



تأثیر تغییرات دما بر روی فعالیت‌های تغذیه‌ای و سیکل نقب‌زدن روزانه خيار دریایی *Holothuria parva*

آسیه محمدیان^{۱*}، احسان کامرانی^۲، عبدالرضا دباغ^۲، حسین رامشی^۳

^۱گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان

^۲گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان

^۳گروه آبرزی پروری، ایستگاه تحقیقاتی شیلاتی نرمتان، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	تغییر درجه حرارت آب دریا می‌تواند پارامترهای حیاتی برای پرورش خیار دریایی را تحت تأثیر قرار دهد. در این تحقیق تأثیر تغییرات دما بر روی فعالیت‌های تغذیه‌ای و سیکل نقب‌زدن روزانه خیار دریایی <i>Holothuria parva</i> مورد ارزیابی قرار گرفت و پارامترهای تغذیه‌ای (شاخص روده‌ای، مواد آلی، بازده جذب) در دو تیمار دمایی (۳۰ درجه سانتیگراد و کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد) محاسبه گردید، تا بتوان شرایط مناسب از نظر دمایی را برای پرورش خیار دریایی <i>H. parva</i> تعیین نمود. نتایج نشان داد، میزان نقب‌زدن خیار دریایی با کاهش درجه حرارت از ۳۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت. همچنین بیشترین میزان شاخص روده‌ای در بخش‌های ابتدایی (۰/۰۹۲±۰/۰۰۹)، میانی (۰/۰۸۵±۰/۰۰۶) و انتهایی (۰/۰۵۹±۰/۰۱۱)، بیشترین میزان مواد آلی در بخش‌های ابتدایی (۷/۰۳±۰/۶۸)، میانی (۵/۲۵±۱/۰۲) و انتهایی (۸/۵۷±۰/۳۹) روده خیار دریایی و همچنین بیشترین بازده جذب (۴۰/۹۱±۱۳/۰۲) در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. برآیند کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تغییرات دما بر روی تغذیه <i>H. parva</i> تأثیر گذار است، به طوری که با کاهش درجه حرارت از ۳۰ درجه سانتیگراد میزان فعالیت‌های تغذیه‌ای و پارامترهای تغذیه‌ای کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت <i>H. parva</i> در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد دارای تغذیه بهتری می‌باشد.
تاریخچه مقاله:	
دریافت: ۹۳/۰۳/۲۵	
اصلاح: ۹۳/۰۴/۲۱	
پذیرش: ۹۳/۰۵/۱۲	
کلمات کلیدی:	
درجه حرارت	
رفتارهای تغذیه‌ای	
نقب‌زدن	
مواد آلی	
شاخص روده‌ای	

مقدمه

خیارهای دریایی گروه فراوان و متنوعی از خارپوستان هستند. این موجودات با ارزش علاوه بر اهمیت بوم‌شناسی، از لحاظ اقتصادی نیز حائز اهمیت هستند و در صنعت داروسازی و مواد غذایی کاربرد بسیار زیادی دارند. به طوری که افزایش تقاضا برای محصولات خیار دریایی باعث افزایش صید این موجود از محیط‌های طبیعی و در نتیجه کاهش ذخایر آن گردید و این موجب شد تا تکثیر و پرورش و برنامه‌های بازسازی ذخایر خیاردریایی اجرا گردد (James et al., 1994).

یکی از مهم‌ترین متغیرهایی که برای پرورش خیارهای دریایی مورد توجه قرار می‌گیرد، درجه حرارت آب دریا است زیرا خیارهای دریایی موجوداتی خونسرد^۱ می‌باشند و درجه حرارت بدنشان را با درجه حرارت آب پیرامون خود تنظیم می‌کنند.

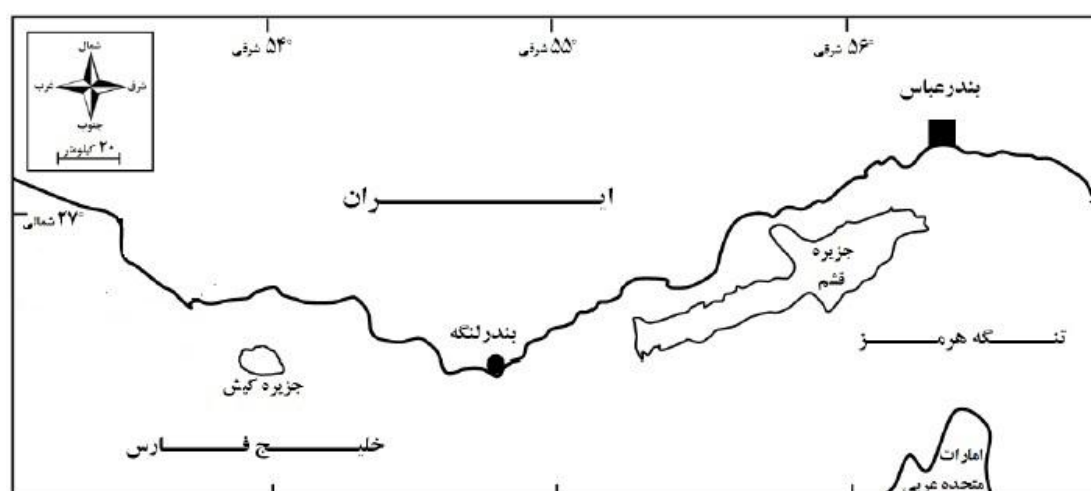
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: asiyeh_mohammadian@yahoo.com

به این منظور باید بسیاری از فعالیت‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی خود را با درجه حرارت آب پیرامون خود مطابقت دهند (Zamora and Jeffs, 2012). از این‌رو گونه‌های مختلف خیار دریایی نسبت به تغییرات درجه حرارت واکنش‌های مختلفی نشان می‌دهند. به عنوان مثال از آنجایی که خیار دریایی *Holothuria scabra* یک گونه گرمسیری محسوب می‌شود، در محدوده دمایی ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد بهترین میزان رشد و تولیدمثل را دارا می‌باشد (Hamel et al., 2001). در حالی که افزایش درجه حرارت از ۱۵ به ۲۱ درجه سانتیگراد به طور قابل توجهی باعث کاهش تغذیه و رشد و تا حدودی باعث افزایش سوخت و ساز بدن *Australostichopus molis* می‌شود (Zamora and Jeffs, 2012). همچنین یک کاهش مشابه در میزان رشد در پاسخ به افزایش درجه حرارت آب دریا در افراد جوان^۲ خیار دریایی *Apostichopus japonicus* نیز مشاهده شد. خیارهای دریایی گونه *A. japonicus* می‌توانند در محدوده دمایی ۰ الی ۳۰ درجه سانتیگراد زنده بمانند اما رشد تنها در دمای ۱۲ تا ۲۱ درجه سانتیگراد اتفاق می‌افتد و مناسب‌ترین دما جهت رشد ۱۵ الی ۱۸ درجه سانتیگراد می‌باشد (Yu and Song, 1999; Asha and Muthiah, 2005).

با توجه به اینکه، تغییر درجه حرارت آب دریا می‌تواند پارامترهای حیاتی برای پرورش خیار دریایی به عنوان مثال، رفتارهای تغذیه‌ای، متابولیسم، رشد و حتی بقاء را تحت تأثیر قرار دهد (An et al., 2007; Meng et al., 2009)، درک درست از چگونگی پاسخ یک گونه به تغییرات درجه حرارت آب دریا برای پرورش آن بسیار مفید است. بررسی‌های صورت گرفته در زمینه بیولوژی و اکولوژی گونه *H. parva* حاکی از عدم وجود مطالعات مستند در مورد فعالیت‌های تغذیه‌ای و عوامل محیطی تأثیر گذار بر روی این گونه می‌باشد. بنابراین تحقیق حاضر برای اولین بار در جهان با هدف بررسی تأثیر تغییرات دمایی بر روی فعالیت‌های تغذیه‌ای و سیکل نقب زدن روزانه خیار دریایی *H. parva* صورت گرفته است و پارامترهای تغذیه‌ای (شاخص روده‌ای، مواد آلی و بازده جذب) با توجه به تغییرات محیطی و سیکل روزانه محاسبه گردید تا بتوان شرایط مناسب از نظر دما برای پرورش این گونه تعیین شود. انجام این پژوهش می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار محققان و پرورش دهندگان خیار دریایی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری خیار دریایی *H. parva* از منطقه جزر و مدی، واقع در ضلع جنوبی ایستگاه تحقیقات شیلاتی نرمتان بندرلنگه صورت گرفت. شهرستان بندر لنگه یکی از شهرستان‌های استان هرمزگان است که بر اساس مختصات جغرافیایی در ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و در ۲۶ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار مبدأ واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

¹ Ectothermic

² Juveniles

تعداد ۷۸ نمونه خیاردریایی *H. parva* از زیر سنگ‌های موجود در سواحل جزر و مدی بندر لنگه، به هنگام جزر، به صورت دستی جمع‌آوری شده و سپس به ایستگاه تحقیقات شیلاتی نرم‌تنان بندرلنگه منتقل گردید. نمونه‌ها درون مخزن پر شده با آب فیلتر شده دریا، که به طور مداوم هوادهی می‌شد، در دمای طبیعی قرار داده شدند. به منظور تخلیه کامل محتویات روده خیار دریایی، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در شرایط گرسنگی نگهداری شدند و پس از آن بر اساس روش Sewell (۱۹۹۰) بر حسب گرم توزین شدند. سپس به درون مخزن‌های فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری با دیواره‌های سفید رنگ که کف آن تا ارتفاع ۸-۱۰ سانتیمتر با شن و ماسه‌های جمع‌آوری شده از محل نمونه برداری پوشیده شده بود، انتقال داده شدند. درون هر مخزن تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر بر روی شن و ماسه آب دریا قرار گرفته بود که به طور مداوم هوادهی می‌شد. قابل ذکر است که شن و ماسه قبل از انتقال به مخزن‌ها چند بار با آب دریا شسته شد تا کاملاً تمیز شده و خیار دریایی با تغییر رنگ بستر (گل‌آلودگی) آزرده نشوند (Mercier et al., 1999). این شن و ماسه‌ها به عنوان ماده غذایی و همچنین پناهگاهی برای خیار دریایی محسوب می‌گردد.

در این آزمایش به منظور بررسی فعالیت تغذیه‌ای و سیکل نقب زدن در دماهای مختلف از دو تیمار دمایی (۳۰ و کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد) استفاده گردید. در تیمار ۳۰ درجه سانتیگراد که به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد، شرایط دمایی به صورت سیکل طبیعی اعمال گردید که حداکثر دما ۳۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد. در تیمار کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد، حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۲۳ و ۲۷ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد. در هر دو تیمار شوری ۴۰ قسمت در هزار و نور به صورت سیکل طبیعی (۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی) اعمال گردید. در مجموع تعداد ۷۸ عدد خیار دریایی (۳۹ عدد برای هر تیمار) در دو تیمار با سه تکرار (۱۳ عدد خیار دریایی با متوسط وزن مرطوب $6/88 \pm 38/44$ گرم و متوسط طول ۲۰ سانتی‌متر) مورد آزمایش قرار گرفت.

در این آزمایش به خیارهای دریایی به مدت ۷۲ ساعت اجازه سازگار شدن با محیط داده شد. پس از آن موقعیت خیارهای دریایی در هر مخزن مورد بررسی قرار گرفت و موقعیت آن، به عنوان مثال، بر روی سطح، نیمه بیرون و نقب زده تعیین شد. حیوانات نیمه بیرون در نظر گرفته می‌شوند، زمانی که حداقل بخشی از بدن آنها زیر سطح رسوبات قرار گرفته باشد. آنهایی که نقب زده هستند، تمام بدنشان زیر رسوبات بوده و تنها با مخرج خود قابل رویت هستند. آنهایی که روی سطح هستند، کل بدنشان بیرون از رسوبات قرار دارد (Mercier et al., 1999)، سپس در چهار زمان تعیین شده (۱۲:۰۰، ۱۸:۰۰، ۰۶:۰۰، ۱۲:۰۰) عمل نمونه برداری از داخل هر مخزن صورت گرفت. برای جلوگیری از ادامه فعالیت‌های تغذیه‌ای نمونه‌ها بلافاصله در الکل (اتانول) ۹۶٪ قرار گرفتند (Mercier et al., 1999).

برای تعیین میزان شاخص روده‌ای، نمونه‌های فیکس شده از الکل خارج شد و پس از تشریح، لوله‌ی گوارش آن‌ها خارج گردید و بر روی سطحی قرار داده شد. سپس طول لوله گوارش هر نمونه از حلق تا مخرج توسط کولیس اندازه‌گیری گردید. روده به سه قسمت مساوی، ابتدایی (برآمدگی حلقی و بخش عمده‌ای از قسمت پایین رونده جلوی روده) میانی (قسمت بالارونده روده) و انتهایی (قسمت پایین رونده پشتی روده و کلواک) تقسیم گردید (Zamora and Jeffs, 2011). وزن هر قسمت بر حسب گرم و با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم به صورت جداگانه محاسبه گردید. هر قسمت در داخل الکل ۹۶٪ برای تعیین مقدار مواد آلی کل (TOM)^۳ قرار داده شد. وزن تر لوله گوارش به همراه محتویات آن تقسیم بر وزن تر دیواره بدن برای تعیین شاخص لوله گوارش برای هر بخش از لوله گوارش محاسبه گردید (Mercier et al., 1999).

تعیین مقدار مواد آلی کل، با استفاده از روش سوختن صورت گرفت و درصد آن با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Zamora and Jeffs, 2011).

$$\%TOM = 100 \times (\text{وزن خشک} / \text{وزن خاکستر آزاد})$$

وزن خاکستر آزاد = وزن اولیه - وزن نهایی

³. Organic matter

وزن خشک = وزن اولیه

درصد میانگین مواد آلی جذب شده حین عبور از لوله گوارش خیار دریایی که به عنوان درصد بازده جذب^۴ تعریف می‌شود، با استفاده از فرمول پیشنهادی توسط Conover (۱۹۶۶) محاسبه گردید.

$$U' = (F' - T') / (1 - T') \times (F') \times 100$$

U' = درصد بازده جذب

F' = مقدار TOM در قسمت قدامی لوله گوارش

T' = مقدار TOM در قسمت خلفی لوله گوارش

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار Microsoft Excle 2010 و Spss16.0 انجام پذیرفت. پیروی داده‌ها از توزیع طبیعی، توسط آزمون کلموگراف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه جهت بررسی اختلاف معنی‌داری بین پارامترهای مختلف از آزمون ناپارامتریک Kruskal-wallis و جهت مقایسه دو به دو میانگین‌های شاخص روده‌ای و مواد آلی در بخش‌های مختلف روده خیار دریایی و همچنین بین تیمارها از آزمون Mann-withney u در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید.

نتایج

میانگین مقدار شاخص روده‌ای در سه بخش روده در زمان‌های مختلف (میانگین سه تکرار برای هر بخش از روده خیار دریایی *H. parva*) در تیمار ۳۰ درجه سانتیگراد در جدول ۱ آورده شده است. بیشترین میزان شاخص روده‌ای در ساعت ۱۸:۰۰ و در بخش ابتدایی روده (۰/۰۹۲±۰/۰۰۹) و کمترین مقدار آن در ساعت ۶:۰۰ و در بخش میانی روده با میانگین (۰/۰۱۶±۰/۰۰۲) به دست آمد. آزمون Kruskal-wallis اختلاف معنی‌داری را در میزان شاخص روده‌ای در زمان‌های مختلف در بخش‌های مختلف روده نشان نداد (P>۰/۰۵).

جدول ۱. میزان شاخص روده‌ای در سه بخش روده در زمان‌های مختلف و در تیمار ۳۰ درجه سانتیگراد

زمان / بخش‌های روده	بخش ابتدایی	بخش میانی	بخش انتهایی
۱۲:۰۰	۰/۰۴۳ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۲۵ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۳۱ ± ۰/۰۰۱
۱۸:۰۰	۰/۰۹۲ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۸۵ ± ۰/۰۰۶	۰/۰۵۹ ± ۰/۰۱۱
۰۶:۰۰	۰/۰۳۵ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۱۶ ± ۰/۰۰۲	۰/۰۲۸ ± ۰/۰۰۶
۱۲:۰۰	۰/۰۴۱ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۳۳ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۳۷ ± ۰/۰۰۹

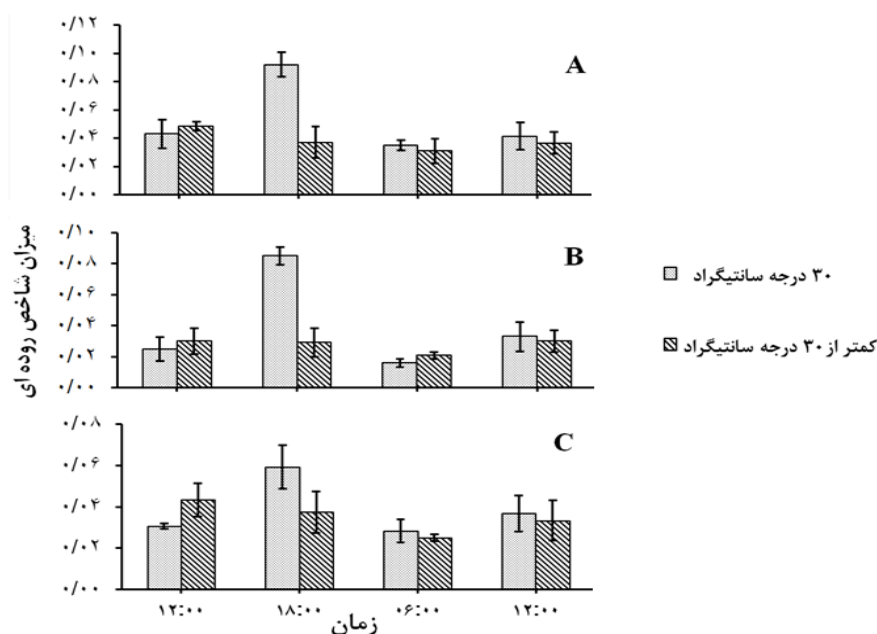
در جدول ۲ میانگین مقدار شاخص روده‌ای در سه بخش روده در زمان‌های مختلف (میانگین سه تکرار برای هر بخش از روده خیار دریایی *H. parva*) در تیمار دمایی کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد ارائه شده است. بیشترین میزان شاخص روده‌ای در ساعت ۱۲:۰۰ و در بخش ابتدایی روده با میانگین (۰/۰۴۹ ± ۰/۰۰۳) و کمترین مقدار در ساعت ۶:۰۰ و در بخش میانی روده با میانگین (۰/۰۲۱ ± ۰/۰۰۲) به دست آمد. اختلاف معنی‌دار در مقدار شاخص روده‌ای بخش‌های مختلف در زمان‌های مختلف و در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد وجود داشت (P<۰/۰۵). از این رو به منظور مقایسه دو به دو بخش‌های روده از آزمون من ویتنی یو استفاده گردید و اختلاف معنی‌داری بین میزان شاخص روده‌ای در بخش ابتدایی با میزان شاخص روده‌ای در بخش میانی (P<۰/۰۵) به دست آمد در حالی که تفاوت معنی‌داری بین شاخص روده‌ای بخش ابتدایی با شاخص روده‌ای بخش انتهایی و همچنین شاخص روده‌ای بخش میانی با شاخص روده‌ای بخش انتهایی مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).

⁴ Absorption efficiency

جدول ۲. میزان شاخص روده ای در سه بخش روده در زمان‌های مختلف و در تیمار کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد

بخش انتهایی	بخش میانی	بخش ابتدایی	زمان / بخش‌های روده
0.043 ± 0.008	0.030 ± 0.008	0.049 ± 0.003	۱۲:۰۰
0.037 ± 0.001	0.029 ± 0.009	0.037 ± 0.011	۱۸:۰۰
0.025 ± 0.002	0.021 ± 0.002	0.031 ± 0.009	۰۶:۰۰
0.033 ± 0.001	0.03 ± 0.007	0.037 ± 0.008	۱۲:۰۰

شکل ۲ نتایج مقایسه مقدار شاخص روده‌ای بخش‌های مختلف روده در دمای مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان شاخص روده‌ای بخش ابتدایی در ساعت ۱۸:۰۰ در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد با میانگین (0.092 ± 0.009) و کمترین مقدار آن در ساعت ۰۶:۰۰ و در شرایط دمایی کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد با میانگین (0.031 ± 0.009) بدست آمده است (شکل ۲A). اختلاف معنی‌داری بین شاخص روده‌ای بخش ابتدایی در دمای مختلف وجود داشت ($P < 0.05$). در بخش میانی بیشترین (0.085 ± 0.006) و کمترین (0.016 ± 0.002) میزان شاخص روده‌ای به ترتیب در ساعت ۱۸:۰۰ و ۰۶:۰۰ در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به دست آمده است (شکل ۲B). اختلاف معنی‌داری بین شاخص روده‌ای بخش میانی در دماهای مختلف وجود داشت ($P < 0.05$). در بخش انتهایی روده بیشترین (0.059 ± 0.011) میزان شاخص روده‌ای در ساعت ۱۸:۰۰ در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد و کمترین آن (0.025 ± 0.002) در ساعت ۰۶:۰۰ در شرایط دمایی کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد به دست آمده است (شکل ۲C). اختلاف معنی‌داری بین شاخص روده‌ای بخش انتهایی در دمای مختلف وجود نداشت ($P > 0.05$).



شکل ۲. مقایسه میانگین مقدار شاخص روده ای در بخش‌های مختلف روده در دمای مختلف و در زمان‌های مختلف. A: در بخش ابتدایی روده، B: در بخش میانی روده، C: در بخش انتهایی روده. آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند.

میانگین مقدار مواد آلی در سه بخش روده در زمان های مختلف (میانگین سه تکرار برای هر بخش از روده خیار دریایی *H. parva*) در تیمار ۳۰ درجه سانتیگراد در جدول ۳ آورده شده است. بیشترین میزان مواد آلی در ساعت ۱۲:۰۰ و در بخش انتهایی روده ($8/57 \pm 0/39$) و کمترین مقدار آن در ساعت ۶:۰۰ و در بخش میانی روده با میانگین (صفر) به دست آمده است. اختلاف معنی دار در مقدار شاخص روده ای بخش های مختلف در زمان های مختلف و در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد وجود داشت ($P < 0/05$). از این رو به منظور مقایسه دو به دو بخش های روده از آزمون من ویتنی یو استفاده گردید که اختلاف معنی داری بین میزان مواد آلی در بخش ابتدایی روده با میزان مواد آلی در بخش انتهایی ($P < 0/05$) و تفاوت معنی داری بین مواد آلی در بخش انتهایی با مواد آلی در بخش میانی ($P < 0/05$) به دست آمد در حالی که اختلاف معنی داری بین مواد آلی در بخش ابتدایی با مواد آلی بخش میانی مشاهده نشد ($P > 0/05$).

جدول ۳. میزان مواد آلی در سه بخش روده در زمان های مختلف و در تیمار ۳۰ درجه سانتیگراد

زمان / بخش های روده	بخش ابتدایی	بخش میانی	بخش انتهایی
۱۲:۰۰	$3/91 \pm 0/22$	$4/50 \pm 1/12$	$8/57 \pm 0/39$
۱۸:۰۰	$4/84 \pm 0/14$	$4/26 \pm 0/66$	$4/39 \pm 0/59$
۰۶:۰۰	$7/03 \pm 0/68$	-	$5/17 \pm 1/12$
۱۲:۰۰	$3/29 \pm 0/05$	$5/25 \pm 1/02$	$6/64 \pm 0/28$

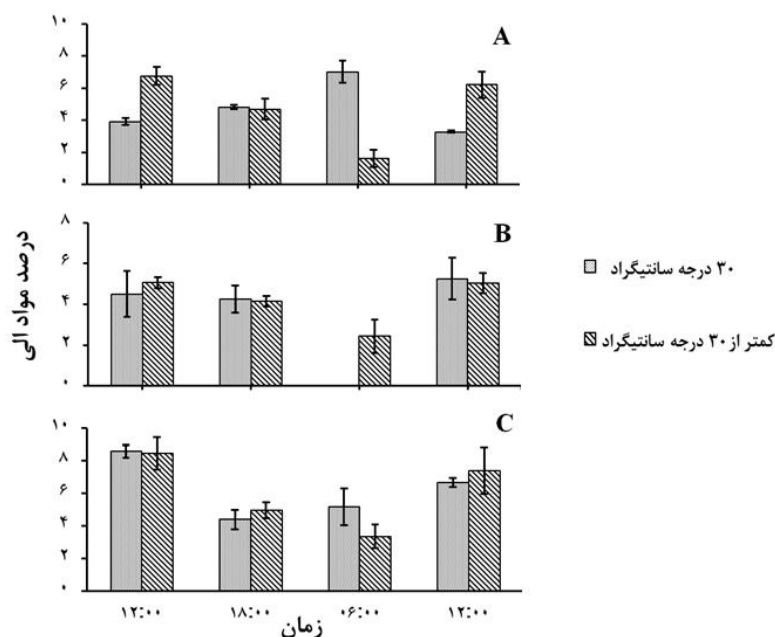
در جدول ۴ میانگین مقدار مواد آلی در سه بخش روده در زمان های مختلف (میانگین سه تکرار برای هر بخش از روده خیار دریایی *H. parva*) در تیمار دمایی کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد ارائه شده است. بیشترین میزان مواد آلی در ساعت ۱۲:۰۰ و در بخش انتهایی روده با میانگین ($8/44 \pm 0/99$) و کمترین مقدار آن در ساعت ۶:۰۰ و در بخش ابتدایی روده با میانگین ($1/63 \pm 0/54$) به دست آمده است. نتایج آزمون کروسکال والیس حاکی از عدم وجود اختلاف معنی دار در مقدار مواد آلی بخش های مختلف در زمان های مختلف و در در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد بود ($P > 0/05$).

جدول ۴. میزان مواد آلی در سه بخش روده در زمان های مختلف و در تیمار کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد

زمان / بخش های روده	بخش ابتدایی	بخش میانی	بخش انتهایی
۱۲:۰۰	$6/77 \pm 0/54$	$5/06 \pm 0/27$	$8/44 \pm 0/99$
۱۸:۰۰	$4/69 \pm 0/65$	$4/16 \pm 0/25$	$4/95 \pm 0/50$
۰۶:۰۰	$1/63 \pm 0/54$	$2/43 \pm 0/81$	$3/35 \pm 0/72$
۱۲:۰۰	$6/23 \pm 0/82$	$5/05 \pm 0/50$	$7/38 \pm 1/40$

نتایج مقایسه مقدار مواد آلی بخش های مختلف روده در دمای مختلف در شکل ۳ آورده شده است. بیشترین میزان مواد آلی بخش ابتدایی در ساعت ۶:۰۰ در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد با میانگین ($7/03 \pm 0/68$) و کمترین مقدار مواد آلی بخش ابتدایی در ساعت ۶:۰۰ در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد با میانگین ($1/63 \pm 0/54$) به دست آمد (شکل ۳A). اختلاف معنی داری بین مواد آلی بخش ابتدایی در دمای مختلف و در زمان های مختلف مشاهده گردید ($P < 0/05$). در بخش میانی روده خیار دریایی بیشترین ($5/25 \pm 1/02$) و کمترین (صفر) میزان مواد آلی به ترتیب در ساعت ۱۲:۰۰ و ۶:۰۰ در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به دست آمد (شکل ۳B). نتایج آزمون حاکمی از وجود اختلاف معنی داری بین مواد آلی بخش میانی در دمای مختلف و در زمان های مختلف بود ($P < 0/05$). در نهایت در بخش انتهایی روده خیار دریایی بیشترین ($8/57 \pm 0/39$) میزان مواد آلی

در ساعت ۱۲:۰۰ در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و کمترین مقدار آن ($3/35 \pm 0/72$) در ساعت ۶:۰۰ در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد محاسبه گردید (شکل ۳C). اختلاف معنی‌داری بین مواد آلی بخش انتهایی در دمای مختلف و در زمان‌های مختلف وجود نداشت ($P > 0/05$).



شکل ۳. مقایسه میانگین مقدار مواد آلی در بخش‌های مختلف روده در دمای مختلف و در زمان‌های مختلف. A: در بخش ابتدایی روده B: در بخش میانی روده C: در بخش انتهایی روده. آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند.

مقایسه بازده جذب در دماهای مختلف نشان داده است که بازده جذب در شرایط دمایی کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد در تمام زمان‌ها غیر قابل تعیین بود. با این وجود بیشترین بازده جذب در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد با میانگین $(40/91 \pm 13/02)$ محاسبه گردید (جدول ۵).

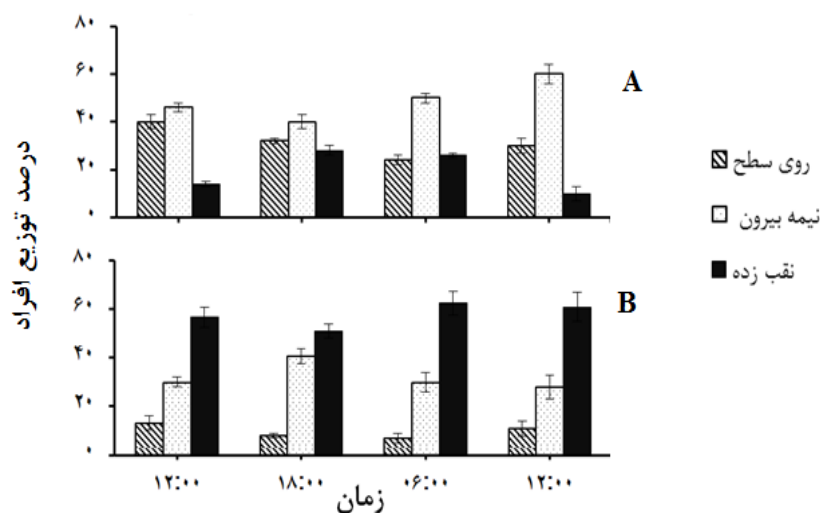
شکل ۴ درصد توزیع خیار دریایی را در موقعیت و زمان‌های مختلف و در دماهای مختلف نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، با کاهش درجه حرارت میزان نقب زدن افراد از حدود ۱۰ تا ۲۸٪ در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به حدود ۵۱ تا ۶۳٪ در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت.

جدول ۵. درصد بازده جذب در روده خیار دریایی *H. parva* در زمان‌های مختلف و در دمای مختلف

زمان / شرایط دمایی	۳۰ درجه سانتیگراد	کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد
۱۲:۰۰	Nd	Nd
۱۸:۰۰	$16/44 \pm 2/21$	Nd
۰۶:۰۰	$40/91 \pm 13/02$	Nd
۱۲:۰۰	Nd	Nd

⁵Nd : غیر قابل تعیین

5. Non-determined



شکل ۴. درصد توزیع خیار دریایی در موقعیت مختلف در زمان‌ها و دماهای مختلف. A: در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد، B: در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد. آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف معیار هستند.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شاخص روده‌ای بخش‌های ابتدایی و میانی در بین دو شرایط دمایی (۳۰ و کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد) از نظر آماری اختلاف معنی داری دارند (شکل ۲). مقایسه میانگین شاخص روده ای بخش‌های مختلف روده خیار دریایی *H. parva* در شرایط دمایی مختلف نشان داد که بیشترین میزان شاخص روده‌ای در بخش ابتدایی (0.092 ± 0.009)، در بخش میانی (0.085 ± 0.006) و در بخش انتهایی (0.059 ± 0.011) مربوط به دمای ۳۰ درجه سانتیگراد بود در حالی که کمترین میزان شاخص روده‌ای در بخش ابتدایی (0.031 ± 0.009)، در بخش انتهایی (0.025 ± 0.002) برای دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد محاسبه گردید (شکل ۲). همچنین بررسی میانگین‌های شاخص روده‌ای در دو شرایط دمایی ۳۰ و کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد نشان داد که کمترین میزان شاخص روده‌ای در تمام بخش‌های روده در ساعت ۶:۰۰ مشاهده گردید که این زمان نسبت به سایر ساعات شبانه‌روز سردتر (۲۳ درجه سانتیگراد) می‌باشد (جدول ۱ و ۲). لذا با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، به نظر می‌رسد که خیار دریایی *H. parva* در دمای بالا تغذیه بهتری را دارا می‌باشد.

مطالعات صورت گرفته در مورد سایر گونه‌های خیار دریایی نتایج مشابهی را نشان داد. به طوریکه Lavitra و همکاران در سال ۲۰۱۰ بیان کردند که درجه حرارت آب تاثیر عمده‌ای بر روی رشد افراد جوان خیار دریایی *H. scabra* دارد. به طوریکه درجه حرارت بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد رشد بالاتری را موجب می‌شود. تغییرات دمای فصلی ممکن است بر روی میزان تغذیه در خیارهای دریایی *H. tubulosa* تاثیر گذار باشد، بنابراین می‌تواند به طور جدی بر روی افراد جوان این گونه تأثیر داشته باشد، به طوریکه تغذیه را در طول سردترین ساعات متوقف کند (Coulon and Jangoux, 1993).

همچنین نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد حدود ۲۴ تا ۴۰٪ افراد در روی سطح قرار گرفته بودند که این مقدار به حدود ۷ تا ۱۳٪ در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد کاهش یافت. از سوی دیگر، درصد افراد نقب زده از ۱۰ تا ۲۸٪ در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به حدود ۵۱ تا ۶۳٪ در دمای کمتر از ۳۰ درجه، افزایش یافت (شکل ۴). چندین فاکتور در خیارهای دریایی وجود دارد که باعث می‌شود آنها دوره طولانی را نقب بزنند که شامل استرس (Purcell et al., 2006)، جزر و مد زیاد و جریان قوی آب (Skewes et al., 2000)، حضور شکارچی (Dance et al., 2003)، خشکی زدگی یا تغییرات در شوری (Mercier et al., 2000) می‌باشد. این فاکتورها ممکن است باعث خنثی سازی یا تشدید اثر دما بر روی فعالیت نقب‌زنی در طبیعت شوند (Wolkenhauer, 2008). با این وجود، مطالعات صورت گرفته به طور اختصاصی با هدف پیدا کردن یک الگوی اساسی در واکنش به دما به تنهایی و بدون تاثیر عوامل بیان شده صورت گرفته است که نشان می‌دهد، رفتار تغذیه و نقب‌زدن *H. parva* بالغ، با تغییرات درجه حرارت آب در ارتباط می‌باشد.

تحقیق Wolkenhauer (2008) بر روی بالغین خیار دریایی *H. Scabra* نشان داد که درجه حرارت با فعالیت‌های تغذیه‌ای و نقب‌زدن یک ارتباط مثبت معنی‌داری دارد. زمانی که دمای آب به بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد افزایش یافته بود اکثر بالغین *H. scabra* سیکل نقب‌زدن معمول خود را تغییر دادند و روی سطح باقی ماندند (Mercier et al., 2000)، هنگامی که درجه حرارت آب کاهش یافت خیارهای دریایی به مدت طولانی‌تری درون رسوبات نقب زدند (Purcell and Kirby, 2005) و مدت زمانی که برای تغذیه سپری می‌کردند، کاهش یافت.

همچنین در این تحقیق، مقایسه میزان شاخص روده‌ای بین بخش‌های مختلف روده در سیکل طبیعی دما از نظر آنالیزی تفاوت معنی‌داری را نشان نداده است. با این وجود، بیشترین میانگین شاخص روده‌ای در بخش ابتدایی ($0/092 \pm 0/009$) در ساعت ۱۸:۰۰ و کمترین آن در بخش میانی با میانگین ($0/016 \pm 0/002$) در ساعت ۶:۰۰ مشاهده گردید (جدول ۱). بررسی آماری شاخص روده‌ای در دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد نشان داد تفاوت معنی‌داری بین شاخص روده‌ای بخش ابتدایی با بخش میانی وجود دارد. همچنین بررسی میانگین شاخص روده‌ای، بیشترین میزان شاخص روده‌ای را در بخش ابتدایی با میانگین ($0/049 \pm 0/003$) در ساعت ۱۲:۰۰ و کمترین آن در بخش میانی با میانگین ($0/021 \pm 0/002$) در ساعت ۶:۰۰ نشان داد (جدول ۲). بالا بودن میانگین شاخص روده‌ای بخش ابتدایی در هر دو شرایط دمایی نسبت به میانگین شاخص روده‌ای در سایر بخش‌های روده نشان می‌دهد، هنگامی که موجود روی سطح رسوبات قرار گرفته است دارای فعالیت تغذیه ای می‌باشد. در تحقیقی که توسط Mercier و همکاران در سال ۱۹۹۹ بر روی خیار دریایی *H. scabra* صورت گرفت، مشخص‌ترین رابطه بین شاخص‌های روده‌ای و وضعیت تغذیه‌ای در افراد جوان *H. scabra* متوسط یافت شد، به طوری که کمترین میزان شاخص روده‌ای ثبت شده مربوط به افراد نقب‌زده که بدون تغذیه بودند و بیشترین میزان آن هم در افراد جوانی که فعالانه بر روی سطح تغذیه می‌کردند، گزارش شد. بنابراین کاهش دما، بر روی زمانی که حیوان روی سطح سپری می‌کند و فعالیت تغذیه ای تأثیر می‌گذارد (Wolkenhauer, 2008).

مطالعات روی رفتار سایر خارپوستان، تاثیر مشابه دما را در آنها نشان داد، به عنوان مثال Thompson and Riddle (۲۰۰۵) نشان دادند که فعالیت جابه جا شدن توتیای دریایی *Abatus ingens* با افزایش دما افزایش یافت. با این وجود، بسیاری از گونه‌های خیار دریایی، زمانی که در معرض درجه حرارت بالای آب دریا قرار گیرند یا عادات تغذیه‌ای خود را تغییر می‌دهند و یا تغذیه خود را متوقف می‌کنند و اغلب به درون رسوبات نقب می‌زنند و یا برای زنده ماندن به خواب تابستانی فرو می‌روند (Ji et al., 2008). در این راستا، Zamora and Jeffs (۲۰۱۱) گزارش دادند که رفتار تغذیه‌ای، فیزیولوژی و رشد خیار دریایی *Australostichopus molis* در محیط آزمایشگاهی تا حد زیادی تحت تأثیر درجه حرارت آب دریا قرار گرفت به طوری که افزایش درجه حرارت از ۱۵ به ۲۴ درجه سانتیگراد بر روی سیکل تغذیه‌ای، متابولیسم و رشد آنها تأثیر منفی به جای گذاشت. زمانی که خیار دریایی *A. molis* در معرض دمای ۲۴ درجه سانتیگراد قرار گیرد، حرکت و تغذیه خود را متوقف می‌کند و به خواب تابستانی فرو می‌رود. این رفتارها اغلب منجر به از دست دادن وزن بدن و یا کاهش سوخت و ساز می‌شود.

در این تحقیق، مقایسه میزان مواد آلی در بخش‌های مختلف روده و در شرایط دمایی مختلف نشان داد که بیشترین میانگین مواد آلی در هر دو شرایط دمایی، مربوط به بخش انتهایی روده می‌باشد (جدول ۳ و ۴). همچنین آنالیز آماری نیز اختلاف معنی‌داری را بین میزان مواد آلی بخش انتهایی با میزان مواد آلی در بخش‌های ابتدایی و میانی در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد نشان داد. لذا در این تحقیق، بازده جذب در اکثر ساعات ها به خصوص در شرایط دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد قابل محاسبه نبود. با این وجود، بیشترین میزان بازده جذب در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد با میانگین ($40/91 \pm 13/02$) محاسبه گردید (جدول ۵). در این راستا، Wiedemeyer (۱۹۹۲) بیان کرد، پوشش مخاطی مدفوع قبل از تخلیه می‌تواند مقدار بالاتر مواد آلی را در آخرین بخش از روده منجر شود و به این دلیل محتوی مواد آلی در قسمت انتهایی روده خیار دریایی *H. scabra* در مقایسه با رسوبات اطراف، ۷٪ غنی‌تر شده بود.

بر اساس نتایج، بیشترین میزان مواد آلی در تمام بخش‌های روده خیار دریایی برای دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و کمترین آن در بخش ابتدایی و انتهایی برای دمای کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد محاسبه گردید، آنالیز آماری نیز اختلاف معنی‌داری را بین

میزان مواد آلی در بخش‌های ابتدایی و میانی روده خیار دریایی *H. parva* در بین دو شرایط دمایی نشان داد (شکل ۳). بنابراین میزان مواد آلی در بخش‌های مختلف روده خیار دریایی *H. parva* با کاهش درجه حرارت از ۳۰ درجه سانتیگراد کاهش یافت. نتایج مطالعه حاضر، با مطالعات صورت گرفته بر روی میزان هضم سایر خارپوستان مطابقت داشت. به عنوان مثال توتیای قلبی *Brissopsis lyrifera* پاسخ مشابهی را به کاهش درجه حرارت نشان دادند، به طوری که میزان هضم را از ۱/۹۲ در دمای ۱۳ درجه سانتیگراد به ۰/۴۸ (گرم وزن خشک رسوبات در روز) در دمای ۷ درجه سانتیگراد کاهش دادند (Hollertz and Duchêne, 2001).

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تغییرات دما بر روی فعالیت‌های تغذیه‌ای و سیکل نقب‌زدن روزانه خیار دریایی *H. parva* تأثیر گذار است. به طوری که با کاهش درجه حرارت از ۳۰ درجه سانتیگراد، میزان نقب‌زدن افراد افزایش یافت و مدت زمانی که برای تغذیه بر روی سطح رسوبات سپری می‌کردند، کاهش یافت که به دنبال آن مقادیر شاخص روده‌ای، مواد آلی و بازده جذب کاهش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خیار دریایی *H. parva* در شرایط دمایی ۳۰ درجه سانتیگراد نسبت به شرایط دمایی کمتر از ۳۰ درجه سانتیگراد دارای تغذیه بهتری می‌باشد.

منابع

- An, z., Dong, Y., Dong, S. 2007. Temperature effects on growth–ration relationships of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture*. 272: 644–648.
- Asha, P.S., Muthiah, P. 2005. Effects of temperature, salinity and pH on larval growth, survival and development of the sea cucumber *Holothuria spinifera* Theel. *Aquaculture*. 250: 823–829.
- Conover, R.J. 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnology and Oceanography*. 11: 338–345
- Coulon, P., Jangoux, M. 1993. Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. *Marine Ecology Progress Series*. 92: 201-204.
- Dance, S.K., Lane, I., Bell, J.D. 2003. Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands. *Aquaculture*. 220(1–4): 495–505.
- Hamel, J.F., Conand, C., Pawson, D.L., Mercier, A. 2001. The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata): Its biology and exploitation as beche-de-mer. *Advances in Marine Biology*. 41:131-201.
- Hollertz, K., Duchêne, J.C. 2001. Burrowing behaviour and sediment reworking in the heart urchin *Brissopsis lyrifera* Forbes (Spatangoida). *Marine Biology*. 139(5): 951–957.
- James, D.B., Rajapandian, M.E., Gopinathan, C.P., Baskar, B.K. 1994. Breakthrough in induced breeding and rearing of the larvae and juveniles of *Holothuria (Metriatyla) scabra* Jaeger at Tuticorin. *Bulletine Central Marine Fisheries Research Institute*. 46: 66–70.
- Ji, T., Dong, Y., Dong, S. 2008. Growth and physiological responses in the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* Selenka: Aestivation and temperature. *Aquaculture*. 283: 180–187.
- Lavitra, T., Fohy, N., Gestin, P.G., Rasolofonirina, R., Eeckhaut, I. 2010. Effect of water temperature on the survival and growth of endobenthic *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) juveniles reared in outdoor ponds. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*. 30: 25–28.
- Meng, X.L., Ji, T., Dong, Y., Wang, Q., Dong, S. 2009. Thermal resistance in sea cucumbers (*Apostichopus japonicus*) with differing thermal history: the role of Hsp70. *Aquaculture*. 294: 314–318.
- Mercier, A., Battaglione, S.C., Hamel, J.F. 1999. Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumber *Holothuria scabra* in response to environmental factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 239: 125–156.
- Mercier, A., Battaglione, S.C., Hamel, J.-F. 2000. Periodic movement, recruitment and size related distribution of the sea cucumber *Holothuria scabra* in the Solomon Islands. *Marine Biology*. 440: 81–100.
- Purcell, S.W., Blockmans, B., Agudo, N. 2006. Transportation methods for restocking of juvenile sea cucumber, *Holothuria scabra*. *Aquaculture*. 251:238–244.

- Purcell, S.W., Kirby, D.S. 2005. Restocking the sea cucumber *Holothuria scabra*: Sizing no-take zones through individual-based movement modelling. *Fisheries Research*. 80: 53-61.
- Sewell, M.A. 1990. Aspects of the ecology of *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in north-eastern New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 24: 97-103.
- Skewes, T., Dennis, D., Burridge, C.M. 2000. Survey of *Holothuria scabra* (sandfish) on Warrior Reef, Torres Strait. CSIRO Marine Research Final Report. pp. 1-28.
- Thompson, B.A.W., Riddle, M.J. 2005. Bioturbation behaviour of the spatangoid urchin *Abatus ingens* in Antarctic marine sediments. *Marine Ecology Progress Series*. 290:135-143.
- Wiedemeyer, W.L. 1992. Feeding behaviour of two tropical holothurians *Holothuria* (*Metriatyla*) *scabra* (Jager 1833) and *H.* (*Halodeima*) *atra* (Jager 1833), from Okinawa, Japan. *Proceeding International Coral Reef Symposium*. 2: 853-860.
- Wolkenhauer S.M. 2008. Burying and feeding activity of adult *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) in a controlled environment. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*. 27:25-28.
- Yu, D.X., Song, B.X. 1999. Survival rate and growth characteristics of juvenile sea cucumbers in breeding ponds. *Journal of Fishery Sciences of China*. 6: 109-110.
- Zamora, L.N., Jeffs, A.G. 2011. Feeding, selection, digestion and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture*. 317: 223-228.
- Zamora, L.N., Jeffs, A.G. 2012. Feeding, metabolism and growth in response to temperature in juveniles of the Australasian sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture*. 358-359: 92-97