توسعه زیست بوم‌های مرجانی با استفاده از روش زیست‌سازه‌های الکتریکی (بیوراک) جهت کاشت مرجان در خلیج چابهار

محمود سینایی*[۱]، مهدی بلوکی[۲]

۱. گروه شیلات، واحد چابهار، دانشگاه آزاد اسلامی، چابهار، ایران
۲. معاونت دریایی سازمان حفاظت محیط زیست ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸
شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22113/jmst.2018.110731.2093

چکیده:

تاثیرات استفاده از روش بیوراک بر میزان و نرخ رشد و نیز میزان بازماندگی قلمه های مرجان (*Pocillopora damicornis*) در خلیج چابهار در طول چهار ماه مورد ارزیابی قرار گرفت. قلمه های مرجانی بر روی سازه های فلزی و تحت میدان الکتریکی به میزان ۶ ولت در پروسه بیوراک قرار گرفت. میانگین رشد قلمه های مرجانی در سازه بیوراک۰/۳ ±۱۰/۶۸ سانتی متر و میانگین رشد قلمه های مرجانی در سازه غیر بیوراک۰/۲ ±۵/۲۷ سانتی متر ثبت گردید. نتایج نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین میزان رشد قلمه های مرجانی در سازه بیوراک با سازه غیر بیوراک می باشد($p< ۰/۰۵$) . نتایج بررسی صورت گرفته بر روی میزان رشد قلمه های مرجانی *(P.damicornis)* با استفاده از تکنولوژی بیوراک نشان می دهد که قلمه های مرجانی در سازه بیوراک نسبت به سازه شاهد افزایش رشد حدود دو برابری و نرخ زنده ماندن بالاتری دارد. نتایج این تحقیق نشان دهنده ی تحریک رشد بالاتر مرجان *(P.damicornis)* و همچنین پاسخ و واکنش سریع این گونه به قرارگیری در میدان الکتریکی می باشد. این امر می تواند استفاده از تکنولوژی بیوراک را به عنوان محرک افزایش رشد و بقاء مرجان ها در طرح های حفاظت و بازسازی مرجان ها گسترش دهد.

واژگان کلیدی: مرجان، بیوراک،سازه، *Pocillopora damicornis* ، خلیج چابهار

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: oceanography.sina@gmail.com

۱. مقدمه

آبسنگ های مرجانی یکی از قدیمی ترین اکوسیستم های به وجود آمده در سطح کره زمین می باشند که تاریخچه پیدایش آنها به بیش از صدها میلیون سال (بیش از ۴۱۲ میلیون سال) پیش بر می گردد (Pandolfi, 2011). آبسنگ های مرجانی به خاطر تنوع بی نظیر زیستی خود در سطوح افقی و عمودی زنجیره غذایی مشهور شده اند. از لحاظ غنای گونه ای، آبسنگ های مرجانی نظیر جنگل های بارانی بوده که تنوع و غنای گونه ای بسیار بالایی را دارند. هر دوی آنها ساختارهای سه بعدی ایجاد می کنند که محل زندگی میلیون ها گونه جانوری است و هر دوی آنها، از سر زنجیره های غذایی هستند.

عواملی از قبیل تغییرات در سطح تراز آب دریاها و افزایش دمای هوا، از جمله تغییرات زیست محیطی هستند که حاصل گذشت زمان (از دو میلیون سال قبل از دوره کواترنری تا کنون) می باشند. این تغییرات در طول زمان های گذشته، در شیبی متناسب، با بازگشت و احیاء حیات زیستی ریف ها متناسب بوده است. اما اثرات مستقیم و غیرمستقیم فعالیت های انسانی نظیر افزایش میزان دی اکسید کربن، فعالیت های شیلاتی، آلودگی های منتقله توسط فعالیت های کشاورزی، توسعه صنعتی در سواحل و بنادر، توسعه بخش های صنعتی، نفتی و فعالیت های صید و صیادی و بسیاری از عوامل دیگر در دهه های اخیر و سرعت افزایش تغییرات آب و هوایی توسط انسان صد برابر سریعتر از نرخ تغییرات عادی زمین و قابلیت سازش پذیری اکوسیستم ها است. به نحوی که در خلال دهه های اخیر باعث کاهش توانایی احیاء آبسنگ های مرجانی و اکوسیستم ریف ها گردیده است (Pandolfi et al., 2006).

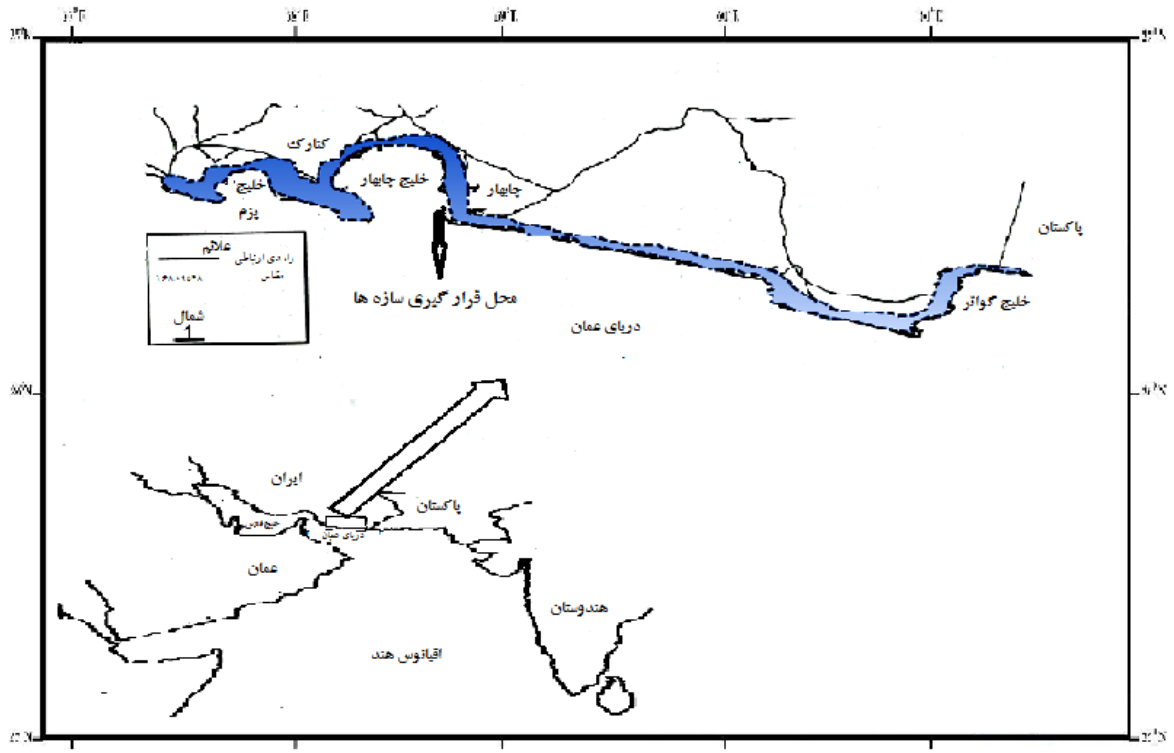
این عوامل سبب گردیده است تا در سالیان اخیر توسعه زیست بوم‌های مرجانی با استفاده از روش زیست‌سازه‌های الکتریکی (Biorock) مورد توجه ویژه قرار گیرد. این روش براساس تسریع رشد مرجان‌ها بر روی سازه‌های فلزی، به‌کمک میدان الکتریکی ایجادشده در اطراف این سازه ها پایه گذاری شده است. این فناوری در کشور آمریکا توسط سازمان Biorock طراحی شده است. در این روش سازه هایی از جنس آرماتور به اشکال هندسی مختلف و حتی ابعاد متفاوت ساخته شده و پس از انتقال به دریا در عمق مورد نظر بر روی بستر دریا مستقرشده و در اطراف این سازه‌ها میدان مغناطیسی برقرار می‌گردد. جهت ایجاد میدان مغناطیسی از برق‌مستقیم استفاده می شود به روشی که در آن سازه فلزی‌ساخته شده به قطب کاتد متصل شده و در نزدیکی این سازه قطب آند قرار می گیرد. این میدان مغناطیسی موجب ترکیب یون‌های کلسیم و کربنات موجود در آب دریا و انباشته شدن این ترکیب به صورت لایه آهکی بر روی ساختار بیوراک می‌گردد. برای ایجاد کلنی‌های مرجانی بر روی این سازه‌ها، قلمه‌هایی از گونه‌های مورد نظرتهیه شده و بر روی سازه‌های Biorock متصل می‌شوند. ایجاد میدان الکتریکی سبب افزایش قابل ملاحظه رشد قلمه‌ها بر روی سازه بیوراک و افزایش سرعت احیا و بازسازی اکوسیستم‌های مرجانی‌می گردد (Goreau, 2009; Robbe , 2010) .

مرجانهای *Porites* و *Acropora* ، مهمترین سازندگان آبسنگ در خلیج فارس و دریای عمان محسوب شده و بیشترین پوشش مرجانی مشاهده شده مربوط به این دو جنس می باشد (Rezai, 1995). شرایط سخت و ویژه اکولوژیک خلیج فارس و دریای عمان، بر روی بقا و تنوع گونه ای مرجان ها در این آبها تاثیر فراوانی گذاشته است. با توجه به سرعت افزایش آلودگی های ناشی از فعالیت های انسانی و تغییرات زیست محیطی، بعید به نظر می رسد که مرجان ها و جامعه سنگفرش مرجانی قادر باشند خود را با تغییرات محیطی، در آینده و عصر حاضر، سازش دهند. یکی از راههایی که می تواند جهت بهبود و توسعه مناطق مرجانی موثر واقع شود، احیا و بازسازی این مناطق با کمک تکنولوژی بیوراک می باشد، که می تواند ناجی اکوسیستم های مرجانی در حال

تخریب باشد. احیا و بازسازی مرجان ها به کمک تکنولوژی بیوراک می تواند در افزایش تولید و تجمع آبزیان نیز موثر باشد که در نهایت سبب بهبود ذخائر خواهد شد. از این رو، لزوم اجرای طرح های احیا و بازسازی اکوسیستم های مرجانی با استفاده از تکنولوژی بیوراک دارای اهمیت فراوانی می باشد. در این زمینه در بسیاری از کشورهای دنیا تجارب خوبی وجود دارد که از آن جمله می توان استرالیا، ژاپن، مالزی، اندونزی، تایلند، کویت، آمریکا نام برد(Robbe et , 2010;Pandolfi et al., 2006; Goreau, 2009 Zamani et et al., 2016 ; Stromberg al., 2010; al., 2012; Natasasmita). با این حال در مناطق مرجانی و گونه های مختلف آن در اکوسیستم های دریایی ایران تاکنون مطالعه و اقدام جامعی در این زمینه صورت نگرفته است. در این تحقیق کاشت مرجان به روش بیوراک با اهداف: ارزیابی استفاده از روش بیوراک در رشد گونه (*P. damicornis*) در خلیج چابهار و امکان سنجی استفاده از این روش در طرح های احیاء و بازسازی مرجان ها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش ها

مراحل اجرایی این پروژه از فروردین لغایت آبان ماه ۱۳۹۶ در خلیج چابهار صورت گرفت. محل قرارگیری سازه های بیوراک و شاهد در کنار سنگفرش مرجانی که قبلا توسط سازمان حفاظت محیط زیست و در پروسه انتقال مرجان ها تشکیل شده است، تعیین گردید(شکل ۱). شرایط مناسب فاکتورهای فیزیکی و شیمیای آب و نیز عدم وجود عوامل استرس زای جدی محیطی و همچنین موقعیت ویژه آن از نظر امکان برقراری جریان برق از ساحل از شاخص های مهم در انتخاب این محل بود. محل سازه در مکانی قرار داده شد که رسیدگی به قلمه ها باعث آسیب دیدن سنگفرش مرجانی اصلی نگردد. سازه فلزی از جنس آهن با ابعاد ۳×۱×۰/۵ متر(طول× عرض× ارتفاع) ساخته و به دریا منتقل و سپس توسط تیم غواصی در بستر ثابت گردید. تعداد دو سازه که در هر سازه بیش از ۵۰ قطعه مرجان قابلیت کاشت داشتند در محل قرار گرفتند. فاصله بین سازه ها به میزانی تعیین گردید که از یک سو اثرات میدان الکتریکی بر سازه شاهد تاثیر گذار نباشد و از سوی دیگر فاصله بین آنها به حدی نباشد که فاکتورهای محیطی در دو سازه تفاوت داشته باشند. جهت راه اندازی و ایجاد میدان الکتریکی در محل سازه ها از روش توصیه شده توسط Goreau (۲۰۰۹) استفاده گردید. جریان الکتریسیته DC به میزان ۱۲ ولت از ساحل توسط کابل به سازه انتقال داده شد. در محل نصب قلمه های مرجانی، سازه به عنوان قطب کاتد و میله های تیتانیوم به عنوان قطب آند انتخاب گردید. میله های تیتانیوم در کنار یکدیگر و به شکل صفحات مستطیل شکل طراحی و ساخته شدند. صفحه در عمق آب و در مقابل سازه آهنی قرار گرفتند. با اتصال جریان الکتریسیته با ولتاژ ۱۲ ولت سبب گردید که یک میدان الکتریکی بین قطب آند و کاتد ایجاد گردد که در این میدان الکتریکی قلمه های مرجانی کاشته شدند. میزان ولتاژ برق در محل ساحل ۱۲ ولت انتخاب گردید چرا که در طول مسیر در دریا و پس از رسیدن به محل سازه بیوراک و افت ولتاژ ، در محل مورد نظر میزان ۶ تا ۷ ولت برق DC جهت ایجاد میدان الکتریکی در اختیار قرار گرفت. جهت اطمینان از اینکه همواره و در طول دوره رشد مرجان ولتاژ مورد نظر در محل سازه ی کاشت قلمه های مرجانی برقرار باشد، دو رشته سیم نیز از قطب های آند و کاتد به سمت ساحل برگردانده شد. در ساحل با اندازه گیری ولتاژ خروجی از محل تامین برق DC و نیز ولتاژ ورودی از کابل هایی که از سازه ها برق را برگشت داده اند نسبت به برقراری ارتباط و تامین برق مورد نیاز در محل سازه اطمینان حاصل گردید.



شکل ۱: محل قرارگیری سازه بیوراک

قلمه‌های مرجان با استفاده از چسب درروی سازه قرار گرفت. قلمه‌ها در ردیف‌های منظم و بافاصله ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. پس از اتمام قرار دادن تمام قلمه‌های جدید مرجانی در سازه بیوراک و غیر بیوراک، به‌صورت هفتگی سازه‌ها مورد مراقبت منظم و بازدید قرار گرفت. با بررسی‌های هفتگی در طول دوره، قلمه‌ها از بروز آسیب و آفت و بیماری نیز حفظ شدند. برخی از فاکتورهای مهم محیطی نظیر درجه حرارت، عمق آب،شفافیت آب،اکسیژن محلول، شوری و pH، سنجش گردید.داده‌های موردبررسی شامل رشد قلمه‌های مرجانی (cm)، تصاویر از قلمه‌ها مرجانی، تعداد مرجان‌های زنده در انتهای تحقیق و پارامترهای کیفی آب می‌باشند. میزان رشد مرجان‌ها بر اساس رشد طولی آن‌ها در نظر گرفته شد. سنجش قلمه‌های مرجانی با استفاده از عکس‌برداری‌های صورت گرفته و با استفاده از نرم‌افزار CPCE (Coral Point Count with Excel extensions) ورژن ۴/۱ صورت گرفت. داده‌های حاصل از رشد مرجان با استفاده از فرمول توصیه‌شده توسط Kudus و Wijaya (۲۰۰۱) استفاده گردید.

$B=L_t-L_0$

B) رشد مرجان L_t= (cm)/ میزان رشد مرجان در مشاهدات هفتگی =cm(L_0) / میزان طول مرجان در ابتدای تحقیق =cm)

کار آیی رشد بر اساس فرمول ارائه‌شده توسط Natasasmita (۲۰۱۶) استفاده گردید.

$$P = \frac{L_t-L_0}{T}$$

P میزان (کار آیی) رشد مرجان= L_t /((Cm/week)) میانگین طول مرجان در انتهای دوره آزمایش= Cm(L_0) / میانگین طول مرجان در ابتدای دوره آزمایش= T= /(Cm کل زمان مشاهده (هفتگی) و میزان زنده ماندن قلمه‌ها مرجانی (نرخ بازماندگی) بر اساس فرمول Natasasmita (۲۰۱۶) استفاده گردید.

$SR=(N_t/N_0\times100\%)$

تعداد کل مرجان‌های زنده در N_0 / تعداد کل مرجان‌های زنده در انتهای آزمایش=N_t / درصد بازماندگی (٪) =SR
ابتدای آزمایش=

آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و ...) توسط نرم‌افزار Microsoft Excel 2010 بررسی گردید. تجزیه‌وتحلیل آماری داده با نرم‌افزار (ورژن ۱۹ SPSS)انجام پذیرفت. به دلیل غیر نرمال بودن و پراکندگی داده‌ها از آزمون غیر پارامتریک استفاده گردید. جهت تعیین دقیق وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار ازبس آزمون غیر پارامتریک Mann–Whitney *U*-test استفاده شد. اختلاف بین میانگین داده در سطح معنای ۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳. نتایج

نتایج مربوط به میزان کار آیی (نرخ) رشد و همچنین درصد بازماندگی قلمه‌های مرجان(*P.damicornis*) در سازه بیوراک و غیر بیوراک در جدول ۱ نشان داده‌شده است. نتایج رشد قلمه‌های مرجانی کاشته شده در سازه بیوراک و سازه شاهد در خلال بیست‌وهشت هفته بررسی در طول تحقیق در شکل ۲ نشان داده‌شده است. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد روند رشد قلمه‌های مرجان(*P.damicornis*) در سازه بیوراک نسبت به سازه شاهد دارای افزایش است. میانگین رشد قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک۰/۳ ±۱۰/۶۸ سانتی‌متر ثبت گردید این در حالی است که میانگین رشد قلمه‌های مرجانی در سازه غیر بیوراک۰/۲ ±۵/۲۷ سانتی‌متر ثبت گردید. نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان رشد قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک با سازه غیر بیوراک هست($p< ۰/۰۵$) . نتایج مربوط به میزان کار آیی (نرخ) رشد و همچنین درصد بازماندگی قلمه‌های مرجان(*P.damicornis*) در سازه بیوراک و غیر بیوراک در جدول ۱ نشان داده‌شده است. نتایج مربوط به سنجش فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در محل قرارگیری سازه‌ها در خلال هفته‌های موردبررسی در جدول ۲ نشان داده‌شده است.

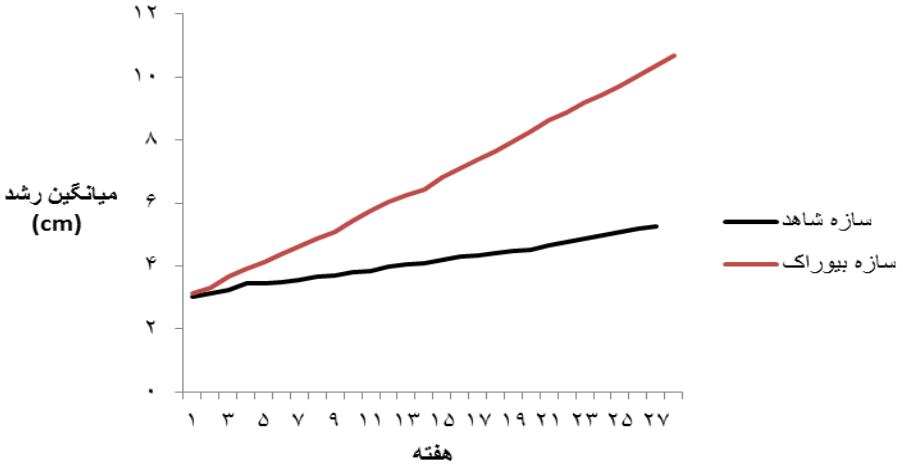
۴. بحث و نتیجه‌گیری

مرجان‌ها، به دلیل این‌که فقط قادر به زندگی در یک ناحیه محدود و مشخص محیطی هستند، جزو جانوران حساس محسوب می‌گردند. در کنار پارامترهای محیطی، عوامل متعدد دیگری نیز این اکوسیستم‌های ارزشمند را تهدید می‌کند که تقریباً همگی به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم محصول فعالیت‌های مخرب انسانی هستند. ازجمله این عوامل می‌توان به شکوفایی جلبکی، تغییر اقلیم و گرمایش جهانی ، ورود فاضلاب‌ها و آلاینده‌های صنایع ساحلی و فراساحلی، نشت نفت و دیگر مواد سوختی و شیمیایی، فعالیت‌های مخرب صنعت توریسم، لنگر کشتی‌ها و قایق‌های صیادی و برداشت‌های سودجویانه اشاره نمود(Precht and Aronson, 2004). لذا پیش از نابودی این اکوسیستم‌های ارزشمند و آسیب‌پذیر، می‌بایست نقاط بحرانی ازنظر حفاظتی، شناسایی و با مدیریت صحیح ضمن بازسازی این ذخایر، از آسیب‌های بیش‌تر جلوگیری نمود. تمامی موارد فوق، لزوم حفاظت از اکوسیستم‌های مرجانی و نیز به‌کارگیری روش‌های نوین نظیر تکنولوژی بیوراک را جهت حفاظت و بازسازی مرجان‌ها ضروری می‌سازد.

جدول ۱: کار آیی رشد و درصد بازماندگی قلمه‌های مرجان(*P.damicornis*) در سازه بیوراک و غیر بیوراک

	کار آیی رشد (P)	نرخ بازماندگی (درصد)
شاهد	۰/۲۷±۰/۰۱[a]	۸۵
بیوراک	۰/ ۰۸±۰/۰۱[b]	۱۰۰

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است



شکل ۲: روند میانگین رشد مرجان (*P.damicornis*) در سازه بیوراک نسبت به سازه شاهد در طول دوره موردبررسی

جدول ۲: فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در محل قرارگیری سازه بیوراک

فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی				
هفته	اکسیژن (mg/l) محلول	pH	درجه حرارت(^{o}C)	شوری (psu)
۱	۶/۴	۸/۱۶	۲۷/۸	۳۷/۳
۲	۶/۴	۸/۱۷	۲۷/۸	۳۷/۴
۳	۶/۳	۸/۱۸	۲۸/۴	۳۷/۰
۴	۶/۳	۸/۱۹	۲۸/۵	۳۶/۹
۵	۶/۲	۸/۱۷	۲۸/۶	۳۶/۹
۶	۶/۲	۸/۱۸	۲۸/۷	۳۶/۸
۷	۶/۱	۸/۱۶	۲۹/۰	۳۶/۸
۸	۶/۲	۸/۱۴	۲۹/۱	۳۶/۹
۹	۶/۱	۸/۱۵	۲۹/۳	۳۶/۸
۱۰	۶/۲	۸/۱۷	۲۹/۴	۳۶/۹

۱۱	۶/۱	۸/۱۸	۲۹/۶	۳۷/۹
۱۲	۶/۱	۸/۱۹	۲۹/۷	۳۷/۸
۱۳	۶/۱	۸/۱۵	۲۹/۸	۳۷/۷
۱۴	۶/۲	۸/۱۶	۲۹/۹	۳۷/۷
۱۵	۶/۱	۸/۱۶	۳۰/۰	۳۷/۷
۱۶	۶/۱	۸/۱۷	۳۰/۱	۳۷/۷
۱۷	۶/۰	۸/۱۹	۳۰/۲	۳۷/۶
۱۸	۶/۰	۸/۱۸	۳۰/۳	۳۷/۵
۱۹	۶/۴	۸/۱۴	۲۸/۸	۳۷/۴
۲۰	۶/۵	۸/۱۸	۲۸/۷	۳۷/۳
۲۱	۶/۴	۸/۱۹	۲۸/۶	۳۷/۲
۲۲	۶/۳	۸/۱۷	۲۸/۵	۳۷/۱
۲۳	۶/۶	۸/۱۶	۲۷/۴	۳۶/۸
۲۴	۶/۶	۸/۱۵	۲۷/۴	۳۶/۹
۲۵	۶/۷	۸/۱۸	۲۷/۳	۳۶/۹
۲۶	۶/۶	۸/۱۹	۲۷/۳	۳۶/۸
۲۷	۶/۸	۸/۱۸	۲۶/۵	۳۶/۸
۲۸	۶/۸	۸/۱۷	۲۶/۴	۳۶/۸
میانگین± انحراف معیار	۶/۳۱±۰/۲۳	۸/۱۷±۰/۰۱	۲۸/۷۳±۱/۱۵	۳۷/۱۹±۰/۳۷

نتایج به‌دست‌آمده در بازه زمانی چهارماهه نشان می‌دهد که در سازه بیوراک تمامی قلمه‌های مرجان(*P.damicornis*) تا انتهای دوره تحقیق سالم و زنده بودند، این در حالی است که در سازه غیر بیوراک در حدود پانزده درصد قلمه‌های مرجان از بین رفتند. افزایش بازماندگی مرجان‌ها در سازه بیوراک می‌تواند در اثر تحریک بازسازی غشاء، افزایش تقسیم سلولی و ترمیم بافت‌های قلمه‌های مرجانی باشد. قلمه‌های مرجانی که بر روی سازه بیوراک مستقر می‌شوند توانایی بازسازی خود را در مقابل صدمات فیزیکی تا ۲۰ برابر بیشتر از مرجان‌هایی که بر روی سازه‌های غیربیوراک مستقر می‌شوند نشان می‌دهند(Goreau et al., 2009). همچنین مرجان‌های مستقر در سازه‌های بیوراک می‌توانند تا ۵۰ برابر در مقابل افزایش دمای آب که سبب سفید شدگی مرجان‌ها می‌گردند، مقاومت بیشتری داشته و نرخ بازماندگی بالاتری را از خود نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته بر روی مرجان‌ها در سازه‌های بیوراک در کشور مالدیو نشان داد که میزان رشد و نرخ بازماندگی مرجان‌ها در مقابل پدیده سفید شدگی ۱۶ تا ۵۰ مرتبه در زمان افزایش درجه حرارت آب در سال ۱۹۹۸ بیشتر بود (et al., 2016

Natasasmita). همچنین مشخص گردیده است که گونه‌هایی که در معرض پروسه بیوراک قرار می‌گیرند میزان بیشتری ATP و NADP را به‌عنوان انرژی بیوشیمیایی پایه برای حیات تولید کرده و میزان بیشتری پروتئین می‌سازند (Stromberg et al., 2010). قرارگیری مرجان در میدان الکتریکی و استفاده از تکنولوژی بیوراک سبب افزایش رشد و میزان جلبک‌های همزیست (*Symbiodinium* spp) می‌گردد. استفاده از تکنولوژی بیوراک سبب افزایش ۲۴/۷٪ تراکم جلبک‌های همزیست نسبت به نمونه‌های شاهد و همچنین افزایش میانگین ۷۴/۳٪ نرخ رشد miotic index می‌گردد (Goreau, 2014). در این تحقیق تراکم جلبک‌های همزیست موردبررسی قرار نگرفته است بااین‌حال افزایش این جلبک‌ها می‌تواند یکی از دلایل افزایش رشد و نرخ بازماندگی بیشتر مرجان‌های کاشته شده بر روی سازه بیوراک باشند. مطالعات متعددی درزمینهٔ اثرات مثبت استفاده از تکنولوژی بیوراک در افزایش رشد و بقاء گونه‌های مختلف مرجانی صورت گرفته است (Borell et al., 2010; Goreau, 2014; Stromberg et al., 2010;Kimberley, 2007). بااین‌حال استفاده از این روش به دلیل هزینه نسبتاً زیاد و خطر سرقت می‌تواند دارای محدودیت‌هایی نیز باشد. پس انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه ضروری هست.

در زمان پایش و انتقال مرجان‌ها لازم است که شرایط محیط طبیعی مرجان‌ها که یکی از پارامترهای مهم در زنده ماندن و رشد مرجان‌ها محسوب می‌گردند نیز بررسی گردد (Bakti et al., 2012). محل قرارگیری سازه بیوراک در خلیج چابهار و در نزدیکی سنگفرش مرجانی مادر که به‌عنوان محل قرارگیری مرجان‌ها پس از انجام پروسه انتقال جانمایی گردیده بود قرار دارد و مشخص گردید که میزان جریان آب به دلیل قرارگیری سنگفرش در کنار ساحل و در خلیج چابهار دارای جریان پایین و مناسب برای رشد و توسعه مرجان‌ها است. عمق آب نیز به‌طوری انتخاب شد که نور کافی به مرجان‌ها برسد.

نتایج بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نشان می‌دهد که محل قرارگیری سازه بیوراک در شرایط مطلوب برای رشد و بازماندگی مرجان‌ها قرار دارد. شرایط محیطی نقش مهمی در نحوه کار این تکنولوژی ایفا می‌نماید. بااین‌حال بحث در مورد اثر شرایط محیطی و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب بر میزان کار آیی تکنولوژی بیوراک به‌طور کامل مشخص نگردیده است که این امر نیازمند بررسی و تحقیقات بیشتری است.

بررسی صورت گرفته بر روی میزان رشد قلمه‌های مرجان (*P.damicornis*) با استفاده از تکنولوژی بیوراک نشان می‌دهد که قرارگیری قلمه‌ها مرجانی در میدان الکتریکی به میزان ۶ ولت سبب افزایش رشد در حدود دو برابری قلمه‌های مرجانی نسبت به مرجان‌هایی که در میدان الکتریکی قرار نداشتند گردیده است. نتایج این بررسی نشان‌دهنده افزایش نرخ زنده ماندن قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک نسبت به سازه غیربیوراک بودند. استفاده از این تکنولوژی و نتایج این بررسی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مهم و باکار آیی بالا در حفاظت و نیز بازسازی اکوسیستم‌های مرجانی در سواحل مرجانی خلیج‌فارس و دریای عمان مورداستفاده قرار گیرد. تحقیقات بیشتر در زمینه گونه‌های مختلف مرجانی و بومی‌سازی این تکنولوژی در محیط‌ها و اکوسیستم‌های مختلف دریایی ایران و محدودیت‌های استفاده از تکنولوژی بیوراک نظیر موردنیاز است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پروژه" کاشت مرجان به روش بیوراک در خلیج چابهار " است که تحت حمایت مادی و معنوی به‌عنوان طرح درون دانشگاهی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد چابهار صورت گرفته است.

منابع

Borell EM., Romatzki SBC. and Ferse SCA. 2010. Differential physiological responses of two congeneric scleractinian corals to mineral accretion and an electric field. Coral Reef. 29(1): 191-200.

Goreau TJ.2009. Biorock as a technical adaptation strategy for coral reef protection and restoration in the tourism industry. Global Coral Reef Alliance, USA.

Goreau TJ. 2014. Electrical Stimulation Greatly Increases Settlement, Growth, Survival, and Stress Resistance of Marine Organisms. Natural Resources. 5: 527-537

Kimberley M.2007. Biorock: Stimulating Coral Growth With Electricity. Treehugger.

Kudus A., Dan I. and Wijaya. 2001. Transplantasi Biota Karang. Laporanke.Program Penelitian. IPB. Bogor. 133 Hal.

Natasasmita D., Wijayanti DP. and Suryono CA. 2016. The Effects of Electrical Voltage Differences and Initial Fragment Size on Growth Performance and Survival Rate of Coral *Acropora cerealis* in Biorock Method. Journal of Aquaculture and Marine. 4(4): 00086. DOI: 10.15406/jamb.2016.04.00086.

Pandolfi JM., Tudhope A., Burr G, Chappell J., Edinger E., Frey M., Steneck R., Sharma C., Yeates A., Jennions M., Lescinsky H. and Newton A.2006. Mass mortality following disturbance in Holocene coral reefs from Papua New Guinea. Geology. 34:949–952.

Pandolfi JM. 2011. The Paleoecology of Coral Reefs, Coral Reefs, An Ecosystem in Transition, DOI 10.1007/978-94-007-0114-42, pp 13-24.

Precht WF. and Aronson RB. 2004. Climate flickers and range shifts of reef corals. Frontiers in Ecology and the Environment. 2:307–314.

Rezai H. 1995. Observation of some corals in shallow waters of several remote Iranian islands in the Persian Gulf. Abzeeyan. 7: 4-11.

Robbe D.2010. Gili Biorock Project-Situation. Gili Eco Trust, Indonesia.

Sabater MG. and Yap HT. 2004. Long-term effects of induced mineral accretion on growth, survival and coralit properties of *Porites cylindrical* Dana. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 311(2): 355-374.

Shuhmacher H., Treek P., Eisinger M. and Paster M. 2000. Transplantation of coral fregments from ship groundings on elecreochemically formed reef structures. Coral Reef Sym, Panama.

Stromberg, S.M., Lundalv, T. and Goreau, T.J. 2010. Suitability of Mineral Accretion as a Rehabilitation Method for Cold-Water Coral Reefs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 395: 153-161.

Zamani NP., Abdallah KI. and Subhan B. 2012. Electrical Current Stimulates Coral Branching and Growth in Jakarta Bay. In: Goreau, T.J. and Trench RK., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press,Boca Raton, 81-89.

Increasing Coral Biomass Using Biorock Method in Chabahar Bay

Mahmood Sinaei[2*], Mehdi Bolouki [2]

1. Department of fisheries, Chabahar branch, Islamic Azad University, Chabahar, Iran
2. Department of Environmental

(DOI): 10.22113/jmst.2018.110731.2093

Abstrct

The effects of using the biorock method on the growth and survival of coral *(Pocillopora damicornis)* in the Chabahar Bay were evaluated. Coral pieces were placed on steel structures under a 6V electric field in the biorock process. The coral growth, growth performance and survival rates of corals during the twenty-eight weeks were studied. The mean coral growth in the biorock structure was 10.66 ± 0.3cm and the mean coral growth was 5.27 ± 0.2 cm in the non biorock structure. The results show a significant difference between coral growth in the biorock with non biorock structures ($p < 0.05$). The results of this survey on the growth rate of Coral (*P.damicornis*) in the biorock structure compared to the control structures showed a two-fold increase in growth and a higher survival rate. The results of this study indicated that stimulation of coral growth by biorock method as well as the rapid responses of this species to the electrical field during the biorock process which could be used to stimulate coral growth survival for the protection and rehabitation program.

Keywords: Coral, Biorock, Structure, *Pocillopora damicornis*, Chabahar Bay

List of tables

*Correspending author, E-mail: oceanography.sina@gmail.com