تغییرات غلظت کلروفیلa در مرجان *Porites compressa* در خلیج نای بند

مهدی بلوکی خوراندە*[۱] و سید محمد باقر نبوی[۲]

۱ -معاونت محیط زیست دریایی، سازمان حفاظت محیط زیست و گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲ - گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۱۲

چکیده

تجمع کلروفیل a به عنوان یکی از رنگدانه های فتوسنتزی زوگزانتلا نشان دهنده سلامتی مرجان می‌باشد. جهت اندازه گیری غلظت کلروفیل a در مرجان های *Porites compressa* در خلیج فارس دو منطقه در شمال و جنوب خلیج نای بند انتخاب گردید. نمونه برداری در بهمن سال ۱۳۸۶ و اردیبهشت و مرداد سال۱۳۸۷ با انجام عملیات غواصی در زیر آب صورت گرفت. بیشترین میزان میانگین کلروفیل a در جنوب خلیج نای بند در فصل سرد $\mu g/cm^2$ ۰/۰۴۳ ± ۰/۸۲۸ و کمترین میزان آن $\mu g/cm^2$ ۰/۰۴۸±۰/۶۰۴ در شمال نای بند در فصل گرم برآورد گردیدکه دارای اختلاف معنادار ($P<0/05$) با بودند. هدف از این مطالعه، اندازه گیری غلظت کلروفیل a در مرجان‌های گونه *Porites compressa* به منظور بررسی وضعیت سلامت تشکیلات مرجانی خلیج نای بند می باشد که در نهایت مشخص شد مرجان های محدوده‌ی شمال خلیج نای بند که به منابع آلاینده پتروشیمی نزدیک‌تر هستند علائم بیشتری از تخریب را در مقایسه با مرجان های جنوب خلیج نای بند که در فاصله دورتری از این صنایع قرار دارد، نشان دادند.

واژگان کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی، سلامت آبسنگ‌های مرجانی، خلیج فارس، *Porites compressa*

*نگارنده پاسخگو: lahijanjan@yahoo.com

مقدمه

تشکیلات مرجانی به عنوان اکوسیستم های دریایی بسیار حساس، ارزشمند و زیبا در سرتاسر جهان به میزان بی سابقه ای در حال تخریب می باشند (Grigg, 1994). برآورد شده است که ۳۰ درصد صخره های مرجانی دنیا به شدت آسیب دیده اند و اگر محافظت از آنها در الویت قرار نگیرد، بیش از ۵۰ درصد صخره های مرجانی دنیا در آغاز سال ۲۰۳۰ تا پایان سال ۲۰۵۰ از بین خواهند رفت (Wilkinson, 2002).

سفید شدن مرجان ها در واقع پاسخی می باشد به شرایط نامساعد محیطی آنها (Fang *et al.*, 1997; Hoegh-Guldberg & Jones, 1999) و ناشی از استرس های فیزیکی و یا شیمیایی در محیط می باشد (Kleppel *et al.*, 1989). کاهش تعداد تاژکداران همزیست با آبسنگ های مرجانی و یا کاهش رنگدانه های فتوسنتز کننده موجب از دست دادن رنگ آبسنگ های مرجانی و سفید شدگی آنها می شود (Hoegh-Guldberg & Smith 1989; Jokiel & Coles, 1990) . تغییر در میزان کلروفیل a می تواند به دلیل تغییر دمای آب (Gates *et al.*, 1992) و تغییر در میزان مواد مغذی (Stambler *et al.*, 1991) و افزایش مواد سمی باشد. افزایش اشعه فرابنفش باعث کاهش غلظت کلروفیل a (فساد نوری رنگدانه) و کاهش تجمع رنگدانه در بافت خواهد شد (Gleason & Wellinton, 1993; Kinzie, 1993; Thieberger *et al.*, 1995) اختلاف فصول (تغییرات دما) هم بر روی فیزیولوژی زوگزانتلا تاثیر دارد (Costa *et al.*, 2004). در مرجان های سفید شده، غلظت رنگدانه های فتوسنتزی کاهش می یابد (Shing *et al.*, 1995).

تغییر فصلی دما و سرد شدن آن چنانچه به حدود ۱۰ درجه سانتی گراد برسد (که یک کاهش شدید در دمای آب دریا می باشد) سبب استرس سرمایی در مرجان ها می شود (Fadlallah *et al.*, 1995; Eghtesadi-Araghi 2011). افزایش بیش از حد دما نیز در فصول گرم و با گرم تر شدن دمای آب نیز سبب ایجاد استرس گرمایی در مرجان ها می شود.

افزایش دمای غیرطبیعی آب، مهم ترین علت پدیده سفید شدگی می باشد و همین پدیده ۱۶ درصد مرجان ها را در سال ۱۹۹۸، در سرتاسر جهان از بین برده است(Wilkinson, 2002). گزارش های سفید شدگی تشکیلات مرجانی به علت افزایش غیر منتظره دمای آب دریا بیشتر شده است. این گزارش ها از سال۱۹۸۰ درحال افزایش می باشد (Glynn, 1993; Hoegh-Guldberg & Jones, 1999; Hughes *et al.*, 2003; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007)

از عوامل دیگر تاثیر گذار بر روی صخره های مرجانی می توان به آلودگی بیش از حد ناشی از فاضلاب های خانگی، صنعتی و کشاورزی و همچنین انواع روش های استحصال زمین اشاره نمود که موجب افزایش رسوبگذاری وتخلیه رسوبات روی مرجان ها می شود (Valavi *et al.*, 2009).

آشوب های زیستی دوره ای همچون طوفان ها نیز موجب تغییر در غلظت کلروفیل a می گردد. این استرس های زیست محیطی متناوباً در طول زندگی مرجان های زنده تکرار می شوند(David, 2008) سفید شدگی های خفیف(ملایم)

اغلب در طول مدت افزایش دمای فصلی و پدیده های استرس زای دوره ای مانند طغیان فصلی رودخانه ها گزارش شده‌اند (Few *et al.*, 2004). .

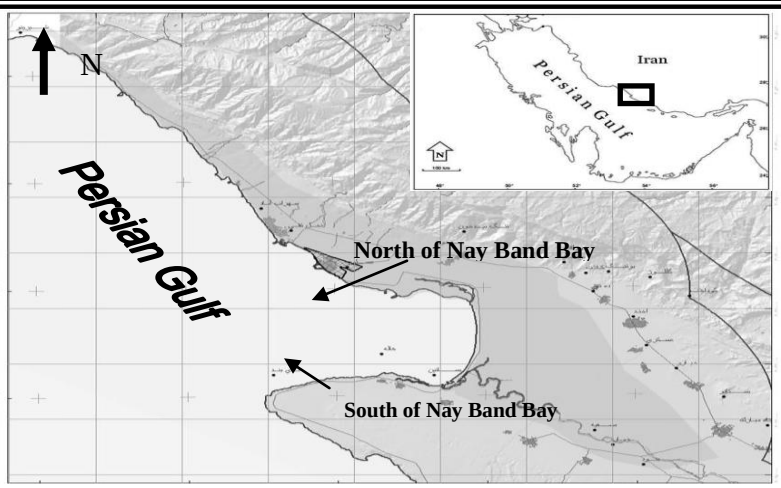
تشکیلات مرجانی در خلیج فارس بخصوص به علت ساختار نیمه بسته این خلیج و برخی عوامل از جمله شوری، دمای بالا، حداکثر جزر و تأثیرات ناشی از فعالیت های انسانی در معرض خطر تخریب و تلف شدن قرار دارند (Fadlallah *et al.*, 1995). خلیج نای بند به عنوان یک منطقه حفاظت شده به ثبت رسیده است اما مجاورت این منطقه با پالایشگاه های پتروشیمی ضربات مهلکی بر زیست بوم این منطقه وارد کرده است. Mostafavi و همکاران در سال ۲۰۰۷ زوگزانتلاهای همزیست با مرجان های جزیره کیش و لارک در خلیج فارس را شناسایی نمود. Eghtesadi-Araghi و همکاران در سال ۲۰۱۰ تاثیر استرس سرمایی را بر روی تراکم پروتئین های استرس در مرجان جنس *Porites* را مورد بررسی قرار داد. Seyfabadi و همکاران در سال ۲۰۱۱ تراکم جلبک های همزیست وشاخص میتوزی و غلظت کلروفیل a را در تشکیلات مرجانی کیش و لارک بررسی نمود.

هدف اصلی این تحقیق بررسی تغییرات غلظت کلروفیل a در مرجان های گونه *Porites compressa* در خلیج نای بند در پاسخ به تغییرات فصلی دمای آب و تأثیرات ناشی از فعالیت های انسانی جهت بررسی وضعیت سلامت مرجان های منطقه مذکور می باشد.

مواد و روش کار

نمونه برداری از مرجان های *Porites compressa* در بهمن ماه ۱۳۸۶ (فصل سرد)، اردیبهشت ماه ۱۳۸۷ (فصل معتدل) و مرداد ۱۳۸۷ (فصل گرم) در دو منطقه در خلیج نای بند جمع آوری شدند که شامل: ۱- جنوب خلیج نای بند با عمق۱-۵ متری و مشخصات جغرافیایی (۲۷°۲۴´۳۴″ N, ۵۲°۳۵´۲۴″ E) که یک منطقه حفاظت شده با وسعت ۴۵۰ کیلومترمربع می باشد و ۲- شمال خلیج نای بند با عمق۳-۷ متری و مشخصات جغرافیایی (۲۷°۲۶´۴۹″ N, ۵۲°۳۵´۳۳″ E) که در نزدیکی صنایع پتروشیمی پارس جنوبی قرار دارد (شکل۱).

در ایستگاه جنوب خلیج نای بند در هر فصل حداقل ۱۵ نمونه و در ایستگاه شمال خلیج نای بند در هر فصل ۷ نمونه برداشت گردید کلیه نمونه های مرجانی به دلیل حساسیت نسبت به نور در محل نمونه برداری در فویل آلومینیوم پیچیده شدند و داخل ظروف مخصوص نمونه برداری با یخ پوشانده شدند.



شکل ۱- خلیج نای بند، محل های نمونه برداری با علامت فلش نشان داده شده است

در آزمایشگاه قطعه ای از مرجان توسط دستگاه airbrush حاوی آب مقطر با زاویه ۴۵ درجه شسته شد. مقدار ۱۵ میلی لیتر از محلول به دست آمده به داخل لوله های سانتریفوژ ریخته شده و به منظور جدا کردن زوگزانتلا از بافت مرجان مدت ۱۵ دقیقه، با سرعت rpm ۷۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی گراد ، سانتریفوژ شدند. لوله های حاوی نمونه پس از سانتریفوژ به منظور جلوگیری از نفوذ نور، با فویل کاملا پوشانده شدند. مواد معلق روی محلول سانتریفوژ شده بیرون ریخته شد و به پلت باقی مانده ۱۰ میلی لیتر استن ۹۰ درصد اضافه و مخلوط حاصل کاملا هم زده شد. محلول حاصل شده به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت دوباره عمل سانتریفوژ انجام گردید. این بار محلول فوقانی را بدون تکان خوردن داخل کوت های شیشه ای ریخته و میزان جذب درطول موج های ۶۶۴ و ۶۳۰ نانومتر خوانده شد. در پایان با استفاده از معادلات Jeffery و Humphery میزان کلروفیل a محاسبه شد. (Jeffery & Humphery, 1975).

از آنجا که میزان غلظت کلروفیل a در واحد سطح مرجان بیان می شود، باید سطح مرجان شسته شده برای آنالیزهای فوق سنجیده شود. برای اندازه گیری مساحت مرجان ها از روش آلومینیوم فویل استفاده شد. در این روش بعد از اینکه مرجان ها کاملا سفید شدند، فویل آلومینیومی به دور اسکلت برهنه مرجانی پیچیده گردید به صورتیکه فویل تمام سطح برهنه مرجان را پوشش داد و به داخل تمام فرورفتگی ها و برآمدگی های اسکلت مرجان وارد شد سپس فویل پیچیده شده را جدا کرده و وزن آن با استفاده از ترازوی دیجیتال SARTORIUS GE1302 با دقت ۰/۰۱ گرم سنجیده شد و با استفاده از منحنی استاندارد (ارتباط دهنده وزن با سطح) مساحت مرجان بدست آمد (Marsh, 1970) .

آنالیز داده های آماری با نرم افزار SPSS (Version 14) انجام شد. پس از بررسی نرمال بودن تمام داده ها از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه برای مقایسه فصلی میانگین غلظت کلروفیل a در هر یک از مناطق نمونه برداری و آزمون t-test برای مقایسه میانگین غلظت کلروفیل a بین دو منطقه شمال و جنوب نای بند در هر فصل استفاده شد. نتایج به صورت (میانگین ± خطای استاندارد) بیان شد. سطح معنی داری $P < ۰/۰۵$ می باشد.

نتایج

متوسط دمای آب در خلیج نای بند در طول سه فصل اندازه گیری شد جدول(۱).

جدول۱- متوسط دمای سطح آب در خلیج نای بند سال های ۱۳۸۶و ۱۳۸۷

ماه	دمای آب درجه سانتی گراد
بهمن ۱۳۸۶	۲۰/۱±۰/۵
اردیبهشت۱۳۸۷	۲۶/۵±۱/۱
مرداد۱۳۸۷	۳۳/۹±۰/۴

وضعیت فعالیت های انسانی در دو منطقه شمال و جنوب خلیج نای بند مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول(۲) ملاحظه می گردد.

جدول ۲- بررسی وضعیت فعالیت های انسانی در شمال و جنوب خلیج نای بند، اردیبهشت۱۳۸۷

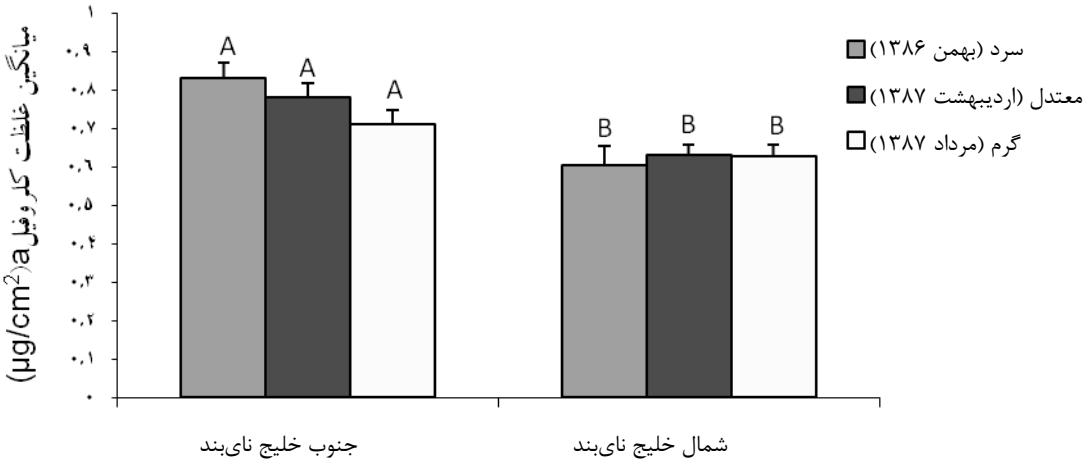
	جنوب خلیج نای بند	شمال خلیج نای بند
ماهیگیری با دینامیت	–	–
ماهیگیری با سم	–	–
جمع آوری ماهیان آکواریومی	–	–
ماهیگیری با قلاب و دام	✓	✓
جمع آوری مرجان ها برای تزئینات	✓	✓
تاثیرات ایجاد شده توسط غواصان	–	–
آلودگی فاضلاب های شهری	–	✓
آلودگی فاضلاب های صنعتی	–	✓
صید بی مهرگان مانند میگو	✓	✓
تاثیرات ناشی از لنگر	✓	✓
خشک کردن دریا به نفع ساحل	–	✓
ساخت و سازهای عظیم صنعتی	–	✓

✓مشاهده فعالیت مورد نظر

– عدم مشاهده فعالیت مورد نظر

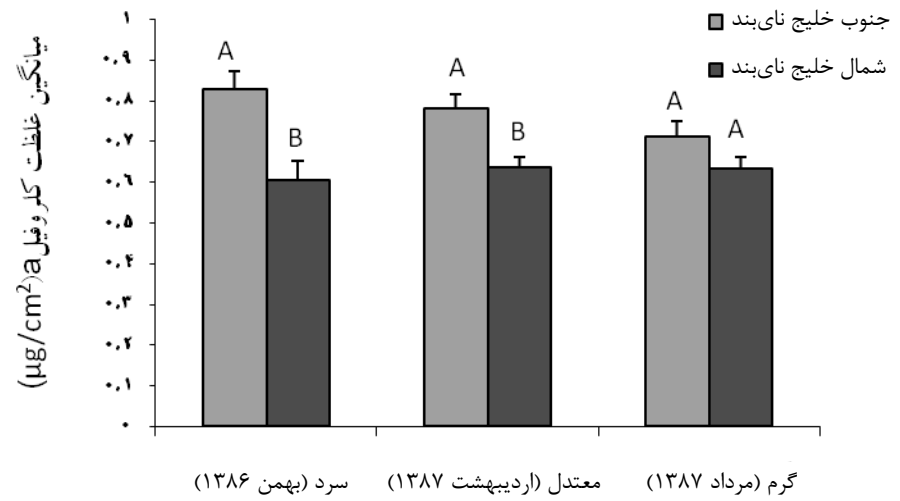
شکل(۲) میانگین غلظت کلروفیل a در مرجان های خلیج نای بند برحسب $\mu g/cm^2$ در فصول مختلف نشان می دهد. بیشترین میزان کلروفیل a در فصل سرد (بهمن ماه) $\mu g/cm^2$ ۰/۰۴۳ ± ۰/۸۲۸ درجنوب خلیج نای بند و کمترین

میزان کلروفیل a در فصل سرد (بهمن ماه) $\mu g/cm^2$ ۰/۰۴۸ ± ۰/۶۰۴ در شمال خلیج نای بند تعیین گردید. نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که میانگین غلظت کلروفیل a در هر دو منطقه شمال و جنوب خلیج نای بند بین فصول سرد، گرم و معتدل فاقد تفاوت معنادار می باشد($P > ۰/۰۵$).



شکل۲- میانگین غلظت کلروفیل a برحسب $\mu g/cm^2$ برسطح مرجان *Porites compressa* در ایستگاه شمال و جنوب خلیج نای بند، (سال۱۳۸۶ و۱۳۸۷)آنتنک ها نشاندهنده خطای استاندارد می باشد. A, Bحروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار است ($P < ۰/۰۵$)

با توجه به شکل(۳) میزان کلروفیل a در جنوب خلیج نای بند در ۳ فصل بیشتر از شمال خلیج نای بند بود بود. نتایج حاصل از آزمونt-test نشان می دهد که تغییرات میزان کلروفیل a بین شمال وجنوب خلیج نای بند در فصل سرد و معتدل در بین دو منطقه دارای تفاوت معنادار در سطح ۹۵درصد می باشد اما در فصل گرم فاقد تفاوت معنادار می باشد($P > ۰/۰۵$).



شکل۳- میانگین مقادیر غلظت کلروفیل a برحسب $\mu g/cm^2$ در مرجان *Porites compressa* در فصول مختلف در خلیج نای بند ، (سال۱۳۸۶ و۱۳۸۷) آنتنک ها نشاندهنده خطای استاندارد می باشد. A, B حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار است ($P < ۰/۰۵$)

بحث و نتیجه‌گیری

گونه‌های مختلف مرجان به استرس های محیطی پاسخ متفاوت می دهند، این پاسخ شامل کاهش رنگدانه های موجود در زوگزانتلا (کاهش کلروفیل a) و کاهش زوگزانتلای موجود در مرجان ، یا هر دو است (Warner *et al.*, 2002 ; Costa, 2004)

در این مطالعه بیشترین غلظت کلروفیل a در ماه بهمن در جنوب خلیج نای بند بود ($۰/۸۲۸\pm۰/۰۴۳$ $\mu g/cm^2$). کمترین میزان غلظت کلروفیل a نیز در شمال خلیج نایبند در بهمن ماه برآورد گردید($\mu g/cm^2$ **۰/۶۰۴±۰/۰۴۸**). تغییرات غلظت کلروفیل a در دو منطقه شمال و جنوب خلیج نای بند فاقد تفاوت معنادار در فصول مختلف بود

در مطالعه ای که توسط Bolouki و همکاران بر روی تراکم زوگزانتلا مرجان های خلیج نای بند انجام شده است، کاهش معنادار ۲۴ درصدی در اردیبهشت سال ۱۳۸۷ نسبت به بهمن سال ۱۳۸۶ و کاهش معنادار ۳۰ درصدی در مرداد سال ۱۳۸۷ نسبت به بهمن سال ۱۳۸۶ در تراکم زوگزانتلا در مرجان های جنوب خلیج نای بند گزارش گردید (Bolouki *et al.*, 2013) اما در بررسی حاضر میزان غلظت کلروفیل a در جنوب نای بند، با وجود نشان دادن روند کاهشی، فاقد تفاوت معنادار بین فصول سرد، گرم و معتدل بود. شاید دلیل این امر را بتوان به دو صورت بررسی نمود: ۱-کاهش در تراکم زوگزانتلا بدون کاهش در غلظت کلروفیل a صورت گرفته است، ۲- تغییر در غلظت کلروفیل a با تغییر در تراکم زوگزانتلا در یک زمان صوت نگرفته است.

کاهش در تراکم زوگزانتلا بدون کاهش در غلظت کلروفیل a در مرجانهایی که بطور طبیعی دچار سفید شدگی شده بودند توسط Hoegh-Guldberg و Smith در سال ۱۹۸۹ همچنین Fitt و همکاران در سال ۱۹۹۳ گزارش شد.

احتمالا در مرجان های جنوب خلیج نای بند که اغلب در معرض استرس های محیطی همانند تغییرات دمایی آب می باشند و با تغییر فصل، سفیدشدگی دوره ای در آنها مشاهده می شود، تغییر در غلظت کلروفیل a با تغییر در تراکم زوگزانتلا در یک زمان صوت نگرفته است.

Shenkar و همکاران با بررسی سالانه کلرفیل a درمرجان های دریای مدیترانه بیان کردند که یک رابطه معنادار منفی بین دمای آب و غلظت کلروفیل a وجود دارد. وی عنوان نمود که تغییر در غلظت کلروفیل a با تغییر در تراکم زوگزانتلا در یک زمان واقع نشده است. بین ماه های اسفند تا اردیبهشت کاهش معنادار در تراکم زوگزانتلا دیده شد که در حالیکه غلظت کلروفیل a به صورت معناداری در خرداد پایین آمد. (Shenkar *et al.*, 2006). با توجه به مشاهده روند کاهشی در غلظت کلروفیل a در جنوب خلیج نای بند جهت اثبات این فرضیه که تغییر در غلظت کلروفیل a با تغییر در تراکم زوگزانتلا در یک زمان صورت نگرفته است (Bolouki *et al.*, 2013)نیاز به انجام نمونه برداری به صورت ماهیانه در منطقه مذکور می باشد.

میزان کلروفیل a در شمال خلیج نای بند نیز تفاوت معناداری بین فصول سرد، گرم و معتدل نشان نمی دهد اما مقایسه تغییرات میزان کلروفیل a در فصل سرد و معتدل در بین دو منطقه شمال و جنوب خلیج نای بند دارای تفاوت معنادار (در سطح اطمینان ۰/۹۵درصد) بوده و در فصل گرم فاقد تفاوت معنادار می باشد.

با مقایسه این دو منطقه و با توجه به اینکه فاکتورهای ناشی از تغییرات آب و هوا در فصول مختلف برای هر دو منطقه تقریبا برابر می باشد، اما اختلافات مشاهده شده در غلظت کلروفیل a در آبسنگ های مرجانی بین دو منطقه شمال و جنوب خلیج نای بند در فصول مختلف حاکی از تراکم زیاد عوامل استرس زا در منطقه شمال خلیج نای بند می باشد، زیرا آب های شمال خلیج نای بند بیشتر از جنوب خلیج نای بند تحت تاثیر استرس های ناشی از فعالیت های انسانی می باشند (جدول ۲).

هرچند برخی از فعالیت های انسانی در هر دو منطقه شمال و جنوب نای بند مشترک می باشد اما منطقه شمال نای بند که یکی از مهم ترین مراکز صنعتی ایران می باشد، با ورود فاضلاب های صنعتی به محیط اطراف و خاک ریزی برای افزایش ساحل به سمت دریا و ساخت وسازهای بی‌رویه در محدوده ساحلی، تغییر شرایط اکولوژیکی بیشتری در منطقه به وجود آمده است. این عوامل استرس زا سبب کاهش بازسازی و برگشت پذیری مرجان ها بعد از آشوب های زیستی همچون طوفان و سفیدشدگی شده (Hughes, 1994) و در بلند مدت موجب تخریب اکوسیستم های تشکیلات مرجانی می شود(Hughes *et al.*, 2007) . درنتیجه استرس های ناشی از فعالیت های انسانی در منطقه شمالی خلیج نای بند موجب تخریب اکوسیستم آبسنگ های مرجانی این منطقه گردیده و برگشت پذیری مرجان ها در اثر تغییرات فصلی و دمایی مختل گردیده و در طی فصول مختلف شرایط مرجان های شمال خلیج نای بند از لحاظ سلامت در وضعیت نامساعدتری نسبت به مرجان های منطقه جنوبی خلیج نای بند قرار دارند.

منابع

Brown, B. E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences. Coral Reefs, 16: 129–138.

Bolouki, M., Savari, A., Nabavi, S. M. B., Rounagh, M. T. & Daneshmand, A. 2013. Comparison of symbiotic algae densities in coral *Porites compressa* in the Nay Band Bay. Journal of Oceanography, 13: 45-51

Costa, C. F., Sassi, R. & Amaral, F. D. 2004. Population density and photosynthetic pigment content in symbiotic dinoflagellates in the Brazilian scleractinian coral *Montastrea cavernosa*. Brazilian Journal of Oceanography, 52(2): 93-99.

David, O. 2008. Reef corals bleach to resist stress. Marine Pollution Bulletin, 58: 206-212.

Eghtesadi Araghi, P. 2011. Coral reefs in the Persian Gulf and Oman Sea: an integrated perspective on some important stressors. Journal of Fisheries and Aquatic Science, 6: 48–56

Eghtesadi Araghi, P., Darvish Bastami, K. & Nozhat, F. 2010. Seventy-kilodalton protein density in Porites spp.: possible useful proxy for cold stress in coral reefs. Comparative Clinical Pathology, DOI 10.1007/s00580-010-1159-2

Fadlallah, Y. H., Allen, K.W. & Estudillo, R.A. 1995. Damage to shallow reef corals in the Gulf caused by periodic exposures to air during extreme low tides and low water temperatures (Tarut Bay, eastern Saudi Arabia). In: Ginsburg RN (Ed) Proc Colloq Global Aspects of Coral Reefs, Health, Hazards, and History. RSMAS University of Miami, USA.

Fang, L. S., Huang, S. P. & Lin, K. L. 1997. High temperature induces the synthesis of heat-shock proteins and the elevation of intracellular calcium in the coral *Acropora grandis*. Coral Reefs, 16: 127-131.

Few, R., Ahern, M., Matthies, F. & Kovats, S. 2004. Floods, health and climate change: a strategic review. Working Paper 63, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia. Norwich.

Fitt, W. K., Spero, H. J., Halas, J., White, M. W. & Porter, J. W. 1993. Recovery of the coral *Montastrea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean ‘‘bleaching event’’. Coral Reefs, 12: 57–64.

Gates, R. D., Baghdasarian, G. & Muscatine, L. 1992. Temperature stress causes host cell detachment in symbiotic cnidarians: implications for coral bleaching. Biological Bulletin, 182: 324-332.

Gleason, D. F. & Wellington, G. M. 1993. The intensities of ultraviolet radiation that induces bleaching of Caribbean coral. Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium, Guam, 1: 71.

Glynn, P. W. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. Coral Reefs, 12: 1–17.

Grigg, W. G. 1994. Effects of sewage discharge, fishing pressure and habitat complexity on coral ecosystems and reef fishes in Hawaii. Marine Ecology Progress, 103: 25–34.

Hoegh-Guldberg, O. & Jones, R. J. 1999. Photoinhibition and photoprotection in symbiotic dinoflagellates from reef-building corals. Marine Ecology Progress, 183: 73-86.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A. &, Hatziolos, M.E., 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. Science, 318, 1737–1742.

Hoegh-Guldberg. O. & Smith. G. J. 1989. The effect of sudden changes in temperature, irradiance and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals Stylophora pistillata and Seriatopora hystrix. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 129: 279–303

Hughes, T. P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. Science, 265 (5178): 1547–1551.

Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. B. C., Kleypas, J., Lough, J. M., Marshall, P., Nyström, M., Palumbi, S. R., Pandolfi, J. M., Rosen, B. &, Roughgarden, J. 2003. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science, 301 (5635): 929–933.

Hughes, T. P., Rodrigues, M. J., Bellwood, D. R., Ceccarelli, D., Hoegh-Guldberg, O., McCook, L., Moltschaniwskyj, N., Pratchett, M. S., Steneck, R. S.& Willis, B. 2007. Phase Shifts, Herbivory, and the Resilience of Coral Reefs to Climate Change. Current Biology, 17 (4): 360–365.

Jeffrey, S. W. & Humphrey, G. F. 1975. New Spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton. Biochemie und Physiologie der Pflanzen, 167: 191-194.

Jokiel, P. L. & Coles, S. L. 1990. Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. Coral Reefs, 8: 155-162.

Kinzie, R. A. 1993. Effects of ambient levels of solar ultraviolet radiation on zooxanthellae and photosynthesis of the reef coral Montipora verrucosa . Marine Biology, 116: 319-327.

Kleppel, G. S., Dodge, R. E. & Reese, C. J. 1989. Changes in pigmentation associated with the bleaching of stony corals. Limnology and Oceanography, 34: 1331-1335.

Marsh, J.A. 1970. Primary productivity of reef-building calcareous red algae. Ecology, 51: 255–263.

Mostafavi, P. G., Fatemi, M. R., Shahhosseiny, M., Hoegh-Guldberg, O. & Kok Weng Loh, W. 2007. Predominance of clade D Symbiodinium in shallow-water reef-building corals off Kish and Larak Islands (Persian Gulf, Iran). Marine Biology, 153: 25–34.

Seyfabadi, J. Shokri, N. & Fatemi, M. R. 2011. Spatial variation of symbiotic Dinoflagellates on coral reefs of the northern Persian Gulf. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(3): 475-486.

Shenkar, N. Fine, M., Kramarsky-Winter, E. & Loya, Y. 2006. Population dynamics of zooxanthellae during a bacterial bleaching event . Coral Reefs, 25: 223–227.

Shing, F. K., Wei, L. C. & Chin, L. M. 1995. Pigment composition in different-coloured Scleractinian corals before and during the bleaching process. Zoological Studies, 34: 10-17.

Stambler, N., Popper, N., Dubinsky, Z. & Stimson, J. 1991. Effects of nutrient enrichment and water motion on the coral Pocillopora damicornis. Pacific Science, 45: 299–307.

Thieberger, Y., Kizner. Z., Achituv, Y. & Dubinsky, Z. 1995. A novel, nodestructive bioassay for assessing areal chlorophyll a in hermatypic cnidarians. Limnology and Oceanography, 40: 1166–1173.

Valavi, H., Savari, A., Yavari, V., Kochanian, P., Safahieh, A. & Sedighi Savadkuhi, O. 2009. Coral reef anthropogenic impact bio-indicators in the Northern part of the Persian Gulf. Applied Ecology and Environmental Research, 7(3): 215-227.

Warner, M. E., Chilcoat, G. C., McFarland, F. K. & Fitt, W. K. 2002. Seasonal fluctuations in the photosynthetic capacity of photosystem II in symbiotic dinoflagellates in the Caribbean reef-building coral Montastrea. Marine Biology, 141: 31-38.

Wilkinson, C. 2002. The executive summary, p. 7–19. In :Status of coral reefs of the world: C. Wilkinson [ed.]. Australian Institute of Marine, Volume 1.Australia.