

اثر شدت نور بر نرخ تخم‌گذاری، بازماندگی و رشد آلون قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

عباسعلی حاجی بگلو*^۱، محمد سوداگر^۱

۱- گروه تکثیر و پرورش آبیان، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۳۹

تاریخ دریافت: ۷ اسفند ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۱۸ خرداد ۱۳۹۷

چکیده

اکثر ماهیان برای رشد و تکامل نیازمند یک حداقل آستانه نور هستند. در آزمایشی به مدت نود روز، اثرات شدت نور بر درصد تفریخ، بقا و رشد آلون قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد ارزیابی قرار گرفت. چهار شدت نور شامل: ۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس در سه تکرار و در بازه‌های زمانی روزهای ۱۰، ۲۰، ۵۵ و ۹۰ آزمایش شدند. نتایج نشان داد شدت نور به‌طور معنی‌داری بر درصد تفریخ، بقا و رشد آلون در قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیرگذار بود ($p < 0/05$). بالاترین درصد تفریخ در تیمارهای تحت شدت نور ۵۰ و ۲۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($p > 0/05$). از روز ۱۱ تا ۲۰ روز پس از تفریخ، پایین‌ترین درصد آلون معیوب در شدت نور ۲۰۰ لوکس مشاهده شد. در مرحله ۲۱ تا ۵۵ روز پس از تفریخ، ضریب تبدیل غذایی بهینه و بالاترین نرخ رشد ویژه در تیمار شدت نور ۱۰۰۰ لوکس به دست آمد. در انتهای دوره آزمایش، وزن ماهیان پرورش‌یافته در تیمارهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس به‌طور معنی‌داری بالاتر از شدت نور ۵۰ و ۲۰۰ لوکس بود ($p > 0/05$). بالاترین نرخ رشد ویژه در شدت نور ۲۰۰۰ لوکس بود. در مجموع شدت نور در محدوده ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس می‌تواند رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان را بهبود بخشد و به‌عنوان الگوی مناسب شدت نور در پرورش تجاری مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: نور، تخم‌گذاری، بازماندگی، آلون، تخم، قزل‌آلا.

مقدمه

یکی از مشکلات موجود در پرورش ماهی، پرورش در مرحله اولیه یا نوزادی است که در این مرحله از زندگی رشد کند بوده و همراه با تلفات بالایی است؛ در ماهیان مکانیسم‌هایی که موجب افزایش بقا و رشد در مراحل اولیه زندگی می‌گردند به عوامل متعددی وابسته‌اند (Planas and Cunha, 1998). تعیین شرایط محیطی بهینه در مرحله نوزادی ماهیان به منظور حداکثر نمودن تولیدات پرورشی امری ضروری است و یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در رشد و بقا در مرحله نوزادی نور است. اصولاً تکنیک‌ها و وسایلی که بتوانند توانایی نوزاد ماهیان را در بالا بردن تغذیه آغازین بهبود بخشند، بسیار مهم و ضروری هستند (Masli *et al.*, 2014). بالا بردن توانایی کسب غذا پس از جذب کیسه زرده بستگی کامل به پاسخی دارد که نوزادان به نوسانات محیطی از خود نشان می‌دهند؛ در این میان می‌توان به توانایی نوزادان در شنای عمودی و افقی به سمت نور اشاره کرد که در صورت عکس‌العمل مناسب، نوزادان دارای رشد بالاتر و تلفات کمتر خواهند بود (Planas and Cunha, 1998; Boeuf and Le Bail, 1999).

نور به صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش مهمی در زندگی ماهیان ایفا می‌کند. در اکثر ماهیان اندام بینایی نقش اساسی در جهت‌یابی و تعیین موقعیت در زمان شنا، فرار از شکار شدن، صید، همسان‌سازی با گله یا اشیاء به منظور استتار دارد (Villamizar *et al.*, 2011). رفتار ماهیان خصوصاً فعالیت روزانه آن‌ها و جنبه‌های مختلف دیگر زندگی به‌طور واضحی به میزان نور محیط بستگی دارد (Mortensen and Damsgard, 1993). کاربرد نور تأثیر مشخصی بر متابولیسم، بلوغ،

رفتار و رنگ‌بندی ماهیان دارد. شرایط نوری در آب متفاوت با آنچه در خشکی است؛ نه تنها در شدت نور که همچنین در تفاوت در طول‌موج نفوذی در اعماق مختلف متفاوت است (Taylor, 2004).

در ماهیان استخوانی نور در تمام مراحل چرخه زندگی از رشد و نمو جنینی تا رسیدگی جنسی بالغین تأثیرگذار است (Migaud *et al.*, 2010). اثرات مثبت و منفی شدت نور بر زمان تکامل، میزان تفریح، بقا و رشد و نمو لاروها در گونه‌های مختلف آبرزیان گزارش شده است (Vera and Migaud, 2009).

تحقیقات نشان می‌دهد ماهیان مختلف در مراحل مختلف زندگی خود و در سنین مختلف، نیازهای نوری متفاوتی دارند. بسیاری از ماهیان در مراحل ابتدایی زندگی به دلیل کامل نبودن سیستم بینایی نیاز به شدت‌های نور بالاتری دارند. این در حالی است که در ادامه زندگی با کامل شدن سیستم بینایی، جانور نیاز نوری کمتری خواهد داشت (Puvanendran and Brown, 2002). نتایج تحقیقات صورت گرفته حاکی از آن است که برای رشد و تمایز طبیعی لاروها به یک حداقل آستانه نور نیاز است. این شدت آستانه در گونه‌ها ممکن است متفاوت بوده و در یک دامنه قرار گیرد. به‌عنوان مثال لارو شانک دریایی (*Sparus aurata*) برای رشد بهینه به شدت نور ۱۳۰۰-۶۰۰ لوکس (Tandler and Helms, 1985)، ماهی آزاد اطلس جوان (*Salmo salar*) ۶۰۰-۲۰۰ لوکس (Mortensen and Damsgard, 1993)، هالیبوت (*Hippoglossus hippoglossus*) ۱۰-۱ لوکس (Hole and Pittman, 1995)، کفشک ماهی جنوبی (*Paralichthys lethostigma*) ۱۶۰۰-۳۴۰ لوکس (Daniels *et al.*, 1996)، ماهی *Dentex dentex* ۳۰

خود متکی می‌باشند و این امر، علت بزرگ بودن دستگاه بینایی آن‌ها را به خوبی توجیه می‌کند. قدرت چشم این ماهیان به آن‌ها اجازه می‌دهد که بتوانند دید خود را به‌طور همزمان روی اشیاء دور و نزدیک متمرکز سازند؛ این توانایی با استفاده از عدسی چشم که دارای دونقطه کانونی مجزا از یکدیگر است صورت می‌گیرد (Taylor, 2004). قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از خانواده آزادماهیان و از جمله مهم‌ترین ماهیان اقتصادی است که به دلیل سرعت رشد، کیفیت مناسب غذایی، طعم خوب و قدرت سازگاری بالا در محیط‌های آب شیرین، لب‌شور و شور پرورش داده می‌شود. پراکنش قزل‌آلای رنگین‌کمان در نقاط مختلف ایران از جمله حوضه دریای خزر، دجله، کارون و زاینده‌رود است. همچنین بخش مهمی از صید تفریحی و تجاری را به عهده داشته و تأثیر قابل توجهی بر اقتصاد کشور دارد (ستاری و همکاران، ۱۳۸۳).

کشور ایران از جمله بزرگ‌ترین تولیدکنندگان ماهی قزل‌آلا در جهان است و سالانه بیش از یک میلیارد قطعه تخم چشم زده از خارج کشور وارد می‌شود. از آنجا که مطالعات اندکی در رابطه با تأثیر شدت نور بر میزان تفریح، درصد بقا و رشد آلون در گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شده است مطالعه حاضر باهدف تعیین اثر شدت‌های نوری مختلف روی درصد تفریح، درصد بقا و رشد آلون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت گرفت.

لوکس (Yildirim et al., 2013)، ماهی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) ۵۰۰-۱۰۰۰ لوکس (Masli et al., 2014) و بچه ماهیان کفشک برزیلی (*Paralichthys orbignyanus*) ۵-۱۸۰ لوکس (Alvarez-Verde et al., 2015) نیاز دارند. در 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)، گرگ ماهی راه‌راه (*Morone saxatilis*) یک لوکس (Chesney, 1989) و بچه ماهی انگشت قد ماهی آزاد چارقطبی (*Salvenilus alpinus*)، در شدت نور ۵۰ لوکس اشاره کرد (Mortensen and Damsgard, 1993). از سوی دیگر، گونه‌هایی نظیر لارو باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) با ۶۰۰ لوکس (Barahona-Fernandes, 1979) و خرگوش‌ماهی (*Siganus guttatus*) با ۱۰۰۰ لوکس (Duray and Kohno, 1988) روشنایی برای رشد به نوری با شدت بالاتر نیازمندند. نتایج بررسی کاظمی و همکاران (۱۳۹۴ آ) نشان داد رشد و جذب کیسه زرده در لارو تاس‌ماهی ایرانی در شدت نور ۳۰۰ لوکس به‌طور معنی‌داری بهتر از شدت نور صفر لوکس بود؛ همچنین در مرحله لاروی تا انگشت‌قد تاس‌ماهی ایرانی شاخص‌های رشد ماهیان تحت شدت‌های نور ۱۰۰ و ۲۵۰ لوکس به‌طور معنی‌داری بهتر از شدت نور ۴۵۰ لوکس بود (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۴ ب). این اختلاف در شدت نور موردنیاز را می‌توان بر اساس راهبرد شکار طعمه و فعالیت‌های تغذیه‌ای توضیح داد. آزادماهیان، در زمره شکارچیان فعال محسوب شده و در هنگام جستجوی شکار، اساساً به قدرت بینایی

مواد و روش‌ها

زمان و مکان انجام طرح و تهیه ماهی

این تحقیق در اواخر بهمن ماه ۱۳۹۵ و به مدت چهار ماه در کارگاه تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (گلستان، علی‌آباد کتول، زرین گل) انجام شد. تخم ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از شرکت آکوآلند فرانسه تهیه شدند.

آزمایش اثر شدت‌های نوری مختلف

عملیات اجرایی در یک سالن سرپوشیده و در ۴ تراف کالیفرنایی در زیر یک محفظه باروکش پلاستیک مشکی، به انجام رسید (در هر تراف ۳ سینی به‌عنوان تکرارهای هر تیمار قرار داشت). به‌منظور تأمین نور، لامپ‌های فلورسنت (شرکت دلند الکترونیک گلستان) در بالای هر تراف نصب شد. در مسیر هر لامپ، یک دیمر (شرکت دلند الکترونیک گلستان) برای تنظیم شدت نور و یک پریز و کلید نصب شد. شدت نور موردنیاز تیمارها با استفاده از دستگاه نورسنج دیجیتال (مدل TES-133A با حساسیت ۲۰-۲۰۰۰۰ لوکس شرکت TES Electrical Electronic Corp تایوان) تنظیم و روزانه کنترل گردید.

در این تحقیق از ۴ تیمار نوری با شدت‌های ۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس، استفاده شد. در هر تیمار، تعداد ۴۰۰ تخم ماهی قزل‌آلای رنگین کمان و در هر سینی قرار داده شد و جریان مداوم آب (حدود ۶۲ لیتر در دقیقه) و هوادهی (اکسیژن ۹ میلی‌گرم در لیتر) نیز طی دوره آزمایش برقرار شد. شدت‌های نوری موردنیاز با استفاده از لامپ‌های فلورسنت و دیمر تنظیم شده و در کل دوره‌ی آزمایش کنترل و تنظیم شدند. تخم‌ها روزانه سرکشی شده و تا زمان هیچ شدن روزانه یک‌بار

ضد عفونی با محلول هالامید (۱۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب) انجام شد. همچنین روزانه تخم‌ها و آلودگی‌های مرده، هچ نشده و قارچ زده شده شمارش و خارج شدند. میانگین دما، اکسیژن محلول، pH در طول دوره آزمایش با استفاده از دستگاه دیجیتالی (Horiba U10, Japan) اندازه‌گیری شد و به ترتیب 1 ± 12 درجه سانتی‌گراد، $8/5$ میلی‌گرم در لیتر و $7/1$ بود.

ارزیابی شاخص‌های رشد

پس از کامل شدن مرحله تفریح و تکمیل مرحله شنای فعال، ماهیان روزانه به میزان ۵ درصد (در ۶ وعده) (روز ۲۱ تا ۵۵) و ۴ درصد (در ۵ وعده) (روز ۵۵ تا ۹۰) وزن بدن به‌صورت دستی با خوراک آغازین (شرکت ۲۱ بیضا، شیراز) به مدت ۳ ماه تغذیه شدند. در این آزمایش زمان تکمیل کیسه شنا در آلودگی با مشاهده به کمک ذره‌بین معمولی تعیین شد. پس از پایان دوره تحقیق، به‌منظور ارزیابی روند رشد علاوه بر تعیین طول دوره تفریح، درصد لاروهای معیوب، طول (کولیس با دقت $0/01$ میلی‌متر) و وزن (ترازوی دیجیتالی با دقت $0/0001$ گرم)، درصد بقا، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه آلودگی‌ها و بچه ماهیان در تیمارهای مختلف بر اساس منابع موجود محاسبه شدند (Taylor et al., 2006).

$100 \times (\text{تعداد کل ماهی} / \text{تعداد ماهی زنده}) = \text{درصد بقا}$
 $\text{افزایش وزن (گرم)} / \text{مقدار خوراک (گرم)} = \text{ضریب تبدیل غذایی}$
 $\text{وزن (Ln)} = \text{نرخ رشد ویژه (درصد افزایش در روز)}$
 $100 \times \text{طول دوره (وزن اولیه ماهی Ln - نهایی ماهی)} / \text{آزمایش}$

تجزیه و تحلیل آماری

نمونه‌برداری در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام و برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمایش به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند، همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج این تحقیق نشان داد کوتاه‌ترین طول دوره تفریح با میانگین مقدار عددی $157 \pm 6/34$ ساعت، در تیمار با شدت نور ۲۰۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰۰ لوکس نداشت؛ در حالی که طولانی‌ترین دوره تفریح با میانگین مقدار عددی $195 \pm 4/54$ ساعت در تخم‌های تیمار شده با شدت نور ۵۰ لوکس به ثبت رسید. نتایج درصد تفریح در تیمار ۵۰ لوکس با تیمار شدت نور ۲۰۰ لوکس فاقد اختلاف معنی‌دار، ولی با تیمارهای با شدت نور بالا (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس) دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P < 0/05$) (جدول ۱).

بیست روز پس از تفریح، بیشترین میانگین وزن آلون، در تیمار با شدت نور ۲۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($P < 0/05$)؛ با این وجود تیمارهای مختلف شدت نور اثر معنی‌داری بر میانگین طول آلون در پایان روز بیستم نداشتند (جدول ۲). کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین مدت‌زمان تکمیل‌شنای فعال به ترتیب در شدت نور ۲۰۰ لوکس ($240 \pm 6/03$ ساعت پس از تفریح) و

تیمار تحت شدت نور ۲۰۰۰ لوکس ($315 \pm 7/29$) ساعت پس از تفریح) ثبت شد (جدول ۲). در پایان روز بیستم، تیمار با شدت نور ۲۰۰ لوکس کمترین درصد آلون معیوب را داشت؛ بالاترین درصد آلون معیوب در شدت نور ۱۰۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۲۰۰۰ و ۵۰ لوکس نداشت ($P > 0/05$). نتایج مشابهی نیز در پایان روز بیستم در خصوص درصد بقا به ثبت رسید و تیمارهای ۲۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین درصد بقا را داشتند (جدول ۲).

بررسی آماری شاخص‌های رشد نشان داد پس از ۵۵ روز تغذیه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، ماهیانی که تحت شدت نور ۱۰۰۰ لوکس قرار داشتند بیشترین افزایش میانگین وزن را نشان دادند به طوری که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند ($P < 0/05$). همچنین بهترین ضریب تبدیل غذایی نیز در ماهیان تیمار شده با شدت نور ۱۰۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با شدت نورهای ۲۰۰ لوکس و ۲۰۰۰ لوکس نداشت ($P > 0/05$) (جدول ۳). در پایان روز پنجم و پنجم، درصد بقا در محدوده $85/33 \pm 0/57$ و $88/66 \pm 3/51$ درصد بود و در تیمارهای مختلف شدت نور فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P > 0/05$) (جدول ۳).

میانگین وزن نهایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در پایان دوره آزمایش (نود روز پس از تفریح) در محدوده $6/40 \pm 0/52$ و $8/20 \pm 0/34$ گرم در نوسان بود و در تیمارهای مختلف شدت نوری دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P < 0/05$) (جدول ۴). بیشترین افزایش میانگین وزن نهایی در تیمار با شدت نور ۱۰۰۰ لوکس و پس از آن بدون اختلاف معنی‌دار

نسبت به تیمار یادشده در شدت نوری ۲۰۰۰ لوکس مشاهده شد (جدول ۴).
 ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۵۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۱۰۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی داری با شدت نور ۲۰۰۰ لوکس نداشت (جدول ۴). همچنین بالاترین میانگین نرخ رشد ویژه در ماهیان تیمار ۲۰۰۰ لوکس ثبت شد. بالاترین درصد بقای ماهیان نیز در شدت نور ۱۰۰۰ لوکس و کمترین بازماندگی در شدت نور ۵۰ لوکس رخ داد (جدول ۴).

جدول ۱: نتایج شاخص‌های رشد و درصد تفریخ قزل‌آلای رنگین کمان در مرحله ۱ (تخم چشم زده تا پایان روز دهم)

شدت نور (لوکس)	دما (سانتی‌گراد)	وزن تخم (میلی‌گرم)	طول دوره تفریخ (ساعت)	درصد تفریخ
۵۰	۱۲/۵ ± ۰/۵ ^a	۷۲/۳۳ ± ۱/۲۵ ^a	۱۹۵ ± ۴/۵۴ ^a	۹۲ ± ۱/۳۲ ^a
۲۰۰	۱۲/۸۳ ± ۰/۲۸ ^a	۷۳/۵۰ ± ۲/۲۹ ^a	۱۹۳ ± ۴/۹۹ ^a	۹۰/۴۱ ± ۰/۷۶ ^a
۱۰۰۰	۱۲/۰۳ ± ۰/۵۵ ^a	۷۱/۹۳ ± ۲/۳۱ ^a	۱۸۰ ± ۳/۱۷ ^b	۸۳/۷۵ ± ۲/۴۱ ^b
۲۰۰۰	۱۲/۵ ± ۰/۵ ^a	۷۳/۶۰ ± ۱/۸۵ ^a	۱۵۷ ± ۶/۳۴ ^c	۸۵/۰۸ ± ۲/۲۶ ^b

در هر ستون میانگین‌هایی (انحراف معیار ± میانگین) که دارای حروف متفاوت هستند اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) با یکدیگر دارند.

جدول ۲: نتایج شاخص‌های رشد و درصد بقای آلون قزل‌آلای رنگین کمان در مرحله ۲ (روز یازدهم تا پایان روز بیستم)

شدت نور (لوکس)	طول (میلی‌متر)	وزن (میلی‌گرم)	تکمیل‌شنای فعال (ساعت پس از تفریخ)	درصد آلون (معیوب ناهنجاری)	درصد بقا
۵۰	۱۶/۲۳ ± ۰/۲۳ ^a	۱۳۵ ± ۵ ^b	۲۵۲/۸۰ ± ۷/۳۳ ^c	۰/۹۲ ± ۰/۶۲ ^{ab}	۸۸/۰۳ ± ۲/۴۶ ^{ab}
۲۰۰	۱۶/۱۰ ± ۰/۱۷ ^a	۱۵۲ ± ۸/۷۱ ^a	۲۴۰/۸ ± ۶/۰۳ ^c	۰/۳۰ ± ۰/۳۰ ^b	۹۰/۰۵ ± ۲/۳۷ ^a
۱۰۰۰	۱۶/۲۰ ± ۰/۲۶ ^a	۱۳۱ ± ۳/۶۰ ^b	۲۸۵/۶۰ ± ۶/۳۴ ^b	۲/۱۶ ± ۰/۵۲ ^a	۸۲/۲۵ ± ۳/۴۳ ^{bc}
۲۰۰۰	۱۶/۳۰ ± ۰/۳۰ ^a	۱۳۳ ± ۳/۶۰ ^b	۳۱۵/۶۰ ± ۷/۲۹ ^a	۱/۷۸ ± ۱/۱۴ ^a	۸۰/۹۸ ± ۴/۲۶ ^c

در هر ستون میانگین‌هایی (انحراف معیار ± میانگین) که دارای حروف متفاوت هستند اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) با یکدیگر دارند.

جدول ۳: نتایج شاخص‌های رشد و درصد بقای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در مرحله ۳ (روز بیست و یکم تا پایان پنجاه و پنجم)

شدت نور (لوکس)	وزن (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	نرخ رشد ویژه (درصد افزایش در روز)	درصد بقا
۵۰	۰/۹۹ ± ۰/۱۰ ^b	۰/۸۲ ± ۰/۰۹ ^a	۵/۶۸ ± ۰/۳۰ ^b	۸۸/۶۶ ± ۳/۵۱ ^a
۲۰۰	۱/۱۵ ± ۰/۰۵ ^b	۰/۷۴ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۵/۷۹ ± ۰/۲۸ ^b	۸۵/۳۳ ± ۰/۵۷ ^a
۱۰۰۰	۱/۳۵ ± ۰/۱۳ ^a	۰/۶۵ ± ۰/۰۸ ^b	۶/۶۵ ± ۰/۳۶ ^a	۸۷/۳۳ ± ۳/۲۱ ^a
۲۰۰۰	۱/۰۴ ± ۰/۰۸ ^b	۰/۷۷ ± ۰/۰۷ ^{ab}	۵/۸۷ ± ۰/۲۶ ^b	۸۷/۶۶ ± ۲/۰۸ ^a

در هر ستون میانگین‌هایی (انحراف معیار ± میانگین) که دارای حروف متفاوت هستند اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) با یکدیگر دارند.

جدول ۴: نتایج شاخص‌های رشد و درصد بقای بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحله ۴ (روز پنجاه و ششم تا پایان روز نود)

شدت نور (لوکس)	وزن بچه ماهی (گرم)	ضریب تبدیل غذایی	نرخ رشد ویژه	درصد بقا
۵۰	۶/۴۰ ± ۰/۵۲ ^b	۱/۰۷ ± ۰/۱۱ ^a	۵/۳۳ ± ۰/۴۱ ^{ab}	۸۷ ± ۲ ^c
۲۰۰	۶/۸۱ ± ۰/۵۴ ^b	۰/۹۷ ± ۰/۱۰ ^a	۵/۰۷ ± ۰/۳۲ ^b	۹۰/۶۶ ± ۴/۰۴ ^{ab}
۱۰۰۰	۸/۲۰ ± ۰/۳۴ ^a	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ ^b	۵/۱۶ ± ۰/۲۲ ^b	۹۴/۶۶ ± ۲/۵۱ ^a
۲۰۰۰	۸/۰۳ ± ۰/۱۵ ^a	۰/۸۱ ± ۰/۰۴ ^b	۵/۸۴ ± ۰/۲۱ ^a	۹۳ ± ۵/۲۹ ^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی (انحراف معیار ± میانگین) که دارای حروف متفاوت هستند اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) با یکدیگر دارند.

بحث

تاکنون مطالعات انجام‌شده در خصوص تأثیر نور روی قزل‌آلای رنگین‌کمان عمدتاً در بردارنده تیمارهای دوره نوری بود (Taylor et al., 2006; Sonmez et al., 2009; Barimani et al., 2013) و به نظر می‌رسد مطالعه حاضر از جمله معدود مطالعاتی باشد که تأثیر شدت نور را روی شاخص‌های رشد و بازماندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه دست یافت که شدت نور می‌تواند در مراحل مختلف تکامل لاروی برخی از شاخص‌های رشد را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه با برخی از نتایج مطالعات انجام‌یافته روی ماهیان استخوانی مشابهت داشت.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد در قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش شدت نور، افزایش طول دوره تفریح و کاهش درصد تفریح را در پی خواهد داشت. یافته‌های این تحقیق با نتایج مشاهده‌شده روی ماهی باس دریایی تازه تفریح شده که در شدت نوربالا (۳۵۰۰-۱۴۰۰ لوکس) دچار کاهش بازماندگی شده بودند، مطابقت ولی با درصد بازماندگی لاروهای ماهی هامور (*Epinephelus striatus*) که با افزایش شدت نور در محدوده ۱۶۳۶-۰ لوکس افزایش یافته بود (Ellis

1997, et al.) و لارو ماهی *Latris lineata* که رشد و بقای آن در شدت نوربالا (۳۰۰۰ لوکس) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شدت نورپایین (۳۰۰ لوکس) بود، مغایرت داشت (Trotter et al., 2003)؛ همچنین لارو مرحله آغازین تغذیه خارجی ماهی شانک سیاه (*Mylio macrocephalus*)، در شدت نور ۳۰۰ لوکس نسبت به صفر، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ لوکس (Kiyono and Hirano, 1981) و در لارو شانک دریایی در شدت نور ۱۳۰۰ نسبت به ۱۰۰ لوکس (Chatain and Ounais-1991, Guschemann) مشاهده شد.

همچنین شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحله آلومین (جذب کیسه شنا) تحت تأثیر شدت نور بود و تا بیست روز پس از تفریح، بیشینه میانگین وزن و درصد بقا با اختلاف معنی‌دار در شدت نور ۲۰۰ لوکس به ثبت رسید. از سوی دیگر، شدت نوربالا در این دوره، موجب افزایش درصد آلومین‌های معیوب، افزایش مدت زمان تکمیل شنای فعال و کاهش درصد بقا شد. نتایج بررسی در تاس ماهی ایرانی در مرحله لاروی تا انگشت‌قد نیز نشان داد شاخص‌های رشد ماهیان تحت شدت‌های نور ۱۰۰ و ۲۵۰ لوکس به‌طور چشمگیر و معنی‌داری بهتر از شدت نوربالا بود (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۴ ب). در کفشک ماهی

رشد و نمو ماهی متفاوت باشد. به طوری که در ماهی کاد (*Gadus morhua*)، رشد لاروها تا روز ۲۸ در شدت نور بالا (۲۴۰۰ لوکس) به طور معنی داری بیشتر از شدت نور پایین (کمتر از ۱۰۰۰ لوکس) بود، اما پس از ۲۸ روز اختلاف معنی داری با سایر تیمارها نداشت (Puvanendran and Brown, 2002).

در مطالعه دیگری مشخص شد که لاروهای ماهی هامور در شرایط شدت نور کمتر، سریع تر رشد کردند ولی میانگین طول لاروهایی که شدت نور بالاتر پرورش یافته بودند، کوتاه تر بود (Ellis et al., 1997) که می تواند ناشی از سطح فعالیت، استرس بیشتر و مصرف انرژی بیشتر در شدت نور بالاتر باشد. در لارو ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) سطح فعالیت شناگری با شدت نور در محدوده ۱۰۰۰-۰ لوکس (Batty, 1987) افزایش یافته بود که می تواند ناشی از افزایش انرژی سوخت و سازی در روشنایی بالاتر باشد (Solberg and Tilseth, 1987). نتایج مطالعه روی لارو تاس ماهی ایرانی نشان داد که در شدت نور بالاتر کلیه شاخص های رشد از جمله میانگین طول کل بیشتر از لاروهایی بود که در تاریکی یا شدت نور کمتر رشد کرده بودند (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۴ آ).

در قزل آلاهی رنگین کمان تا بیست روز پس از تفریح، تیمارهای مختلف شدت نور بر میانگین طول بدن تأثیر معنی داری نداشتند؛ باین حال میانگین وزن در تیمارهایی که تحت شدت نور ۲۰۰ لوکس قرار داشتند به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارها بود. مطالعات انجام شده روی ماهیان جوان و بالغ آزاد ماهیان نشان داد که برخلاف آلون ها و بچه ماهیان، رشد به شدت وابسته به شرایط پرورشی است و به نظر می رسد که شدت نور عامل مؤثر و مهمی در تنظیم رشد ماهیان

برزیلی نیز بچه ماهی های پرورش یافته در شدت نور ۵ و ۱۸۰ وزن بالاتری را نسبت به سایر تیمارهای شدت نور بالا داشتند (Alvarez-Verde et al., 2015)؛ همچنین در ماهی باس آسیایی بازماندگی و بقای لاروها در شدت نور بالا (۲۰۰۰ لوکس) کاهش یافت (Masli et al., 2014). این احتمال وجود دارد که استرس ناشی از شدت نور بالا عامل اصلی کاهش بقا باشد زیرا تحقیقات نشان داد شدت نور بسیار بالا می تواند علاوه بر اثرات زیان بار حتی مهلک و کشنده نیز باشد (Boeuf and Le Bail, 1999).

افزایش فعالیت های شنا با کاهش غلظت هورمون ملاتونین پلاسمای خون که در حضور نور بالا به سطح پایه می رسد، ارتباط دارد (Campagnolo and Nuñez, 2008)؛ در حالی که در شرایط نور پایین سطح هورمون ملاتونین افزایش می یابد (Ekstrom and Meissl, 1997). نگهداری روند پایدار تولید ملاتونین در طول روزهای ابتدایی زندگی در شرایط نور کم می تواند بقای بالاتر لاروها را موجب شود (Bolliet et al., 1996). باین وجود باید توجه داشت که کیفیت گامت ها و تخم و شرایط پرورش پیش لارو از مهم ترین عوامل تأثیر گذار در بازماندگی لاروها پس از تفریح هستند (Alves et al., 1999).

حداقل آستانه شدت نور به شدت به تمایز بینایی لارو بستگی دارد و عاملی ضروری برای انتخاب طعمه است. تأمین شدت نور بهینه برای گونه های خاص، کارایی حس بینایی را برای تغذیه لاروها و ماهی ها افزایش می دهد (Downing and Litvak, 1999) به طوری که می تواند موجب بهبود رشد گردد. نتایج مطالعه Villamizar و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که شدت نور بهینه و مناسب می تواند برای مراحل مختلف

رفتار لاروی مانند نور‌گرایی و فعالیت شناگری باشد. از سوی دیگر همان‌طور که پیش‌ازین اشاره شد، آزادماهیان در زمره شکارچیان فعال محسوب شده و در هنگام جستجوی شکار، به قدرت بینایی خود متکی هستند؛ بنابراین به نظر می‌رسد شدت نور بالا موجب بهبود فرآیند غذا‌گیری در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان شده و افزایش رشد و بقا را به همراه داشته است.

نتایج بررسی حاضر نشان داد شدت نور به‌طور معنی‌داری بر رشد و بقای لارو قزل‌آلای رنگین‌کمان مؤثر بود به‌طوری‌که بالاترین درصد تفریح در تیمارهای تحت شدت نور ۵۰ لوکس و ۲۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. پایین‌ترین درصد ماهیان معیوب در شدت نور ۲۰۰ لوکس مشاهده شد. در انتهای دوره آزمایش، شدت نورهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس منجر به حصول بهترین ضریب تبدیل غذایی شدند که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بالاترین نرخ رشد ویژه در تیمار شدت نور ۲۰۰۰ لوکس بود. پس از دوره ۹۰ روزه آزمایش، شدت نور ۱۰۰۰ لوکس بالاترین نرخ بقا را نشان داد. این نتایج پیشنهاد می‌کند که نوسان شدت نور در محدوده ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس می‌تواند رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان را بهبود بخشیده و به‌عنوان الگوی تنظیم شدت نور در پرورش تجاری مورد استفاده قرار گیرد. به نظر می‌رسد مطالعات آینده باید روی آنزیم‌ها و هورمون‌های آزادشده تحت تأثیر شدت نور و مکانیسم‌های فیزیولوژی اثر آن‌ها روی رشد و بازماندگی آلون و بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان متمرکز شود.

جوان و بالغ نباشد (Boeuf and Le Bail, 1999). با این وجود، نتایج بررسی حاضر مؤید آن است که از روز بیست و یکم تا پنجاه و پنج روز پس از تفریح، شدت نور تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان داشت و افزایش شدت نور (تیمارهای با شدت نور ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس) موجب افزایش وزن بچه ماهیان، افزایش نرخ رشد ویژه و بهبود ضریب تبدیل غذایی گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان این‌طور استنباط کرد که تغییرات شدت نوری، موجب تغییر در میزان سوخت‌وساز و متابولیسم بچه ماهیان شده و در مجموع می‌تواند سبب افزایش شاخص‌های رشد شود. با این وجود تا پنجاه و پنج روز پس از تفریح، افزایش شدت نور اثر معنی‌داری بر بقای بچه ماهیان نداشت. کاظمی و همکاران (۱۳۹۴ آ) نیز این‌گونه استنباط کردند که بین نور و توانایی رشد، اثر متقابل مثبتی وجود دارد که می‌تواند به رشد لارو تاس‌ماهی ایرانی کمک کند و به همین دلیل بیشینه و بهینه شرایط رشد هیچ‌گاه با بیشینه درصد بازماندگی در شرایط مشابه محیطی رخ نمی‌دهد؛ زیرا اثر مثبت متقابل فقط در حضور نور می‌تواند بروز کند (Nwosu and Holzlohner, 2000)؛ بنابراین شدت نور بیشتر می‌تواند رشد بچه ماهیان را افزایش دهد اما نمی‌تواند لزوماً عامل بهینه‌ای برای افزایش بازماندگی باشد.

تحقیق حاضر نشان داد از روز پنجاه و ششم تا پایان دوره آزمایش (روز نود)، در شدت‌های نور متفاوت، درصد بقا و بازماندگی بین تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود به‌طوری‌که افزایش شدت نور به‌طور معنی‌داری موجب افزایش درصد بقا در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان شد. تأثیر مثبت روشنایی بالاتر روی بازماندگی بچه ماهیان ممکن است به دلیل تغییر

Centre Oceanologique de Bretagne. Aquaculture, 17, 311-321.

7. Barimani, S., Kazemi, M.B., Hazaei, K., 2013. Effects of different photoperiod regimes on growth and feed conversion rate of young Iranian and French rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). World Applied Sciences Journal, 21(10), 1440-1444.
8. Batty, R.S., 1987. Effect of light intensity on activity and food searching of larval herring. *Clupea harengus*: a laboratory study. Marine Biology, 94, 323-327.
9. Blaxter, J.H.S., 1975. The eyes of larval fish. In: Ali, M.A. (Eds.), Vision in Fishes: New Approaches in Research. Plenum, New York, pp. 253-262.
10. Boeuf, G., Le Bail, P.Y., 1999. Does light have an influence on fish growth? Aquaculture, 177, 129-152.
11. Bolliet, V., Ali, M.A., Lapointe, F.J., 1996. Rhythmic melatonin secretion in different teleost species: an in vitro study. Journal Corporation Physiology Part B, 165, 677-683.
12. Campagnolo, R., Nuñez, A.P.O., 2008. Survival and growth of *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces - Pimelodidae) larvae: effect of photoperiod. Brazilian Medicine Veterinary, 60(6), 1511-1516.
13. 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.
14. 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.
15. Daniels, H.V., Berlinsky, D.L., Hodson, R.G., Sullivan, C.V., 1996. Effects of stocking density, salinity, and light intensity on growth and

سپاسگزاری

در پایان از همه عزیزانی که در این تحقیق ما را یاری کردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. ستاری، م.، شاهسونی، د.، شفیعی، ش.، ۱۳۸۳. ماهی‌شناسی (۲). نشر حق شناس. صفحه ۶۱.
۲. کاظمی، ر.، نوری، ف.، بانی، ع.، نجدگرامی، ا.ح.، یزدانی ساداتی، م.ع.، ۱۳۹۴. آ. اثرات دوره‌های مختلف نوری و شدت نور بر رشد، بازماندگی و تغییرات حجم کیسه زرده لارو تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*). بوم‌شناسی آبزیان، ۵ (۴)، ۲۲-۳۲.
۳. کاظمی، ر.، نوری، ف.، بانی، ع.، نجدگرامی، ا.ح.، یزدانی ساداتی، م.ع.، ۱۳۹۴. ب. اثرات دوره نوری و شدت نور بر فاکتورهای رشد و بازماندگی تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) مرحله لاروی تا انگشت قد. پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی. ۳ (۲)، ۲۹-۴۵.
4. Alvarez-Verde, C.A., Sampaio, L.A.N.D, Okamoto, M.H., 2015. Effects of light intensity on growth of juvenile Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. Boletim do Instituto de Pesca, 41(4), 859-864.
5. Alves, D., Specker, J.L., Bengston, D.A., 1999. Investigations into the early larval mortality in cultured summer flounder (*Paralichthys dentatus* L.). Aquaculture, 176, 155-172.
6. Barahona-Fernandes, M.H., 1979. Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax*) reared at the

24. 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 (*Salvelinus alpinus* L.). *Aquaculture*, 114, 261–272.
25. Nwosu, F.M., Holzlohner, S., 2000. Effect of light periodicity and intensity on the growth and survival of *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae) larvae after 14 days of rearing. *Journal of Applied Ichthyology*, 16, 24-26.
26. Planas, M., Cunha, I., 1998. Larviculture of marine fish: problems and perspectives, *Aquaculture*, 177, 171–190.
27. Puvanendran, V., Brown, J., 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture*, 214, 131-151.
28. Solberg, T.S., Tilseth, S., 1987. Variations in growth patterns among yolk-sac larvae of cod (*Gadus morhua*) due to difference in rearing temperature and light regime. *Sarsia*, 72, 347-349.
29. Sonmez, A.Y., Hisar, O., Hisar, S.A., Alak, G., Aras, M.S., Yanik, T., 2009. The effects of different photoperiod regimes on growth, feed conversion rate and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8, 760-763.
30. 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.
31. Taylor, J., 2004. The effects of photoperiod manipulation on growth and reproduction in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Theses from Faculty of Natural Sciences legacy departments. University of Stirling. pp. 348.
- survival of Southern flounder *Paralichthys lethostigma* larvae. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27, 153–159.
16. Downing, G., Litvak, M.K., 1999. The influence of light intensity on growth of larval haddock. *North American Journal of Aquaculture*, 61, 135–140.
17. Duray, M., Kohno, H., 1988. Effects of continuous lighting on growth and survival of first-feeding larval rabbitfish, *Siganus guttatus*. *Aquaculture*, 72, 73-79
18. Ekstrom, P., Meissl, H., 1997. The pineal organ of teleost fishes. *Review of Fish Biology*, 7, 199-284.
19. Ellis, E.P., Watanabe, W.O., Ellis, S.C., Ginoza, J., Moriwake, A., 1997. Effects of turbulence, salinity and light intensity on hatching rate and survival of larval Nassau grouper, *Epinephelus striatus*. *Journal of Applied Aquaculture*, 7(3), 87-94.
20. Hole, G., Pittman, K., 1995. Effects of light and temperature on growth in juvenile halibut *Hippoglossus hippoglossus* L. In: Pittman, K., Batty, R.S. (Eds.), *ICES Marine Science Symposia, Mass Rearing of Juvenile Fish*, Bergen, 21–23 June 1993, pp. 201-197.
21. Kiyono, M., Hirano, R., 1981. Effects of light on the feeding and growth of black porgy *Mylio macrocephalus* (Basilewsky), post larvae and juveniles. Post larvae and juveniles, *Permanent International Council for the Exploration of the Sea*, 178, 334-336
22. Masli, A., Senoo, S., Kawamura, G., Fui, C.F., 2014. Effects of different light intensities on fry growth, survival and cannibalism control of Asian Seabass (*Lates calcarifer*). *International Research Journal of Biological Sciences*, 3(5), 45-52.
23. 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.

- damage and regeneration in three teleosts species of commercial interest. *Aquaculture*, 296, 150–158.
35. Villamizar, N., Blanco-Vives, B., Migaud, H., Davie, A., Carboni, S., Sanchez-Vazquez, F.J., 2011. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: a review. *Aquaculture*, 315(1), 86-94.
36. Yildirim, Ş., Suzer, C., Çoban, D., Kamacı, H.O., Fırat, K., Saka, Ş., 2013. Effects of illumination intensity on growth parameters and swim bladder development in common dentex (*Dentex dentex*, L.) larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(4), 657-663.
32. 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.
33. Trotter, A.J., Battagleneb, S.C., Pankhurst, P.M., 2003. Effects of photoperiod and light intensity on initial swim bladder inflation, growth and post-inflation viability in cultured striped trumpeter (*Latris lineata*) larva. *Aquaculture*, 224, 141-158.
34. Vera, L.M., Migaud, H., 2009. Comparative light-induced retinal