شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۱

ص ۳۸۳-۳۹۶

تأثیر دوره‌های نوری و شدت نور مختلف بر قابلیت تولید تخم، درصد تخم‌گشایی، زمان رسیدگی جنسی و نسبت جنسی در *Acartia clausi*

❖ **محمدرضا رحیمی‌بشر*:** استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.
❖ **مریم یحیی‌زاده:** کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.
❖ **ابوالقاسم اسماعیلی فریدونی:** دانشیار گروه شیلات، دانشکدهٔ علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
❖ **مجید راستا:** دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا، دانشگاه گیلان، ایران
❖ **حر ترابی جفرودی:** کارشناس گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکدهٔ علوم دریایی و اقیانوسی، پردیس دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر دوره‌ها و شدت نور متفاوت در قابلیت تولید تخم، درصد تخم‌گشایی، زمان رسیدگی جنسی و نسبت جنسی بالغان در گونهٔ *Acartia clausi* در شرایط آزمایشگاهی بوده است. این زئوپلانکتون از سواحل استان مازندران به وسیلهٔ تور پلانکتون‌گیر ۱۰۰ میکرونی جمع‌آوری شد و آزمایش‌ها در پنج تیمار ۲۴:۰۰، ۱۸:۰۶، ۱۲:۱۲، ۰۶:۱۸، ۰۰:۲۴ روشنایی/ تاریکی و در دو شدت نوری ۵۰ و ۱۰۰۰ لوکس انجام شدند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تولید تخم در شدت ۵۰ لوکس و در ۱۸ ساعت روشنایی، به میزان ۴/۳۱±۲۰/۰۲ عدد و کم‌ترین آن در شدت ۱۰۰۰ لوکس و ۲۴ ساعت تاریکی به میزان ۲/۱۵±۸/۱۵ عدد بوده است. بیش‌ترین درصد تخم‌گشایی نیز در شدت ۱۰۰۰ لوکس و در ۱۸ ساعت روشنایی به میزان ۷/۱±۸۳/۰۸ درصد و کم‌ترین آن ۲/۷± ۱۷ درصد و در تیمار تاریکی مطلق تعیین شد. در تیمارهای مختلف تخم‌های این گونه قابلیت تخم‌گشایی را داشته، اما با کاهش مدت زمان حضور نور درصد تخم‌گشایی کاهش یافته است. مدت زمان رسیدگی جنسی، طی‌کردن مراحل ناپلیوسی و کوپه‌پودیت در شدت ۵۰ لوکس و در ۲۴ ساعت روشنایی سریع‌تر بوده و مدت آن ۱/۲±۹/۵ روز تعیین شد. همچنین نسبت جنسی بالغان در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار آماری نداشته‌اند. بنابراین برای تولید تخم و درصد تخم‌گشایی بالاتر و زمان بلوغ کوتاه‌تر، بهترین شرایط شدت نور پایین و دورهٔ نوری ۱۸ ساعت تعیین شد و نور ممتد با شدت بالا و تاریکی مطلق نیز برای این گونه نامناسب تشخیص داده شده است.

واژگان کلیدی: *Acartia clausi*، تخم‌گشایی، دوره‌ها و شدت نور، رسیدگی جنسی، قابلیت تولید تخم.

* نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۱۱۴۱۱۶۹۲
Email: Rahimibashar@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

پاروپایان تقریباً ۷۰ درصد کل جمعیت زئوپلانکتون‌ها را در محیط‌های دریایی به خود اختصاص می‌دهند. یکی از زیرراسته‌های مهم آن‌ها کالانوییدها (*Calanoida*) بوده که در تمام سال در سواحل جنوبی دریای خزر یافت می‌شوند و *Acartia clausi* در حال حاضر گونهٔ غالب زئوپلانکتونی دریای خزر است که درصد بزرگی از رژیم غذایی لاروماهیان دریایی را نیز تشکیل می‌دهد (Munk and Nielsen, 1994; Pepin and Penney, 1997). کوپه‌پودها مواد مغذی بالایی خصوصاً اسیدهای چرب ضروری مانند DHA و اسیدهای چرب غیراشباع دارند که برای رشد اولیهٔ ماهیان دریایی و بازماندگی آن‌ها اهمیت دارند (Sargent and Falk-Petersen, 1988; McEvoy et al., 1998). بدین منظور، هم در محیط طبیعی و به صورت گسترده (Svasand et al., 1998; Toledo et al., 1999) و هم در سیستم تحت کنترل و به صورت متراکم با موفقیت پرورش داده شده‌اند (Støttrup, 2003). مطالعات نشان داده گروه‌هایی مثل *Acartia* sp می‌توانند به‌منزلهٔ مکمل یا جایگزین در کنار یا در مقابل آرتمیا و روتیفر به‌منزلهٔ غذایی زنده مصرف شوند (Nanton and Castell, 1999, Shields et al., 1999) و برای تعدادی از گونه‌های ماهیان دریایی رژیم غذایی شامل ناپلیوس پاروپایان باعث بهترشدن رشد و نمو، تکامل و محتوای غذایی آن‌ها می‌شود و بازماندگی لاروها در مراحل اولیهٔ زندگی را افزایش می‌دهد (Stottrup 2003; Payne and Rippingale, 2001). کوپه‌پودها زمانی که در آبزی‌پروری استفاده می‌شوند اغلب میزان بازماندگی، رشد و درصد رنگدانه‌های طبیعی لاروها را در مقایسه با رژیم‌های غذایی متداولی چون روتیفر و آرتمیا افزایش می‌دهند (McEvoy et al., 1998; Nanton and Castell, 1999). به‌علاوه تعداد مراحل ناپلیوسی و کوپه‌پودیت آن‌ها دامنهٔ وسیعی از اندازه‌های مختلف طعمه را برای لاروهای در مراحل مختلف رشد و نمو فراهم می‌کند (chen et al., 2006). به علت فراوانی جمعیت، اندازه و پروفیل مواد مغذی کالانوئیدها طعمه‌های اولیهٔ مناسبی برای بسیاری از مهره‌داران و بی‌مهرگان آبزی‌اند (Lee et al., 2005).

مطالعات بسیاری دربارهٔ اثر دما، شوری و تغذیه در جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی زئوپلانکتون‌ها صورت گرفته و نتایج مختلف و شایان توجهی نیز به دست آمده است. یکی از مهم‌ترین این عوامل اثر نور و جیرهٔ غذایی جلبکی یا ترکیبی از این عوامل در رشد و تولیدمثل گونه‌های زئوپلانکتونی بوده است (فرهادیان، ۱۳۹۰). نور عاملی بسیار بااهمیت در تولیدمثل زئوپلانکتون‌ها محسوب می‌شود (Omori and Ikeda, 1984; Savas and Erdogan, 2006). تولیدمثل کوپه‌پودها نیز از این قاعده مستثنا نیست و تحت تأثیر یک سری از عوامل محیطی مانند جیرهٔ غذایی، تراکم ذخیره‌سازی، حرارت، شوری و دوره و شدت نور قرار دارد (Castro-longoria and Villiams, 2003; Amber, 1986; Rodriguez et al., 1995)؛ که در این بین تناوب نوری می‌تواند عاملی کلیدی برای کنترل‌کردن وضعیت تولیدمثلی کوپه‌پودهای ماده و پویایی جمعیت آن‌ها باشد. تناوب نور و تاریکی شاخصی محیطی است که به‌آسانی می‌توان آن را با کم‌ترین هزینه در

Archive of SID

www.SID.ir

تفریخگاه‌ها کنترل کرد (Chinnery and Williams, 2003). با وجود این، تحقیقات گذشته بیش‌تر بر تأثیر نور در تولید تخم‌ها تمرکز داشته تا تأثیر در توان تولید (Peck and Holste 2006; Marcus, 2005; Avery, 2005; Hairston and keums, 1995). به طور کلی، در آبزی‌پروری هدف این است که بتوان به رژیم مناسب نوری برای دستیابی به بالاترین میزان تولیدمثل یا رسیدگی جنسی دست یافت. رژیم نوری یکی از فاکتورهایی است که می‌تواند به طور محسوسی میزان تولید تخم در کوپه‌پودا را تحت تأثیر قرار دهد (Stearns *et al*., 1989; Cerveto *et al*., 1999; Peck and Holste, 2006). همچنین تأثیر رژیم‌های نور غیرطبیعی به‌منزلهٔ روشی برای افزایش تولید تخم در کشت متراکم کوپه‌پودا به کار گرفته می‌شود. Acartia تنها جنس از خانوادهٔ Acartiidae است که دارای ۷۹ گونه در آب‌های سراسر دنیاست (Belmonte and Potenza, 2001) و گونه‌های این جنس اغلب در نواحی ساحلی یافت می‌شوند (Payne and Rippingale, 2001). در گذشته چندین مطالعه دربارهٔ عوامل مؤثر در تولیدمثل گونه‌های این جنس صورت گرفته که می‌توان به بررسی اثر دما و شوری در تولید تخم و درصد تخم‌گشایی گونهٔ *Acartia tonsa* (Holste and peck, 2006) و بررسی اثر فتوپریود در تولید تخم و درصد تخم‌گشایی و نسبت جنسی در گونهٔ *Acartia sinjiensis* (Camus and Zeng, 2008) اشاره کرد.

در این مطالعه تلاش شد با استفاده از غلظت جلبکی در حد مناسب، تعویض به موقع آب و نگه‌داشتن دما در حد مناسب تمامی شرایط محیطی در حد مطلوب نگه داشته شود و تنها تأثیر نور بررسی شود. بنابراین هدف در این مطالعه بررسی تأثیر طول دورهٔ نوری و شدت نور در قابلیت تولید تخم، درصد تخم‌گشایی، زمان رسیدگی جنسی و نسبت جنسی بالغان گونهٔ *Acartia clausi* بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق نمونه‌ها از سواحل جنوبی دریای خزر در استان مازندران (سواحل شهرستان نور) جمع‌آوری شدند. برای جداسازی *Acartia clausi* از تور زئوپلانکتونی با اندازهٔ چشمهٔ ۱۰۰ میکرونی استفاده شد، نمونه درون پلیت و در زیر میکروسکوپ بررسی و از طریق کلیدهای معتبر شناسایی شد (Stottrup and McEvoy, 2003; Kuski, 1999). بالغان جداسازی و درون ظرف‌های ۲۰ لیتری پلاستیکی تحت شرایط نوری طبیعی و شرایط مناسب اکسیژنی نگهداری شدند تا به تولید انبوه برسند. غذادهی به صورت روزانه و با استفاده از دو گونهٔ جلبکی *Isochrysis galbana* و *Chaetoceros sp* و در سطح غذایی ۲۵۰۰۰–۳۰۰۰۰ سلول به ازای هر میلی‌لیتر با نسبت ۱:۱ صورت گرفت (Schipp et al., 1999). ظروف پلاستیکی فالکون تیوپ ۱۰۰ میلی‌لیتری به تعداد ۵۰ عدد تهیه شد و به منظور جلوگیری از همجنس‌خواری و جداسازی تخم‌ها و ناپلیوس‌ها از بالغان قسمت پایین آن‌ها بریده و در سطح آن‌ها تور ۱۰۰ میکرونی قرار داده شد. سپس، به قسمت بالایی آن یک سیم نگهدارنده اضافه شد تا به صورت معلق درون یک لیوان پلاستیکی ۲۰۰ سی‌سی جا داده شوند. همهٔ آزمایش‌ها در پنج تیمار نوری (فتوپریودی) ۲۴:۰۰، ۱۸:۰۶، ۱۲:۱۲، ۰۶:۱۸، ۰۰:۲۴ (روشنایی/ تاریکی) و

Archive of SID

www.SID.ir

در دو شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) و شدت نوری پایین (۵۰ لوکس) انجام شدند. به منظور تأمین نور مصنوعی از مهتابی استفاده شد و شدت نوری با دستگاه لوکس مترمدل LES-1335 تایوانی سنجش شد. برای اندازه‌گیری تولید تخم و میزان تخم‌گشایی در ۱۰ روز متوالی، برای هر تیمار نوری ۱۰ تکرار در نظر گرفته و درون هر فالکون تیوپ یک کوپه‌پودیت نر و یک کوپه‌پودیت ماده قرار داده شد. لامپ‌ها در بالای ظروف فالکون تیوپ به صورتی قرار گرفتند که فاصلهٔ در نظر گرفته‌شده باعث شود تا شدت نوری به میزان ۵۰ و ۱۰۰۰ لوکس به سطح ظروف حاوی نمونه‌ها برسد. شمارش تعداد تخم‌ها و ناپلیوس‌ها به صورت روزانه صورت می‌گرفت. بعد از ۲۴ ساعت فالکون تیوپ‌ها از درون لیوان‌های پلاستیکی برداشته و درون آن‌ها آب تازه وارد شد و غذادهی با همان غلظت قبلی صورت گرفت.

محتویات لیوان به طور جداگانه از روی توری ۲۰ میکرونی رد شد تا تخم‌ها و ناپلیوس‌ها جمع‌آوری شوند. سپس، با استفاده از پیپت نمونه‌ها از روی توری‌ها شسته شد و در ظرف‌های پلاستیکی کوچک تخلیه شد. نمونه‌های داخل ظروف کوچک با استفاده از فرمالین ۴٪ فیکس شدند و شمارش تعداد تخم‌ها و ناپلیوس‌ها به صورت روزانه صورت می‌گرفت. نمونه‌های فیکس‌شده با استفاده از لام بوگاروف در زیر میکروسکوپ شمارش می‌شد.

برای محاسبهٔ میزان تخم تولیدشده از رابطهٔ زیر استفاده شد (Carlotti et al., 1997):

۲۴ ساعت/ تعداد ماده‌ها / تعداد تخم‌ها = میزان تولید تخم به ازای هر ماده در روز

برای محاسبهٔ درصد تخم‌گشایی از فرمول زیر استفاده شد:

۱۰۰ × کل تعداد تخم و ناپلیوس / تعداد ناپلیوس‌ها = درصد تخم‌گشایی

تخم‌های تولیدشده از طریق ۱۰ نر و ۱۰ ماده در یک ظرف نگهداری می‌شدند. برای جلوگیری از نامساعدشدن شرایط کیفیتی آب، روزانه ۲۰٪ حجم آب تخلیه و با آب تمیز دریا جایگزین شد. از روز هفتم آزمایش هر روز تعدادی نمونه به صورت تصادفی از هر تیمار برداشته و روی لام قرار داده شد تا وضعیت رسیدگی جنسی آن‌ها بررسی شود. این کار طی چند روز تکرار شد و زمانی که ۹۵ درصد نر و ماده‌های هر تیمار به رسیدگی جنسی رسیده بودند آن روز، تاریخ رسیدگی جنسی برای آن تیمار در نظر گرفته شد. در آزمایش بعدی برای اندازه‌گیری نسبت جنسی بالغان، نمونهٔ آب درون هر یک از ظروف یک لیتری از روی توری ۱۰۰ میکرونی عبور داده شد. آب باقی‌مانده روی توری درون پلیت ریخته شد. سپس در زیر میکروسکوپ با استفاده از پیپت نمونه‌ها جداسازی و روی لام قرار داده شدند و با استفاده از پنبه آب اضافی روی لام برداشته شد تا نمونه‌ها ثابت و از پهلو قابل مشاهده باشند، سپس جنسیت نر و ماده آن‌ها تشخیص داده شد.

۱.۲. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۱۶و با روش آماری آنالیز واریانس دوطرفه (two-way ANOVA) انجام شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح پنج درصد ($P<0.05$) استفاده شد و محاسبهٔ داده‌ها و ترسیم نمودارها با بسته‌های نرم‌افزاری EXCEL انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

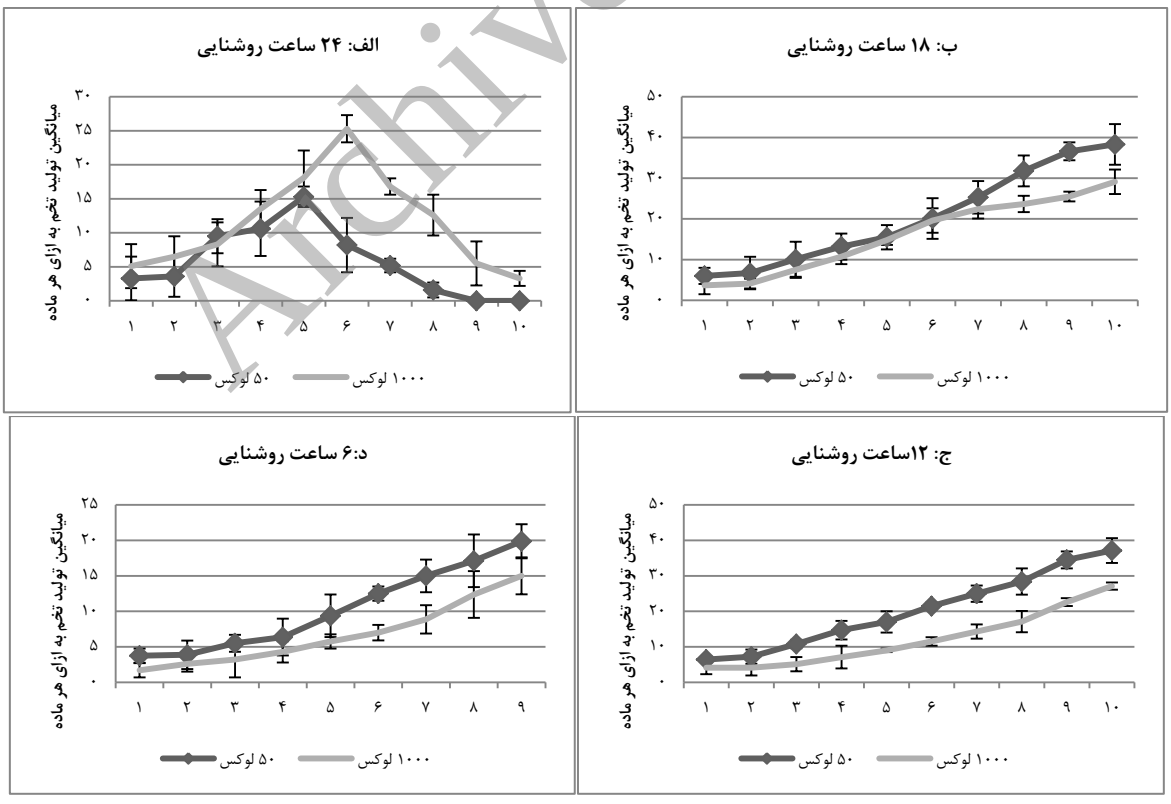
۳. نتایج

آزمایش‌های مربوط به تولید تخم نشان داد که گونهٔ *Acartia clausi* قابلیت تولید تخم در تمامی تیمارهای آزمایشی را دارد. در همهٔ تیمارها تولید تخم در چند روز اول پایین بود سپس، به‌تدریج افزایش یافت (شکل ۱) و بین تیمارهای مختلف از نظر میانگین تولید تخم اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P \leq 0.05$). بیش‌ترین میزان میانگین تولید تخم مربوط به تیمار ۱۸ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی و در شدت نوری پایین (۵۰ لوکس) به ترتیب ۲۰/۰۲ و ۱۹/۹۴ بود، که بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری دیده نشده است ($P \geq 0.05$). کم‌ترین میزان تولید تخم در تیمار ۲۴ ساعت روشنایی و شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) دیده شد که میانگین آن ۶/۴۲ بوده است (جدول ۱).

جدول ۱. میانگین میزان تولید تخم *Acartia clausi* در تیمارهای نوری مختلف و در شدت نوری ۱۰۰۰ و ۵۰ لوکس

تیمار	۲۴ ساعت روشنایی	۱۸ ساعت روشنایی	۱۲ ساعت روشنایی	۶ ساعت روشنایی	تاریکی مطلق
میانگین میزان تولید تخم در شدت ۱۰۰۰ لوکس	۶/۴۲±۳/۲۴^{a*}	۱۵/۷۸±۲/۲^{b}	۱۱/۸۷±۱/۸۱^{b}	۷/۲۶±۲/۰۶^{a}	۸/۱۵±۲/۱۵^{a}
میانگین میزان تولید تخم در شدت ۵۰ لوکس	۱۲/۳۸±۳/۲۱^{a}	۲۰/۰۲±۴/۳۱^{b}	۹۲/۹۴±۳/۹۲^{b}	۱۱/۱۷ ±۲/۶۳^{a}	۸/۷۵±۱/۹۵^{a}

* a و b نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.



Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱. تغییرات تولید تخم در *Acartia clausi* الف) ۲۴ ساعت روشنایی، ب) ۱۸ساعت، ج) ۱۲ ساعت، د) ۶ ساعت روشنایی، ه) تاریکی مطلق در دو شدت نوری ۵۰ و ۱۰۰۰ لوکس (در نمودار ه به دلیل تاریکی مطلق شدت نوری مطرح نبوده است).

نتایج درصد تخم‌گشایی در تیمارهای مختلف نوری و با دو شدت نوری بالا و پایین نشان داد که تخم‌های گونهٔ *Acartia clausi* در تمامی تیمارها قابلیت هچ‌شدن را دارند، اما با کاهش مدت زمان حضور نور درصد تخم‌گشایی نیز پایین می‌آید. از طریق آزمون two- way Anova و مقایسهٔ اثر دورهٔ نوری و شدت نور در قابلیت تخم‌گشایی به این نتیجه رسیدیم که تأثیر دورهٔ نوری در قابلیت هچ‌شدن تخم‌ها بیش‌تر از شدت نور است. همان گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، تغییرات عوامل مورد مطالعه در شدت‌های مختلف روندی مشابه دارد و تغییرات آن‌ها بیش‌تر از دوره‌های نوری و تاریکی پیروی می‌کند. همچنین بیش‌ترین درصد تخم‌گشایی در فتوپریود ۱۸ ساعت روشنایی و شدت نوری بالا و کم‌ترین درصد تخم‌گشایی در تیمار تاریکی مطلق مشاهده شده است (جدول ۲). میانگین درصد هچ برای تیمار ۱۲ ساعت روشنایی در شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) ۷۷/۸۸ بود. بین تیمارهای ۲۴، ۱۸ و ۱۲ ساعت روشنایی در شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس اختلاف معنی‌داری دیده نشد ($P\geq 0.05$)، اما در تیمار ۶ ساعت روشنایی در شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) میانگین درصد هچ بسیار پایین آمد و ۳۷/۵۱ بود که با تیمارهای دیگر این سری آزمایش‌ها اختلاف معنی‌دار داشته است ($P\leq 0.05$). در سری بعدی آزمایش‌ها که در شدت نوری پایین (۵۰ لوکس) انجام شد بین میانگین درصد هچ کل تیمارها اختلاف معنی‌داری دیده شد ($P\leq 0.05$). در تیمار تاریکی مطلق نیز تخم‌ها قابلیت هچ‌شدن را داشتند، اما درصد هچ بسیار پایین بود و میانگین آن (۱۷) از همهٔ تیمارها کم‌تر بوده است (جدول ۲).

جدول ۲. میانگین درصد تخم‌گشایی *Acartia clausi* در تیمارهای نوری مختلف و در شدت نوری ۱۰۰۰ و ۵۰ لوکس

تیمار	۲۴ ساعت روشنایی	۱۸ ساعت روشنایی	۱۲ ساعت روشنایی	۶ ساعت روشنایی	تاریکی مطلق
میانگین درصد تخم‌گشایی در شدت ۱۰۰۰ لوکس	۶۹/۵۰±۶/۷۲ ^{a*}	۸/۰۳±۷/۱۱^{a}	۷۷/۸۸±۷/۴^{a}	۳۷/۵۱±۵/۶^{b}	۱۷±۷/۲^{b}
میانگین درصد تخم‌گشایی در شدت ۵۰ لوکس	۸۰/۴۲±۸/۶۱^{a}	۷۵/۷۰±۷/۷۳^{a}	۵۴/۹۷±۶/۶۳^{b}	۳۳/۷۶±۵/۴۲^{c}	۱۸±۴/۸۳^{d}

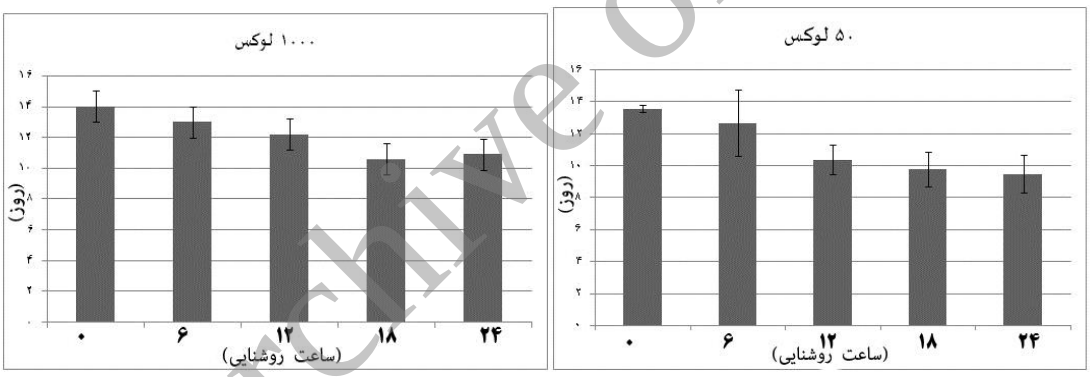
*a و b نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست.

Archive of SID

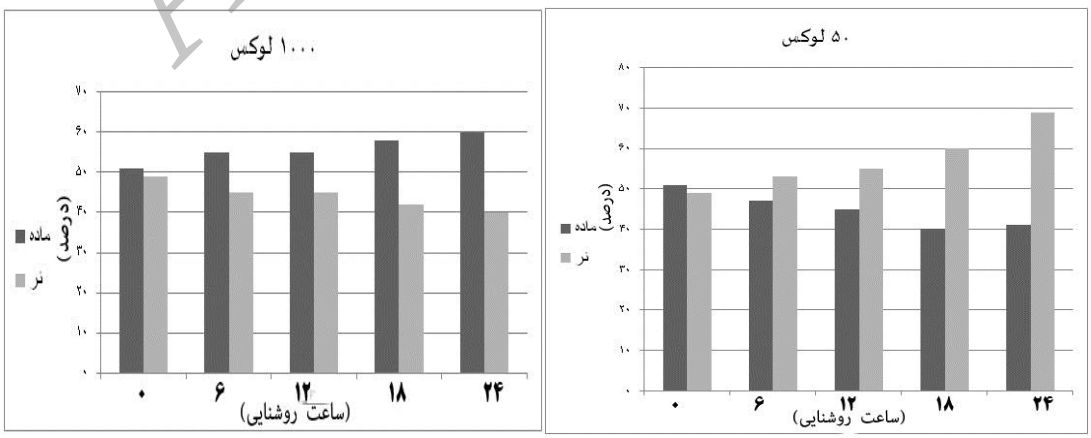
www.SID.ir

برای تیمارهای نوری مختلف و در دو شدت نوری، میانگین مدت زمان رسیدگی جنسی نرها و ماده‌ها محاسبه شد (جدول ۳). در مورد مدت زمان رسیدگی جنسی نتایج نشان داد که با حضور طولانی‌تر نور در محیط، این گونه سریع‌تر مراحل ناپلیوسی و کوپه‌پودیت را طی می‌کند و به بلوغ می‌رسد، که این روند هم در شدت نوری بالا و هم در شدت نوری پایین دیده شد. میانگین کم‌ترین زمان رسیدگی جنسی مربوط به تیمار ۱۸ ساعت روشنایی بود (۱۰,۶±۰,۸)، ولی بین این تیمار با تیمار ۲۴ ساعت روشنایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P\geq 0.05$). بین تیمارهای ۱۲، ۶ و ۰ ساعت روشنایی اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq 0.05$). میانگین بیش‌ترین زمان رسیدگی جنسی مربوط به تیمار تاریکی مطلق بود (۱۵±۰/۷) (شکل ۲).

برای تیمارهای نوری مختلف و در دو شدت نوری نسبت جنسی بالغان اندازه‌گیری شد. بین نسبت جنسی بالغان و تعداد نرها و ماده‌ها در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). در شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) در تیمارهای مختلف فتوپریودی با کاهش فتوپریود درصد ماده‌ها کمی افزایش پیدا کرده، اما این اختلاف معنی‌دار نبوده است. در شدت نوری پایین (۵۰ لوکس) نیز در تیمارهای مختلف فتوپریودی با کاهش فتوپریود درصد ماده‌ها افزایش پیدا کرد، ولی اختلاف چندانی وجود نداشت (جدول ۳).



شکل ۲. میانگین مدت زمان رسیدگی جنسی بر حسب روز برای تیمارهای مختلف در شدت نوری ۵۰ و ۱۰۰۰ لوکس



شکل ۳. میانگین درصد جنسی در *Acartia clausi* برای تیمارهای مختلف در شدت نوری ۵۰ و ۱۰۰۰ لوکس

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. مدت زمان رسیدگی جنسی در *Acartia clausi* و نسبت جنسی بالغان در شدت نوری ۱۰۰۰ و ۵۰ لوکس

		۲۴ ساعت روشنایی	۱۸ ساعت روشنایی	۱۲ ساعت روشنایی	۶ ساعت روشنایی	تاریکی مطلق
شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس	میانگین رسیدگی جنسی بر حسب روز	۱۰/۹ ± ۰/۷	۱۰/۶ ± ۰/۸	۱۲/۲ ±۱/۱	۱۳ ± ۰/۷	۱۴ ±۰/۷
	درصد تعداد نر	٪۶۰	٪۵۸	٪۵۵	٪۵۵	٪۵۱
	درصد تعداد ماده در ۵۰ نمونه	٪۴۰	٪۴۲	٪۴۵	٪۴۵	٪۴۹
شدت نوری ۵۰ لوکس	میانگین رسیدگی جنسی بر حسب روز	۹/۵ ± ۱/۲	۹/۸ ± ۱/۱	۱۰/۴ ± ۰/۹	۱۲/۷ ± ۲/۱	۱۳/۶ ±۰/۲
	درصد تعداد نر	٪۴۱	٪۴۰	٪۴۵	٪۴۷	٪۴۸
	درصد تعداد ماده	٪۵۹	٪۶۰	٪۵۵	٪۵۳	٪۵۲

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات گذشته نشان دادند که رژیم نوری می‌تواند به طور محسوسی میزان تولید تخم در گونه‌های *Acartia* را تحت تأثیر قرار دهد همچنین، نور غیرطبیعی به‌منزلهٔ روشی برای افزایش تولید تخم در کشت متراکم آن‌ها به کار گرفته شده است (Peck and Holste, 2006). مطالعهٔ Peck and Holste (2006) نیز نشان داد که دوره‌های نوری تولید تخم در پاروپایان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ولی تفاوت‌های گونه‌ای در آن‌ها دیده می‌شود. در تحقیق حاضر نشان داده شد که گونهٔ *Acartia clausi* قابلیت تولید تخم را در تمامی شرایط نوری دارد، اما در تیمارهای آزمایشی متفاوت اختلافات معنی‌دار دارند. البته بیش‌ترین میزان تولید تخم در تیمارهای ۱۸ و ۱۲ ساعت روشنایی و در شدت نوری ۵۰ لوکس بود و در تیمارهای ۲۴ ساعت روشنایی با شدت نوری ۱۰۰۰ و ۵۰ لوکس تولید تخم از روزهای ابتدایی آزمایش تا روزهای میانی افزایش، ولی پس از آن کاهش یافته است، به طوری که در روزهای پایانی آزمایش در تیمار ۲۴ ساعت روشنایی و شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس بسیاری از نرها و ماده‌ها مردند و تولید تخم به صفر رسید. در مورد تیمار تاریکی مطلق میانگین تولید تخم در روزهای اول بسیار پایین بود، ولی در روزهای میانی افزایش و در چند روز پایانی آزمایش در سطحی ثابت باقی ماند، که احتمالاً دلیل آن این است که نرها و ماده‌های تحت آزمایش کم‌کم با شرایط خاص سازگار شدند و روشنایی مطلق و هم تاریکی مطلق شرایطی غیرطبیعی برای موجودات به حساب آمد و موجود پس از تطابق با محیط می‌تواند تولید تخم خود را افزایش دهد.

Camuso and zink (2008) با تحقیق دربارهٔ گونهٔ *Acartia sinjiensis* به این نتیجه رسیدند که در روشنایی مطلق تولید تخم در چهار روز اول در بالاترین حد خود است، اما از روز پنجم به بعد کاهش پیدا می‌کند و پایین‌تر از سایر تیمارها قرار می‌گیرد. آن‌ها بیان کردند که تحت روشنایی ثابت، احتمالاً کوپه‌پودها در تمام ساعات شبانه‌روز فعالیت می‌کنند که این امر سبب افزایش سوخت‌وساز و

Archive of SID

www.SID.ir

ازبین‌رفتن انرژی ذخیره‌شده در بدن آن‌ها می‌شود و تولید تخم در روزهای انتهایی را کاهش می‌دهد. همچنین در تاریکی مطلق تولید تخم در هشت روز به طور یکنواخت افزایش یافته و در آخرین روز آزمایش تقریباً دو برابر شده است، اما در تحقیق حاضر تولید تخم در روزهای پایانی ثابت ماند و افزایشی نداشته است که می‌تواند شاخصی برای سازگاری کم‌تر این گونه باشد.

Milon (1992) نشان داد که نور دائمی می‌تواند مانع از رشد، بلوغ و تولیدمثل بی‌مهرگان آبزی شود. همچنین Sergestral (1970) بیان کرد که نور دائمی تکامل طبیعی گنادها را در آمفی‌پودا محدود می‌کند و در نتیجه در میانگین تخم‌های تولیدشدهٔ ماده‌ها تأثیرگذار است. تحقیقات دیگر نشان دادند در مورد هارپاکتیکوئیدها نیز نور ممتد شرایط نامطلوبی را برای آن‌ها به وجود می‌آورد و توانایی تولیدمثل آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد (Milion, 1992). در این تحقیق نیز کم‌ترین میزان تولید تخم در تیمار ۲۴ ساعت روشنایی در شدت نوری ۱۰۰۰ لوکس دیده شد که استفاده از خصوصیات طبیعی یعنی نور و تاریکی را تأکید می‌کند.

نتایج درصد تخم‌گشایی در تیمارهای مختلف نوری و با دو شدت نوری بالا و پایین، نشان داد که تخم‌های گونهٔ *Acartia clausi* در تمامی تیمارهای نوری آزمایش‌شده قابلیت هچ‌شدن را دارند، اما با کاهش مدت زمان حضور نور درصد تخم‌گشایی پایین آمده و بیش‌ترین میزان تخم‌گشایی در تیمارهای با شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) و در فتوپریودهای ۱۸ و ۱۲ ساعت روشنایی دیده شده است. همچنین در تیمار ۲۴ ساعت روشنایی و در شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) در روزهای پایانی آزمایش به دلیل مرگ بسیاری از ماده‌ها و نرها تولید تخم پایین و در حد صفر بود که این امر نیز نشان‌دهندهٔ این موضوع است که استفاده از نور دائمی در کشت و پرورش این گونه مناسب نیست. در مقایسهٔ اثر دورهٔ نوری و شدت نوری در قابلیت تخم‌گشایی نتایج نشان داد که تأثیر دورهٔ نوری در قابلیت هچ‌شدن تخم‌ها مشابه میزان درصد تولید تخم بود و روشنایی ۱۲ الی ۱۸ ساعت مناسب‌ترین حالت ولی در شدت بالا توصیه می‌شود.

Holset and Pik (2006) نیز نشان دادند که فتوپریود تأثیر شایان ملاحظه‌ای در موفقیت تخم‌گشایی تخم‌های تولیدشدهٔ *Acartia tonsa* دارد. آن‌ها بیان کردند زمانی که تناوب‌های نوری اعمال‌شده روی مولدین کاهش پیدا می‌کند، به طور شایان ملاحظه‌ای موفقیت تخم‌گشایی تخم حاصل از مولدین نیز کاهش می‌یابد، به طوری که در آزمایش انجام‌شده نصف و سه‌چهارم تخم‌های تولیدشده در فتوپریودهای ۸ و ۱۲ ساعته هچ نشدند. Camus and zink (2008) با تحقیق دربارهٔ گونهٔ *Acartia sinjiensis* نشان دادند که میزان هچ‌شدن تخم‌ها به طور پیوسته و یکنواختی با افزایش زمان روشنایی افزایش پیدا می‌کند.

به نظر می‌رسد در اعضای جنس *Acartia*، علاوه بر فتوپریود، دما و غلظت اکسیژن نیز عمده عوامل محیطی تأثیرگذار در تولید تخم‌های در حال استراحت (Restig eggs) باشند (Castro-Longoria and Williams, 1999; Chinnery and Williams, 2003). البته به‌وجودآمدن تخم‌های در حال استراحت در این تحقیق دیده نشده است. به‌وجودآمدن این نوع

Archive of SID

www.SID.ir

تخم‌ها تنها به دلیل شرایط نامساعد رخ می‌دهد و بسیاری از گونه‌ها در شرایط نامطلوب تولید تخم‌های در حال استراحت را آغاز می‌کنند (Castellani and Lucas, 2003) که تولیدنشدن آن‌ها می‌تواند دلیلی بر وجود شرایط مناسب باشد.

در تحقیق حاضر با کاهش مدت زمان تابش نور زمان رسیدگی جنسی افزایش یافت، یعنی گونهٔ *Acartia clausi*کندتر مراحل ناپلیوسی و کوپه‌پودیت را طی کرد و به بلوغ رسید، که این روند هم در شدت نوری بالا و هم در شدت نوری پایین دیده شد. در میان همهٔ تیمارهای آزمایشی کوتاه‌ترین زمان رسیدگی جنسی مربوط به تیمارهای با فتوپریود ۲۴ و ۱۸ ساعت روشنایی بود که در آن ۹۵ درصد مولدین در کوتاه‌ترین زمان به بلوغ رسیدند و این نتیجه با سایر مطالعات نیز همخوانی داشته است، در مطالعهٔ Camus and Zink (2008) رشد گونهٔ *Acartia sinjiensis* تحت تأثیر فتوپریود قرار داشته و در زمان روشنایی بیش‌تر رشد سریع‌تر بوده است. آن‌ها همچنین بیان کردند که طول دورهٔ ناپلیوسی به زمان فتوپریود وابسته است، با توجه به این نتایج و با توجه به این‌که ناپلیوس کوپه‌پودها اغلب غذای ماهیان دریایی در مراحل اولیهٔ تغذیه‌اند می‌توان گفت که با تغییردادن نور در هچری‌ها می‌توان زمان رشد و تکامل در مراحل ناپلیوسی را افزایش داد تا ناپلیوس‌ها را برای مدت زمان طولانی‌تری در دسترس داشت. نتایج نشان داد که شدت نور نیز همانند تناوب نور در زمان رسیدگی جنسی تأثیرگذار است و کوتاه‌ترین زمان رسیدگی جنسی در تیمارهای با فتوپریود ۲۴ ساعت روشنایی (۹/۵±۱/۲) و ۱۸ ساعت روشنایی (۹/۸±۱/۱) در شدت ۵۰ لوکس مشاهده می‌شد (شدت نوری پایین). در مطالعه‌ای دیگر دربارهٔ گونه‌ای هارپاکتیکوئید دریایی به نام *Nitocra affinis* در شدت نوری کم میزان رشد بهتر بوده و شدت نوری بالا باعث رشد کم و بقای کم‌تر موجود شده است (Hazel et al., 2005).

جنسیت در کوپه‌پودها طی تقسیم میوز و به واسطهٔ کروموزوم‌های x و y تعیین می‌شود (Gilbert and Williamson, 1983). همچنین مشخص شده که جنسیت می‌تواند تحت تأثیر حرارت هم تغییر کند (Anholt and Voordouw, 2002). البته در گونهٔ *Acartia sinjiensis*جنسیت به طور معنی‌داری تحت تأثیر فتوپریود نبوده و در همهٔ تیمارهای نوری تعداد ماده‌ها بیش‌تر از نرها بوده است (Camus and Zeng 2008). در مطالعهٔ حاضر نیز بین درصد بالغان نر و ماده در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در شدت نوری بالا (۱۰۰۰ لوکس) با کاهش فتوپریود درصد ماده‌ها کمی افزایش پیدا می‌کند، اما در شدت نوری پایین (۵۰ لوکس) با کاهش فتوپریود درصد ماده‌ها کاهش پیدا کرده است. شایان ذکر است که وجود ماده‌های بیش‌تر به تولید تخم بیش‌تری نیز می‌انجامد بنابراین در کشت متراکم، می‌توان گفت که شدت نور پایین‌تر و فتوپریود بالاتر از ۱۲ ساعت مناسب‌تر است و در نهایت تولید را بالا می‌برد.

با توجه به مطالب مذکور، برای پرورش بهتر پاروپایان و افزایش میزان تولید تخم در آن‌ها بهتر است که از تاریکی و روشنایی به طور متناوب و شدت نوری کم استفاده شود و بهترین تناوب برای به‌دست‌آوردن بالاترین میزان تولید تخم از *Acartia clousi* ۱۸ یا حداقل ۱۲ ساعت روشنایی است. از طرف دیگر، نور دائمی در محیط شرایط مطلوب و

Archive of SID

www.SID.ir

مناسبی برای کشت پاروپایان نیست و می‌تواند تولید تخم را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد؛ افزایش شدت نوری نیز موجب کاهش میزان تولید تخم می‌شود. براساس نتایج مطالعهٔ حاضر و مطالعات دیگر احتمالاً وجود نور طولانی‌مدت یا نور ناکافی در محیط شرایط نامساعدی را برای این گونه به وجود می‌آورد که هم موجب کاهش میزان تولید تخم و هم ایجاد تخم‌های در حال استراحت می‌شود؛ همچنین درصد تخم‌گشایی را کاهش می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت برای تولید تخم بیش‌تر و برای این‌که درصد هچ بالاتر در نرها و ماده‌ها زودتر به بلوغ برسند بهترین شرایط نوری شدت نوری پایین‌تر و فتوپریودهای بالاتر از ۱۲ ساعت است.

تقدیر و تشکر

از زحمات کارشناسان مرکز آزمایشگاهی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس نور برای همکاری صمیمانه‌شان کمال تشکر و قدردانی را داریم.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1]. Ambler, J.A., 1986. Effects of food quantity and quality on egg production of *Acartia tonsa* Dana from East Lagoon, Galveston, Texas Estuar. Coast. Shelf Sci. 23, 183–196.

[2]. Anholt, B.R., Voordouw M.J., 2002. Environmental sex determination in a splash pool copepod. Biol. J. Linn. Soc. 76, 511–520.

[3]. Avery, D.E., 2005. Induction of embryonic dormancy in the Calanoid copepod *Acartia hudsonica*: proximal cues and variation among individuals. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 314, 203–214.

[4]. Belmonte, G., Potenza, D., 2001. Biogeography of the family Acartiidae (Calanoida) in the Ponto-Mediterranean Province. In Copepoda: Developments in Ecology, Biology and Systematics (pp. 171-176). Springer Netherlands.

[5]. Buikema, A.L., 1973. Some effects of light on the growth, molting, reproduction and survival of the Cladoceran, *Daphnia pulex*, Hydrobiologia **41** . pp. 391–418.

[6]. Camus T., Zeng C., 2008. Effects of photoperiod on egg production and hatching success, naupliar and copepodite development, adult sex ratio and life expectancy of the tropical calanoid copepod *Acartia sinjiensis* :Aquaculture 280 , 220–226.

[7]. Carlotti F., Rey C., Javanshir A., Nival S. 1997; Laboratory studies on egg and faecal pellet production of *Centropages typicus:* effect of age, effect of temperature, individual variability; *J. Plankton Research*; 1997; 19: 1143–1165.

[8]. Castro-Longoria, E., Williams J.A., 1999. The production of subitaneous and diapause eggs: a reproductive strategy for *Acartia bifilosa* (Copepoda: Calanoida) in Southhampton water UK. J.Plankton Res. 21, 65–84.

[9]. Cervetto, G., Gaudy R., Pagano M., 1999. Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda Calanoida). J.Exp. Mar. Biol. Ecol. 239, 33–45.

[10]. Chen, Q., Sheng, J., Lin, Q., Gao, Y., Lv, J., 2006. Effect of salinity on reproduction and survival of the copepod Pseudondiaptomus annandalei Sezell, 1919. Aquaculture 258, 575–582.

[11]. Chinnery, F.E., Williams J.A., 2003. Photoperiod and temperature regulation of diapause egg production in *Acartia bifilosa* from Southampton water. Mar. Ecol. Prog.

[12]. Farhadian, A., 2011.Gruth and production in copepod cyclopoid *Microcyclops varicans*. journal of biology of Iran,Vol.24,No.4,549-557.

[13]. Gilbert, J.J., Williamson C.E., 1983. Sexual dimorphism in zooplankton (copepoda, cladocera and rotifera). Ann. Rev. Ecology. Syst. 14, 1–33.

[14]. Hairston, N.G., Kearns C.M., 1995. The interaction of photoperiod and temperature in diapause timing: a copepod example. Biol. Bull. 189, 42–48

[15]. Hazel, M.P., Fatimah Y., Mohamed S., Aziz A., 2005. Effects of some environmental parameters on the reproduction and development of a tropical marine harpacticoid copepod *Nitocra affinis* f. californica Lang. Marine Pollution Bulletin 51 , 722–728

[16]. Holste, L., Peck, M. A., 2006. The effects of temperature and salinity on egg production and hatching success of Baltic *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida): a laboratory investigation. Marine Biology, 148(5), 1061-1070.

[17]. Koski,M., 1999. feeding and production of common planktonic copepods: the effect of food and temperetur. Helsinki University .Finland. P:35.

Archive of SID

www.SID.ir

[18]. Lee, C.-S., O'Bryen, P., Marcus, N.H., 2005. Copepods in Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, p. 288.

[19]. Marcus, N.H., 2005. Calanoid copepods, resting eggs, and aquaculture. In: Lee, C.-S., O'Bryen, P.J., Marcus, N.H. (Eds.), Copepods in aquaculture. Blackwell Scientific Publication Ltd,Melbourne, pp. 3–9.

[20]. McEvoy, L., Naess T., Bell J.G., Lie O., 1998. Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed enriched Artemia: a comparisonwith fry fed wild copepods. Aquaculture 163, 235–248.

[21]. Milion, H., 1992. Effects of light (photoperiod, spectral composition) on the population dynamics of Tisbe holo thuriae Humes (Copepoda: Harpacticoida), Hydrobiologia **232** (1992), pp. 201–209

[22]. Munk, P., Nielsen T.G., 1994. Tropho dynamics of the plankton Community at Dogger Bank: predatory impact by larval fish. J. Plankton Res. 16, 1225–1245.

[23]. Nanton, D.A., Castell, J.D., 1999. The effects of temperature and dietary Fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for Use as live food for marine fish larvae. Aquaculture 175, 167–181.

[24]. Omori, M., Ikeda, T., 1984. Methods in zooplankton ecology. John Wiley and Sons Inc.,New York, 332P.

[25]. Payne, M. F., Rippingale, R. J., 2001. Effects of salinity, cold storage and enrichment on the calanoid copepod< i> *Gladioferens imparipes*</i>. Aquaculture, 201(3), 251-262.

[26]. Peck, M.A., Holste L., 2006. Effects of salinity, photoperiod and adult stocking density on egg production and egg hatchingsuccess in *Acartia tonsa* (Calanoida: Copepoda): Optimizingintensive cultures. Aquaculture 255(2006) 341-350.

[27]. Pepin, P., Penney R.W., 1997. Patterns of prey size and taxonomic Composition in larval fish: are there general size dependent models? J. Fish Biol. 51, 84–100.

[28]. Rodriguez ,V., Guerrero F., Bautista B., 1995. Egg production of individual copepods of *Acartia grani* Sars from coastal waters: seasonal and diel variability. J. PlanktonRes.17, 2233–2250.

[۲۹]. Sargent, J.R., Falk-Petersen S.,1988. The lipid biochemistry of calanoid copepods. Hydrobiologia 167/168, 101–114.

[30]. Savas, S., and Erdogan, O., 2006. The effect of food (*Scendesmus acuminatus* (Von Lagerheim)R.H. Chodat) densities and temperature on the population growth of the cladoceran Ceriodaphnia quadrangula .Muller, 1785. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 23:113-116.

[31]. Schipp,G.R.,Bosmans,J.M.P.,Marshall,A.J.,1999.A method for hatchery culture of tropical Calanoid copepods,*Acartia spp*.Aquaculture,174:81-88.

[32]. Sergestråle, S.G., 1970. Light control of the reproductive cycle of *Pontoporeia affinis* Lindstrom (Crusteceana: Amphipoda), Journal of Experimental marine Biology and Ecology **5** (1970), pp. 272–275.

[33]. Shields, R. J., J. G. Bell, F. S. Luizi, B. Gara, N. R. Bromage and J. R. Sargent, 1999. Natural copepods are superior to enriched Artemia nauplii as feed for halibut larvae (Hippoglossus hippoglossus) in terms of survival, pigmentation, and retinal morphology: relation to dietary essential fatty acids. Journal ofNutrition 129:1186-1194.

[34]. Stearns ,D.E., Tester P.A., Walker R.L., 1989. Diel changes in the egg production rate of *Acartia tonsa* (Copepoda Calanoida) and related environmental factors in two estuaries. Mar. Ecol. Prog. Ser.52,7–16.

Archive of SID

www.SID.ir

[35]. Støttrup, J., 2003. Production and nutritional value of copepods. In: Støttrup J., McEvoy L.A. (Eds.), Live Feeds in Marin Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 145–205.

[36]. Stottrup,J,G., and McEvoy,J.A., 2003. Live feeds In marine aquaculture. Aquaculture Nutrition. Blsckwell Science. 318p.

[37]. Svåsand, T., Kristiansen T.S., Pedersen T., Salvanes A.G.V., Engelsen R., Nødtvedt M., 1998. Havbeite med torsk artsrapportNorges forskningsråd. 78 pp.

[38]. Toledo J.D., Golez M.S., Doi M., Ohno A., 1999. Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper Epinepheluscoiodes. Fish. Sci. 65, 390–397.

Archive of SID

www.SID.ir