

Research Article**The Growth Parameters of Sea Urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville, 1825) in the North of Persian Gulf****Mousa Keshavarz^{1*}, Narges Amrolahi Biuki¹, Maryam Soyuf Jahromi²**

1- Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences and Technologies, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2 –Department of Nonliving Resources of Atmosphere and Ocean, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

*Corresponding authors: m.keshavarz@hormozgan.ac.ir

Received: 16 August 2025

Accepted: 23 October 2025

DOI: 10.60833/ascij.2026.1215034

Abstract

Sea urchins (*Echinometra mathaei* de Blainville, 1825) are among the most common echinoderms inhabiting intertidal zones of the Persian Gulf, yet they have received relatively little scientific attention. The present study aimed to measure and analyze the growth parameters of this species. A total of 217 random specimens were collected from intertidal habitats and transported alive to the laboratory, where various growth and morphological parameters were determined. Sample volumes were estimated using the disc method. Isometric and allometric relationships among different body components were examined using statistical analyses. The mathematical relationships revealed that fresh weight has a significant power or logarithmic relationship with specimen height ($H = 4.7575 \ln(W) + 5.651$) and diameter ($D = 8.3905 \ln(W) + 10.86$). Diameter proved to be a more reliable indicator of weight gain than height or volume, suggesting that increased body weight is primarily associated with stomach or gonad contents, and that a larger diameter may provide an internal volume more suitable for gonad development. Moreover, the logarithmic model of volume showed a lower correlation coefficient ($r = 0.75$) than the power ($r = 0.95$) or linear ($r = 0.92$) models, indicating that power or linear approaches are more appropriate for describing volume-weight relationships. The results demonstrated strong and positive correlations for diameter-weight and height-weight relationships, regardless of whether logarithmic or power models were used. Volume-weight relationships also exhibited stronger correlations when expressed as power or linear functions. These findings suggest that growth parameters can serve as reliable indicators of weight performance and, consequently, gonad biomass, which is a key economic trait relevant to the harvesting, breeding, aquaculture, and export potential of this commercially valuable species.

Keywords: Sea Urchin, Hormozgan, Growth indices, *Echinometra mathaei*, Optimum export.



پارامترهای رشدی توتیای دریایی (*Echinometra mathaei* (de Blainville, 1825) در شمال

خلیج فارس

موسی کشاورز^{۱*}، نرگس امراللهی بیوکی^۱، مریم سیوف جهرمی^۲

۱- گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲- گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

*مسئول مکاتبات: m.keshavarz@hormozgan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

DOI: 10.60833/ascij.2026.1215034

چکیده

توتیا یکی از خارپوستان شایع در تمام مناطق بین جزرومدی خلیج فارس است که مورد توجه چندانی قرار نگرفته است. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری و تحلیل پارامترهای رشد مربوط به توتیای دریایی گونه *Echinometra mathaei* می‌باشد. ۲۱۷ نمونه به صورت تصادفی در مناطق بین جزرومدی جمع‌آوری گردید. نمونه‌های زنده به آزمایشگاه منتقل شدند و سپس پارامترهای رشدی و ظاهری مورد محاسبه قرار گرفت. حجم نمونه‌ها نیز از طریق تحلیل روش قرصی محاسبه شد. روابط ایزومتریک و آلومتریک اجزای مختلف بدنی در بین اجتماعات طبیعی گونه مذکور با تحلیل آماری بررسی گردید. روابط ریاضی بین اجزا و بخش‌های مختلف بدنی نشان می‌دهد که وزن تر ارتباط توانی یا لگاریتمی قابل قبولی با ارتفاع نمونه ($Ln(0.65 + \text{وزن تر})$) $Ln(0.7575 = \text{ارتفاع})$ و یا قطر ($Ln(0.86 + \text{وزن تر}) = 8.3905$ قطر) آن دارد. قطر نمونه‌ها به عنوان شاخص بهتری از افزایش وزن توتیا در مقایسه با ارتفاع و یا حجم است. به عبارتی، وزن بیشتر آن‌ها به علت محتویات معده یا گناد است که قطر بیشتر توتیا می‌تواند حجم داخلی مناسب جهت تولید گناد را به دنبال داشته باشد. همچنین نتایج نشان داد با استفاده از رابطه لگاریتمی، حجم نمونه‌ها ضریب همبستگی کمتری ($r = 0.75$) در مقایسه با رابطه توانی ($r = 0.95$) یا خطی ($r = 0.92$) دارند و لذا محاسبه ارتباط حجم و وزن به صورت توانی یا خطی مناسب‌تر است. نتایج بیانگر این امر است که ارتباط بین قطر-وزن و ارتفاع-وزن چه از طریق لگاریتمی و چه به صورت توانی، ضریب همبستگی قوی و مثبتی به دنبال دارد و ارتباط بین حجم-وزن به صورت رابطه توانی یا خطی ضریب همبستگی قوی‌تری را ایجاد می‌کند. لذا استفاده از پارامترهای رشد می‌تواند بیانگر عملکرد بهتر وزن و در نتیجه میزان گناد موجود باشد. از این نکته اقتصادی می‌توان در زمینه برداشت و تکثیر، پرورش و صادرات این موجود دریایی استفاده نمود.

کلمات کلیدی: توتیا دریایی، هرمزگان، شاخص‌های رشد، *Echinometra mathaei*، صادرات بهینه.

مقدمه

بیولوژی سلول و مطالعات ایمنولوژی به کار گرفته می‌شوند. جابجایی توتیاهای دریایی عمدتاً در پاسخ به کمبود غذا صورت می‌گیرد (مانند هنگام رخداد ال

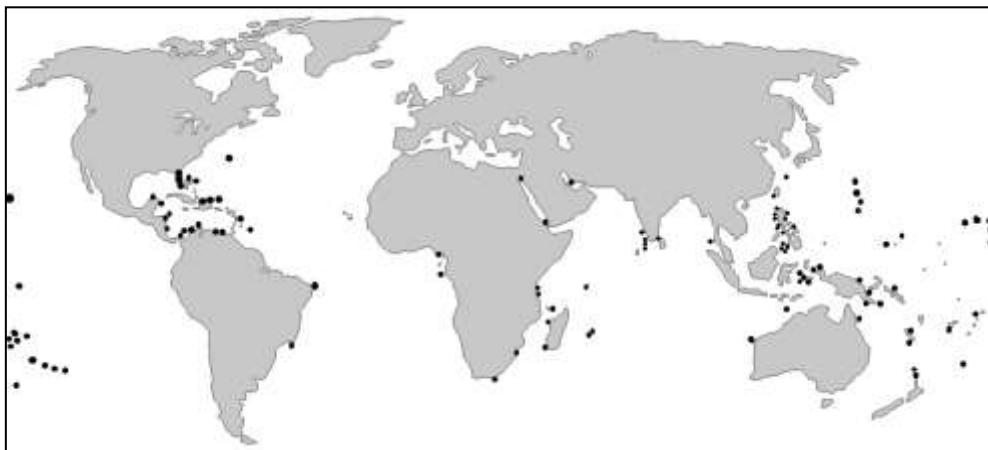
خارداران شامل توتیاهای دریایی، دلارهای شنی و بیسکویت‌های دریایی هستند. لاروها و تخم‌های خارداران به عنوان مدل آزمایشی برای رشد زیستی،

نینو و در جاهایی که بسترهای کلیپی در دسترس نباشد). هم‌چنین می‌توان اشاره نمود که برخی از خارپوستان تقریباً هیچ‌گونه جابجایی و مهاجرتی ندارند (۱). توتیاهای دریایی جهت مطالعه جنین‌شناسی و تکامل در آزمایشگاه‌ها (۲)، یا مدلی در بررسی‌های زیست‌شناسی پیشرفته (۳) و یا تخمین سمیت‌شناسی زیستی (۴) مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۰، زیست‌شناسی توتیا از جنس *Diadema* را بررسی شد به طوری که این جنس می‌توانست جنبه‌های مختلفی از جمله تکامل گونه‌ها و جغرافیای زیستی، زیست‌شناسی تولید مثل و بازگشت شیلاتی، بوم‌شناسی تغذیه و اثرات چرا، رشد و طول عمر، پویایی جمعیت و بوم‌شناسی جامعه و همزیستی را به خوبی پوشش دهد (۵). پویایی پیچیده‌ای از روابط تولیدکننده-مصرف‌کننده دریایی بین علف‌های دریایی و توتیا وجود دارد (۶). به طور سنتی، توتیا با کنترل رشد جلبک‌ها از طریق رفتار چرای خود، به حفظ سلامت اکوسیستم کمک می‌کنند که اگر این کار انجام نشود ممکن است بسترهای علف‌های دریایی در اکوسیستم آبی تحت الشعاع سایر بسترها قرار گیرد. اما اگر جمعیت آن‌ها از آستانه‌های خاصی فراتر رود، همین گیاهخواران می‌توانند از تنظیم‌کننده‌های اکوسیستم به عوامل تخریب تبدیل شوند و به طور بالقوه مراتع پر جنب و جوش علف‌های دریایی را به مناطق الیگوتروف تبدیل کنند (۷). این گونه در تراکم‌های بالا ممکن است بسترهای زیستی بویژه آبسنگهای مرجانی را به شدت فرسایش زیستی دهد. بنابر این ویژگی‌های جمعیتی این گونه توتیای دریایی کلیدی ممکن است اثرات آبخاری عمیقی بر اکوسیستم ساحلی داشته باشد (۸). برخی از مطالعات نشان از رابطه میزان رشد و تولید گناد با نوع جلبک مصرفی است. به عنوان مثال توتیاهای دریایی با تغذیه

در بسترهای جلبکی *Lithothamnion glaciale* و *Phymatolithon rugulosum* رشد کند و تولید گناد اندک دارند (۹). در پاسخ به شرایط خاص توتیاهای دریایی در نواحی بین جزرومدی، آن‌ها معمولاً مجاور آبسنگ‌های مرجانی و نواحی ساحلی سکنی می‌گزینند. به دنبال ویژگی‌های خاص توتیاهای دریایی جنس *Echinometra* نیز در آبسنگ‌های مرجانی به طور رایجی یافت می‌شود (۱۰). آن‌ها به طور معمول در آب‌های کم‌عمق با عمق کمتر از ۱۰ متر (۱۱) و با تراکم‌های مختلف (۱/۰ الی ۱۰۰ موجود در هر متر مربع) گزارش شده‌اند (۱۲). از گونه‌های پراکنش یافته وسیع، جنس (*de Blainville*, 1825) *Echinometra mathaei* است که یک گونه با پراکنش جهانی بوده (شکل ۱) و مورد توجهی زیادی در مباحث علمی به واسطه نقش اکولوژیکی به خود اختصاص داده است. توتیاهای دریایی مانند *Echinometra mathaei* به عنوان یکی از گونه‌های چراگر بر روی جلبک‌ها مطرح هستند که در تراکم‌های زیاد، دارای نقش فرسایشگر زیستی است که به عنوان یک فاکتور محدود کننده برای رشد و بقا آبسنگ‌های مرجانی محسوب می‌شود (۱۴). عوامل متعددی مانند شرایط محیطی (مصرف غذا، دمای آب، شوری و جریانات)، زیستگاهی (عمق و بستر) زیست‌شناسی و فیزیولوژی توتیای دریایی می‌تواند بر رابطه قطر و ارتفاع پوسته که به عنوان پهن‌شدگی شناخته می‌شود، موثر باشد (۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸). توتیای دریایی به عنوان موجوداتی بسیار حساس به تغییرات شرایط محیطی شناخته می‌شوند و این حساسیت را با تفاوت در چرخه تولیدمثلی، کاهش باروری و اختلالات رشدی آشکار می‌کند، لذا اختلالات موجود بر رشد و فیزیولوژی آنان تاثیر می‌گذارند و بنابراین این تغییرات در پارامترهای بیومتریکی و شاخص‌های زیستی موجود انعکاس

بیشتر این گونه از آبزیان به عنوان گامی کوچک برای سایر مطالعات زیستی و اکولوژیکی و در نتیجه به عنوان صادرات غذایی مطرح است. مطالعه حاضر، روابط ایزومتریک و آلومتریک اجزای مختلف بدنی در بین اجتماعات طبیعی گونه مذکور و هم چنین تغییرات آن در طول دوره مورد مطالعه فراهم نموده است.

می‌یابد (۱۹). از آنجایی که بندرلنگه در شمال خلیج فارس، به دلیل وجود بستر صخره‌ای و تنوع جلبکی، یکی از اکوسیستم‌های مورد علاقه توتیای دریایی است و از طرف دیگر میزان سطح آلاینده در این منطقه اندک است، لذا این گونه به دلیل شرایط اکولوژیکی موجود، دارای فراوانی مناسبی در این منطقه است. از این رو، هدف از این مطالعه بررسی



شکل ۱- پراکنش جهانی *E. mathaei* (۱۳)

Figure 1- Global distribution of *E. mathaei* (13)

مواد و روش‌ها

شد. رطوبت نمونه‌ها را به مدت دو دقیقه با دستمال کاغذی گرفته و سپس وزن تر کل هر نمونه، با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه شد. سپس خارها از پوسته جدا گردید و ارتفاع و قطر هر نمونه با نگه‌داشتن کولیس دیجیتالی به صورت کاملاً افقی برای قطر یا کاملاً قائم برای ارتفاع و با دقت ± 0.01 میلی‌متر محاسبه شد (شکل ۲). حجم توتیا با استفاده از معادله تحلیل روش قرصی (۲۰) محاسبه شد که در آن، H ، ارتفاع و D قطر پوسته می‌باشد.

$$V = \frac{1}{6}\pi HD^2 \quad (1)$$

شاخص‌های مهم رشد: روابط بین ارتفاع پوسته-وزن تر کل، قطر-وزن تر کل و حجم توتیا-وزن تر کل، محاسبه گردید. جهت تعیین ارتباط از نمودارهای لگاریتمی و خطی استفاده شد. در زمان‌های گذشته

این مطالعه در محدوده بین جزرومدی در طول ساحل صخره‌ای بندرلنگه، شمال خلیج فارس در عرض جغرافیایی $26^{\circ}32'28''$ شمالی و طول جغرافیایی $54^{\circ}52'29''$ شرقی در عمق ۰/۵ تا ۱ متری در شش ماهه نخست سال ۱۳۹۳، با مجموع ۲۱۷ نمونه تصادفی، انجام پذیرفت. برای جلوگیری از آسیب رسیدن به ساختار اجتماعات توتیای دریایی و کاهش اثر منفی برداشت نمونه، بر اکولوژی این ناحیه، لذا بازه زمانی مهر تا اسفند به عنوان دوره بازسازی ذخایر در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی: سی‌ویک نمونه در اندازه‌های مختلف به طور تصادفی ماهیانه در ناحیه بین جزرومدی جمع آوری شد. نمونه‌ها به طور زنده در کپسول‌های هواهی شده، به آزمایشگاه انتقال داده

نارنجی پر رنگ متمایل به قهوه‌ای و در جنس نر زرد متمایل به نارنجی است لذا مقایسه بین نر و ماده ممکن بود. لازم به ذکر است که در محاسبات، نمونه‌های نابالغ جنسی محاسبه نشدند.

شاخص‌های مهم زیستی- اقتصادی: جهت آزمون ویژگی‌های مربوط به مقرون به صرفه بودن توتیا و زیست این موجودات، شاخص‌های بنیادی با بررسی مطالعات مختلف مورد توجه قرار گرفت. این شاخص‌ها جهت آنالیز اندازه‌گیری و براساس مطالعه (۲۴) به صورت زیر تعریف شد:

$$GMC = \frac{wg - dg}{wg} \times 100 \quad (۲)$$

$$GUMC = \frac{wgu - dgu}{wgu} \times 100 \quad (۳)$$

$$ALMC = \frac{wal - dal}{wal} \times 100 \quad (۴)$$

GMC که محتوای رطوبت گناد (Gonad Moisture Content)، GUMC، محتوای رطوبت معده (Gut Moisture Content) و ALMC، محتوای رطوبت فانوس ارسطو (Aristotle's Lantern Moisture Content) است. علاوه بر این wg، وزن تر گناد (wet weight of the gonad)، وزن تر معده (wet weight of the gut) و wal، وزن تر فانوس ارسطو (wet weight of the Aristotle's lantern) تعریف می‌شود. dg، به عنوان وزن خشک گناد (dried weight of the gonad)، وزن خشک معده (dried weight of the gut) و dal، وزن خشک فانوس ارسطو (dried weight of the Aristotle's lantern) می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تحلیل‌های آماری، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و Minitab صورت پذیرفت. توزیع پارامترهای رشد و زیست-اقتصادی توتیا در کل دوره نمونه‌برداری از نظر نرمال بودن با آزمون آماری Shapiro-Wilk در محیط نرم‌افزاری SPSS بررسی و سطح معنی‌داری ضریب همبستگی پارامترهای محاسبه شده با هم در سطح $\alpha=0/05$ انجام شد. علاوه

ارتباط بین این کمیت‌ها به صورت توانی مانند مطالعات (۲۱) و (۲۲) مطرح می‌شد اما مطالعات اخیر مانند مطالعه Vafidis و همکاران در سال ۲۰۲۱ (۸) رابطه لگاریتمی را ترجیح می‌دهند. اگرچه در این تحقیق رابطه توانی نیز محاسبه شد، اما در ترسیم نتایج این بخش، رابطه لگاریتمی در اولویت قرار گرفت.

نحوه تشریح نمونه‌ها جهت تعیین جنسیت: ابتدا غشای دهانی (Peristome) با اسکالپل برش داده و سپس فانوس ارسطو با پنس برداشته گردید. مایع سلومی (Coelomic Fluid) توسط سرنگ انسولین بیرون آورده شد. سپس با یک قیچی دو شکاف کوچک در گوشه پوسته ایجاد گردید و پوسته به دو بخش تقسیم شد. اجزای سیستم گوارشی و گنادها به طور جداگانه برداشته و در داخل ویال‌هایی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که رسوبات موجود در امعا و احشا مورد محاسبه قرار نگرفتند و سیستم گوارشی با آب مقطر چندین بار شستشو داده شد. سپس وزن تر همه اجزای بدنی (محتویات معده، گنادها و فانوس ارسطو) به صورت جدولی در محیط نرم‌افزار ثبت گردید. در مرحله بعد همه اجزای بدن در آون ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده تا این اجزا خشک شوند. وزن خشک فانوس ارسطو، محتویات معده و گنادها اندازه‌گیری شد. سپس فانوس ارسطو را در محلول هیپوکلریت سدیم به مدت ۱ تا ۲ دقیقه قرار داده تا هر گونه مواد آلی حذف شود و تنها اسکلت کربنات کلیسمی باقی بماند؛ اجزای اسکلتی فانوس در آب مقطر به مدت ۵ دقیقه شستشو داده و در معرض هوا خشک گردید؛ و سپس طول پنج آرواره از هر فانوس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر محاسبه گردید (۲۳). در پایان جنسیت بوسیله مشاهده بخشی کوچک از گناد زیر میکروسکوپ نوری تعیین گردید. از آنجایی که رنگ گناد در جنس ماده به رنگ

اختصار R، برای معادلات ۱ تا ۴ مورد محاسبه قرار گرفت.

$$R = \text{Max}(\text{کمیت}) - \text{Min}(\text{کمیت})$$

از نرم‌افزار Excel، نیز برای رسم برخی از نمودارها استفاده شد.

بر این، SPSS به منظور بررسی تقارن و فراوانی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. از برنامه Minitab برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد (با علامت اختصار SD)، چارک اول و سوم (از این به بعد با علامت اختصار Q1 و Q3) و دامنه میان چارکی با علامت اختصار IR و دامنه (معادله ۵) با علامت



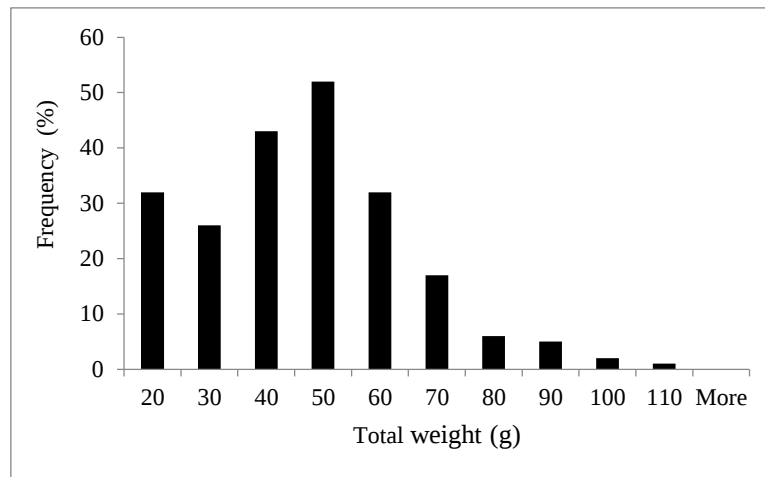
شکل ۲- نحوه اندازه‌گیری قطر توتیا با استفاده از کولیس دیجیتالی

Figure 2- The way to measure the diameter of sea urchin using a digital caliper

نتایج

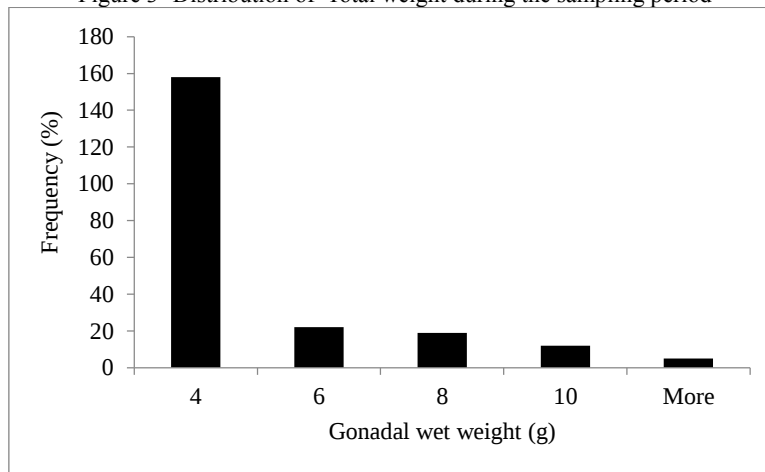
وزن تر کل و ارتفاع و وزن تر کل و حجم تقریبی پوسته در نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۳، نشان داده شده است. نتایج بدست آمده از آزمون ویژگی‌های فیزیکی و زیستی توتیاها (معادلات ۱ تا ۴)، در جدول ۴ نمایش داده شده است. شاخص‌ها برحسب تفکیک جنسیتی می‌باشند. در بین کل جامعه آماری تعداد نرها و ماده‌ها به ترتیب ۷۱ و ۱۲۷ فرد بود همچنین ۱۹ فرد از نظر جنسیتی نامشخص بودند، زیرا این تعداد در اندازه‌های کوچک و در نتیجه بدون گناد

فراوانی توزیع پارامترهای رشد اجزای بدنی نمونه‌ها، در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شده است و جدول ۱، نیز نمونه‌ای از نتایج مربوط به کوچکترین و بزرگترین نمونه را نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز بیشترین فراوانی داده‌های هر کمیت، با محاسبه چولگی و تقارن نشان داده شده است به طوری که در نمونه‌های مورد بررسی فراوانی چندتایی برای وزن فانوس ارسطو و وزن تر گناد مشاهده گردید. شکل ۷، رابطه بین کمیت‌های رشد را با وزن نشان می‌دهد. ضریب همبستگی محاسبه شده بین وزن تر کل و قطر پوسته،



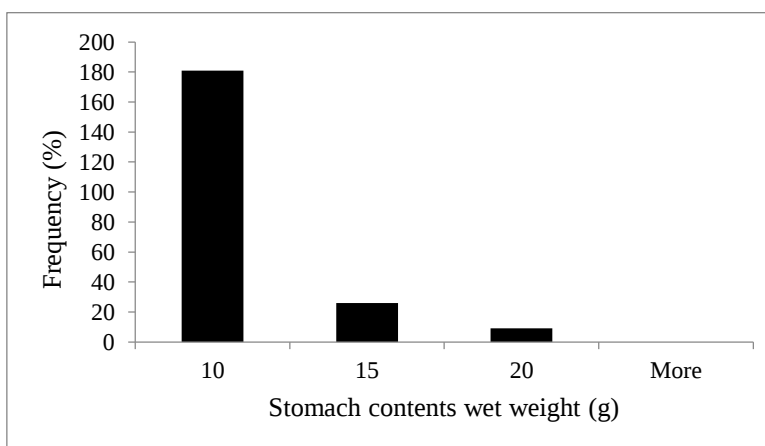
شکل ۳- پراکنش وزن کل در طی دوره نمونه‌برداری

Figure 3- Distribution of Total weight during the sampling period



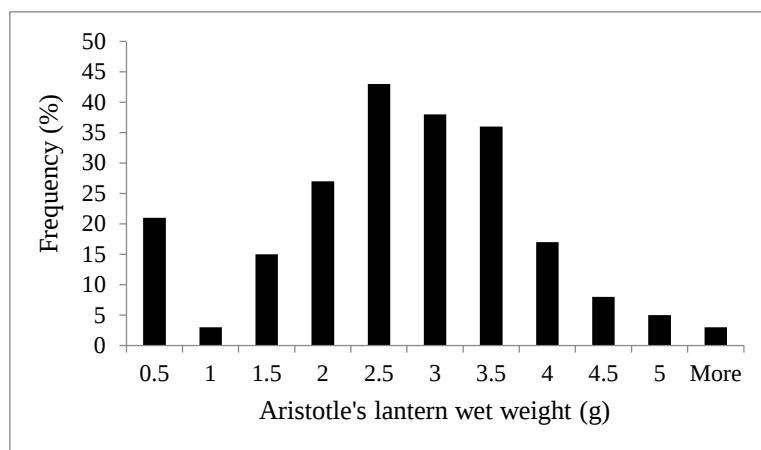
شکل ۴- پراکنش وزن تر گناده در طی دوره نمونه‌برداری

Figure 4- Distribution of Gonadal wet weight during the sampling period



شکل ۵- پراکنش وزن تر محتویات معده در طی دوره نمونه‌برداری

Figure 5- Distribution of Stomach contents wet weight during the sampling period



شکل ۶- پراکنش وزن تر فانوس ارسطو در طی دوره نمونه‌برداری

Figure 6- Distribution of Aristotle's lantern wet weight during the sampling period

جدول ۱- مقایسه برخی از پارامترهای رشد بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین نمونه

Table 1- Comparison of some growth parameters between the largest and smallest samples

Parameters	Samples (n= 217)	
	The smallest	The biggest
Weight (g)	0.07	103.77
Aristotle's lantern wet weight (g)	0.02	5.54
Diameter (mm)	4.31	59.21
Height (mm)	2.6	40.35

جدول ۲- نتایج پارامترهای رشد وزنی *E. mathaei*

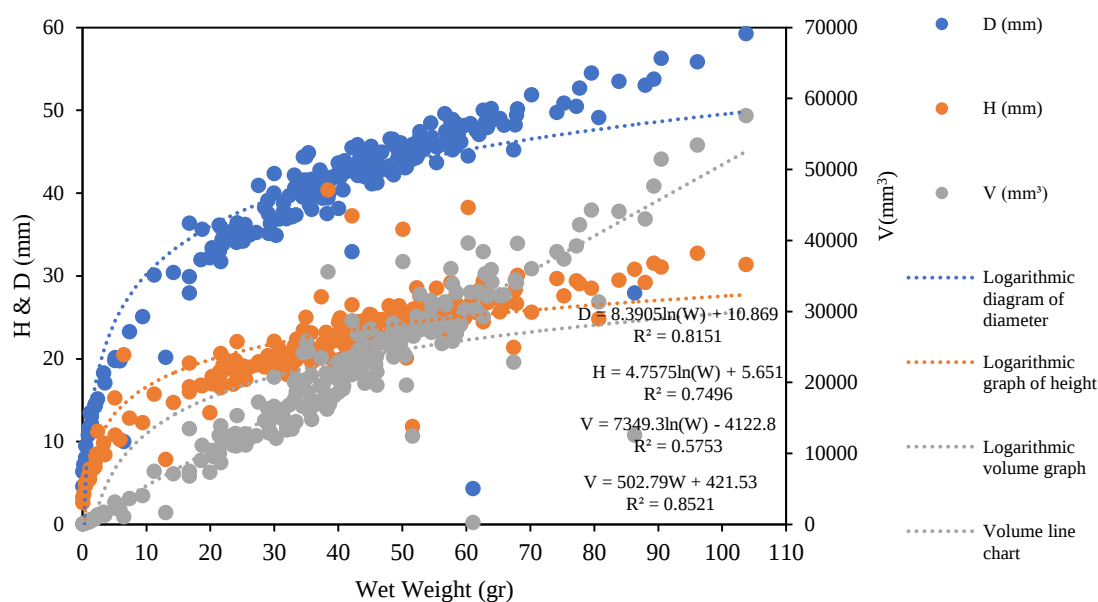
Table 2- Results of weight growth parameters of *E. mathaei*

Weight (g)	Mean $\pm$ SD	Symmetry	Skewness	The highest frequency of data
Gonadal wet weight	13.72 $\pm$ 3.2	1.397	-	0-0.13; 2.3-51.34
Stomach contents wet weight	89.74 $\pm$ 5.4	0.92	-	0.25-1
Aristotle's lantern wet weight	39.21 $\pm$ 2.1	-0.211	+	0-0.25; 2.2-25.5
Total	40.2 $\pm$ 38.59	0.083	+	35-45

جدول ۳- روابط به دست آمده بین پارامترهای رشد با وزن

Table 3- The obtained relationships between growth parameters and weight

Parameters	Trendline Options	Releations	r
Height-Weight	Logarithmic	$H = 4.7575\ln(W) + 5.651$	0.86
	Power	$W = 0.0122(H)^{2.857}$	0.95
Diameter-Weight	Logarithmic	$D = 8.3905\ln(W) + 10.869$	0.9
	Power	$W = 0.0053(D)^{2.393}$	0.9
Volume-Weight	Logarithmic	$V = 7349.3\ln(W) - 4122.8$	0.75
	Power	$W = 0.0071(V)^{0.87}$	0.94
	Linear	$V = 502.79(W) + 421.53$	0.92



شکل ۷- رابطه بین وزن تر کل با قطر، ارتفاع و حجم پوسته در بندرلنگه

Figure 7- Relationship between total wet weight and shell diameter, height and volume in Bandar Lengeh

جدول ۴- شاخص‌های محاسبه شده بر اساس جنسیت

Table 4. The calculated indicators based on gender

Quantity	Statistical indicator	Gender		Total
		Male	Female	
Gonad Moisture Content	Mean	74.6	74.67	68.22
	SD	9.89	11.63	23.6
	Q ₁	69.89	72.16	69.66
	Q ₃	80.78	79.72	79.94
	IR	10.89	7.56	10.28
	R	57.04	91.3	89.5
Gut Moisture Content	Mean	88.11	88.62	87.29
	SD	11.24	12.05	13.82
	Q ₁	86.75	89.17	87.5
	Q ₃	93.43	93.86	93.6
	IR	6.68	4.69	6.1
	R	80.78	92.22	98
Aristotle's Lantern Moisture Content	Mean	38.33	39.16	39.44
	SD	10.83	9.85	10.81
	Q ₁	33.25	35.95	35.55
	Q ₃	44.55	44.8	44.86
	IR	11.3	8.85	9.31
	R	77.8	81.93	81.93

بحث

سایر کشورها سرو می‌گردد (۲۵). به عنوان مثال *Paracentrotus lividus* یک گونه نایاب به خاطر شکل و طعم آن محسوب می‌شود (۲۶). اندازه و رنگ گناد یک فاکتور کلیدی در افزایش قیمت آن است

از دیدگاه جهانی، توتیای دریایی به جهت ارزش تغذیه‌ای و دارویی گنادهایشان حائز اهمیت است. گنادهای این موجود، به عنوان یک غذای تجملی خاویار مانند، در کشورهای آسیایی، مدیترانه‌ای و

(۲۷). در آبهای نیلگون خلیج فارس، گونه‌های متنوعی از توتیای دریایی وجود دارد، لذا بررسی نحوه رشد، وزن و حجم این موجود حائز اهمیت اقتصادی است.

پارامترهای رشد، مانند قطر و ارتفاع و وزن یکی از شاخص‌های اصلی در تعیین کیفیت توتیاست. قطر پوسته توتیای دریایی پارامتر بسیار خوبی برای بیومس آن می‌باشد. این پارامتر نسبت به وزن اهمیت بیشتری دارد زیرا به سرعت نسبتاً بیشتری نسبت به وزن آن افزایش می‌یابد. این الگو ممکن است نشان دهنده دستیابی سریع‌تر قطر بزرگ در مواجهه با شکار باشد، زیرا افراد کوچک ممکن است بیشتر در معرض شکار ماهی باشند (۲۸). در مطالعه (۲۱)، رابطه بین قطر پوسته و وزن *P. lividus*، به صورت $1/849$ قطر $1/98$ وزن، با قطر پوسته بین ۳ تا $5/4$ سانتی‌متر به دست آمد (۲۱)، حال آن‌که در بررسی ما طبق جدول ۳، این رابطه قویتر و به صورت $D^{2/3933} \times 0/0053 = W$ ($p\text{-value} < 0$ و $r=0/91$) به دست آمد. این معادله در حالتی به دست آمده است که از نظر اندازه، طبق جدول ۱، نمونه‌های ما ($5/921 \text{ cm} \leq D \leq 10/431$) کوچک‌تر از مطالعه (۲۱) بوده است. در مطالعه دیگر روی گونه *E. mathaei* در داخل و خارج آبسنگ‌های مرجانی یک ضریب همبستگی بین میانگین قطر پوسته در برابر وزن نمونه‌ها تخمین زدند ($n=144$ ، $r=0/96$ و $W=0/0021 \times D^{0/764}$) (۲۲). این نتیجه در مطالعه ما (جدول ۳)، به طور قابل قبولی با مطالعه (۲۲) هم‌خوانی دارد. اگر طبق جدول ۳، رابطه لگاریتمی را با سایر مطالعات مقایسه کنیم دیده می‌شود که رابطه قطر پوسته - وزن $\ln(W)+10/869$ $TD=8/3905$ مثبت است، به عبارتی با افزایش وزن، قطر پوسته نیز به صورت لگاریتمی در گونه *E. mathaei* افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۱ در سواحل تونس (۲۹)، روی گونه *P. lividus*

گزارش شده است که با افزایش قطر پوسته، وزن نیز افزایش می‌یابد. اگرچه در مطالعه (۲۸) بیان شده است که افزایش قطر پارامتر بسیار موثری در رشد توتیا است، اما نویسندگان این مقاله اذعان می‌کنند که رابطه قوی‌تر یا شباهت قابل قبول، نمی‌تواند با قطعیت بیانگر رشد بیشتر باشد، زیرا مطالعات سایر محققان نشان داده است که گونه جلبکی مورد تغذیه نیز در افزایش وزن موثر است. به عنوان مثال وزن تر توتیاهایی که با *Ulva lactuca* تغذیه شده بودند، نسبت به توتیاهایی که با جلبک *Macrocystis pyrifera* تغذیه شده بودند، کمتر بوده است (۳۰). این به این معناست که عوامل محیطی می‌تواند فاکتور وزن را تحت تاثیر قرار دارد و لذا مطالعات متعددی در این خصوص لازم است. از آن جایی که گناد یک توتیا، به صورت متوسط، ۲۰ درصد از کل محتوی وزن توتیا است (۳۱)، لذا مطالعه وزن نیز علاوه بر قطر و ارتفاع اهمیت دارد. جهت توضیح اندازه توتیا، نمی‌توان صرفاً به اندازه‌گیری خطی از قطر و ارتفاع توتیا اعتماد نمود. وزن توتیا، معیار ارزشمندتری برای محاسبه بلوغ موجود، نسبت به ارتفاع و قطر آن محسوب می‌شود. علاوه بر آن، اندازه‌گیری وزن، کم‌وبیش برای تغذیه مهم است. در مطالعه جونایل‌های گونه *Tripneustes gratilla* که با سه گونه جلبک قهوه‌ای *Padina australis*، *Hormophysa cuneiformis* و *Sargassum sp.* تغذیه شده بودند، مشخص شد که *Sargassum sp.* در یک دوره آزمایشی ۳۵ روزه، جونایل‌های بزرگتر و سنگین‌تری به وجود آورده است (۳۲). اگرچه محاسبه و اندازه‌گیری وزن، می‌تواند در مطالعات میدانی غیرعملی باشد، اما در مطالعه آزمایشگاهی حاضر، ممکن گردید. در این مطالعه (جدول ۳)، رابطه بین وزن تر و قطر پوسته در *E. mathaei* معنادار به دست آمد ($p\text{-value} < 0$) و به طوری که مشابه با مطالعه گونه

Centrostephanus rodgersii در مطالعه (۳۳) ضریب همبستگی برابر با ۰/۹۴ بوده است. حجم هم وزن، یک فاکتور کلیدی در اندازه موجودات محسوب می‌شود. این کمیت، اگر با وزن ترکیب شود، دارای اهمیت دوچندان می‌گردد. در اواخر دوره رشد، رابطه بین حجم و وزن خیلی مهم می‌شود. زیرا در آن دوره، ارتفاع و قطر پوسته تقریباً ثابت هستند (۳۴). در طول دوره گامتوژنیز، تغییرات وزنی به معنی این است که حجم زیادی از وزن، با گامت‌ها اشغال شده است که می‌تواند در بحث آبروی مفید باشد؛ زیرا از آن جایی که برای افراد بالغ، حجم داخلی توتیا، با گناد، امعا و احشا و فانوس ارسطو اشغال شده است، قبل از تخم‌ریزی بخش عمده پوسته توسط گناد، اشغال شده و پس از تخم‌ریزی بخش زیادی از حجم خالی است. اما همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، در بررسی ما رابطه لگاریتمی کفایت نمی‌کند و رابطه قوی و مستقیمی بین حجم تقریبی پوسته (با استفاده از روش قرصی) و وزن تر کل به هم در روش توانی ($r=0/95$) و هم به صورت خطی ($r=0/92$) دست آمده است. این مساله ارزش وزنی کم گناد را با توجه به فصل تخم‌ریزی، با توجه به عدم انحراف نمودار نشان می‌دهد. شکل ۳، نیز همین مطلب را تایید می‌کند: متوسط وزن کل، حدود $40/38 \text{ gr}$ ، درحالی که مجموع متوسط گنادها، امعا و احشا، و فانوس ارسطو، حدود 10 gr ، محاسبه شده است که تقریباً یک چهارم وزن کل می‌باشد. این مساله با توجه به این واقعیت حائز اهمیت می‌گردد که به طور کلی موجودات بزرگتر قدرت مقابله با استرس‌های محیطی بیشتری دارند. شاید این ویژگی، به این واقعیت که خارپوستان (از جمله توتیا) از اجداد مهره‌داران محسوب می‌گردند، بی‌ربط نباشد و توانایی مقابله آن‌ها را با استرس‌های محیطی در طی قرون و اعصار نشان می‌دهد. این واقعیت به این نکته ارتباط پیدا می‌کند که

روش محاسبه حجم توتیا *E. mathaei*، به چه شکل باشد. تخمین حجم پوسته گونه *Strongylocentrotus purpuratus* با استفاده از دو مدل مختلف (۱) - مطالعه Vesser در سال ۱۹۵۲ (۳۵) و ۲- روش پیشنهادی بیضوی پَخ شده در قطبین (۳۶)، مورد محاسبه قرار گرفته است. آن مطالعات نشان دادند که در مطالعه گونه *S. purpuratus*، هر دو روش، دقیق و بدون خطا و با مقدار t ، شیب و عرض از مبدأ به ترتیب $14/05$ ، $0/052$ و $0/052$ - می‌باشد. اما عیب این دو مدل در آن‌جا خود را نشان می‌داد که با افزایش اندازه توتیا، خطای محاسباتی در تخمین حجم با مدل بیضوی پَخ شده در قطبین نیز افزایش می‌یافت. اما از آن‌جایی که در محاسبه حجم از روش قرصی (۲۰) استفاده شد، شیب برابر با $0/071$ و $r=0/951$ به دست آمد. به دست آمدن شیب نزدیک به صفر ($0/071$) در مقایسه با شیب به دست آمده در مطالعه (۳۶)، یک ویژگی ارزشمند این مطالعه می‌باشد و بدان معنی است که روش مرجع (۲۰) که برای محاسبه حجم استفاده شده است (روش قرصی)، از روش بیضوی پَخ شده در قطبین (۳۶)، دقیق‌تر است. از آنجایی که بسیاری از کشورهای جهان برداشت تجاری توتیای دریایی را برای تجارت داخلی و بین‌المللی آغاز نموده‌اند که برداشت و مدیریت پایدار گونه‌های دریایی تجاری نیازمند تخمین‌های دقیقی از تغییرپذیری جمعیت در زمان و مکان و هم چنین درک عمیقی از عوامل/متغیرهایی است که باعث تغییرپذیری آن می‌شوند. عوامل فیزیکی مانند دمای آب، نوسانات سطح آب، رسوب‌گذاری، عملکرد موج یا اختلالات انسانی می‌توانند در فراوانی و تغییرپذیری گونه‌های دریایی تعیین‌کننده باشند. تغییرات در محیط زیست و صید بی‌رویه، خطر بزرگی را برای ذخایر شیلات در سراسر جهان ایجاد می‌کند. در مدیریت شیلاتی، استراتژی‌ها بر کاهش خطرات انقراض

2. Amemiya CT, Miyake T, Rast JP. Echinoderms. Curr. Biol. 2005; 15(23): R944-946.
3. Kaupp U, Hildebrand E, Weyand I. Sperm chemotaxis in marine invertebrates-molecules and mechanisms. J. cell. physiol. 2006; 208(3):487-494.
4. Marin A, Montoya S, Vita R, Marín-Guirao L, Lloret J, Aguado F. Utility of sea urchin embryo-larval bioassays for assessing the environmental impact of marine fishcage farming. Aquac. 2007;271(1):286-297.
5. Muthiga NA, McClanahan TR. Ecology of *Diadema*. In Developments in aquaculture and fisheries science. 2007;37: 205-225.
6. Sulistiawan R, Solichin A, Rahman A. Hubungan Kerapatan Lamun Dengan Kelimpahan Bulu Babi (Echinoidea) Di Pantai Pancuran Taman Nasional Karimunjawa, Jepara The Correlation Of Seagrass Density With Abundance Of Sea Urchins (Echinoidea) In Pancuran Beach Karimunjawa National Park, Jepara. Manage. Aquat. Resour. J. (MAQUARES). 2019;8(1):28-36.
7. Rifai H, Quevedo JMD, Lukman KM, Sondak CF, Risandi J, Hernawan UE, et al. Potential of seagrass habitat restorations as nature-based solutions: Practical and scientific implications in Indonesia. Ambio. 2023;52(3):546-555.
8. Vafidis D, Antoniadou C, Voulgaris K, Varkoulis A, Apostologamvrou C. Abundance and population characteristics of the invasive sea urchin *Diadema setosum* (Leske, 1778) in the south Aegean Sea (eastern Mediterranean). j. biol. res. thessalon. 2021; 28:1-14.
9. Meidel S, Scheibling RE. Effects of food type and ration on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. Mar. Biol. 1999;134(1):155-166.

اقتصادی جمعیت‌های برداشت‌شده متمرکز هستند. هنگامی که داده‌ها کمیاب هستند، روش‌های آماری برای ارزیابی ذخایر نمی‌توانند تخمین‌های دقیقی در مورد ارزیابی ذخایر ارائه داده و عدم قطعیت در نتایج را افزایش دهند. این چالش زمانی بیشتر می‌شود که منابع اقتصادی برای به دست آوردن چنین اطلاعاتی نیز کمیاب باشند و به طور کلی بهبود نتایج در این زمینه به تصمیم‌گیرندگان در ایجاد سیاست‌های مناسب برای ارزش‌گذاری این گونه و اجرای اقدامات احتیاطی لازم به منظور پایداری تنوع زیستی در آینده کمک خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ذکر شده در بالا نویسندگان پیشنهاد می‌دهند که ضمن مطالعه بر روی گونه‌های جلبکی مورد تغذیه در *E. mathaei* و سایر عوامل اکولوژیکی بر روی پارامترهای رشد (از مرحله لاروی تا بلوغ) و میزان تولید گناد خاویار مانند توتیا، شرکت‌های تجاری اولویت بر افزایش قطر توتیا جهت صرفه اقتصادی در صادرات این محصول با توجه به تغییرات اقلیمی گسترده داشته باشند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از جناب آقای دکتر عبدالرضا دباغ جهت همکاری در جمع‌آوری نمونه زنده از بندرلنگه تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

1. Coppard SE, Campbell AC. Taxonomic significance of test morphology in the echinoid genera *Diadema* Gray, 1825 and *Echinothrix* Peters, 1853 (Echinodermata). Zoosystema. 2006;28(1):93-112.

19. Ouchene H, Chahouri A, Hafidi N, Elouizgani H, Hermas J. Seasonal changes in gonad index, biochemical composition and heavy metal determination of sea urchin *Paracentrotus lividus* gonads from the south coast of Morocco. *Ocean Sci. J.* 2021;56:344-354.
20. Keshavarz M, Kamrani E, Amrollahi Biuki N, Zamani H. A Morphometric study of sea urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville, 1825) on beaches of Lengeh Port, Persian Gulf. *J. Mar. Sci. Technol.* 2017;16(3):42-55. (In Persian)
21. Tomšić S, Conides A, Dupčić Radić I, Glamuzina B. Growth, size class frequency and reproduction of purple sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Bistrina Bay (Adriatic Sea, Croatia). *Acta Adriat.* 2010;51(1):67-77.
22. Cuesta-Gomez DM, Sanchez-Saavedra MP. Increased gonad growth of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*) fed the giant kelp (*Macrocystis pyrifera*) and the sea lettuce (*Ulva lactuca*) enriched with nutrients. *Aquac. Res.* 2014;1-14.
23. Ebert TA, Dixon JD, Schroeter SC, Kalvass PE, Richmond NT, Bradbury WA, Woodby DA. Growth and mortality of red sea urchins *Strongylocentrotus purpuratus* across a latitudinal gradient. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1999;190:189-209.
24. Feng, W., Chang, Y., Zhao, C., Sun, P., Wei, J. Effects of inbreeding on growth, gametogenesis, gonad production, quality and MYP expression in the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*. *Aquacult Int.* Springer International Publishing Switzerland. 2014.
25. Unuma T, Exton P, Balkema A. Gonadal growth and its relationship to aquaculture in sea urchins. The sea urchin: from basic biology to aquaculture. Swets & Zeit, Lisse, 2002;115-127.
26. Robbins N, T. McKeever, John's NSt. Developing a Newfoundland sea urchin fishery. Trinity-Placentia Development Association. Canada/ Newfoundland
10. McCartney MA, Keller G, Lessios HA. Dispersal barriers in tropical oceans and speciation in Atlantic and eastern Pacific sea urchins of the Genus *Echinometra*. *Mol. Ecol.* 2000;9(9):1391-1400.
11. McClanahan TR, Muthiga NA. *Echinometra*. In: Lawrence J.M. (ed) *Sea Urchin: Biology and Ecology*. Florida, MA: Academic Press, 2013;337-353.
12. Dumas P, Kulbicki M, Chifflet S, Fichez R, Ferraris J. Environmental factors influencing urchin spatial distributions on disturbed coral reefs (New Caledonia, South Pacific). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 2007;344(1):88-100.
13. www.iobis.org
14. Bronstein O, Loya Y. Echinoid community structure and rates of herbivory and bioerosion on exposed and sheltered reefs. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 2014;456: 8-17.
15. Ouréns R, Freire J, Vilar JA, Fernández L. Influence of habitat and population density on recruitment and spatial dynamics of the sea urchin *Paracentrotus lividus*: implications for harvest refugia. *ICES J. Mar. Sci.* 2014;71(5): 1064-1072.
16. Guillou M, Michel, C. The influence of environmental factors on the growth of *Sphaerechinus granularis* (Lamarck)(Echinodermata: Echinoidea). *J. exp. Mar. Bio. Ecol.* 1994; 178(1):97-111.
17. Fernandez C, Boudouresque CF. Phenotypic plasticity of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in a lagoonal environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1997;152:145-154.
18. Sellem F, Langar H, Pesando D. Age et croissance de l'oursin *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816 (Echinodermata-Echinoidea) dans le golfe de Tunis (Méditerranée). *Oceanol. Acta.* 2000; 23(5):607-613.

33. Pecorino D, Lamare MD, Barker MF. Growth, morphometrics and size structure of the Diadematidae sea urchin *Centrostephanus rodgersii* in northern New Zealand. Mar. Freshw. Res. 2012;63(7):624-634.
34. Pederson HG, Johnson CR. Growth and age structure of sea urchins (*Heliocidaris erythrogramma*) in complex barrens and native macroalgal beds in eastern Tasmania. ICES J. Mar. Sci.: Journal du Conseil. 2008;65(1):1-11.
35. Vasseur E. Geographic variation in the Norwegian sea urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis* and *S. pallidus*. Evol. 1952;6:87-100.
36. Elliott L, Russell M, Hernández J. Estimating Echinoid test volume from height and diameter measurements. In Johnson C. (ed) Proceedings of the Thirteenth International Echinoderm Conference, University of Tasmania, Hobart Tasmania, 5-9 January 2009. Echinoderms in a Changing World. CRC Press, 2012; 105-112.
- Inshore Fisheries Development Agreement. 1990.
27. Lawrence JM. Sea urchins: biology and ecology, Academic Press. 2013.
28. Muthiga NA, McClanahan TR. *Diadema*. In: Lawrence J, editor. Sea urchins: biology and ecology. Elsevier; 2020;397-418.
29. Sellem F, Bouhaouala-Zahar B. Biometric characteristics of the wild population of sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) on the Tunisian coast. Thalassas: Int. J. Mar. Sci. 2021;37:659-669.
30. Muthiga N, McClanahan T. Population changes of a sea urchin (*Echinometra mathaei*) on an exploited fringing reef. Afr. J. Ecol. 1987;25(1):1-8.
31. Kato S, Schroeter SC. Biology of the Red Sea Urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, and its fishery in California. Mar. Fish. Rev. 1985;47:1-20.
32. Capinpin Jr EC. Growth and survival of sea urchin (*Tripneustes gratilla*) fed different brown algae in aquaria. Int. J. Fauna. Biol. Stud. 2015;2(3): 56-60.