نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

تأثیر دوره‌های مختلف نوری و رشد جبرانی بر فاکتورهای رشد، ایمنی و خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

مریم اسماعیلی*[1]، محمدرضا کلباسی مسجد شاهی[2]، محمد صیاد بورانی[3]

[1] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران

[2] استاد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران

[3] دانشیار پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی، بندر انزلی، گیلان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل
https://doi.org/10.22034/jair.11.2.46

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۲/۰۴/۳۰
پذیرش: ۰۲/۰۷/۰۴

نویسنده مسئول مکاتبه:
مریم اسماعیلی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران، تهران، ایران.

ایمیل: maryesmaeili22@gmail.com

چکیده

در تحقیق حاضر اثر ترکیبی دوره نوری و رشد جبرانی بر روی رشد، پارامترهای خون‌شناسی، شاخص‌های بیوشیمیایی، کورتیزول و لیزوزیم در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۵۵۲ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (۰/۹ ± ۸ گرم) تحت تیمارهای ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت روشنایی همراه با دوره‌های متناوب رشد جبرانی (۴ روز غذادهی و ۴ روز گرسنگی) و بدون دوره‌های متناوب رشد جبرانی به مدت۶۰ روز پرورش داده شدند (LD ۰۶:۱۸، LD ۱۲:۱۲، LD ۱۸:۰۶ و LD ۲۴:۰۰). طبق نتایج، تیمار ۲۴ ساعت روشنایی بیشترین رشد و مصرف غذا را داشت در حالیکه تیمار ۶ ساعت روشنایی همراه با رشد جبرانی کمترین ضریب تبدیل غذایی را در مقایسه با تمامی تیمارها نشان داد. هم‌چنین تیمار ۴ روز گرسنگی موجب کاهش مقادیر تمامی پارامترهای بیوشیمیایی شد، درحالی‌که نور تأثیر معنی‌داری در پارامترهای مذکور نداشت. مقادیر مربوط به هماتوکریت (۳۳/۰۴ درصد)، هموگلوبین (۹/۴۳ گرم در دسی‌لیتر) و گلبول قرمز (۱/۳۱*۱۰^۶ در میلی‌لیتر) در تیمار ۲۴ ساعت به‌صورت معنی‌داری بیشتر از دیگر تیمارهای نوری بود و میزان لیزوزیم تحت تأثیر نور و گرسنگی قرار نداشت. همچنین میزان کورتیزول در طول دوره گرسنگی (۴ روز) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با توجه به نتایج، تیمار ۶ ساعت روشنایی در هر دو تکنیک دوره نوری (به‌تنهایی و تلفیق دوره نوری همراه با رشد جبرانی) به لحاظ کارایی بالاتر در میزان تولید به‌عنوان تیمار بهینه تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی:
قزل‌آلای رنگین‌کمان، رشد جبرانی، دوره نوری، پارامترهای خون‌شناسی، پارامترهای بیوشیمیایی

۱ | مقدمه

امروزه با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به مواد غذایی، صنعت شیلات و آبزی‌پروری می‌تواند نقش بسزایی را در این زمینه ایفا نماید. میزان تولید محصولات شیلاتی در سال ۲۰۲۰ افزون بر ۲۱۴ میلیون تن گزارش شده‌است که ۱۲۴ میلیون تن آن مربوط به بخش آبزی‌پرری می‌باشد (FAO., 2022). از جمله اهداف مهم آبزی‌پروری کوتاه نمودن دوره تولید، عرضه محصولات یکنواخت با کیفیت و سایز بزرگتر به بازار و تلاش برای محصول‌دهی مزرعه قبل از رسیدگی جنسی ماهیان است (Bowden *et al.* 2007). برای تحقق این اهداف سه عامل اصلی فیزیولوژی، رفتار ماهی و شرایط محیطی موثر می‌باشد. بنابراین انجام مطالعات بیشتر در زمینه تعیین شرایط بهینه نوری و دمایی در کنار مدیریت تغذیه‌ای مانند رشد جبرانی، می‌تواند موجب بهبود نرخ رشد، افزایش راندمان تولید و کاهش هزینه‌های مربوط به مدیریت پرورش گردد (Jobling., 1994; Allan and Burnell, 2013; Salgado-Ismodes *et al.*, 2020). ماهی قزل‌آلای رنگین کمان یکی از مهمترین گونه‌های پرورشی در ایران می‌باشد که با تولید نزدیک به ۱۹۰ هزار تن در سال، تاثیر چشمگیری در زمینه تامین بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور، اشتغال و درآمدزایی داشته‌است (Statistical Yearbook of Iranian Fisheries Organization, 2015-2022.). رشد جبرانی یک پروسه فیزیولوژیکی است که به‌موجب آن ماهی بعد از یک دوره قطع (محدودیت) غذا، رشد سریع‌تری را تحت شرایط مشابه نسبت به گروه شاهد از خود نشان می‌دهد که تحت تاثیر مجموعه‌ای از عوامل نظیر: سن، سایز و ترکیب جیره قرار دارد (Ali *et al.*, 2003). در واقع پرخوری، مکانیسم اصلی در رشد جبرانی می‌باشد که ماهی با توجه به شرایط گرسنگی و غذادهی مجدد، ظرفیت معده خود را برای خوردن غذا افزایش می‌دهد. به‌صورتی‌که کاهش دفعات تغذیه منجر به افزایش میزان دریافت غذا در هر وعده می‌گردد

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

Känkänen and Pirhonen., 2009; Salgado-Ismodes *et al.*, 2020). همچنین سیستم ایمنی و پاسخ ماهی می‌تواند به‌طور وسیع به‌وسیله فاکتورهای خارجی مانند دما، نور، کیفیت آب و استرس‌های مختلف تحت تاثیر قرار گیرد در نتیجه هنگام بهینه‌سازی پروتکل‌های جدید تولید، خون‌سازی باید به‌عنوان شاخص اصلی ظرفیت ایمنی در نظر گرفته‌شود (Dawood *et al.*, 2022; Zhu and Su, 2022). علاوه بر این استرس ناشی از دوره نوری یا گرسنگی با اثرگذاری روی پاسخ ایمنی بر سلامت ماهی تاثیر می‌گذارد و استرس طولانی مدت موجب کاهش، تغییر یا تنوع لنفوسیت‌ها و همچنین افزایش میزان کورتیزول، هماتوکریت و هموگلوبین می‌شود (Leonardi and Klempau., 2003). با توجه به مطالب مذکور و با برنامه‌ریزی دقیق و علمی در تعیین مناسب‌ترین دوره نوری و رشد جبرانی که منجر به افزایش رشد، کاهش استرس و در نهایت وضعیت سلامت ماهی می‌گردد، می‌توان هزینه پرورش را کاهش و بـازده تولید را افزایش داد. بنابراین تحقیق حاضر به این موضوع می‌پردازد که کدام دوره نوری به‌تنهایی یا با تلفیق رشد جبرانی، موجب بهبود شاخص‌های رشد، ایمنی و خونی این ماهی می‌شود.

۲ | مواد و روش‌ها

تعداد ۵۵۲ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزن ۰/۹± ۸ گرم از مزرعه پرورش ماهی رنگین کمان استان مازندران، شهر آمل تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه تحقیقات آبزیان دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس به‌مدت یک هفته با شرایط آزمایشگاه سازگار گردیدند. سپس ماهی‌ها به ۸ تیمار شامل: ۴ تیمار نوری ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت روشنایی به‌عنوان گروه شاهد (به ترتیب L۱، L۲، L۳ و L۴) و ۴ تیمار نوری فوق ذکر همراه با یک سیکل رشد جبرانی شامل دوره‌های متناوب ۴روز غذادهی – ۴ روز گرسنگی به‌عنوان تیمار آزمایشی تقسیم‌بندی شدند (L۱S، L۲S، L۳S و L۴S). تیمارها شامل ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۲۳ قطعه ماهی بود که روزانه مطابق با وزن بدن و دمای آب، بر اساس جدول پیشنهادی شرکت غذایی چینه (۵۶٪ پروتئین، ۱۸٪ لیپید، ۱۱/۸٪ خاکستر و ۹/۵٪ رطوبت) در سه نوبت (۰۹:۱۵، ۱۱:۴۵ و ۱۴:۴۵) تغذیه شده و مواد زاید نیز روزانه از مخازن (۱۰۰ لیتری) سیفون و آب هر یک از مخازن به‌میزان ۵۰ درصد تعویض می‌گردید. همچنین برای جلوگیری از مداخله نور در شرایط آزمایش بین تیمارها از پوشش‌های کاملا تیره و برای تامین نور مورد نیاز از لامپ‌های مهتابی ۴۰ وات استفاده شد. شدت نور با استفاده از دستگاه لاکسی متر ۳۰۰ لاکس در نظر گرفته شد و دوره‌های نوری توسط تایمر دیجیتالی تنظیم شدند. طول دوره پرورش ۶۰ روز تعیین گردید. نمونه‌برداری در پایان دوره پرورش و بعد از ۴ روز گرسنگی و بار دیگر بعد از ۴ روز غذادهی صورت گرفت. به‌صورتی که از هر تیمار ۶ عدد بچه‌ماهی به‌صورت تصادفی صید و پارامترهای خون‌شناسی (گلبول سفید، گلبول قرمز، هموگلوبین وهماتوکریت)، بیوشیمیایی (تری‌گلیسرید، گلوکز، کلسترول، آلبومین وپروتئین کل پلاسما) و فاکتورهای ایمنی (کورتیزول و لیزوزیم) مورد سنجش قرارگرفت.

همچنین برای بررسی رشد ماهی و مقایسه بین تیمارها از شاخص‌های رشد به شرح ذیل استفاده گردید:

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = مقدار غذای خورده‌شده به گرم / افزایش وزن بدن به گرم

وزن خالص (WG) = وزن نهایی به گرم – وزن اولیه به گرم

ضریب رشد ویژه (SGR) = (ln w_2 - ln w_1) / t *۱۰۰ وزن ثانویه ماهی = w_2 وزن اولیه ماهی = w_1 روز = t

فاکتور وضعیت (CF) = (وزن تر به گرم / (طول چنگالی به سانتی‌متر)^3)*۱۰۰

شاخص کبدی (HSI) = (وزن کبد به گرم / وزن بدن به گرم) *۱۰۰

شاخص امعاء و احشاء (VSI) = (وزن احشاء به گرم / وزن بدن به گرم) * ۱۰۰

درصد زنده‌مانی = تعداد بچه‌ماهیان پایان دوره/ تعداد بچه‌ماهیان اول دوره *۱۰۰

جذب غذا (FI) (% day^{-1})= [۱۰۰*C/ [(w_0+w_t)/۲*t] گرم غذای مصرف شده =C

فرایند خون‌گیری از ماهی پس از بی‌هوش نمودن آن‌ها با محلول پودر گل میخک (۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) (Oragi and Rahim., 2013) و با استفاده از سرنگ استریل از ساقه دمی انجام پذیرفت. نمونه خون گرفته شده به داخل میکروتیوب‌های آغشته به ماده ضدانعقاد خون (هپارین) جهت ارزیابی شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی ریخته و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس تیوب‌ها با دور (g) ۵۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ و تا انجام آزمایش‌ها مربوطه در دمای ۸۰- نگهداری گردیدند (Bowden *et al.*, 2004). برای شمارش گلبول‌های قرمز و سفید خون به‌ترتیب از پیپت حباب‌دار قرمز و سفید استفاده شد و شمارش آن‌ها با لام هموسیتومتر (نئوبار) بعد از رقیق‌سازی خون منعقد نشده با محلول ریس (با رقت ۱/۲۰۰ برای گلبول قرمز و ۱/۵۰ گلبول سفید) انجام و تعداد آن‌ها در یک میلی‌متر مکعب خون محاسبه گردید. جهت تعیین هماتوکریت از روش میکروهماتوکریت استفاده شد، به‌نحوی که لوله‌های هماتوکریت را درون دستگاه سانتریفوژ میکروهماتوکریت قرار داده و پس از سپری شدن ۵ دقیقه با دور (rpm) ۱۳۰۰۰ مقدار آن با صفحه مدرج مخصوص قرائت شد. برای اندازه‌گیری هموگلوبین مقدار ۲۰ میکرولیتر خون منعقد نشده با ۵ میلی‌لیتر درابکین مخلوط و ۱۰-۵ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. سپس مقدار جذب نوری با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت و مقدار آن بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (Dorafshan *et al.*, 2008).

هموگلوبین (g dl-1) = جذب نمونه * ۳۶/۸

شاخص‌های مهم گلبول‌های قرمز خون شامل غلظت متوسط هموگلوبین در گلبول قرمز (MCH) و تغییرات غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) طبق رابطه‌های زیر تعیین شد:

MCH (pg) = (مقدار هموگلوبین) / (تعداد گلبول قرمز برحسب میلیون در mm^3) *۱۰

MCHC (%) = (مقدار هموگلوبین) / (مقدار هماتوکریت) *۱۰۰

سنجش میزان گلوکز موجود در خون به روش کالریمتری (GOD-PAP) و با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون انجام پذیرفت. به‌طوریکه ۱۰µl نمونه‌ی پلاسما خون، با ۱۰۰۰ µl از معرف موجود در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

کیت مخلوط و به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط انکوبه شد. سپس جذب نوری نمونه‌ها در برابر بلانک (۱۰µl آب مقطر مخلوط شده با ۱۰۰۰µlمعرف موجود در کیت) در طول موج ۵۴۶ نانومتر قرائت گردید. میزان گلوکز نمونه‌ها نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

غلظت استاندارد ($mg\ dl^{-1}$)* A استاندارد/ A نمونه‌ها = ($mg\ dl^{-1}$) گلوکز

برای سنجش مقادیر آلبومین، کلسترول، تری‌گلیسرید و پروتئین کل پلاسما از روشی مشابه با روش کار ذکر شده برای سنجش گلوکز استفاده گردید. سنجش کورتیزول با استفاده از کیت انسانی شرکت دیا پلاس توسط دستگاه الایزا صورت گرفت. ۵۰µl محلول آماده به کار آنزیم کورتیزول به ۲۵µl پلاسما و ۵۰µl معرف بیوتین اضافه شد. هر یک از نمونه‌ها توسط ۳۰۰µl بافر شستشو، ۳ بار شستشو و بعد از اضافه کردن ۱۰۰µl محلول سوبسترا آماده به کار، نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار داده شدند. بعد از آن ۵۰µl محلول متوقف کننده به نمونه‌ها افزوده و جذب در طول موج ۴۵۰ نانومتر قرائت شد. سنجش میزان لیزوزیم، طبق روش کدورت‌سنجی الیس (Ellis, 1990) با اندکی تغییرات صورت گرفت. در این روش باکتری *Micrococcus luteus* در بافر فسفات پتاسیم (۳۰ میلی‌لیتر، ۰/۱ مولار ۷ = pH) به‌عنوان سوبسترا استفاده شد. سپس نمونه‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۵۰ نانومتر قرائت و واحد فعالیت نمونه‌ها (بر حسب $mg\ ml^{-1}$) با استاندارد لیزوزیم سفیده‌ی تخم مرغ (سیگما) مقایسه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS-16 صورت گرفت. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگرف-اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها به‌وسیله آزمون لون مشخص گردید. برای کلیه پارامترهای این تحقیق، ابتدا اثر متقابل بین تیمارها به‌وسیله تجزیه واریانس دو طرفه بررسی و سپس مقایسه میانگین‌ها برای تعیین تیمار بهینه، از طریق تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون دانکن صورت گرفت. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها به‌صورت مجزا در بین تیمارهای نوری (شاهد) و تیمارهای نوری همراه با رشد جبرانی توسط آزمون دانکن صورت گرفت.

۳ | نتایج

نتایج مربوط به مقایسه میانگین شاخص‌های رشد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف نوری و فرایند رشد جبرانی در جدول ۱ ارائه شده است. تفاوت معنی‌داری در وزن خالص و SGR بین تیمارهای نوری مختلف مشاهده نشد اما بالاترین وزن خالص (۵۲/۸۴) و SGR (۳/۳۳) در تیمار L۴ مشاهده گردید. در میان تیمارهای دوره نوری همراه با غذادهی مجدد، تیمار L۱S بالاترین وزن خالص (۳۹/۸۸) و SGR (۲/۹۲) را نشان داده و بالاترین مصرف غذا در تیمار L۴ (۲/۵۶) دیده شد اما در میان تیمارهای نوری همراه با غذادهی مجدد تفاوتی حاصل نشد. بیشترین و کمترین میزان FCR به‌ترتیب در L۴ (۱/۰۲) و L۱S (۰/۶۷) و همچنین کمترین میزان بازماندگی در تیمار L۴S مشاهده گردید. در تیمارهای نوری همراه با غذادهی مجدد در میزان مصرف غذا، SGR و HSI تفاوت معنی‌داری حاصل نشد و بیشترین مقادیر FCR، VSI و CF به‌ترتیب در تیمارهای L۳S (۰/۸۷)، L۱S (۱۴/۱۲) L۱S (۰/۹۸) و کمترین مقادیر آن‌ها به‌ترتیب در تیمارهای L۱S (۰/۶۷)، L۴S (۱۰/۹۲) و L۳S (۰/۸) مشاهده شد. وزن خالص در تیمار L۱S (۳۹/۸۸) بیشترین مقدار بود. بررسی‌های آماری نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین تمامی تیمارهای نوری (شاهد) و تیمارهای نوری همراه با غذادهی مجدد در پارامترهای وزن خالص و مصرف غذا بود.

نتایج تاثیر تیمارهای مختلف نوری و تاثیر فرایند رشد جبرانی بر پلاسمای خون بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان که در جداول ۲ و ۳ آمده است نشان می‌دهد که در ۲ دوره نمونه‌برداری، اثر متقابل نور و سیکل غذادهی در هیچ کدام از تیمارها مشاهده نشد ($p>0/05$). میزان گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید پلاسمای خون بیشترین مقدار را به‌ترتیب در تیمار L۴ (۷۱/۷۵) و L۲ (۳۳۹/۶۴) L۱ (۱۶۹) داشتند. هم‌چنین میزان پروتئین محلول، آلبومین تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کلسترول بیشترین و کمترین مقدار خود را به‌ترتیب در تیمارهای L۲ (۳۳۹/۶۴) و L۴S (۲۰۷/۴۵) داشت اما در مقادیر آلبومین و پروتئین محلول تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان پروتئین محلول پلاسما در تیمار L۲S (۴/۵۹) و در تیمار L۳S (۳/۳۷) مشاهده شد (جدول ۳). کلسترول بیشترین و کمترین مقدار خود را به‌ترتیب در تیمارهای L۲ (۳۳۲/۹۱) و L۲S (۳۱۳/۸۸) داشت اما در مقادیر گلوکز، آلبومین و تری‌گلیسرید تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

نتایج ارائه شده برای پارامترهای خون‌شناسی جدول ۴ و ۵ نشان می‌دهد که اثر متقابل نور و سیکل غذادهی فقط در مقادیر هموگلوبین و لیزوزیم به‌ترتیب در نمونه‌برداری گرسنگی و غذادهی مجدد مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار گلبول قرمز (۱/۳۱)، هماتوکریت (۳۳/۰۴) و هموگلوبین (۹/۴۳) در تیمار L۴ مشاهده گردید در حالی‌که کمترین مقادیر به‌ترتیب در تیمارهای L۱S (۰/۸۵)، L۳S (۲۴/۰۹) و L۱S (۵/۸۳) دیده شد (جدول۴). بیشترین و کمترین میزان MCH به‌ترتیب در تیمارهای L۴S (۹۲) و L۲S (۶۶/۶۳) مشاهده شد اما مقادیر MCHC تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بیشترین و کمترین مقدار لیزوزیم به‌ترتیب در تیمارهای L۴S (۷۶/۳۱) و L۳S (۶۵/۴۳) سنجش گردید. هم‌چنین بیشترین مقدار کورتیزول در تیمار L۴S (۶/۴۷) گزارش شد (جدول۴).

در بررسی نمونه‌های مربوط به تیمار غذادهی مجدد در جدول ۵ مشاهده شد که بیشترین مقدار گلبول قرمز (۱/۳۳)، هماتوکریت (۳۱/۷۶)، هموگلوبین (۱۰/۰۹) و MCHC (۳۱/۷۹) در تیمارL۴ و کمترین مقدار آن‌ها به‌ترتیب در تیمارهای L۲S (۰/۷۸)، L۱S (۲۵/۱۹) و L۱S (۶/۰۳) و تیمار L۲ (۲۲/۶۰) وجود داشت. گلبول سفید و MCH در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان نداند. بیشترین و کمترین میزان لیزوزیم به‌ترتیب در تیمارهای L۴S (۷۹/۱۰) و L۳S (۶۳/۳۲) و به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کورتیزول در تیمار L۲ (۱/۰۹) و L۱S (۰/۵۴) مشاهده گردید.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

جدول ۱- نتایج تأثیر دوره‌های مختلف نوری و رژیم‌های نوری همراه با غذادهی مجدد بر شاخص‌های رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین

L:D / تیمار	L۱	L۲	L۳	L۴	L۱S	L۲S	L۳S	L۴S	سیکل	دوره‌نوری	سیکل* دوره نوری
WG	۵۰/۸۰ ±۱/۲۵ a	۵۰/۷۳±۱/۶۸ a	۵۱/۸۵±۱/۶۳ a	۵۲/۸۴±۱/۸۶a	۳۹/۸۸±۱/۱۳ b	۳۱/۹۶±۱/۲۱ c	۳۱/۴۲±۱/۳۴ c	۳۳/۰۲±۱/۰۹ c	p =۰/۰۰۱	p =۰	p =۰
FI (%day^{-1})	۲/۱۶±۰/۰۹ b	۲/۳۶±۰/۰۸ ab	۲/۴۹±۰/۰۸a	۲/۵۶±۰/۰۹ a	۱/۵۹±۰/۰۸ c	۱/۸۳±۰/۰۸ c	۱/۸۷±۰/۰۹ c	۱/۷۸±۰/۱۲ c	p =۰	p =۰/۰۱۲	p>۰/۰۵
FCR	۰/۸۷±۰/۰۳ c	۰/۹۵±۰/۰۲ b	۰/۹۹±۰/۰۶ ab	۱/۰۲±۰/۰۳ a	۰/۶۷±۰/۰۲ d	۰/۸۴±۰/۰۱ c	۰/۸۷±۰/۰۴ c	۰/۸۲±۰/۰۳ c	p =۰	p =۰	p>۰/۰۵
SGR (%day^{-1})	۳/۲۷±۰/۱۵ a	۳/۲۸±۰/۱۳ a	۳/۳۰±۰/۱۴ a	۳/۳۳±۰/۱۴ a	۲/۹۲±۰/۱۵ ab	۲/۶۶±۰/۱۳ b	۲/۶۱±۰/۱۵ b	۲/۶۸±۰/۱۳ b	p =۰	p>۰۵/۰۵	p>۰/۰۵
HIS (%)	۱/۱۸ ± ۰/۰۶ab	۱/۲۰±۰/۰۶ ab	۱/۲۱±۰/۰۹ ab	۰/۹۲ ± ۰/۰۹ b	۱/۳۵ ± ۰/۱۲ a	۱/۲۵±۰/۱۲ ab	۱/۴۸ ± ۰/۱۷ a	۱/۱۶ ± ۰/۰۹ ab	p =۰/۰۴	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
VSI (%)	۹/۸۷ ± ۰/۳۲cd	۱۰/۰۳±۰/۳۶ bcd	۱۰/۳۹±۰/۳۸ bcd	۹/۰۹ ± ۰/۵۶ d	۱۴/۱۲ ± ۰/۹۸ a	۱۲/۳۵±۱/۰۱ abc	۱۲/۵۳ ± ۰/۷۴ ab	۱۰/۹۲ ± ۰/۷۴bcd	p =۰	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
CF	۰/۹۵ ± ۰/۰۲a	۰/۹۵±۰/۰۲ a	۰/۹۶ ± ۰/۰۲ a	۰/۹۴ ± ۰/۰۳ a	۰/۹۸ ± ۰/۰۳ a	۰/۹۱±۰/۰۲ a	۰/۸۰ ± ۰/۰۳ b	۰/۹۳ ± ۰/۰۲ a	p=۰/۰۲۶	p=۰/۰۰۷	p=۰/۰۲
Survival (%)	۹۷/۱ ± ۲/۹۰	۹۷/۱ ± ۱/۴۵	۹۷/۱ ± ۲/۸۹	۹۵/۶۵ ± ۲/۵۱	۹۸/۵۵ ± ۱/۴۵	۹۵/۶۵ ± ۴/۳۴	۹۷/۱ ± ۲/۵۱	۹۱/۳۰ ± ۶/۶۴	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵

عدم وجود حروف در هر ردیف نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامترهای مذکور می‌باشد (p>۰/۰۵).

جدول ۲- نتایج تأثیر دوره‌های مختلف نوری و رژیم‌های نوری همراه با گرسنگی بر شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسما بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

L: D / تیمار	L۱	L۲	L۳	L۴	L۱S	L۲S	L۳S	L۴S	سیکل	دوره نوری	سیکل* دوره نوری
Glucose (mg/dl)	۶۸/۲۲±۱۵/۹۱^{a}	۶۸/۹۶± ۱۱/۹۱^{a}	۶۴/۷۱±۹/۲۰^{ab}	۷۱/۷۵±۷/۹۸^{a}	۴۱/۶۰±۳/۲۲^{b}	۳۷/۱۴±۲/۸۵^{b}	۳۹/۵۸±۵/۷۸^{b}	۳۷/۲۲۶±/۲۱^{b}	p =۰	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Triglyceride (mg/dl)	۱۶۹/۰۰±۱۸/۸۱^{a}	۱۴۵/۷۶±۱۷/۱۰^{ab}	۱۶۵/۵۱±۳۴/۲۶^{a}	۱۴۰±۱۳/۹۴^{abc}	۸۵/۸۷±۱۷/۶۳^{cd}	۱۰۷/۵±۴۰/۵۸ ^{bcd}	۷۳/۵۵ ± ۹ /۰۷^{d}	۷۰/۷۰ ± ۶/۶۱^{d}	p =۰	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Cholesterol (mg/dl)	۳۲۰/۰۲±۱۷/۷۶^{a}	۳۳۹/۶۴±۱۸/۹۲^{a}	۳۱۸/۸۱±۷/۸۹^{a}	۳۳۱/۱۴± ۱۳ /۳۶^{a}	۲۱۷/۹۸±۳/۳۹^{b}	۲۳۶/۱۸±۶۰/۴۸^{b}	۲۲۱/۰۳±۲۳/۱۹^{b}	۲۰۷/۱۲±۴۵/۲۸^{b}	p =۰	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Total protein (g/dl)	۴/۴۰±۰/۳۳	۴/۰۵±۰/۴۷	۴/۲۱±۰/۲۸	۴/۶۰±۰/۳۱	۳/۷۱ ± ۰/۲۹	۳/۹۵±۰/۱۲	۳/۶۲±۰/۲۵	۳/۸۵±۰/۲۳	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Albumin (g/dl)	۱/۲۴±۰/۱	۱/۴۶±۰/۲۲	۱/۸۹±۰/۳۰	۱/۷۱±۰/۲۷	۱/۱۱±۰/۳۰	۱/۱۰±۰/۰۹	۱/۳۳±۰/۰۸	۱/۲۱± ۰/۱۶	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵

عدم وجود حروف در هر ردیف نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامترهای مذکور می‌باشد (p>۰/۰۵).

جدول ۳- نتایج تأثیر دوره‌های مختلف نوری و رژیم‌های نوری همراه با غذادهی مجدد بر شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسما بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

L: D / تیمار	L۱	L۲	L۳	L۴	L۱S	L۲S	L۳S	L۴S	سیکل	دوره‌نوری	سیکل* دوره‌نوری
Glucose (mg/dl)	۷۰/۹۴± ۱۱/۷۱	۶۷/۹۶±۶/۲۲	۶۸/۳۸±۱۴/۲۱	۷۱/۴۱±۸/۲۲	۶۳/۱۲±۵۰/۹۰	۵۹/۸۰±۹/۳۴	۶۹/۴۶± ۱۱/۲۹	۶۵/۹۳± ۱۲/۴۳	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Triglyceride (mg/dl)	۱۷۴/۰۰±۱۸/۶	۱۵۴/۹۴±۸/۰۳	۱۶۲/۱۸ ±۳۳/۴۹	۱۵۱/۰۱۹±/۵۸	۱۶۶/۸۷±۵/۷۹	۱۴۹/۱۴±۱۲/۵۵	۱۶۴/۸۵ ±۹/۲۸	۱۴۵/۸۵±۱۲/۵۴	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Cholesterol (mg/dl)	۳۲۳/۶۵±۴/۵۸^{ab}	۳۳۲/۹۱±۶/۴۶^{a}	۳۲۹/۵۱±۴/۶۷^{ab}	۳۲۶/۹۱± ۷ /۹۵^{ab}	۳۲۹/۱±۶/۳۳^{ab}	۳۱۳/۸۸ ± ۱۵/۵۶^{b}	۳۲۶/۰۴ ±۹/۸۷^{ab}	۳۲۳/۷۶± ۷/۲۰^{ab}	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Total protein (g/dl)	۴/۰۰±۰/۱۲^{ab}	۴/±۱۵ ۰/۲۳^{ab}	۴/۵۸±۰/۳۰^{a}	۴/۰۷±۰/۰۸^{ab}	۴/۲۷±۰/۲۹^{ab}	۴/۰±۵۹/۴۸^{a}	۳/۳۷±۰/۴۶^{b}	۳/۰±۹۶/۱۶^{ab}	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Albumin (g/dl)	۱/۴۷±۰/۲۵	۱/۷۸±۰/۱۳	۱/۶۰±۰/۲۲	۱/۳۸±۰/۱۸	۱/۳۳±۰/۱۹	۱/۷۱±۰/۰۸	۱/۸۲±۰/۳۵	۱/۳۲±۰/۰۹	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵

عدم وجود حروف در هر ردیف نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامترهای مذکور می‌باشد (p>۰/۰۵).

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج و بررسی آماری داده‌ها، کاهش مصرف غذا در تیمارهای رشد جبرانی در مقایسه با تیمارهای شاهد به‌دلیل اعمال دوره گرسنگی بوده (جدول ۱) و در نتیجه تیمارهای رشد جبرانی نتوانستند به وزن معادل با گروه شاهد برسند. اگرچه رشد بیشتر یا معادل گروه شاهد می‌توانست با افزایش دوره غذادهی نسبت به گرسنگی محقق شود. ماهی قزل‌آلا یکبار و زمانی شروع به تغذیه می‌نماید که معده‌اش نزدیک به خالی شدن باشد این در حالی است که سالمون صورتی (*Oncorhynchus gorbuscha*) زمانی شروع به خوردن غذا می‌کند که تنها ۱۵٪ معده خالی شود (Smith., 1989) که این مسئله نیز می‌تواند یکی از دلایل کاهش رشد در تیمارهای رشد جبرانی در آزمایش حاضر باشد زیرا ماهی بعد از ۴ روز گرسنگی و سپس غذادهی مجدد به‌دلیل پرخوری به اندازه‌ای غذا مصرف می‌نمودند که حداقل تا

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

وعده غذایی دوم در روز بعد و خالی شدن کامل معده تمایلی به مصرف بیشتر غذا نشان نمی‌دادند و در نتیجه مصرف غذای کمتر، رشد پایین‌تری را برای آن‌ها به دنبال داشت. بررسی تغییر در مقادیر پارامترهای خون‌شناسی و بیوشیمیایی نشان دهنده کاهش معنی‌دار میزان آن‌ها در طول گرسنگی می‌باشد که علت آن وجود تنش تغذیه‌ای و نوری بر تیمارها می‌باشد که در نتیجه با کاهش رشد و مصرف غذا توسط ماهی همراه شد. این تغییرات برای تیمار L۱S کمتر بوده‌است که نشان‌دهنده شرایط تنشی پایین‌تر و رشد بیشتر نسبت به تیمارهای دیگر است (جدول ۱). محمدنژاد و همکاران (Mohammadnejad *et al.*, 2014) در مطالعه‌ای بر روی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن اولیه ۳/۸۱ گرم به این نتیجه رسیدند که تیمار با ۸ هفته غذادهی کامل رشد بیشتری نسبت به تیمارهای ۱ هفته گرسنگی- ۱هفته غذادهی،۲ هفته گرسنگی-۲ هفته غذادهی، ۳ هفته گرسنگی-۳ هفته غذادهی دارد اما درصد بازماندگی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد. هم‌چنین نیکی و همکاران (Nikki *et al.*, 2004) تفاوت معنی‌داری را در شاخص کبدی قزل‌آلای رنگین کمان بعد از ۲، ۴، ۸ یا ۱۴ روز گرسنگی و غذادهی مجدد به مدت ۸۰ روز مشاهده نکردند. در تحقیق حاضر بالاترین وزن خالص، ضریب تبدیل غذایی، سرعت رشد ویژه و مصرف غذا در تیمار L۴ مشاهده شد که این افزایش نشان‌دهنده اشتهاء بیشتر به‌دلیل فعالیت متابولیسمی و فیزیکی بالاتر (شنا و تحرک) بود که با مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد (Kissil *et al.*, 2001; Biswas *et al.*, 2005). هم‌چنین عدم رشد بیشتر و کمترین بازماندگی در این تیمار (L۴) نیز می‌تواند به‌دلیل مذکور باشد (Bani *et al.*, 2009). تیمار ۸ ساعت روشنایی ماهی سی باس بیشترین وزن و نرخ رشد ویژه را داشت اما ضریب تبدیل غذایی در این تیمار به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار ۲۴ ساعت روشنایی پایین‌تر بود (Li *et al.*, 2021; Malinovskyi *et al.*, 2022). بسیاری از ماهی‌ها، گرسنگی‌های کوتاه مدت را به‌وسیله سازگاری رفتاری، مکانیسم‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی تحمل می‌کنند و برای تامین انرژی مورد نیاز در گرسنگی از آن‌ها بهره می‌برند (Gutierrez *et al.*, 1995). در این مطالعه میزان کلسترول خون پس از دوره غذادهی افزایش یافت اما به‌طور معنی‌داری مقادیر پایین‌تری را نسبت به گروه شاهد نشان داد که بیانگر عدم توانایی ماهی در بهبود سطح آن بعد از دوره غذادهی می‌باشد. در فیل ماهی (*huso huso*) کمترین و بیشترین مقدار کلسترول و تری‌گلیسرید به‌ترتیب در ماهیان کاملا گرسنه و ماهیان ۲ هفته گرسنگی-۲هفته‌غذادهی-۲هفته‌گرسنگی‌دیده‌شد (Falahatkar., 2012). مقادیر گلوکز خون که به‌عنوان شاخصی از تنش محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد و ارتباط تنگاتنگی با فعالیت و رفتار ماهی دارد در مطالعه حاضر تقریبا ثابت بوده‌است و چنین شرایطی نیز برای میزان پروتئین محلول و آلبومین به‌عنوان شاخص‌های وضعیت تغذیه و سلامت ماهی صدق می‌کند (Cao and Wang, 2010) که در این مطالعه تفاوت معنی‌دار را نشان ندادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تیمارها از شرایط خوبی برخوردار بودند و به‌دلیل کوتاه بودن طول دوره گرسنگی تغییری در وضعیت ماهی ایجاد نشد. همچنین مطالعه عضدی و همکاران (Azodi *et al.*, 2014) بر روی قزل‌آلای رنگین کمان نشان داد که مقادیرکورتیزول، گلوکز، پروتئین کل، کلسترول و آلبومین در تیمارهای گرسنگی در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری ندارند، اما سطح تری‌گلیسیرید و گلوکز به‌طور قابل توجهی بالاتر بود، که با مطالعه حاضر همخوانی دارد. در تحقیق حاضر مقادیر کمتر گلبول قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین در تیمار L۱ و L۱S می‌تواند به‌دلیل شنا و تحرک کمتر این تیمارها باشد. از طرفی کاهش به‌نسبت شدید در میزان گلبول قرمز تیمار ۲۴ ساعت روشنایی همراه با گرسنگی یا غذادهی مجدد را هم می‌توان به این امر نسبت داد. کاهش میزان هموگلوبین در زمان گرسنگی می‌تواند به‌دلیل عدم سنتز گلبول قرمز باشد. همچنین بالا بودن مقدار هماتوکریت و گلبول قرمز در دوره نوری L۴ می تواند ناشی از تاثیر تنش بر روی طحال ماهی باشد که موجب انقباض آن و در نتیجه آزادسازی گلبول‌ها به گردش خون گردد (Kita and Itazawa, 1989). در فیل ماهی پایین‌ترین سطح هموگلوبین و گلبول قرمز در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی مشاهده شد، اما در میزان هماتوکریت و کورتیزول بین تیمارها تفاوت معنی‌داری حاصل نشد (Bani *et al.*, 2009) که با تحقیق حاضر در تضاد است. بیشترین و کمترین MCHC در تیمار L۳S و تیمار L۱S به‌ترتیب به‌دلیل میزان بیشتر و کمتر هموگلوبین بوده‌است (جدول ۴). در فیل ماهی پایین‌ترین سطح هموگلوبین و بالاترین سطح هماتوکریت و MCHC در ماهیان با تغذیه مداوم (شاهد) مشاهده شد (Falahatkar., 2012)ریال که در مورد شاخص‌های هماتوکریت و هموگلوبین با مطالعه حاضر مطابقت داشت. در مطالعه دیگر بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان که تحت‌تأثیر ۳ دوره نوری (LD۱۲:۱۲، ۲۴:۰۰ LD و LD۱۴:۱۰) قرار داشت، تفاوت معنی‌داری در پروتئین، درصد غلظت هموگلوبین گلبول قرمز مشاهده نشد (Valenzuela *et al.*, 2007) که با تیمارهای شاهد (تغذیه مداوم) این مطالعه هم‌خوانی دارد. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد کمترین میزان کورتیزول در تیمار ۶ ساعت روشنایی می باشد که احتمالا به‌دلیل استرس کمتر ناشی از ساعت نوری است. علاوه بر این میزان کورتیزول در تیمارهای گرسنگی، در تیمار L۴S واجد بالاترین مقدار بود که احتمالا به‌دلیل تاثیر روشنایی کامل بوده‌است. در مطالعه لئوناردی و کلمپو (Leonardi and Klempau, 2003) تفاوت معنی‌داری در میزان کورتیزول بین شاهد و تیمارهای آزمایشی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان که تحت تاثیر دوره‌های نوری مختلف قرار داشتند مشاهده شد که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. لیزوزیم که یکی از شاخص‌های ایمنی-خونی با فعالیت ضد باکتریایی می‌باشد، در بسیاری از مطالعات شاخصی باثبات‌تر نسبت به کورتیزول برای بررسی استرس بکار می‌رود (Liu *et al.*, 2008, Valenzuela *et al.*, 2022) بررسی داده‌ها نشان می‌دهد میزان لیزوزیم در تیمار L۲ بیشترین مقدار را داشت. هرچند مقادیر آن در این مطالعه تحت تیمارهای دوره نوری و گرسنگی روند مشخصی را

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

نشان نداد. مقادیر لیزوزیم در کلیه و پلاسما ماهی سیم دریایی در طول دوره گرسنگی به‌طور معنی‌داری از گروه شاهد کمتر بود (Caruso *et al.*, 2011) که مطالعه حاضر همخوانی دارد. به‌طور کلی از مطالعه حاضر می‌توان چنین نتیجه گرفت که دوره‌های مختلف نوری و فرایند رشد جبرانی بر رشد و پارامترهای فیزیولوژیک بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان موثر بوده است. علاوه بر این به‌دلیل کوتاه بودن دوره گرسنگی، تغییر در مقادیر پارامترهای بیوشیمیایی کمتر مشاهده شد. هم‌چنین تیمار ۲۴ ساعت روشنایی همراه با رشد جبرانی، به‌دلیل تنش نوری و تغذیه‌ای با رشد کمتر همراه شد. مقایسه این دو تکنیک در این مطالعه نشان می‌دهد که تیمار ۶ ساعت روشنایی همراه با رشد جبرانی به‌واسطه غذادهی کمتر و طبعا آلودگی کمتر محیط و سلامت آب ارجحیت خواهد داشت. لذا این تیمار در هر دو تکنیک دوره نوری (به‌تنهایی و تلفیق دوره نوری همراه با رشد جبرانی) به لحاظ کارایی بالاتر در میزان تولید به‌عنوان تیمار بهینه معرفی می‌گردد.

جدول ۴- نتایج تأثیر دوره‌های مختلف نوری و رژیم‌های نوری همراه با گرسنگی بر شاخص‌های هماتولوژی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

تیمار / L : D	L۱	L۲	L۳	L۴	L۱S	L۲S	L۳S	L۴S	سیکل	دوره‌نوری	سیکل* دوره نوری
RBC (10^6Ml^{-1})	۰/۸۸ ±۰/۰۵^{c}	۱/۱۱± ۰/۰۹^{ab}	۱/۱۲± ۰/۰۹^{ab}	۱/۳۱± ۰/۰۵^{a}	۰/۷۵± ۰/۰۷^{c}	۰/۹۱± ۰/۰۷^{bc}	۰/۹۴± ۰/۰۶^{bc}	۰/۸۵± ۰/۰۸^{c}	p=۰/۰۰۹	p=۰	p>۰/۰۵
WBC (10^4Ml^{1})	۳/۷۸±۰/۳۵^{bc}	۴/۵۱±۰/۳۲^{abc}	۵/۱۱±۰/۴۷^{a}	۴/۳۰±۰/۴۹^{abc}	۳/۴۹±۰/۳۷^{c}	۳/۵۸±۰/۲۵^{c}	۴/۸۶±۰/۳۶^{ab}	۳/۷۳±۰/۲۴^{bc}	p>۰/۰۵	p=۰/۰۱۲	p>۰/۰۵
Hb (g dL^{-1})	۶/۴۷ ±۰/۴۴^{c}	۸/۱۸± ۰/۱۵^{b}	۷/۳۲± ۰/۴^{bc}	۹/۴۳± ۰/۴۱^{a}	۵/۸۳± ۰/۴۳^{c}	۶/۰۹± ۰/۷۴^{c}	۷/۶۳± ۰/۷۲^{bc}	۷/۸۷± ۱/۰۶^{bc}	p=۰/۰۳۴	p=۰/۰۰۷	p=۰/۰۴۳
Hct (%)	۲۷ ±۱^{bc}	۲۹/۲۵± ۱/۶۲^{abc}	۳۰± ۱^{ab}	۳۳/۰۴± ۲/۰۹^{a}	۲۶/۰۶± ۱/۱۸^{bc}	۲۵/۰۸± ۱/۲۲^{bc}	۲۴/۰۹± ۲/۸۶^{c}	۲۷/۰۸± ۰/۹۶^{bc}	p=۰/۰۰۲	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
MCHC (%)	۲۴/۱۴ ±۲/۴۳	۲۸/۱۵± ۱/۷۱	۲۴/۵۳± ۲/۱۳	۲۸/۷۴± ۱/۸۹	۲۲/۴۳± ۱/۷۲	۲۴/۱۲± ۱/۷۸	۳۳/۳۲± ۷/۱۸	۲۹± ۳/۶۶	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
MCH (pg)	۷۴/۱۴ ±۷/۲۴^{ab}	۷۴/۳۰± ۴/۱۸^{ab}	۶۶/۷۷± ۸/۴۴^{b}	۷۲/۴۷± ۵/۶۰^{ab}	۷۷/۹۹± ۱/۴۲^{ab}	۶۶/۶۳± ۴/۵۳^{b}	۸۱/۲۱± ۶/۵۰^{ab}	۹۲± ۶/۳۳^{a}	p>۰/۰۵	p=۰/۰۲۵	p>۰/۰۵
Lysozyme (µg ml^{-1})	۶۸/۱۴ ± ۰/۷۳^{cd}	۶۶/۳۳± ۱/۰۹^{d}	۷۱/۱۱ ± ۰/۹۵^{bc}	۷۳/۲۳± ۱/۲۱^{b}	۷۳/۰۸ ± ۰/۵۶^{b}	۶۹/۴۱ ± ۰/۷۱^{c}	۶۵/۴۳ ± ۱/۳۲^{d}	۷۶/۳۱ ± ۰/۹۴^{a}	p>۰/۰۵	p=۰	p=۰
Cortisol (ng/ml)	۰/۶ ±۰/۰۰^{d}	۱/۱۲±۰/۰۸^{d}	۰/۶۷ ±۰/۰۲^{d}	۰/۸۱± ۰/۰۰^{d}	۴/۴۸ ±۰/۳^{b}	۴/۱۴ ±۰/۲۰^{b}	۳/۲۵ ± ۰/۱^{c}	۶/۴۷ ±۰/۲۱^{a}	p =۰	p =۰	p =۰

عدم وجود حروف در هر ردیف نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامترهای مذکور می‌باشد ($p>0,05$).

جدول ۵ - نتایج تأثیر دوره‌های مختلف نوری و رژیم‌های نوری همراه با غذادهی مجدد بر شاخص‌های هماتولوژی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

تیمار / L : D	L۱	L۲	L۳	L۴	L۱S	L۲S	L۳S	L۴S	سیکل	دوره‌نوری	سیکل* دوره نوری
RBC (10^6Ml^{-1})	۰/۹۶±۰/۰۶^{bc}	۱/۱۷ ± ۰/۰۴^{ab}	۱/۰۹ ± ۰/۰۱^{abc}	۱/۳۳ ± ۰/۱۹^{a}	۰/۸۴± ۰/۱۱^{bc}	۰/۷۸ ±۰/۱^{c}	۰/۹۷ ±۰/۰۹^{bc}	۰/۹۳ ± ۰/۰۴^{bc}	p=۰/۰۰۳	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
WBC (10^4Ml^{-1})	۴/۰۶±۰/۳۷	۳/۸۷±۰/۳۲	۴/۷۸±۰/۴۹	۴/۶۳±۰/۳۸	۳/۷۴±۰/۵۷	۳/۶۷±۰/۲۸	۴/۵۷±۰/۳۲	۳/۸۲±۰/۳۴	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Hb (g dL^{-1})	۶/۸۷ ±۰/۴۲^{ab}	۷/۰۳± ۰/۵۸^{b}	۷/۹۳± ۰/۲۱^{a}	۱۰/۰۹± ۰/۶۱^{a}	۶/۰۳± ۰/۴۶^{b}	۶/۲۳± ۰/۴۱^{b}	۷/۷۸± ۰/۵۴^{ab}	۷/۶۷± ۰/۸۵^{ab}	p=۰/۰۱۴	p=۰/۰۰۱	p>۰/۰۵
Hct (%)	۲۸ ±۲/۳۰^{ab}	۳۱/۰۸± ۱/۶۹^{a}	۲۹/۹۶± ۰/۹۸^{ab}	۳۱/۷۶± ۰/۶۲^{a}	۲۵/۱۹± ۱/۶۶^{c}	۲۵/۹۸± ۱/۱۷^{c}	۲۶/۰۱± ۱/۱۵^{c}	۲۸/۰۸± ۱/۴۸^{ab}	p=۰/۰۰۲	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
MCHC (%)	۲۵ ±۳/۳۴^{ab}	۲۲/۶۰± ۱/۰۲^{b}	۲۶/۵۱± ۰/۸۷^{ab}	۳۱/۷۹± ۲^{a}	۲۴/۲۸± ۳/۱۲^{ab}	۲۴/۱۸± ۲/۵۵^{ab}	۳۰/۱۵±۳ ^{ab}	۲۷/۱۷± ۱/۸۱^{ab}	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
MCH (pg)	۷۲/۸۴ ±۷/۵۴	۶۰/۵۰± ۶/۸۵	۷۴/۲۶± ۸/۱۳	۷۷/۸۳± ۷/۸۶	۷۴/۳۵± ۹/۵۸	۸۴/۱۷± ۱۱/۵۴	۸۰/۷۸± ۵/۱۱	۸۳/۷۲± ۹/۷۲	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵	p>۰/۰۵
Lysozyme (µg ml^{-1})	۷۰/۲۹ ± ۱/۵۱^{bc}	۶۵/۴۲± ۱/۷۵^{d}	۷۴/۲۷ ± ۱/۴۶^{b}	۷۱/۷۹± ۱/۲۹^{bc}	۶۸/۹۸ ± ۲/۱۳^{bc}	۶۷/۶۱ ± ۱/۵۳^{cd}	۶۳/۳۲ ± ۱/۰۴^{d}	۷۹/۱۰ ± ۱/۷۲^{a}	p>۰/۰۵	p=۰	p=۰
Cortisol (ng/ml)	۰/۵۷ ±۰/۰۰^{d}	۱/۰۹±۰/۰۳^{a}	۰/۷۲ ±۰/۰۲^{c}	۰/۸۴± ۰/۰۱^{b}	۰/۵۴ ±۰/۰۱^{d}	۱/۰۴ ±۰/۰۳^{a}	۰/۸۸ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۷۸ ±۰/۰۱^{c}	p>۰/۰۵	p=۰	p =۰

عدم وجود حروف در هر ردیف نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلافات در پارامترهای مذکور می‌باشد ($p>0,05$)

پست الکترونیک نویسندگان

مریم اسماعیلی: maryesmaeili22@gmail.com

محمدرضا کلباسی مسجدشاهی: m.kalbassi@gmail.com

محمد صیادبورانی: mohammadborani@yahoo.com

REFERENCES

Ali M., Nicieza A., Wootton R.J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries, 4(2): 147-190.

Allan G., Burnell G. 2013. Part III. Closing the life-cycle and overcoming challenges in hatchery production for selected fish species. Anonymous Advances in Aquaculture Hatchery Technology, Elsevier.

Azodi M., Ebrahimi E., Motaghi E., Morshedi V. 2014. Metabolic responses to short starvation and re-feeding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Ichthyo logical Research, 62: 177–183.

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.

Biswas A.K., Seoka M., Inoue Y., Takii K., Kumai H., 2005. Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficiency and digestibility of red sea bream (*Pagrus major*). Aquaculture, 250(3): 666-673.

Bowden T.J., Thompson K.D., Morgan A.L., Gratacap R.M., Nikoskelainen S. 2007. Seasonal variation and the immune response: a fish perspective. Fish & Shellfish Immunology, 22(6): 695-706.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

Bowden, T., Butler, R., Bricknell, I., 2004. Seasonal variation of serum lysozyme levels in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). Fish & Shellfish Immunology, 17(2): 129-135.

Cao X., Wang W. 2010. Haematological and biochemical characteristics of two aquacultured carnivorous cyprinids, top mouth culter *Culter alburnus* (Basilewsky) and yellow cheek carp *Elopichthys bambusa* (Richardson). Aquaculture Research, 41(9): 1331-1338.

Caruso G., Denaro M.G., Caruso R., Mancari F., Genovese L., Maricchiolo G. 2011. Response to short term starvation of growth, haematological, biochemical and non-specific immune parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). Marine environmental research, 72(1): 46-52.

Dawood M.A.O., Noreldin A.E., Sewilam H. 2022. Blood biochemical variables, antioxidative status, and histological features of intestinal, gill, and liver tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to high salinity and high-temperature stress. Environmental Science and Pollution Research, 29:56357-69.

Dorafshan S., Kalbassi M.R., Pourkazemi M., Amiri B. M., Karimi S.S. 2008. Effects of triploidy on the Caspian salmon Salmo trutta caspius haematology. Fish Physiology and Biochemistry, 34(3):195-200.

Ellis A.E., 1990. Lysozyme assays. Techniques in fish immunology, 1: 101-103.

Falahatkar B. 2012. The metabolic effects of feeding and fasting in beluga (*Huso huso*). Marine environmental research. 82: 69-75.

FAO. 2022. The state of world fisheries and aquaculture, Food and agriculture organization of the United Nation, Rome.

Gutie´rrez J., Pa´ rrizas M., Maestro M.A., Navarro I., Plisetskaya E.M. 1995. Insulin and IGF-I binding and tyrosine kinase activity in fish heart. Journal of Endocrinology, 146: 35-44.

Jobling M. 1994. Fish bioenergetics: Chapman & Hall. London, ISBN 0-412-58090-X.

Känkänen M., Pirhonen J. 2009. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish (*Coregonus lavaretus*) Aquaculture, 288:92-97.

Kissil G.W., Lupatsch I., Elizur A., Zohar Y. 2001. Long photoperiod delayed spawning and increased somatic growth in gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 200(3): 363-379.

Kita J., Itazawa Y. 1989. Release of erythrocytes from the spleen during exercise and splenic constriction by adrenaline infusion in the rainbow trout. Japanese Journal of Ichthyology, 36(1): 48-52.

Leonardi M., Klempau A. 2003. Artificial photoperiod influence on the immune system of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Southern Hemisphere. Aquaculture, 221(1): 581-591.

Li X., Wei P.P., Liu S.T., Tian Y., Ma H., Liu Y. 2021. Photoperiods affect growth, food intake and physiological metabolism of juvenile European Sea bass (*Dicentrachus labrax*). Aquaculture Reports, 20.

Liu H., Xie S., Zhu X., Lei W., Han D., Yang Y. 2008. Effects of dietary ascorbic acid supplementation on the growth performance, immune and stress response in juvenile *Leiocassis longirostris* Günther exposed to ammonia. Aquaculture Research, 39(15): 1628-1638.

Malinovskyi O., Rahimnejad S., Stejskal V., Boňko D., Stará A., Velíšek J. 2022. Effects of different photoperiods on growth performance and health status of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) juveniles. Aquaculture, 548: 737631.

Mohammadnejad Shamushki M., Mazini M., Manouchehri F. 2014. Investigating the effect of different periods of food deprivation and compensatory growth on growth and Survival of rainbow trout fry *Onchorhychus mykiss*. Scientific quarterly Physiology research and Animal development, 7(14): 23-29.

Navarro I., Gutiérrez J. 1995. Fasting and starvation. Biochemistry and molecular biology of fishes, 4: 393-434.

Nikki J., Pirhonen J., Jobling M., Karjalainen J. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. Aquaculture, 235(1): 285-296.

Oragi H., Rahimi M. 2013.The effect of vitamin E on growth indicators, survival rate and hematological changes of fry fish rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Scientific research quarterly. Fisheries science and technology, 2(4):1-10.

Salgado-Ismodes A., Taipale S., Pirhonen J. 2020. Effects of progressive decrease of feeding frequency and re-feeding on production parameters, stomach capacity and muscle nutritional value in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 519: 734-919.

Smith L.S. 1989. Digestive functions in teleost fishes. Fish nutrition, 2: 331-421.

Statistical Yearbook of Iranian Fisheries Organization, 2015-2022. Vice President of Planning and Resource Management/Planning and budget office/Planning and statistics group.

Valenzuela A., Rodríguez I., Schulz B., Cortés R., Acosta J., Campos V. 2022. Effects of continuous light (LD24:0) modulate the expression of lysozyme, mucin and peripheral blood cells in rainbow trout. Fishes, 7 (1): 28-36.

Valenzuela A., Silva V., Klempau A. 2007. Some changes in the haematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to three artificial photoperiod regimes. Fish Physiology and Biochemistry, 33(1): 35-48.

Zhu W.T., Su J.G. 2022. Immune functions of phagocytic blood cells in teleost. Reviews in Aquaculture, 14 (2): 630-646.

نحوه استناد به این مقاله:

اسماعیلی م.، کلباسی م.ر.، صیادبورانی م. تأثیر دوره¬های مختلف نوری و رشد جبرانی بر فاکتورهای رشد، ایمنی و خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲، ۵۳-۴۶ :(۲)۱۱ .

Esmaeili M., Kalbasi M.R., Sayad Borani M. Effect of Different Photoperiod and Compensatory Growth on Growth, Immunology and Hematology in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(2): 46-53.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]

Effect of Different Photoperiod and Compensatory Growth on Growth, Immunology and Hematology in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Esmaeili M[1*]., Kalbasi M.R[2]., Sayad Borani M[3].

[1] Ms.C. student, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University of Tehran, Tehran, Iran.
[2] Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University of Tehran, Tehran, Iran.
[3] Associate Prof., Inland Water Aquaculture Research Institute, Bandar Anzali, Gilan, Iran.

Type:

Original Research Paper

https://doi.org/10.22034/jair.11.2.46

Paper History:

Received: 21-07-2023
Accepted: 26-09- 2023

Corresponding author:

Esmaeili M. Ms.C. student, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University of Tehran, Tehran, Iran.

Email: maryesmaeili22@gmail.com

Abstract

In this study the combined effects of photoperiod and compensatory growth on growth, hematology indexes, biochemical indexes, cortisol and lysozyme of rainbow trout were investigated. In this regard, 552 specimens of rainbow trout fingerlings (8± 0/9gr) were treated with different photoperiod regimes (LD 06:18, LD 12:12, LD 18:06, and LD 24:00) with intermittent periods of satiety and starvation (4 days starvation and 4 days refeeding for 60 days) in compared to control groups. In photoperiod regimes 24 h light had the highest growth and food intake efficiency, but 6 h light treatment with compensatory growth had the lowest feed conversion ratio in compare to other treatments. The 4 days of starvation reduced amount of biochemical parameters and the light did not cause any changes in these parameters. In terms of 24 h of light regime, Hct (33/04%), Hb (9/43g dL-1) and RBC (1/31*106Ml-1) amounts were significantly higher than other treatments, but lysozyme level was not affected by light and starvation treatments. Also, cortisol levels during starvation (4 days) were significantly higher than 4 days refeeding. According to the results, the treatment of 6h of light in both photoperiod techniques alone and the combination of photoperiod with compensatory growth was determined as the optimal treatment.

Keywords: Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), Compensatory Growth, Photoperiod, Hematological Parameters, Biochemical Parameters.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.46]