نشریه فن‌آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال دهم، شماره اول، بهار ۹۵ / صفحات: ۴۲-۲۷

تأثیر هم زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی بر میزان رشد و تبدیل بچه ماهی پار به اسملت در ماهی آزاد دریای خزر

*معصومه بحرکاظمی[۱]، فرهاد جوانی[۲] و محمدتقی فرهادی[۲]

[۱]گروه شیلات، دانشگاه آزاداسلامی، واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، قائمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر همزمان دوره‌های نوری و رژیم غذایی بر میزان رشد و سرعت تبدیل بچه ماهیان پار به اسملت در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، بچه ماهیان با میانگین وزن ۰/۱۳±۵/۸۵ گرم به‌مدت ۱۱۰ روز در معرض ٤ دوره نوری شامل ٢٤ ساعت روشنایی (24L:0D)، ١٦ ساعت روشنایی و ٨ ساعت تاریکی (16L:8D)، ١٢ ساعت روشنایی و ١٢ ساعت تاریکی (12L:12D) و ٨ ساعت روشنایی و ١٦ ساعت تاریکی (8L:16D) قرار داده شدند و با دو جیره مشابه یکی وارداتی و دیگری داخلی تغذیه شدند. این تحقیق در قالب یک طرح CRD به روش فاکتوریال شامل ٤ نوع رژیم نوری و ٢ نوع جیره غذایی و ٣ تکرار در هر تیمار و ١٠ مشاهده در هر تکرار انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که در هر دو جیره غذایی بچه ماهیان در دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی و ٨ ساعت تاریکی رشد بیشتری داشته و فرایند اسملت شدن در آنها تسریع گردید. همچنین اگر چه بیشترین افزایش وزن (۰/۰٦g±۱۱/۰۳) و افزایش طول (۰/۲۸±٤/٦٧ سانتی‌متر) متعلق به غذای وارداتی بود اما با بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). کمترین فاکتور وضعیت به دست آمده نیز در هر دو گروه از بچه ماهیان در دوره نوری 16L:8D به دست آمد که با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند (۰/۰۱±۰/۸۹ و ۰/۰٦±۰/۸٤ درصد). برخلاف سایر پارامترهای مورد بررسی، ضریب تبدیل غذایی در بچه ماهیان تغذیه شده با دو نوع غذا دارای تفاوت معنی‌دار بود. کمترین ضریب تبدیل غذایی در دوره نوری 16L:8D اندازه‌گیری شد که در مورد غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود. بیشترین میزان هورمون رشد در نمونه‌برداری ۳۱ فروردین و بیشترین میزان فعالیت آنزیم ATPase نیز در نمونه‌برداری ۱۵ اردیبهشت در دوره نوری 16L:8D در هر دو گروه از ماهیان اندازه‌گیری شد. همچنین بیشترین میزان هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش در هر دو جیره غذایی در دوره نوری 16L:8D اندازه‌گیری شد که دارای تفاوت معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج حاصله دوره نوری 16L:8D برای رشد بیشتر و تسریع فرایند اسملت شدن در بچه ماهیان آزاد دریای خزر توصیه می‌شود و می‌توان هم از غذای وارداتی و هم از غذای داخلی با ترکیب غذایی مشابه برای تغذیه این گونه استفاده کرد.

واژگان کلیدی: اسملت شدن، جیره غذایی، دوره‌های نوری، ماهی آزاد دریای خزر، هورمون رشد

*نویسنده مسئول: bahr.kazemi@gmail.com

www.SID.ir

مقدمه

ماهی آزاد دریای خزر از گونه‌های کمیاب و بومی دریای خزر است که برای تولید مثل به رودخانه‌های مرتبط به این دریا مهاجرت می‌کند. بچه ماهیان نیز سال‌های اول زندگی از جمله مرحله پار (parr) و اسملت (smolt) را در آب شیرین رودخانه‌ها می‌گذرانند. تغییر محیط رودخانه‌ها به دلایل مختلف و نیز صید بی‌رویه، جمعیت این گونه را در معرض خطر انقراض قرار داده است (بهرامیان، ۱۳۸۰). در حال حاضر از زمان تکثیر مولدین تا تولید بچه ماهی اسملت جهت رها سازی به دریا دو سال به طول می‌انجامد که برای سازمان شیلات ایران هزینه بر است. سپس بررسی راهکارهایی که تولید بچه ماهیان اسملت را سرعت بخشند کمک شایانی به بازسازی ذخایر این گونه خواهد کرد. وقوع اسملتی فیکیشن در ماهیان با یکسری تغییرات مورفولوژیک (نقره‌ای شدن رنگ بدن و محو خطوط عمودی مرحله پار، سیاه شدن حاشیه باله‌ها و دم و باریک شدن بدن)، فیزیولوژیک (افزایش هورمون‌های تیروکسین، کورتیزول و هورمون رشد و کاهش پرولاکتین، همچنین افزایش فعالیت آنزیم ATPase در آبشش) و رفتاری (شنا در جهت جریان آب و شنای دسته جمعی) همراه است (Evans و Claiborne، ۲۰۰۶). دستکاری پارامترهای محیطی مانند دوره‌های نوری (Thorarensen و Clarke، ۱۹۸۹) و غذا (Stefansson و همکاران، ۱۹۹۰) می‌تواند بر زمان وقوع اسملتی فیکیشن موثر باشد، لذا در بین پرورش دهندگان برای مدیریت میزان رشد و رسیدن بچه ماهیان به مرحله اسملت بسیار متداول است.

در ارتباط با نقش دوره‌های نوری و رژیم‌های غذایی در پرورش گونه‌های مختلف تحقیقات فراوانی توسط محققان خارج از کشور صورت پذیرفته است. Fulberth و همکاران در سال ۲۰۰۹ تاثیر هم‌زمان جیره غذایی و دوره نوری را در *Gadus morhua* Handeland و همکاران در سال ۲۰۰۳ تاثیر دوره نوری طبیعی و نور مداوم را در *Salmo salar* و Giri و همکاران در سال ۲۰۰۲ تاثیر غذای زنده و کنسانتره را در دوره‌های نوری مختلف در *Wallago attu* بررسی کردند. اما نقش دوره‌های نوری در بازده پرورش ماهیان در داخل کشور به ندرت مورد توجه قرار گرفته است (Barimani و همکاران، ۲۰۱۳؛ Ghomi و همکاران، ۲۰۱۱). در ارتباط با آزاد ماهیان کارهای فراوانی توسط محققان خارج از کشور صورت گرفته است. آنها کاملاً به تاثیر دوره‌های نوری در زمان وقوع اسملتی فیکیشن آگاه بوده و با انجام آزمایشات متعدد سعی در معرفی دوره‌های نوری بهینه برای گونه‌های مختلف آزاد ماهیان بویژه ماهی آزاد اقیانوس اطلس داشته‌اند (Sonmez و همکاران، ۲۰۰۹؛ Handeland و Stefansson، ۲۰۰۱؛ Thorarensen و Clarke، ۱۹۸۹). اما با وجود اهمیت ماهی آزاد دریای خزر و این که این گونه بومی کشور ماست و همچنین اهمیت کوتاه تر کردن زمان تولید بچه ماهیان اسملت، هنوز هیچ کار تحقیقاتی در این ارتباط صورت نگرفته است.

با توجه به موارد عنوان شده و اهمیت و تأثیر دوره‌های نوری و رژیم غذایی در رشد و تبدیل بچه ماهیان پار به اسملت در آزادماهیان، در این تحقیق برای مقایسه و دستیابی به یک رژیم نوری و تغذیه‌ای مناسب به‌منظور رسیدن به میزان رشد بیشتر و وقوع سریع‌تر پدیده اسملت شدن در بچه ماهیان آزاد دریای خزر اهداف زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

۱- تعیین بهترین رژیم نوری به لحاظ رشد بیشتر بچه ماهیان و تبدیل زودتر بچه ماهیان پار به اسملت

۲- مقایسه تاثیر تغذیه بچه ماهیان با دو غذای متفاوت داخلی و وارداتی در رشد بیشتر و وقوع سریع‌تر اسملتی فیکیشن در بچه ماهیان

Archive of SID

www.SID.ir

۳- بررسی نقش ترکیبی و هم زمان دوره نوری و رژیم غذایی در رشد بیشتر و وقوع سریعتر اسملتی فیکیشن در بچه ماهیان

مواد و روش‌ها

این تحقیق در کارگاه پرورش ماهی کشت و صنعت کوهستان طلایی واقع در ۵ کیلومتری شهرستان فیروزکوه با طول و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و۴۵ دقیقه شمالی و۵۲ درجه و ٤٤ دقیقه شرقی انجام شد. در این کارگاه از سیستم مدار بسته پرورش ماهی استفاده می‌شود. جهت آماده سازی محل پرورش، تعداد ٢٤ عدد حوضچه با حجم یک متر مکعب انتخاب و تمیز و آبگیری شدند. سپس در بالای هر حوضچه و در ارتفاع یک متری یک عدد لامپ فلورسنت نصب شد به گونه‌ای که شدت نور در سطح آب ١٦٠ لوکس اندازه‌گیری شد. برای جلوگیری از نفوذ و خروج نور، مخازن با نایلون‌های تیره رنگ پوشانده شدند (Handeland و همکاران، ۲۰۰۳). این مطالعه به‌مدت ۱۱۰ روز از ۲۷ دی‌ماه ۱۳۹۱ تا ۱۵ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۲ انجام شد. در این تحقیق ۳۰۰ عدد بچه ماهی آزاد دریای خزر در مرحله پار به کارگاه پرورش منتقل شدند و مدت ۲ هفته سازگاری با شرایط کارگاه را با موفقیت گذراندند. سپس از بین این جمعیت، تعداد ٢٤٠ عدد بچه ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از بیومتری در استخرهایی که از قبل آماده‌سازی شده بودند رهاسازی شدند (میانگین وزن ۰/۱۳±۵/۸۵ گرم و میانگین طول کل ۰/۰۹±۷/۵ سانتی‌متر). در این مطالعه از چهار دوره نوری (٢٤ ساعت روشنایی، ١٦ ساعت روشنایی و ٨ ساعت تاریکی، ١٢ ساعت روشنایی و ١٢ ساعت تاریکی، ١٦ ساعت تاریکی و ٨ ساعت روشنایی) استفاده شد. همچنین از دو نوع جیره غذایی، یکی داخلی و دیگری وارداتی از کشور فرانسه استفاده گردید (ترکیب غذایی دو جیره فوق در جدول ۱ آمده است). اقلام خوراکی مورد استفاده در تهیه غذای داخلی مزبور عبارت بودند از: پودر ماهی، کنجاله سویا، ذرت، گلوتن گندم، پودر گوشت، پودر خون، روغن ماهی، روغن گیاهی، مکمل ویتامینه ویژه، مکمل معدنی ویژه، مولتی آنزیم و بایندر.

جدول ۱- ترکیب غذایی دو جیره مورد استفاده در تحقیق

مواد مغذی / نوع غذا	پروتئین خام (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)	رطوبت (درصد)	انرژی قابل هضم (کیلوکالری در کیلوگرم)
غذای داخلی	٥٢/٧٦	١٤	٣/٧٥	١٠	٤٣٠٠
غذای وارداتی	٥١/٨٩	١٤/٥	٣/٢٢	٩	٤٤٠٠

پارامترهای مورد سنجش عبارت بودند از:

وزن کل زنده ابتدایی (g) – وزن کل زنده نهایی (g) = افزایش وزن (g)

طول کل ابتدایی (cm) – طول کل نهایی (cm) = افزایش طول کل (cm)

$$FCR = \frac{\text{مقدار غذای خورده شده (گرم)}}{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}$$

$$CF(\%) = \frac{\text{وزن کل بدن (گرم)}}{\text{طول کل ماهی (سانتی‌متر)}^3} \times ۱۰۰$$

Archive of SID
www.SID.ir

هورمون رشد (GH)[1]: جهت اندازه گیری میزان هورمون رشد، در تاریخ‌های ۲۷ دی (شروع آزمایش)، ۳۰ بهمن، ۲۷ اسفند، ۳۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت (پایان آزمایش) خونگیری از بچه ماهیان انجام شد .از هر واحد آزمایشی ۳ عدد ماهی به‌صورت تصادفی و یه آرامی بوسیله ساچوک صید شد و بلافاصله جهت به حداقل رساندن استرس در محلول حاوی پودر گل میخک یا غلظت ۱ گرم در لیتر بیهوش شدند. خونگیری از قسمت ساقه‌دمی انجام شد و بلافاصله سرم خون از طریق سانتریفوژ کردن با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد جدا گردید. اندازه‌گیری میزان هورمون رشد به روش ELISA انجام شد (Handeland و Stefansson، ۲۰۰۱).

میزان فعالیت آنزیم ATPase: جهت اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم ATPase، در تاریخ‌های ۲۷ دی (شروع آزمایش)، ۳۰ بهمن، ۲۷ اسفند، ۳۱ فروردین و ۱۵ اردیبهشت (پایان آزمایش) از هر واحد آزمایشی ۳ عدد ماهی به‌صورت تصادفی صید شدو در محلول حاوی پودر گل میخک یا غلظت ۱ گرم در لیتر بیهوش شد. تعداد ٤ تا ٦ عدد رشته آبششی از هر ماهی براساس دستورالعمل McCormick (۱۹۹۳) که براساس آن نمونه‌برداری از آبشش بدون تلف شدن ماهی انجام می‌شود، نمونه‌برداری شد و در ۱۰۰ میکرولیتر محلول بافر SEI (۱۵۰mmol/L ساکاروز، ۱۰mmol/L EDTA، ۵۰mmol/L آیمیدازول، pH=۷/۳) قرار داده شد. سپس نمونه‌های آبشش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. نمونه‌های آبشش در ۱۲۵ میکرولیتر محلول SEID (بافر SEI و ۰/۱ درصد دیوکسی کولیک اسید) هموژنیزه و به‌مدت ۳۰ ثانیه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. ۱۰ میکرولیتر از محلول فوقانی حاصل با ۰/۵mmol/L ماده Ouabain و ۱۰ میکرولیتر از آن نیز بدون ماده Ouabain در میکروپلت ریخته شد و در طول موج ۳٤۰ نانومتر قرائت شد. فعالیت آنزیم ATPase به صورت میکرومول ADP در میلی‌گرم پروتئین در ساعت توسط دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد (McCormick، ۱۹۹۳).

این آزمایش در قالب طرح CRD به روش فاکتوریال ۲×٤ شامل ٤ نوع رژیم نوری و ۲ نوع جیره غذایی و ۳ تکرار در هر تیمار و ۱۰ مشاهده در هر تکرار انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از آزمایش فاکتور یال دو عاملی استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها و سنجش معنی‌داری به روش دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل فوق توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج

افزایش وزن: در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی وزن نهایی ماهیان تحت دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بیشتر از سایر دوره‌های نوری بود (۰/۰٦±۱۷/۰۳ گرم)، البته با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌دار نبود (۰/۲±۱٦/۸۳ گرم) (P>۰/۰۵) (جدول ۲-الف). کمترین وزن نهایی در این ماهیان در دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ١٦ ساعت تاریکی حاصل شد (۰/۲۹±۱۵/۸۳ گرم). در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین وزن نهایی متعلق به دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با مقدار ۰/۱٤±١٦/۵۸ گرم بود به‌طوری‌که وزن نهایی به‌دست آمده در ماهیان در پایان دوره با سایر دوره‌های نوری تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵) (جدول۲- ب). کمترین وزن نهایی در این ماهیان نیز در دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ١٦ ساعت تاریکی مشاهده شد.

1- Growth Hormone

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- وزن بچه ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در طول دوره تحقیق (الف) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی.

(الف)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۶۰±۰/۱۷^{a}	۱۰/۰۰±۰/۰۹^{a}	۱۲/۸۳±۰/۲۸^{a}	۱۵/۸۳±۰/۲۹^{a}
12L:12D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۹۳±۰/۱۱^{b}	۱۰/۳۳±۰/۲۹^{b}	۱۳/۳۳±۰/۳۹^{b}	۱۶/۸۳±۰/۲^{bc}
16L:8D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۷±۰/۱۲^{a}	۱۰/۱۳±۰/۱۵^{ab}	۱۳/۰۰±۰/۱۲^{ab}	۱۷/۰۳±۰/۰۶^{c}
24L:0D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۶±۰/۲۰^{a}	۱۰/۰۳±۰/۰۶^{ab}	۱۲/۹۳±۰/۱۱^{ab}	۱۶/۵۸±۰/۱۴^{b}

(ب)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۰±۰/۱۸^{a}	۹/۴۷±۰/۵۷^{a}	۱۲/۰۰±۰/۸۱^{a}	۱۵/۰۷±۰/۲۳^{a}
12L:12D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۹۳±۰/۰۶^{a}	۹/۵۶±۰/۱۱^{a}	۱۲/۶۳±۰/۱۱^{b}	۱۵/۹۳±۰/۱۲^{b}
16L:8D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۷±۰/۱۱^{a}	۱۱/۱۰±۱/۰۳^{b}	۱۳/۰۷±۰/۱۲^{c}	۱۶/۵۸±۰/۱۴^{c}
24L:0D	۵/۸۵±۰/۱۳	۷/۵۰±۰/۲۵^{a}	۹/۵±۰/۰۸^{a}	۱۲/۰۳±۰/۵۸^{a}	۱۵/۱۷±۰/۲۹^{a}

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).

آنالیز داده‌های مربوط به افزایش وزن در دوره‌های نوری مختلف (صرف‌نظر از نقش غذا) نشان داد که بیشترین افزایش وزن متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود (۱۰/۸۱±۰/۲۶g) و بین دوره‌های نوری مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵) (جدول ۵). در بررسی تأثیر جیره غذایی در افزایش وزن (صرف‌نظر از نقش دوره‌های نوری)، بیشترین افزایش وزن در طول دوره، متعلق به غذای وارداتی بود (۱۰/۵۴±۰/۵۱g) و با افزایش وزن متعلق به غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (جدول ۶). در رابطه با تأثیر متقابل دوره‌های نوری مختلف و جیره‌های غذایی، در هر ۴ دوره نوری، در تغذیه با غذای وارداتی افزایش وزن بیشتری حاصل شد که در مورد ۳ دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی، ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ساعت تاریکی و ۲۴ ساعت روشنایی دارای تفاوت معنی‌دار بودند، اما در رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی تفاوت افزایش وزن بین ماهیان تغذیه شده با دو غذا معنی‌دار نبود. بیشترین افزایش وزن در کل دوره در هر دو جیره غذایی نیز در همین دوره نوری به دست آمد (جدول ۷).

افزایش طول: در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی، بیشترین طول نهایی متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود (۱۲/۲۷±۰/۱۹ سانتی‌متر) که با طول نهایی حاصل در سایر رژیم‌های نوری تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). همچنین کمترین طول نهایی در این ماهیان در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی حاصل شد (۱۱/۶۷±۰/۵۷ سانتی‌متر) (جدول ۳- الف). در آزاد ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین طول نهایی در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی حاصل شد (۱۱/۹۱±۰/۱۴ سانتی‌متر) که با سایر دوره‌های نوری تفاوت معنی‌دار بود. کمترین افزایش طول در این ماهیان نیز در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی حاصل شد که به عدد ۱۱/۳۳±۰/۸۹ سانتی‌متر رسید (جدول ۳-ب).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- طول کل بچه ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در طول دوره تحقیق (الف) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۷/۵±۰/۰۹	۷/۹۳±۰/۱۱^{a}	۸/۶۳±۰/۲۹^{a}	۹/۸۳±۰/۵۱^{a}	۱۱/۸۳±۰/۲۹^{a}
12L:12D	۷/۵±۰/۰۹	۸/۱۷±۰/۲۸^{a}	۸/۶۳±۰/۱۵^{a}	۱۰/۱۷±۰/۸۶^{a}	۱۲/۰۸±۰/۱٤^{a}
16L:8D	۷/۵±۰/۰۹	۸/۳۳±۰/۲۹^{a}	۹/۶۷±۰/۳۹^{b}	۱۱/۱۷±۰/۲۹^{b}	۱۲/۲۷±۰/۱۹^{b}
24L:0D	۷/۵±۰/۰۹	۸/۰۰±۰/۱۳^{a}	۸/۵۷±۰/۲۸^{a}	۹/۸۳±۱/۰۲^{a}	۱۱/۶۷±۰/۵۷^{a}

(ب)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۷/۵±۰/۰۹	۷/۹۷±۰/۰۵^{a}	۸/٤۳±۰/۱۱^{a}	۹/۹۰±۰/۱۷^{b}	۱۱/٤۰±۰/۱۷^{a}
12L:12D	۷/۵±۰/۰۹	۸/۰۰±۰/۱۵^{a}	۸/۶۷±۰/۲۹^{a}	۹/۶۷±۰/۶۱^{ab}	۱۱/۵۳±۰/۳۹^{a}
16L:8D	۷/۵±۰/۰۹	۸/٤۳±۰/۲۸^{a}	۹/۵۳±۰/۰۶^{b}	۱۱/۳۳±۱/۰۲^{c}	۱۱/۹۱±۰/۱٤^{b}
24L:0D	۷/۵±۰/۰۹	۸/۳۳±۰/۱۷^{a}	۹/۰۰±۰/۵۰^{ab}	۹/۳۳±۱/۲۹^{a}	۱۱/۳۳±۰/۱۹^{a}

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).

آنالیز داده‌های مربوط به افزایش طول کل بچه ماهیان در دوره‌های نوری مختلف، در پایان تحقیق (صرف‌نظر از نقش غذا) نشان داد که بیشترین افزایش طول کل متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود (٤/٥٤±۰/۲٤cm)) (جدول ۵). در بررسی تأثیر نوع جیره غذایی صرف نظر از نقش دوره‌های نوری نیز بیشترین افزایش طول کل متعلق به تغذیه با غذای وارداتی بود (٤/٥١±۰/۲۳cm) و با افزایش طول کل حاصل در تغذیه با غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (جدول ٦). در بررسی نقش متقابل دوره‌های نوری و جیره غذایی در افزایش طول کل در طول دوره تحقیق، در تمام دوره‌های نوری، افزایش طول در تغذیه با غذای وارداتی بیشتر از غذای داخلی بود و بیشترین افزایش طول نیز در هر دو جیره غذایی در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی حاصل شد. لازم به ذکر است که تفاوت افزایش طول در دو جیره غذایی تنها در دوره‌های نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی و ۲٤ ساعت روشنایی معنی‌دار بود و در مورد ۲ دوره نوری دیگر تفاوت معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) (جدول ۷).

فاکتور وضعیت (ضریب چاقی): بیشترین فاکتور وضعیت در بین تیمارهای تغذیه شده با غذای وارداتی در دوره‌های نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (با میانگین ۰/۹۵ درصد)، در حالی که کمترین مقدار در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (۰/۰٦±۰/۸٤ درصد). بین دوره نوری فوق و سایر دوره‌های نوری تفاوت معنی‌دار وجود داشت (P<۰/۰۵) (جدول٤- الف). در مورد بچه ماهیان گروه دوم نیز در پایان دوره کمترین فاکتور وضعیت متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با عدد ۰/۰۱±۰/۸۹ درصد بود در حالی که بیشترین رقم در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (۰/۰۷±۱/۰۹ درصد). بود (جدول ٤- ب).

در بررسی فاکتور وضعیت در دوره‌های نوری

Archive of SID

www.SID.ir

مختلف صرف‌نظر از نقش نوع غذا، نتایج نشان داد که دو دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی و ۲٤ ساعت روشنایی دارای فاکتور وضعیت بیشتر و دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی دارای کمترین فاکتور وضعیت بودند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی با سایر دوره‌های نوری مشاهده شد (جدول ۵). در بررسی نقش غذا به تنهایی نیز کمترین عدد متعلق به غذای وارداتی و بیشترین متعلق به غذای داخلی بود و تفاوت معنی‌داری بین آنها وجود داشت ($P<۰/۰۵$) (جدول٦). در بررسی اثرات متقابل و هم زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی نیز در هر ٤ دوره نوری، مقدار فاکتور وضعیت در تغذیه با غذای وارداتی کمتر بود وتنها در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌داری با گروه دوم داشت. همچنین کمترین فاکتور وضعیت در مورد هر دو غذا در دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به دست آمد (جدول ۷).

جدول ٤- تغییرات فاکتور وضعیت بچه ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در طول دوره تحقیق (الف) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/۵۲±۰/۱۰^{a}	۱/٤۵±۰/۱۵^{b}	۱/۳۵±۰/۱۳^{b}	۰/۹۵±۰/۰۸^{b}
12L:12D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/٤٦±۰/۱٤^{a}	۱/۵۰±۰/۱۱^{b}	۱/۲۸±۰/۱۱^{b}	۰/۹۵±۰/۰۳^{b}
16L:8D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/۳۱±۰/۱۳^{a}	۱/۱۲±۰/۸٤^{a}	۰/۹۳±۰/۰۷^{a}	۰/۸٤±۰/۰٦^{a}
24L:0D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/٤۷±۰/۰۲^{a}	۱/۵٤±۰/۱۵^{b}	۱/۳٦±۰/۱۳^{b}	۰/۹٤±۰/۰۰۵^{b}

(ب)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/٤۸±۰/۰۳^{a}	۱/۵۷±۰/۰۷^{b}	۱/۲۳±۰/۰٦^{b}	۰/۹۷±۰/۰۲^{ab}
12L:12D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/٤٦±۰/۰۱^{a}	۱/٤۷±۰/۱۵^{b}	۱/۳۷±۰/۱۱^{bc}	۱/۰۹±۰/۰۷^{b}
16L:8D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/۳۳±۰/۱۱^{a}	۱/۱۵±۰/۰۲^{a}	۰/۹۵±۰/۰۸^{a}	۰/۸۹±۰/۰۱^{a}
24L:0D	۱/۳۸±۰/۰٦	۱/۳۰±۰/۱٤^{a}	۱/۳۱±۰/۲۱^{ab}	۱/٤۸±۰/۱۳^{c}	۱/۰٤±۰/۰۷^{ab}

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند ($P>۰/۰۵$).

ضریب تبدیل غذایی: بررسی مقدار ضریب تبدیل غذایی در دوره‌های نوری مختلف صرف نظر از نقش نوع غذا نشان داد که کمترین و بیشترین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب متعلق به دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و ۲٤ ساعت روشنایی بود (جدول ۵). همچنین هر ٤ دوره نوری از نظر ضریب تبدیل غذایی دارای تفاوت معنی‌دار بودند ($P<۰/۰۵$). در بررسی تأثیر انفرادی جیره غذایی نیز ضریب تبدیل غذایی در تغذیه با غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود و تفاوت بین آنها معنی‌دار بود ($P <۰/۰۵$) (جدول ٦). اما در بررسی اثرات متقابل دوره‌های نوری و رژیم غذایی در میزان ضریب تبدیل غذایی نتایج حاکی از معنی‌دار بودن اعداد در هر ٤ دوره نوری بود. همچنین در تمام دوره‌های نوری ضریب تبدیل غذایی در تغذیه با غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود. کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در مورد هر دو نوع جیره نیز

Archive of SID
www.SID.ir

در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به دست آمد که با هم دارای تفاوت معنی‌دار بودند (جدول ۷).

جدول ۵- تأثیر مستقل و انفرادی دوره‌های نوری مختلف بر پارامترهای رشد و تغذیه‌ای بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر / دوره‌های نوری	8L:16D	12L:12D	16L:8D	24L:0D
افزایش وزن (g)	۹/٤٥±۰/٤٦^{a}	۱/۳۸±۰/۵۳^{c}	۱۰/۸۱±۰/۲٦^{d}	۹/۸۲±۰/۷۳^{b}
افزایش طول کل (cm)	٤/۲۰±۰/۲٤^{ab}	٤/۲۱±۰/٤٦^{ab}	٤/۵٤±۰/۲٤^{b}	٤/۱٤±۰/۳۹^{a}
فاکتور وضعیت (٪)	۰/۹٦۰±۰/۰۵۳^{b}	۱/۰۲۰±۰/۹۰^{b}	۰/۸٦۵±۰/۰٤۷^{a}	۰/۹۹۰±۰/۰۷۰^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۲/٦٦±۰/۱۵٦^{c}	۲/٦۰±۰/۱۱٤^{b}	۲/۵۵±۰/۰٦۳^{a}	۲/۷۰±۰/۱۱۱^{d}

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵)

جدول ٦- تأثیر مستقل و انفرادی جیره‌های غذایی بر پارامترهای رشد و تغذیه‌ای بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر / جیره‌های غذایی	غذای وارداتی	غذای داخلی
افزایش وزن (g)	۱۰/۵٤±۰/۵۱^{a}	۹/٦۹±۰/٦٦^{b}
افزایش طول کل (cm)	٤/۵۱±۰/۲۳^{a}	٤/۰٤±۰/۳۱^{b}
فاکتور وضعیت (٪)	۰/۹۲۰±۰/۰٦٦^{a}	۰/۹۹۸±۰/۰۸۹^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۵۳±۰/۰٤۷^{a}	۲/۷۳±۰/۰۸٦^{b}

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).

جدول ۷- تأثیر متقابل و هم زمان دوره‌های نوری مختلف و جیره‌های غذایی بر پارامترهای مورد سنجش بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر / جیره / دوره نوری	8L:16D		12L:12D		16L:8D		24L:0D	
	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی
افزایش وزن (g)	۹/۸۳±۰/۲۹^{a}	۹/۰٦±۰/۱۱^{b}	۱۰/۸۳±۰/۲۸^{c}	۹/۹۳±۰/۱۲^{d}	۱۱/۰۳±۰/۰٦^{e}	۱۰/۵۸±۰/۱٤^{e}	۱۰/٤۷±۰/۵۸^{f}	۹/۱۷±۰/۲۹^{g}
افزایش طول کل (cm)	٤/۳۳±۰/۲۸^{a}	٤/۰٦۷±۰/۱۲^{a}	٤/۵۸±۰/۱٤^{b}	۳/۸۳±۰/۲۹^{c}	٤/٦۷±۰/۲۸^{d}	٤/٤۲±۰/۱۵^{d}	٤/٤۵±۰/۰۸^{e}	۳/۸۳±۰/۲۸^{f}
فاکتور وضعیت (٪)	۰/۹۵±۰/۰۸۵^{a}	۰/۹۷±۰/۰۲۸^{a}	۰/۹۵±۰/۰۳۰^{b}	۱/۰۹±۰/۰۷۰^{c}	۰/۸٤±۰/۰٦۰^{d}	۰/۸۹±۰/۰۱۰^{d}	۰/۹٤±۰/۰۰۵^{e}	۱/۰٤±۰/۰۷۰۰^{e}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۵۲±۰/۰۲۱^{a}	۲/۸۱±۰/۰۱۱^{b}	۲/۵۰±۰/۰۲۰^{c}	۲/۷۱±۰/۰۲۱^{d}	۲/٤۹±۰/۰۱۵^{e}	۲/٦۱±۰/۰۱۰^{f}	۲/٦۰±۰/۰۱٤^{g}	۲/۸۰±۰/۰۲۵^{h}

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).

هورمون رشد: بیشترین میزان هورمون رشد در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی تحت رژیم نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و در نمونه‌برداری ۳۱ فروردین اندازه‌گیری شد. به طوری که از زمان شروع تحقیق تا ۳۱ فروردین ماه میزان این هورمون افزایش یافت تا به عدد ۱۰/۷٦±۲/۰۹ نانوگرم در میلی‌لیتر رسید و در نمونه‌برداری آخر (۱۵ اردیبهشت) میزان آن دچار تغییر محسوسی نشد (۱۰/٤۹±۳/۰۵ng/ml) (جدول ۸- الف). در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین میزان

Archive of SID
www.SID.ir

هورمون رشد در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در ۳۱ فروردین ماه اندازه‌گیری شد (۱۰/۲۲±۳/۰۳ng/ml). در نمونه‌برداری فروردین ماه، مشابه بچه ماهیان گروه قبل در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به یک باره مقدار هورمون رشد تا حدود ۳ برابر افزایش یافت (جدول ۸–ب).

آنالیز داده‌های مربوط به هورمون رشد تحت تأثیر تنها دوره‌های نوری (صرف‌نظر از نوع غذا) بیان‌کننده این است که بیشترین مقدار هورمون رشد در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی اندازه‌گیری شد (۱۰/۳۳±۲/۳۹ng/mlit). کمترین مقدار آن نیز متعلق به دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی بود که البته با دوره نوری ۸ ساعت روشنایی، ۱۶ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌دار نداشت. (جدول ۱۰).

در بررسی انفرادی نقش نوع غذا مستقل از دوره‌های نوری، بیشترین مقدار هورمون رشد در تغذیه با غذای وارداتی حاصل شد اما با تغذیه با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۱۱). در بررسی اثر متقابل دوره‌های نوری و جیره غذایی در مقدار هورمون رشد نتایج نشان داد که بیشترین مقدار این هورمون در مورد هر دو جیره غذایی در رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی به دست آمد که تفاوت معنی‌دار نداشتند (P>۰/۰۵). همچنین اگرچه مقدار این هورمون در سایر دوره‌های نوری نیز در تغذیه با غذای وارداتی اندکی بیشتر بود اما تفاوت معنی‌داری با گروه تغذیه شده با غذای داخلی نداشتند (P>۰/۰۵) (جدول ۱۲).

جدول ۸- میزان هورمون رشد در بچه‌ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف (الف) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۶۸±۰/۲۱^{a}	۱/۷۲±۰/۱۱^{a}	۲/۸۵±۰/۸۰^{a}	۳/۹۹±۰/۳۴^{a}
12L:12D	۰/۳۶±۰/۰۸	۱/۰۷±۰/۶۳^{b}	۳/۰۴±۰/۹۸^{b}	۶/۳±۱/۹۸^{b}	۷/۸۳±۱/۰۹^{b}
16L:8D	۰/۳۶±۰/۰۸	۱/۱۵±۰/۱۱^{b}	۳/۹۱±۱/۴۵^{b}	۱۰/۷۶±۲/۰۹^{c}	۱۰/۴۹±۳/۰۵^{c}
24L:0D	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۵۱±۰/۱۸^{a}	۲/۲±۰/۷۶^{a}	۳/۱۲±۱/۰۳^{a}	۳/۵±۰/۱۲^{a}

(ب)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۴۹±۰/۰۵^{a}	۱/۱۹±۰/۶۸^{a}	۱/۱۸±۰/۹۸^{a}	۳/۵۱±۰/۱۸^{a}
12L:12D	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۶۳±۰/۲۶^{a}	۲/۰۳±۰/۴۱^{a}	۵/۸±۱/۲۵^{b}	۶/۰۷±۱/۶۳^{b}
16L:8D	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۸۹±۰/۳۳^{a}	۳/۶۸±۰/۶۵^{b}	۱۰/۲۲±۳/۰۳^{c}	۱۰/۱۸±۲/۲۱^{c}
24L:0D	۰/۳۶±۰/۰۸	۰/۵۲±۰/۱۰^{a}	۱/۱۶±۰/۹^{a}	۱/۱۳±۱/۰۲^{a}	۳/۱۵±۱/۱۱^{a}

فعالیت آنزیم ATPase: مقدار فعالیت این آنزیم در شروع آزمایش ۳/۰۲±۲/۶ میکرومول ADP در میلی‌گرم پروتئین در ساعت اندازه‌گیری شد. در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی بیشترین مقدار آن در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در آخر دوره اندازه‌گیری شد (۱۶/۸±۳/۵۴) و پس از آن بیشترین مقدار متعلق به دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی بود (۸/۱۴±۳/۱۲)

Archive of SID
www.SID.ir

(جدول ۹- الف).

در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی نیز بیشترین مقدار فعالیت این آنزیم در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی در پایان دوره اندازه‌گیری شد (۳/۲±۱۵/۳) و پس از آن بیشترین مقدار متعلق به دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریک بود (۲/۹±۹). در نمونه‌برداری ۱۵ اردیبهشت مقدار فعالیت این آنزیم در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی نزدیک به دو برابر شد و تفاوت مقدار فعالیت آنزیم ATPase در هر ٤ دوره نوری معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (جدول ۹- ب).

جدول ۹- میزان فعالیت آنزیم ATPase در بچه‌ماهیان آزاد خزر در دوره‌های نوری مختلف (الف) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی (ب) در بچه‌ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی

(الف)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۳/۰۲±۲/٦	۳/٥±۱/۰۰^{a}	۳/۸۹±۱/۹۷^{a}	٤/۱۳±۲/۰۲^{a}	٤/۲٦±۰/٥۹^{a}
12L:12D	۳/۰۲±۲/٦	٤/۹۱±۱/۰۸^{b}	٤/٦۰±۲/۸^{ab}	٥/۲۰±۲/۸۲^{ab}	۸/۱٤±۳/۱۲^{b}
16L:8D	۳/۰۲±۲/٦	٤/۰۸±۱/۷٦^{ab}	٥/٥۳±۱/٥٥^{b}	۷/۹٥±۱/٦۸^{b}	۱٦/۸±۳/٥٤^{c}
24L:0D	۳/۰۲±۲/٦	۳/٦۸±۰/٥۸^{a}	۳/۷۳±۱/۷^{a}	٤/۸۲±۱/۱۳^{a}	٤/۰٥±۰/۹۹^{a}

(ب)

زمان‌های نمونه‌برداری / دوره‌های نوری	۲۷ دی	۳۰ بهمن	۲۷ اسفند	۳۱ فروردین	۱۵ اردیبهشت
8L:16D	۳/۰۲±۲/٦	۲/۸۱±۰/٦۷^{a}	۳/٦٤±۱/۰۸^{a}	۳/۹۸±۰/۷۰^{a}	٤/۱۱±۲/۸^{a}
12L:12D	۳/۰۲±۲/٦	۳/٤۸±۱/۲^{a}	٤/۱۲±۲/٦^{ab}	٥/۷٥±۱/۱٤^{ab}	۹/۰۰±۲/۹^{b}
16L:8D	۳/۰۲±۲/٦	۳/۷٦±۱/۹^{a}	٥/۰۳±۱/۳^{b}	۸/۱۸±۱/۹^{b}	۱٥/۳±۳/۲^{c}
24L:0D	۳/۰۲±۲/٦	۳/۱٦±۱^{a}	٤/۲۰±۲/۹^{ab}	٤/۷۱±۰/٦٥^{a}	٤/۳۰±۱/۹^{a}

اعدادی که در ستون‌های عمودی با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰۵).

تأثیر انفرادی دوره‌های نوری بر میزان فعالیت آنزیم ATPase نشان داد که بیشترین و کم‌ترین مقدار آن به‌ترتیب متعلق به دوره‌های نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و ۲٤ ساعت روشنایی بود. دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی با سایر دوره‌های نوری دارای تفاوت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵) (جدول ۱۰). بررسی نقش نوع غذا به تنهایی نیز نتایج حاکی از بیشتر بودن فعالیت این آنزیم در تغذیه با غذای وارداتی بود اما با گروه دوم تفاوت معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۱۱). در بررسی تأثیر متقابل و هم زمان دوره‌های نوری و جیره غذایی، بیشترین عدد در مورد هر دو نوع غذا متعلق به دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود که با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند. در مورد سایر دوره‌های نوری هم تفاوت معنی‌داری بین بچه ماهیان تغذیه شده با ۲ نوع غذا مشاهده نشد (جدول ۱۲).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۰- تأثیر مستقل و انفرادی دوره‌های نوری مختلف بر مقادیر هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر / دوره‌های نوری	8L:16D	12L:12D	16L:8D	24L:0D
هورمون رشد (ng/ml)	۳/۷۵±۰/۳۶[a]	٦/۹٥±۱/٥۷[b]	۱۰/۳۳±۲/۳۹[c]	۳/۳۲±۰/۷۳[a]
فعالیت آنزیم ATPase (mg protoin/h)	٤/۱۸±۱/۸۱[a]	۸/٥۷±۲/۷۳[b]	۱٦/۰٥±۳/۱۳[c]	٤/۱۷±۱/۳٦[a]

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰٥).

جدول ۱۱- تأثیر مستقل و انفرادی جیره‌های غذایی بر میزان هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر / جیره‌های غذایی	غذای وارداتی	غذای داخلی
هورمون رشد (ng/ml)	٦/٤٥±۳/۳۰[a]	٥/۷۳±۳/۱۹[a]
فعالیت آنزیم ATPase (mg protoin/h)	۸/۳۱±٥/۷۸[a]	۸/۱۸±٥/۳۰[a]

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰٥).

جدول ۱۲- تأثیر متقابل و هم زمان دوره‌های نوری مختلف و جیره‌های غذایی بر مقدار هورمون رشد و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش بچه‌ماهیان آزاد خزر

پارامتر / جیره غذایی	دوره نوری							
	8L:16D		12L:12D		16L:8D		24L:0D	
	غذای‌وارداتی	غذای داخلی	غذای‌وارداتی	غذای داخلی	غذای وارداتی	غذای داخلی	غذای‌وارداتی	غذای داخلی
هورمون رشد (ng/ml)	۳/۹۹±۰/۳٤[a]	۳/٥۱±۰/۱۸[a]	۷/۸۳±۱/۰۹[b]	٦/۰۷±۱/٦۳[b]	۱۰/٤۹±۳/۰٥[c]	۱۰/۱۸±۲/۲۱[c]	۳/٥۰±۰/۱۲[d]	۳/۱٥±۱/۱۱[d]
فعالیت آنزیم (µmol ADP/mg protoin.h)	٤/۲٦±۰/٥۹[a]	٤/۱۱±۲/۸۰[a]	۸/۱٤±۳/۱۲[b]	۹/۰۰±۲/۹۰[b]	۱٦/۸۰±۳/٥٤[c]	۱٥/۳۰±۳/۲۰[c]	٤/۰٥±۰/۹۹[d]	٤/۳۰±۱/۹۰[d]

اعدادی که در ردیف‌ها با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، تفاوت معنی‌دار ندارند (P>۰/۰٥).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بچه ماهیان آزاد دریای خزر که با غذای وارداتی و داخلی تغذیه شدند، تحت دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نسبت به سایر دوره‌های نوری از رشد بیشتری برخوردار بودند و فرایند اسملت شدن در آنها تسریع گردید. لازم به ذکر است که در ایران، با توجه به شرایط موجود در کارگاه شهید باهنر کلاردشت، تولید بچه ماهیان قابل رهاسازی ۲ سال به طول می‌انجامد به طوری که بچه ماهیان یک تابستانه را اصطلاحاً پار (با میانگین وزن حدود ٥ گرم) و بچه ماهیان دو تابستانه را اسملت (با میانگین وزن حدود ۱٥ گرم) می‌نامند. نتایج این تحقیق نشان داد که می‌توان با دستکاری‌های نوری، بچه ماهیان را وادار به ادامه رشد در طول فصول سرد نمود و روند تولید بچه ماهیان را تسریع کرد. به گونه‌ای که در رژیم نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بچه ماهیان پار با وزن حدود ٦ گرم ظرف مدت ۱۱۰ روز به مرحله اسملت رسیدند.

در این پژوهش در بررسی نقش انفرادی نور، بیشترین افزایش در پارامترهای رشد مانند افزایش وزن و طول در دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸

Archive of SID
www.SID.ir

ساعت تاریکی حاصل شد. در بررسی نقش غذا به تنهایی نیز بیشترین مقدار رشد متعلق به غذای وارداتی بود که با غذای داخلی دارای تفاوت معنی‌دار بود. اما در بررسی اثر متقابل نور و غذا، بیشترین مقدار از ۲ پارامتر فوق در دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و در تغذیه با غذای وارداتی به دست آمد که البته در این دوره نوری تفاوت معنی‌داری با غذای داخلی نداشت. نتایجی مشابه تحقیق حاضر توسط Sonmez و همکاران در سال ۲۰۰۹ در قزل‌آلای رنگین کمان (*Onchorhynchus mykiss*) به دست آمد که دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بیشترین تأثیر را روی رشد و افزایش وزن داشت. در سال ۱۹۹۰، Stefansson و همکاران، در سال ۱۹۹۵، Sigholt و همکاران و در سال ۲۰۰۱ Handeland و همکاران در تحقیق خود بر روی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) دریافتند که این ماهی در طی فصل زمستان بالاترین نرخ رشد خود را در دوره نوری ۲۴ ساعت روشنایی و کمترین رشد را در دوره نوری ۱۶ ساعت تاریکی، ۸ ساعت روشنایی به‌دست آورد. همچنین در ماهی آزاد کوهستان (*Salvelinus alpinus*) بالاترین نرخ رشد در دوره نوری ۲۰ ساعت روشنایی و ۴ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی حاصل شد. Thorarensen و Clarke نیز در سال ۱۹۸۹ در مطالعه کوهو سالمون (*Onchorhynchus kisuteh*) رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی را جهت رشد بیشتر توصیه کردند. این محققین ا اظهار کردند که احتیاجات دوره نوری در ماهیان مختلف متفاوت است و نرخ رشد در آنها بستگی به قابلیت و توانایی گونه‌های مختلف در کاهش مصرف انرژی و ذخیره انرژی دارد. در واقع افزایش طول روز موجب بیشتر شدن اشتها و تغذیه بیشتر و بازده غذایی بالاتر و در نتیجه رشد بهتر می‌گردد.

توانایی تنظیم اسمزی تا زمان اسملت شدن با رشد ماهیان افزایش می‌یابد. در واقع تنها بچه ماهیانی که دارای اندازه مناسب باشند مراحل تکامل و تغییرات فیزیولوژیک و رفتاری لازم برای مهاجرت به پایین دست رودخانه و زنده ماندن در آب دریایی را طی می‌کنند. بر اساس تحقیقات Johnston و Eales در سال ۱۹۹۰، در ماهی آزاد اقیانوس اطلس، پیشرفت خاصیت شناوری و نقره‌ای شدن در طول فرایند اسملت شدن در افراد درشت‌تر زودتر از پارهای کوچک اتفاق می‌افتد. این در حالی است که در تحقیقی که توسط Handeland و Stefansson در سال ۲۰۰۳ بر روی همین گونه انجام شد، اگرچه نور مداوم (۲۴ ساعت روشنایی) با رشد بیشتر همراه بود اما در روند طبیعی تبدیل بچه ماهی پار به اسملت (افزایش فعالیت آنزیم ATPase و فاکتور وضعیت کمتر) ایجاد اختلال کرد و در انتقال بچه ماهیان به آب شور، این گروه نسبت به سایر گروه‌ها کمتر رشد کردند. این امر بیان کننده وجود برخی محدودیت‌ها در استفاده از نور در تسریع رشد و وقوع اسملتی فیکیشن در این گونه است.

بر اساس اطلاعات حاصل از این تحقیق در بررسی نقش انفرادی نور، کمترین فاکتور وضعیت متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود. در بررسی نقش مستقل غذا نیز، تفاوت معنی‌دار بین ۲ جیره غذایی دیده شد که عدد متعلق به غذای وارداتی کوچک‌تر بود. بررسی اثر متقابل نور و غذا نیز نشان داد که اگرچه در هر ۴ دوره نوری، در تغذیه با غذای وارداتی فاکتور وضعیت کمتری حاصل شد اما با بچه ماهیان تغذیه شده با غذای داخلی تنها در دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی تفاوت معنی‌دار داشت. کمترین عدد نیز متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی

Archive of SID

www.SID.ir

بود . بر اساس مطالعات موجود، کاهش فاکتور وضعیت که نسبت بین وزن به طول است می‌تواند به عنوان معیاری از وقوع فرایند اسملت شدن در بچه ماهیان در نظر گرفته شود. در واقع در مقایسه با بچه ماهیان پار، بچه ماهیان اسملت به ازاء هر واحد از طولشان دارای وزن کمتری هستند و معمولاً در زمان تبدیل بچه ماهی پار به اسملت، فاکتور وضعیت کاهش می‌یابد. تغییرات در فاکتور وضعیت در طول اسملت شدن احتمالاً به دلیل تغییر در متابولیسم چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها در بدن است. افزایش تجزیه چربی‌ها (Lypolysis) که با کاهش ساخت چربی‌ها (Lypogenesis) همراه است و همین طور کاهش ساخت گلیکوژن و افزایش تولید گلوکز از عوامل اصلی کاهش فاکتور وضعیت در زمان اسملت شدن هستند. همچنین افزایش ترشح هورمون رشد باعث تحریک رشد اسکلتی (طولی) در ماهیان شده و موجب کاهش فاکتور وضعیت می‌گردد (Sigholt و همکاران، ۱۹۹۵).

کمترین ضریب تبدیل غذایی متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و بیشترین متعلق به دوره ۲٤ ساعت روشنایی در بررسی انفرادی تأثیر نور محاسبه شد. همچنین عدد مربوط به غذای وارداتی کمتر از غذای داخلی بود و تفاوت معنی‌دار داشتند. در بررسی اثر متقابل نور و غذا نیز در هر ٤ دوره نوری، عدد مربوط به غذای وارداتی کمتر بود و تفاوت معنی‌دار بود. کمترین عدد نیز متعلق به دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی بود. در ماهی آزاد اقیانوس اطلس در مقایسه دوره نوری طبیعی و نور مداوم ،کمترین ضریب تبدیل غذایی و ضریب چاقی در نور مداوم حاصل شد (Handeland و همکاران، ۲۰۰۳). Danisman و Yigit در سال ۲۰۰۹، دوره نوری ۲٤ ساعت روشنایی را برای رشد بهتر و ضریب تبدیل غذایی کمتر در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پیشنهاد کردند. Ballagh و همکاران در سال ۲۰۰۸ به نتایج متفاوتی در ضریب تبدیل غذایی بچه ماهیان گونه *Argyrosoma japonicas* دست یافتند. آنها بهترین ضریب تبدیل غذایی را در ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی اعلام کردند. آنها دلیل این امر را در این دانستند که در دوره نوری مداوم (۲٤ ساعت روشنایی) انرژی بیشتری هم صرف شنا و هم فعالیت این ماهی برای تغذیه بیشتر می‌شود و شاید این دلیلی برای افزایش ضریب تبدیل غذایی در آنان باشد.

در بررسی هورمونی در این تحقیق، بیشترین میزان هورمون رشد در هر دو گروه از ماهیان در دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و در نمونه‌برداری ۳۱ فروردین ماه اندازه‌گیری شد. در بررسی اثر انفرادی نور بر میزان هورمون رشد، بیشترین میزان آن در دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی و کمترین آن بدون تفاوت معنی‌دار در ۲ دوره نوری ۲٤ ساعت روشنایی و ۸ ساعت روشنایی مشاهده شد. در بررسی انفرادی غذا نیز، میزان این هورمون بدون تفاوت معنی‌دار در تغذیه با غذای وارداتی بیشتر بود. اما در بررسی اثر متقابل نور و غذا، اگرچه مقدار این هورمون در تغذیه با غذای وارداتی در همه دوره‌های نوری بیشتر بود اما با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نداشت.

میزان فعالیت آنزیم ATPase نیز کمابیش افزایشی بود اما در نمونه‌برداری اردیبهشت‌ماه در دو تیمار ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی مقدار آن یکباره افزایش یافت. البته این رقم در مورد دوره نوری ۱٦ ساعت روشنایی، ۸ ساعت تاریکی چشمگیر بود و یکباره تا حدود ۲ برابر افزایش یافت. اندازه‌گیری فوق همراه با تکمیل علایم مورفولوژیک در بچه ماهیان اسملت بود. به‌طوری‌که در این تاریخ، نقره فام شدن جوانب

Archive of SID
www.SID.ir

بدن به‌خصوص در دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ٨ ساعت تاریکی و به مقدار جزئی‌تری در دوره نوری ١٢ ساعت روشنایی، ١٢ ساعت تاریکی دیده شد. در بررسی اثر مستقل نور بر میزان فعالیت آنزیم ATPase، بیشترین مقدار در دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ٨ ساعت تاریکی و کمترین مقدار آن در دوره نوری ٢٤ ساعت روشنایی اندازه‌گیری شد. در بررسی انفرادی اثر غذا، اگرچه میزان فعالیت این آنزیم در تغذیه با غذای وارداتی بیشتر بود اما با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نبود. در بررسی اثر متقابل نور و غذا نیز بیشترین میزان فعالیت این آنزیم به دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ٨ ساعت تاریکی در تغذیه با غذای وارداتی بود اما با غذای داخلی تفاوت معنی‌دار نداشت.

در این تحقیق افزایش چشمگیر در میزان هورمون رشد حدود ١٣ هفته بعد از شروع تحقیق در دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ٨ ساعت تاریکی دیده شد و به دنبال آن بعد از گذشت ٢ هفته، مقدار فعالیت آنزیم ATPase به پیک خود در این دوره نوری رسید. Mccormick و همکاران (١٩٩٥) در ماهی آزاد اقیانوس اطلس یک افزایش در هورمون رشد را در طول ٣ هفته بعد از افزایش ناگهانی در طول روز مشاهده کردند که بعد از ٨ هفته به پیک رسید و ٣-١ هفته قبل از افزایش فعالیت آنزیم ATPase بود. ارتباط مثبت بین دوره نوری و رشدو میزان هورمون رشد در آزادماهیان در مرحله اسملت بیان شده است. در واقع هورمون رشد یک کلید تنظیم کننده رشد در آزاد ماهیان است به گونه‌ای که تزریق هورمون رشد باعث تحریک جذب غذا و افزایش بازدهی تبدیل غذا در قزل‌آلای رنگین‌کمان (Johnston و Bjornsson ،١٩٩٤) و افزایش میزان رشد و تبدیل غذا در قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*) (Johnston و همکاران،١٩٩٦) شده است. در مطالعه‌ای که توسط Sigholt و همکاران در سال ١٩٩٥ انجام شد، افزایش تدریجی میزان هورمون رشد در طول دوره آزمایش که با یک افزایش در فعالیت آنزیم ATPase همراه بود در ماهی آزاد اقیانوس اطلس مشاهده شد. همچنین انتقال از طول روز کم به زیاد باعث افزایش هم در میزان هورمون رشد و هم در فعالیت آنزیم ATPase شد که بعد از ٤ هفته شروع شد و پس از ٧ هفته به حداکثر رسید.

در زمان اسملت شدن، تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنظیم اسمزی در اندام‌های مرتبط با آن (آبشش، روده و کلیه‌ها) ایجاد می‌شود. افزایش تعداد سلول‌های کلراید و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش با هم اتفاق می‌افتد که اغلب با افزایش تحمل شوری در ماهیان همراه است. چندین هورمون در تنظیم فعالیت این آنزیم، توسعه سلول‌های کلراید و تحمل شوری در زمان تبدیل بچه ماهی پار به اسملت دخالت دارند. ترشح هورمون رشد می‌تواند تمام این موارد را در آزاد ماهیان افزایش دهد و مقدار این هورمون در زمان اسملت شدن افزایش می‌یابد (Handeland و Stefansson، ٢٠٠١).

Komourdjian و همکاران در سال ١٩٩٦ با مطالعه بافت شناسی دریافتند که به دنبال افزایش طول روز، تعداد سلول‌های ترشح کننده هورمون رشد در ماهی آزاد اقیانوس اطلس افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شده است که هورمون رشد می‌تواند تعداد گیرنده‌های هورمون کورتیزول را در کوهوسالمون (*Oncorhynchus kisutch*) افزایش دهد. کورتیزول هم در شرایط in vivo و هم in vitro موجب افزایش تعداد سلول‌های کلراید و فعالیت آنزیم ATPase در آبشش می‌شود(Thorarensen و Clarke، ٢٠٠٥).

بر اساس تحقیقات انجام شده، ترشح هورمون رشد می‌تواند در ظرف مدت ٤٨ ساعت بر تحمل شوری

Archive of SID

www.SID.ir

بچه ماهیان اثر بگذارد در حالی که اثر آن روی فعالیت آنزیم ATPase حداقل به یک هفته یا بیشتر زمان نیاز دارد (Handeland و Stefansson، ۲۰۰۱). این دوره زمانی از عملکرد هورمون رشد بر فعالیت آنزیم ATPase در آبشش در مطالعه حاضر نیز ثابت شد. زیرا افزایش هورمون رشد بعد از ۲ هفته با افزایش فعالیت آنزیم فوق همراه بود.

بنابراین دوره نوری ١٦ ساعت روشنایی، ٨ ساعت تاریکی از بین ٤ دوره نوری به کار رفته در این تحقیق توانست موجب ادامه رشد بچه ماهی آزاد دریای خزر حتی در فصل سرد زمستان شود و روند اسملت شدن را تسریع نماید. اگرچه میزان رشد و روند اسملت شدن در بچه ماهیان تغذیه شده با غذای وارداتی اندکی بهتر از غذای داخلی بود اما بررسی آماری نشان داد که به جز ضریب تبدیل غذایی در سایر پارامترهای مورد بررسی تفاوت بین آنها معنی‌دار نیست. شاید علت این امر در میزان انرژی قابل هضم بیشتر و فرایند تولید بهتر در ارتباط با غذای وارداتی باشد. لذا در راستای رسیدن به اقتصاد مقاومتی می‌توان از جیره غذایی داخلی مزبور به جای غذای وارداتی جهت تغذیه بچه ماهیان آزاد دریای خزر استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

این طرح پژوهشی با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر به انجام رسید که لازم است از حمایت‌های این واحد دانشگاهی تشکر شود.

منابع

بهرامیان، ب.، ۱۳۸۰. نقش اداره کل تکثیر و بازسازی ذخایر شهید باهنر کلاردشت در افزایش ماهی آزاد دریای خزر. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات شیلات مازندران، ٥٦ صفحه.

Adams, C.E., and Torpe, J.E., 1989. Photoperiod and temperature effects on early development and reproductive investment in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 79, 403-409

Ballagh, D.A., Pankhurst, P.M., and Fielder, D.S., 2008. Photoperiod and feeding interval requirements of Juvenile Mulloway, *Argyrosomus japonicas.* Aquaculture 277, 52-57

Barimani, Sh., Bahre Kazemi, M., and 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, 1440-1444.

Boyer, J.N., Toever, W.V., and Jansen, M.E., 1994. Effect of photoperiod on growth of Arctic char (*Salvelinus alpinus*), under commercial production condition. The Progressive Fish-Culturist 56(1), 25-32.

Damşman, Y., and Yigit, M., 2009. Influence of increased photoperiod on growth, feed consumption and survival of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Fisheries Sciences 3, 146-152.

Evans, D.H., and Claiborne, J.B., 2006. The physiology of fishes. Third edition. Boca Raton: Taylor and Francis group.

Fulberth, M., Moran, D., Jarlbeak, H., and Stettrup, J.G., 2009. Growth of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) in land based recirculation system: Effects of feeding regime, photoperiod and diet. Aquaculture 292, 225-231.

Ghomi, M.R., Zarei, M., and Sohrabnejad, M., 2011. Effects of Photoperiod on Growth and Feed Conversion of Juvenile Wild Carp, *Cyprinus carpio*. Acta Biologica Hungarica 62, 215-218.

Giri, S.S., Sahoo S.K., and Sahu, B.B., 2002. Larval survival and growth in *wallagoattu* (Bloch and Schneider): effects of light, photoperiod and feeding regimes, Aquaculture 213, 151-161.

Handeland, S.O., and Stefansson, S.O., 2001. Photoperiod control and influence of body size on off-season parr- smolt transformation and post- smolt growth. Aquaculture 192, 291-307.

Archive of SID
www.SID.ir

Handeland, S.O., Porter, M., Bjornsson, B.T., and Stefansson, S.O., 2003. Osmoregulation and growth in a wide and a selected strain of Atlantic salmon smolt on two photoperiod regimes. Aquaculture 222, 29-43.

Johnsson, J.I., and Björnsson, B.Th., 1994. Growth hormone increases growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss.* Animal Behavior Journal 48, 177-186.

Johnsson, J.I., Petersson, E., Jönsson, E., Björnsson, B.Th., and Järvi, T., 1996. Domestication and growth hormone alter antipredator behavior and growth pattern in juvenile brown trout, *Salmo trutta.* Canadian Journal of the Fisheries and Aquatic Science 53, 1546-1554.

Johnston, C.E., and Eales, J.G., 1990. Influence of body size on silvering of Atlantic salmon (*Salmo salar*) at parr-smolt transformation. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 27, 983-987.

McCormick, S.D., 1993. Methods for nonlethal gill biopsy and measurements Na^+, K^+-ATPase activity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 50, 656-658.

McCormick, S.D., Bjornsson, B.TH., Sheridan, M., Eilerson, C., Carey, J.B., and Odea, M., 1995. Increased daylength stimulates plasma growth hormone and gill Na, K-ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Comparative Physiology 165, 245-254.

Sigholt, T., Staurnes, M., Jakobsen, H.J., and Asgard, T., 1995. Effect of continuous light and short day photoperiod on smolting, seawater survival and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 130, 373-388.

Sonmez, A.Y., Hisar, O., Hisa, S.A., Alak, G., Aras, M.S., and Yanik, T., 2009. The Effects of Different Photoperiod Regims on Growth Feed Conversion Rate and Survival of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fry. Animal and Veterinary Advances 8, 760-763.

Stefansson, S.O., Nævdal G., and Hansen, T., 1990. Growth of Different Families of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) under Three Experimental Photoperiods. Aquaculture 86, 271-281.

Thorarenson, H., and Clarke, W.C., 1989. Smoltification induced by a skeleton photoperiod in underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Fish Physiology and Biochemistry 6(1), 11-18.

Archive of SID

www.SID.ir