

تأثیر شدت های نوری مختلف تحت نور مداوم روی رشد بچه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

صاحبعلی قربانی^{۱*}، داود طالبی حقیقی^۱، رضا آرمودلی^۱

^۱ پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، بندرانزلی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۴

چکیده

این بررسی طی مدت ۲ ماه در سال ۱۳۸۷ و به منظور تعیین شدت نوری مناسب رشد بچه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان تحت نور مستمر (۲۴ ساعت روشنایی) در ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبزیان واقع در بندرانزلی انجام گرفت. آزمایش در ۱۲ عدد مخزن فایبرگلاسی با گنجایش ۸۰ لیتر، جریان آب ۰/۸ لیتر در دقیقه، تراکم ۲۰ عدد ماهی و با میانگین وزن اولیه ۱۳-۱۲ گرم، صورت پذیرفت. این آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار شامل شدت های ۱۰۰ لوکس، ۲۰۰ لوکس، ۳۰۰ لوکس و ۴۰۰ لوکس و با ۳ تکرار انجام شد. ماهیان آزمایشی با غذای تجاری FFT و GFT به ترتیب در گروه های وزنی ۳۰-۱۲ گرمی و ۵۰-۳۰ گرمی تغذیه شدند. آنالیز آماری نشان داد با افزایش شدت نور از ۱۰۰ لوکس به ۴۰۰ لوکس، رشد ماهی بیش تر می شود، اما اختلاف معنی داری بین تیمارها از نظر افزایش میانگین میزان رشد، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب چاقی و میزان بقا مشاهده نشد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که بهترین میزان رشد و ضریب تبدیل مطلوب در سطح شدت نوری ۳۰۰-۴۰۰ لوکس به دست می آید.

واژه های کلیدی: شدت نور، نور مداوم، رشد، قزل آلائی رنگین کمان

مقدمه

استفاده از فن آوری و راه کارهای نو می تواند باعث رشد میزان تولید در صنعت آبی پروری گردد. نور یکی از عوامل محیطی مهم حیات ماهی و دیگر آبزیان است. بسیاری از ماهیان برای گرفتن غذا، تولیدمثل، مهاجرت و یافتن پناهگاه به نور احتیاج دارند. اثرات پدیده نور روی ماهی از نظر کیفیت (طول موج های مختلف)، کمیت (شدت های متفاوت) و دوره نوری (چرخه روزانه، تفاوت فصلی، عرض جغرافیایی) قابل بررسی می باشد (Sumpter, ۱۹۹۲). شدت نور با توجه به نوع ماهی و مراحل رشد آن دارای اهمیت است، تعدادی از گونه ها در شدت های کم نور و برخی در نقاط بدون نور قادرند رشد و نمو نمایند (Boeuf

امروزه بیش از هر زمان دیگری اهمیت تولید آبزیان برای تغذیه انسان و ایجاد فرصت های شغلی در جوامع بشری احساس می شود. در همین راستا صنعت پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان طی ۲۰ سال اخیر در دنیا و ایران از رشد و توسعه خوبی برخوردار بوده است. از مهم ترین دلایل رشد این صنعت و سایر شاخه های آبی پروری می توان به تغییرات تکنولوژی، کاهش هزینه تولید و افزایش بهره وری اقتصادی اشاره نمود (FAO, ۲۰۰۸). بنابراین با توجه کاهش صید، افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضای جهانی

* مسئول مکاتبه: sahebali_ghorbani@yahoo.com

آزاد آتلانتیک (*Salmo salar*)، بیش‌ترین رشد و بازماندگی آن‌ها را به‌ترتیب در شدت‌های ۵۰ لوکس و ۲۰۰ لوکس، تعیین نمودند. Solbakken و همکاران (۱۹۹۴) نتیجه گرفتند بچه‌ماهیان آزاد آتلانتیک (*Salmo salar*) تحت شدت نور ۲۷۰ لوکس و دوره نوری مداوم بیش‌ترین رشد را دارند. Taylor و همکاران (۲۰۰۷) نیز با بررسی و مقایسه تأثیر شدت‌های نوری ۲۵۵ لوکس و ۱۴۳ لوکس تحت دوره نوری مداوم روی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان دریافتند بچه‌ماهیان در شدت بالاتر از رشد و ضریب تبدیل بهتری برخوردارند. در ایران نیز در زمینه تأثیر رژیم‌های نوری روی شاخص‌های رشد لارو گونه‌های ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) (ایمانپور، ۱۳۸۵)، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (حسینی‌نجدگرمی، ۱۳۸۵) و ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) (فرزانفر، ۱۳۸۸) بررسی‌هایی انجام شده است. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از ماهیان مهم پرورشی کشور ما محسوب می‌شود که پس از ماهیان گرمابی رتبه دوم تولید آبی‌پروری را به خود اختصاص داده است. یکی از مشکلاتی که در پرورش این ماهی مطرح است، طولانی بودن دوره پرورش تا رسیدن به اندازه بازاری آن می‌باشد. با به‌درازا کشیدن مدت پرورش علاوه‌بر طولانی شدن زمان برداشت و عرضه دیر هنگام به بازار تقاضا، هزینه تولید نیز افزایش خواهد یافت. استفاده از نور مصنوعی در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در فصول کوتاه سال و مناطقی که به‌دلیل هوای ابری از میزان نور کم‌تری برخوردارند، تکنیکی است که شاید بتواند رشد ماهی را ارتقاء داده و از طول دوره پرورش بکاهد. در دنیا مطالعات بسیار کمی در زمینه تأثیر شدت نور روی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت گرفته است. بررسی‌های محققان نیز نشان

و (Bil, ۱۹۹۹). نور عاملی است که به‌طور مستقیم با تأثیر روی آهنگ‌های درون‌زایی و سطوح چرخه هورمون‌های رشد، رشد ماهی را کنترل می‌کند. بنابراین استفاده صحیح از آن می‌تواند به‌صورت سودمند صنعت آبی‌پروری را بهبود بخشد (Simensen و همکاران، ۲۰۰۰). طی ۲۰ سال اخیر پژوهش‌های زیادی در زمینه فوق انجام شده است که نشان می‌دهد افزایش طول دوره نوری و همچنین دوره نوری مداوم (۲۴ ساعت روشنایی) می‌تواند باعث افزایش رشد (Clarke و همکاران، ۱۹۸۶؛ Hansen و همکاران، ۱۹۹۲؛ Oppedal و همکاران، ۱۹۹۹؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰۶)، تسریع مرحله پار به اسمولت (Parr-Smolt) (Brauer, ۱۹۸۲؛ Duston و همکاران، ۱۹۹۰؛ Solbakken و همکاران، ۱۹۹۴؛ Handeland و Stefansson, ۲۰۰۱) و به تأخیر انداختن مراحل تولیدمثلی (Taranger و همکاران، ۱۹۹۹؛ Maisse, ۱۹۹۶؛ Porter و همکاران، ۲۰۰۳؛ king و همکاران، ۲۰۰۳) در برخی از گونه‌های آزادماهیان گردد. گزارش‌های متعددی نیز از تأثیر مثبت رژیم‌های نوری طولانی مدت یا مداوم بر رشد سایر گونه‌های ماهیان از جمله هاموردهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) (Petit و همکاران، ۲۰۰۳)، هامور اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (Rodrigues و همکاران، ۲۰۰۱)، شانک سرطلایی (*Sparus aurata*) (Kissil و همکاران، ۲۰۰۱)، کاد (*Melanogrammus aeglefinus*) (Trippel و Neil, ۲۰۰۳) و کفشک (*Scophthalmus maximus*) (Imsland و همکاران، ۱۹۹۵) منتشر شده است. درباره تأثیر شدت نور روی آزادماهیان نیز مطالعاتی انجام شده که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌گردد. Wallace و همکاران (۱۹۸۸) با مطالعه اثر شدت‌های مختلف نوری روی بچه‌ماهیان نارس قزل‌آلای قطبی (*Salvelinus alpinus*) و بچه‌ماهیان

تداخل شدت نور بین مخازن (تکرارها)، آن‌ها به‌وسیله پارچه مشکی ضخیم از هم جدا نگه داشته شدند. همچنین در این طرح دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی به صفر ساعت تاریکی در نظر گرفته شد (Burke و همکاران، ۲۰۰۵؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰۶). ماهیان با استفاده از غذای تجاری F.F.T (غذای مرحله انگشت‌قد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان) با ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام ۴۰ درصد، چربی خام ۱۴ درصد، فسفر ۱/۲ درصد، خاکستر ۱۰ درصد، فیبر ۳/۵ درصد و رطوبت ۱۱ درصد ساخت شرکت فرادانه شهرکرد تا وزن ۳۰ گرمی تغذیه گردیدند. از وزن بالای ۳۰ گرم به‌وسیله غذای تجاری G.F.T (غذای مرحله پرواری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان) حاوی ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام ۳۸ درصد، چربی خام ۱۴ درصد، فیبر ۴ درصد، فسفر ۱/۱ درصد، خاکستر ۱۰ درصد و رطوبت ۱۱ درصد ساخت شرکت چینه تغذیه شدند. محاسبه میزان غذای ماهیان از طریق جدول غذادهی مخصوص ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که براساس درجه حرارت آب و وزن ماهی (Jacson، ۱۹۸۸) تنظیم شده بود، انجام گرفت. غذادهی فقط در طول ساعات روشنایی طبیعی (ساعات ۱۷-۷) (Taylor و همکاران، ۲۰۰۶) و دفعات آن تا وزن ۳۰ گرمی در ۴ نوبت در روز و با فاصله‌های زمانی ۳ ساعت در بین ساعات ۸ صبح تا ۱۷ عصر صورت گرفت و همچنین غذادهی از وزن بالای ۳۰ گرم در ۳ نوبت در روز و با فاصله‌های زمانی ۴/۵ ساعت در بین ساعات ۸ صبح تا ۱۷ عصر و به روش دستی صورت پذیرفت. هر ۱۴ روز یک‌بار ۵۰ درصد (Karakatsoli و همکاران، ۲۰۰۸) ماهیان پس از بیهوشی با اسانس گل میخک با دز ۰/۵ میلی‌لیتر، زیست‌سنجی شدند. وزن آن‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم و طول کل آن‌ها از طریق تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید.

داده که دوره نوری مداوم، بیش‌ترین تأثیر را بر روی رشد و ضریب تبدیل آزادماهیان از جمله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد. بر همین اساس در این آزمایش، دوره نوری ۲۴ ساعت (دوره روشنایی) در نظر گرفته شده تا شدت نوری مناسب آن تعیین گردد و در نهایت معلوم گردد در چه شدتی بیش‌ترین رشد به‌دست می‌آید.

مواد و روش‌ها

آزمایش طی مدت تقریباً ۲ ماه از فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۷ و در ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبزیان انجام گرفت. بچه‌ماهیان از یک کارگاه بخش خصوصی تهیه شده و پس از انتقال به سالن آزمایشگاه به‌مدت ۱۲ روز (Simensen و همکاران، ۲۰۰۰؛ Ergun و همکاران، ۲۰۰۳) تحت سطح شدت نوری ۱۰۰ لوکس برای سازگاری با شرایط آزمایش، نگهداری شدند. ماهیان پس از سازگاری در دامنه وزنی ۱۳-۱۲ گرم، با تراکم ۲۰ عدد و طی یک طرح آماری کاملاً تصادفی در ۴ تیمار شامل شدت‌های نوری ۱۰۰ لوکس، ۲۰۰ لوکس، ۳۰۰ لوکس و ۴۰۰ لوکس و ۳ تکرار (در مجموع ۱۲ تکرار) در مخازن فایبرگلاسی با گنجایش ۱۰۰ لیتر آب، رهاسازی شدند. آب مورد نیاز از طریق یک حلقه چاه کم‌عمق تأمین گردیده و پس از هوادهی اولیه به‌وسیله لوله‌های P.V.C روزنه‌دار به مخازن پرورشی مجهز به هواده‌های کوچک، منتقل شد. حجم آب در هر یک از مخازن فوق تا سطح ۸۰ لیتری حفظ و میزان دبی آب برای هر یک از آنها ۰/۸ لیتر در دقیقه (Stickney، ۱۹۹۱) در نظر گرفته شد. میزان نور از طریق لامپ‌های فلورسنت سفید رنگ (Solbakken و همکاران، ۱۹۹۴؛ Karakatsoli و همکاران، ۲۰۰۸) ۲۰ و ۴۰ وات، تأمین شد. شدت نور برای هر یک از مخازن (تکرارها) به‌وسیله دستگاه نورسنج مدل LX-۱۰۷ ساخت کشور تایوان تنظیم گردید و برای جلوگیری

$$\text{ضریب چاقی} = \frac{\text{وزن}}{\text{طول}^3} \times 100$$

$$\times 100 (\text{تعداد ماهی اولیه} - \text{تعداد ماهی نهایی}) = \text{بقاء}$$

(Jobling, ۱۹۹۴؛ Ergun و همکاران، ۲۰۰۳؛ Haghghi, ۲۰۰۶).

نتایج

شاخص‌های رشد: مقایسه میانگین شاخص رشد شامل: درصد افزایش رشد، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا، ضریب چاقی و میزان بقاء ماهیان در تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است.

فاکتورهای رشد: با مشخص شدن وزن و طول در هر دوره از زیست‌سنجی، پارامترهای رشد شامل درصد افزایش وزن (میزان رشد)، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب چاقی و میزان بقاء ماهیان از طریق معادله‌های زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد افزایش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

$$\text{ضریب تبدیل غذا} = \frac{\text{وزن تر به دست آمده از ماهی}}{\text{غذای داده شده به ماهی}}$$

لگاریتم طبیعی وزن اولیه -

$$\text{نرخ رشد ویژه} = \frac{\text{لگاریتم طبیعی وزن ثانویه}}{\text{مدت پرورش}} \times 100$$

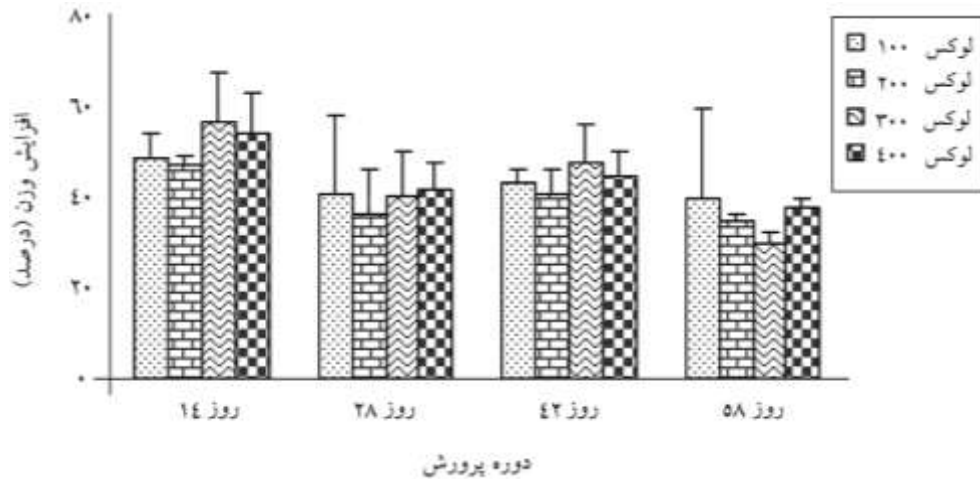
جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد ماهیان در کل دوره پرورش

شاخص رشد	تیمار	۱۰۰ لوکس	۲۰۰ لوکس	۳۰۰ لوکس	۴۰۰ لوکس
وزن اولیه (گرم)		۱۲/۳۰±۳/۰۶ ^a	۱۲/۸۱±۳/۳۵ ^a	۱۱/۹۹±۳/۰۱ ^a	۱۲/۱۵±۳/۳۱ ^a
وزن ثانویه (گرم)		۵۰/۹۰±۱۲/۰۵ ^a	۴۷/۵۷±۱۰/۵۸ ^a	۵۰/۲۴±۹/۷۴ ^a	۵۲/۳۰±۱۰/۶۲ ^a
میزان رشد (درصد)		۳۱۱/۵۱±۱/۷۲ ^a	۲۸۱/۱۰±۴۲/۴۶ ^a	۳۲۰/۲۵±۳۰/۲۴ ^a	۳۵۵/۳۲±۳۷/۴۲ ^a
نرخ رشد ویژه		۲/۴۴±۰/۷۰ ^a	۲/۲۹±۰/۱۹۳ ^a	۲/۴۷±۰/۱۲۶ ^a	۲/۵۳±۰/۱۵۲ ^a
ضریب تبدیل غذا		۱/۱۵±۰/۰۷۶ ^a	۱/۱۵±۰/۱۰۹ ^a	۱/۰۹±۰/۰۳۴ ^a	۱/۰۳±۰/۰۴۲ ^a
ضریب چاقی		۱/۱۹±۰/۰۴۹ ^a	۱/۱۷±۰/۰۲۰ ^a	۱/۱۷±۰/۰۲۳ ^a	۱/۱۸±۰/۰۳۰ ^a
بقاء (درصد)		۹۸/۳۳±۲/۸۸ ^a	۸۱/۶۷±۲۷/۵۳ ^a	۹۵±۸/۶۶ ^a	۹۸/۳۳±۲/۸۸ ^a

* مقادیر با حروف مشابه در هر ردیف به مفهوم نبود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

میزان رشد: در طول دوره آزمایش، میانگین میزان رشد در هر ۴ تیمار افزایش یافته ولی میزان آن در تیمار ۴۰۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها ۱۱-۱۴ درصد بیش‌تر بود، با این وجود در کل مدت آزمایش، میانگین میزان رشد بین تیمارها معنی‌دار نبود.

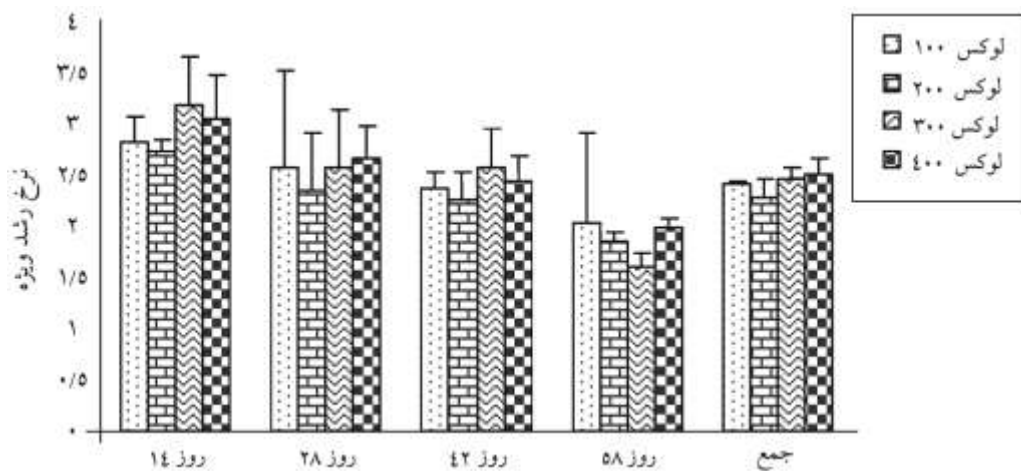
در کل دوره پرورش، بیش‌ترین میزان رشد در تیمار ۴۰۰ لوکس با مقدار ۳۵۵/۳۲ درصد و کم‌ترین آن در تیمار ۲۰۰ لوکس معادل ۲۸۱/۱۰ درصد صورت گرفت (شکل ۱ و جدول ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد افزایش وزن در بین تیمارها

در مدت یاد شده بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نرخ رشد به‌ترتیب در تیمارهای ۴۰۰ و ۲۰۰ لوکس با مقادیر ۲/۵۳ و ۲/۲۹ به‌دست آمد (شکل ۲ و جدول ۱).

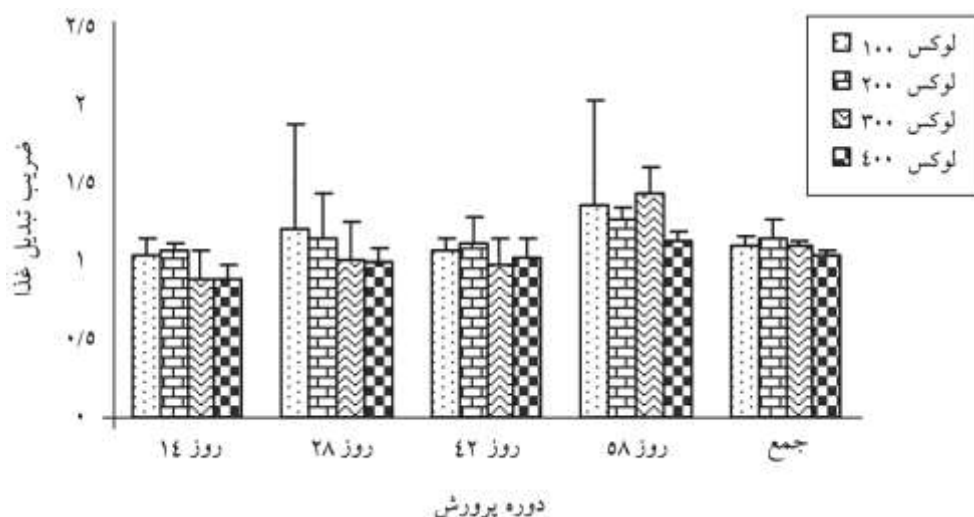
نرخ رشد ویژه: در کل دوره آزمایش، میانگین نرخ رشد ویژه در تیمار ۴۰۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها از ۲/۴۲-۱۰/۴۸ درصد بیش‌تر بود ولی بین تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$).



شکل ۲- مقایسه میانگین نرخ رشد ویژه ماهیان در بین تیمارها

تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0/05$) ولی کم‌ترین ضریب تبدیل در تیمار ۴۰۰ لوکس به‌دست آمد (شکل ۳ و جدول ۱).

ضریب تبدیل غذایی (FCR): در طول دوره آزمایش میانگین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴۰۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها کاهش پیدا کرد. در کل دوره پرورش میانگین ضریب تبدیل غذایی بین



شکل ۳- مقایسه میانگین ضریب تبدیل غذایی ماهیان در بین تیمارها

از نرخ رشد ویژه‌ای برابر با $1/0.3$ و $0/90$ برخوردار شدند در حالی که تحت روشنایی طبیعی نرخ رشدشان به $0/79$ رسید. Cho و همکاران (۱۹۹۲) گزارش نمودند ماهیان پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان در شرایط نوری $12:12$ (روشنایی به تاریکی) و 1600 لوکس و 100 لوکس به ترتیب به میزان رشدی برابر با 1745 درصد و $1582/5$ درصد دست یافتند. همچنین نرخ رشد ویژه تحت شرایط نوری فوق به ترتیب معادل $1/33$ و $1/67$ برآورد شد. Oppedal (۲۰۰۲) نیز برتری رشد ماهی آزاد آتلانتیک (*Salmo salar*) تحت شدت نور زیادتر نسبت به شدت‌های متوسط و کم را گزارش نمود، در حالی که شدت نور کم (50 لوکس) برای رشد و بازماندگی بچه‌ماهیان قزل‌آلای قطبی (*Salvelinus alpinus*)، مناسب تشخیص داده شده است (Burke و همکاران، ۲۰۰۵؛ Wallace و همکاران، ۱۹۸۸). از مقایسه نتایج آزمایش حاضر با دیگران چنین استنباط می‌گردد، شدت نور مناسب رشد با توجه به گونه ماهی متفاوت بوده و ثانیاً با افزایش شدت نور، میزان رشد ماهیان بیش‌تر می‌شود، ولی افزایش معنی‌دار آن پس از سازگاری کامل ماهیان با شرایط نوری حاکم صورت می‌گیرد. بنابراین

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش طول دوره نوری تا حد ۲۴ ساعت (شش‌بانه‌روز) (Stefansoon، ۱۹۹۰؛ Berg، ۱۹۹۲؛ Oppedal و همکاران، ۱۹۹۷؛ Duncan و همکاران، ۱۹۹۹؛ Nordgarden و همکاران، ۲۰۰۳؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰۶) و شدت نور تا حد آستانه (Stefansoon و همکاران، ۱۹۹۳؛ Kissil و همکاران، ۲۰۰۱؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰۶) به‌ویژه در روزهای کوتاه سال (پاییز و زمستان) موجب افزایش رشد اغلب آزادماهیان می‌گردد.

نتایج آزمایش ما نشان داد میانگین بیش‌ترین میزان رشد و نرخ رشد ویژه ماهیان به ترتیب با مقدار $355/32$ درصد و $2/53$ در تیمار 400 لوکس صورت گرفته است (جدول ۱) ولی میانگین میزان رشد و نرخ رشد ویژه بین تیمارها معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). Taylor و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه تأثیر رژیم نوری بر روی رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نتیجه گرفتند ماهیان تحت شرایط نوری مداوم با شدت 255 لوکس و 143 لوکس نسبت به دوره نوری طبیعی به ترتیب مقدار 226 درصد و 180 درصد رشد کسب کردند و همچنین تحت همان شرایط نوری به ترتیب

(۲۰۰۸) ضریب تبدیل غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی را در شرایط نوری ۱۲:۱۲ (روشنایی به تاریکی) و ۱۵۰ لوکس، مقدار ۱/۶۹ گزارش نمود. مطالعات متعدد صورت گرفته در دنیا در زمینه اثرات طول دوره نوری و میزان آن بر روی رشد گونه‌های مختلف آزادماهیان بیانگر تأثیر بسیار مثبت آن بر جذب و ضریب تبدیل غذا می‌باشد (Taranger و همکاران، ۱۹۹۱؛ Mason و همکاران، ۱۹۹۱؛ Hansen و همکاران، ۱۹۹۲؛ Webster و همکاران، ۲۰۰۱؛ Oppedal، ۲۰۰۲؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰۶). همان‌طور که ملاحظه می‌گردد طبق یافته ما و دیگران، تحت دوره نوری طولانی‌تر یا مداوم مقدار ضریب تبدیل غذایی ماهیان کاهش پیدا کرده است.

به‌طور کلی این بررسی نشان داد نور مداوم تا شدت ۴۰۰ لوکس تأثیر مثبت بر ضریب تبدیل غذایی و همچنین رشد ماهیان دارد. روی هم‌رفته در کل مدت آزمایش، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی ماهیان در شدت ۴۰۰ لوکس نسبت به شدت‌های کم‌تر به ترتیب ۱۰/۴۸-۲/۴۸ درصد و ۱۰/۴۳-۵/۵۰ درصد بهبود پیدا نمود که احتمالاً این برتری در یک دوره پرورش (۶ ماهه) می‌تواند قابل افزایش باشد. استفاده از رژیم‌های فتوپرید و نور مصنوعی در حد وسیع به‌عنوان ابزاری برای افزایش میزان تولید ماهی سالمون (Salmon) پذیرفته شده است (Migaud و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به نتایج حاضر و مطالعات دیگران، استفاده از نور مصنوعی در طول شب علاوه‌بر نور روزانه (۲۴ ساعت روشنایی) در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در فصل‌های کوتاه سال و مناطقی که به دلیل هوای ابری از میزان نور کم‌تری برخوردارند، می‌تواند رشد ماهی را بهبود بخشد. در حال حاضر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تنها گونه پرورشی از آزادماهیان است که با افزایش سالانه تعداد مزارع و سطح زیر کشت، در حجم وسیعی در کشور ما تولید می‌شود. در همین مزارع موجود با به‌کارگیری نور

پیش‌بینی می‌گردد اگر آزمایش در یک دوره زمانی ۵-۶ ماهه انجام گیرد، میزان رشد ماهیان به‌صورت معنی‌دار افزایش یابد. Taylor و همکاران (۲۰۰۶) و Ergun و همکاران (۲۰۰۳) طی مطالعاتی مشابه، معنی‌دار نبودن رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را در مدت ۲ ماه، تأیید نمودند. Oppedal و همکاران (۱۹۹۷) نیز با بررسی رشد آزاد ماهی آتلانتیک تحت شدت‌های نوری مختلف، دریافتند میزان رشد ماهیان بعد از مدت ۳ ماه، به‌صورت معنی‌دار افزایش پیدا کرد. علت ارتقاء رشد ماهی تحت تأثیر افزایش طول و میزان دوره نوری را مربوط به افزایش ترشح هورمون فاکتور رشد شبه‌انسولینی (IGF-1) دانسته‌اند که تحت کنترل هورمون رشد قرار دارد (Boeuf و Le Bail، ۱۹۹۹؛ Webster و همکاران، ۲۰۰۱؛ Brian و همکاران، ۲۰۰۴؛ Pierce و همکاران، ۲۰۰۲؛ Nordgarden و همکاران، ۲۰۰۵). این فعالیت هورمونی می‌تواند اشتها، جذب غذا، ضریب تبدیل غذا و نیازهای انرژی ماهی را تغییر دهد (Donaldson و همکاران، ۱۹۷۹؛ Cho، ۱۹۹۲؛ Nordgarden و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج آزمایش حال نشان داد با افزایش شدت نور ضریب تبدیل غذایی بهبود می‌یابد (شکل ۳). بر همین اساس ماهیان در تیمار ۴۰۰ لوکس با برخورداری از ضریب تبدیل غذایی به‌میزان ۱/۰۳، بهتر از سایر تیمارها بودند. این یافته می‌تواند نشان‌دهنده جذب بهتر غذا در شدت نور زیادتر باشد. در صنعت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، غذا بیش از ۵۰ درصد هزینه تولید را تشکیل می‌دهد، بهبودی ضریب تبدیل غذا به مقدار اندک نیز می‌تواند میزان قابل‌توجهی از هزینه تولید را بکاهد و سودآوری مزرعه را افزایش دهد. Taylor و همکاران (۲۰۰۶) ضریب تبدیل غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی را در شرایط نوری ۲۵۵ لوکس و ۱۴۳ لوکس به ترتیب مقدار ۰/۹۸ و ۱/۲۳، گزارش نمودند. Karakatsoli و همکاران

مصنوعی به‌عنوان یک روش نوین برای افزایش طول دوره نوری، می‌توان مقدار تولید را در واحد سطح به‌میزان قابل‌توجهی افزایش داد و هزینه آن را نیز به‌دلیل تأثیر مثبت نور بر ضریب تبدیل غذایی، کاهش داد.

تشکر و قدردانی

از ریاست محترم وقت پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی دکتر کریم مهدی‌نژاد به‌خاطر حمایت‌ها و مساعدت‌هایشان، از معاونت محترم پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی دکتر مریم فلاحی به‌واسطه مساعدت‌های بی‌دریغ و فراهم نمودن بستر و امکانات، از ریاست محترم ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبی‌زیان دکتر داود طالبی حقیقی به‌خاطر حمایت‌های بی‌دریغ و همه‌جانبه و در اختیار قرار دادن امکانات مورد نیاز تشکر و سپاسگزاری می‌نماییم. از معاونت

محترم ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبی‌زیان مهندس مهدی مرادی به‌خاطر برخی مساعدت‌ها کمال تشکر را داریم. از همکار گرامی مهندس فرشاد ماهی‌صفت نیز برای انجام آنالیز داده‌ها صمیمانه قدردانی می‌نمائیم. از همکاران محترم مهندس رضا آرمودلی و محرمعلی رنجبر به‌خاطر همکاری در برخی از مراحل اجرای پروژه سپاسگزاری می‌نمائیم. از همه همکاران بخش شیمی پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی به‌واسطه اندازه‌گیری و تعیین برخی از فاکتورهای شیمی آب تشکر می‌نمائیم. از تمامی کارکنان ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبی‌زیان برای اظهار نظر و کمک در هرچه بهتر اجرا شدن پروژه تقدیر و تشکر می‌نمائیم.

منابع

- ایمان‌پور، م.، کمالی، ا.، حاجی‌مرادلو، ع.، بهمنی، م.، ۱۳۸۵. اثرات نورگرایی، طیف نور و دوره‌های نوری بر میزان ماندگاری و رشد نوزادهای ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۱)، ۸-۱.
- حسینی‌نجدگرامی، ا.، ایرانی، ع.، ۱۳۸۵. تأثیر رژیم نوری بر رشد، بقاء و پارامترهای تغذیه‌ای لارونورس قزل‌آلای رنگین‌کمان. مجله پژوهش و سازندگی، ۷۲، ۱-۵.
- فرزانفر، ع.، بیاتی، م.، لشتوآقایی، غ.، ذریه‌زهر، س.ج.، شکوری، م.، ۱۳۸۸. مقایسه تأثیر شدت و دوره نوری رنگ قرمز بر عملکرد رشد لارو ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). چکیده مقالات همایش ملی ماهیان سردابی کشور (تنکابن)، صفحه ۴۵.
- Berg, A., Hansen, T., Stefansson, S., 1992. First feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *J. Journal of Applied Ichthyology* 8 (1-4), 251-256.
- Boeuf, G., Le Bail, P.Y., 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177, 129-152.
- Boujard, T., Gelineau, A., Corraze, G., 1995. Time of a single daily meal influences growth performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Walbaum). *Aquac. Res.* 26, 341-349.
- Brauer, E.P., 1982. The photoperiod control of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smoltification. *Aquaculture* 28, 105-111.
- Brian, R., Beckman, B.R., Shimizu, M., Gadberry, B.A., Cooper, K.A., 2004. Response of the somatotrophic axis of juvenile coho salmon to alterations in plane of nutrition with an analysis of the relationships among growth rate and circulating IGF-I and 41 kDa IGFBP. *General and Comparative Endocrinology* 135 (3), 334-344.
- Burke, M.G., Kirk, M.R., Macbeth, N.A., Bevan, D.J., 2005. Influence of photoperiod and feed delivery on growth and survival of first-feeding Arctic char (*Salvelinus alpinus*). *North American Journal of Aquaculture* 67, 344-350.
- Cho, C.V., 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. In: Gall, G.A.E. (Ed.), the rainbow trout: proceedings of the first Aquaculture-sponsored symposium. *Aquaculture* 100, 107-123.
- Clarke, W.C., Shelbourn, J.E., 1986. Delayed photoperiod produces more uniform growth and

- greater seawater adaptability in underyearling Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 56, 287-299.
- Donaldson, E.M., Fagerlund, H.M., Higgs, D.A., Macbride, J.R., 1979. Hormonal enhancement of growth. In: W.S. Hoar, D.J. Randall, J.R. Brett (eds.) *Fish physiology*. Academic Press, New York, San Francisco, London, 4, 455.
- Duncan, N.J., Mitchell, D., Bromage, N., 1999. Post-smolt growth and maturation of out-of-season 0+ Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 177 (1-4), 61-71.
- Duston, J., Saunders, R.L., 1990. The entrainment role of photoperiod on hypoosmoregulatory and growth related aspects of smolting in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Zoology* 68, 707-715.
- Ergun, S., Yigit, M., Turker, A., 2003. Growth and feed consumption of young Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to different photoperiods. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamided* 55 (2), 132-138.
- Fao, 2008. The state of world fisheries and aquaculture. www.fao.org. pp. 3-25.
- Jackson, A., 1988. Growth, nutrition and feeding. In: Laird, L. and Needham, T. (Ed.), *Salmon and trout farming*. Department of zoology university of Aberdeen. Published, Ellis horwood limited, England, 204p.
- Haghighi, D.T., 2006. Embryonic development and nutritional requirements of kutum fry, (*Rutilus frisii kutum*). Thesis submitted to the school of graduate studies, University Putra Malaysia, 116p.
- Handeland, A., Stefansson, S.O., 2001. Photoperiod, control and influence of body size on off-season parr-smolt transformation and post-smolt growth. *Aquaculture* 192 (2-4), 291-3078.
- Hansen, T., Stefansson, S.O., Taranger, G.L., 1992. Growth and sexual maturation in Atlantic salmon, (*Salmo salar* L.), reared in sea cages at two different regimes. *Aquaculture and Fisheries Management* 23, 275-280.
- Imsland, A.K., Folkvord, A., Stefansson, S.O., 1995. Growth, oxygen consumption and activity of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.) reared under different temperatures and photoperiods. *Netherlands Journal of Sea Research* 34, 149-159.
- Jobling, M., 1994. *Fish bioenergetics*. Chapman and Hall, London, 309p.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Panopoulos, G., Panopoulos, G., Papoutsoglou, E.S., Chadio, S., Kalogiannis, D., 2008. Effects of light spectrum on growth and stress response of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under recirculating system conditions. *Aquaculture Engineering* 38, 36-42.
- King, H.R., Lee, P.S., Pankhurst, N.W., 2003. Photoperiod-induced precocious male sexual maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiology and Biochemistry* 28, 427-4388.
- Kissil, G.W., Lupatsch, I., Elizur, A., Zohar, Y., 2001. Long photoperiod delayed spawning and increased somatic growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 200, 363-379.
- Maise, G., Breton, B., 1996. Photoperiod manipulation of reproduction in salmonids. *Productions Animals* 9 (1), 71-77.
- Mason, E.G., Gallant, R.K., Wood, L., 1991. Productivity enhancement of rainbow trout using photoperiod manipulation. *Bulletin of Aquaculture Association of Canada* 91, 44-46.
- Migaud, H., Cowan, M., Tylor, J., Ferguson, 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.
- Nodgarden, U., Oppedal, F., Taranger, G.L., Hemre, G.I., Hansen, T., 2003. Seasonally changing metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): I. Growth and feed conversion ratio. *Aquaculture Nutrition* 9, 287-293.
- Nordgarden, U., Hansen, T., Hemre, G., Sundby, A., Bjo'rnsson, B.T., 2005. Endocrine growth regulation of adult Atlantic salmon in seawater: The effects of light regime on plasma growth hormone, insulin-like growth factor-I, and insulin levels. *Aquaculture* 250, 862-871.
- Oppedal, F., Taranger, G.L., Juell, J.E., Fosseidngen, J.E., Hansen, T., 1997. Light intensity affects growth and sexual maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) postsmolts in sea cages. *Aquatic Living Resources* 10, 351-357.

- Oppedal, F., Taranger, G., Juell, L.A., Hansen, J.E., 1999. Growth, osmoregulation and sexual maturation of Atlantic salmon smolt *Salmo salar* exposed to different intensities of continuous light. *Aquaculture Research* 30, 491-499.
- Oppedal, F., 2002. Influence of artificial light on Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in seawater. Published: University of Bergen, Department of Fisheries and Marine biology, Norway.
- Petit, G., Beauchaud, M., Attia, J., Buisson, B., 2003. Food intake and growth of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) held under alternated light/dark cycle (12L:12D) or exposed to continuous light. *Aquaculture* 228, 397-4018.
- Pierce, A.L., Beckman, B.R., Shearer, K.D., Larsen, D.A., Dickhoff, W.W., 2002. Effects of ration on hormones and growth in coho salmon. *Comparative Biochemistry & Physiology*, B. 128, 255-264.
- Porter, M., Woolcott, H., Pankhurst, N., 2003. The use of additional lighting and artificial photoperiod to precondition early maturing Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Tasmania. *Fish Physiology and Biochemistry* 28 (1-4), 391-393.
- Pierce, A.L., Beckman, B.R., Shearer, K.D., Larsen, D.A., Dickhoff, W.W., 2002. Effects of ration on hormones and growth in coho salmon. *Comp. Biochem. Physiol.* B. 128, 255-264.
- Rodriguez, L., Zanuy, S., Carrillo, M., 2001. Influence of daylength on the age at first maturity and somatic growth in male sea bass (*Dicentrarchus labrax, L.*). *Aquaculture* 196, 159-175.
- Simensen, L.M., Jonassen, T.M., Inslan, A.K., Stefansson, S.O., 2000. Photoperiod regulation of growth of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*). *Aquaculture* 190, 119-128.
- Solbakken, V.A., Hansen, T., Stefansson, S.O., 1994. Effects of photoperiod and temperature on growth and parr-smolt transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) and subsequent performance in seawater. *Aquaculture* 121 (1-3), 13-27.
- Stefansson, S.O., 1990. The influence of light on growth and Parr-smolt transformation of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*): Effects of spectral composition, light intensity and photoperiod. Published: University of Bergen, Department of Fisheries and Marine biology, Norway, 35p.
- Stefansson, S.O., Hansen, T., Taranger, G.L., 1993. Growth and parr-smolt transformation of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) under different light intensities and subsequent survival and growth in seawater. *Aquacultural Engineering* 12, 231-243.
- Stickney, R.R., 1991. Culture of salmonid fishes. CRC Press, 189p.
- Sumpter, J.P., 1992. Control of growth of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 92, 301.
- Taranger, G.L., Haux, C., Walther, B.T., Stefansson, S.O., Bjornson, B.T., Hansen, T., 1991. Photoperiodic control of growth, incidence of maturation and ovulation in adult Atlantic salmon. Proceedings from the 5th International Symposium on the Reproductive Physiology in Fish. July 4-9, 1995, Texas, USA, pp. 145-147.
- Taranger, G.L., Haux, C., Hansen, T., Stefansson, S.O., Bjornsson, B.T., Walther, B.T., Kryvi, H., 1999. Mechanism underlying photoperiod effects on age at sexual maturity in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *Aquaculture* 177, 47-60.
- 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.
- Trippel, E.A., Neil, S.R.E., 2003. Effects of photoperiod and light intensity on growth and activity of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture* 217, 633-645.
- Wallac, J.C., Kolbeinshavn, A., Aasjord, D., 1998. Observations on the effect of light intensity on the growth of Arctic Charr fingerling (*Salvelinus alpinus*) and salmon fry (*Salmo salar L.*). *Aquaculture* 72, 81-44.
- Webster, J.R., Corson, I.D., Littlejohn, R.P., Martin, S.K., Suttie, J.M., 2001. The roles of photoperiod and nutrition in the seasonal increases in growth and insulin-like growth factor-I secretion in male red deer. *Anim. Sci.* 73, 305-311. rection in male red deer. *Animal Science* 73, 305-311.

**Effect of different light intensity at continuous photoperiod
on growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**

S. Ghorbani^{1*}, D. Talebi Haghghi¹, R. Armoudly¹

¹Inland Waters Aquaculture Center, Bandar Anzali, Iran

Abstract

This investigation was conducted to determine optimal light intensity of continuous photoperiod (24L/0D) at Research Station of aquatics nutrition and live food, located at Bandar Anzali in 2008-2009 for 60 days. The trial was carried out in 12 fiberglass tanks with a water volume of 80L, with flow rate of 0.8 l/min, and fish stocked at rate of ۲۰ fish/tank with average initial weight of 12-13 gr. The design of the experiment consisted of 4 treatments with triplicates which included light intensity 100 Lx, 200 Lx, 300 Lx, and 400 Lx. The experimental fish fed on commercial food of FFT and GFT for the weight groups of 12-30, 30-50 gr respectively. The statistical analysis indicated that with increasing of light intensity growth rate increased from 100 Lx to 400 Lx but the Weight gain (%), Specific growth rate, Food conversion ratio, Condition factor and Survival (%) were not significantly different among all treatments ($P>0.05$). The statistical analysis did not show significant difference among all treatments. The results of this experiment showed that the best growth rate and optimal food conversion ratio was obtained from light intensity 300-400.

Keywords: Light intensity, Continuous light, Growth, Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

* - Corresponding Authors; Email: sahebali_ghorbani@yahoo.com