طرف دیگر حسین و بوریج (Ossain and Beveridge, 1998) نشان دادند که شدت نور کم و دوره نوری بالا همیشه باعث افزایش درصد بازماندگی بچه‌ماهی انگشت‌قد گربه‌ماهی آسیایی نمی‌شود، اما شرایط فوق برای لاروها و ماهیان انگشت‌قد مفید خواهد بود. زیرا اغلب چرخه‌های بنیادی در طبیعت (روزانه و فصلی) وابسته به دوره‌های نوری هستند و از یک چرخه ۲۴ ساعته در فعالیت‌های روزانه خود بر اساس دوره و شدت نور پیروی می‌کنند.

تحقیق روی تاس‌ماهی ایرانی در مرحله آغاز تغذیه فعال تا انگشت‌قد نشان داد که هر دو فاکتور محیطی دوره نوری و شدت نور روی رشد و فاکتورهای رشدی تأثیرگذار بودند، به‌طوری که بیشینه رشد گروه‌های آزمایشی در دوره‌های نوری ۱۲-۸ ساعت نوری (۱۲L:۱۲D و ۰۸L:۱۶D) و با شدت نور ۲۵۰-۱۰۰ لوکس مشاهده شد. در واقع تاس‌ماهی ایرانی در این مرحله برای بهینه رشد به دوره‌های متناوب روشنایی و تاریکی (که با شرایط نوری طبیعی متناسب بود) نیاز داشت. همچنین این مطالعه مشخص کرد که درصد بازماندگی بچه‌ماهی‌ها نمی‌تواند تحت تأثیر نور (دوره و شدت نور) قرار گیرد. مطالعات آینده باید روی آنزیم‌ها و هورمون‌های آزاد شده تحت تأثیر دوره و شدت نور و مکانیزم‌های فیزیولوژی اثر آنها روی توسعه، رشد و بازماندگی لارو و بچه تاس‌ماهی ایرانی و سایر گونه‌های خاویاری بومی متمرکز شود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از کلیه همکاران خود در سازمان شیلات ایران و مرکز تکثیر و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری دکتر بهشتی رشت، به‌ویژه آقایان دکتر حسین عبدالحی، مهندسین علیرضا عباسعلی‌زاده، حسین محمدی پرشکوه، مهدی رزاقی، رضا حاجتی و مسعود علیزاده و کارگران شریف بخش‌های تکثیر، پرورش، ونیرو و فنی این مرکز و نیز از همکاری و مساعدت‌های صادقانه سرکار خانم دکتر مهتاب یارمحمدی، مهندس علی حلاجیان، دکتر علیرضا شناور، مهندسین سجاد دروی قاضیانی، سید محمد موسوی، هوشنگ یگانه، اسماعیل فرزانه و نیروهای کارگری بخش تکثیر و پرورش مؤسسه تاس‌ماهیان سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Askarian F., Kuosha A. 2009. The influence of photoperiod in farming Beluga sturgeon (*Huso huso*): evaluation by growth and health parameters in serum. Journal of Fisheries and Aquatic Science, 4: 41-49.

Bani A., Tabarsa M., Falahatkar B., Banan A. 2009. Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon *Huso huso*. Aquaculture Research, 40: 1899-1907.

Barahona-Fernandes M.H. 1979. Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae *Dicentrarchus labrax* reared at the Centre Oce´anologique de Bretagne. Aquaculture, 17: 311–321.

Barlow C.G., Pearce M.G., Rodgers L.J., Clayton P. 1995. Effects of photoperiod on growth, survival and feeding periodicity of larval and juvenile barramundi *Lates calcarifer* (Bloch). Aquaculture, 138: 159–168.

Biswas A.K., Seoka M., Tanaka Y., Takii K., Kumai H. 2006. Effect of photoperiod manipulation on the growth performance and stress response of juvenile red sea bream (*Pagrus major*). Aquaculture, 258: 350-356.

Blaxter J.H.S. 1975. The Eyes of Larval Fish. In: Ali, M.A. Ed. Vision in Fishes: New Approaches in Research. Plenum, New York, pp: 253–262, 32–56.

Boeuf G., Le Bail P.Y. 1999. Does light have an influence on fish growth? Aquacultur, 177: 129-152.

Brown J.A., Minkoff G., Puvanendran V. 2003. Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols, and problems. Aquaculture, 227: 357–372.

Campagnolo R., Nuñer A.P.O. 2008. Survival and growth of *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces-Pimelodidae) larvae: effect of photoperiod. Brazilian Medicine Veteritry Zootec, 60(6): 1511-1516.

Canavate J.P., Fernández-Díaz C. 1999. Influence of co-feeding larvae with live and inert diets on weaning the *Solea senegalensis* on commercial dry feeds. Aquaculture, 174: 255-263.

Chatain B., Ounais-Guschemann N. 1991. The relationship between light and larvae of *Sparus aurata*. In: Lavens P., Sorgeloos P., Jaspers E., Ollevier F. (Eds.), Larvi '91-Fish and Crustacean Larviculture Symposium, Gent, Belgium. European Aquaculture Society Special Publication, 15: 310–313.

Chatain B. 1994. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). Aquaculture, 119: 371-379.

Chesney E.J. 1989. Estimating the food requirement of striped bass larvae *Morone saxatilis*: effects of light, turbidity and turbulence. Marine Ecology Program Series, 53: 191–200.

Constantinos Th., Moustakas O., Watanabe A. 2004. Combined effects of photoperiod and salinity on growth, survival, and osmoregulatory ability of larval southern flounder *Paralichthys lethostigma*. Aquaculture, 229: 159–179.

Daniels H.V., Berlinsky D.L., Hodson R.G., Sullivan C.V. 1996. Effects of stocking density, salinity, and light intensity on growth and survival of Southern flounder *Paralichthys lethostigma* larvae. Journal World Aquaculture Society, 27: 153–159.

Downing G., Litvak M.K. 1999. The influence of light intensity on growth of larval haddock. North American Journal Aquatic, 61: 135–140

Downing G., Litvak M.K. 2002. Effects of light intensity, spectral composition and photoperiod on development and hatching of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) embryos. Aquaculture, 213: 265–278.

Duray M., Kohno H. 1988. Effects of continuous lighting on growth and survival of first-feeding larval rabbitfish, *Siganus guttatus*. Aquaculture, 72: 73-79

Duston J., Saunders R. 1995. Advancing smolting to autumn in age 0+ Atlantic salmon by photoperiod, and long-term performance in sea water. Aquaculture, 135: 295-309.

Eshaghzadeh H., Rafiee Gh., Eagderi S., Kazemi R., Poorbagher H. 2013. Effects of different photoperiods on the survival and growth of beluga sturgeon (*Huso huso*) larvae. International Journal of Aquatic Biology, 1: 36-41.

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*. Jornal of the World Aquaculture Society, 43(5): 679-687.

Fielder D., Bardsley W., Allan G., Pankhurst P. 2002. Effect of photoperiod on growth and survival of snapper *Pagrus auratus* larvae. Aquaculture, 211: 135-150.

Fuchs J. 1978. Effect of photoperiod on growth and survival during rearing of larvae and juveniles of solea (*Solea solea*). Aquaculture, 15: 63- 74.

Ghomi M.R., Nazari R.M., Sohrabnejad M. Ovissipour M., Zarei M., Esmaili Mola A., Makhdoomi C., Rahimian A., Noori H., Naghavi A. 2012. Manipulation of photoperiod in growth factors of beluga sturgeon *Huso huso*. African Journal of Biotechnology, 9(13): 1978-1981.

Hallaraker H., Folkvord A., Stefansson S.O. 1995. Growth of juvenile halibut_*Hippoglossus hippoglossus*, related to temperature, day length and feeding regime. Netherlands Journal of Sea Research, 34: 139–147.

Hart P.R., Hutchinson W.G., Purser G.J. 1996. Effects of photoperiod, temperature and salinity on hatchery-reared larvae of the greenback flounder (*Rhombosolea tapirina* Günther, 1862). Aquaculture, 144: 303-311.

Hatziathanasiou A., Paspatis M., Houbart M., Kestemont P., Stefanakis S., Kentouri M. 2002. Survival, growth and feeding in early life stages of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) intensively cultured under different stocking densities. Aquaculture, 205: 89-102.

Hole G., Pittman K. 1995. Effects of light and temperature on growth in juvenile halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. In: Pittman K., Batty R.S., Verreth, Journal_Eds., ICES Marine Science Symposia, Mass Rearing of Juvenile Fish, Bergen, 21–23 June 1993, pp: 201-197.

Hossain M.A.R., Beveridge M.C.M. 1998. The effects of density, light and shelter on the growth and survival of African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. Aquaculture, 160: 251-252.

IUCN. 2010. IUCN red of threatened species. www.iucnredlist.org. Downloaded on 25 August 2011.

Kasumyan A. O. 1999. Olfaction and taste in sturgeon behavior. Journal of Applied Ichthyology, 15: 228-232.

Kiyono M., Hirano R. 1981. Effects of light on the feeding and growth of black porgy *Mylio macrocephalus* (Basilewsky), post larvae and juveniles. Rapports et procès-verbaux des réunions / Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, 178, 334–336.

Kryuchkov V.I., Obukhov D.K. 2006. Development of Juvenile Sterlet *Acipenser ruthenus* L. reared under Different Light Conditions, Sturgeon Pisciculture: Advancements and Outlooks, Moscow: VNIRO, pp: 27-29.

Loew E., Sillman A.J. 1993. Age-related changes in the visual pigments of the white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). Canadian Journal of Zoology, 71: 1552-1557.

Migaud H., Cowan M., Taylor J., Ferguson H.W. 2007. The effect of spectral composition and light intensity on melatonin, stress and retinal damage in post-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture, 270: 390-404

Migaud H., Davie A., Taylor J.F.T. 2010. Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. Journal of Fish Biology, 76: 27–68.

Miller T., Crowder L., Rice J., Marschall E. 1988. Larval size and recruitment mechanisms in fishes: toward a conceptual framework. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45: 1657-167.

Mino S.A., Metillo E.B., Tobias E.G. 2008. Effects of photoperiod on egg hatching and growth and survival of larvae fed with different diets in the Asian catfish, *Clarias macro- cephalus* (Günther) and the African catfish, *C. gariepinus* (Burchell). The Philippine Agricultural Scientist, 91(4): 431-438.

Monk J., Puvanendran V., Brown J.A. 2006. Do different light regimes affect the foraging behavior, growth and survival of larval cod (*Gadus morhua* L.)?. Aquaculture, 257: 287–293.

Mortensen A., Damsgard B. 1993. Compensatory growth and weight segregation following light and temperature manipulation of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Arctic charr (*SalÍelinus alpinus* L.). Aquaculture, 114: 261–272.

Mukai Y., Daning Tuzan A., Lim L.S., Yahaya S. 2010. Feeding behavior under dark conditions in larvae of sutchi catfish *Pangasianodon hypophthalmus*. Fish Science, 76: 457–461.

Pen R., Dumas S., Saldivar-Lucio R., Garc G., Trasvin A., Ndez-Ceballos A.D. 2004. The effect of light intensity on first feeding of the spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus* Steindachner) larvae. Aquaculture Research, 35: 345-349

Ponomarenko V.V., Kryuchkov V.I., Marshin V.G. 1992. Effect of the light factor on the behavior, nervous system excitability, and growth rate of the ship. International Science Conference of Fish Ecology, Physiology and Biochemistry, pp: 46-47.

Puvanendran V., Brown J. 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. Aquaculture, 214: 131-151

Rice J., Crowder L., Binkowski F. 1987. Evaluating potential sources of mortality for larval bloater (*Coregonus hoyi*): starvation and vulnerability to predation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 44: 467-472

Rodrýguez A., Gisbert E. 2002. Eye development and the role of vision during Siberian sturgeon early ontogeny. Journal Applied Ichthyology, 18: 280-285

Ronzani Cerqueira V., Chatain B., Lavens P., Jaspers E., Ollevier F. 1991. Photoperiodic effects on the growth and feeding rhythm of European seabass, *Dicentrarchus labrax*, larvae in intensive rearing. Larvi'91, European Aquaculture Society Special Publication, 15: 304–306.

Tandler A., Helps S. 1985. The effects of photoperiod and water exchange rate on growth and survival of gilthead sea bream. *Sparus aurata*, Linnaeus; Sparidae, from hatching to metamorphosis in mass rearing systems. Aquaculture, 48: 71–82.

Taylor J.F., North B.P., Porter M.J.R., Bromage N.R., Migaud H. 2006. Photoperiod can be used to enhance growth and improve feeding efficiency in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 256: 216–234.

Tuckey L.M., Smith T.I.J. 2001. Effects of photoperiod and substrate on larval development and substrate preference of juvenile southern flounder, *Paralichthys lethostigma*. Aquaculture, 11(1): 1- 20.

Van der Meeren T., Jørstad K. 2001. Growth and survival of Arcto Norwegian and Norwegian coastal cod larvae (*Gadus morhua* L.) reared together in mesocosms under different light regimes. Aquaculture Research, 32: 549-563.

Vera L.M., Migaud H. 2009. Comparative light-induced retinal damage and regeneration in three teleosts species of commercial interest. Aquaculture, 296: 150–158.

Villamizar N., García-Mateos G., Sánchez-Vázquez F.J. 2010. Behavioral responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae and *Artemia sp.* exposed to constant light or darkness vs. light/dark cycles of white, red or blue wavelengths. Aquaculture, 317(2011): 197–202.

Villamizar N., Blanco-Vives B. Migaud H., Davie A., Carboni S., Sánchez-Vázquez F. 2011. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts, A review. Aquaculture, 315: 86-94.

Zolfaghari Z., Imanpour M.R., Naja¢ E. 2011. Effect of photoperiod and feeding frequency on growth and feed utilization of fingerlings Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). Aquaculture Research, 42: 1594-1599.