اثر شدت نور بر نرخ تخم گشایی، بازماندگی و رشد آلوین قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

عباسعلی حاجی بگلو*[1]، محمد سوداگر[1]

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

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 آلوین 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 آلوین 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 آلوین معیوب درشدت 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 درشدت نور ۲۰۰۰ لوکس بود. درمجموع شدت نور در محدوده ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ لوکس می‌تواند رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان را بهبود بخشیده و به‌عنوان الگوی مناسب شدت نور در پرورش تجاری مورداستفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: نور، تخم گشایی، بازماندگی، آلوین، تخم، قزل‌آلا.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). alihajibeglou@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

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 به‌منظور 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 به‌صورت 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 به‌منظور 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؛ نه‌تنها درشدت 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 تفریخ، بقا و رشد و نمو لاروها در گونه‌های مختلف آبزیان گزارش‌شده 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 نوربالاتری 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. به‌عنوان‌مثال لارو شانک دریایی (*Sparus aurata*) برای رشد بهینه به‌شدت نور ۱۳۰۰-۶۰۰ لوکس (Tandler and Helps, 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

Archive of SID

www.SID.ir

لوکس (Yildirım *et al*., 2013)، ماهی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) ۱۰۰۰-۵۰۰ لوکس (Masli *et al*., 2014) و بچه ماهیان کفشک برزیلی (*Paralichthys orbignyanus*) ۱۸۰-۵ لوکس (Alvarez-Verde *et a*l., 2015) نیاز دارند. در برخی دیگر از گونه‌ها به‌ویژه گونه‌های پلاژیک، لاروها در آستانه شدت نور بسیار کم‌رشد و نمو می‌یابند که از آن جمله می‌توان به لارو شگ‌ماهی درشدت 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*)، درشدت 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 درشدت 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 درشدت 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 خود متکی می‌باشند و این امر، علت بزرگ بودن دستگاه بینایی آن‌ها را به‌خوبی 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 ازجمله 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 ازجمله حوضه دریای خزر، دجله، کارون و زاینده‌رود است. همچنین بخش مهمی از صید تفریحی و تجاری را به عهده داشته و تأثیر قابل‌توجهی بر اقتصاد کشور دارد (ستاری و همکاران، ۱۳۸۳).

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

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

زمان و مکان انجام طرح و تهیه ماهی

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

آزمایش اثر شدت‌های نوری مختلف

عملیات اجرایی در یک سالن سرپوشیده و در ۴ تراف کالیفرنیایی 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 الکتریک گلستان) در بالای هر تراف نصب شد. در مسیر هر لامپ، یک دیمر (شرکت دلند الکتریک گلستان) برای تنظیم شدت نور و یک پریز و کلید نصب شد. شدت نور موردنیاز تیمارها با استفاده از دستگاه نورسنج دیجیتالی (مدل TES-133A با حساسیت ۲۰۰۰۰-۲۰ 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 رنگین‌کمان 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 تنظیم‌شده و در کل دوره‌ی آزمایش کنترل و تنظیم شدند. تخم‌ها روزانه سرکشی شده و تا زمان هچ شدن روزانه یک‌بار ضدعفونی با محلول هالامید (۱۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب) انجام شد. همچنین روزانه تخم‌ها وآلوین های مرده، هچ نشده و قارچ زده‌شده 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 ۱ ± ۱۲ درجه سانتی‌گراد، ۸/۵ میلی‌گرم در لیتر و ۷/۱ بود.

ارزیابی شاخص‌های رشد

پس از کامل شدن مرحله تفریخ 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 آلوین با مشاهده به کمک ذره‌بین معمولی تعیین شد. پس از پایان دوره تحقیق، به‌منظور ارزیابی روند رشد علاوه بر تعیین طول دوره تفریخ، درصد لاروهای معیوب، طول (کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) و وزن (ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم)، درصد بقا، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه آلوین ها و بچه ماهیان در تیمارهای مختلف بر اساس منابع موجود محاسبه شدند (Taylor *et al.*, 2006).

۱۰۰× (تعداد کل ماهی/تعداد ماهی زنده) = درصد بقا

افزایش وزن (گرم)/مقدار خوراک (گرم) = ضریب تبدیل غذایی

وزن Ln) = نرخ رشد ویژه (درصد افزایش در روز)

۱۰۰× طول دوره (وزن اولیه ماهی Ln -نهایی ماهی

آزمایش/

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه‌وتحلیل 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 تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند، همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج این تحقیق نشان داد کوتاه‌ترین طول دوره تفریخ با میانگین مقدار عددی ۶/۳۴± ۱۵۷ ساعت، در تیمار با شدت نور ۲۰۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰۰ لوکس نداشت؛ درحالی‌که طولانی‌ترین دوره تفریخ با میانگین مقدار عددی ۴/۵۴± ۱۹۵ ساعت در تخم‌های تیمار شده با شدت نور ۵۰ لوکس به ثبت رسید. نتایج درصد تفریخ در تیمار ۵۰ لوکس با تیمار شدت نور ۲۰۰ لوکس فاقد اختلاف معنی‌دار، ولی با تیمارهای با شدت نوربالا (۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ لوکس) دارای اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (جدول ۱).

بیست روز پس از تفریخ، بیشترین میانگین وزن آلوین، در تیمار با شدت نور ۲۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (P<۰/۰۵)؛ بااین‌وجود تیمارهای مختلف شدت نور اثر معنی‌داری بر میانگین طول آلوین در پایان روز بیستم نداشتند (جدول ۲). کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین مدت‌زمان تکمیل شنای فعال به ترتیب درشدت نور ۲۰۰ لوکس (۶/۰۳ ± ۲۴۰ ساعت پس از تفریخ) و تیمار تحت شدت نور ۲۰۰۰ لوکس (۷/۲۹ ± ۳۱۵ ساعت پس از تفریخ) ثبت شد (جدول ۲). در پایان روز بیستم، تیمار با شدت نور ۲۰۰ لوکس کمترین درصد آلوین معیوب را داشت؛ بالاترین درصد آلوین معیوب درشدت نور ۱۰۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۲۰۰۰ و ۵۰ لوکس نداشت (P>۰/۰۵). 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 به‌طوری‌که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند (P<۰/۰۵). 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>۰/۰۵) (جدول ۳). در پایان روز پنجاه و پنجم، درصد بقا در محدوده ۰/۵۷± ۸۵/۳۳ و ۳/۵۱± ۸۸/۶۶ درصد بود و در تیمارهای مختلف شدت نور فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود (P>۰/۰۵) (جدول ۳).

میانگین وزن نهایی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در پایان دوره آزمایش (نود روز پس از تفریخ) در محدوده ۰/۵۲±۶/۴۰ و ۰/۳۴±۸/۲۰ گرم در نوسان بود و در تیمارهای مختلف شدت نوری دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (P<۰/۰۵) (جدول ۴). بیشترین افزایش میانگین وزن نهایی در تیمار با شدت نور ۱۰۰۰ لوکس و پس‌ازآن بدون اختلاف معنی‌دار

Archive of SID
www.SID.ir

نسبت به تیمار یادشده درشدت 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 معنی‌داری 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 درشدت نور ۱۰۰۰ لوکس و کمترین بازماندگی درشدت نور ۵۰ لوکس رخ داد (جدول ۴).

جدول ۱: نتایج شاخص‌های رشد و درصد تفریخ قزل‌آلای رنگین‌کمان 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 آلوین قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحله ۲ (روز یازدهم تا پایان روز بیستم)

شدت نور (لوکس)	طول (میلی‌متر)	وزن (میلی‌گرم)	تکمیل شنای فعال (ساعت پس از تفریخ)	درصد آلوین 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 رنگین‌کمان 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 دربردارنده تیمارهای دوره نوری بود (Taylor *et al*., 2006; Sonmez *et al*., 2009; Barimani *et al*., 2013) و به نظر می‌رسد مطالعه حاضر ازجمله معدود مطالعاتی باشد که تأثیر شدت نور را روی شاخص‌های رشد و بازماندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان موردبررسی قرارداد و به این نتیجه دست‌یافت که شدت نور می‌تواند در مراحل مختلف تکامل لاروی برخی از شاخص‌های رشد را تحت تأثیر قرار دهد. نتایج به‌دست‌آمده 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 تفریخ و کاهش درصد تفریخ را در پی خواهد داشت. یافته‌های این تحقیق با نتایج مشاهده‌شده روی ماهی باس دریایی تازه تفریخ شده که درشدت 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 افزایش‌یافته بود (Ellis *et al*., 1997) و لارو ماهی *Latris lineata* که رشد و بقای آن درشدت 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*)، درشدت نور ۳۰۰ لوکس نسبت به صفر، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ لوکس (Kiyono and Hirano, 1981) و در لارو شانک دریایی درشدت نور ۱۳۰۰ نسبت به ۱۰۰ لوکس (Chatain and Ounais-Guschemann, 1991) مشاهده شد.

همچنین شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحله آلوین (جذب کیسه شنا) تحت تأثیر شدت نور بود و تا بیست روز پس از تفریخ، بیشینه میانگین وزن و درصد بقا با اختلاف معنی‌دار درشدت نور ۲۰۰ لوکس به ثبت رسید. از سوی دیگر، شدت نوربالا در این دوره، موجب افزایش درصد آلوین های معیوب، افزایش مدت‌زمان تکمیل شنای فعال و کاهش درصد بقا شد. نتایج بررسی در تاس‌ماهی 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

Archive of SID

www.SID.ir

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

افزایش فعالیت‌های شنا با کاهش غلظت هورمون ملاتونین پلاسمای خون که در حضور نوربالا به سطح پایه می‌رسد، ارتباط دارد (Campagnolo and Nuñer, 2008)؛ درحالی‌که در شرایط نورپایین سطح هورمون ملاتونین افزایش می‌یابد (Ekstrom and Meissl, 1997). نگهداری روند پایدار تولید ملاتونین در طول روزهای ابتدایی زندگی در شرایط نور کم می‌تواند بقای بالاتر لاروها را موجب شود (Bolliet *et al*., 1996). بااین‌وجود باید توجه داشت که کیفیت گامت‌ها و تخم و شرایط پرورش پیش لارو از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در بازماندگی لاروها پس از تفریخ هستند (Alves *et al*., 1999).

حداقل آستانه شدت نور به‌شدت به تمایز بینایی لارو بستگی دارد و عاملی ضروری برای انتخاب طعمه است. تأمین شدت نور بهینه برای گونه‌های خاص، کارایی حس بینایی را برای تغذیه لاروها و ماهی‌ها افزایش می‌دهد (Downing and Litvak, 1999) به‌طوری‌که می‌تواند موجب بهبود رشد گردد. نتایج مطالعه Villamizar و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که شدت نور بهینه و مناسب می‌تواند برای مراحل مختلف رشد و نمو ماهی متفاوت باشد. به‌طوری‌که در ماهی کاد (*Gadus morhua*)، رشد لاروها تا روز ۲۸ درشدت نوربالا (۲۴۰۰ لوکس) به‌طور معنی‌داری بیشتر از شدت نورپایین (کمتر از ۱۰۰۰ لوکس) بود، اما پس از ۲۸ روز اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت (Puvanendran and Brown, 2002).

در مطالعه دیگری مشخص شد که لاروهای ماهی هامور در شرایط شدت نور کمتر، سریع‌تر رشد کردند ولی میانگین طول لاروهایی که شدت نور بالاتر پرورش‌یافته بودند، کوتاه‌تر بود (Ellis *et al*., 1997) که می‌تواند ناشی از سطح فعالیت، استرس بیشتر و مصرف انرژی بیشتر درشدت نور بالاتر باشد. در لارو ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) سطح فعالیت شناگری با شدت نور در محدوده ۱۰۰۰-۰ لوکس (Batty, 1987) افزایش‌یافته بود که می‌تواند ناشی از افزایش انرژی سوخت‌وسازی در روشنایی بالاتر باشد (Solberg and Tilseth, 1987). نتایج مطالعه روی لارو تاس‌ماهی ایرانی نشان داد که درشدت نور بالاتر کلیه شاخص‌های رشد ازجمله میانگین طول کل بیشتر از لاروهایی بود که در تاریکی یا شدت نور کمتر رشد کرده بودند (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۴ آ).

در قزل‌آلای رنگین‌کمان تا بیست روز پس از تفریخ، تیمارهای مختلف شدت نور بر میانگین طول بدن تأثیر معنی‌داری نداشتند؛ بااین‌حال میانگین وزن در تیمارهایی که تحت شدت نور ۲۰۰ لوکس قرار داشتند به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود. مطالعات انجام‌شده روی ماهیان جوان و بالغ آزادماهیان نشان داد که برخلاف آلوین ها و بچه ماهیان، رشد به‌شدت وابسته به شرایط پرورشی است و به نظر می‌رسد که شدت نور عامل مؤثر و مهمی در تنظیم رشد ماهیان

Archive of SID
www.SID.ir

جوان و بالغ نباشد (Boeuf and Le Bail,1999). بااین‌وجود، نتایج بررسی حاضر مؤید آن است که از روز بیست و یکم تا پنجاه‌وپنج روز پس از تفریخ، 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 به‌دست‌آمده می‌توان این‌طور استنباط کرد که تغییرات شدت نوری، موجب تغییر در میزان سوخت‌وساز و متابولیسم بچه ماهیان شده و درمجموع می‌تواند سبب افزایش شاخص‌های رشد شود. بااین‌وجود تا پنجاه‌وپنج روز پس از تفریخ، 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 رفتار لاروی مانند نورگرایی و فعالیت شناگری باشد. از سوی دیگر همان‌طور که پیش‌ازاین 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 نوربالا موجب بهبود فرآیند غذا گیری 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 تفریخ در تیمارهای تحت شدت نور ۵۰ لوکس و ۲۰۰ لوکس مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. پایین‌ترین درصد ماهیان معیوب درشدت 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 قزل-آلای رنگین‌کمان را بهبود بخشیده و به‌عنوان الگوی تنظیم شدت نور در پرورش تجاری مورداستفاده 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 آلوین و بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان متمرکز شود.

Archive of SID

www.SID.ir

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.، ۱۳۹۴آ. اثرات دوره‌های مختلف نوری و شدت نور بر رشد، بازماندگی و تغییرات حجم کیسه زرده لارو تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*). بوم‌شناسی آبزیان، ۵ (۴)، ۳۲-۲۲.

۳. کاظمی، ر.، نوری، ف.، بانی، ع.، نجدگرامی، ا.ح.، یزدانی ساداتی، م.ع.، ۱۳۹۴ب. 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)، ۴۵-۲۹.

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 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., Nuñer, 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

Archive of SID

www.SID.ir

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.
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 (*Salĺelinus 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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

Archive of SID

www.SID.ir