

طول بلوغ و زمان تخم‌ریزی خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*, Brandt, 1835) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان)

چکیده

هدف تحقیق شناخت زیست‌شناسی و مدیریت بهتر گونه خیار دریایی سیاه (*leucospilota* *Holothuria*)، این ذخیره مهم در جنوب کشور ایران است. این مطالعه در سال‌های ۱۳۹۷ الی ۱۳۹۹ به‌صورت ماهانه بر اساس تعیین شش ایستگاه در سواحل شرقی استان سیستان و بلوچستان شامل رمین، کچو، علی‌آبادی، دشت بریس، بریس، پسابندر طراحی‌شده است. در مجموع ۸۰۲ خیار دریایی سیاه مختلف (۶۲۴ نر، ۱۷۸ ماده) بیومتری و تشریح شد. میانگین طول و وزن جنس ماده و نر گونه خیار دریایی سیاه به ترتیب 361 ± 105 ، 366 ± 96 میلی‌متر و 438 ± 150 ، 411 ± 140 گرم به دست آمد و میانگین طول و وزن جنس ماده و نر گونه خیار دریایی سیاه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). میانگین طولی ($\pm$ انحراف معیار) کل نمونه‌های خیار دریایی 295 ± 89 در دامنه ۴۵۰-۱۲۵ میلی‌متر و میانگین وزنی ($\pm$ انحراف معیار) 254 ± 150 در دامنه ۲۵۰-۷۵ گرم بود. رابطه طول-وزن جنس ماده $L^{0.92}$ ($N=178$, $R^2=0.68$) و جنس نر $W=30.79$ ($N=624$, $R^2=0.61$) و $W=25.76$ ($N=802$, $R^2=0.62$) و $L^{0.97}$ ($N=802$, $R^2=0.62$) و $W=24.93$ ($N=802$, $R^2=0.62$) نتیجه شد. میزان b رابطه طول و وزن نشانه دهنده رشد آلومتریک (ناهمسان) آن‌ها می‌باشد ($P < 0.05$). این گونه دارای دو پیک عمده تخم‌ریزی بوده و پیک بزرگ‌تر خرداد و تیرماه داشته و پیک کوچک‌تر تخم‌ریزی آذر و دی‌ماه مشاهده شد و بین حرارت (دمای سطحی آب) و شاخص GSI در ماه‌های مختلف همبستگی معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$, $r = 0.39$). میانگین اندازه در اولین بلوغ جنسی برای گونه خیار دریایی سیاه ۲۴۶ میلی‌متر (نر) و ۲۲۰ میلی‌متر (ماده) و برای تمامی نمونه‌ها ۲۲۲ میلی‌متر برآورد شد. این اطلاعات کلیدی جهت حفظ و مدیریت ذخایر این گونه با ارزش می‌باشد.

واژگان کلیدی: تخم‌ریزی، رشد آلومتریک، گونه خیار دریایی سیاه، بلوغ جنسی.

سید احمد رضا هاشمی^{۱*}

سید امین‌الله تقوی مطلق^۲

تیمور امین راد^۳

سیلوی گادرون^۴

۱. مرکز تحقیقات شیلاتی آب‌های دور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران
۲. مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران.
۴. دانشگاه سوربون، پاریس، فرانسه

*مسئول مکاتبات:

Seyedahmad91@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

این مقاله پژوهشی و برگرفته از طرح

پژوهش، است.

مقدمه

شاخه خارپوستان گروه بزرگی از بی‌مهرگان دریایی بوده که تغییرات ریختی زیادی بین اعضای آن وجود داشته است. در حدود ۱۵۰۰۰ گونه فسیل و ۷۳۰۰ گونه زنده از این شاخه وجود دارد. یکی از دلایل اهمیت خارپوستان، حساس بودن و تغییر آن‌ها مرتبط با شرایط محیطی بوده و در مکان‌های آلوده، ناپدید می‌شوند (Müller et al., 2005). رده هولوتوریده (Holothuroidea) دارای بدن سلیندری و نرم بوده و یکی از ۵ رده خارپوستان بوده و در حدود ۱۷۰۰ گونه در ۶ راسته و ۲۵ خانواده دارند. خیارهای دریایی در شاخه خارپوستان (Echinodermata) و رده هولوتوریده جای دارند و در طی دوران تکاملی ۵۴۰ میلیون سال پیش در اقیانوس‌ها ظاهر شده‌اند (Bruska et al., 2016).

خیارهای دریایی از اجزای مهم زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های معتدل و آب‌سنگ‌های مرجانی بوده و نقش مهمی به‌عنوان پوده‌خوار و یا معلق خوار ایفا می‌کنند (Conand, 2008). آن‌ها مسئول برهم زدن و مخلوط کردن رسوبات بوده ضمن تسریع باز چرخه مواد پوده‌ای، باعث نفوذ

اکسیژن در رسوبات می‌شوند و همچنین تخم، لارو و نوزاد آن‌ها نیز منبع غذایی مهمی برای سایر جانوران دریایی می‌باشد (Bruckner et al., 2003). این جانوران به‌طور عمده بین آبسنگ‌های مرجانی زندگی می‌کنند و البته در بسترهای شنی و گلی هم یافت می‌شوند، عمق زندگی آن‌ها نیز متفاوت است و اکثر گونه‌ها در منطقه بین جزر و مدی زندگی می‌کنند، اما تعداد کمی نیز در اعماق اقیانوس‌ها بسر می‌برند (Bruska et al., 2016). طول آن‌ها از چند میلی‌متر تا بیش از دو متر، متغیر بوده و رنگ‌های متنوعی دارند. در دریاهای اطراف هند نزدیک به ۲۰۰ گونه شناسایی شده که ۷۵ درصد آن‌ها در آب‌های کم‌عمق زندگی می‌کنند و نزدیک به ۵۰ گونه در نواحی بین جزر و مدی قابل جمع‌آوری هستند. گونه خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) با پراکنش جغرافیایی وسیع، در بسترهای شنی و سنگریزه‌ای، اعماق صفر تا ده متر، رسوب خوار (deposit-feeder)، با دو پیک تخم‌ریزی زمستان (پیک بزرگ‌تر)، بهار (پیک کوچک‌تر)، وزن بلوغ ۱۸۰ گرم گزارش شده است (Purcell et al., 2012).

بهره‌برداری اقتصادی از گونه‌های خیار دریایی در بسیاری از کشورهای جهان انجام می‌شود (Choo, 2008) و عمده این بهره‌برداری توسط کشورهای آسیایی صورت می‌گیرد (Aydin, 2018). بهره‌برداری اقتصادی گونه خیار دریایی *Stichopus regalis* از سال ۱۹۹۶ و گونه‌های *Holothuria tubulosa* و *Holothuria mammata* از سال ۱۹۹۷ و گونه *Holothuria polii* از سال ۲۰۱۱ در کشور ترکیه آغاز شده است. گونه‌های بهره‌برداری شده به‌صورت محلی مصرف نمی‌شوند اما محصولات باارزش صادراتی می‌باشند (Aydin, 2019). یکی از نکات مهم در بهره‌برداری از ذخایر خیار دریایی بررسی مداوم این ذخایر جهت رسیدن به تولید پایدار می‌باشد (Aydin, 2019). همچنین بهره‌برداری از ذخایر خیار دریایی روش‌های مختلفی وجود دارد که بهره‌برداری سیستم‌های منطقه‌بندی چرخشی (Rotational zoning system) همراه با ممنوعیت صید در زمان تولیدمثل گونه، در اعمال مدیریت و برداشت مطلوب ذخایر خیار دریایی یک روش موفق گزارش شده است (Purcell et al., 2016).

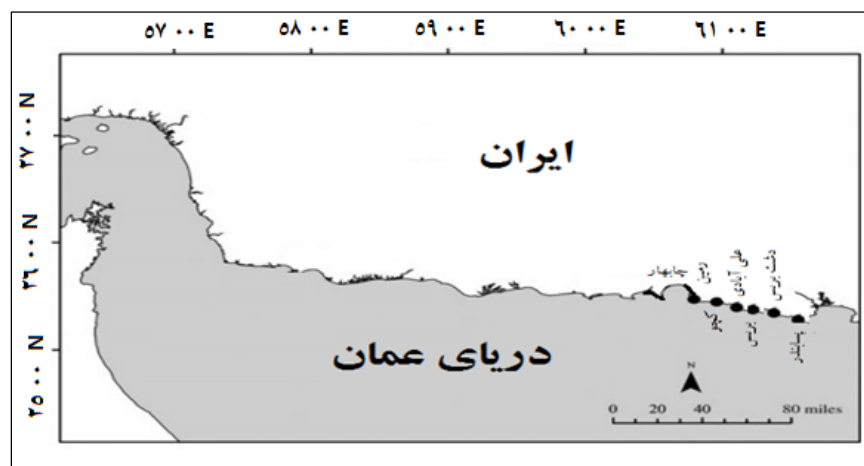
دریای عمان با شرایط اکولوژیک منحصر به فرد میزبان تنوع گونه‌ای وسیعی از آبزیان است که شرایط تهیه معیشت، اشتغال و فعالیت‌های اقتصادی وسیعی را برای ساحل‌نشینان فراهم کرده است. جلگه ساحلی ایران در دریای عمان در محدوده‌ای بین ۵۷ تا ۶۱/۲۵ درجه شرقی در طول جغرافیایی ۲۵/۰۳ تا ۲۶/۱۳ درجه شمالی در عرض جغرافیایی قرار دارد که از حدود منطقه سیریک در استان هرمزگان تا گواتر در استان سیستان و بلوچستان امتداد دارد که طول خط ساحلی آن در حدود ۶۳۷ کیلومتر است. گونه خیار *Holothuria leucospilota* که در حدود ۸۰ درصد سواحل استان سیستان و بلوچستان غالب می‌باشد (امینی راد، ۱۳۹۷).

ازجمله مطالعات گذشته در مورد خیار دریایی می‌توان به شناسایی و تعیین پراکنش برخی یافته‌های بیولوژی رده خارپوستان سواحل جزر و مدی جزیره کیش (فروغیان، ۱۳۷۶)، بررسی بیوسیستماتیک و فیزیولوژی تولیدمثل جنسی خیاران دریایی استان هرمزگان (تهرانی فرد، ۱۳۸۴)، ارزیابی ذخایر و تعیین الگوی پراکنش گونه‌های غالب خیار دریایی در آب‌های ساحلی استان سیستان و بلوچستان (امینی راد، ۱۳۹۷)، تنوع و پراکنش خارپوستان مناطق خلیج نایبند و جزایر خارک و خارکو (بدری، ۱۳۸۶)، بررسی بیولوژی تولیدمثل خیار دریایی در جزیره کیش (تهرانی فرد و همکاران، ۱۳۸۶)، در منطقه بستانه، هرمزگان (قبادیان، ۱۳۸۸)، در جزیره قشم (رضوانی و همکاران، ۱۳۹۴) اشاره نمود. همچنین اهمیت اکولوژیک خیاران دریایی و روش‌های شناسایی آن (Bruska, 2002)، توده زنده، فراوانی طولی و تراکم گونه اقتصادی خیار دریایی در کشور عمان (Al-Rashdi et al., 2007)، برآورد ذخیره خیار دریایی در منطقه نیو کالدونیا (جزایر اقیانوس آرام، فرانسه) (Skewes et al., 2002; Uthicke et al., 2009; Purcell et al., 2004; et al., 2009)، بررسی وضعیت ذخایر خیار دریایی در قاره آسیا (Choo, 2008)، اقیانوس هند و آفریقا (Conand, 2008) انجام گرفت (Torral-Granda et al., 2008)؛ و نیز تراکم و توده زنده گونه خیار دریایی تنگه داردانل (ترکیه) (Dereli et al., 2016)، بررسی زیست‌شناسی خیارهای دریایی در مکزیک (De Jesús-Navarrete et al., 2018)، بیومتری، تراکم و توده زنده سه گونه خیار دریایی منطقه اژه (ترکیه) (Aydin, 2018) و تغییرات توده زنده و تنوع گونه‌ای خیار دریایی در منطقه اژه (ترکیه) بر اساس عمق (Aydin, 2018).

2019)، تخم‌ریزی و بلوغ خیار دریایی گونه *Holothuria scabra* (Tresnati et al., 2020) می‌توان اشاره نمود. آگاهی از خصوصیات و ویژگی‌های مختلف (زیستگاه ترجیحی، پارامترهای فیزیکی شیمیایی مطلوب آبزیان و) هر ذخیره آبی در هر منبع آبی از اولین و اساسی‌ترین اطلاعات موردنیاز برای مدیریت ذخایر شیلاتی است و این آگاهی تنها با جمع‌آوری نمونه‌های گونه، داده‌های صید، تلاش صیادی و نیز میزان توده زنده حاصل خواهد شد. با توجه به وجود ظرفیت استان مبنی برداشتن ذخیره خیارهای دریایی و کمتر شناخته شدن این آبزیان، این مطالعه سعی در شناخت بیشتر این ذخیره مهم در جنوب کشور دارد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال‌های ۱۳۹۷ (مهرماه) الی ۱۳۹۹ (شهریورماه) به‌صورت ماهانه و تعیین شش ایستگاه بر اساس پراکنش خیارهای دریایی در سواحل شرقی استان سیستان و بلوچستان (پسبندر طول جغرافیایی (E) $61^{\circ} 20'$ و عرض جغرافیایی (N) $25^{\circ} 44'$)، بريس طول جغرافیایی (E) $61^{\circ} 15'$ و عرض جغرافیایی (N) $25^{\circ} 62'$ ، دشت بريس طول جغرافیایی (E) $61^{\circ} 10'$ و عرض جغرافیایی (N) $25^{\circ} 61'$ ، کچو طول جغرافیایی (E) $61^{\circ} 13'$ و عرض جغرافیایی (N) $25^{\circ} 12'$ ، علی‌آبادی طول جغرافیایی (E) $60^{\circ} 50'$ و عرض جغرافیایی (N) $25^{\circ} 14'$ ، رمین طول جغرافیایی (E) $60^{\circ} 45'$ و عرض جغرافیایی (N) $25^{\circ} 15'$ طراحی شده است (بر اساس مطالعه گذشته سواحل شرقی استان سیستان و بلوچستان دارای ذخایر بیشتر خیار دریایی است (امینی راد، ۱۳۹۷)).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان) (۱۳۹۹-۱۳۹۷).

با شروع عملیات اجرایی این پروژه، از مهرماه سال ۱۳۹۷ به مدت دو سال هر فصل تیم تحقیقاتی به شش مناطق نمونه‌گیری در سواحل شرقی استان اعزام‌شده و در اعماق کمتر از ۱۰ متر نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها پس از صید درون یخدان حاوی پودر یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس در آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری طول و وزن با استفاده از مواد آرام‌کننده (کلرید پتاسیم) و نیز تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متری و برای اندازه‌گیری وزن کل بدن از ترازوی با دقت ۱ گرم استفاده گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه شناسایی (بر اساس کلید شناسایی

طول بلوغ و زمان تخم‌ریزی خیار دریایی سیاه *leucospilota*, Brandt, 1835 (Holothuria) در آب‌های شمالی دریای ... / هاشمی و همکاران

Hickman, 1998 و نیز (Kerr and Kim, 2001)، زیست‌سنجی و ثبت شدند و داده‌های طولی بر اساس قاعده استور گس (turgess) طبقه بندی شدند (دانیل، ۱۳۸۱).

برای محاسبه رابطه طول و وزن از رابطه ۱ استفاده گردید (Zar, 1996).

$$W = a \times L^b$$

رابطه ۱:

که در این رابطه W وزن خیار دریایی به گرم، L : طول موجود به سانتی‌متر، a : مقدار ثابت و b : نمای معادله‌ی توانی است. برای بررسی چگونگی رشد یک گونه و سنجش اختلاف معنی‌داری (t) بین b محاسباتی و $B=3$ (رشد همسان یک‌گونه آبی) از رابطه ۲ استفاده شد.

$$t = [(s.dx) / (s.dy)] \times [(lb-3) / (\sqrt{1-r^2})] \times [\sqrt{n-2}]$$

رابطه ۲:

که در آن: $s.dx$ انحراف معیار لگاریتم طبیعی طول چنگالی، $s.dy$ انحراف معیار لگاریتم طبیعی وزن، b شیب خط، r^2 ضریب تعیین و n حجم نمونه است (Zar, 1996).

در هر بار نمونه‌گیری نمونه‌های تهیه‌شده به آزمایشگاه منتقل گردیده و در آنجا طول و وزن آن‌ها اندازه‌گیری و سپس جنسیت، مراحل رسیدگی جنسی، آن‌ها تعیین‌شده و در نهایت بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده در ماه‌های مختلف و رسم نمودار درصد مراحل رسیدگی جنسی و بررسی نتایج آن، زمان تخم‌ریزی و طول بلوغ (LM_{50}) این‌گونه مشخص گردید. بررسی مراحل بلوغ جنسی خیار دریایی از طریق مشاهده گندهای جنسی (جنس نر دارای رشته‌های کرم‌رنگ و جنس ماده دارای رشته‌های نارنجی‌رنگ) و بررسی ماکروسکوپی و کمک کلید ۵ مرحله‌ای مشخص‌شده و در این مطالعه مرحله بالاتر از سه به‌عنوان بالغ در نظر گرفته می‌شود این مراحل شامل: مرحله استراحت (I)، مرحله نابالغ (II)، مرحله رشد (III)، مرحله بلوغ (IV)، مرحله بعد از تخم‌ریزی (V) است (Gaudron et al., 2008).

شاخص گنادوسوماتیک ($Gonad-Somatic\ Index = GSI$) یا شاخص گنادی ($Gonad\ Index = GI$) از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (Gaudron et al., 2008).

$$GSI = GW\ (gr) / TW\ (gr)$$

رابطه ۳:

در این فرمول وزن غدد جنسی (GW) و وزن کل بدن (TW) می‌باشد.

همچنین پارامتر دمای سطحی آب جهت ارتباط با میزان رسیدگی جنسی بررسی شد. اندازه‌گیری دمای آب توسط دستگاه مولتی پارامتر مدل Hach گرفته و واحد اندازه‌گیری دما درجه سانتی‌گراد بود.

هر آبی بعد از اینکه به یک اندازه‌ای معین رسید، بالغ می‌شود؛ بنابراین همانند راهنمای طول - سن، راهنمای طول - بلوغ نیز در ارزیابی مراحل بلوغ جمعیت کل آبزیان مفید خواهد بود. برآورد طول در نخستین بلوغ از فرمول مدل تیغهای (Logistic model) به‌صورت رابطه ۴ استفاده شد.

$$Y = 1 / (1 + \exp(-a - bX))$$

رابطه ۴:

در این معادله Y نسبت تمامی نر و ماده‌های بالغ به کل افراد در یک گروه طولی، X طول کل برحسب سانتی‌متر و a و b ضرایب ثابت همبستگی می‌باشند (King, 2007; Sparre and Venema, 1998; Biswas, 1993).

مقایسه وزن و طول نمونه‌های خیار دریایی جنس نر و جنس ماده از آزمون تی تست مستقل صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها برای بیان تأثیر حرارت بر شاخص رسیدگی جنسی، از آزمون آنالیز همبستگی پیرسون استفاده شد. در تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از برنامه اکسل (Excel)، نرم‌افزارهای Rstudio (1.2.5042)، R (4.0.0)، بسته (پکیج) sizeMat و همچنین نرم‌افزار SPSS 21 و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ کمک گرفته شد.



شکل ۲: بیومتری و تشریح خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان) (۱۳۹۹-۱۳۹۷).

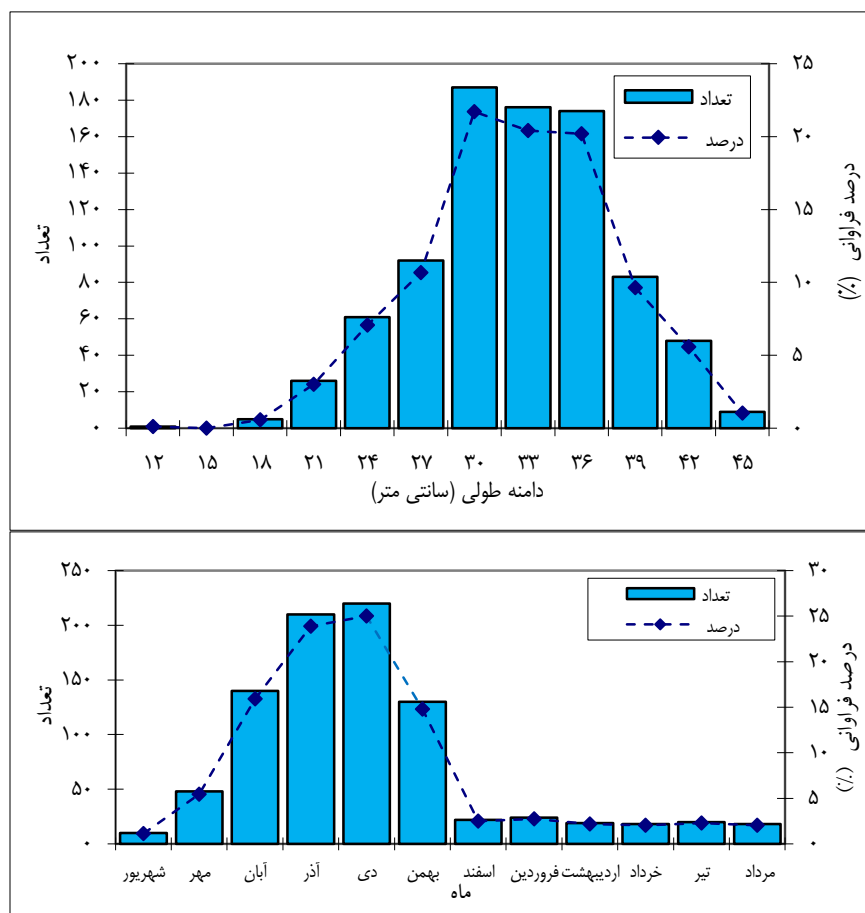
نتایج

به‌طور کلی بیش از ۷۰ درصد خیارهای دریایی مشاهده‌شده در ایستگاه‌های مختلف مربوط به گونه خیار دریایی سیاه بود، به همین جهت در این مطالعه بروی این‌گونه تمرکز بیشتری صورت گرفت.

در مجموع ۸۰۲ خیار دریایی (۶۲۴ نر، ۱۷۸ ماده) مختلف بیومتری و تشریح شد. میانگین طول و وزن جنس ماده و نر گونه خیار دریایی سیاه به ترتیب 361 ± 105 ، 366 ± 96 میلی‌متر و 438 ± 150 ، 411 ± 140 گرم به دست آمد. میانگین طول و وزن جنس ماده و نر این‌گونه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت ($P > 0/05$). میانگین طولی ($\pm$ انحراف معیار) کل نمونه‌های خیار دریایی 295 ± 89 در دامنه ۱۲۵-۴۵۰ میلی‌متر و میانگین وزنی ($\pm$ انحراف معیار) 254 ± 150 در دامنه ۷۵-۳۵۰ گرم بود (شکل ۱). داده‌های فراوانی طولی به فاصله‌های ۳ سانتی‌متری تقسیم‌شده و دامنه طولی ۳۳-۳۰ سانتی‌متر بیشترین فراوانی (۲۱ درصد) و دامنه طولی ۱۵-۱۲ کمترین فراوانی (کمتر از ۰/۵ درصد) را به خود اختصاص دادند.

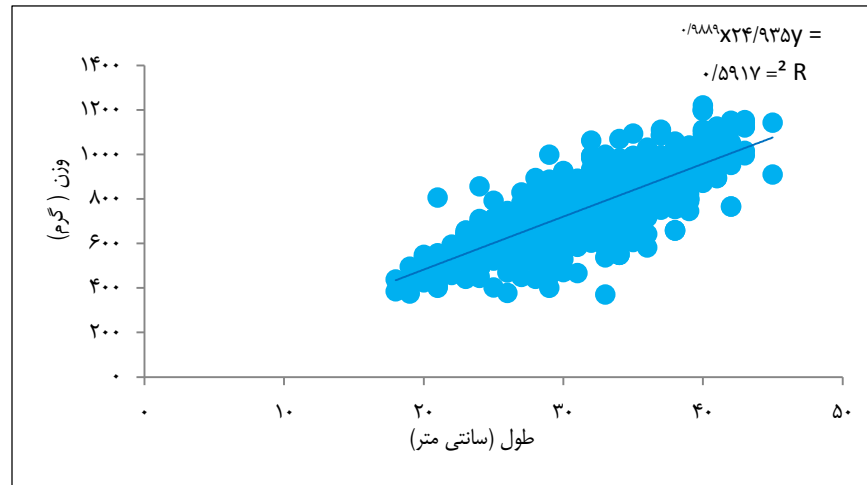
طول بلوغ و زمان تخم‌ریزی خیار دریایی سیاه (*leucospilota*, Brandt, 1835 (Holothuria) در آب‌های شمالی دریای ... / هاشمی و همکاران

نمونه‌برداری از خیار دریایی در طول تابستان به دلیل وجود دوره مانسون کاهش پیدا کرد و بیشترین تعداد نمونه‌برداری جهت زیست‌سنجی و بررسی رسیدگی جنسی در فصل زمستان و زمان دی‌ماه (حدود ۲۵ درصد) انجام گرفت.



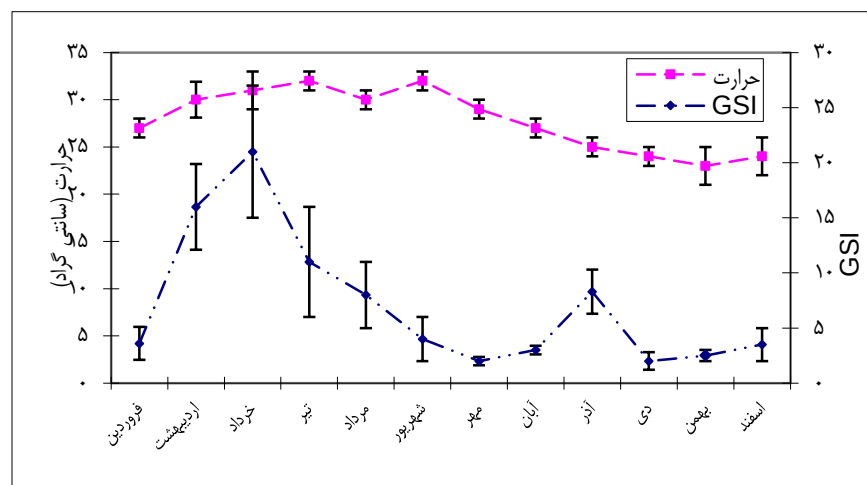
شکل ۳: تعداد و درصد فراوانی گروه‌های طولی مختلف خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان) (۱۳۹۹-۱۳۹۷).

رابطه طول-وزن جنس ماده $W=30.79 L^{0.92}$ ($N=178$, $R^2=0.68$) و جنس نر $W=25.76 L^{0.97}$ ($N=624$, $R^2=0.61$) و کل ماهیان $W=24.93 L^{0.98}$ ($N=802$, $R^2=0.62$) نتیجه شد. میزان خطای معیار محاسباتی کم بوده و اختلاف معنی‌داری بین مقادیر b محاسباتی با B مورد انتظار ($=3$) وجود داشت. میزان b رابطه طول و وزن نشان‌دهنده رشد آلومتریک (ناهمسان) گونه خیار دریایی سیاه می‌باشد ($P < 0.05$).



شکل ۴: رابطه طول کل و وزن کل خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان) (۱۳۹۷-۱۳۹۹).

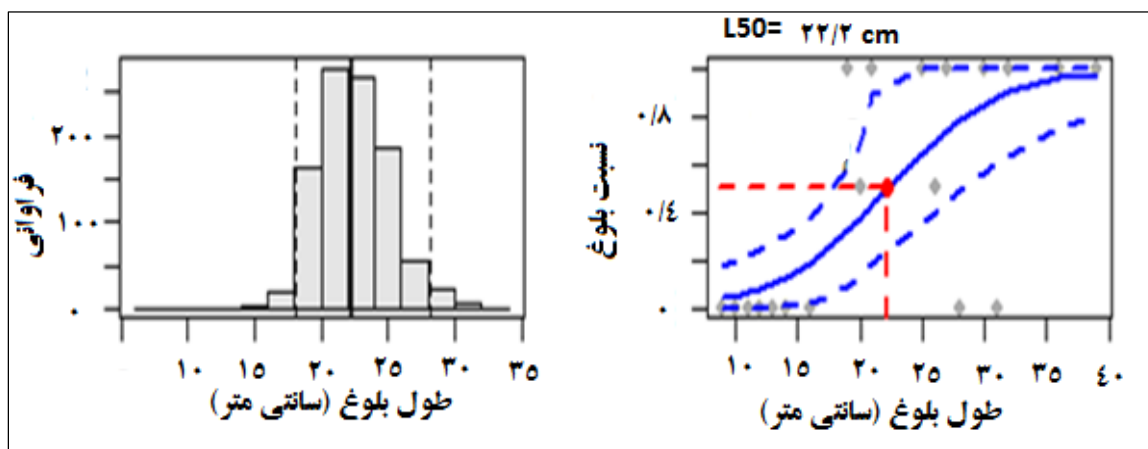
بررسی مراحل بلوغ جنسی خیار دریایی از طریق مشاهده گندهای جنسی (جنس نر دارای رشته‌های کرم‌رنگ و جنس ماده دارای رشته‌های نارنجی‌رنگ) از طریق مشاهده ماکروسکوپی و کمک کلید ۵ مرحله‌ای مشخص شده و در این مطالعه مرحله بالاتر از سه به‌عنوان بالغ در نظر گرفته شد. از مجموع ۳۰۲ خیار دریایی (۷۱ نر، ۷۱ ماده و مابقی نابالغ) مورد مطالعه در ماه‌های مختلف بین ۱۵ تا ۳۵ عدد در ماه‌های مختلف بیومتری، تشریح و اندازه‌گیری وزن گناد انجام گرفت (شکل ۳). این گونه در استان سیستان و بلوچستان دارای دو پیک عمده تخم‌ریزی بوده و پیک کوچک‌تر (آذر و دی) با میانگین شاخص رسیدگی جنسی 8 ± 2 و میانگین حرارت سطحی آب 25 ± 1 ؛ همچنین پیک بزرگ‌تر (خرداد و تیر) با میانگین شاخص رسیدگی جنسی 18 ± 4 و میانگین حرارت سطحی آب 30 ± 1 به دست آمد (شکل ۴). میانگین شاخص GSI در ماه‌های مختلف 7 ± 2 نتیجه شد و بین حرارت و شاخص GSI در ماه‌های مختلف همبستگی معنی‌داری وجود نداشت ($r = 0.39$, $P > 0.05$).



شکل ۵: تغییرات میانگین (انحراف معیار) حرارت با میانگین (انحراف معیار) شاخص GSI در ماه‌های مختلف خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان).

طول بلوغ و زمان تخم‌ریزی خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*, Brandt, 1835) در آب‌های شمالی دریای ... / هاشمی و همکاران

منحنی LM50 با توجه به دسته‌بندی طولی و درصد فراوانی بلوغ جنسی در هر گروه طولی رسم شد. طول بلوغ جنس ماده ۲۲۰ میلی‌متر، جنس نر ۲۴۶ میلی‌متر و میانگین (حدود اطمینان) برای کل نمونه‌ها (۱۷۲-۲۸۰) ۲۲۲ میلی‌متر به دست آمد. منحنی LM50 و نیز دامنه طول بلوغ این گونه در شکل ۶ نمایش داده شده است.



شکل ۶: منحنی LM50 خیار دریایی سیاه (*Holothuria leucospilota*) در آب‌های شمالی دریای عمان (استان سیستان و بلوچستان) (۱۳۹۹-۱۳۹۷).

بحث و نتیجه‌گیری

H. leucospilota یکی از گونه‌های باارزش غیر مأكول در جنوب ایران است که به‌صورت غیرمجاز در آب‌های استان سیستان و بلوچستان صید می‌شود. خیارهای دریایی نقش اساسی در ساختار اکوسیستم‌های دریایی داشته و کارکرد مهمی به‌عنوان پوده‌خوار و یا معلق‌خوار ایفا می‌کنند. اکثر خیارهای دریایی تجاری رسوب‌خوارند و یک نقش کلیدی در اکوسیستم‌های دریایی مانند بازچرخش مواد مغذی ایفا می‌کنند (Conand, 2008). صید بیش‌ازحد گونه‌های خیارهای دریایی به‌احتمال زیاد باعث تغییرات ساختاری در اکوسیستم‌ها می‌شود (Uthicke et al., 2009).

رابطه طول و وزن (L-W) در تحقیق حاضر، رشد آلومتریک را نشان داد. به نظر می‌رسد، منحنی رشد (رابطه طول و وزن) *H. leucospilota* پس از دو سال کند می‌شود و رشد آلومتریک در خیارهای دریایی متداول است (Dereli et al., 2016; Chávez et al., 2011; Al-Rashdi et al., 2007; Herrero-Perezrul et al., 1999). رابطه طول و وزن (L-W) برای گونه‌های مختلف خیار دریایی در جدول ۱ نشان داده شده است. رابطه طول و وزن در فعالیت‌های شیلاتی نقشی مهم ایفا کرده و اندازه‌گیری طول و وزن اگر با داده‌های سنی همراه شود می‌تواند مطالب زیادی در مورد ترکیب جمعیتی ذخیره، سن در زمان بلوغ، طول دوره زندگی، مرگومیر، رشد و حتی تولید بیان کند (Diaz et al., 2000). این رابطه طول و وزن (L-W) در ارزیابی ذخایر آبزیان شیلاتی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Haimovic and Velasco, 2000). این رابطه با داده‌های سنی می‌تواند اطلاعاتی را در مورد ترکیب سنی، سن بلوغ، طول عمر، مرگومیر، رشد و تولید ارائه دهد (Diaz et al., 2000). اختلافات رابطه طول و وزن را می‌توان با تفاوت در شرایط محیطی هر منطقه، نحوه نمونه‌برداری یا فشارهای صیادی توضیح داد و علاوه بر این، از نظر اندازه‌گیری وزن (وزن کل، وزن تخلیه‌شده و ...) بین مطالعات تفاوت وجود دارد (Aydin, 2019).

جدول ۱: مقایسه رابطه طول و وزن گونه‌های خیار دریایی مناطق مختلف دنیا.

گونه	منطقه مورد بررسی	ضریب a	شیب خط (b)	منبع
<i>Holothuria tubulosa</i>	تنگه داردانل (ترکیه)	۷/۶۶	۱/۰۶	Dereli et al., 2016
<i>Parastichopus parvimensis</i>	کالیفرنیا (امریکا)	۰/۴	۱/۸۳	Chávez et al., 2011
<i>Holothuria scabra</i>	عمان	۰/۰۰۳۳	۲/۱۷	Al-Rashdi et al., 2007
<i>Isostichopus fuscus</i>	گالا پاگوس (اکوادور)	۱/۱۴	۱/۸۳	Herrero-Perezrul et al., 1999

در این تحقیق با افزایش دمای آب در فصل بهار به تدریج میزان GSI افزایش می‌یابد. می‌توان گفت افزایش دما و گرم شدن محرکی برای افزایش GSI و رفتار تولیدمثلی است. بر اساس روند تکامل تخمدان در خیار دریایی می‌توان گفت: که این آیزی حداکثر فعالیت تخم‌ریزی خود را در خرداد و تیر داشته و بعد از تخم‌ریزی به شدت کاهش می‌یابد. پیک کوچک‌تر تخم‌ریزی در آذر و دی مشاهده شده و در این دوره تخم‌ریزی که با کاهش نسبی درجه حرارت آب همراه است، به نظر می‌رسد همراه با سایر فاکتورهای محیطی از جمله کوتاه شدن طول روز و کاهش شدت تابش در فصل زمستان باشد. تخم‌ریزی عمده دو بار در سال در بسیاری از گونه‌های خیار دریایی از جمله گونه لکواسپیلیتا همانند تحقیق حاضر در بخش‌هایی از اقیانوس هند و اقیانوس آرام مشاهده شده (Huang; Gaudron et al., 2008; Drumm and Loneragan, 2005; Conand, 2008) و از این لحاظ مشابه با مطالعه فعلی است ولی برای این گونه در خلیج فارس یک پیک تخم‌ریزی تابستانه گزارش شده است (قبادیان، ۱۳۸۸). درواقع می‌توان گفت تخم‌ریزی این گونه در دریای عمان مشابه با اقیانوس هند بوده ولی متفاوت با تخم‌ریزی این گونه در خلیج فارس است که می‌تواند به علت تغییر شرایط اکولوژیکی (Aydin, 2019) و محیطی (Aydin, 2018) محل زیست گونه خیار دریایی سیاه باشد.

تفاوت در زمان تخم‌ریزی هر گونه تحت تأثیر شرایط منطقه‌ای است (جدول ۲) و خیارهای دریایی آب کم عمق گرمسیری دارای یک دوره تخم‌ریزی سالانه ۲ تا ۳ ماه هستند و بیشتر آن‌ها در ماه‌های گرم تخم‌ریزی می‌کنند. خیارهای دریایی الگوهای تولیدمثل مختلفی دارند و باید در هر منطقه مورد مطالعه قرار گیرند (Chao, 1995). چرخه تولیدمثل خیار دریایی در بین گونه‌ها و حتی در گونه‌ای که در مناطق مختلف توزیع شده است، متفاوت است (Huang et al., 2018). به‌طور کلی می‌توان گفت با کاهش عرض جغرافیایی، طول مدت تخم‌ریزی خیارهای دریایی افزایش یافته و نیز بیشتر تولیدمثل جنسی این موجودات در فصول گرم بوده و در فصول سرد تولیدمثل غیرجنسی بیشتر می‌گردد از جمله این گونه می‌توان به *Holothuria atra* و *Stichopus chloronotus* اشاره نمود (Kohler et al., 2009).

در حالت کلی حرارت مناسب برای تخم‌ریزی این گونه بر اساس این مطالعه حاضر بین ۲۴ الی ۳۲ درجه به دست آمد. حرارت یکی از مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بروی تخم‌ریزی خیار دریایی است (Dereli et al., 2016). در تحقیقات دیگر نیز نقش فاکتورهای محیطی (مثل شوری، شدت تابش خورشید، میزان بارندگی و ...) در کنترل گامتوژن و تخم‌ریزی در بی‌مهرگان دریایی کاملاً بررسی شده است، در تحقیق روی بیولوژی تولیدمثل خیارهای دریایی منطقه‌ای واقع در کالودونیای جدید درجه حرارت آب را به‌عنوان فاکتور اولیه‌ای که تأثیر مهمی بر تخم‌ریزی خیارهای دریایی دارد، تأیید شد (Conand, 1993).

میانگین اندازه در اولین بلوغ جنسی برای این گونه ۲۴۶ میلی‌متر (نر) و ۲۲۰ میلی‌متر (ماده) و برای تمامی نمونه‌ها ۲۲۲ میلی‌متر برآورد شد. ماده‌ها زودتر بالغ شده می‌شوند. اندازه در اولین بلوغ برای گونه *H. sanctori* به میزان ۲۰۱ تا ۲۱۰ میلی‌متر در شرق اقیانوس اطلس، اسپانیا (Conand, 1993) و برای گونه *H. atra* به میزان ۱۶۵ میلی‌متر (نر)، ۱۵۵ میلی‌متر (ماده) در مصر بود (Abdel_Razek et al., 2005) که در قابل مقایسه با این گونه‌ها، کوچک‌تر می‌باشند. میانگین اندازه در اولین بلوغ جنسی نیز یک پارامتر مهم برای مدیریت این ذخیره است، زیرا به مدیریت جهت وضع حداقل اندازه قانونی صید کمک می‌کند (Conand, 2008). این پارامتر برای مدیریت و حفاظت از ذخایر خیارهای دریایی و عدم جمع‌آوری نمونه‌های نابالغ برای پایداری جمعیت مورد نیاز است. آغاز بلوغ جنسی یک انتقال مهم در زندگی افراد می‌باشد و سن یا

طول بلوغ و زمان تخم‌ریزی خیار دریایی سیاه (*leucospilota*, Brandt, 1835 (Holothuria) در آب‌های شمالی دریای .../ هاشمی و همکاران

طول اولین بلوغ ممکن است میان جنس‌ها یا جمعیت‌ها یا ذخایر گونه‌های مشابه متفاوت باشد و زمان رسیدن به بلوغ جنسی بین گونه‌های مختلف، متفاوت است (King, 2007).

جدول ۲: مقایسه فصل تخم‌ریزی گونه‌های مختلف خیار دریایی در مناطق مختلف جهان.

گونه	فصل تخم‌ریزی	حرارت (سانتی‌گراد)	منطقه مورد بررسی	منبع
<i>Stichopus hermanni</i>	تیر و مرداد (تابستان)	۳۰	جزیره کیش	تهرانی فرد و همکاران، ۱۳۸۶
<i>Holothuria leucospilota</i>	تیر و مرداد (تابستان)	۳۰	منطقه بستانه (هرمزگان)	قبادیان، ۱۳۸۸
<i>Holothuria scabra</i>	دی و بهمن (زمستان)	-	جزیره قشم	رضوانی و همکاران، ۱۳۹۴
<i>Holothuria leucospilota</i>	نوامبر (آبان) تا آپریل (فروردین)	-	استرالیا	Franklin, 1980
<i>Holothuria leucospilota</i>	نوامبر (آبان) تا مارس (اسفند)	-	جزایر کوک (اقیانوس آرام)	Drumm and Loneragan, 2005
<i>Holothuria leucospilota</i>	ژوئن (خرداد) تا سپتامبر (شهریور)	-	تایلند	Choo, 2008
<i>Holothuria leucospilota</i>	فوریه (بهمن) و می (خرداد)	-	اقیانوس هند	Conand, 2008
<i>Holothuria leucospilota</i>	اردیبهشت (می) و فوریه (بهمن)	۲۳-۲۸	غرب اقیانوس هند	Gaudron et al. 2008
<i>Holothuria tubulosa</i>	مرداد تا شهریور (اگوست و سپتامبر)	۲۴-۲۵	تنگه داردانل (ترکیه)	Dereli et al., 2016
<i>Holothuria leucospilota</i>	ژوئن (خرداد) و اکتبر (مهر)	-	خلیج دایا (چین)	Huang et al., 2018

در بهره‌برداری از جمعیت خیارهای دریایی نظارت و مدیریت اهمیت بالایی دارد، زیرا فاکتورهای زیادی از جمله ارزش اقتصادی بالا، بازگشت شیلاتی کم و نامنظم، تولیدمثل وابسته به تراکم، تحرک پایین، بلوغ دیر هنگام همراه با طول عمر بالا در برخی از گونه‌ها و توده زنده کم جمعیت‌های خیار دریایی باعث مستعد شدن این جمعیت‌ها برای صید بی‌رویه می‌گردند (Conand 1989, 2005). به همین علت جمعیت‌های خیار دریایی در بسیاری از مناطق جهان دارای مدیریت ضعیفی بوده و توده زنده آن‌ها روبه کاهش گزارش شده است (Perry et al., 1999; Toral-Granda et al., 2008). از جمله طرح‌های مدیریتی جمعیت‌های خیار دریایی می‌توان به سهمیه صید، حداقل طول قابل بهره‌برداری، عدم صید در فصل تخم‌ریزی اشاره نمود (Purcell, 2010). به‌طور کلی، در صورتی که بهره‌برداری قانونی از ذخیره خیار دریایی سیاه در دریای عمان مدنظر باشد، ممنوعیت فصل صید در اواخر بهار و تابستان و نیز اوایل زمستان و حداقل طول مجاز بهره‌برداری ۲۵۰ میلی‌متر (۲۵ سانتی‌متر) پیشنهاد می‌شود.

منابع

- امینی راد، ت.، ۱۳۹۷. ارزیابی ذخایر و تعیین الگوی پراکنش گونه‌های غالب خیار دریایی در آب‌های ساحلی استان سیستان و بلوچستان. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی - مرکز تحقیقات علوم شیلاتی آب‌های دور (چابهار) - ۱۵۵ ص.
- بدری، س.، ۱۳۸۶. مطالعه تنوع گونه‌ای و پراکنش شاخه خارپوستان در مناطق مرجانی نایبند، خارک و خارکو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۸۰ ص.
- دانیل، و.، ۱۳۸۱. اصول و روش‌هایی آمار زیستی. انتشارات امیرکبیر، ترجمه سید محمدتقی آیت‌اللهی، ۶۱۱ ص.

- رضوانی، ف.، سالار زاده، ع.، و محمدی زاده، ف.، ۱۳۹۴. زیست‌شناسی چرخه تولیدمثل خیار دریایی گونه (*Holothuria scabra*) در سواحل شمالی جزیره قشم، خلیج فارس. مجله بوم‌شناسی آبزیان. ۵ (۲): صفحات ۴۹-۵۶.
- تهرانی فرد، ا.، ۱۳۸۴. بررسی بیوسیستماتیک و تولیدمثل جنسی خیاران دریایی استان هرمزگان (محدوده جزیره کیش). رساله دکتری، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران. ۹۲ ص.
- تهرانی فرد، ا.، عریان، ش.، وثوقی، غ.، فاطمی، م. و نیکویان، ع.، ۱۳۸۶. بررسی چرخه تولیدمثل خیار دریایی گونه (*Stichopus hermanni*) در آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش، خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران. ۱۶ (۳): صفحات ۳۹-۵۴.
- فروغیان، س.، ۱۳۷۶. شناسایی و تعیین پراکنش برخی یافته‌های بیولوژی رده خارپوستان سواحل جزر و مدی جزیره کیش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال. ۱۵۶ ص.
- قبادیان، ف.، ۱۳۸۸. بررسی بیولوژی تولید مثل خیار دریایی گونه (*Holothuria leucospilota*) در منطقه بستانه هرمزگان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۸۴ ص.

Abdel_Razek, F. A., Abdel_Rahman, S. H., El_shimy, N. A. and Omar, H. A., 2005. Reproductive biology of the tropical sea cucumber *Holothuria atra* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Red sea coast of Egypt. Egyptian Journal of aquatic research. 31(2): 384-402 P.

Al-Rashdi, K. M., Claereboudt, M. and Al-Busaidi, S. S., 2007. Density and Size Distribution of the Sea Cucumber, *Holothuria scabra* (Jaeger, 1935), at Six Exploited Sites in Mahout Bay, Sultanate of Oman. Agricultural and Marine Sciences, 12:43-5.

Aydin, M., 2018. Biometry, Density and the Biomass of the Commercial Sea Cucumber population of the Aegean Sea. Turkish Journal Fisheries and Aquatic Science. 19(6), 463-474. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_6_02.

Aydin, M., 2019. Density and Biomass of Commercial Sea Cucumber Species Relative to depth in the Northern Aegean Sea. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 35:541-550. https://doi.org/10.1007/s_41208-019-00144-4.

Biswas, S. P., 1993. Manual of methods in fish biology, fish biology & Ecology laboratory, Dibrugarh university, Dibrugarh. pp157.

Branch, T. A., Jensen, O. P., Ricard, D., Ye, Y. and Hilborn, R., 2011. Contrasting global trends in marine fishery status obtained from catches and from stock assessments. Conservation Biology, 25: 777-786.

Bruska, R. Bruska, G. and Haver, N., 2003. Invertebrates. Second edition. Sinauer Associates publisher. 888 P.

Bruska, R., Moore, W. and Shuster, S., 2016. Invertebrates. Third edition. Sinauer associates publisher, ISBN: 9781605353753. 1128 P.

Chávez, Ea., De Lourdes Salgado-Rogel, Ma. and Palleiro_Alleiro-Nayar, J., 2011. Stock assessment of the watery sea cucumber fishery (*Parastichopus parvimensis*) of NW Baja California. CalCOFI Rep, 52: 136-147.

Chao, S. M., Chen, C. R. and Alexander, R. S., 1995. Reproductive cycles of tropical sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) in southern Taiwan. Marine Biology, 122:289-295.

Choo, P. S., 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Asia. In V. Toral-Granda, A. Lovatelli and M. Vasconcellos (eds). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO. pp. 81-118.

Conand, C., 1989. Les holothuries aspidochirotes du lagon de Nouvelle Calédonie: biologie, écologie et exploitation. Paris: ORSTOM. 393 pp.

Conand, C., 2008. Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean. In V. Toral-Granda, A. Lovatelli and M. Vasconcellos (eds). Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO. pp. 143-193.

- De Jesús-Navarrete, A., Poot, M. and Medina-Quej, A., 2018.** Density and population parameters of sea cucumber *Isostichopus badionotus*, (Echinodermata: Stichopodidae) at Sisal, Yucatan. Lat. Am. J. Aquat. Res., 46(2): 416-423. DOI: 10.3856/vol46-issue2-fulltext-17.
- Dereli, H., Culha, M., Culha, B., Ozalp, H. and Tekina, Y., 2016.** Reproduction and population structure of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* in the Dardanelles Strait, Turkey. Mediterranean Marine Science. 17(1): 47-55 P. DOI: <http://dx.doi.org/10.12681/mms.1360>
- Diaz, L. S., Roa, A., Garcia, C. B., Acero, A. and Navas, G., 2000.** Length-weight relationship of demersal fishes from the upper continental slope off Columbia. NAGA, 23(3), 23-25.
- Drumm, D. and Loneragan, N., 2005.** Reproductive biology of *Holothuria leucospilota* in the Cook Islands and the implications of traditional fishing of gonads on the population, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 39:1, 141-156, DOI: 10.1080/00288330.2005.9517297
- Gaudron, S. M., Kohler, S. and Conand, A., 2008.** Reproduction of the sea cucumber *Holothuria leucospilota* in the Western Indian Ocean: Biological and ecological aspects. Invertebrate Reproduction and Development, 51(1): 19–31.
- Haimovici, M. and Velasco, G., 2000.** Length Weight relationship of marine from southern Brazil. NAGA 23(1), 14-16.
- Herrero-Perezrul, M. D., Reyes-Bonilla, H., Garcı́a-Dominguez, F. and Cintra-Buenrostro, C. E., 1999.** Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, Mexico. Mar. Biol. 135:521–532.
- Hickman, C. J., 1998.** A fieldguide to sea stars and other echinoderms of Galápagos. Sugar Spring Press, Lexington, VA, USA. 83 p.
- Huang, W., Huo, D., Yu, Z., Ren, C., Jiang, X., Peng Luo, P., Chen, T. and Hu, C., 2018.** Spawning, larval development and juvenile growth of the tropical sea cucumber *Holothuria leucospilota*. Aquaculture 488 (1): 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.013>.
- Kerr, A. M. and Kim, J., 2001.** Phylogeny of Holothuroidea (Echinodermata) inferred from morphology. Zoological Journal of the Linnean Society. 133: 63–81.
- King, M., 2007.** Fisheries biology & assessment and management. Fishing news press, 340.
- Kohler, S. A., Gaudron, S. M. and Conand, C., 2009.** Reproductive Biology of *Actinopyga echinites* and Other Sea Cucumbers from La Réunion (Western Indian Ocean): Implications for Fishery Management. Western Indian Ocean J. Mar. Sci. 8(1): 1-10.
- Müller, W. E. G., Jeanteur, Ph., Kuchino, Y., Macieira-Coelho, A. and Rhoads, R. E., 2005.** Marine Molecular Biotechnology. Springer Publisher. 292 P.
- Pakoa, K., Saladrau, W., Lalavanua, W., Valotu, D., Tuinasavusavu, I., Sharp, M. and Bertram I., 2013.** The status of sea cucumber resources and fisheries management in Fiji. Secretariat of the Pacific Community (SPC), Noumea, New Caledonia. 62 P.
- Perry R. I., Walters C. J. and Boutillier, J. A., 1999.** A framework for providing scientific advice for the management of new and developing invertebrate fisheries. Rev. Fish. Biol. Fish. 9, 125–150.
- Purcell, S. W., Gossuin H. and Agudo, N. N., 2009.** Status and management of the sea cucumber fishery of la Grande Terre, New Caledonia. Programme ZoNéCo. WorldFish Center Studies and Reviews No. 1901. The WorldFish Center, Penang, Malaysia.
- Purcell, S. W., Samyn, Y. and Conand, C., 2012.** Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6. Rome, FAO. 150 pp.
- Skewes, T., Kinch J., Polon, P., Dennis, D., Seeto, P., Taranto, T., Lokani, P., Wassenberg, T., Koutsoukos, A. and Sarke, J., 2002.** Research for sustainable use of beche-de-mer resources in Milne Bay Province, Papua New Guinea. CSIRO Division of Marine Research Final Report.
- Sparre, P. and Venema, C., 1998.** Introduction to tropical fish stock assessment. Part1- Manual, 337. P. FAO Rome, Italy.

- Toral-Granda, V., Lovatelli, A. and Vasconcellos, M., (eds).2008.** Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Rome, FAO. 2008. 317p.
- Tresnati, J., Yasir, I., Syafiuddin, R., Aprianto, A., Yanti, Bestari, A. D. and Tuwo, A., 2020.** Early maturity of Sandfish *Holothuria scabra* offers more prospective broodstock supply of a commercially important aquaculture species. The 3rd International Symposium Marine and Fisheries (ISMF). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 564 (1): 1-10. doi:10.1088/1755-1315/564/1/012089.
- Uthicke, S., Welch, D. and Benzie, J. A. H., 2004.** Slow Growth and lack of recovery in overfished Holothurians on the Great Barrier Reef: evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. *Conserv. Biol*, 18, 1395–1404.
- Uthicke, S., Schaffelke, B. and Byrne, M., 2009.** A boombust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. *Ecological Monographs* 79, 3–24.
- Zar, J. H., 1996.** Biostatistical analysis. 3rd edition. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA. 662P.