13 (2) 387-394, Summer 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effect of global warming on bleaching of coral ecosystems in some islands of the Persian Gulf

Pegah Javid [1], Siamak Behzadi [2], Mohammad Sharif Ranjbar [1*]

[1] Department of Marine biology, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran
[2] Department of Marine Biology and Stock Assessment, Persian Gulf & Oman Sea Ecological Research Institute, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

Key Words
Global warming
Coral reefs
Persian Gulf
Bleaching

Abstract

Introduction: Coral reefs provide the important and diverse part of ecosystem biologically. The population of hermatypic coral is declining around the world, in response to various stress factors including increasing sea surface temperatures. The increase of sea surface temperature leads to the collapse of symbiosis life between coral and its symbiont; so the algal colonies leave corals and results in the loss of corals' colors. The highest threshold of bleaching has been observed in the coral reefs of the Persian Gulf.

Materials & Methods: The highest threshold of bleaching has been observed in the coral reefs of the Persian Gulf. In this study, the status of the Persian Gulf coral reefs is shown in the Khark, Hendourabi, Kish and Larak Islands from January 2010 to September 2019 by direct observation and photographing.

Result: According to the observations, the health of corals has fallen sharply over this period, and there is less than 10% live coral in some parts of the Larak and Hendorabi islands.

Conclusion: Despite the exceptional capacity of the Persian Gulf corals to survive over high temperatures compared to other coral reefs, when the temperature exceeds the tolerance threshold, these corals will also be bleached.

* Corresponding Author's email: sharif.ranjbar@hormozgan.ac.ir
Received: 8 May 2020; Reviewed: 21 June 2020; Revised: 16 August 2020; Accepted: 17 September 2020
(DOI): 10.22034/aej.2021.138981

مقاله پژوهشی

اثر گرمایش جهانی بر سفیدشدگی اکوسیستم‌های مرجانی در برخی جزایر خلیج فارس

پگاه جاوید[۱]، سیامک بهزادی[۲]، محمدشریف رنجبر[۱*]

[۱] گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

[۲] پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

گرمایش جهانی
آبسنگ‌های مرجانی
خلیج‌فارس
شوک حرارتی
سفیدشدگی

چکیده

مقدمه: مرجان‌های آبسنگ ساز ازلحاظ زیست‌شناسی بخش مهم و متنوعی از اکوسیستم را ایجاد می‌کنند. جمعیت مرجان‌های هرماتیپیک سرتاسر دنیا در پاسخ به عوامل مختلف استرسی ازجمله افزایش دمای سطحی اقیانوس‌ها در حال کاهش می‌باشند. گرم شدن دمای سطح دریا منجر به متلاشی شدن رابطه هم‌زیستی بین مرجان و هم‌زیست آن و خروج هم‌زیست‌های جلبکی از مرجان و از بین رفتن رنگ آن‌ها می‌گردد. بالاترین آستانه سفیدشدگی شناخته شده در دنیا، در جوامع مرجانی خلیج فارس دیده شده است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به‌منظور بررسی وضعیت بخشی از مرجان‌های خلیج‌فارس، از طریق مشاهده مستقیم و عکس‌برداری از ژانویه ۲۰۱۰ (دی ۱۳۸۸) تا سپتامبر ۲۰۱۹ (شهریور ۱۳۹۸) در جزایر خارک، هندورابی، کیش و لارک صورت گرفت.

نتایج: با توجه به مشاهدات انجام شده، سلامت مرجان‌ها در این فاصله زمانی به‌شدت افت کرده است و تنها در بخش‌هایی از جزایر لارک و هندورابی و خارک، کم‌تر از ۱۰٪ مرجان زنده یافت می‌شود.

نتیجه‌گیری و بحث: با وجود این‌که مرجان‌های خلیج‌فارس در مقایسه با مرجان‌های سایر مناطق در سراسر دنیا، مقاومت بسیار زیادی نسبت به درجه حرارت‌های بالا و تغییر اقلیم نشان داده‌اند، زمانی که دما از آستانه تحمل آن‌ها فراتر رود، این مرجان‌ها نیز سفید خواهند شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: sharif.ranjbar@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲۶ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۷ شهریور ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/aej.2021.138981

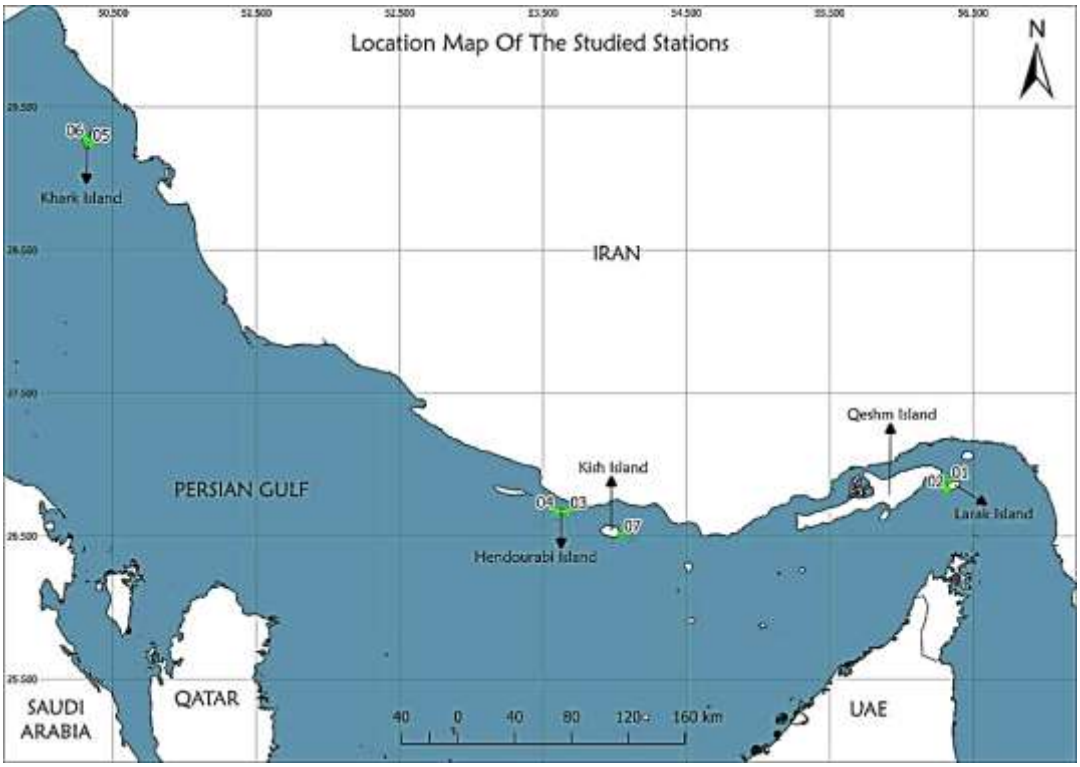
مقدمه

با وجود اهمیت بسیار بالای اکوسیستم‌های دریایی (Kwon و همکاران، ۲۰۰۹)، پیش‌بینی شده است که تغییرات آب و هوایی عواقب شدیدی برای دریاها در پی داشته باشد که هم بر ساختار و هم بر عملکرد آن‌ها در محیط‌زیست دریا مؤثر است (Gattuso و همکاران، ۲۰۱۵؛ Kwon و همکاران، ۲۰۰۹). در رابطه هم‌زیستی بین مرجان آبسنگ‌ساز با جلبک‌های فتوسنتزکننده از جنس *Symbiodinium*، سلول‌های جلبکی در طی فتوسنتز مواد غذایی ضروری را برای مرجان‌ها فراهم می‌کنند و آن‌ها را قادر می‌سازند تا رشد کنند و مقادیر کافی از کلسیم کربنات را برای ساختن توده‌های آبسنگی رسوب دهند (Hadaidi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Grandcourt، ۲۰۰۸). جنس *Acropora* از مرجان‌های سخت است که برخی از گونه‌های این جنس به‌عنوان مرجان‌های تزئینی یا شاخ‌گوزنی شناخته می‌شوند. آن‌ها از جنس‌های غالب در آبسنگ‌های مرجانی می‌باشد که سازندگان اصلی ساختارهای کربنات کلسیمی در اکوسیستم آبسنگی محسوب می‌شوند و لایه زنده ساختمان آهکی آبسنگ‌های مرجانی را می‌سازند (Reyes-Bermudez و همکاران، ۲۰۰۹). *Porites* نیز جنس دیگری از مرجان‌های آبسنگ ساز با پولیپ‌های کوچک است. این جنس مقاومت‌هایی را در رابطه با افزایش دمای اقیانوس‌ها از خود نشان داده است(Olsen و همکاران، ۲۰۱۳).فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی در طی سال‌های اخیر باعث نابودی اکوسیستم‌های مرجانی و کاهش سطح پوشش آن‌ها و درنتیجه کاهش کارآیی پروژه‌های حفاظتی شده است(سینایی و بلوکی، ۱۳۹۶).گرم‌شدن آب منجر به افزایش لایه‌بندی اقیانوس‌ها می‌شود که تأمین مواد مغذی برای موجودات فتوسنتز کننده هم‌زیست مرجان‌ها را به آب‌های سطحی محدود می‌کند (Steinacher و همکاران، ۲۰۱۰). درواقع با توجه به شرایط بسیار گرمی که‌مرجان‌ها در آن به‌سر می‌برندو هنوز هم در این مناطق وجود دارند، این چشم‌انداز را به ما می‌دهد که جمعیت‌های مرجانی عموماً با این شرایط به‌خوبی سازگار شده‌اند. با این اوصاف، مرجان‌هایی که در شرایط طبیعی زندگی می‌کنند و نزدیک به محدودیت تحملی شرایط زیست‌محیطی خود هستند، ممکن است نسبت به استرس‌های بیش‌تر از آن بسیار حساس باشند (Grandcourt، ۲۰۰۸). استرس حرارتی در طی موج‌های حرارتی دریایی در ارتباط هم‌زیستی بین مرجان‌هاو هم‌زیست‌های جلبکی آن‌ها (*Symbiodinium* spp.) اختلال ایجاد می‌کند و باعث می‌شود که مرجان‌ها رنگ خود را از دست بدهند (Spalding و Brown، ۲۰۱۵). مرجان‌های سفیدشده از لحاظ فیزیولوژیکی تخریب شده‌اند و ادامه طولانی‌مدت این سفید شدگی منجر می‌شود که سطوح بالایی از مرجان‌ها کاملاً از بین بروند (Eakin و همکاران، ۲۰۱۶؛ Oliver و همکاران، ۲۰۰۹). آبسنگ‌های مرجانی موجود در مناطق استوایی نزدیک به محدودیت تحمل حرارتی می‌باشند (Glynn، ۱۹۹۳). بنابراین حتی افزایش بسیار کمی در درجه حرارت اقیانوس‌ها، ممکن است اثرات بسیار مهمی روی سلامت آن‌ها داشته باشد. زمانی‌که دما به‌مدت ۳ تا ۴ هفته از حداکثر درجه حرارت تابستانی، در حدود ۲-۱ درجه سانتی‌گراد بالاتر رود، تأثیر خود را در سفید شدگی مرجان‌ها به‌جای می‌گذارد (Hoegh-Guldberg، ۱۹۹۹). بنابراین بقای آبسنگ‌های مرجانی شدیداً وابسته به پاسخ‌های سازگاری و تطبیقی مرجان‌ها و هم‌زیست‌های آن‌ها به فشار گرم شدن جهانی است(Logan و همکاران، ۲۰۱۴).بالاترین آستانه سفیدشدگی شناخته شده، در جوامع مرجانی خلیج‌فارس دیده‌شده است که یک زیرمجموعه زیست زمین‌شناسی از جوامع مرجانی هندـ آرام است (Coles، ۲۰۰۳؛ Sheppard و همکاران، ۱۹۹۲). درحالی‌که یکی از گونه‌ها یا گونه‌های بسیار نزدیک به مرجان‌های خلیج‌فارس، در مناطق دیگر معمولاً در دماهای بالاتر از ۳۲ درجه سانتی‌گراد سفید می‌شوند، هم‌زیست‌های مرجانی در خلیج فارس دماهای بالاتر از ۳۶ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند (Hume و همکاران، ۲۰۱۳؛ Coles و Riegl، ۲۰۱۳). به‌علاوه آن‌ها باید دماهای بسیار پایین که در زمستان تا کم‌تر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد افت می‌کند را نیز تحمل کنند (Coles، ۲۰۰۳؛ Sheppard و همکاران، ۱۹۹۲). مرجان‌های خلیج فارس درجه حرارت‌های فصلی بسیار بالایی را تجربه می‌کنند (بیش از ۳۳ درجه سانتی‌گراد) و این مرجان‌ها سفیدشدگی‌های بسیار زیادی را در طی سال‌های ال نینوی ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ متحمل شده‌اند(Wilkinson، ۲۰۰۲). احتمال دارد که آبسنگ‌های متأثر بعد از ریکاوری و برگشتن به حالت قبل، در صورتی که مجدداً در معرض حرارت بسیار بالا قرار نگیرند و دچار سفیدشدگی نشوند، جمعیت‌های هم‌زیست اولیه را در طی زمان به‌دست آورند. برخی از مرجان‌ها (به‌ویژه جنس *Porites*) در آبسنگ‌های آسیب‌دیده به‌صورت معمول باقی می‌مانند حتی اگر محتوی هم‌زیست‌های بسیار مقاومی نباشند(Baker و همکاران، ۲۰۰۴). باتوجه به آن‌چه بیان شد، مرجان‌های خلیج‌فارس تنش حرارتی بیش‌تری را نسبت به سایر نقاط جهان متحمل می‌شوند که اهمیت آن‌ها را در رابطه با شناخت و حفظ جمعیت‌های باقی‌مانده آن‌ها چندین‌برابر می‌کند.اگرچه مطالعه حاضر از روند نابودی مرجان‌های خلیج‌فارس در اثر گرم شدن جهانی حکایت دارد، هنوز در بخش‌هایی از خلیج‌فارس امیدی برای بازیابی آن‌ها دیده می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه بررسی وضعیت مرجان‌ها از دی‌ماه ۱۳۸۸ تا شهریور ماه ۱۳۹۸ به‌صورت مستقیم با روش غواصی اسکوبا و از طریق مشاهده و عکس‌برداری با دوربین کانن مدل جی۷ با محفظه مخصوص در زیر

آب صورت گرفت. این بررسی در جزایر خارک، هندورابی، لارک و کیش انجام شد (شکل ۱). موقعیت مکانی مرجان‌های مورد مطالعه در هر جزیره در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱: نقشه پراکنش ایستگاه‌های مورد بررسی در جزایر لارک، هندورابی، خارک و قشم

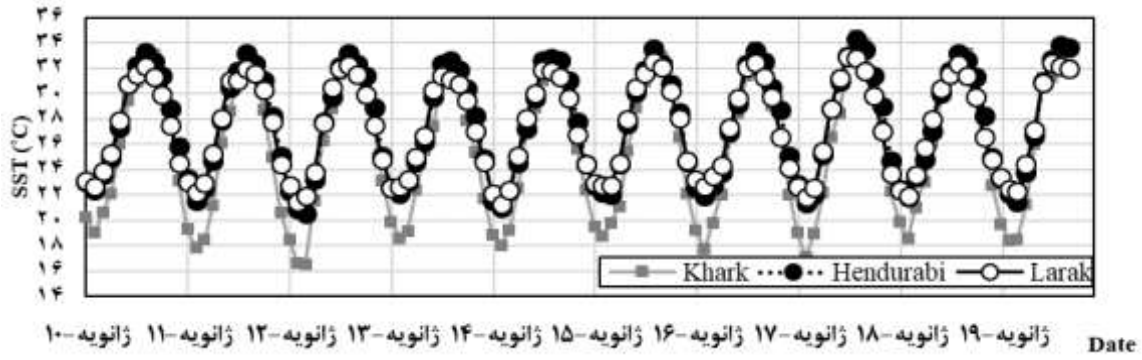
جدول ۱: موقعیت جغرافیایی مناطق بررسی شده در جزایر

ردیف	نام جزیره	موقعیت	طول جغرافیایی (°E)	عرض جغرافیایی (°N)
۱	لارک	شمال	۵۶° ۲۰,۱۳۵′	۲۶° ۵۳,۲۴۰′
۲	لارک	جنوب‌غرب	۵۶° ۱۹,۰۸۵′	۲۶° ۴۹,۵۴۲′
۳	هندورابی	شرق	۵۳° ۴۰,۳۳۳′	۲۶° ۴۰,۵۹۹′
۴	هندورابی	غرب	۵۳° ۳۵,۴۸۳′	۲۶° ۴۰,۷۳۰′
۵	خارک	شرق	۵۰° ۲۰,۴۴۳′	۲۹° ۱۴,۶۷۷′
۶	خارک	شمال	۵۰° ۱۸,۶۸۷′	۲۹° ۱۶,۶۹۴′
۷	کیش	شرق	۵۴° ۲,۸۵۶′	۲۶° ۳۰,۸۰۲′

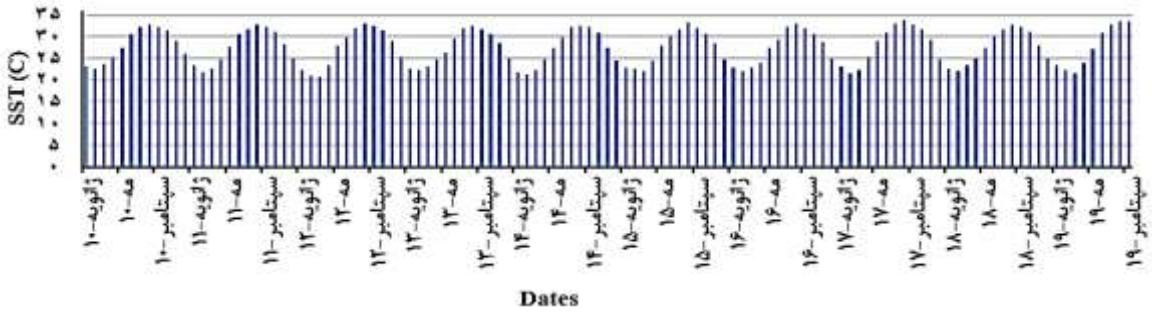
جهت بررسی تغییرات دمایی سطح آب، نمودار نوسانات ماهانه دمای سطح دریا (Sea Surface Temperature or SST)، از دی ماه ۱۳۸۸ (ژانویه ۲۰۱۰) تا شهریور ماه ۱۳۹۸ (سپتامبر ۲۰۱۹) (حدود ۱۰ سال)، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای حاصل شد. این مجموعه داده به‌صورت ماهانه به‌صورت فایل‌های csv بارگیری و توسط مایکروسافت اکسل ۲۰۱۰ آنالیز شدند. داده‌های SST هر ایستگاه، با پسوند mat و در بازه ۰/۰۴ عرض و طول جغرافیایی حول ایستگاه‌های مورد مطالعه (جدول ۱)، توسط NOAA ERD و از سایت coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/jplMURSST41mda y.html، تهیه شدند و جهت انجام کدنویسی‌های لازم وارد محیط برنامه Matlab (نسخه ۲۰۱۶) گردیدند. داده‌های SST، به‌صورت ماهیانه، با قدرت تفکیک فضایی ۰/۰۱ درجه، از تحلیل داده Multi-scale Ultra-high Resolution (MUR) SST Analysis، نسخه ۴/۱ حاصل شدند. از آن‌جایی‌که در هریک از جزایر نام برده دو ایستگاه اندازه‌گیری و در جزیره کیش، تنها یک ایستگاه اندازه‌گیری وجود داشت، لذا از داده‌های ایستگاه کیش، به‌صورت جداگانه و به‌عنوان یک ایستگاه‌فرعی در کنار مقایسه داده‌های ماهواره‌ای جزایر اصلی استفاده شد.

نتایج

دمای سطح دریا (SST) در جزایر مورد بررسی، نوساناتی را در سال‌های مختلف از ژانویه ۲۰۱۰ (دی ۱۳۸۸) تا سپتامبر ۲۰۱۹ (شهریور ۱۳۹۸) نشان می‌دهد. نمودار تغییرات دمایی سطح آب در جزایر لارک، هندورابی و خارک (شکل ۲) و در جزیره کیش (شکل ۳) نشان داده شده است. در شکل ۲، تفاوت در تغییرات دمایی بین فصل تابستان و زمستان، طی این سال‌ها، بین ایستگاه‌ها به‌خوبی دیده می‌شود. طبق این شکل، به‌خوبی دیده می‌شود که اختلاف دمایی زیادتری بین فصل تابستان و زمستان در جزیره خارک، در مقایسه با آن دو جزیره دیگر وجود دارد و از این‌رو داده‌ها متوسط اختلاف دمای زیادتری (حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد) در خارک، نسبت به دو ایستگاه لارک (۱۰/۱ درجه سانتی‌گراد) و هندورابی (۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد) نشان دادند. بیش‌ترین میزان SST در کلیه سال‌های مورد بررسی، در جزیره هندورابی دیده شد که حداکثر دمای سطحی آب در این جزیره حدود ۳۴ درجه سانتی‌گراد و در ژوئن تا سپتامبر ۲۰۱۷ (تابستان ۹۶) بود. با وجود این‌که جزیره خارک نسبت به دیگر جزایر همواره کم‌ترین دمای سطحی آب را دارا بوده است، حداکثر دمای سطحی را در تابستان ۹۶ تجربه کرد. همین شرایط در جزیره لارک و کیش نیز دیده شد. ریتم تغییرات دمایی مشابه در ایستگاه کیش نیز دیده می‌شود (شکل ۳). حداقل دما در ایستگاه کیش، ۲۰/۷۲ درجه سانتی‌گراد مربوط به ماه مارچ ۲۰۱۲ و حداکثر آن ۳۳/۸۴ درجه سانتی‌گراد مربوط به ماه آگوست ۲۰۱۷ است. بنابراین سال ۲۰۱۷ بیش‌ترین نوسانات دمایی را در دمای سطحی آب داشت. اگرچه دمای سطحی آب در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹، نسبت به ۲۰۱۷ کاهش یافت، اما بالاترین دما در مقایسه با سال‌های دیگر بوده است. سال ۲۰۱۲، شاهد کم‌ترین دما در زمستان و آغاز بهار در جزیره خارک بود (۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد). سفیدشدگی خاصی در طول سال ۲۰۱۳ (۹۱ و ۹۲) دیده نشد و جزایر مورد بررسی، کم‌ترین SST (حدود ۳۱ درجه سانتی‌گراد) را در تابستان در جولای ۲۰۱۳ (مرداد ۹۲) در مقایسه با سایر تابستان‌های مورد بررسی تجربه کرد.



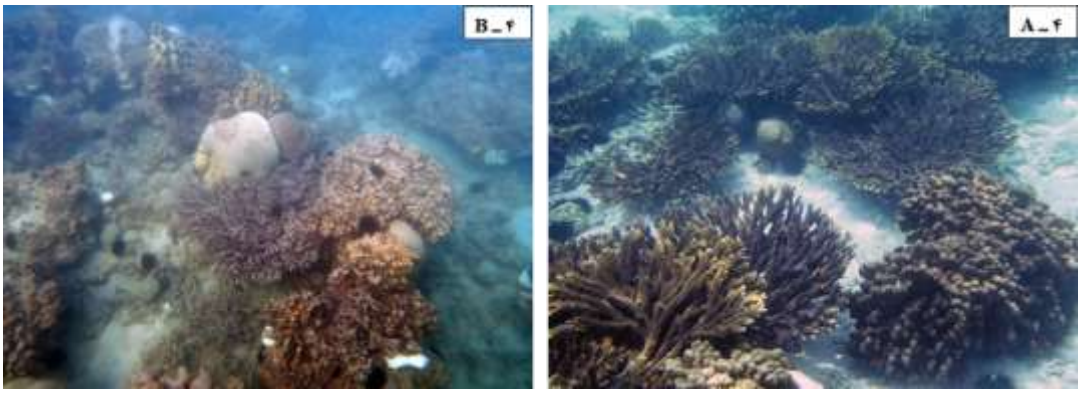
شکل ۲: مقایسه تغییرات دمایی سطح آب در ۳ جزیره اصلی، خارک، هندورابی و لارک از ژانویه ۲۰۱۰ (دی ۱۳۸۸) تا سپتامبر ۲۰۱۹ (شهریور ۱۳۹۸)



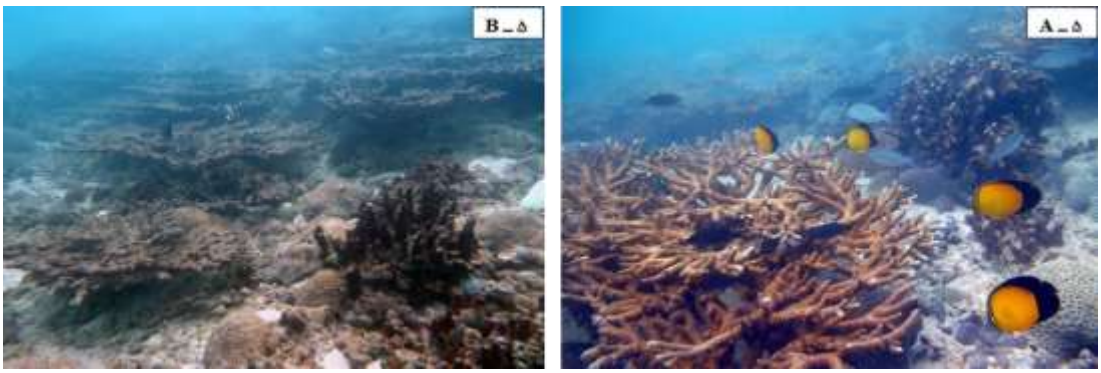
شکل ۳: ریتم تغییرات دمایی سطح آب در ایستگاه کیش از ژانویه ۲۰۱۰ (دی ۱۳۸۸) تا سپتامبر ۲۰۱۹ (شهریور ۱۳۹۸)

در طی بررسی‌های انجام‌شده، انبوه مرجان‌های شاخ گوزنی *Acropora* sp. در جزیره خارک در خردادماه سال ۱۳۸۹ (شکل ۴ـA) نشان از سلامت مرجان‌ها دارد و مرجان‌های جزیره خارک در آذر ۱۳۹۶ یا سفید شده‌اند یا کاملاً از بین رفته‌اند(شکل ۴ـB). مرجان‌های آبسنگ‌ساز شاخ گوزنی *Acropora* sp. جزیره هندورابی در مرداد سال ۱۳۹۴ در سلامت کامل به‌سر می‌بردند (شکل ۵ـA) و با توجه به شرایط جوی و گرمایش جهانی، مرجان‌های همان جزیره در آذرماه سال ۱۳۹۶ تقریباً همگی نابود شده‌اند (شکل ۵ـB). روند اثرات گرمایش و سفیدشدگی مرجان‌ها با توجه به افزایش دما در جزیره کیش در سال ۱۳۸۸ طی چهار فصل پاییز، زمستان، بهار و تابستان

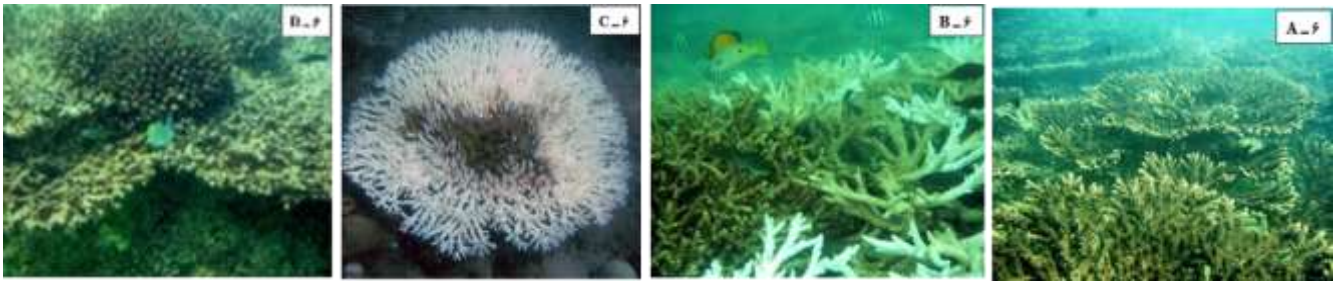
در شکل ۶ نشان داده شده است. نمونه مرجان شاخ گوزنی جزیره کیش در فصل بهار (شکل ۶ـA)، در سلامت کامل به‌سر می‌برد. با گرم شدن هوا و آمدن تابستان، با افزایش دمای سطحی آب دریا، نمونه‌های مرجانی رو به ضعیف شدن گذاشتند (شکل ۶ـB) به‌گونه‌ای که با فرارسیدن پاییز، بخش عمده‌ای از مرجان‌ها سفید شده‌اند (شکل ۶-C) و در زمستان به‌دلیل عدم توانایی در ریکاوری و بازیابی سلامت، کاملاً از بین رفته‌اند (شکل ۶-D). نمونه‌های مرجانی *Porites* sp. در شمال جزیره لارک در شکل ۷ دیده می‌شوند، به‌طوری‌که تفاوت مرجان‌های زنده در اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ (شکل ۷ـA) با مرجان‌های از بین رفته‌ای که در شکل ۷-B از دی ماه ۱۳۹۶ می‌باشد، کاملاً قابل‌تشخیص هستند. شرایط عنوان شده در مورد مرجان‌های غرب جزیره‌لارک نیز صدق می‌کند. شکل ۸ـA پولیپ‌های کاملاً زنده حاوی جلبک‌های هم‌زیست زوزانتله را در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد و همان محل در دی ماه سال ۱۳۹۶ کم‌تر از ۱۰٪ مرجان‌های زنده را در خود دارد (شکل ۸ـB).



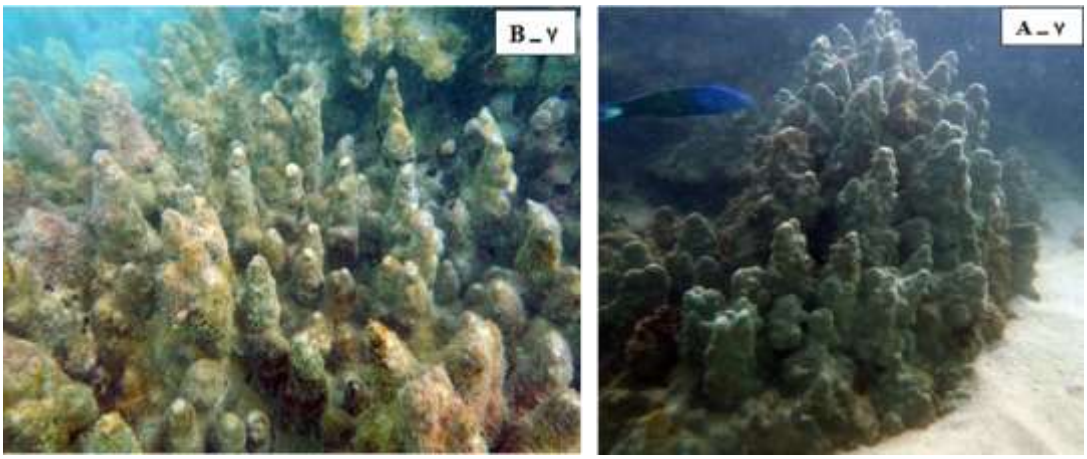
شکل ۴: مرجان‌های آبسنگ ساز جزیره خارک. Aـ مرجان‌های سالم در خردادماه سال ۱۳۸۹. Bـ مرجان‌های آبسنگ ساز در آذرماه سال ۱۳۹۶ که سفید شده یا کاملاً از بین رفته‌اند (عکس از محمدشریف رنجبر).



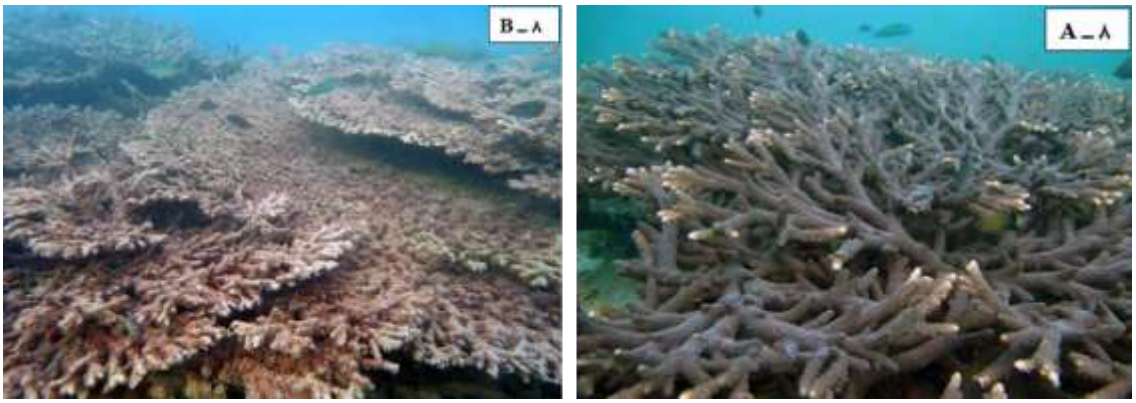
شکل ۵: مرجان‌های آبسنگ ساز جزیره هندورابی. Aـ مرجان‌های شاخ گوزنی در مردادماه سال ۱۳۹۴ که هنوز آسیب‌ندیده‌اند. Bـ مرجان‌های آسیب‌دیده در آذرماه سال ۱۳۹۶ که کاملاً از بین رفته و پوشیده از جلبک شده‌اند (عکس از محمدشریف رنجبر)



شکل ۶: مرجان‌های آبسنگ ساز جزیره کیش طی ۴ فصل در سال ۱۳۸۹. Aـ انبوهی از مرجان‌های شاخ گوزنی زنده و سالم در فصل بهار. Bـ هجوم هوای گرم و بخش‌هایی از مرجان‌ها رو به سفیدشدن گذاشته‌اند. Cـ همان مرجان‌ها در فصل پاییز به گونه‌ای که ضعیف شده‌اند و فضای بیش‌تری سفید شده است. Dـ مرجان‌ها توانایی ریکاوری نداشته و کاملاً از بین رفته‌اند (عکس از سیامک بهزادی)



شکل ۷: مرجان‌های آبسنگ ساز *Porites* sp. در شمال جزیره لارک. A– مرجان‌های سالم در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶. B– مرجان‌های همان ناحیه که در دی‌ماه ۱۳۹۶ کاملاً از بین رفته و پوشیده از جلبک شده‌اند (عکس از محمدشریف رنجبر)



شکل ۸: مرجان‌های آبسنگ ساز *Acropora* sp. در غرب جزیره لارک. A– پولیپ‌های کامل زنده حاوی جلبک‌های هم‌زیست زوزانتله در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۳. B– دی‌ماه سال ۱۳۹۶ تقریباً مرجان زنده‌ای وجود ندارد (عکس از محمدشریف رنجبر)

بحث

سفید شدگی مرجان‌ها به‌سرعت در حال پیشرفت است و از بین رفتن ۴۰ درصد از پوشش مرجانی حداقل در طی ۴۰ سال گذشته بی‌سابقه بوده است (DeCarlo و همکاران، ۲۰۱۷). اعضای جنس *Porites* در آبسنگ‌های سرتاسر دنیا یافت می‌شوند و قدیمی‌ترین آن‌ها حدود ۷۰۰ سال عمر دارند و تخمین زده شده است که در هر سال ۱۰/۳ میلی‌متر رشد کنند. برخی از گونه‌های این جنس سطوح بالایی از تحمل شوری و دما را از خود نشان می‌دهند (Moberg و همکاران، ۱۹۹۷). با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، نابودشدگی بخش‌هایی از اکوسیستم مرجانی خلیج‌فارس به‌گونه‌ای است که از مرحله سفیدشدگی عبور کرده و به‌حالت مردگی کامل تغییر فاز داده‌اند. به‌گونه‌ای که امکان ریکاوری و بازگشت هم‌زیست جلبکی و ادامه زیست در آن‌ها غیرممکن است. مرجان‌های جنس *Acropora* اصولاً در برابر استرس‌های محیطی، جنس حساس و آسیب‌پذیری هستند و در صورت تنش به‌شدت سفید می‌شوند (Shinzato و همکاران، ۲۰۱۱). خلیج فارس در عرض‌های جغرافیایی نیمه گرمسیری واقع شده است و همین امر محدودیت‌هایی را برای جمعیت مرجانی ایجاد کرده است و تغییرات وسیع شوری، دما و کدورت باعث کاهش تنوع آبسنگ‌های مرجانی شده است، به‌علاوه به‌دلیل این شرایط خاص، جوامع مرجانی همواره تحت تنش هستند (لقمانی و صادقی، ۱۳۹۴). این در حالی است که درجه حرارت گاهی تا بیش از ۳۸ درجه سانتی‌گراد نیز بالا می‌رود. در مقایسه مرجان‌های خلیج‌فارس با دریای سرخ که چنین درجه حرارت فصلی بالایی را تجربه نمی‌کنند (اصولاً ۲۹ درجه سانتی‌گراد)، مرجان‌های خلیج‌فارس، در جریان ENSO (El Nino Southern Oscillation یا ال نینوی نوسان جنوبی) ۱۹۹۸ هم آسیب‌های کم‌تری دیده‌اند (Wilkinson، ۲۰۰۲). اختلاف دمای آب بین بخش‌های غربی و شرقی خلیج فارس، در طول ماه‌های سرد سال ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد ولی این تفاوت دمایی در ماه‌های گرم سال کم می‌شود (Nezlin و همکاران، ۲۰۰۷). اختلاف دمای آب

سطحی خلیج فارس میان ماه‌های سرد و گرم سال، می‌تواند به بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز برسد (Coles، ۲۰۰۳). در مطالعه حاضر نیز، اختلاف دمای آب سطحی دریا در اطراف جزایر و در ماه‌های مختلف‌سال به‌وضوح وجود دارد. به‌طوری‌که اختلاف دمای آب سطحی جزایر لارک و هندورابی، حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد (از ۲۲ درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد در تیر ماه)، در آب‌های اطراف جزیره کیش حدود ۱۱/۵ درجه‌سانتی‌گراد(از ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه تا ۳۳/۸ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه) و در جزیره خارک حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد (از ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه تا ۳۲/۲ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه) بوده است. عملکرد اکوسیستم‌های آبسنگ‌های مرجانی تا حد زیادی به استراتژی‌های چرخه زندگی مرجان‌ها هم‌بستگی دارد، زیرا آن‌ها به میزان قابل‌توجهی به ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌ها وابسته هستند. برای مثال، در دریای کارائیب، گونه‌های مرجانی با تولیدمثل و بازگشت جمعیتی بالا، عموماً به تغییرات محیطی مقاوم هستند ولی عمدتاً کلنی‌های کوچکی هستند که در تقویت آبسنگ و ایجاد زیستگاه کمک اندکی می‌کنند. درحالی‌که انتظار می‌رود مرجان‌های توده‌ای که به شکل قابل‌توجهی در تجمع کلسیم کربنات شرکت دارند و پناهگاهی برای بسیاری از گونه‌های دیگر می‌شوند، مقاومت کم‌تری در محیط‌های متغیر و بی‌ثبات داشته باشند (Darling و همکاران، ۲۰۱۲). ترکیب گونه‌ها تعیین می‌کند که یک سیستم چگونه به تغییرات محیطی پاسخ دهد (Angelini و همکاران، ۲۰۱۱)و بنابراین حذف یک‌سری گونه‌های مشخص یا حذف گروه‌های مهم کاربردی، با کاهش تولید کلسیم کربنات و کاهش پیچیدگی توپوگرافی آبسنگی، به‌شدت به عملکرد آبسنگ‌ها ضربه می‌زند. حذف *Acropora* آهکی‌شدن و ساختار توپوگرافی آبسنگ‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.برای مثال زمانی‌که پوشش مرجانی از ۱۰درصد *Acropora* به ۴۵ درصد *Porites* تغییر پیدا کند، حالت‌هایی از پایداری در مرجان‌ها دیده می‌شود و زمانی‌که *Porites* جایگزین *Acropora* گردد نشان داده‌شده است که ۵۶ درصد کاهش در قابلیت آهکی‌شدن پس از ۷ سال اتفاق می‌افتد و این میزان خطرناکی است (Alvarez-Filip و همکاران، ۲۰۱۳). از آن‌جا که مرجان‌ها بیش از ۹۵ درصد انرژی خود را از فتوسنتز جلبک‌های هم‌زیست خود به‌دست می‌آورند، قطع این ارتباط هم‌زیستی، به عملکرد اصلی آهکی شدن مرجان که ناشی از نور، رشد بافت و تولیدمثل است، آسیب می‌رساند. بنابراین، بقای صخره‌های مرجانی به‌شدت بستگی به سازگاری و پاسخ‌های تطبیقی مرجان‌ها با فشار گرم شدن کره زمین دارد(Logan و همکاران، ۲۰۱۴). کاهش pH و کاهش غلظت اکسیژن می‌تواند حساسیت مرجان‌ها را نسبت به افزایش درجه حرارت بالا ببرد (Anthony و همکاران، ۲۰۰۸). در حال حاضر بهترین روش برای جلوگیری از سفید شدگی بیش از این در آبسنگ‌های مرجانی جلوگیری و مبارزه با گرم شدن بیش‌تر هوا در آینده می‌باشد که بتواند آبسنگ‌های مرجانی را نجات دهد (Hughes و همکاران، ۲۰۱۷). زمان بازیابی و ریکاوری برای گونه‌های مرجانی که تشکیل‌دهندگان خوب و قوی برای کلنی هستندو رشدسریعی دارند، حدود ۱۰ تا ۱۵ سال است‌ولی‌وقتی‌که مرجان‌هایی که زیاد عمر می‌کنند به‌دلیل سفیدشدگی از بین می‌روند، جایگزینی آن‌ها ممکن است دهه‌ها به طول انجامد(Gilmour و همکاران، ۲۰۱۳؛ Connell و همکاران، ۱۹۹۷).صخره‌های‌مرجانی گروه متنوعی هستند که طیف گسترده‌ای از پاسخ‌ها را نسبت به تغییرات محیطی نشان می‌دهند، درحالی‌که برخی از گونه‌های‌مرجانی کاهش می‌یابند، برخی دیگر ممکن است پایدار یا حتی افزایش یافته باشند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که گرچه جوامع صخره‌های مرجانی خلیج فارس نسبت به همان گونه‌ها یا گونه‌های مشابه در سایر مناطق جهان، در برابر تنش گرما مقاوم‌تر هستند، اما تعداد و تراکم آن‌ها به‌دلیل شدت زیاد درجه حرارت کاهش یافته‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان نهایت مراتب تشکر و سپاسگزاری را از جناب آقای مهندس اقبال زبیری جهت تهیه نقشه و سرکارخانم دکتر مریم سیوف جهرمی جهت تجزیه و تحلیل داده‌های دمای سطحی آب دریا و آماده‌سازی نمودارهای تغییرات دمایی به‌عمل می‌آورند.

منابع

۱. **سینایی، م. و بلوکی، م.، ۱۳۹۶.** ارزیابی کارآیی استفاده از روش بیوراک در کاشت و پرورش مرجان گونه *Acropora calthrata* در خلیج چابهار. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۴، صفحات ۵۴۹ تا ۵۵۸.

۲. **لقمانی، م. و صادقی، پ.، ۱۳۹۴.** بررسی پراکنش و تنوع مرجان‌های سخت (Hard Corals) در خلیج چابهار (دریای عمان). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۷، شماره ۴. صفحات ۱۰۵ تا ۱۱۶.

3. **Alvarez-Filip, L.; Carricart-Ganivet, J.P.; Horta-Puga, G. and Iglesias-Prieto, R., 2013.** Shifts in coral-assemblage composition do not ensure persistence of reef functionality. Sci Rep. Vol. 3, p: 3486.

4. **Angelini, C.; Altieri, A.H.; Silliman, B.R. and Bertness, M.D., 2011.** Interactions among foundation species and their consequences for community organization, biodiversity, and conservation. BioScience. Vol. 61, No. 10, pp: 782-789.

5. **Anthony, K.R.; Kline, D.I.; Diaz-Pulido, G.; Dove, S. and Hoegh-Guldberg, O., 2008.** Ocean acidification causes

fluorescence and ex situ temperature tolerance. Mar pollut bull. Vol. 72, No. 2, pp: 313-322.

21. **Kwon, E.Y.; Primeau, F. and Sarmiento, J.L., 2009.** The impact of remineralization depth on the air-sea carbon balance. Nat Geosci. Vol. 2, No. 9, pp: 630-635.

22. **Logan, C.A.; Dunne, J.P.; Eakin, C.M. and Donner, S.D., 2014.** Incorporating adaptive responses into future projections of coral bleaching. Glob Chang Biol. Vol. 20, No. 1, pp: 125-139.

23. **Moberg, F.; Nyström, M.; Kautsky, N.; Tedengren, M. and Jarayabhand, P., 1997.** Effects of reduced salinity on the rates of photosynthesis and respiration in the hermatypic corals Porites lutea and Pocillopora damicornis. Mar Ecol Prog Ser. Vol. 157, pp: 53-59.

24. **Nezlin, N.P.; Polikarpov, I.G. and Al-Yamani, F., 2007.** Satellite-measured chlorophyll distribution in the Arabian Gulf: Spatial, seasonal and inter-annual variability. IJOO. Vol. 2, No. 1, pp:139-156.

25. **Oliver, J.K.; Berkelmans, R. and Eakin; C.M., 2009.** in Ecological Studies: Analysis and Synthesis (eds van Oppen, M. J. H. & Lough, J. M.) pp: 21-39

26. **Olsen, K.; Ritson-Williams, R.; Ochrietor, J.D.; Paul, V.J. and Ross, C., 2013.** Detecting hyperthermal stress in larvae of the hermatypic coral Porites astreoides: the suitability of using biomarkers of oxidative stress versus heat-shock protein transcriptional expression. Mar biol. Vol. 160, No. 10, pp: 2609-2618.

27. **Reyes-Bermudez, A.; Lin, Z.; Hayward, D.C.; Miller, D.J. and Ball, E.E., 2009.** Differential expression of three galaxin-related genes during settlement and metamorphosis in the scleractinian coral Acropora millepora. BMC Evol Biol. Vol. 9, No. 1, pp: 1-12.

28. **Sheppard, C.R.C.; Price, ARG. and Roberts, C.J., 1992.** Marine ecology of the Arabian area. Patterns and processes in extreme tropical environments. Academic Press: London. 359 p.

29. **Shinzato, C.; Shoguchi, E.; Kawashima, T.; Hamada, M.; Hisata, K.; Tanaka, M.; Fujie, M.; Fujiwara, M.; Koyanagi, R.; Ikuta, T. and Fujiyama, A., 2011.** Using the Acropora digitifera genome to understand coral responses to environmental change. Nature. Vol. 476, No. 7360, pp: 320-323.

30. **Spalding, M.D. and Brown, B.E., 2015.** Warm-water coral reefs and climate change. Science. Vol. 350, No. 6262, pp: 769-771.

31. **Steinacher, M.; Joos, F.; Frölicher, T.L.; Bopp, L.; Cadule, P.; Cocco, V.; Doney, S.C.; Gehlen, M.; Lindsay, K.; Moore, J.K. and Schneider, B., 2010.** Projected 21st century decrease in marine productivity: a multi-model analysis. Biogeosciences. Vol. 7, No. 3, pp: 979-1005.

32. **Wilkinson, C., 2004.** Status of coral reefs of the world: 2004. Australian Institute of Marine Science. Townsville, Australia.

bleaching and productivity loss in coral reef builders. Proc Natl Acad Sci. Vol. 105, No. 45, pp: 17442-17446.

6. **Baker, A.C.; Starger, C.J.; McClanahan, T.R. and Glynn, P.W., 2004.** Corals' adaptive response to climate change. Nature. Vol. 430, No. 7001, pp: 741-741.

7. **Coles, S.L. and Riegl, B.M., 2013.** Thermal tolerances of reef corals in the Gulf: A review of the potential for increasing coral survival and adaptation to climate change through assisted translocation. Mar Pollut Bull. Vol. 72, No. 2, pp: 323-332.

8. **Coles, S.L., 2003.** Coral species diversity and environmental factors in the Arabian Gulf and the Gulf of Oman: a comparison to the Indo-Pacific region. Atoll Research Bulletin.

9. **Connell, J.H.; Hughes, T.P. and Wallace, C.C., 1997.** A 30-year study of coral abundance, recruitment, and disturbance at several scales in space and time. Ecol Monogr. Vol. 67, No. 4, pp: 461-488.

10. **Darling, E.S.; Alvarez-Filip, L.; Oliver, T.A.; McClanahan, T.R. and Côté, I.M., 2012.** Evaluating life history strategies of reef corals from species traits. Ecol Lett. Vol. 15, No. 12, pp: 1378-1386.

11. **DeCarlo, T.M.; Cohen, A.L.; Wong, G.T.; Davis, K.A.; Lohmann, P. and Soong, K., 2017.** Mass coral mortality under local amplification of 2 C ocean warming. Sci Rep. Vol. 7, p: 44586.

12. **Eakin, C.M.; Liu, G.; Gomez, A.M.; De La Cour, J.L.; Heron, S.F.; Skirving, W.J.; Geiger, E.F.; Tirak, K.V. and Strong, A.E., 2016.** Global coral bleaching 2014-2017: status and an appeal for observations. Reef Encounter. Vol. 31, No. 1, pp: 20-26.

13. **Gattuso, J.P.; Magnan, A.; Billé, R.; Cheung, W.W.L.; Howes, E.L.; Joos, F.; Allemand, D.; Bopp, L.; Cooley, S.R.; Eakin, C.M.; Hoegh-Guldberg, O.; Kelly, R.P.; Pörtner, H.O.; Rogers, A.D.; Baxter, J.M.; Laffoley, D.; Osborn, D.; Rankovic, A.; Rochette, J.; Sumaila, U.R.; Treyer, S. and Turley, C., 2015.** Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios. Science. Vol. 349, No. 6243, p: aac4722.

14. **Gilmour, J.P.; Smith, L.D.; Heyward, A.J.; Baird, A.H. and Pratchett, M.S., 2013.** Recovery of an isolated coral reef system following severe disturbance. Science. Vol. 340, No. 6128, pp: 69-71.

15. **Glynn, P.W., 1993.** Coral reef bleaching: ecological perspectives. Coral reefs. Vol. 12, No. 1, pp: 1-17.

16. **Grandcourt, E.M., 2008.** Corals and coral reefs. In Marine environment and resources of Abu Dhabi. Abu Dhabi Environment project. pp: 120-161

17. **Hadaidi, G.; Röthig, T.; Yum, L.K.; Ziegler, M.; Arif, C.; Roder, C.; Burt, J. and Voolstra, C.R., 2017.** Stable mucus associated bacterial communities in bleached and healthy corals of Porites lobata from the Arabian Seas. Sci Rep. Vol. 7, No. 1, pp: 1-11.

18. **Hoegh-Guldberg, O., 1999.** Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. Mar freshwater res. Vol. 50, No. 8, pp: 839-866.

19. **Hughes, T.P.; Kerry, J.T.; Álvarez-Noriega, M.; Álvarez-Romero, J.G.; Anderson, K.D.; Baird, A.H.; Babcock, R.C.; Beger, M.; Bellwood, D.R.; Berkelmans, R. and Bridge, T.C., 2017.** Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature. Vol. 543, No. 7645, pp.373-377.

20. **Hume, B.; D'angelo, C.; Burt, J.; Baker, A.C.; Riegl, B. and Wiedenmann, J., 2013.** Corals from the Persian/Arabian Gulf as models for thermotolerant reef builders: prevalence of clade C3 Symbiodinium, host