

اثر عوامل اکولوژیک شوری و دما در پرورش متراکم پاروپای گونه *Acartia tonsa* دریای خزر

فاطمه شاکری^۱، محمدعلی نعمت‌اللهی^{۲*}، آرش جوانشیر^۲، ابوالقاسم روحی^۳

۱. کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. استادیار سازمان تحقیقات و آموزش جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۴/۹

چکیده

پاروپایانی نظیر *Acartia tonsa* از نظر آبی‌پروری بدلیل دارا بودن میزان هم‌آوری زیاد، زمان تجدید نسل کوتاه و نیز مقاومت نسبت به تغییرات شوری و دما دارای اهمیت قابل توجهی اند. لذا تولید انبوه *A. tonsa* جهت استفاده از آن به عنوان غذای زنده در صنعت آبی‌پروری از اهداف این تحقیق بوده است. در این مطالعه نقش عوامل اکولوژیک شوری و دما در چرخه زندگی گونه *A. tonsa* دریای خزر در شرایط آزمایشگاهی در سه تیمار دمایی (۲۹±۱، ۲۷±۱ و ۲۵±۱ درجه سانتیگراد) و دو تیمار شوری (۱۲ ppt و ۱۷ ppt) طی مدت زمان ۶۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. این گونه توسط تورپلانکتون با اندازه چشمه ۱۰۰ میکرون از عمق تا ۱۰ متر حوزه جنوبی دریای خزر (منطقه خزر آباد) جمع‌آوری شد. بررسی چرخه زیستی این زئوپلانکتون نشان داد که این گونه در طی ۱۰-۸ روز بالغ می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده اختلافات معنی‌داری در تعداد موجودات در مراحل ناپلیوسی و کوپه پودیت در شوری‌ها و درجه حرارت‌های مختلف مشاهده گردید ($P < 0.05$). بیشترین میزان تولید تخم، و تبدیل آنها به مرحله ناپلیوس در دمای ۲۹ درجه سانتیگراد با شوری ۱۷ ppt بود. بیشترین میزان بازماندگی این گونه نیز در همین شوری ثبت گردید. این تحقیق نشان داده است که در شرایط آزمایشگاهی می‌توان تولید انبوه از گونه *A. tonsa* با شوری آب دریای خزر تهیه نمود که میزان تولید مثل آن در حدود ۸-۱ عدد تخم در روز بازای هر جانور ماده است که قابل مقایسه با تولید مثل طبیعی آن در دریا با حدود ۵۰-۱۱ عدد تخم در روز می‌باشد.

واژگان کلیدی: دریای خزر، پاروپایان، *Acartia tonsa*، شوری، درجه حرارت، چرخه زیستی

۱. مقدمه

پاروپایان در میان جمعیت‌های زئوپلانکتون در اغلب اکوسیستم‌های آبی بعنوان بزرگترین گروه از شاخه سخت‌پوستان به شمار می‌آیند و تقریباً ۷۰٪ جمعیت‌های زئوپلانکتونی را در محیط دریایی به خود اختصاص می‌دهند (Stottrup and McEvoy, 2003). پاروپایان بدلیل زیست پلانکتونی و قابلیت دسترسی، بعنوان منبع اصلی تغذیه لارو و بچه ماهیان هستند که در نهایت موجب افزایش میزان بازماندگی و رشد مطلوب لارو آبزیان میشوند. از آنجایی که دستگاه گوارش لارو ماهیان به خوبی تکامل نیافته است، تغذیه آنها با انواع غذاهای مصنوعی نیز امکان پذیر نمی‌باشد، لذا باید از غذاهای زنده در این مراحل استفاده نمود (Altaff, 1996; Rippingale and Payne, 2001a,b). غذاهای زنده مانند روتیفر و آرتمیای علی‌رغم قابلیت تولید بالا و دسترسی آسان، به دلیل کمبود اسیدهای چرب گروه HUFA^۱ بخصوص اسیدهای چرب DHA^۲ عمدتاً با روش‌های مختلف غنی‌سازی می‌شوند. با این وجود در بسیاری از لارو ماهیان دریایی، بازماندگی پایین و رشد ناچیزی مشاهده می‌شود که این امر به دلیل کمبود منابع اسیدهای چرب ضروری می‌باشد (Naess et al., 1995; McEvoy et al., 1998; Shields et al., 1999; Sargent et al., 1999). در پاروپایان سطوح بالاتری از آنزیم‌های گوارشی وجود دارد که این عوامل سبب می‌شود که آنها به عنوان یک گروه مهم از غذاهای زنده در طول تغذیه لاروی ماهیان به کار روند (Stottrup, 2000).

در پرورش بعضی از گونه‌های جدید ماهی دارای لاروهایی با اندازه دهانی خیلی کوچک هم چون ماهیان زینتی دریایی، هامور و سرخو که پرورش آنها با غذاهای عمده تجاری (روتیفر و آرتمیای) مشکل بوده،

کارهای زیادی در تولید انبوه پاروپایان در سیستم‌های متراکم با موفقیت‌های بالا انجام شده است (Stottrup and McEvoy, 2003; Rimmer, 2000; Marte, 2002; Payne and Rippingale, 2000a,b) در این تحقیق میزان رشد، تخم ریزی و رسیدن به مرحله بلوغ در شرایط شوری (۱۲ و ۱۷ ppt) و سه دمای (۲۹±۱، ۲۷±۱ و ۲۵±۱ درجه سانتی‌گراد) بررسی می‌شود.

۲. مواد و روشها

بررسی چرخه زندگی در شرایط آزمایشگاهی مشابه با شرایط اکولوژیک دریای خزر به مدت ۶۰ روز در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ساری انجام شد و در آن اثرات شوری و دما بصورت هم‌زمان بر روند رشد گونه *Acartia tonsa* مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه برداری از گونه *A. tonsa* از سواحل جنوبی دریای خزر در منطقه خزر آباد ساری توسط تور زئوپلانکتون با اندازه چشمه ۱۰۰ میکرون و قطر دهانه ۳۶ سانتی‌متر به صورت کشش عمودی صورت گرفت. در آزمایشگاه نمونه‌ها به دو گروه تقسیم شدند: گروه اول بصورت زنده در آکواریومهایی که از قبل آبگیری شده بودند منتقل گردید تا آزمایش‌ها در تیمارهای مختلف صورت گیرد. دسته دوم از نمونه‌های زئوپلانکتون برای شناسائی مراحل زندگی *Acartia tonsa* با فرمالین ۴٪ فیکس شده (Newell and Newell, 1977) و در آزمایشگاه با استفاده از میکروسکوپ اینورت مورد آنالیز قرار گرفت. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل ۶ تیمار که هر یک واجد ۳ تکرار بودند، به اجرا درآمد. آزمایش‌ها در تیمارهای دما و شوری مختلف بشرح جدول ۱ میباشد.

جدول ۱. تیمارهای مورد آزمایش شوری و دما

تیمار	شوری (ppt)	دما (°C)	تیمار	شوری (ppt)	دما (°C)
۱	۱۷	۲۹±۱	۴	۱۲	۲۹±۱
۲	۱۷	۲۷±۱	۵	۱۲	۲۷±۱
۳	۱۷	۲۵±۱	۶	۱۲	۲۵±۱

^۲ Docosahexaenoic acid

^۱ Highly Unsaturated Fatty Acid

گونه *Acartia tonsa*

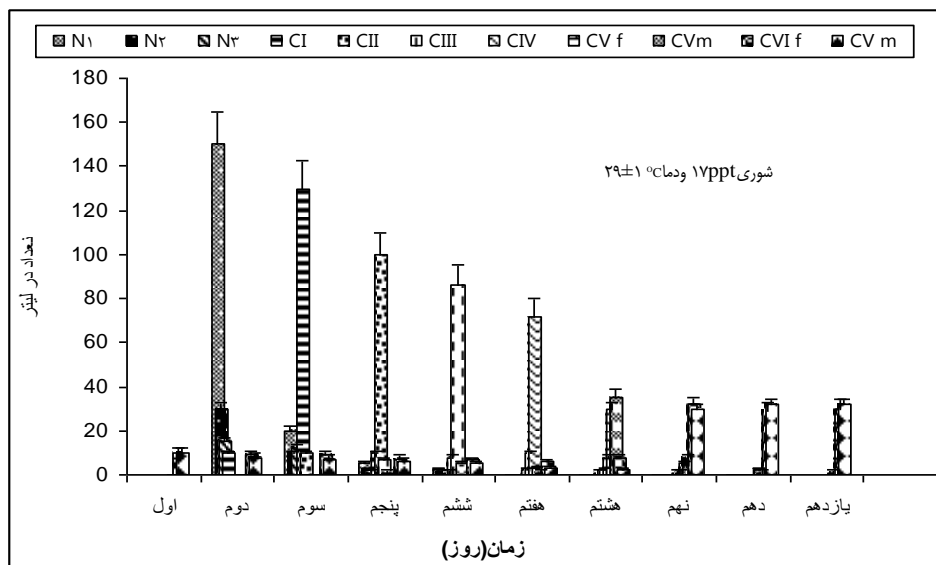
تیمار ۱. شوری ۱۷ ppt و دما $29 \pm 1^\circ C$

در این شوری و دما موجود بعد از یک روز تخم‌ریزی انجام داد. روز دوم ۱۹۵ عدد ناپلیوس در هر لیتر مشاهده شد. بیشترین تولید ناپلیوس در این تیمار دما و شوری مشاهده شد و ناپلیوس‌ها ۸۰٪ (شکل ۱) از حجم ظرف را در برگرفتند. در روز اول مرحله کوپه‌پودیت یک (C1) به میزان ۵٪ (۱۰ عدد در هر لیتر) مشاهده شد. در روز دوم حدود ۸۰٪ از ناپلیوس‌ها به مرحله کوپه‌پودیت رسیدند و میزان بسیار اندکی از ناپلیوس‌ها رشد نکردند و در مرحله ناپلیوس باقی ماندند. در روز هفتم حدود ۷۵٪ از کوپه‌پودیت‌ها رشد کردند و به مراحل بالاتری رسیدند. در روز هشتم پس از تخم‌ریزی کوپه‌پودیت‌های مرحله چهارم (C4) به مرحله پنجم رسیدند و به تعداد نرها و ماده‌ها مرحله پنجم اضافه شد. تلفات در نرها و ماده‌های اولیه ذخیره شده بسیار کم و با روند کندتری پیش رفت (شکل ۱).

در این آزمایش‌ها تغذیه *A. tonsa* از جلبک کلرلا (*Chlorella vulgaris*) هر ۶ ساعت با تراکم 4×10^4 و با هوادهی ملایم و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با طراحی و نمونه برداری طرح تحقیقی به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل شوری، درجه حرارت و ابتدا در نرم افزار Excel بصورت بانک اطلاعاتی داده‌ها ثبت گردید و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۸ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس دو طرفه (Two-way- ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan) در سطح اطمینان ۹۵٪ پس از نرمال سازی داده‌ها استفاده گردید (Snedecor and Cochran, 1982).

۳. نتایج

۱.۳. بررسی اثر شوری و دما در چرخه زندگی



شکل ۱. مراحل مختلف زندگی گونه *Acartia tonsa* در شوری ۱۷ ppt و دما $29 \pm 1^\circ C$.

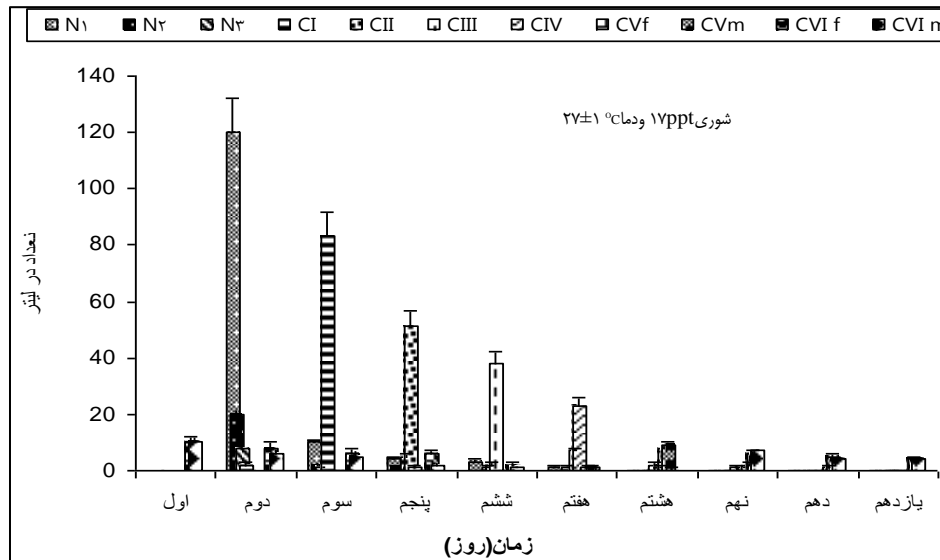
اتفاق افتاده و منجر به تولید ناپلیوس شد. ۱۵۸ عدد ناپلیوس در هر لیتر مشاهده شد. روز دوم مرحله کوپه‌پودیت یک (C1) به تعداد کمتری (۲٪) از کل

تیمار ۲. شوری ۱۷ ppt و دما $27 \pm 1^\circ C$

در شوری ۱۷ ppt و دما $27 \pm 1^\circ C$ ، یک روز پس از ذخیره سازی نرها و ماده‌های بالغ تخم‌ریزی

۲۵٪ از حجم نمونه در لیتر را جنس نر و ماده مرحله پنجم تشکیل می‌دهد که این میزان بسیار کم است (شکل ۲).

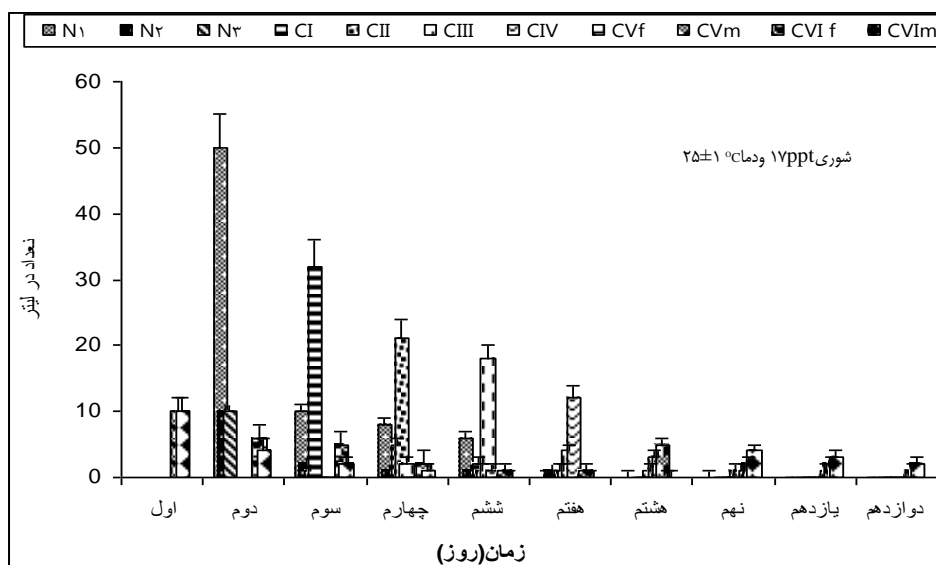
نمونه‌ها مشاهده شد. در روز سوم ۱۰٪ از ناپلیوس‌ها در همان مراحل باقی ماندند و بقیه به مراحل کوپه‌پودیت رسیدند. مرگومیر در ماده‌ها و نرهای اولیه ذخیره شده کمتر دیده شده است. در روز نهم



شکل ۲. مراحل مختلف زندگی گونه *Acartia tonsa* در شوری ۱۷ppt و دما $27 \pm 1^\circ \text{C}$.

نمونه در هر لیتر را تشکیل می‌دهد. در روز دوم هیچ کوپه‌پودیتی مشاهده نشده است. ۶۰٪ از ناپلیوس‌ها به مرحله کوپه‌پودیت رسیدند و بقیه در همان مرحله باقی ماندند. تلفات در نرها و ماده‌های تخم‌ریزی کرده به مراتب بیشتر شده است. نسبت تلفات در هر مرحله حدود ۱۰٪ می‌باشد (شکل ۳).

تیمار ۳. شوری ۱۷ ppt و دما $25 \pm 1^\circ \text{C}$ در این شوری و دما نسبت تولید ناپلیوس خیلی کاهش یافته و حدود ۷۰٪ (۷۰ عدد در هر لیتر) از حجم نمونه در لیتر را تشکیل می‌دهد (شکل ۳). ناپلیوس ۲ (N_2) و ناپلیوس ۳ (N_3)، ۲۰٪ از حجم

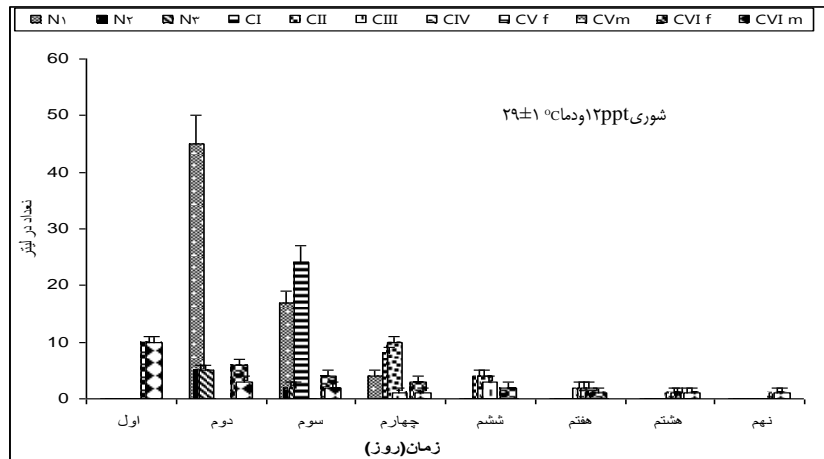


شکل ۳. مراحل مختلف زندگی گونه *Acartia tonsa* در شوری ۱۷ppt و دما $25 \pm 1^\circ \text{C}$.

تیمار ۴. شوری ۱۲ ppt و دما 29 ± 1 °C

در این شوری و دما میزان تخم‌ریزی و تولید ناپلیوس به میزان زیادی کاهش یافته است. در روز دوم ۵۵ عدد ناپلیوس در هر لیتر تولید شد. ۲۵٪ از ناپلیوس‌ها در همین مرحله باقی ماندند و بقیه به مرحله کوپه‌پودیت رسیدند. در روز دوم هیچ کوپه‌پودیتی مشاهده نشده است. تلفات در نرها و ماده‌ها که تخم‌ریزی انجام

دادند به میزان زیادی رسیدند. در روز چهارم ۵۰٪ از ماده‌ها و نرهای ذخیره شده دچار تلفات شدند. در روز چهارم یک سوم از کوپه‌پودیت‌های مرحله یک (C₁) به مرحله دوم کوپه‌پودیت (C₂) رسیدند و بقیه دچار تلفات شدند. در روز دوازدهم پس از تخم‌ریزی هیچ موجودی در ظرف مشاهده نشده است (شکل ۴).

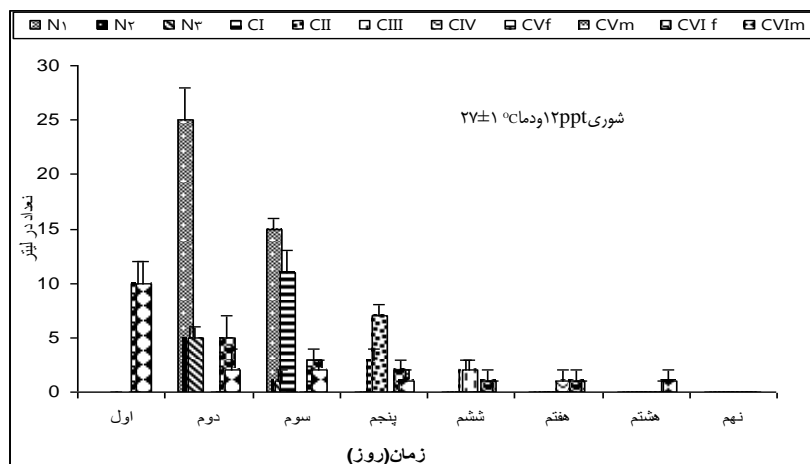


شکل ۴. مراحل مختلف زندگی گونه *Acartia tonsa* در شوری ۱۲ ppt و دما 29 ± 1 °C

تیمار ۵. شوری ۱۲ ppt و دما 27 ± 1 °C

در این شوری و درجه حرارت میزان تخم‌ریزی و تولید ناپلیوس به شدت کاهش یافت. در روز دوم، موجود تخم‌ریزی کرده و به ۳۵ عدد رسید. ۵۰٪ از ناپلیوس‌ها در همان مرحله باقی ماندند و بقیه در روز

سوم به مرحله کوپه‌پودیت یک (C₁) رسیدند. در روز پنجم هیچ ناپلیوسی در ظروف مشاهده نشده است. ۵۰٪ از کوپه‌پودیت مرحله یک (C₁) به مرحله دوم کوپه‌پودیت (C₂) رسیدند. ۱٪ از ناپلیوس‌ها به مرحله پنجم کوپه‌پودیت (CVI) رسیدند. در روز نهم اکثر مراحل آکارتیا دچار تلفات شدند.

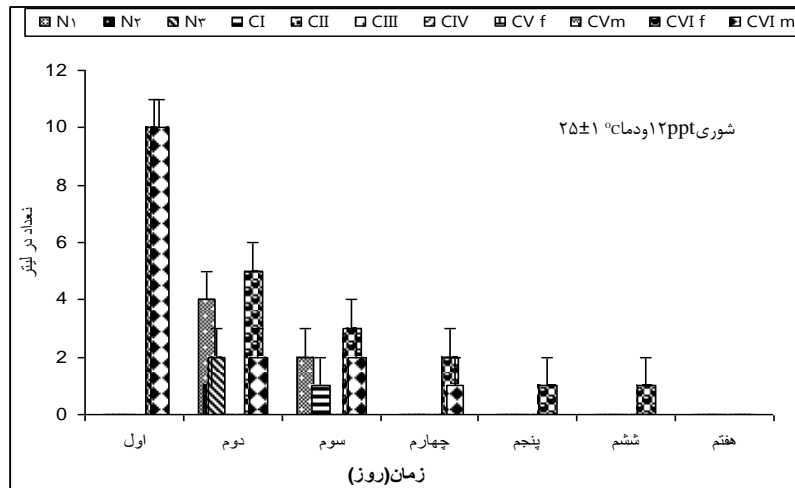


شکل ۵. مراحل مختلف زندگی گونه *Acartia tonsa* در شوری ۱۲ ppt و دما 27 ± 1 °C

مرحله کوپه پودیت یک (C1) رسیدند. از این ۱۵٪ ناپلیوسی که به مرحله یک کوپه پودیت رسیدند هیچ یک به مراحل بالاتر رشد نکردند. در روز هشتم پس از تخم‌ریزی هیچ یک از نرها و ماده‌ها در ظروف باقی نماند.

تیمار ۶. شوری ۱۲ ppt و دما $25 \pm 1^\circ\text{C}$

در شوری ۱۲ ppt و دما $25 \pm 1^\circ\text{C}$ در روز دوم ۷ عدد ناپلیوس تولید شده است. در روز دوم هیچ کوپه پودیتی مشاهده نشد. ۱۵٪ از ناپلیوس‌ها به



شکل ۶. مراحل مختلف زندگی گونه *Acartia tonsa* در شوری ۱۲ ppt و دمای $25 \pm 1^\circ\text{C}$

and Hirche, 2004; Marcus, 2005). این گونه در زیستگاه‌های دهانه رودخانه‌ای گسترده شده و هر دو پارامتر دما و شوری را تحمل می‌کند (Nagaraj, 1992; Gaudy *et al.*, 2000; Castro-Longoria, 2003; Chinnery and Williams, 2004) و این یک ویژگی مفید برای آبی پروری می‌باشد که راسته کالانویید به عنوان یک غذای زنده برای استفاده لارو ماهیان دریایی می‌باشد (Payne, 2000; Stottrup, 2003). به عنوان مثال، درجه حرارت تأثیر مستقیم بر تولید تخم، درصد تفریح تخم و همچنین توسعه و بقای کوپه پوداهای راسته کالانویید می‌گذارد (Mauchline, 1998; Dussart and Defaye, 2001; Peterson, 2001). تولید تخم و درصد تفریح تخم معمولاً در درجه حرارت پایین، کمتر است (Ambler, 1985; Uriarte *et al.*, 1998) و به طور کلی با افزایش دما تا حدی افزایش پیدا می‌کند و پس از آن کاهش می‌یابد. چنین روندی برای تولید تخم گونه *Acartia clausi* (Uye, 1982), *A. tonsa* (Amble, 1985), *A. bifilosa* (Uriarte *et al.*, 1998), *A. lilljeborgi* (Ara, 2001) برای تولید تخم مرغ و درصد تفریح تخم در *A. discaudata*, *A. clausi tonsa*, *A. margalefi*,

۴. بحث و نتیجه گیری

ناپلیوس کوپه پودابه عنوان غذای زنده اولیه برای تغذیه لارو تعدادی از گونه‌های ماهیان دریایی آب‌های گرم از جمله ماهی سرخو (*campechanus*) و *Lutjanus*، ترومپت راه راه (*Latris lineata*) و هامور (*Epinephelus coioides*) مناسب می‌باشد (Schipp *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2005).

پژوهش حاضر برای بهینه‌سازی شرایط کشت به منظور تولید حداکثری تخم روزانه و تفریح موفق تخم‌ها در گونه *A. tonsa* در آبی پروری مورد استفاده قرار گرفت.

از میان پارامترهای مهم محیطی، فاکتورهایی مانند درجه حرارت، شوری و از مهمترین عوامل رشد تأثیرگذار بر رشد جمعیت، میزان تولید تخم، موفقیت تخم‌گشایی و پراکندگی زمانی و مکانی پاروپایان به شمار می‌روند (Casrto-Longoria, 2003; Milione and Zeng, 2008; Peck *et al.*, 2008). در شرایط طبیعی، کوپه پوداهای گروه کالانویید اغلب سازگاری خوبی در مقابله با نوسانات فصلی دما و شوری دارند (Miller and Marcus, 1994; Engel)

این گونه مد نظر قرار گرفته که در محیط کشت بهتر و زودتر چرخه زندگی خود را تکمیل میکند (Støttrup, 2000). زمان تولید مثل به عنوان زمان بین هچ شدن و نوزادیش تعیین می شود که از گونه ای به گونه دیگر متفاوت است و مستقیماً وابسته به درجه حرارت می باشد. در کلانوفیدهای پرورش داده شده در درجه حرارت های متفاوت، زمان تولید مثل از یک هفته در گونه های *Acartia tonsa* (A. sinjiensis) ، ۵-۶ روز در دمای ۲۸-۳۰ درجه سانتیگراد *A. tonsa* ، ۷ روز در ۲۵ درجه سانتیگراد تا ماه ها متفاوت است (Payne and Rippingale, 2000; Holste and Peck, 2006).

پاروپایان گروه Calanoida در محیط های طبیعی اغلب خیلی خوب با تغییرات شوری سازگار می شوند. در تحقیقات هدف مهم رسیدن به حداکثر تراکم در شوری ها و دماهای مختلف است (Milione and Zeng, 2008). به هر حال اغلب، تعیین شوری دقیق برای رشد حداکثری کپه پودا مشکل است چون هر یک از مراحل زندگی نوزادی، کپه پودیت و بالغ در شوری خاصی بهتر رشد و نمو می یابد (Castro-Longoria, 2003). از طرفی همآوری کپه پودا وابسته به تعداد ماده های آماده تخم‌ریزی، تغذیه مناسب، درجه حرارت و شوری است. بطوری که کپه پوداهای دارای زندگی پلانکتونی نظیر *Acartia tonsa* در محیط های طبیعی بعد از بالغ شدن حدود ۵۰-۱۱ عدد تخم در روز رها سازی میکنند (Payne and Rippingale, 2000). تعداد تخم های بدست آمده از *A. tonsa* در شرایط طبیعی بسیار بیشتر از داده های بدست آمده در آبهای حوزه جنوبی دریای خزر در شرایط آزمایشگاهی است که حدوداً ۸-۱ عدد تخم در روز بود. داده های بدست آمده از درجه حرارت های مختلف از بررسی روند رشد *A. tonsa* نشان داد که این گونه میتواند در شرایط آزمایشگاهی در دمای ۲۹ درجه سانتیگراد براحتی رشد نماید و تخم‌ریزی کند. نتایج آزمایشات بدین گونه بود که این گونه در تکمیل چرخه زندگی خود اختلاف معنی داری ($P < 0.05$) در شوری ۱۷ ppt و دمای ۲۹ درجه سانتیگراد با دیگر تیمارها نشان می دهد.

باتوجه به نتایج بدست آمده بر اساس آنالیز اثر

A. tsuensis (Takahashi and Ohno, 1996) (Castro-Longoria, 2003) و *A. tonsa* (Holste and Peck, 2006) گزارش شده است. دما همچنین تاثیر مستقیم بر نرخ توسعه و بقایای ناپلیوس کپه‌پوداها دارد (Mauchline, 1998; Dussart and Defaye, 2001; Peterson, 2001). Takahashi and Ohno, 1996 نشان داد که گونه *A. tsuensis* از زمان تخم تا رسیدن به بالغ در دمای ۳۰-۱۷٫۵ درجه سانتیگراد بهترین رشد را داشته و حداقل مرگ‌ومیر را در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد دارد و با کاهش دما پایین تر از ۱۷٫۵ و بالاتر از ۳۰، کاهش می‌یابد.

بطوری که اهمیت شوری بعنوان یک فاکتور کاملاً مجزا در توزیع و پراکندگی و همچنین میزان تولید تخم به مراتب بیشتر از سایر فاکتورها می باشد. اکثر پاروپایان دامنه وسیعی از تغییرات شوری را تحمل کرده و قادرند در آبهای مناطق مصبی و یا دریایی یافت شوند (Devreker et al., 2000). با این وجود دستیابی به بهترین سطح یا سطوح شوری در شرایط پرورش (در کارگاه ها) از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. مطالعات نشان دادند که برخی از گونه های پاروپایان همآوری بالاتری را در یک یا چند سطح خاص از شوری نشان داده که دستیابی به این موضوع می تواند بر رشد جمعیت این گونه در شرایط پرورشی تأثیر بسزایی داشته باشد (Holste and Peck, 2006). با توجه به اینکه چنین وضعیتی تاکنون در رابطه با گونه *A. tonsa* نوع خزری مورد بررسی قرار نگرفته، لذا ارزیابی اثرات شوری بر روی کل مراحل رشد جمعیت، میزان تولید تخم و ناپلیوس، اندازه مولدین و نسبت جنسی این گونه بعد از یک دوره خاص در شرایط پرورشی می تواند اطلاعات بهتری درباره کاربرد صحیح تر آن جهت مقاصد آبی پروری در اختیار قرار دهد. از طرفی، دما و شوری نقش اساسی در زندگی کپه پودها دارند اما توانایی آنها برای انطباق با درجه حرارت حتی فراتر از محدوده طبیعی خود قابل توجه است. گونه های دارای بیشترین میزان تحمل شوری و دما نظیر *A. tonsa* گونه هایی هستند که اغلب در مناطق ساحلی زیست نموده و در مقایسه با گونه های اقیانوسی از تحمل بالاتری نسبت به شوری و دما برخوردارند (Mauchline, 1998). به همین خاطر برای کشت

بازماندگی بیشتر ناپلیوس‌ها، رشد ناپلیوس‌ها و رسیدن به مرحله کوپه‌پودیت و بالغ را دارد. بررسی‌ها نیز نشان داد که این موجود در طی ۱۰-۸ روز بالغ می‌شود.

References

- Altuff, K., 1996. Role of copepods as an alternative livefood to Artemia for sustainable aquaculture. *Sustainable Aquaculture* 3: 158-170
- Ambler, J.W., 1985. Seasonal factors affecting egg production and viability of eggs of *Acartia tonsa* Dana from East Lagoon, Galveston, Texas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 20, 743-760
- Ara, K., 2001. Daily egg production rate of the planktonic calanoid copepod *Acartia lilljeborgi* Giesbrecht in the Cananéia Lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia* 445, 205-215.
- Castro-Longoria, E., (2003). Egg production and hatching success of four *Acartia* species under different temperature and salinity regimes. *Journal of Crustacean Biology* 23, 289-299
- Chinnery, F.E., Williams, J.A., 2004. The influence of temperature and salinity on *Acartia* (Copepoda: Calanoida) nauplii survival. *Marine Biology* 145, 733-738.
- Devreker, D., Souissi, S., Winkler, G., Forget-Leray, J., Le Boulenger, F., 2000. Effects of salinity, temperature and individual variability on the reproduction of *Eurytemora affinis* (Copepoda; Calanoida) from the Seine estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 368, 113-123.
- Dussart, B.H., Defaye, D., 2001. Introduction to the Copepoda, 2nd ed. Backhuys Publishers, Leiden.
- Engel, M., Hirche, H.J., 2004. Seasonal variability and inter-specific differences in hatching of calanoid copepod resting eggs from sediments of the German Bight (North Sea). *Journal of Plankton Research* 26, 1083-1094
- Gaudy, R., Cervetto, G., Pagano, M., 2000. Comparison of the metabolism of *Acartia clausi* and *A. tonsa*: influence of temperature and salinity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 247, 51-65
- 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.
- Marte, C.L. (2002). Grouper research at the Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department. In: Asia-Pacific Economic Cooperation and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (Eds.), Report of the APEC/NACA Cooperative Grouper Aquaculture Workshop, Hat Yai, Thailand 7-9 April 1999 (pp. 143-151). Bangkok, Thailand: Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific.
- Marcus, N., 2005. Calanoid copepods, resting eggs, and aquaculture. In: Cheng-Sheng, L., O'Brien, P.J., Marcus, N.H. (Eds.), Copepods in Aquaculture. Blackwell, Melbourne, pp. 3-9.
- Mauchline, J., 1998. The Biology of Calanoid Copepods: The Biology of Calanoid Copepods (Advances in Marine Biology, Vol. 33). Elsevier Academic Press, New York, pp 710
- McEvoy, L.A., Naess, T., Bell, J.G., and Lie, Q., 1998. Lipid and fatty acid composition of normal and malpigmented Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed 2 Artemia: a comparison with fry fed wild copepods. *Aquaculture* 163: 237-250
- Milione, C. M. Zeng A., 2008. The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*, *Aquaculture* 273 (4), 656-664
- Milione, M., Zeng, C., 2008. The effects of temperature and salinity on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture*, 275 :116-123
- Miller, D.D., Marcus, N.H., 1994. The effects of salinity and temperature on the density and sinking velocity of eggs of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 179, 235-252.
- Naess, T., Germain-Henry, M., and Naas, K.E., 1995. First feeding of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) using different combinations of *Artemia* and wild zooplankton. *Aquaculture* 130, 235-250.
- Nagaraj, M., 1992. Combined effects of temperature and salinity on the development of the copepod *Eurytemora affinis*. *Aquaculture* 103, 65-71.
- Newell, G.E., Newell, R.C., 1977. Marine plankton: practical guide, 5th ed. London: Hutchinson Educational.
- Payne, M.F., Rippingale, R.J., 2000. Effects of salinity, cold storage and enrichment on the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*.

- Aquaculture. 20: 251-262.
- Payne, M.F., Rippingale, R.J., 2000a. Rearing West Australian seashore (*Hippocampus subelongatus*) juvenils on copepod nauplii and enriched *Artemia*. *Aquaculture*. 188: 353-361
- Payne, M.F., Rippingale, R.J., 2000b. Evaluation of diets for culture of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture* 187, 85-96
- Peck, M. A., Ewest, B., Holste, L., Kanstinger, P., Martin, M., 2008. Impacts of light regime on egg harvests and 48-h egg hatching success of *Acartia tonsa* (Copepoda: Calanoida) within intensive culture. *Aquaculture* 275, 102-107
- Peterson, W.T., (2001). Patterns in stage duration and development among marine and freshwater calanoid and cyclopoid copepods: a review of rules, physiological constraints, and evolutionary significance. *Hydrobiologia* 453/454, 91-105.
- Rimmer, M., (2000). Review of grouper hatchery technology. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin* 7, 14-19.
- Rippingale, R.J., and Payne, M.F., 2001a. Intensive cultivation of a calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. Curtin University of Technology, Australia. 62 pp
- Rippingale, R.J., Payne, M.F., 2001b. Intensive cultivation of a calanoid copepod for live food in fish culture. School of Resources Science and Technology. Curtin University of Technology, 58 p.
- Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., and Estevez, A., (1999). Recent development in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*. 177: 191-199
- Shields, R.J., Bell, G., Luizi, F.S., Gara, B., Bromage, N.R., Sargent, J., 1999. Natural copepods are superior to enriched *Artemia* nauplii as feed for halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in terms of survival, pigmentation and retinal morphology: relation to dietary essential fatty acids. *Journal of Nutrition* 129: 1186-1194.
- Støttrup, J., 2003. Production and nutritional value of copepods. In: Støttrup, J., McEvoy, L.A. (Eds.), *Live Feeds in Marine Aquaculture*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 145-205.
- Støttrup, J.G., 2000. The elusive copepods: their production and suitability in marineaquaculture. *Aquaculture Research* 31: 703-711.
- Støttrup, J.G., McEvoy, J.A., 2003. *Live feeds in marine aquaculture*. Aquaculture Nutrition. Blackwell Science. 318 p.
- Takahashi, T., Ohno, A., 1996. The temperature effect on the development of calanoid copepod, *Acartia tsuensis*, with some comments to morphogenesis. *Journal of Oceanography* 52, 125-137
- Uriarte, I., Cotano, U., Villate, F., 1998. Egg production of *Acartia bifilosa* in the small temperate estuary of Mundaka, Spain, in relation to environmental variables and population development. *Marine Ecology Progress Series* 166, 197-205.
- Uye, S., 1982. Population dynamics and production of *Acartia clausi* Giesbrecht (Copepoda: Calanoida) in inlet waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 57, 55-83.