مقاله پژوهشی
یافته‌های نوین در علوم زیستی
جلد ۱۰، شماره ۳، صفحات ۱۹۴ الی ۲۰۷ (۱۴۰۲)
انتشارات دانشگاه خوارزمی

Research Article
Nova Biologica Reperta 10(3): 194-207 (2023)
Print ISSN: 2423-6330/Online ISSN: 2476-7115
https://nbr.khu.ac.ir; Kharazmi University Press; DOI: 10.29252/nbr.10.3.194

بررسی زیستی بارناکل *Microeuraphia permitini* (Zevina & Litinova, 1970) در ساحل بندرعباس (خلیج فارس)

علی جهانگیری زرکانی، موسی کشاورز و عدنان شهدادی

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان
مسئول مکاتبات: موسی کشاورز، m.keshavarz@hormozgan.ac.ir

چکیده. بارناکل‌ها از سخت‌پوستان کفزی، چسبیده به بستر و فیلترکننده هستند که در بسترهای متنوعی شامل صخره‌ها، پوسته نرمتنان، مرجان‌ها، اسفنج‌ها، ریشه‌ها و برگ‌های حرا، سطح بدن لاک‌پشت‌ها و نهنگ‌ها زندگی می‌کنند. پژوهش حاضر به گونه *Microeuraphia permitini* در سواحل بندرعباس در دو ایستگاه جنگل حرا و ساحل صخره‌ای در یک بازه زمانی دو ماهه می‌پردازد و گونه را از لحاظ ریخت‌سنجی، تاثیر چرخه قمری بر تولیدمثل، دما و سرعت باد محیط بررسی نموده است. جهت بررسی ریخت‌سنجی پنج پارامتر طولی (ارتفاع، طول و پهنای پایه، طول و پهنای اوپرکولار) ثبت شد. نتایج نشان داد که در دوم (ماه نو) و هشتم ماه قمری به ترتیب ۹۰ درصد و۷۰ درصد نمونه‌های هر دو ایستگاه تخم داشتند و در دوازدهم ماه قمری (ماه کامل) همه نمونه‌ها حاوی تخم بودند. نتایج نشان داد که بین ارتفاع و طول پایه بارناکل تفاوت معنی‌دار وجود دارد اما اختلاف بین طول اوپرکولار، پهنای اوپرکولار و پهنای پایه معنی‌دار نیست. به علاوه، در ایستگاه حرا و صخره‌ای بیشترین ضریب همبستگی به ترتیب بین طول و پهنای اوپرکولار (به ترتیب r=0.84 و r=0.78) وجود داشت. کمترین ضریب همبستگی در ایستگاه حرا بین طول پایه و پهنای اوپرکولار (r=0.5) و در ایستگاه صخره‌ای بین ارتفاع و پهنای پایه (r=0.2) بود. الگوی وزش باد در طی این دوره متغیر بوده و کاهش تقریبی باد شمال در دوره نمونه‌برداری دیده شد. تغییرات دمای هوا بین حداقل ۳۰ و حداکثر ۳۹ درجه سانتی‌گراد دیده شد. باد و دما می‌تواند علاوه بر چرخه جزرومدی بر تخم‌ریزی گونه به‌عنوان فاکتور استرس محیطی موثر باشد.

واژه‌های کلیدی. پهنای اوپرکلوم، جنگل حرا، چرخه قمری، دمای هوا، ریخت‌سنجی، سرعت باد

Biological investigation of the barnacle *Microeuraphia permitini* (Zevina & Litinova, 1970) in Bandar Abbas beach (Persian Gulf)

Ali Jahangiri Zarkani, Mousa Keshavarz & Adnan Shahdadi
Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Post Box: 3995 Bandar Abbas, Iran
Correspondent author: Mousa Keshavarz, m.keshavarz@hormozgan.ac.ir

Abstract. Barnacles are bottom-dwelling crustaceans that live on a variety of substrates, including rocks, mollusk shells, corals, sponges, mangrove roots and leaves, and the body surface of turtles and whales. The present study deals with the species *Microeuraphia permitini* on the shores of Bandar Abbas in two stations of mangrove forest and rocky beach in a period of two months, and has investigated the morphometrics of the specimens, while considering the effect of the lunar cycle on reproduction, temperature and wind speed of the environment. Five longitudinal parameters (height, basal length and width, opercular length and width) were recorded. The results showed that 90% and 70% of the samples of both stations had eggs in the second day (new moon) and eighth days of lunar months, respectively, and in the twelfth day of the lunar month (full moon) all samples contained eggs. The results showed that there is a significant difference between the height and base length of the barnacle, but the difference between the opercular length, opercular width and base width is not significant. In addition, in both of mangrove and rocky stations, there was the highest correlation coefficient between opercular length and width (r=0.84 and r=0.78, respectively). The lowest correlation coefficient in mangrove station was between base length and opercular width (r=0.5) and in rocky station between height and base width (r=0.2). The wind pattern was variable during this period and the approximate decrease of the north wind was seen during the sampling period. Air temperature changes were seen between minimum 30 °C and maximum 39 °C. In addition to the tidal cycle, wind and temperature can affect the spawning of the species as an environmental stress factor.

Key words. air temperature, lunar cycle, mangrove forest, morphology, operculum width, wind speed

Received 13.05.2023/ Revised 16.08.2023/ Accepted 27.08.2023/ Published 20.12.2023
دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳/ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵/ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۵/ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

مقدمه

بارناکل‌ها گروهی از سخت‌پوستان کفزی، چسبیده به بستر و فیلترکننده متعلق به راسته مژه‌پایان هستند (Anderson, 1994). بیش از ۱۴۰۰ گونه بارناکل در سطح جهانی فهرست شده‌اند (Chan & Prabowo, 2009) که اکثر آنها تقریبا در تمامی مناطق جغرافیایی و زیستگاه‌های متنوع آب‌های شور دریاها و آب‌های لب‌شور برخی مصب‌ها و در اعماق مختلف از آب‌های ساحلی تا زیر جزرومدی پراکنش دارند (Trivedi et al., 2021) و در طیف متنوعی از بسترها شامل صخره‌ها، صدف نرمتنان، مرجان‌ها، اسفنج‌ها، ریشه‌های هوایی و برگ‌های مانگرو، اجسام شناور، سازه‌های ساحلی، بدنه کشتی یا سطح بدن سایر موجودات مانند لاک‌پشت‌ها و نهنگ‌ها زندگی می‌کنند (Chan & Høeg, 2015). بارناکل‌ها در محیط‌های گرمسیری و معتدل دریایی و با شیوه‌های مختلف زندگی از انگل سخت‌پوستان ده‌پایان گرفته تا گروه‌های آزاد سازگار هستند. از پوسته‌های فسیل‌شده بارناکل اغلب برای مطالعه محیط گذشته استفاده می‌شود (Trivedi et al., 2021). بارناکل‌ها اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی دارند، زیرا به عنوان موجودات ساکن فیلترکننده مطرح بوده و از دیگر کاربری‌های این گروه از سخت‌پوستان به‌عنوان مدل‌های اکولوژیکی در برنامه‌های پایش مناطق ساحلی به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Skinner et al., 2007). چرخه زندگی بارناکل‌ها شامل دو مرحله لاروی با فاز پلانکتونی و بالغ با فاز ساکن است. فاز پلانکتونی شامل شش مرحله ناپلیوس تغذیه‌کننده که انرژی را از محیط دریافت و ذخیره می‌کند و یک مرحله سیپرید غیر تغذیه‌کننده که انرژی ذخیره شده مرحله قبل استفاده می‌نماید و مرحله سکون شامل مراحل نابالغی و بزرگسالی است (Pitriana et al., 2020). فاز پلاژیک بارناکل‌ها شامل لاروهای ناپلی و سیپرید بوده که با تبدیل لارو سیپرید به نابالغ و در نهایت بالغین، جانور وارد مرحله نشست می‌شود (He et al., 2013). در مرحله نشست یا ساکن شدن، بارناکل‌ها بسترهای مختلفی را برای استقرار انتخاب می‌کنند. سیپرید ترجیح می‌دهند روی بسترهایی ساکن شوند که در آن چسبندگی دائمی است، بنابراین نیاز به نیروی بیشتری برای جدا کردن آن‌ها از این بسترهای ترجیحی است (Aldred et al., 2010). در مرحله ساکن شدن، موجود مرحله بلوغ تا رشد کامل را سپری می‌کند (Thiyagarajan & Qian, 2008). علاقه دیرینه‌ای در بین زیست‌شناسان به تکامل تخصیص جنسی و منابع به تولیدمثل جانوران نر و ماده وجود دارد. همواره بارناکل‌ها به‌عنوان مدلی برای درک تکامل سیستم‌های جفتگیری جانوران و تنوع در زادآوری تولیدمثلی در نظر گرفته می‌شده‌اند (Kelly & Sanford, 2010).

فصل تولیدمثل بارناکل بسته به گونه و پارامترهای محیطی مانند دمای آب یا در دسترس بودن غذا متفاوت است. از لحاظ تولیدمثلی بارناکل‌ها دارای سه الگوی جنسی شامل هرمافرودیت، آندرودیوسئی (همزیستی بین هرمافرودیت ها و نرها) و دو پایه جنسی هستند. اصولا بارناکل‌های نر از ماده‌ها کوچکتر بوده که به آنها نرهای کوتوله گفته می‌شود و به ماده‌های هرمافرودیت که بزرگتر هستند وابسته هستند. گزارش شده است که درجه کوتولگی در نرها وابسته به عدم وجود غذای کافی و کاهش رقابت اسپرم به دلیل دو پایه جنسی در مقایسه به آندرودیوسئی است (Yamaguchi et al., 2012). از بین سه الگوی جنسی در میان بارناکل‌ها، الگوی هرمافرودیت در بین آن‌ها غالب است. بارناکل‌های Thoracican تنوع فوق‌العاده‌ای در بین گونه‌ها در مورد زندگی باروری از جمله هرمافرودیتیسم همزمان، هرمافرودیتیسم همزمان پروتاندریک، آندرودیوسئی یا دو پایه جنسی از خود نشان می‌دهند. بارناکل‌ها هم چنین در بین گونه‌ها در درجه‌ای که هرمافرودیت‌های منفرد انرژی را به تولیدمثل نر در مقابل ماده تخصیص می‌دهند، متفاوت است (Raimondi & Martin, 1991). بارناکل‌های دارای زندگی آزاد سیستم تولیدمثلی پیچیده‌ای دارند. هر فرد هرمافرودیت بوده و دارای گنادهای جنسی نر و ماده به همراه مجاری تناسلی و کیسه‌هایی برای ذخیره گامت‌ها است. در این گروه جانوری اسپرم از طریق مجرای انتقال اسپرم به فرد پذیرنده دارای تخمک وارد شده و لقاح صورت می‌گیرد (Anderson, 1994). بارناکل‌ها مانند بسیاری از سخت‌پوستان از طریق جفت شدن تولیدمثل می‌کنند، اما بارناکل‌ها در بین سخت‌پوستان منحصر به فرد هستند زیرا بالغین کاملا بی حرکت هستند و گروه‌های جفتگیری سیپرید در مقایسه با بیشتر بی‌مهرگان دریایی به‌طور غیرعادی کوچک و از نظر مکانی پراکنش محدودی دارند. اندازه کوچک گروه‌های جفتگیری سیپرید احتمالا به پایداری یکی دیگر از ویژگی‌های تولیدمثلی مهم در این گروه کمک می‌کند. هنگامی که شرایط جفتگیری غیرقابل پیش‌بینی باشد، هرمافرودیتیسم امکان تخصیص جنسی را در یک نسل از طریق تخصیص منابع به اندام‌های مختلف فراهم می‌کند (Michiels, 1998). در نهایت هرمافرودیتیسم یا نرمادگی شانس تولیدمثل را در تراکم‌های کم افزایش می‌دهد.

اگرچه بیشتر بارناکل‌های Thoracican هرمافرودیت هستند، اما تعداد قابل توجهی از آن‌ها آندرودیوسئی یا دارای دو پایه جنسی جدا هستند (Anderson, 1994). جدیدترین تبارشناسی

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

مولکولی سیپریدها نشان می‌دهد که اجداد Thoracican به جز اولین اشتقاق‌ها احتمالا هرمافرودیت بوده‌اند (Perez-Losada et al., 2008).

بالانیدها شاید بارزترین ویژگی سیستم‌های جفتگیری یکنواختی کوتوله شدن در میان بارناکل‌های آندرودیوسئی یا دو پایه جنسی باشد، چرا که نه تنها نرها چندین بار از یک جد یا نیای هرمافرودیت تکامل یافته‌اند، بلکه در هر نمونه با کوتوله شدن همراه بوده است. بررسی‌ها نشان داده است که وضعیت آندرودیوسئی یا دو پایه جنسی در محیط‌های فقیر از لحاظ غذایی تکامل پیدا کرده زیرا در دسترس بودن کم غذا احتمال تبدیل از نرهای کوچک به هرمافرودیت‌های بزرگ را کاهش می‌دهد (Yamaguchi et al., 2008).

از جمله پارامترهای محیطی که در تنظیم فعالیت‌های تولیدمثلی مانند شروع گامت‌زایی اهمیت ویژه‌ای دارد می‌توان به تغییرات دمایی، تغییرات شوری مانند دوره‌های مانسون و بارش و در نتیجه کاهش شوری که یک عامل محدود کننده تولیدمثلی است، اشاره کرد (Kas′yanov et al., 1997). تغییر در فاکتورهای محیطی از جمله کاهش دما باعث تحریک فرآیند گامتوژنتیک شده هم چنین در برخی گونه‌ها با محدودیت غذایی نرخ تولیدمثل نیز کاهش پیدا می‌کند (Kas′yanov et al., 1997).

در گونه‌های مختلف بارناکل زمان و مدت فصل زادآوری بسته به فصل و فاکتورهای محیطی متغیر است به‌طوری که برخی گونه‌ها ممکن است در طول سال زادآوری داشته و یا مربوط به فصول مختلف و ماه‌های گرم یا سرد سال اتفاق بیفتد (Anderson, 1994). بنابراین بارناکل‌ها به دلیل ثابت بودنشان نسبت به تغییرات محیطی حساس هستند و تغییر در شرایط محیطی مانند دما و شوری می‌تواند بر جنبه‌های زیست‌شناسی این موجودات تاثیر بگذارد. دما غالبا یک عامل تعیین‌کننده کلیدی در ساختار اجتماعات دریایی است (Harley, 2008). دما نه تنها بر فیزیولوژی بلکه بر الگوی توزیع، بقا و تعامل گونه‌ها تاثیر می‌گذارد (Lamb et al., 2014). بارناکل‌های جزرومدی ممکن است به افزایش دما حساس باشند زیرا ممکن است در حال حاضر در حد تحمل تنش حرارتی خود زندگی کنند (Berger & Emlet, 2007). در واقع، توزیع بارناکل در سواحل صخره‌ای و نقش استرس فیزیکی در تنظیم این الگوها توجهات زیادی را در مطالعات اخیر به خود جلب کرده است (Gedan et al., 2011). دما اغلب نقش‌های پیچیده را در تعیین توزیع جمعیت، نرخ بقا (Survival rate) و برهمکنش‌های درون گونه‌ای بارناکل‌ها ایفا می‌کند به‌عنوان مثال تراکم بالا در بالغین باعث افزایش بقای فردی بارناکل *Semibalanus balanoides* در مکان‌های گرمتر شده و دماهای متغیر می‌تواند نتیجه رقابت بین گونه‌ای را هم تغییر دهد (Bertness et al., 1999). بر اساس مطالعات روی الگوهای رشد و تولیدمثلی بارناکل *Lepas anatifera* نشان داده شد که اثرات دما و در دسترس بودن غذا باعث افزایش در سرعت رشد و بلوغ بارناکل شده و دمای بالا هم چنین منجر به بلوغ زودتر شده درحالی‌که تأثیر در دسترس بودن غذا کمتر واضح بوده است (Inatsuchi et al., 2010).

شوری از جمله عوامل فیزیکوشیمیایی است که بر توزیع موجودات در سواحل جزرومدی تأثیر می‌گذارد. نوسانات شوری کم بر وضعیت فیزیولوژیکی، رفتار و پراکنش گونه‌های مختلف بارناکل تأثیر می‌گذارد (Gomes-Filho et al., 2010). قرار گرفتن لارو در معرض شوری‌های مختلف اثرات متفاوتی بر روی لارو موجب شده به‌طوری که شوری اثرات منفی قابل توجهی بر روی بقا و توسعه لاروی در شوری کمتر از ppt ۱۰ ایجاد کرده و شوری یک عامل محدود کننده برای بقا و پراکنش *Balanus amphitrite* گزارش شده است (Qiu & Qian, 1999). بسیاری از گونه‌های بارناکل که به‌عنوان موجودات عامل فولینگ یا مزاحم مطرح هستند در آن‌ها تحمل به شوری یک ویژگی کلیدی برای زنده ماندن در حمل‌ونقل از راه دور بوده و آن‌ها را به مهاجمان موفق در سراسر جهان تبدیل کرده و باعث ایجاد معضلات اکولوژیکی و اقتصادی بزرگ و تأثیر در مناطق ساحلی شده است (Lewis & Coutts, 2009). چندین گونه بارناکل به‌عنوان بسیار مقاوم نسبت به تغییرات شوری (یوری‌هالین) توصیف شده‌اند و تعداد کمی از گونه‌ها حتی توانایی اشغال زیستگاه‌های دهانه رودخانه و لب‌شور را زیر psu ۵ دارند. با این حال، سازگاری‌های فیزیولوژیکی و یا مورفولوژیکی که اجازه می‌دهد بارناکل‌ها در شوری‌های کم زندگی کنند، به درستی درک نشده‌اند (Sundell et al., 2019).

بارناکل‌های خانواده Chthamalidae در سواحل گرمسیری و معتدل سراسر جهان پراکنش گسترده‌ای دارند و با مناطق فوق جزرومدی سازگار شده‌اند (O′Riordan et al., 2010). گونه *Microeuraphia permitini* نخستین بار از خلیج عدن توصیف شده و از آب‌های ایران برای اولین بار در سال ۲۰۱۱ توسط شهدادی و ساری گزارش شد (Shahdadi & Sari, 2011). این بارناکل با تراکم زیاد و استقرار به صورت گروهی در منطقه میانی بالای جزرومدی محدود بوده و بندرت در نواحی بالای جزرومدی یافت می‌شود. این گونه در خلیج‌فارس تراکم بالایی داشته و در مکان‌های پناهگاهی یافت می‌شود (Shahdadi & Sari, 2011).

بارناکل‌ها در سواحل جنوبی ایران از تنوع قابل توجهی برخوردار هستند اما به‌طور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته‌اند. این گروه جانوری می‌تواند به سازه‌های ساحلی، لوله‌های نفتی و شناورها بچسبد و اثرات مخرب زیستی و ضررهای اقتصادی

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

فراوانی را منجر شوند، در نتیجه مطالعات اکولوژیکی بر روی آن‌ها می‌توانند در کنترل و پیشگیری از اثرات مخرب آن‌ها داده‌های ارزشمندی را در اختیار قرار دهند. هم‌چنین از آنجایی که بیشتر مطالعات گذشته بیشتر جنبه معرفی گونه‌هاست و از لحاظ اکولوژیکی مطالعاتی نشده است. به عنوان مثال بررسی بارناکل‌های بین جزرومدی جزیره هرمز، حضور ۶ گونه گزارش شده است که عمدتا در ناحیه بالادست منطقه بوده و منطقه زیرجزرومدی کاهش چشمگیر حضور بارناکل‌ها است (Sheykhian et al., 2016) یا در بررسی تنوع زیستی ماکروفولینگ‌های قفس‌های صیادی در بندرلنگه بارناکل *Amphibalanus* sp. به عنوان گونه غالب در تمامی فصول معرفی شد (Shahbazi et al., 2018). لذا در این مطالعه سعی شده است به جای گزارش گونه، بارناکل گونه *M. permitini*، از لحاظ ریخت‌سنجی و تولیدمثلی در دو ساحل مختلف مقایسه شود. درنتیجه با توجه به اهمیت اکولوژیکی آن‌ها، هدف عمده تحقیق حاضر، بررسی سیکل تولیدمثلی و ریخت‌سنجی بارناکل *M. permitini* در سواحل بندرعباس است.

مواد و روش‌ها

جهت انجام نمونه‌برداری و مشاهده بارناکل گونه *Microeuraphia permitini*، در ابتدا یک بازدید میدانی از سواحل بندرعباس در دو ایستگاه مورد مطالعه یکی شامل جنگل‌های حرا در موقعیت طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۴۲ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۷ دقیقه و ۹۴ ثانیه شمالی و دیگری ساحل صخره‌ای با موقعیت طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۳۴ دقیقه و ۹۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۸ دقیقه و ۸۳ ثانیه شمالی صورت پذیرفت (شکل ۱).

نمونه‌برداری از هر ایستگاه براساس چرخه‌های قمری، به ترتیب در طی روزهای ۲، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۶ در یک بازه زمانی دو ماهه انجام شد. نمونه‌برداری در جنگل حرا از بارناکل‌های متصل به ریشه‌های هوایی درختان و در ایستگاه صخره‌ای از نمونه‌های متصل به صخره‌های موجود در اسکله صورت پذیرفت (شکل ۲). جمع‌آوری نمونه‌ها تصادفی بود که با استفاده از کاردک برش داده شد و از بستر جدا گردید. به منظور بررسی آزمایشگاهی، نمونه‌ها در الکل ۷۰ درصد تثبیت شد و به آزمایشگاه زیست‌شناسی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند. ابتدا شناسایی گونه انجام شده و سپس سایر آزمایش‌های ریخت‌سنجی (Klaoudatos et al., 2020) و بررسی تولیدمثلی بر اثر چرخه قمری (Karande, 1965) در زیر استریومیکروسکوپ انجام شد.

ریخت‌سنجی

جهت بررسی ریخت‌سنجی، مشخصات بیومتریک که شامل طول پایه (بزرگترین فاصله بین قسمت قدامی و خلفی)، پهنای پایه (بزرگترین فاصله عمود بر محور خلفی قدامی)، ارتفاع (بزرگترین فاصله عمودی از راس تا قاعده پوسته)، طول اوپرکولار (بزرگترین فاصله بین اپرکولوم قدامی و خلفی) و پهنای اوپرکولار (بزرگترین فاصله اپرکولوم عمود بر محور خلفی قدامی)، با استفاده از کولیس دیجیتال (با دقت ۰/۱ mm ±) ثبت شد.

نرخ زادآوری تحت تاثیر چرخه قمری

از آنجا که مدت‌ها مشخص شده است که بسیاری از موجودات جزرومدی فعالیت‌های تولیدمثلی خودشان را با چرخه‌های ماه همزمان می‌کنند. در واقع موجودات با این کار می‌خواهند شرایطی را فراهم کنند تا تولیدمثل و آزادسازی لاروها در بهینه‌ترین زمان ممکن باشد چرا که با این کار نرخ لقاح و بارداری را افزایش می‌دهند. این فرآیندهای زیستی دوره‌ای، می‌تواند منطبق با یک یا چند دوره تناوبی باشند که به تغییرات فیزیکی محیطی واکنش نشان می‌دهند. فرآیندهای دوره‌ای مرتبط با چرخه ماه و همچنین جزرومد در روند فیزیولوژیکی تولیدمثل و آزادسازی لارو موجودات ساکن مناطق جزرومدی که تحت تأثیر نوسانات شدید عوامل محیطی هستند، موثر است.

بررسی نرخ زادآوری نمونه‌ها از طریق بررسی شمارشی گنادها در زیر استریومیکروسکوپ متصل به دوربین دیجیتال (مدل DinoCapture 2.0) انجام شد و علاوه بر وضعیت گنادی نسبت به ثبت تصاویر در طی دوره ماهانه قمری در روزهای مختلفی از ماه اقدام شد.

بر این اساس وضعیت گنادی ارزیابی شد. انتخاب وضعیت نمونه‌ها با توجه به چهار حالت ۱) نمونه‌های غیر بارور با گناد رسیده و بدون تخم، ۲) نمونه‌های بارور با تخمدان‌های دارای تخم‌های به هم چسبیده، ۳) نمونه‌های بارور با ناپلیوس‌های به هم چسبیده و ۴) نمونه‌های بارور با ناپلیوس‌های آزاد در داخل فضای جبه صدفی‌شان بود (Karande, 1965). درصد هم‌آوری هم در تمامی نمونه‌ها مورد محاسبه قرار گرفت و میزان این فراوانی ثبت شد و به کمک نرم‌افزارهای آماری تحلیل شد.

تحلیل‌های آماری

از داده‌های ریخت‌سنجی به منظور بررسی‌های آماری جهت مقایسه توزیع پراکنش پارامترهای طولی پوسته بارناکل استفاده گردید. ابتدا داده‌های خام از نمونه‌های تصادفی اولیه در محیط اکسل وارد گردید. سپس از نظر

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

نرمال بودن با آزمون آماری Shapiro-Wilk در محیط نرم‌افزاری SPSS (نسخه ۲۰) بررسی شده و با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) در سطح معنی داری ۹۵٪ به بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار بین میانگین داده ها پرداخته شد. هم چنین برای مقایسه داده‌ها بین بازه نمونه‌برداری از آزمون Mann-Whitney U در محیط SPSS استفاده شد و بعد از تجزیه و تحلیل‌های آماری توسط برنامه SPSS، رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد. در این مطالعه ریخت‌سنجی در گروه‌های سنی یا طولی مشخص یا تعریف‌شده‌ای انجام نشده است. هم‌چنین هدف مقایسه بین افراد دو جمعیت (بدون در نظر گرفتن وضعیت رشد) از یک گونه بوده، توزیع داده‌ها نرمال بوده و اختلاف بین میانگین‌ها چشمگیر نبوده بنابراین از ترانسفورم کردن داده‌ها صرف‌نظر شده است.

پارامترهای محیطی در دوره نمونه‌برداری

داده‌های مربوط به سرعت باد و دمای هوا، از اطلاعات ایستگاه هواشناسی فرودگاه بندرعباس در موقعیت جغرافیایی ۵۶/۲۹ درجه شمالی و ۲۷/۱۹ درجه شرقی در گام زمانی نیم ساعته استخراج شد. داده‌های تراز سطح آب، از اطلاعات چارت کشندی ساحل بندرعباس برآورد شد. اطلاعات موقعیت ماه نیز استخراج شد تا ارتباط تخم‌ریزی گناد و چرخه قمری معلوم شود. لازم به ذکر است که بازه زمانی ماه نو (New moon) به وضعیت ماه کامل (Full moon) با درخشندگی (Waxing) و ماه کامل به ماه نو با عبارت تاریک شدگی (Waning) بیان شد.

استفاده از وضعیت ماه، به این منظور است که در سیکل‌ها کشندی، وضعیت ماه نقش کلیدی در ایجاد مهکشند (Spring Tide) و کهکشند (Neap Tide) دارد. از طرفی بیان میان دامنه کشندی در هر نوبت اندازه‌گیری، اطلاعاتی از منطقه بین‌جزرومدی منطقه را ارائه خواهد داد. از آنجایی که شیب منطقه ثابت است، میزان دامنه کشندی مقدار عرض پهنه بین‌جزرومدی را نشان می‌دهد. پارامتر باد نیز به دلیل ایجاد امواج اهمیت دارد. ارتفاع امواج عمدتا متاثر از باد محلی منطقه است. پس بیان سرعت باد نمایی از وضعیت امواج رسیده به ساحل را ارائه می‌کند. هرچه سرعت باد بیشتر باشد، امواج بلندتر و در نتیجه انرژی بیشتری به پهنه جزرومدی وارد می‌شود که می‌تواند در ورود استرس به گونه جهت انجام تخم‌ریزی موثر باشد. دمای هوا نیز بیانگر روز سرد و یا گرم در ساحل است که بر چرخه زندگی بارناکل اثر می‌گذارد و می‌تواند یک نوع استرس محیطی باشد.

نتایج

بررسی‌های آماری مربوط به پارامترهای ریخت‌سنجی شامل ارتفاع، طول و پهنای اوپرکولار، طول پایه و پهنای پایه بین نمونه‌های *M. permitini* از دو ایستگاه صخره‌ای و حرا انجام شد (جدول ۱). بر اساس نتایج نشان داده شد که میانگین ارتفاع، طول و پهنای اوپرکولار پوسته‌های بارناکل‌های مربوط به ایستگاه صخره‌ای بیشتر از ایستگاه حرا بوده و در عوض در نمونه‌های مربوط به ایستگاه حرا میانگین طول پایه و پهنای پایه از نمونه‌های ایستگاه صخره‌ای بیشتر است (شکل ۳).

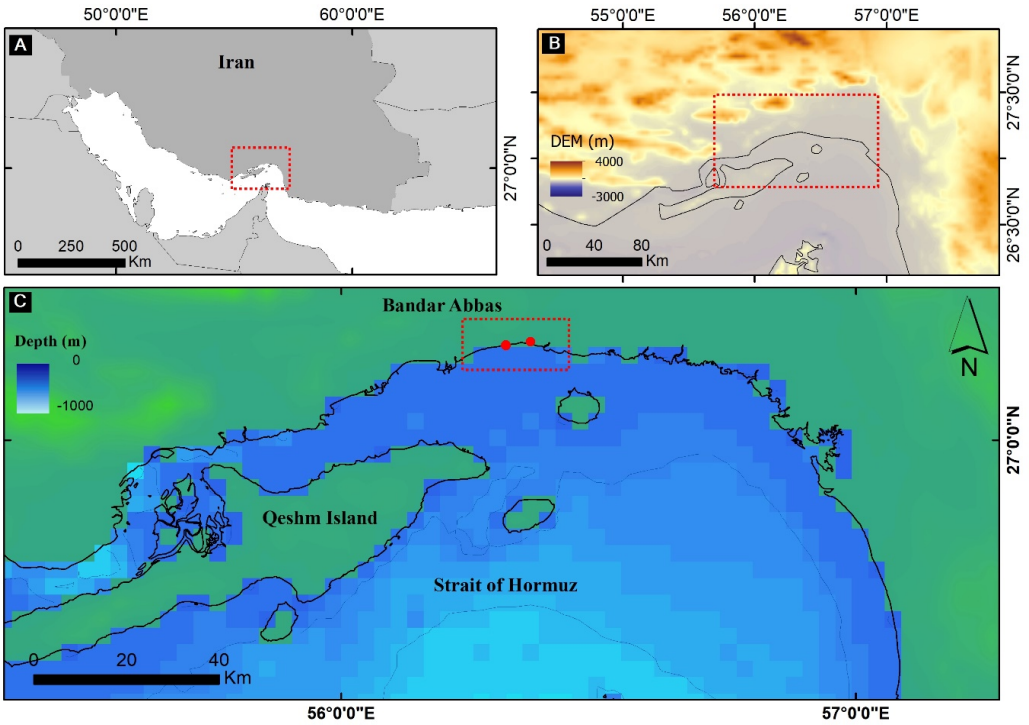
نتایج بررسی‌های مقایسه‌ای بین پارامترهای ریخت‌سنجی مربوط به نمونه‌های دو ایستگاه صخره‌ای و حرا نشان داد که بین ارتفاع و طول پایه‌های بارناکل‌های هر دو ایستگاه تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود دارد ($P<0.05$). هم چنین بر اساس نتایج نشان داده شد که اختلاف بین طول اوپرکولار، پهنای اوپرکولار و پهنای پایه معنی‌دار نیست ($P>0.05$). در جدول ۲ نتایج مربوط به مقایسه این سطح معنی‌داری بین پارامترهای ریخت‌سنجی گونه *M. permitini* از دو ایستگاه صخره‌ای و حرا ارائه شده است.

ارتباط بین پارامترهای ذکر شده مربوط به گونه *M. permitini* به تفکیک ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج ضریب همبستگی نشان داد که در ایستگاه حرا بیشترین و کمترین مقدار ضریب همبستگی بین طول اوپرکولار و پهنای اوپرکولار ($r=0.84$) و طول پایه و پهنای اوپرکولار ($r=0.5$) بوده و در ایستگاه صخره‌ای بیشترین و کمترین مقدار ضریب همبستگی بین طول اوپرکولار و پهنای اوپرکولار ($r=0.78$) و ارتفاع و پهنای پایه ($r=0.2$) بوده و هم چنین در ایستگاه صخره‌ای ضریب همبستگی بین ارتفاع و طول اوپرکولار و بین طول پایه و پهنای پایه مساوی بوده است ($r=0.7$).

بر اساس نتایج همبستگی بین پارامترهای ریخت‌سنجی نشان داده شد که بین پارامترهای مورد مطالعه شامل ارتفاع، طول اوپرکولار، پهنای اوپرکولار، طول پایه و پهنای پایه مربوط به بارناکل *M. permitini* از دو ایستگاه صخره‌ای و حرا همبستگی مثبتی وجود داشته و ارتباط بین آن‌ها معنی‌دار است (جدول ۴).

در شکل ۴ وضعیت دما، سرعت باد، تراز کشندی و وضعیت ماه را در هر هفت نوبت اندازه‌گیری نشان می‌دهد. به خوبی دیده می‌شود اختلاف زیادی از نظر شرایط فیزیکی منطقه بین هر نوبت نمونه‌برداری وجود داشته است. وضعیت ماه در نوبت اول اندازه‌گیری دارای ۱۲ درصد درخشندگی، نوبت دوم معادل ۶۸ درصد، نوبت سوم در وضعیت ماه کامل، نوبت چهارم برابر ۲۸ درصد در حالت غیردرخشندگی، نوبت پنجم اندازه‌گیری در وضعیت ماه نو، نوبت ششم اندازه‌گیری درخشندگی ۳۲ درصد و نوبت هفتم اندازه‌گیری ماه با درخشندگی ۸۱ درصد است (جدول ۵).

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در تنگه هرمز به همراه ایستگاه‌های نمونه‌برداری (نقاط قرمز رنگ).

Figure 1. The study area in the Strait of Hormuz with sampling stations showing with red dots.

شکل ۲- ایستگاه‌های نمونه‌برداری گونه *M. permitini* (A) جنگل حرا و (B) ساحل صخره‌ای

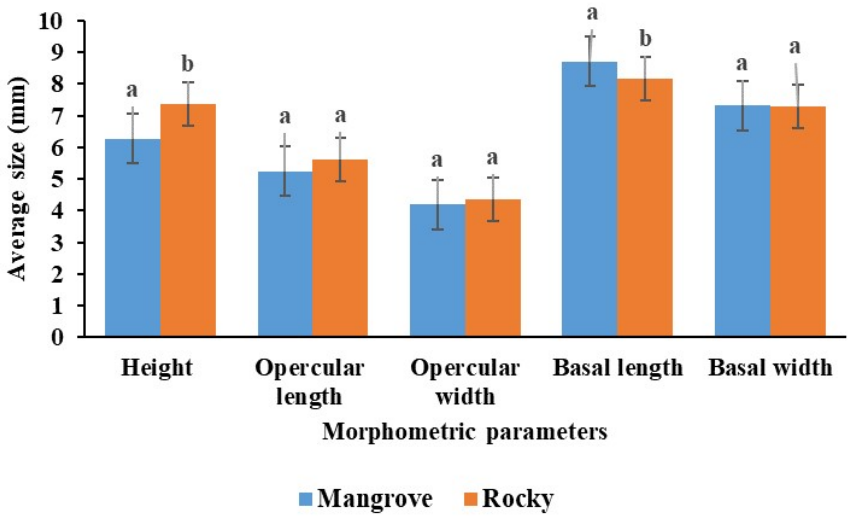
Figure 2. Sampling stations of *M. permitini* species. (A) Mangrove forest and (B) Rocky beach.

جدول ۱- پارامترهای آماری *M. permitini* مورد مطالعه از دو ایستگاه صخره‌ای و حرا.

Table 1. Statistical parameters of *M. permitini* studied from two rocky and mangrove stations.

Variance	Standard deviation	Standard error	Range	Maximum	Minimum	Mean	Paramerers (mm)	No.	Stations
4.387	2.0944	0.0886	14.1	17.4	3.3	7.36	Height	559	Rocky
1.181	1.0876	0.046	7.4	9.8	2.4	5.606	Opercular length		
3.099	1.7605	0.0745	38.6	41	2.4	4.372	Opercular width		
2.096	1.4477	0.06123	9.1	13.9	4.8	8.1866	Basal length		
1.99	1.4106	0.0597	7.4	11.7	4.3	7.302	Basal width		
1.675	1.2943	0.0512	8.1	11.1	3	6.275	Height	640	Mangrove
1.115	1.0557	0.0417	6.5	8.8	2.3	5.252	Opercular length		
0.687	0.8286	0.0328	5.2	7.1	1.9	4.204	Opercular width		
3.075	1.7535	0.06931	14	14.8	0.8	8.71	Basal length		
1.772	1.3311	0.0526	8.3	12.3	4	7.325	Basal width		

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]



شکل ۳- مقایسه بین اندازه پارامترهای ریخت‌سنجی *M. permitini* بین دو ایستگاه مورد مطالعه (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین پارامترهای اندازه گیری شده است (P<0.05).

Figure 3. Comparison between the morphometric parameters of *M. permitini* between the two studied stations (different letters indicate significant differences between the measured parameters (P<0.05)).

جدول ۲- مقایسه سطح معنی داری بین پارامترهای ریخت‌سنجی *M. permitini* دو ایستگاه.

Table 2. Comparison of the significance level between the morphometric parameters of *M. permitini* of two stations.

Range (95% confidence interval)		Standard error difference	mean difference	df	T	Significance level	Parameters
Minimum	Maximum						
0.8901	1.2795	0.0992	1.0848	1197	10.93	0	Height
0.8840	1.2855	0.0619	1.3542	1197	5.717	0.778	Opercular length
0.0149	0.3206	0.0779	0.1678	1197	2.154	0.397	Opercular width
-0.7048	-0.3419	0.0924	-0.5233	1197	-5.587	0	Basal length
-0.1784	0.1324	0.0795	-0.0230	1197	-0.291	0.227	Basal width

وضعیت چرخه ماه، دما و باد در بازه‌های نمونه‌برداری

در شکل ۴ وضعیت دما، سرعت باد، تراز کشندی و وضعیت ماه را در هر هفت نوبت اندازه‌گیری نشان می‌دهد. به خوبی دیده می‌شود اختلاف زیادی از نظر شرایط فیزیکی منطقه بین هر نوبت نمونه‌برداری وجود داشته است. وضعیت ماه در نوبت اول اندازه‌گیری دارای ۱۲ درصد درخشندگی، نوبت دوم معادل ۶۸ درصد، نوبت سوم در وضعیت ماه کامل، نوبت چهارم برابر ۲۸ درصد در حالت غیردرخشندگی، نوبت پنجم اندازه‌گیری در وضعیت ماه نو، نوبت ششم اندازه‌گیری درخشندگی ۳۲ درصد و نوبت هفتم اندازه‌گیری ماه با درخشندگی ۸۱ درصد است (جدول ۵).

بیشینه مد و کمینه جزر در هفته سوم نمونه‌برداری با ماه کامل به ترتیب ۱/۳۲ m و ۱/۸۳ m- رخ داده است. بیشینه دمای هوا در هفته ششم و هفتم (۳۹ درجه سانتی‌گراد) و کمینه آن در هفته پنجم (۳۰ درجه سانتی‌گراد) رخ داده است (جدول ۵). در دوره نمونه‌برداری سرعت باد بسیار متغیر است (شکل ۴) و حتی در گلباد آن نیز دیده می‌شود. شکل ۵ گلباد بندرعباس را برای چهار هفته اول (ماه ژوئیه) و سه هفته دوم (ماه آگوست) نمونه‌برداری نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود از تغییر ماه ژوئیه به آگوست، از میزان سرعت باد شمال کاسته شده است و بر میزان باد جنوبی افزوده شده است که می‌تواند یک عامل موثر بر چرخه تولیدمثلی گونه مورد نظر باشد.

نتایج تاثیر تفاوت شرایط منطقه به ویژه چرخه قمری را بر تولیدمثل و تخم‌های بارناکل *M. permitini* از دو ایستگاه صخره‌ای و حرا نشان می‌دهد. در دوم ماه قمری بیش از ۹۰ درصد نمونه‌های ایستگاه صخره‌ای و حرا دارای تخم بودند (شکل ۶-A). در هشتم ماه قمری حدود ۷۰ درصد نمونه‌های هر دو ایستگاه دارای تخم بودند (شکل ۶-B). در دوازدهم ماه قمری

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

نمونه‌های هر دو ایستگاه دارای تخم بوده و در این روز تخم‌ها نسبت به روز هشتم بزرگتر و قابل رویت‌تر بودند و به صورت دانه‌هایی سفید و مرواریدی شکل درون توده ژله‌ای زرد رنگ قرار داشتند (شکل ۶-C). در چهاردهم ماه قمری تقریبا تمامی نمونه‌های هر دو ایستگاه دارای تخم‌هایی کاملا واضح و قابل مشاهده بودند (شکل ۶-D). در بیستم ماه قمری درصد کمی از نمونه‌های هر دو ایستگاه دارای تخم بودند (شکل ۶-E). در بیست و ششم ماه قمری اکثر نمونه‌ها فاقد تخم یا دارای ذرات خیلی ریز همانند شن بودند (شکل ۶-F) در ادامه در دوم ماه قمری بعدی به همین صورت بوده (شکل ۶-G) و در چهاردهم ماه قمری بعدی تخم‌ها خیلی واضح، بزرگ و به صورت توده‌ای به هم چسبیده قابل مشاهده بودند (شکل ۶-H).

جدول ۳- مقایسه روابط همبستگی بین پارامترهای ریخت‌سنجی در داده‌های حرا و ساحل صخره‌ای.

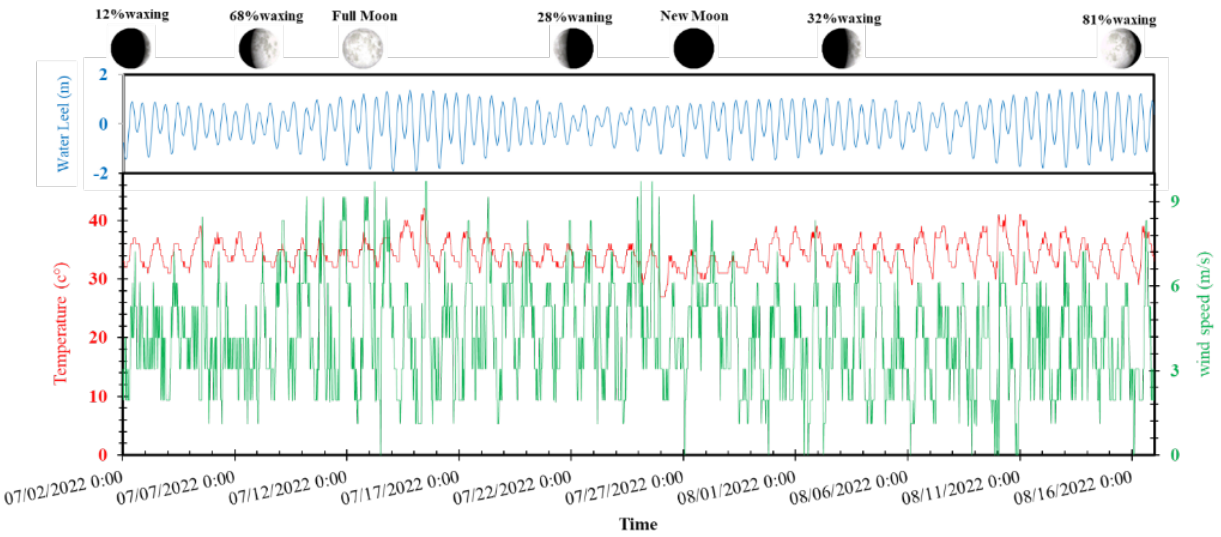
Table 3. Comparison of correlation relationships between morphometric parameters in mangrove and rocky beach data.

Rocky beach		Mangrove forest		Relations
H=1.368OL-0.31	R^2=0.5	H=0.83OL+1.91	R^2=0.45	Height and Opercular length
H=0.466BL+3.54	R^2=0.1	BL=0.685H+4.4	R^2=0.25	Height and Basal length
H=0.312BW+5.07	R^2=0.04	BW= 0.644H+3.27	R^2=0.39	Height and Basal width
H=1.583OW+0.54	R^2=0.39	H=1.011OW+2.02	R^2=0.41	Heigth and Opercular width
BL=0.757OL+3.93	R^2=0.32	BL=0989OL+3.51	R^2=0.35	Basal length and Opercular length
BW=0.578OL+4.05	R^2=0.19	BW=0.842OL+2.89	R^2=0.4	Basal width and Opercular length
OL=1.032OW+1.15	R^2=0.62	OL=1.073OW+0.73	R^2=0.71	Opercular length and Opercular width
BL=0.73BW+2.85	R^2=0.5	BL=0.976BW+1.55	R^2=0.54	Basal length and Basal width
BL=1.018OW+3.79	R^2=0.34	BL=1.298OW+3.24	R^2=0.37	Basal length Opercular width
BW=0.983OW+3.06	R^2=0.33	BW=1.018OW+2.66	R^2=0.47	Basal width Opercular width

جدول ۴- تعیین همبستگی بین متغیرهای مورد مطالعه از دو ایستگاه مورد مطالعه

Table 4. Determining the correlation between the studied variables from the two studied stations.

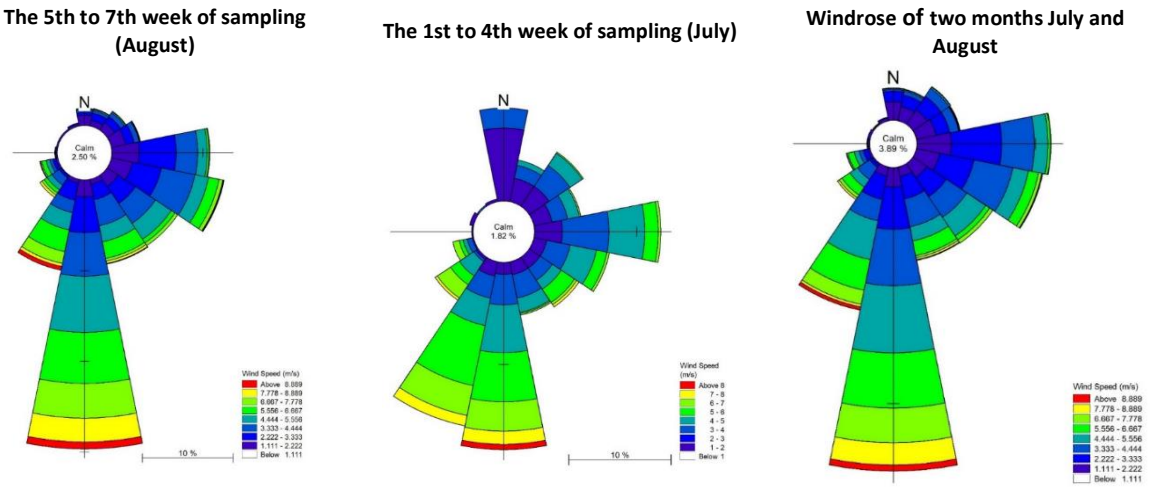
Significance level	Pearson correlation	Variables
0	0.15	Height
0	0.166	Opercular length
0.049	0.083	Opercular width
0	0.213	Basal length
0	0.244	Basal width



شکل ۴- نمودار تغییرات دما، سرعت باد و تراز سطح آب ساحل بندرعباس در طی دوره نمونه‌برداری.

Figure 5. Graph of changes in temperature, wind speed and water level of Bandar Abbas beach during the sampling period.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]



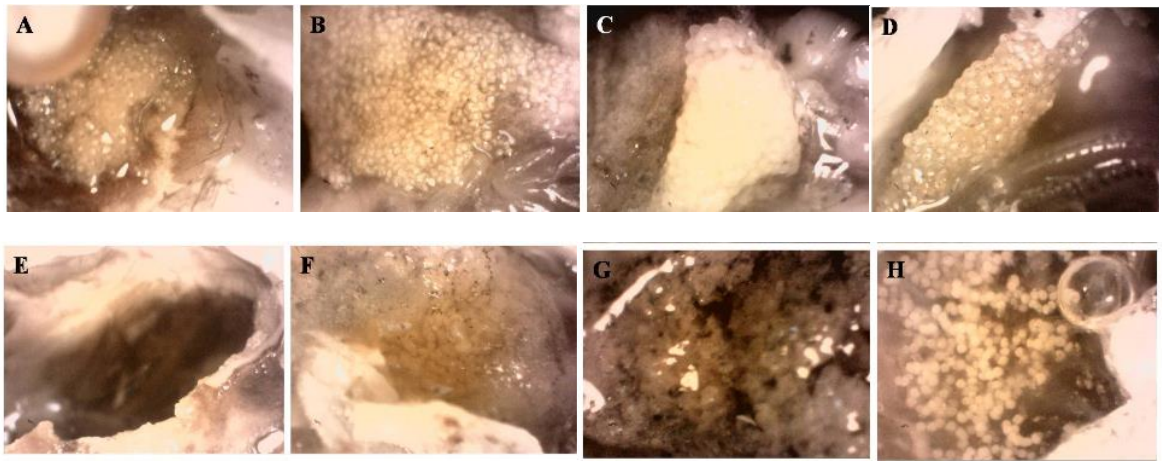
شکل ۵- گلباد هفته اول تا چهارم نمونه برداری (بالا سمت چپ)، گلباد ماه پنجم، هفته پنجم تا هفتم نمونه‌بردای (بالا سمت راست). گلباد دو ماه ژوئیه و آگوست.

Figure 5. Windrose of the first to fourth week of sampling (left), Windrose of the fifth month, fifth to seventh week of sampling (middle) and Windrose in July and August (right).

جدول۵- اطلاعات آماری، وضعیت ماه، کشند، سرعت باد و دمای هوا در دوره نمونه‌برداری.

Table 5. Statistical information, the state of the moon, wind speed, and air temperature during the sampling period.

7th	6th	5th	4th	3rd	2nd	1st		Measurment
81% waxing	32% waxing	New Moon	28% waning	Full Moon	68% waxing	12% waxing		Lunar cycle
1.31	1.04	0.92	0.76	1.32	0.85	0.92	High tide	Tides (m)
-1.47	-1.04	-1.39	-0.87	-1.83	-0.99	-1.42	Low tide	
2.79	2.09	2.32	1.64	3.16	1.84	2.35	Maximum Range	
7.22	8.33	9.16	8.33	9.16	8.33	6.11	Maximum	Wind speed (meters per second)
1.94	0	0	1.94	0	1.94	1.94	Minimum	
1.53± 3.9	2.07± 3.45	1.9 ± 5.09	1.62 ± 5.35	2.25 ± 5.1	2.03± 5.19	1.04 ± 3.94	SD±Mean	
39	39	35	36	37	36	37	Maximum	Temperature
32	32	30	32	32	32	31	Minimum	
2.32 ±35.22	2.06± 35.56	1.64±32.11	1.42±33.29	1.69± 35.18	1.19± 33.5	1.87± 34	SD±Mean	



شکل ۶- تاثیر سیکل قمری بر تولیدمثل *M. permitini*

Figure 6. Effect of lunar cycle on the reproduction of *M. permitini*.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

یکی از پارامترهای محیطی کلیدی در تولیدمثل بارناکل‌ها، دما است به‌طوری که دمای سطح دریا مهمترین فاکتور در موفقیت باروری است (Román, 2022) و بلوغ غدد جنسی و بازدهی لقاح در دماهای بالاتر و مکان گرمتر بیشتر است (Herrera et al., 2021). نتایج پژوهش حاضر بر روی گونه *M. permitini* نیز بیشترین میزان تشکیل تخم و تولیدمثل در نمونه‌های هر دو ایستگاه مشابه و مربوط به ماه‌های گرم سال (تیر ماه) بود که این امر وابسته به دمای آب دریا است. نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر بیانگر یک الگوی تولیدمثلی موفق برای *M. permitini* در هر دو ایستگاه صخره‌ای و حرا بوده که در تمام طول سال فعالیت تولیدمثل داشته اما بازدهی تولیدمثلی در فصول گرم سال بیشتر از فصول سرد است که بیانگر اوج تخم‌ریزی و باروری در ماه گرم است و تولیدمثل در سواحل در معرض امواج شدید کمتر است. بر اساس بررسی‌ها، بارناکل *Balanus amphitrite* در تمام طول سال زادآوری داشته اما بیشترین فعالیت تولیدمثلی آن در بازه زمانی ماه‌های فوریه تا آوریل و اکتبر تا نوامبر است (Rege et al., 1980). البته زادآوری گونه‌های مختلف بارناکل بسته به موقعیت جغرافیایی و مکان زندگی متفاوت بوده به‌عنوان مثال برای گونه *C. malayensis* گزارش شده است که در سواحل جنوب شرقی هند در تمام فصول سال به زادآوری می‌پردازد (Fernando & Ramamoorthi, 1977) اما در هنگ‌کنگ از آوریل تا نوامبر زادآوری دارد (Yan & Miao, 2004). وضعیت تولیدمثلی در جنس ماده بارناکل *Chthamalus malayensis* نشان داده که بسته به دمای آب دریا، از آوریل تا نوامبر گنادها بالغ شده و از دسامبر تا مارس وارد فاز استراحت شده و این گونه در مناطق گرمسیری تعداد زاده‌های بیشتری نسبت به گونه‌های مناطق معتدل تولید می‌کند و هر ساله انرژی بیشتری را در دوره معینی طی دوره تولیدمثلی ذخیره می‌کنند (Yan et al., 2006). در بررسی تولیدمثلی بارناکل *C. malayensis* از سه منطقه ساحلی سنگاپور، شرق و غرب مالزی که پرداخته شده است نتایج نشان داد که زمان‌بندی و سطح پیک تکامل بین سه ساحل متغیر بوده به‌طوری که در نمونه‌های ساحل غربی لارو در تمام طول سال حضور داشته اما در ساحل شرقی بین ماه‌های ژوئن تا آگوست و اکتبر و در ساحل سنگاپور در ماه‌های فوریه، آوریل و آگوست حضور داشته که این می‌تواند به دلیل شرایط آب‌وهوایی باشد (Koh et al., 2005).

در بررسی بارناکل *Amphibalanus amphitrite* در دریای سرخ نتایج بیانگر این مطلب بود که موفقترین استقرار لاروها در فصول بهار و تابستان و کمترین موفقیت در زمستان مشاهده شد. مشاهدات غدد جنسی نشان داد که تابستان و بهار فصل فعال تولیدمثلی این گونه در دریای سرخ است (Al-Aidaroos & Satheesh, 2014). در مطالعه، تأثیر دما و غلظت غذا بر تولیدمثل گونه *Balanus amphitrite* از یک زیستگاه گرمسیری نتایج نشان داد که افزایش دما از ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد منجر به فاصله زادآوری طولانی شده و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تعداد لاروهای تولید شده پنج برابر کمتر بوده و افزایش دما بر سرعت پوست‌اندازی تأثیر مثبت داشته و رشد گنادی با غلظت کلروفیل a در ارتباط است (Desai et al., 2006).

در مطالعه گونه *Amphibalanus improvisus* نتایج نشان داد که دما و شوری به‌طور قابل توجهی باعث کاهش عملکرد و رشد لارو می‌شود (Nasrolahi, 2012).

در بررسی اثرات دما، دوره نوری، رژیم غذایی و شوری بر رشد و بقای لارو *Amphibalanus amphitrite* بیانگر اثر دما بر زمان رشد و بقای ناپلی‌ها بوده و در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد، زمان لازم برای رسیدن به مرحله سیپرید در مقایسه با ۲۸ درجه سانتی‌گراد طولانی‌تر بوده و بالاتر از دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد افزایش مرگ‌ومیر بیش از ۹۰ درصد مشاهده شد (Kannika et al., 2020). در مطالعه زیست‌شناسی تولیدمثلی بارناکل *Amphibalanus amphitrite* نتایج نشان داد که این گونه در طول سال در منطقه مورد مطالعه زادوولد می‌کند. درصد بالایی از افراد با ناپلی آزاد در حفره مانتل در مارس و می مشاهده شدند و فعالیت زادآوری همبستگی مثبت و معناداری با دمای آب سطحی و فراوانی فیتوپلانکتون نشان داد (Satheesh & Wesley, 2009). تأثیر دما بر فعالیت زادآوری و پوست‌اندازی بارناکل *Chthamalus malayensis* تحت تاثیر دما بوده و این پارامتر عامل خارجی اصلی تنظیم کننده بر این فرآیندها باشد (Yan & Miao, 2004).

در بررسی تاثیر پارامترهای محیطی بر رشد در گونه *Microeuraphia permitini* نتایج نشان داد که درصد زادآوری در ماه‌های مختلف متفاوت بوده و بیشترین مقدار آن مربوط به ماه‌های گرم سال بوده و دما و تراکم غذایی تاثیر معناداری بر رشد و پوست‌اندازی داشته که تاثیر تراکم غذایی بیشتر از دما گزارش شده است (Savari et al., 2014).

سیکل قمری اثرات مهمی بر محیط زیست دریایی داشته مثلا این چرخه جریانات جزرومدی را هدایت کرده و شدت نور را در طول شب تنظیم می‌کند و بر اکولوژی و چرخه تولیدمثل چندین موجود دریایی تأثیر می‌گذارد (Battaglia et al., 2022). سیکل قمری بر همگامی در رشد، تغذیه، مهاجرت، رفتار و تولیدمثل

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

بسیاری از جانوران دریایی تاثیر می‌گذارد (Franco et al., 2015). عوامل انتخابی که تولیدمثل را همزمان می‌کنند در بین جانوران دریایی متفاوت است. اگرچه اکثریت توسط چرخه‌های محیطی تولید شده توسط چرخش زمین و ماه و ریتم‌های نیمه ماه که با پیش‌بینی رخ می‌دهد، تولیدمثل می‌کنند. در گونه‌های جزرومدی دریایی، تولیدمثل به گونه‌ای زمان‌بندی می‌شود که زمانی که شرایط برای انتقال و بقا بهینه باشد، لاروها در آب رها شده و بر تجدید نسل تاثیرگذار باشد (Macho et al., 2005). رهاسازی لارو در سخت‌پوستان به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است و مشخص شده است که زمان رهاسازی لارو مربوط به جزر و مد، زمان و فاز قمری (عمدتا در ماه نو و کامل) رخ می‌دهد (Macho et al., 2005). تخم‌گشایی باید زمانی اتفاق بیفتد که روابط فازی بین جزر و مد، چرخه نور/تاریکی و دامنه جزر و مد برای بقای لارو مطلوب ترین حالت باشد (Kellmeyer & Salmon 2001). در گونه‌های بارناکل *Chthamalus* spp. لاروها در هر زمانی از روز آزاد شده اما همیشه همزمان با جزر و مد بوده که نشان دهنده این مطلب است که آب دریا می‌تواند سیگنالی برای رهاسازی لارو در این جنس باشد.

نتایج پژوهش حاضر در ارتباط با تاثیر سیکل قمری بر تولیدمثل و تخم‌های *M. permitini* نشان داد که اندازه و تعداد تخم‌ها در ابتدای ماه قمری کم بوده، در اواسط ماه به اوج تولیدمثلی رسیده و با رسیدن به اواخر ماه مجدد کم می‌شوند، در نتیجه نرخ تولیدمثلی نیز کاهش می‌یابد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته اگرچه این گونه در طول سال زادآوری دارد اما نرخ تولیدمثلی در برخی از ماه‌های سال بیشتر است که نشان دهنده اوج تولیدمثل در آن زمان است. در این راستا، نتایج مطالعات قبلی (مانند Kas´yanov et al., 1977) نشان دهنده این است که اصولا بارناکل‌های بین جزرومدی در عرض‌های جغرافیایی پایین و شرایط محیطی مناسب در تمام طول سال زادآوری می‌کنند اما این تولیدمثل و زادآوری در برخی از ماه‌های سال بیشتر است.

زمان رهاسازی لارو و سه گونه بارناکل شامل *Pollicipes pollicipes*، *Balanus* spp. و *Chthamalus* spp. در ساحل صخره‌ای واقع در شمال غربی اسپانیا نشان داد که آهنگ رهاسازی لارو در هر گونه متفاوت است. گونه‌های *Chthamalus* spp. که عمدتا در ناحیه بالا جزرومدی ساکن هستند، لاروهای خود را عمدتا در طول جزرومد روزانه در زمان ماه نو و کامل رها می‌کنند. رهاسازی لارو در طول بعد از ظهر بیشتر از صبح بوده زیرا دامنه جزرومد بعد از ظهر به‌طور قابل توجهی بیشتر از جزرومد صبح بوده است. در گونه *P. pollicipes* در جزرومد صبح در طول کاهش درخشندگی ماه به میزان کمتری نسبت به ماه کامل آزاد شدند. ناپلی *Balanus* spp. در طول چرخه ماه‌های نو و رو به کاهش درخشندگی آزاد شدند و تقریبا هیچ رهاسازی در طول ماه کامل رخ نداده و هیچ لارو در طول ماه کامل یافت نشد، عمدتا در طول جزر و مد روزانه *P. pollicipes* و *Balanus* spp. معمولا پس از طلوع آفتاب شروع به رهاسازی لارو می‌کنند که ممکن است عامل ایجاد همزمانی باشد. در گونه *Chthamalus* spp. لاروها در هر زمانی از روز آزاد شده اما همیشه همزمان با جزرومد بوده که نشان دهنده این است که آب دریا می‌تواند عامل تحریک رهاسازی لارو در این گونه شود. لاروهای ناپلیوس پاسخ مثبتی به نور داده و به لاروها اجازه می‌دهد تا در ستون آب به سمت بالا حرکت کنند، دور از اجتماعاتی که به‌طور اتفاقی لاروهای خود را بلعیده‌اند و از شکارچیانی در نزدیکی ساحل فراوان هستند، فاصله بگیرند در شب، این رفتار نورگرایی مثبت اتفاق نمی‌افتد و بنابراین همزمانی در انتشار لاروها در طول روز باعث تجمع لارو می‌شود، که ممکن است بقای لارو را به دلیل اثر آشفتگی بر شکارچیان افزایش دهد (Macho et al., 2005).

زمان رهاسازی لارو ممکن است تا حد زیادی بر بقا و توزیع مراحل پلاژیکی تأثیر گذاشته و جنبه‌های مهمی از تاریخچه زندگی در بی‌مهرگان دریایی را آشکار کند. ریتم‌های درون‌زای افراد و جمعیت‌های پرورشی، شاخص‌های ارزشمندی از استراتژی‌های انتخاب‌شده هستند. بارناکل بین جزرومدی *Chthamalus bisinuatus* ریتم‌های درون‌زای جزرومدی و دامنه جزرومدی را نشان می‌دهد به گونه‌ای که رهاسازی لارو به احتمال زیاد در طول دوره‌های کهکشند دو هفته‌ای در جزرومد رخ می‌دهد. چنین زمان‌بندی از دست دادن لارو به دلیل ته نشست روی بستر و حفظ لارو در نزدیکی ساحل تقویت می‌کند. از دیگر پارامترهای موثر بر آزادسازی تخم بارناکل‌ها پیک غلظت کلروفیل a بوده و هم چنین، دمای شدید روزانه که خطر مرگ‌ومیر را تحمیل می‌کند. (Kasten & Flores, 2013). در بررسی الگوهای تولیدمثلی بارناکل‌های ساحل شمال غربی Iberia با تغییرپذیری حرارتی ناشی از فراجوشی مشخص شد که دمای سطح دریا مهم ترین فاکتور در موفقیت باروری است (Román et al., 2022).

نتیجه‌گیری

در این بررسی که بر اجتماعات بارناکل گونه *Microeuraphia permitini* در دو اکوسیستم جنگل حرا و ساحل صخره‌ای واقع در

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

سواحل بندرعباس از لحاظ ریخت‌سنجی صورت پذیرفت، نتایج بیانگر این امر بوده که اختلاف در پارامترهای محاسبه شده می‌تواند به شرایط رشد در دو ایستگاه باشد از آنجایی که اکوسیستم حرا می‌تواند اثر موج را کاهش داده و موجودات فرصت بیشتری را برای رشد دارند و در مناطق صخره‌ای، عمل موج چشمگیر بوده که این پارامتر می‌تواند یکی از عوامل موثر بر پارامترهای ریختی بارناکل‌های موجود در این ناحیه باشد.

در مورد ضریب همبستگی پارامترهای اجزای بارناکل نتایج نشان داد که دوره بررسی بیشترین مقدار ضریب همبستگی بین طول اوپرکولار و پهنای اوپرکولار (r=0.84) در ایستگاه حرا و کمترین مقدار ضریب همبستگی بین ارتفاع و پهنای پایه (r=0.2) در ساحل صخره‌ای مشاهده شد بیانگر این امر بوده است که شرایط اکولوژیکی در دو محیط متفاوت است. وضعیت تولیدمثلی این گونه در نمونه‌های هر دو ایستگاه نشان داد که در دوم و هشتم ماه قمری به ترتیب بیش از ۹۰ و حدود ۷۰ درصد دارای تخم بوده و در چهاردهم ماه تقریبا تمامی نمونه‌های هر دو ایستگاه دارای تخم‌هایی کاملا واضح و قابل مشاهده بودند و با پیشروی به طرف انتهای ماه اکثر نمونه‌ها فاقد تخم بوده و در ماه بعدی باز این چرخه تکرار شد و چرخه قمری در این امر قابل مشاهده بوده و از بین پارامترهای محیطی به باد و دما به عنوان عوامل موثر بر تخم‌ریزی می‌توان اشاره نمود. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق توصیه می‌شود که تاثیر فاکتورهای محیطی (مانند دما، پیک غلظت کلروفیل a، امواج، شوری، دسترسی غذا، چرخه نوری) بر فرآیندهای زیستی مانند تولیدمثل، نرخ زادآوری و رشد بر گونه *M. permitini* و یا سایر گونه‌های بارناکل موجود در منطقه در یک بازه زمانی بلندمدت بررسی شود.

سپاسگزاری

در این جا شایسته است از دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه هرمزگان به منظور پشتیبانی در اجرای این کار تقدیر و قدردانی شود.

REFERENCES

Al-Aidaroos, A.M. & Satheesh, S. 2014. Larval development and settlement of the barnacle *Amphibalanus amphitrite* from the Red Sea: Influence of the nauplii hatching season. Oceanological and Hydrobiological Studies 43: 170-177.

Aldred, N., Scardino, A., Cavaco, A., de Nys, R. & Clare, A.S. 2010. Attachment strength is a key factor in the selection of surfaces by barnacle cyprids (*Balanus amphitrite*) during ettlement. Biofouling 26: 287-299.

Anderson, D. T. 1994. Barnacles: Structure, function, development and evolution. Chapman and Hall, London.

Battaglia, P., Pedà, C., Malara, D., Milisenda, G., MacKenzie, B.R., Esposito, V., Consoli, P., Vicchio, T.M., Stipa, M.G., Pagano, L., Longo, F. & Romeo, T. 2022. Importance of the lunar cycle on mesopelagic foraging by Atlantic Bluefin tuna in the upwelling area of the strait of Messina (Central Mediterranean Sea). Animals 12: 2261.

Berger, M.S. & Emlet, R.B. 2007. Heat-shock response of the upper intertidal barnacle *Balanus glandula*: thermal stress and acclimation. The Biological Bulletin 212: 232-241.

Bertness, M.D., Leonard, G.H., Levine, J.M. & Bruno, J.F. 1999. Climate-driven interactions among rocky intertidal organisms caught between a rock and a hot place. Oecologia 120: 446-450.

Chan, B.K. & Prabowo, R.E. 2009. Crustacean fauna of Taiwan: Barnacles, volume 1: Cirripedia: Thoracica excluding the pyrgomatidae and acastinae (Vol. 1). National Taiwan Ocean University.

Chan, B.K.K. & Høeg, J.T. 2015. Diversity of lifestyles, sexual systems, and larval development patterns in sessile crustaceans. Lifestyles and feeding biology: The Natural History of the Crustacea (Vol. 2). Oxford University Press, Oxford 14-34.

Desai, D.V., Anil, A.C. & Venkat, K. 2006. Reproduction in *Balanus amphitrite* Darwin (Cirripedia: Thoracica): influence of temperature and food concentration. Marine Biology 149: 1431-1441.

Fernando, S.A. & Ramamoorthi, K. 1977. Breeding of *Chthamalus malayensis*, Pilsbry from Tranquebar (south east coast of India). In Proceedings protection of material in the sea. R & D of Ministry of Defence, N.C.M.L., Bombay 316-322.

Franco, S.C., Aldred, N., Sykes, A.V., Cruz, T. & Clare, A.S. 2015. The effects of rearing temperature on reproductive conditioning of stalked barnacles (*Pollicipes pollicipes*). Aquaculture 448: 410-417.

Gedan, K.B., Bernhardt, J., Bertness, M.D. & Leslie, H.M. 2011. Substrate size mediates thermal stress in the rocky intertidal. Ecology 92: 576-582.

Gomes-Filho, J.G.F., Hawkins, S.J., Aquino-Souza, R. & Thompson, R.C. 2010. Distribution of barnacles and dominance of the introduced species *Elminius modestus* along two estuaries in South-West England. Marine Biodiversity Records. 3. E58.

Harley, C.D. 2008. Tidal dynamics, topographic orientation, and temperature-mediated mass mortalities on rocky shores. Marine Ecology Progress Series 371: 37-46.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

He, L.S., Zhang, G. & Qian, P.Y. 2013. Characterization of two 20kDa-cement protein (cp20k) homologues in *Amphibalanus amphitrite*. PLoS One 8: 1-9.

Herrera, M., Wethey, D. S., Vázquez, E. & Macho, G. 2021. Living on the edge: reproductive cycle of a boreal barnacle at its southernmost distribution limit. Marine Biology 168: 100.

Hines, A.H. 1978. Reproduction in three species of intertidal barnaclesfrom central California. Biological Bulletin 154: 262-281.

Inatsuchi, A., Yamato, S. & Yusa, Y. 2010. Effects of temperature and food availability on growth and reproduction in the neustonic pedunculate barnacle *Lepas anserifera*. Marine Biology 157: 899-905.

Kannika, M.K., Revathi, K., Karthikeyan, P., Marigoudar, S.R. & Sharma, K.V. 2020. Optimization of culture conditions for rearing of barnacle nauplii *Amphibalanus amphitrite*. Annals of the Romanian Society for Cell Biology 573-584.

Kas´yanov, V.L., Korn, O.M. & Rybakov, A.V. 1997. Reproductive strategy of cirripedes: 2. Asexual reproduction, fecundity, reproductive cycles. Russian Jornal of Marine Biology 23: 291-297.

Kasten, P. & Flores, A.A. 2013. Disruption of endogenous tidal rhythms of larval release linked to food supply and heat stress in an intertidal barnacle. Marine Ecology Progress Seris 472: 185-198.

Karande, A.A. 1965. On cirripede crustaceans (barnacles) an important fouling group in Bombay waters. Proceedings of symposium on crustacea. Journal of the Marine Biological Association of India 4: 1945-1950.

Kelly, M.W. & Sanford, E. 2010. The evolution of mating systems in barnacles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 392: 37-45.

Klaoudatos, D., Kotsiri, Z., Neofitou, N., Lolas, A. & Vafidis, D. 2020. Population characteristics of the mid-littoral chthamalid barnacle *Chthamalus stellatus* (Poli, 1791) in eastern mediterranean (Central Greece). Water 12: 3304.

Koh, L.L., O´Riordan, R.M. & Lee, W.J. 2005. Sex in the tropics: reproduction of *Chthamalus malayensis* Pilsbry (Class Cirripedia) at theequator. Marine Biology 147: 121-133.

Lamb, E.A., Leslie, H.M. & Shinen, J.L. 2014. Both like it hot? influence of temperature on two co-occurring intertidal barnacles in central Chile. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 453: 54-61.

Lewis, J.A. & Coutts, A.D.M. 2009. "Biofouling invasions" in Biofouling. eds. S. Dürr and J. C. Thomason (Chichester: Wiley-Blackwell) 348-365.

Macho, G., Molares, J. & Vázquez, E. 2005. Timing of larval release by three barnacles from the NW Iberian Peninsula. Marine Ecology Progress Series 298: 251-260. **Michiels, N.K.** 1998. Mating conflicts and sperm competition in simultaneous hermaphrodites. In: Birkhead, T.R., Møller, A.P. (Eds.), Sperm competition and sexual selection. Academic Press, London 219-254.

Nasrolahi, A. 2012. Stress ecology: interactive effect of temperature and salinity on early life stages of barnacle, *Amphibalanus improvisus*. Ph.D. diss., Christian-Albrechts-Universität.

O´Riordan, Ruth M., Power, A.M. & Myers, A.A. 2010. Factors, atdifferent scales, affecting the distribution of species of the genus *Chthamalus* Ranzani (Cirripedia, Balanomorpha, Chthamaloidea). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 392: 46-64.

Perez-Losada, M., Harp, M., Hoeg, J.T., Achituv, Y., Jones, D., Watanabe, H. & Crandall, K.A. 2008. The tempo and mode of barnacle evolution. Molecular Phylogenetics and Evolution 46: 328-346.

Pitriana, P., Valente, L., von Rintelen, T., Jones, D.S., Prabowo, R.E. & von Rintelen, K. 2020. An annotated checklist and integrative biodiversity discovery of barnacles (Crustacea, Cirripedia) from the Moluccas, East Indonesia. ZooKeys 945: 17-83.

Qiu, J.W. & Qian, P.Y. 1999. Tolerance of the barnacle *Balanus amphitrite amphitrite* to salinity and temperature stress: effects of previous experience. Marine Ecology Progress Series 188: 123-132.

Raimondi, P.T. & Martin, J.E. 1991. Evidence that mating group-size affects allocation of reproductive resources in a simultaneous hermaphrodite. The American Naturalist 138: 1206-1217.

Rege, M.S., Joshi, S.S. & Karande, A. A. 1980. Breeding in *Balanus amphitrite* Darwin Inhabiting polluted waters off Bombay coast. Indian Journal of Marine Sciences 9: 15-18.

Román, S., Weidberg, N., Muñiz, C., Aguion, A., Vázquez, E., Santiago, J., Seoane, P., Barreiro, B., Outeiral, R., Villegas-Ríos, D. & Fandiño, S. 2022. Mesoscale patterns in barnacle reproduction are mediated by upwelling-driven thermal variability. Marine Ecology Progress Series 685:153-170.

Satheesh, S. & Wesley, S.G. 2009. Breeding biology of the barnacle *Amphibalanus amphitrite* (Crustacea: Cirripedia): influence of environmental factors in a tropical coast. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 89: 1203-1208.

Savari, R., Kamrani, E., Shahdadi, A. & Rezaie-Atagholipour, M. 2014. Influence of temperature and food concentrations on growth and moulting of the barnacle, *Microeuraphia permitini* (Zevina & Litvinova, 1970) (Chthamalidae, Euraphinae): a laboratory experiment. Crustaceana 87: 641-653.

Shahbazi, M., Souri Nejad, I., Gorgin, S., Mirmohammad Sadeghi, G. & Yousefzadi, M. 2018. The relationship between seasonal changes in environmental parameters and the biodiversity and biomass of macrofoulings in Fishing cages in Lenge Port. Journal of Animal Environment 4: 369-376. (In Persian).

Shahdadi, A. & Sari, A. 2011. Chthamalid barnacles (Cirripedia. Thoracica) of the Persian Gulf and Gulf of Oman, Iran. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 91: 745-753.

Sheykhian, F., Eaidi, M. & Ashja Ardelan, A. 2016. Identification of barnacles in the intertidal areas of

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]

Hormuz Island using Scanning electron microscopy. Biological knowledge of Iran 10:23-30. (In Persian).

Skinner, L.F., Siviero, F. N. & Coutinho, R. 2007. Comparative growth of the intertidal barnacle *Tetraclita stalactifera* (Thoracica: Tetraclitidae) in sites influenced by upwelling and tropical conditions at the Cabo Frio region, Brazil. Revista de Biologia Tropical 55: 71-78.

Sundell, K., Wrange, A.L., Jonsson, P.R. & Blomberg, A. 2019. Osmoregulation in barnacles: an evolutionary perspective of potential mechanisms and future research directions. Frontiers in physiology 10:1-16.

Thiyagarajan, V. & Qian, P.Y. 2008. Proteomic analysis of larvae during development, attachment, and metamorphosis in the fouling barnacle, *Balanus amphitrite*. Proteomics 8: 3164-3172.

Trivedi, J.N., Doshi, M., Patel, K.J. & Chan, B.K. 2021. Diversity of intertidal, epibiotic, and fouling barnacles (Cirripedia, Thoracica) from Gujarat, northwest India. ZooKeys 1026: 143-178.

Yamaguchi, S., Charnov, E.L., Sawada, K. & Yusa, Y. 2012. Sexual systems and life history of barnacles: a theoretical perspective. Integrative and Comparative Biology 52: 356-365.

Yamaguchi, S., Yusa, Y., Yamato, S., Urano, S. & Takahashi, S. 2008. Mating group size and evolutionarily stable pattern of sexuality in barnacles. Journal of Theoretical Biology 253: 61-73.

Yan, Y., Chan, B.K.K. & Gray, A.W. 2006. Reproductive development ofthe barnacle *Chthamalus malayensis* in Hong Kong: implications for thelife-history patterns of barnacles on seasonal, tropical shores. Marine Biology 148: 875-887.

Yan, Y. & Miao, S. 2004. The effect of temperature on the reproductive cycle of the tropical barnacle, *Chthamalus malayensis* Pilsbry (Cirripedia). Crustaceana 77: 205-212.

*****

How to cite this article:

Jahangiri Zarkani, A., Keshavarz, M. & Shahdadi, A. 2023. Investigation the biology of the barnacle *Microeuraphia permitini* (Zevina & Litinova, 1970) in Bandar Abbas beach (Persian Gulf). Nova Biologica Reperta 10: 194-207. (In Persian).

جهانگیری زرکانی، ع.، کشاورز، م و شهدادی، ع. ۱۴۰۲. بررسی زیستی بارناکل *Microeuraphia permitini* (Zevina & Litinova, 1970) در ساحل بندرعباس (خلیج فارس). یافته‌های نوین در علوم زیستی ۱۰: ۲۰۷-۱۹۴.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-12-13]