تأثیر شدت‌های نوری مختلف تحت نور مداوم روی رشد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

*صاحبعلی قربانی[1]، قباد آذری‌تاکامی[2]، داود طالبی‌حقیقی[1] و رضا آرمودلی[1]

[1]پژوهشکده آبزی‌پروری (آب‌های داخلی)، بندرانزلی، ایران، [2]دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۳

چکیده

این بررسی طی مدت ۲ ماه در سال ۱۳۸۷ و به‌منظور تعیین شدت نوری مناسب رشد بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت نور مستمر (۲٤ 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 ٤ تیمار شامل شدت‌های ۱۰۰ لوکس، ۲۰۰ لوکس، ۳۰۰ لوکس و ٤۰۰ لوکس و با ۳ تکرار انجام شد. ماهیان آزمایشی با غذای تجاری FFT و GFT به‌ترتیب در گروه‌های وزنی ۳۰-۱۲ گرمی و ۵۰-۳۰ گرمی تغذیه شدند. آنالیز آماری نشان داد با افزایش شدت نور از ۱۰۰ لوکس به ٤۰۰ لوکس، رشد ماهی بیش‌تر می‌شود، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر افزایش میانگین میزان رشد، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب چاقی و میزان بقاء مشاهده نشد. به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که بهترین میزان رشد و ضریب تبدیل مطلوب در سطح شدت نوری ٤۰۰-۳۰۰ لوکس به‌دست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: شدت نور، نور مداوم، رشد، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

امروزه بیش از هر زمان دیگری اهمیت تولید آبزیان برای تغذیه انسان و ایجاد فرصت‌های شغلی در جوامع بشری احساس می‌شود. در همین راستا صنعت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی ۲۰ سال اخیر در دنیا و ایران از رشد و توسعه خوبی برخوردار بوده است. از مهم‌ترین دلایل رشد این صنعت و سایر شاخه‌های آبزی‌پروری می‌توان به تغییرات تکنولوژی، کاهش هزینه تولید و افزایش بهره‌وری اقتصادی اشاره نمود (FAO، ۲۰۰۸). بنابراین با توجه کاهش صید، افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضای جهانی استفاده از فن‌آوری و راه‌کارهای نو می‌تواند باعث رشد میزان تولید در صنعت آبزی‌پروری 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 موج‌های مختلف)، کمیت (شدت‌های متفاوت) و دوره نوری (چرخه روزانه، تفاوت فصلی، عرض جغرافیایی) قابل بررسی می‌باشد (Sumpter، ۱۹۹۲). شدت نور با توجه به نوع ماهی و مراحل رشد آن دارای اهمیت است، تعدادی از گونه‌ها در شدت‌های کم‌نور و برخی در نقاط بدون نور قادرند رشد و نمو نمایند (Boeuf

*مسئول مکاتبه: sahebali_ghorbani@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

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 آبزی‌پروری 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 (۲٤ ساعت روشنایی) می‌تواند باعث افزایش رشد (Clarke و همکاران، ۱۹۸٦؛ Hansen و همکاران، ۱۹۹۲؛ Oppedal و همکاران، ۱۹۹۹؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰٦)، تسریع مرحله پار به اسمولت (Parr-Smolt) (Brauer، ۱۹۸۲؛ Duston و همکاران، ۱۹۹۰؛ Solbakken و همکاران، ۱۹۹٤؛ Handeland و Stefansson، ۲۰۰۱) و به تأخیر انداختن مراحل تولیدمثلی (Taranger و همکاران، ۱۹۹۹؛ Maisse، ۱۹۹٦؛ Porter و همکاران، ۲۰۰۳؛ king و همکاران، ۲۰۰۳) در برخی از گونه‌های آزادماهیان گردد. گزارش‌های متعددی نیز از تأثیر مثبت رژیم‌های نوری طولانی‌مدت یا مداوم بر رشد سایر گونه‌های ماهیان ازجمله 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 نورس قزل‌آلای قطبی (*Salvelinus alpinus*) و بچه‌ماهیان آزاد آتلانتیک (*Salmo salar*)، بیش‌ترین رشد و بازماندگی آن‌ها را به‌ترتیب در شدت‌های ۵۰ لوکس و ۲۰۰ لوکس، تعیین نمودند. Solbakken و همکاران (۱۹۹٤) 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 ۱٤۳ 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*) (حسینی‌نجدگرامی، 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 آبزی‌پروری 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 به درازا کشیدن مدت پرورش علاوه‌بر طولانی شدن زمان برداشت و عرضه دیرهنگام 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

Archive of SID
www.SID.ir

داده که دوره نوری مداوم، بیش‌ترین تأثیر را بـر روی رشـد و ضـریب تبـدیل آزادماهیـان از جملـه مـاهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد. بـر همـین اسـاس در ایـن آزمایش، دوره نوری ۲٤ سـاعت (دوره روشـنایی) 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 فـصول پـاییز و زمستان ۱۳۸۷ و در ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غـذای زنده آبزیان انجام گرفت. بچه‌ماهیـان از یـک کارگـاه بخش خصوصی تهیه شده و پس از انتقـال بـه سـالن آزمایشگاه به‌مـدت ۱۲ روز (Simensen و همکـاران، ۲۰۰۰؛ Ergun و همکاران، ۲۰۰۳) تحت سطح شدت نوری ۱۰۰ لوکس برای سازگاری با شرایط آزمـایش، نگهداری شدند. ماهیـان پـس از سـازگاری در دامنـه وزنی ۱۳-۱۲ گرم، با تراکم ۲۰ عدد و طی یک طـرح آماری کاملاً تصادفی در ٤ تیمـار شـامل شـدت‌هـای نوری ۱۰۰ لوکس، ۲۰۰ لـوکس، ۳۰۰ لـوکس و ٤۰۰ لوکس و ۳ تکرار (در مجموع ۱۲ تکـرار) در مخـازن فایبرگلاسـی بـا گنجـایش ۱۰۰ لیتـر آب، رهاسـازی شدند. آب مورد نیاز از طریق یک حلقه چاه کم‌عمـق تـأمین گردیـده و پـس از هـوادهی اولیـه بـه‌وسـیله لوله‌های P.V.C روزنه‌دار به مخازن پرورشی مجهزبـه 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 آنهـا ۰/۸ لیتـر در دقیقـه (Stickney، ۱۹۹۱) در نظر گرفته شد. میزان نور از طریق لامپ‌های فلورسـنت سـفید رنـگ (Solbakken و همکـاران، ۱۹۹٤؛ Karakatsoli و همکـــاران، ۲۰۰۸) ۲۰ و ٤۰ واتی، تأمین شد. شدت نور برای هـر یـک از مخـازن (تکرارها) به‌وسیله دسـتگاه نورسـنج مـدل LX-۱۰۷ ساخت کشور تایوان تنظیم گردید و بـرای جلـوگیری تداخل شدت نور بین مخازن (تکرارها)، آن‌ها به‌وسیله پارچه مشکی ضخیم از هم جـدا نگـه داشـته شـدند. همچنین در این طرح دوره نوری ۲٤ ساعت روشنایی به صفر ساعت تاریکی در نظر گرفته شـد (Burke و همکاران، ۲۰۰۵؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰٦). ماهیان با اسـتفاده از غـذای تجـاری F.F.T (غـذای مرحلـه انگشت‌قد ماهی قـزل‌آلای رنگـین‌کمـان) بـا ترکیـب شیمیایی شامل پروتئین خام ٤۰ درصد، چربی خام ۱٤ درصد، فسفر ۱/۲ درصد، خاکستر ۱۰ درصد، فیبر ۳/۵ درصد و رطوبت ۱۱ درصد سـاخت شـرکت فرادانـه شهرکرد تـا وزن ۳۰ گرمـی تغذیـه گردیدنـد. از وزن بالای ۳۰ گرم به‌وسیله غذای تجاری G.F.T (غـذای مرحله پرواری ماهی قـزل‌آلای رنگـین‌کمـان) حـاوی ترکیب شیمیایی شامل پروتئین خام ۳۸ درصد، چربی خام ۱٤ درصـد، فیبـر ٤ درصـد، فـسفر ۱/۱ درصـد، خاکستر ۱۰ درصد و رطوبت ۱۱ درصد ساخت شـرکت چینه تغذیه شدند. محاسبه میزان غذای ماهیـان از طریـق جدول غذادهی مخصوص ماهی قـزل‌آلای رنگـین‌کمـان که براساس درجه حـرارت آب و وزن مـاهی (Jacson، ۱۹۸۸) تنظیم شده بود، انجام گرفـت. غـذادهی فقـط در طول ساعات روشنایی طبیعی (ساعات ۱۷-۷) (Taylor و همکاران، ۲۰۰٦) و دفعات آن تا وزن ۳۰ گرمـی در ٤ نوبت در روز و با فاصله‌هـای زمـانی ۳ سـاعت در بـین ساعات ۸ صبح تا ۱۷ عصر صورت گرفت و همچنـین غذادهی از وزن بالای ۳۰ گـرم در ۳ نوبـت در روز و با فاصله‌های زمانی ٤/۵ ساعت در بین ساعات ۸ صبح تا ۱۷ عصر و به روش دستی صورت پذیرفت. هر ۱٤ روز یک‌بـار ۵۰ درصـد (Karakatsoli و همکـاران، ۲۰۰۸) ماهیان پس از بیهوشی با اسانس گل میخک با دز ۰/۵ میلـی‌لیتـر، زیسـت‌سـنجی شـدند. وزن آن‌هـا به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم و طول کل آن‌ها از طریق تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلـی‌متـر اندازه‌گیری گردید.

Archive of SID
www.SID.ir

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:

$$\text{درصد افزایش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times ۱۰۰$$

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

$$\text{نرخ رشد ویژه} = \frac{\text{لگاریتم طبیعی وزن اولیه} - \text{لگاریتم طبیعی وزن ثانویه}}{\text{مدت پرورش}} \times ۱۰۰$$

$$\text{ضریب چاقی} = \frac{\text{وزن}}{\text{طول}^{۳}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بقاء} = (\text{تعداد ماهی اولیه} - \text{تعداد ماهی نهایی}) \times ۱۰۰$$

(Jobling، ۱۹۹٤؛ Ergun و همکاران، ۲۰۰۳؛ Haghighi، ۲۰۰٦).

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.

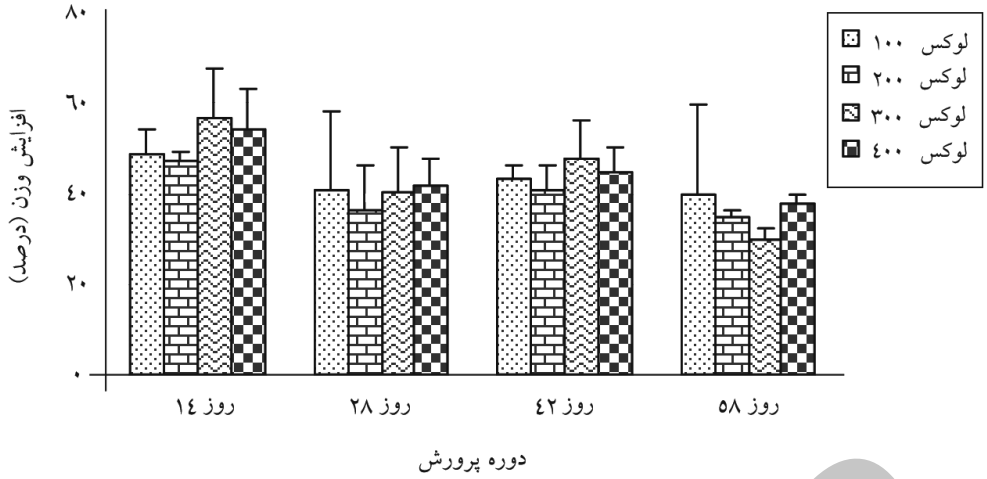
جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد ماهیان در کل دوره پرورش

شاخص رشد / تیمار	۱۰۰ لوکس	۲۰۰ لوکس	۳۰۰ لوکس	٤۰۰ لوکس
وزن اولیه (گرم)	۱۲/۳۰±۳/۰٦[a]	۱۲/۸۱±۳/۳٥[a]	۱۱/۹۹±۳/۰۱[a]	۱۲/۱٥±۳/۳۱[a]
وزن ثانویه (گرم)	٥۰/۹۰±۱۲/۰٥[a]	٤۷/٥۷±۱۰/٥۸[a]	٥۰/۲٤±۹/۷٤[a]	٥۲/۳۰±۱۰/٦۲[a]
میزان رشد (درصد)	۳۱۱/٥۱±۱/۷۲[a]	۲۸۱/۱۰±٤۲/٤٦[a]	۳۲۰/۲٥±۳۰/۲٤[a]	۳٥٥/۳۲±۳۷/٤۲[a]
نرخ رشد ویژه	۲/٤٤±۰/۷۰۰[a]	۲/۲۹±۰/۱۹۳[a]	۲/٤۷±۰/۱۲٦[a]	۲/٥۳±۰/۱٥۲[a]
ضریب تبدیل غذا	۱/۱٥±۰/۰۷٦[a]	۱/۱٥±۰/۱۰۹[a]	۱/۰۹±۰/۰۳٤[a]	۱/۰۳±۰/۰٤۲[a]
ضریب چاقی	۱/۱۹±۰/۰٤۹[a]	۱/۱۷±۰/۰۲۰[a]	۱/۱۷±۰/۰۲۳[a]	۱/۱۸±۰/۰۳۰[a]
بقاء (درصد)	۹۸/۳۳±۲/۸۸[a]	۸۱/٦۷±۲۷/٥۳[a]	۹٥±۸/٦٦[a]	۹۸/۳۳±۲/۸۸[a]

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

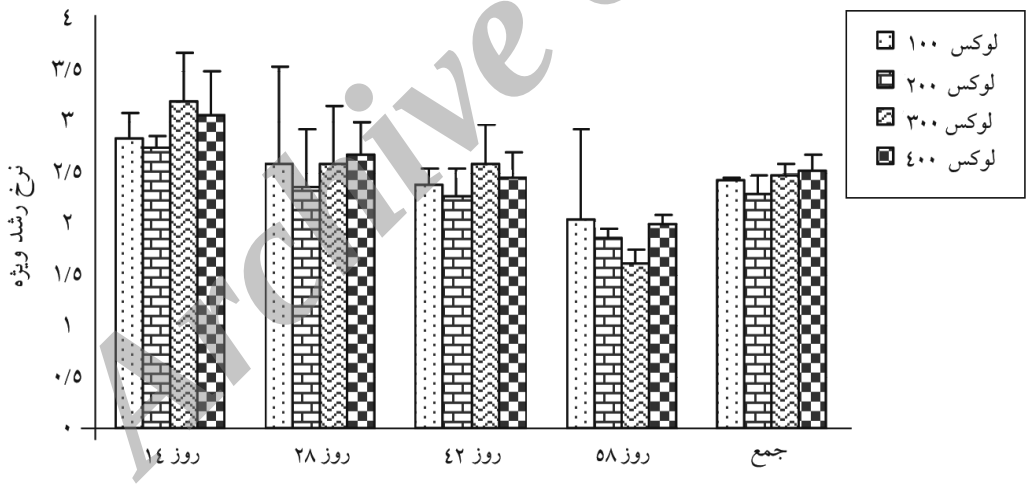
میزان رشد: در طول دوره آزمایش، میانگین میزان رشد در هر ٤ تیمار افزایش یافته ولی میزان آن در تیمار ٤۰۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها ۱٤-۱۱ درصد بیش‌تر بود، با این وجود در کل مدت آزمایش، میانگین میزان رشد بین تیمارها معنی‌دار نبود ($P>۰/۰٥$). در کل دوره پرورش، بیش‌ترین میزان رشد در تیمار ٤۰۰ لوکس با مقدار ۳٥٥/۳۲ درصد و کم‌ترین آن در تیمار ۲۰۰ لوکس معادل ۲۸۱/۱۰ درصد صورت گرفت (شکل ۱ و جدول ۱).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد افزایش وزن در بین تیمارها

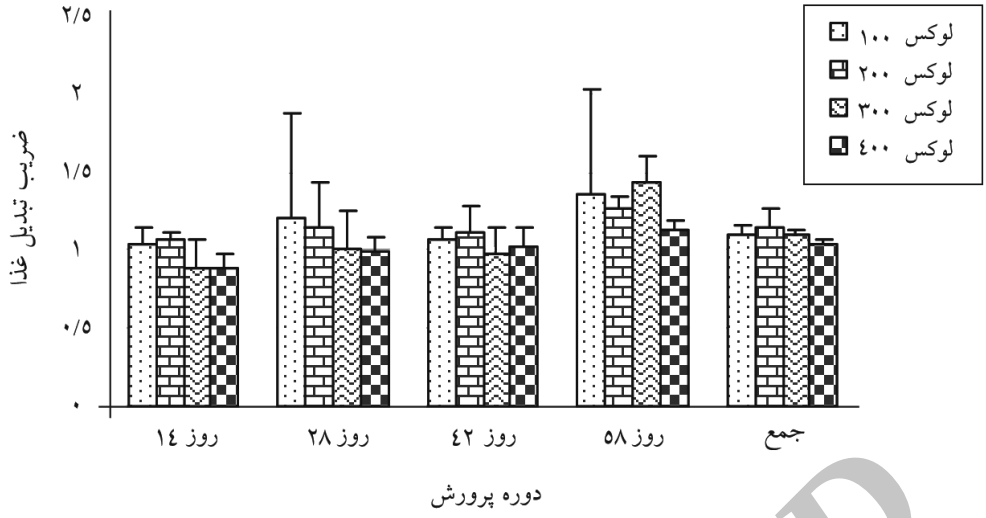
نرخ رشد ویژه: در کل دوره آزمایش، میانگین نرخ رشد ویژه در تیمار ٤۰۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها ۱۰/٤۸-۲/٤۲ درصد بیش‌تر بود ولی بین تیمارها از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$). در مدت یاد شده بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نرخ رشد به‌ترتیب در تیمارهای ٤۰۰ و ۲۰۰ لوکس با مقادیر ۲/۵۳ و ۲/۲۹ به‌دست آمد (شکل ۲ و جدول ۱).



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

ضریب تبدیل غذایی (FCR): در طول دوره آزمایش میانگین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ٤۰۰ لوکس نسبت به سایر تیمارها کاهش پیدا کرد. در کل دوره پرورش میانگین ضریب تبدیل غذایی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P>0/05$) ولی کم‌ترین ضریب تبدیل در تیمار ٤۰۰ لوکس به‌دست آمد (شکل ۳ و جدول ۱).

Archive of SID
www.SID.ir



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

بحث و نتیجه‌گیری

افـزایش طـول دوره نـوری تـا حـد ٢٤ سـاعت (شـــبانه‌روز) (Stefansoon، ۱۹۹۰؛ Berg، ۱۹۹۲؛ Oppedal و همکاران، ۱۹۹۷؛ Duncan و همکـاران، ۱۹۹۹؛ Nordgarden و همکـــاران، ۲۰۰۳؛ Taylor و همکـاران، ۲۰۰٦) و شـدت نـور تـا حـد آسـتانه (Stefansoon و همکاران، ۱۹۹۳؛ Kissil و همکاران، ۲۰۰۱؛ Taylor و همکاران، ۲۰۰٦) 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 رشـد ویـژه ماهیـان بـه‌ترتیـب بـا مقـدار ۳۵۵/۳۲ درصد و ۲/۵۳ در تیمار ٤۰۰ لوکس صورت گرفته است (جدول ۱) ولی میانگین میزان رشد و نرخ رشـد ویـژه بـین تیمارهـا معنـی‌دار نبـود ($P>$۰/۰۵). Taylor و همکـاران (۲۰۰٦) بـا مطالعـه تـأثیر رژیـم نوری بر روی رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نتیجه گرفتند ماهیان تحت شرایط نوری مداوم با شدت ۲۵۵ لوکس و ۱٤۳ لوکس نـسبت بـه دوره نـوری طبیعـی به‌ترتیب مقدار ۲۲٦ درصد و ۱۸۰ درصد رشد کـسب کردند و همچنین تحت همان شرایط نوری بـه‌ترتیـب از نرخ رشد ویژه‌ای برابر بـا ۱/۰۳ و ۰/۹۰ برخـوردار شدند در حالی‌که تحت روشنایی طبیعی نرخ رشدشان بـه ۰/۷۹ رسـید. Cho و همکـاران (۱۹۹۲) گـزارش نمودنـد ماهیـان پرورشـی قـزل‌آلای رنگـین‌کمـان در شرایط نوری ۱۲:۱۲ (روشنایی بـه تـاریکی) و ۱٦۰۰ لوکس و ۱۰۰ لوکس به‌ترتیب به‌میزان رشدی برابر بـا ۱۷٤۵ درصد و ۱۵۸۲/۵ درصد دست یافتند. همچنین نرخ رشد ویژه تحت شـرایط نـوری فـوق بـه‌ترتیـب معادل ۱/۷۳ و ۱/٦۷ برآورد شـد. Oppedal (۲۰۰۲) نیز برتری رشد ماهی آزاد آتلانتیـک (*Salmo salar*) تحت شدت نور زیادتر نسبت به شدت‌های متوسط و کم را گزارش نمود، در حالی‌که شـدت نـور کـم (۵۰ لوکس) برای رشد و بازماندگی بچه‌ماهیـان قـزل‌آلای قطبی (*Salvelinus alpinus*)، مناسب تشخیص داده شده است (Burke و همکـاران، ۲۰۰۵؛ Wallace و همکاران، ۱۹۸۸). از مقایسه نتایج آزمایش حاضـر بـا دیگران چنین استنباط می‌گـردد، شـدت نـور مناسـب رشد با توجه به گونه ماهی متفـاوت بـوده و ثانیـاً بـا افزایش شدت نور، میزان رشد ماهیان بیش‌تر می‌شود، ولی افزایش معنی‌دار آن پس از سازگاری کامل ماهیان با شرایط نـوری حـاکم صـورت مـی‌گیـرد. بنـابراین

Archive of SID
www.SID.ir

پیش‌بینی می‌گردد اگر آزمایش در یک دوره زمانی ٦-٥ ماهه انجام گیرد، میزان رشد ماهیان به‌صورت معنی‌دار افزایش یابد. Taylor و همکاران (٢٠٠٦) و Ergun و همکاران (٢٠٠٣) طی مطالعاتی مشابه، معنی‌دار نبودن رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را در مدت ٢ ماه، تأیید نمودند. Oppedal و همکاران (١٩٩٧) نیز با بررسی رشد آزاد ماهی آتلانتیک تحت شدت‌های نوری مختلف، دریافتند میزان رشد ماهیان بعد از مدت ٣ ماه، به‌صورت معنی‌دار افزایش پیداکرد. علت ارتقاء رشد ماهی تحت‌تأثیرافزایش 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، ١٩٩٩؛ Webster و همکاران، ٢٠٠١؛ Brian و همکاران، ٢٠٠٤؛ Pierce و همکاران، ٢٠٠٢؛ Nordgarden و همکاران، ٢٠٠٥). این فعالیت هورمونی می‌تواند اشتها، جذب غذا، ضریب تبدیل غذا و نیازهای انرژی ماهی را تغییر دهد (Donaldson و همکاران، ١٩٧٩؛ Cho، ١٩٩٢؛ Nordgarden و همکاران، ٢٠٠٣). نتایج آزمایش حال نشان داد با افزایش شدت نور ضریب تبدیل غذایی بهبود می‌یابد (شکل ٣). بر همین اساس ماهیان در تیمار ٤٠٠ لوکس با برخورداری از ضریب تبدیل غذایی به‌میزان ١/٠٣، 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 ٥٠ 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 (٢٠٠٦) ضریب تبدیل غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی را در شرایط نوری ٢٥٥ لوکس و ١٤٣ لوکس به‌ترتیب مقدار ٠/٩٨ و ١/٢٣، گزارش نمودند. Karakatsoli و همکاران (٢٠٠٨) ضریب تبدیل غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی را در شرایط نوری ١٢:١٢ (روشنایی به تاریکی) و ١٥٠ لوکس، مقدار ١/٦٩ 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، ١٩٩١؛ Mason و همکاران، ١٩٩١؛ Hansen و همکاران، ١٩٩٢؛ Webster و همکاران، ٢٠٠١؛ Oppedal، ٢٠٠٢؛ Taylor و همکاران، ٢٠٠٦). همان‌طورکه ملاحظه می‌گردد طبق یافته ما و دیگران، تحت دوره نوری طولانی‌تر یا مداوم مقدار ضریب تبدیل غذایی ماهیان کاهش پیدا کرده است.

به‌طورکلی این بررسی نشان داد نور مداوم تا شدت ٤٠٠ لوکس تأثیر مثبت بر ضریب تبدیل غذایی و همچنین رشد ماهیان دارد. روی‌هم‌رفته در کل مدت آزمایش، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی ماهیان در شدت ٤٠٠ لوکس نسبت به شدت‌های کم‌تر به‌ترتیب ١٠/٤٨-٢/٤٨ درصد و ١٠/٤٣-٥/٥٠ درصد بهبود پیدا نمود که احتمالاً این برتری در یک دوره پرورش (٦ 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، ٢٠٠٧). با توجه به نتایج حاضر و مطالعات دیگران، استفاده از نور مصنوعی در طول شب علاوه‌بر نور روزانه (٢٤ ساعت روشنایی) در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در فصل‌های کوتاه سال و مناطقی که به‌دلیل 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

Archive of SID
www.SID.ir

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 آبزی‌پروری آب‌های داخلی دکتر کریم مهدی‌نژاد به‌خاطر حمایت‌ها و مساعدت‌هایشان، از معاونت محترم پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی دکتر مریم فلاحی به‌واسطه مساعدت‌های بی‌دریغ و فراهم نمودن بستر و امکانات، از ریاست محترم ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبزیان دکتر داود طالبی‌حقیقی 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 آبزیان 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 آبزی‌پروری آب‌های داخلی به واسطه اندازه‌گیری و تعیین برخی از فاکتورهای شیمی آب تشکر می‌نمائیم. از تمامی کارکنان ایستگاه تحقیقاتی تغذیه و غذای زنده آبزیان برای اظهار نظر وکمک در هرچه بهتر اجرا شدن پروژه تقدیر و تشکر می‌نمائیم.

منابع

۱- 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، سال سیزدهم، شماره اول، صفحات ۱ تا ۸.

۲- حسینی‌نجدگرامی، ا.، ایرانی، ع.، ۱۳۸۵. تأثیر رژیم نوری بر رشد، بقاء و پارامترهای تغذیه‌ای لارونورس قزل‌آلای رنگین‌کمان، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۷۲، صفحات ۱ تا ۵.

۳- فرزانفر، ع.، بیاتی، م.، لشتوآقایی، غ.، ذریه‌زهرا، 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 ٤٥.

4.Berg, A., Hansen, T., Stefansson, S., 1992. First feeding of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *J. Appl. Ichthyol. Z. Angew. Ichthyol*. 8 (1-4), 251-256.

5.Boeuf, G., Le Bail, P.Y., 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177, 129-152.

6.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.

7.Brauer, E.P., 1982. The photoperiod control of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smoltification. *Aquaculture* 28, 105-111.

8.Brian, R., Beckman, B.R., Shimizu, M., Gadberry, B.A., Cooper, K.A., 2004. Response of the somatotropic 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.

9.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.

10.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:

Archive of SID
www.SID.ir

proceedings of the first Aquaculture-sponsored symposium. *Aquaculture* 100, 107-123.
11. 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.
12. 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.
13. Duncan, N.J., Mitchell, D., Bromage, N., 1999. Post-smolt growth and maturation of out-of-season 0+ Atlantic samon (*Salmo salar L.*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 177 (1-4), 61-71.
14. Duston, J., Saunders, R.L., 1990. The entrainment role of photoperiod on hypoosmoregulatory and growth related aspects of smolting in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool*. 68, 707-715.
15. Ergun, S., Yigit, M., Turker, A., 2003. Growth and feed consumption of young Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to different photoperiods. *Published Israeli Journal of Aquaculture-Bamidged* 55 (2), 132-138.
16. Fao, 2008. The state of world fisheries and aquaculture. www.fao.org. pp. 3-25.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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. *Aquac. Fish. Manage.* 23, 275-280.
21. Imsland, A.K., Folkvord, A., Stefansson, S.O., 1995. Growth, oxygen consumption and activity of juvenile turbot (*Scopthalmus maximus* L.) reared under different temperatures and photoperiods. *Neth. J. Sea Res*. 34, 149-159.
22. Jobling, M., 1994. Fish bioenergetics. Chapman and Hall, London, 309p.
23. 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*) reard under recirculating system conditions. *Aquaculture Engineering* 38, 36-42.
24. 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.
25. 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.
26. Maisse, G., Breton, B., 1996. Photoperiod manipulation of reproduction in salmonids. *Productions Animals* 9 (1), 71-77.
27. Mason, E.G., Gallant, R.K., Wood, L., 1991. Productivity enhancement of rainbow trout using photoperiod manipulation. *Bull Aquac. Assoc. Can*. 91, 44-46.
28. Migaud, H., Cowan, M., Tyalor, 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
29. 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. *Aquac. Nutr*. 9, 287-293.
30. 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.
31. Oppedal, F., Taranger, G.L., Juell, J.E., Fosseidngen, J.E., Hansen, T., 1997. Light intensity

Archive of SID
www.SID.ir

affects growth and sexual maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) postsmolts in sea cages. *Aquat. Living Resour* 10, 351-357.
32. 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. *Aquac. Res* 30, 491-499.
33. Oppedal, F., 2002. Influence of artificial light on Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) in seawater. Published: University of Bergen, Department of Fisheries and Marin biology, Norway.
34. 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.
35. 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.
36. Porter, M., Woolcott, H., Pankhurst, N., 2003. The use of additional lighting and artificial photoperiod to recondition early mturing Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Tasmania. *Fish Physiol. Biochem.* 28 (1-4), 391-393.
37. 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.
38. 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.
39. Simensen, L.M., Jonassen, T.M., Imsland, A.K., Stefansson, S.O., 2000. Photoperiod regulation of growth of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquacalture* 190, 119-128.
40. 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.
41. 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 Marin biology, Norway, 35p.
42. 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. *Aquac. Eng.* 12, 231-243.
43. Stickney, R.R., 1991. Culture of salmonid fishes. CRC Press, 189p.
44. Sumpter, J.P., 1992. Control of growth of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacultre* 92, 301.
45. 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.
46. 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.
47. Taylor, J.F., North, B.P., Porter, MJ.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.
48. 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.
49. 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.
50. 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.retion in male red deer. Anim. Sci. 73, 305-311.

Archive of SID
www.SID.ir