ارزیابی کارآیی استفاده از روش بیوراک در کاشت و پرورش مرجان گونه *Acropora calthrata* در خلیج چابهار

- **محمود سینایی***: گروه شیلات، واحد چابهار، دانشگاه آزاد اسلامی، چابهار، ایران
- **مهدی بلوکی**: معاونت دریایی، سازمان حفاظت محیط زیست ایران

تاریخ دریافت: آبان ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: بهمن ١٣٩٦

چکیده

تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی در طول سالیان اخیر سبب از بین رفتن و کاهش سطح پوشش اکوسیستم‌های مرجانی و کاهش کارآیی پروژه‌های حفاظت و بازسازی این اکوسیستم‌ها گردیده است. از این‌رو استفاده از تکنولوژی‌هایی نظیر زیست سازه‌های الکتریکی (بیوراک) جهت افزایش میزان رشد و بقاء مرجان‌ها دارای اهمیت به‌سزایی می‌باشد. در این راستا، کارآیی استفاده از روش بیوراک بر میزان رشد و بازماندگی قلمه‌های مرجان *Acropora calthrata* در خلیج چابهار مورد بررسی قرار گرفته است. قلمه‌های مرجانی بر روی سازه‌های فلزی و در میدان الکتریکی به‌میزان ٦ ولت در پروسه بیوراک قرار گرفته و میزان و کارآیی رشد و نرخ بازماندگی قلمه‌های مرجانی در طول دوره چهار ماهه مورد بررسی قرار گرفت. میانگین رشد مرجان‌ها در سازه شاهد (غیربیوراک) ٠/٢٣±٥/٢٥ سانتی‌متر و در سازه بیوراک ٠/٢٩±١٢ سانتی‌متر ثبت گردید. نتایج وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان رشد قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک با سازه غیربیوراک را نشان می‌دهد ($p<0/05$). نتایج این تحقیق افزایش حدود دو برابری در میزان و هم‌چنین نرخ رشد قلمه‌های مرجان *A. calthrata* در زمان حضور در میدان الکتریکی نسبت به نمونه‌های شاهد نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده تحریک رشد بالاتر مرجان *A. calthrata* توسط روش بیوراک است که می‌تواند استفاده از روش بیوراک را در طرح‌های حفاظت و بازسازی مناطق مرجانی در خلیج فارس و دریای عمان توسعه دهد.

کلمات کلیدی: بیوراک، خلیج چابهار، مرجان، *Acropora calthrata*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:oceanography.sina@gmail.com

مقدمه

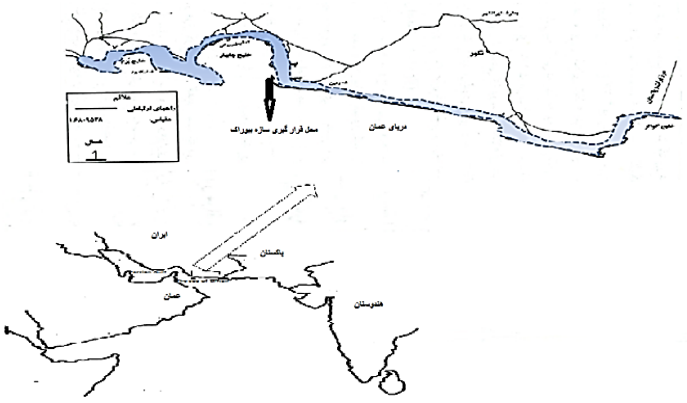
آبسنگ‌های مرجانی یکی از قدیمی‌ترین اکوسیستم‌ها بر روی زمین می‌باشند که به‌دنبال بزرگ‌ترین انقراض زیستی تاریخ در طول رویدادهای پرمئوتریاس Triassic-Permo (درحدود ۱۱۲ میلیون سال قبل) مرجان‌های کربنات کلسیمی ، دوکفه‌ای‌ها و جلبک‌های قرمز، ساختاری عظیم و مقاوم در برابر امواج دریا ایجاد کردند (Hughes و همکاران، ۲۰۰۳) . آبسنگ‌های مرجانی، متنوع‌ترین و پرتولیدترین اکوسیستم‌های زمین می‌باشند. این اجتماعات دارای پتانسیل عظیم برای تبادلات انرژی با محیط هستند. ازجمله مهم‌ترین فواید این اکوسیستم‌ها می‌توان به: مراکز اصلی تنوع‌زیستی دریایی، پرورشگاهی برای هزاران گونه مختلف جانور، تولید و محصول‌دهی بسیار بالا، به عنوان موج شکن‌های طبیعی، حافظ نواحی ساحلی در برابر نیروهای فرسایشی اشاره کرد (Muller و همکاران، ۲۰۰۸). مرجان‌ها در محدوده‌های مرزهای آبی ایران در خلیج فارس، تا اندازه زیادی محدود به جزیره‌ها هستند. بیش‌ترین مناطق مرجانی ایران در خلیج فارس در اطراف جزایر خارک و خارکو در شمال و اطراف جزایر جنوبی بین لاوان تا هرمز ازجمله جزایر هندورابی، کیش، فارور، بنی فارور، سیری، لارک، هنگام، تنب کوچک و بزرگ، ابوموسی و قشم واقع شده‌اند. آبسنگ‌های مرجانی ایران عمدتاً از نوع حاشیه‌ای بوده و از شمال‌غرب به جنوب‌شرق خلیج فارس، در اطراف ۱۶ جزیره و دو منطقه ساحلی، یعنی خلیج نایبند و خلیج چابهار رشد کرده‌اند (Rezai، ۱۹۹۵). در طی سه دهۀ گذشته، آبسنگ‌های مرجانی سراسر جهان، تغییرات بزرگی را در ساختار و عملکرد، چه توسط عوامل طبیعی و چه عوامل غیر طبیعی، تجربه کرده‌اند (Bellwood و همکاران، ۲۰۰۴) . بالاترین تهدیدهابرای‌اکوسیستم‌های‌آبسنگ‌ساز،آلودگی‌اقیانوس‌ها،ماهیگیری بیش از حد، پدیدۀ تغییر جهانی آب و هوا، اسیدی شدن اقیانوس‌ها، توسعه سواحل و ساخت و ساز می‌باشند. تاکنون، عوامل زیستی یا غیرزیستی، کاهش بزرگی را در پوشش آبسنگ‌های مرجانی ایجاد کرده‌اند (Mydlarz و همکاران، ۲۰۰۸). هم‌چنین در اثر کاهش بافت مرجان، بیماری،تاثیر چشمگیری در سرعت تولیدمثل، سرعت رشد، ساختار، تنوع و فراوانی گونه‌های مرجانی، خواهد داشت (Kim و Harvell، ۲۰۰۴). به‌دلیل این‌که آبسنگ‌های مرجانی، قدرت تحمل محدودۀ پایینی از دما را دارند (۱۸ الی ۳۰ درجه سانتی‌گراد)، بسیار به استرس دمایی حساس می‌باشند. سفیدشدگی مرجان‌ها در اثر از دست دادن زوزانتلا در درجه حرارت بالا، به‌خوبی شناخته شده است.

پدیدۀ سفیدشدگی مرجان‌ها، به‌صورت جهانی، در طی پدیدۀ ال نینو (۱۹۹۸) اتفاق افتادکه بیش‌ترین آسیب را به آبسنگ‌های‌مرجانی وارد نمود. این پدیده با بروز اثر مخرب ال نینو استرالیا (۲۰۰۲) افزایش یافت. در ادامه، سفیدشدگی بزرگ دیگری نیز در آبسنگ‌های مرجانی استرالیا، در سال ۲۰۰۵رخ داد که نتیجۀ بزرگ‌ترین گرم شدگی ۱۰۰ سال اخیر بود. این عوامل سبب گردیده است تا در طول سالیان اخیر استفاده از روش‌هایی که میزان و سرعت رشد و بازماندگی گونه‌های مرجان را به‌دنبال داشته باشد مورد توجه ویژه قرار گرفته است. در این زمینه توسعه زیست‌بوم‌های مرجانی با استفاده از روش زیست سازه‌های الکتریکی(Biorock) در طول سالیان اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این روش براساس تسریع رشد مرجان‌ها بر روی سازه‌های فلزی، به‌کمک میدان الکتریکی ایجادشده در اطراف این سازه‌ها پایه گذاری شده است. در این روش سازه‌هایی از جنس آرماتور به اشکال و ابعاد مختلف ساخته شده و در عمق مورد نظر بر روی بستر دریا مستقر می‌گردد. جهت ایجاد میدان مغناطیسی از برق مستقیم استفاده می‌شود به‌روشی که در آن سازه فلزی‌ساخته شده به قطب کاتد متصل شده و در نزدیکی این سازه قطب آند قرار می‌گیرد. این میدان مغناطیسی موجب ترکیب یون‌های کلسیم و کربنات موجود در آب دریا و انباشته شدن این ترکیب به‌صورت 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 می‌گردد (Goreau و Eggeling، ۲۰۱۰؛ Sarkisian، ۲۰۰۶). آبسنگ‌های مرجانی ایران به‌دلیل قرار گرفتن در منطقه‌ای با شرایط زیست‌محیطی نه چندان مناسب برای رشد و زندگی نظیر عمق کم، نوسان‌های شدید درجه حرارت از ۱۲ درجه سانتی‌گراد در زمستان تا بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد در تابستان، شوری زیاد و تردد کشتی‌های نفت‌کش، از نظر بوم شناختی تحت فشار قرار گرفته و در آستانه تحمل بوم شناسی خود قراردارند.این شرایط منحصر به‌فرد محدودیت‌هایی‌را برای جوامع مرجانی به‌وجود آورده و باعث کاهش تنوع گونه‌ای مرجان‌های سخت این منطقه در مقایسه با اقیانوس هند شده است. از این‌رو لزوم اجرای طرح‌های احیا و بازسازی اکوسیستم‌های مرجانی با استفاده از روش زیست‌سازه‌های الکتریکی (بیوراک) در اکوسیستم‌های آبی ایران بیش از پیش مهم و ضروری می‌باشد. از این‌رو در این تحقیق کاشت مرجان به‌روش بیوراک با اهداف ارزیابی میزان کارآیی روش بیوراک

در رشد گونه *A. calthrata* در خلیج چابهار و ارزیابی استفاده از این روش در طرح‌های احیاء و بازسازی مرجان‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مراحل اجرایی این پروژه از فروردین لغایت آبان‌ماه ۱۳۹۶صورت گرفت. محل قرارگیری سازه بیوراک و نیز سازه غیربیوراک که جهت کاشت قلمه‌های مرجانی استفاده گردیدند، در کنار ریف مرجانی که قبلاً توسط سازمان حفاظت محیط زیست و در پروسه انتقال مرجان‌ها تشکیل شده‌است، تعیین گردید(E ´´۰۷ ´۱۹ °۲۵ و N ´´۱۷ ´۳۷ °۶۰) (شکل ۱). شرایط مناسب فاکتورهای فیزیکی و شیمیای آب جهت رشد مرجان‌ها و نیز عدم وجود عوامل استرس‌زای محیطی و هم‌چنین موقعیت ویژه آن از نظر امکان برقراری جریان برق از ساحل از شاخص‌های مهم در انتخاب این محل بود. محل سازه در مکانی قرار داده شد که رسیدگی به قلمه‌ها باعث آسیب دیدن ریف اصلی نگردد و در عین حال فاصله به اندازه‌ای دور نباشد که شرایط قلمه‌ها نسبت به ریف اصلی تغییر نماید.



شکل ۱: محل قرارگیری سازه بیوراک

سازه‌فلزی‌ازجنس‌آهن‌باابعاد۰/۵×۱×۳متر(طول× عرض×ارتفاع) ساخته و توسط شناور به محل تایید شده در دریا منتقل گردید و سپس توسط تیم غواصی در بستر ثابت گردید. تعداد دو سازه که در هر سازه بیش از ۵۰ قطعه مرجان قابلیت کاشت دارند در محل مورد نظر و انتخاب شده قرار گرفتند. یکی از سازه‌ها به‌عنوان سازه شاهد و یک سازه دیگر به‌عنوان سازه‌ای که در وسط میدان الکتریکی حاصل از استفاده از تکنولوژی بیوراک است انتخاب گردیدند. فاصله بین سازه‌ها به‌میزانی تعیین گردید که از یک سو اثرات میدان الکتریکی بر سازه شاهد تاثیرگذار نباشد و از سوی دیگر فاصله بین آن‌ها به‌حدی نباشد که فاکتورهای محیطی در دو سازه تفاوت داشته باشند. جهت راه‌اندازی و ایجاد میدان الکتریکی در محل سازه‌ها از روش توصیه‌شده توسط Goreau (۲۰۰۹) استفاده گردید. جریان الکتریسیته DC به میزان ۱۲ ولت از ساحل توسط کابل به سازه انتقال داده شد. در محل نصب قلمه‌های مرجانی، سازه به‌عنوان قطب کاتد و میله‌های تیتانیوم به‌عنوان قطب آند انتخاب گردید. میله‌های تیتانیوم که به‌عنوان قطب آند انتخاب گردیدند در کنار یکدیگر و به شکل صفحات مستطیل شکل طراحی و ساخته شدند که اطراف آن توسط لوله‌هایی از جنس پلی‌اتیلن به شکل قاب قرار گرفتند و این صفحه در عمق آب و در مقابل (روبروی) سازه آهنی و در فاصله مناسب قرار گرفتند. با اتصال جریان الکتریسیته با ولتاژ ۱۲ ولت سبب گردید که یک میدان الکتریکی بین قطب آند(صفحات و میله‌های از جنس تیتانیوم) و قطب کاتد (سازه فلزی) ایجاد گردد که در این میدان الکتریکی قلمه‌های مرجانی قرار گرفته و 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 شاهد افت ولتاژ بودیم و 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 موردنظر در این تکنولوژی در محل سازه کاشت قلمه‌های مرجانی برقرار باشد، همان‌طورکه دو رشته سیم جهت اتصال ولتاژ مورد نظر به قطب‌های کاتد و آند از ساحل به محل سازه استفاده گردید، دو رشته سیم نیز از قطب‌های آند و کاتد به سمت ساحل برگردانده شد. در ساحل با اندازه‌گیری ولتاژ خروجی از محل تامین برق DC و نیز ولتاژ ورودی از کابل‌هایی که از سازه‌ها برق را برگشت داده‌اند نسبت به برقراری ارتباط و تامین برق مورد نیاز در محل سازه و به‌عبارت دیگر صحت کارکرد این روش اطمینان حاصل گردید. قلمه‌های مرجان با استفاده از چسب در روی سازه قرار گرفت. هر یک از قلمه‌ها در هنگام اتصال به پایه بارکدگذاری شدند و تمامی این بارکدها با اطلاعات مربوط به‌هر قلمه ثبت گردید. قلمه‌ها در ردیف‌های منظم و با فاصله ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. پس از اتمام قرار دادن تمام قلمه‌های جدید مرجانی در سازه بیوراک و غیربیوراک، به‌صورت هفتگی سازه‌ها مورد مراقبت منظم و بازدید قرار گرفت تا در صورت بروز مشکل (همانندوجود موجودات شکارچی مثل ستاره دریایی و یا جدا شدن مرجان متصل شده از بستر) برطرف

گردد. 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. داده‌هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند شامل رشد قلمه‌های مرجانی (سانتی‌متر)، عکس و تصاویر از قلمه‌های مرجانی، تعداد مرجان‌های زنده در انتهای تحقیق و پارامترهای کیفی آب می‌باشند. میزان رشد مرجان‌ها براساس رشد طولی آن‌ها درنظر گرفته شد. سنجش قلمه‌های مرجانی با استفاده از عکس‌برداری‌های صورت گرفته و با استفاده از نرم‌افزار CPCE (version 4.1) (Coral Point Count with Excel extensions) صورت گرفت.

داده‌های حاصل از رشد مرجان با استفاده از فرمول توصیه شده توسط Kudus و Wijaya (۲۰۰۱) استفاده گردید: $B=Lt-L0$

B رشد مرجان (سانتی‌متر)، Lt میزان رشد مرجان در مشاهدات هفتگی (سانتی‌متر)، L0 میزان طول مرجان در ابتدای تحقیق (سانتی‌متر).

کارآیی (میزان) رشد براساس فرمول ارائه شده توسط Natasasmita (۲۰۱۶) استفاده گردید:

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

P میزان (کارآیی) رشد مرجان (سانتی‌متر/هفته)، Lt میانگین طول مرجان در انتهای دوره آزمایش (سانتی‌متر)، L0 میانگین طول مرجان در ابتدای دوره آزمایش (سانتی‌متر)، T کل زمان مشاهده (هفتگی).

میزان زنده ماندن قلمه‌های مرجانی (نرخ بازماندگی) براساس فرمول Natasasmita (۲۰۱۶) استفاده گردید.

$SR=(Nt/N0\times100\%)$

SR درصد بازماندگی (٪)، Nt تعداد کل مرجان های زنده در انتهای آزمایش، N0 تعداد کل مرجان های زنده در ابتدای آزمایش

آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و ...) توسط نرم‌افزار Excel ۲۰۱۰ Microsoft بررسی گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده با نرم‌افزار SPSS (Version19) انجام پذیرفت. به‌دلیل غیرنرمال بودن و پراکندگی داده‌ها از آزمون غیرپارامتریک استفاده گردید. جهت تعیین دقیق وجود یا عدم وجود تفاوت معنی‌دار از پس‌آزمون Mann–Whitney U-test استفاده شد. اختلاف بین میانگین داده در سطح معنی‌داری ۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج

نتایج رشد قلمه‌های مرجانی *A.calthrata* در سازه بیوراک و سازه شاهد در طول مدت زمان بیست و هشت هفته بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. هم‌چنین نتایج مربوط به میانگین رشد قلمه‌های مرجانی در طول تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طورکه در شکل ۲ مشخص گردیده است روند رشد قلمه‌های مرجان *A. calthrata* در سازه بیوراک نسبت به سازه شاهد دارای افزایش است. نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان رشد قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک با سازه غیربیوراک می‌باشد ($p<0/05$). میانگین رشد قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک ۰/۳±۱۰/۶۸ سانتی‌متر ثبت گردید این درحالی است که میانگین رشد قلمه‌های مرجانی در سازه غیربیوراک ۰/۲±۵/۲۷ سانتی‌متر ثبت گردید. نتایج مربوط به میزان کارآیی (نرخ) رشد و هم‌چنین درصد بازماندگی قلمه‌های مرجانی *A. calthrata* در سازه بیوراک و غیربیوراک در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج مربوط به سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در محل قرارگیری سازه‌ها در طول هفته‌های مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲: کارآیی رشد و درصد بازماندگی قلمه‌های مرجان *A. calthrata* در سازه بیوراک و غیربیوراک

	کارآیی رشد (P)	نرخ بازماندگی (درصد)
شاهد	۰/۳۲ ±۰/۰۱^{a}	۸۵
بیوراک	۰/ ۰۸±۰/۰۱^{b}	۱۰۰

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است

جدول۱: میزان رشد (B)(سانتی‌متر) قلمه‌های مرجان *A. calthrata* (هفته: ۱۴-۱ / قلمه: ۱۰-۱)

نوع سازه	قلمه	هفته												
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
پیوراک	۱	۳/۲	۳/۵	۳/۸	۴/۱	۴/۴	۴/۷	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۱	۶/۴	۶/۷	۷/۰
شاهد	۱	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴/۱	۴/۲
پیوراک	۲	۳	۳/۵	۳/۸	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۲	۵/۶	۶/۰	۶/۴	۶/۸	۷/۳	۷/۷	۸/۰
شاهد	۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
پیوراک	۳	۳/۲	۳/۵	۳/۸	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴	۵/۷	۶/۰	۶/۳	۶/۶	۶/۹	۷/۲
شاهد	۳	۳	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴	۴
پیوراک	۴	۳/۱	۳/۴	۳/۸	۴/۲	۴/۶	۵/۰	۵/۳	۵/۷	۶/۱	۶/۵	۶/۸	۷/۱	۷/۴	۷/۷
شاهد	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
پیوراک	۵	۳/۱	۳/۴	۳/۷	۴/۰	۴/۳	۴/۶	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۱	۶/۴	۶/۷	۷
شاهد	۵	۳	۳	۳/۱	۳/۱	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹
پیوراک	۶	۳/۲	۳/۵	۳/۸	۴/۰	۴/۴	۴/۸	۵/۱	۵/۵	۵/۸	۶/۲	۶/۶	۶/۹	۷/۳	۷/۶
شاهد	۶	۳	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۳/۸	۳/۹	۴/۰
پیوراک	۷	۳/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴	۵/۷	۶/۰	۶/۳	۶/۶	۶/۹	۷/۳
شاهد	۷	۳	۳	۳/۲	۳/۳	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴	۴/۱
پیوراک	۸	۳/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴	۵/۸	۶/۱	۶/۵	۶/۷	۷/۰	۷/۳
شاهد	۸	۳	۳	۳/۲	۳/۳	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴	۴/۱
پیوراک	۹	۳/۲	۳/۶	۳/۹	۴/۳	۴/۶	۴/۹	۵/۳	۵/۶	۵/۹	۶/۲	۶/۵	۶/۸	۷/۱	۷/۵
شاهد	۹	۳	۳/۱	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴/۰	۴/۰
پیوراک	۱۰	۳/۱	۳/۴	۳/۷	۴/۱	۴/۴	۴/۷	۵/۰	۵/۳	۵/۷	۶/۰	۶/۳	۶/۶	۶/۹	۷/۳
شاهد	۱۰	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۳/۹	۴	۴/۱

جدول۱: میزان رشد (B)(سانتی‌متر) قلمه‌های مرجان *A. calthrata* (هفته: ۲۸-۱۵ / قلمه: ۱۰-۱)

نوع سازه	قلمه	هفته												
		۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸
پیوراک	۱	۸/۳	۸/۶	۸/۹	۹/۲	۹/۵	۹/۸	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۷	۱۱/۰	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۱/۸	۱۲/۱
شاهد	۱	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۵	۵/۲	۵/۲	۵/۳	۵/۴
پیوراک	۲	۷/۳	۷/۷	۷/۹	۸/۳	۸/۷	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۲	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۱	۱۱/۴
شاهد	۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
پیوراک	۳	۸	۸/۳	۸/۷	۸/۹	۹/۳	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۱	۱۱/۴	۱۱/۶	۱۱/۹	۱۲/۲
شاهد	۳	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۴/۹	۵/۰	۵/۱
پیوراک	۴	۷/۵	۷/۸	۸/۱	۸/۴	۸/۸	۹/۱	۹/۴	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۴	۱۱/۷	۱۲/۱
شاهد	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
پیوراک	۵	۷/۶	۷/۹	۸/۳	۸/۷	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۳	۱۰/۶	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۲/۰
شاهد	۵	۳/۹	۴/۰	۴/۰	۴/۱	۴/۱	۴/۲	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷
پیوراک	۶	۷/۸	۸/۲	۸/۶	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۱/۰	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۱/۹	۱۲/۳
شاهد	۶	۴/۰	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵/۰	۵/۱	۵/۲
پیوراک	۷	۷/۵	۷/۸	۸/۰	۸/۳	۸/۶	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۱/۱	۱۱/۴	۱۱/۷
شاهد	۷	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۸	۴/۹	۵/۱	۵/۲	۵/۳	۵/۴	۵/۵
پیوراک	۸	۷/۶	۷/۹	۸/۲	۸/۵	۸/۹	۹/۲	۹/۵	۹/۸	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۱	۱۱/۵	۱۱/۸
شاهد	۸	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۸	۴/۹	۵/۱	۵/۲	۵/۳	۵/۴	۵/۵
پیوراک	۹	۷/۹	۸/۳	۸/۶	۸/۹	۹/۲	۹/۵	۹/۸	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۷	۱۱/۱	۱۱/۵	۱۱/۸	۱۲/۳
شاهد	۹	۴/۱	۴/۱	۴/۲	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۸
پیوراک	۱۰	۷/۳	۷/۷	۸/۱	۸/۵	۸/۹	۹/۳	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۸	۱۱/۲	۱۱/۵	۱۱/۹	۱۲/۳
شاهد	۱۰	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵/۰	۵/۱	۵/۲	۵/۳

جدول۱: میزان رشد (B)(سانتی‌متر) قلمه‌های مرجان *A. calthrata* (هفته: ۱۴-۱ / قلمه: ۲۰-۱۱)

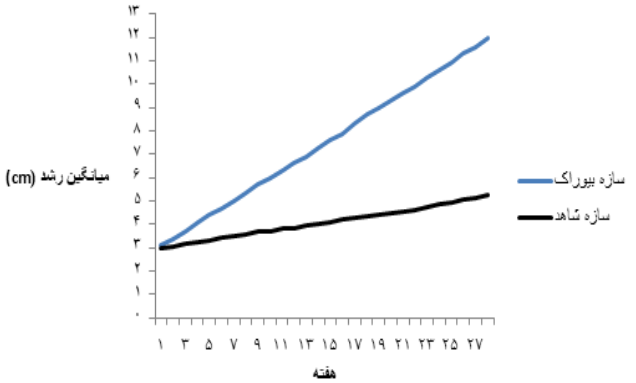
نوع سازه	قلمه	هفته													
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
بیوراک	۱۱	۳/۲	۳/۵	۳/۸	۴/۱	۴/۴	۴/۷	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۱	۶/۴	۶/۷	۷/۰
شاهد	۱۱	۳	۳	۳/۱	۳/۱	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹
بیوراک	۱۲	۳	۳/۵	۳/۸	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۲	۵/۶	۶/۰	۶/۴	۶/۸	۷/۳	۷/۷	۸/۰
شاهد	۱۲	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۵	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۸	۳/۹	۴
بیوراک	۱۳	۳/۲	۳/۵	۳/۸	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴	۵/۷	۶/۰	۶/۳	۶/۶	۶/۹	۷/۲
شاهد	۱۳	۳	۳	۳/۲	۳/۳	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴	۴/۱
بیوراک	۱۴	۳/۱	۳/۴	۳/۸	۴/۲	۴/۶	۵/۰	۵/۳	۵/۷	۶/۱	۶/۵	۶/۸	۷/۱	۷/۴	۷/۷
شاهد	۱۴	۳	۳	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۳/۹	۴	۴/۲
بیوراک	۱۵	۳/۱	۳/۴	۳/۷	۴/۰	۴/۳	۴/۶	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۵/۸	۶/۱	۶/۴	۶/۷	۷
شاهد	۱۵	۳	۳	۳/۱	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۵	۳/۶	۳/۸	۳/۹	۳/۹	۴	۴/۱	۴/۱
بیوراک	۱۶	۳/۲	۳/۵	۳/۸	۴/۰	۴/۴	۴/۸	۵/۱	۵/۵	۵/۸	۶/۲	۶/۶	۶/۹	۷/۳	۷/۶
شاهد	۱۶	۳	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹	۴	۴
بیوراک	۱۷	۳/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴	۵/۷	۶/۰	۶/۳	۶/۶	۶/۹	۷/۳
شاهد	۱۷	۳	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۵	۳/۵	۳/۶	۳/۷	۳/۸	۳/۸	۳/۹	۴
بیوراک	۱۸	۳/۳	۳/۶	۳/۹	۴/۲	۴/۵	۴/۸	۵/۱	۵/۴	۵/۸	۶/۱	۶/۵	۶/۷	۷/۰	۷/۳
شاهد	۱۸	۳	۳	۳/۱	۳/۱	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۵	۳/۶	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۸	۳/۹
بیوراک	۱۹	۳/۲	۳/۶	۳/۹	۴/۳	۴/۶	۴/۹	۵/۳	۵/۶	۵/۹	۶/۲	۶/۵	۶/۸	۷/۱	۷/۵
شاهد	۱۹	۳	۳/۱	۳/۲	۳/۳	۳/۴	۳/۴	۳/۶	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۳/۹	۳/۹	۴/۱	۴/۲
بیوراک	۲۰	۳/۱	۳/۴	۳/۷	۴/۱	۴/۴	۴/۷	۵/۰	۵/۳	۵/۷	۶/۰	۶/۳	۶/۶	۶/۹	۷/۳
شاهد	۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول۱: میزان رشد (B)(سانتی‌متر) قلمه‌های مرجان *A. calthrata* (هفته: ۲۸-۱۵ / قلمه: ۲۰-۱۱)

نوع سازه	قلمه	هفته													
		۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸
بیوراک	۱۱	۷/۳	۷/۷	۷/۹	۸/۳	۸/۷	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۲	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۱	۱۱/۴
شاهد	۱۱	۴	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵/۱	۵/۲	۵/۳
بیوراک	۱۲	۸/۳	۸/۶	۸/۹	۹/۲	۹/۵	۹/۸	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۷	۱۱/۰	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۱/۸	۱۲/۱
شاهد	۱۲	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۹	۵/۱	۵/۲	۵/۳	۵/۴	۵/۵
بیوراک	۱۳	۷/۵	۷/۸	۸/۱	۸/۴	۸/۸	۹/۱	۹/۴	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۴	۱۱/۷	۱۲/۱
شاهد	۱۳	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۸	۴/۹	۵/۱	۵/۲	۵/۳	۵/۴	۵/۵
بیوراک	۱۴	۸	۸/۳	۸/۷	۸/۹	۹/۳	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۱	۱۱/۴	۱۱/۶	۱۱/۹	۱۲/۲
شاهد	۱۴	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۹	۵/۰	۵/۱	۵/۳	۵/۴	۵/۵
بیوراک	۱۵	۷/۳	۷/۷	۸/۱	۸/۵	۸/۹	۹/۳	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۸	۱۱/۲	۱۱/۵	۱۱/۹	۱۲/۳
شاهد	۱۵	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵	۵/۱	۵/۲
بیوراک	۱۶	۷/۹	۸/۳	۸/۶	۸/۹	۹/۲	۹/۵	۹/۸	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۷	۱۱/۱	۱۱/۵	۱۱/۸	۱۲/۳
شاهد	۱۶	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵/۱	۵/۰	۵/۱
بیوراک	۱۷	۷/۶	۷/۹	۸/۲	۸/۵	۸/۹	۹/۲	۹/۵	۹/۸	۱۰/۱	۱۰/۵	۱۰/۸	۱۱/۱	۱۱/۵	۱۱/۸
شاهد	۱۷	۴	۴/۲	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۵/۰	۵/۱	۵/۲
بیوراک	۱۸	۷/۵	۷/۸	۸/۰	۸/۳	۸/۶	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۱/۱	۱۱/۴	۱۱/۷
شاهد	۱۸	۴	۴/۱	۴/۲	۴/۳	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۵/۰	۵/۱	۵/۲	۵/۳
بیوراک	۱۹	۷/۸	۸/۲	۸/۶	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۱/۰	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۱/۹	۱۲/۳
شاهد	۱۹	۴/۲	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۵	۴/۶	۴/۶	۴/۷	۴/۸	۴/۹	۴/۹	۵/۰	۵/۱	۵/۲
بیوراک	۲۰	۷/۶	۷/۹	۸/۳	۸/۷	۹/۰	۹/۳	۹/۶	۹/۹	۱۰/۳	۱۰/۶	۱۰/۹	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۲/۰
شاهد	۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول ۳: فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب در محل قرارگیری سازه بیوراک

هفته	فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی				
	چگالی (کیلوگرم/مترمکعب)	pH	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)	اکسیژن محلول (میلی‌گرم/لیتر)	شوری (psu)
۱	۲۳/۶	۸/۱۶	۲۷/۸	۶/۴	۳۷/۳
۲	۲۳/۵	۸/۱۷	۲۷/۸	۶/۴	۳۷/۴
۳	۲۳/۳	۸/۱۸	۲۸/۴	۶/۳	۳۷/۰
۴	۲۳/۳	۸/۱۹	۲۸/۵	۶/۳	۳۶/۹
۵	۲۳/۲	۸/۱۷	۲۸/۶	۶/۲	۳۶/۹
۶	۲۳/۲	۸/۱۸	۲۸/۷	۶/۲	۳۶/۸
۷	۲۳/۲	۸/۱۶	۲۹/۰	۶/۱	۳۶/۸
۸	۲۳/۱	۸/۱۴	۲۹/۱	۶/۲	۳۶/۹
۹	۲۳/۲	۸/۱۵	۲۹/۳	۶/۱	۳۶/۸
۱۰	۲۳/۱	۸/۱۷	۲۹/۴	۶/۲	۳۶/۹
۱۱	۲۳/۰	۸/۱۸	۲۹/۶	۶/۱	۳۷/۹
۱۲	۲۳/۱	۸/۱۹	۲۹/۷	۶/۱	۳۷/۸
۱۳	۲۳/۰	۸/۱۵	۲۹/۸	۶/۱	۳۷/۷
۱۴	۲۳/۱	۸/۱۶	۲۹/۹	۶/۲	۳۷/۷
۱۵	۲۳/۰	۸/۱۶	۳۰/۰	۶/۱	۳۷/۷
۱۶	۲۲/۹	۸/۱۷	۳۰/۱	۶/۱	۳۷/۷
۱۷	۲۲/۸	۸/۱۹	۳۰/۲	۶/۰	۳۷/۶
۱۸	۲۲/۷	۸/۱۸	۳۰/۳	۶/۰	۳۷/۵
۱۹	۲۳/۲	۸/۱۴	۲۸/۸	۶/۴	۳۷/۴
۲۰	۲۳/۳	۸/۱۸	۲۸/۷	۶/۵	۳۷/۳
۲۱	۲۳/۴	۸/۱۹	۲۸/۶	۶/۴	۳۷/۲
۲۲	۲۳/۶	۸/۱۷	۲۸/۵	۶/۳	۳۷/۱
۲۳	۲۳/۸	۸/۱۶	۲۷/۴	۶/۶	۳۶/۸
۲۴	۲۳/۹	۸/۱۵	۲۷/۴	۶/۶	۳۶/۹
۲۵	۲۴/۱	۸/۱۸	۲۷/۳	۶/۷	۳۶/۹
۲۶	۲۴/۲	۸/۱۹	۲۷/۳	۶/۶	۳۶/۸
۲۷	۲۴/۲	۸/۱۸	۲۶/۵	۶/۸	۳۶/۸
۲۸	۲۴/۲	۸/۱۷	۲۶/۴	۶/۸	۳۶/۸
میانگین± انحراف معیار	۰/۴۲±۲۳/۳۶	۰/۰۱±۸/۱۷	۱/۱۵±۲۸/۷۳	۰/۲۳±۶/۳۱	۰/۳۷±۳۷/۱۹



شکل ۲: روند میانگین رشد مرجان *A. calthrata* در سازه بیوراک نسبت به سازه شاهد

بحث

حفظ خدمات و جایگاه مطلوب اکوسیستم‌ها در شرایط تغییرات اقلیمی و ورود عوامل استرس‌زا محیطی نیازمند استفاده از روش‌هایی است که سبب افزایش رشد، بازماندگی و مقاومت در برابر عوامل استرس‌زا گردد. بیوراک یک تکنولوژی مناسب در این زمینه است. این تکنولوژی سبب می‌گردد تا ارگانیسم‌های دریایی در شرایطی که می‌تواند سبب مرگ و میر آن‌ها را فراهم آورد زنده بمانند و منجر می‌گردد تا کل مجموعه اکوسیستم در بازه زمانی کوتاه بازسازی شود. تکنولوژی بیوراک با تحریک مکانیسم تولید انرژی طبیعی در شرایط

گرمایش زمین، بالا آمدن سطح دریاها، اسیدی شدن اقیانوس‌ها، رسوب‌گذاری بالا، ورود نوترینت‌ها به‌میزان زیاد و در شرایط استرس بالای محیطی که دیگر روش کارآیی خود را از دست می‌دهند، کارآیی خود را حفظ کرده و مفید باشد. از این‌رو استفاده از این روش به‌ویژه در ریف‌های مرجانی می‌بایست در سطح گسترده و در محیط‌های مختلف استفاده و بهینه‌سازی گردد.

نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که استفاده از تکنولوژی بیوراک سبب افزایش میزان رشد و نیز کارآیی رشد قلمه‌های مرجانی *A. calthrata* در خلیج چابهار گردیده است. مطالعات Sabater و Yap (۲۰۰۲) نیز نرخ بیش‌تر و بالاتر زنده ماندن مرجان‌ها را در زمان استفاده از روش و تکنولوژی بیوراک نشان و تایید می‌نماید. جریان الکتریکی که در این روش به مرجان‌ها داده می‌شود نقش مهم و کلیدی در تحریک بازسازی غشاء سلولی، تولید سلول و نیز بازسازی آسیب‌های وارده به بافت‌ها ایفا می‌نماید. این موارد سبب می‌شود که مرجان‌هایی که در سیستم بیوراک قرار می‌گیرند بتواند با نرخ زنده ماندن و بازماندگی بالاتری در مقابل استرس‌ها و تغییرات محیطی رشد کرده و زنده بمانند (Goreau و Hilbertz، ۲۰۰۳). حتی در مناطقی که بستر دریا جهت رشد مرجان‌ها مناسب نبود نظیر بسترهای Muddy در پاناما، جمهوری دومنیکن و تایلند استفاده از تکنولوژی بیوراک برای برخی گونه‌های *Porites* و مرجان‌های نرم توانسته رشد معنی‌دار و مثبتی را نشان دهد (Robbe، ۲۰۱۰) که این خود موکد اثرگذاری بالای استفاده از تکنولوژی بیوراک است.

نتایج مطالعات Natasasmita (۲۰۱۶) نشان داد که میزان و کارآیی رشد مرجان‌ها در ارتباط با رسوب مواد معدنی بیش‌تر در خلال استفاده از روش بیوراک می‌باشد. واکنش‌های الکترولیز که در نتیجه برقراری جریان الکتریسیته بین قطب‌های آند و کاتد ایجاد می‌گردد سبب ایجاد یون‌های معدنی طبیعی نظیر کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیوم در آب دریا می‌شود (Fitri و Rachman، ۲۰۱۲). کلسیم و منیزیوم به‌عنوان عناصر مهم رشد مرجان‌ها در اطراف قطب کاتد بیوراک رسوب می‌کنند. اگر میزان عناصر کلسیم و منیزیوم در اطراف قطب کاتد به‌میزان کافی قرار گیرد و رسوب پیدا کند سبب می‌گردد تا قلمه‌های مرجانی که بر روی کاتد قرار گرفته‌اند رشد بهتر و سریع‌تری داشته باشند (Berger و همکاران، ۲۰۱۲؛ Karissa و همکاران، ۲۰۱۲). 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 می‌کنند و هم‌چنین میزان بیش‌تری پروتئین نیز سنتز می‌کنند (Stromberg و همکاران، ۲۰۱۰).

افزایش pH در اطراف سازه بیوراک به‌عنوان عامل اصلی در افزایش ساختار اسکلتی مرجان‌ها محسوب می‌گردد، با این‌حال رشد مرجان‌های نرم و اویسترها و موجوداتی نظیر تونیکات‌ها که فاقد ساختار آهکی نظیر مرجان‌ها هستند سبب تغییر در این دیدگاه گردید. مطالعات بیش‌تر نشان داد که مرجان‌های نرم و ارگانیسم‌های فاقد اسکلت آهکی نظیر اسفنج‌ها و تونیکات‌ها نیز دارای نرخ نشست و رشد بالاتری هستند. هم‌چنین مطالعات نشان می‌دهد که موجوداتی که در اطراف محوطه ساختار بیوراک هستند نیز دارای نرخ رشد بالاتری می‌باشند (Berger و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که تقسیم سلولی و رشد بافت‌ها با حضور در میدان الکتریکی نسبت به رشد اسکلتی در اولویت جاندار قرار می‌گیرد که این فرایند به‌عنوان مکانیسم اولیه برای رشد مرجان‌ها محسوب می‌شود (Sabater و Yap، ۲۰۰۴). به‌نظر می‌رسد اولویت تقسیم سلولی و رشد بافت‌ها نسبت به رشد ساختار اسکلتی آهکی سبب تاثیر زیاد استفاده از تکنولوژی بیوراک بر افزایش رشد ارگانیسم‌هایی نظیر تونیکات‌ها که فاقد ساختار اسکلت آهکی می‌باشند، گردیده است. در این تحقیق نیز کاشت قلمه‌های مرجانی بر روی سازه بیوراک سبب افزایش رشد و نرخ بازماندگی این قلمه‌های نسبت به نمونه شاهد گردید. به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل این افزایش رشد و بازماندگی مرجان‌ها در سازه بیوراک می‌تواند در اثر تحریک بازسازی غشاء، تقسیم سلولی و ترمیم بافت‌های قلمه‌های مرجانی باشد که نتایج مشابهی در مطالعات سایر محققین نیز به‌دست آمده است (Zhao و همکاران، ۲۰۰۶). با این‌حال هنوز به‌طور کامل مشخص نشده است که افزایش تقسیم سلولی در مرجان‌ها سبب افزایش تولیدمثل می‌گردد یا خیر؟ مطالعات صورت گرفته در نمونه‌های اویستر در اندونزی نشان داد که رسیدگی جنسی و تشکیل گنادها در اویسترهایی که در معرض میدان الکتریکی قرار می‌گیرند در سنین پایین‌تر و جوانی رخ داد (Piazza و همکاران، ۲۰۰۹)، با این‌حال انجام مطالعات بیش‌تر در این زمینه و در گونه‌های مختلف مرجان‌ها مورد نیاز است.

مهم‌ترین فاکتورهای محیطی که می‌توانند بر روی میزان رشد و نرخ بازماندگی مرجان‌ها اثرگذار باشند عبارتند از: درجه حرارت، جریان آب، رسوب‌گذاری و شکارچیان (Bakti و همکاران، ۲۰۱۲). نتایج مطالعاتی که بر روی آب دریا و تاثیر درجه حرارت و کلرونیتی و چگالی به‌عمل آمده نشان می‌دهد که در کلرونیتی ثابت

با افزایش درجه حرارت مقدار چگالی کاهش می‌یابد، درصورتی‌که در دمای ثابت با افزایش کلرونیتی مقدار چگالی نیز افزایش می‌یابد و تغییرات چگالی در آب خلیج چابهار از افزایش دمای آب تبعیت دارد که روند مشابهی در این تحقیق نیز مشاهده گردید. بررسی پارمتر pH آب نشان‌دهنده قلیاییت آب خلیج چابهار می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل تلاطم و جریان آب باشد که دی اکسیدکربن موجود در آب خارج شده و سبب قلیایی‌شدن آب می‌شود. میزان حجم اکسیژن محلول در آب بسیار مهم می‌باشد و پایین بودن آن می تواند نشان دهنده آلودگی آب باشد. با این حال بررسی ها نشان می‌دهد که فعالیت ارگانیسم‌ها نظیر مرجان‌ها سبب افزایش اکسیژن محلول در منطقه قرارگیری سازه‌های بیوراک گردیده است. نتایج بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نشان می‌دهد که محل قرارگیری سازه بیوراک در شرایط ایده‌آل و مطلوب برای رشد و بازماندگی مرجان‌ها قرار دارد. با این‌حال به‌دلیل افزایش روزافزون فعالیت‌های انسانی در خلیج چابهار تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب بسیار خواهد بود که در طولانی مدت نوسان این پارامترها سبب آلودگی، کاهش و از بین رفتن توده‌های مرجانی می‌گردد که این روند خوداستفاده‌از تکنولوژی بیوراک را برای طرح‌های حفاظتی و بازسازی مرجان‌ها در این منطقه مهم می‌سازد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میزان رشد و هم‌چنین نرخ رشد قلمه‌های مرجانی *A. calthrata* در زمان حضور در میدان الکتریکی در خلال پروسه بیوراک نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش حدود دو برابری را نشان می‌دهد. نتایج این بررسی بیانگر افزایش نرخ بقاء قلمه‌های مرجانی در سازه بیوراک نسبت به سازه غیربیوراک بودند. این موارد می‌تواند استفاده از تکنولوژی بیوراک را در پروژه‌های حفاظت و نیز بازسازی اکوسیستم‌های مرجانی خلیج فارس و دریای عمان گسترش و توسعه دهد. تحقیقات بیش‌تر در زمینه گونه‌های مختلف مرجانی و نیز تاثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مختلف و ولتاژهای متفاوت در محیط‌ها و اکوسیستم‌های مختلف دریایی ایران ضروری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پروژه" کاشت مرجان به‌روش 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

١. **Bakti, L.A.A.; Virgota, A.; Damayanti, L.P.A.; Radiman, T.H.U.; Retnowulan, A.; Hernawati.; Sabil, A. and Robbe, D., 2012.** Biorock Reef Restoration in Gili Trawangan, North Lombok, Indonesia. In: Goreau, T.J. and Trench, R.K., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press, Boca Raton. pp: 59-80.

٢. **Bellwood, D.R.; Hughes, T.P.; Folke, C. and Nystrom, M., 2004.** Confronting the coral reef crisis. Nature. Vol. 429, No. 6994, pp: 827-833.

٣. **Berger, N.; Haseltine, M.; Boehm, J.T. and Goreau, T.J., 2012.** Increased Oyster Growth and Survival Using Biorock Technology. In: Goreau, T.J. and Trench, R.K., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press, Boca Raton. pp: 141-150.

٤. **Eggeling, D., 2006.** Electro-Mineral Accretion Assisted Coral Growth: An Aquarium Environment. Townsville Aquarium, Queensland. 21 p.

٥. **Fitri, D. and Rachman, M.A., 2012.** Gorgonian Soft Corals Have Higher Growth and Survival in Electrical Fields. In: Goreau, T.J. and Trench, R.K., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press, Boca Raton. pp: 105-111.

٦. **Goreau, T.J. and Hilbertz, W., 2005.** Marine Ecosystem Restoration: Costs and Benefits for Coral Reefs. World Resource Review. Vol. 17, pp: 375-409.

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

٨. **Goreau, T.J. and Sarkisian, T., 2010.** Electric Coral Reef Restoration in Thailand. Asia Pacific Coral Reef Symposium. Vol. 2, 100 p.

٩. **Hughes, T.P.; Baird, A.H.; Bellwood, D.R.; Card, M.; Connolly, S.R.; Folke, C.; Grosberg, R.K.; Hoegh-Guldberg, O.; Jackson, J.B.C.; Kleypas, J.A.; Lough, J.; Marshall, P.; Nystrom, M.; Palumbi, S.R.; Pandolfi, J.M.; Rosen, B. and Roughgarden, J., 2003.** Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science. Vol. 301, No. 5635, pp: 929-933.

١٠. **Karissa, P.T.; Sukardi.; Priyono, S.B.; Mamangkey, G.F. and Taylor, J.J.U., 2012.** Utilization of Low-Voltage Electricity to Stimulate Cultivation of Pearl Oysters Pinctada maxima (Jameson). In: Goreau, T.J. and Trench, R.K., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press, Boca Raton. pp: 131-139.

١١. **Kudus, A.; Dan, I. and Wijaya., 2001.** Transplantasi Biota Karang. Laporanke-1. Program Penelitian. IPB. Bogor. Hal. 133 p.

١٢. **Kim, K. and Harvell, C.D., 2004.** The rise and fall of a six year coral-fungal epizootic. American Naturalist. Vol. 164, No. 5, pp: 52-63.

١٣. **Muller, E.M.; Rogers, C.S.; Spitzak, A.S. and VanWoesik, R., 2008.** Bleaching increases likelihood of disease on Acropora palmata (Lamark) in Hawksnest Bay, St John, US Virgin Islands. Coral Reefs. Vol. 27, No. 1, pp: 191-195.

١٤. **Mydlarz, L.D.; Holthouse, S.F.; Peters, E.C. and Harvell, C.D., 2008.** Cellular responses in sea fan corals: Granular

amoebocytes react to pathogen and climate stressors. PLoS One. Vol. 3, No. 3, pp: 1811.

۱۵. **Natasasmita, D.; Wijayanti, D.P. and Suryono, C.A., 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. Vol. 4, No. 4, pp: 86.

۱۶. **Nitzsche, J., 2012.** Electricity Protects Coral from Overgrowth by an Encrusting Sponge in Indonesia. In: Goreau, T.J. and Trench, R.K., Eds., Innovative Methods of Marine Ecosystem Restoration, CRC Press, Boca Raton. pp: 91-103.

۱۷. **Piazza, B.P.; Piehler, M.K.; Grossman, B.P.; La Peyre, M.K. and La Peyre, J.L., 2009.** Oyster Recruitment and Growth on an Electrified Structure in Grand Isle, Louisiana. Bulletin of Marine Science. Vol. 84, pp: 59-66.

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

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

۲۰. **Sabater, M.G. and Yap, H.T., 2002.** Growth and Survival of Coral Transplants with and without Electrochemical Deposition of CaCoB3B. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 272, pp: 131-146.

۲۱. **Sabater, M.G. and Yap, H.T., 2004.** Long-Term Effects of Mineral Accretion on Growth, Survival and Corallite Properties of Porites cylindrica Dana. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Vol. 311, pp: 355-374.

۲۲. **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. Vol. 395, pp: 153-161.

۲۳. **Zhao, M.; Song, B.; Pu, J.; Wada, T.; Reid, B.; Tai, G.; Wang, F.; Guo, A.; Walczysko, P.; Gu, Y.; Sasaki, T.; Suzuki, A.; Forrester, J.V.; Bourne, H.R.; Devreotes, P.N.; McCaig, C.D. and Penninger, J.M., 2006.** Electrical Signals Control Wound Healing through Phosphatidy linositol-3-OH Kinase-γ and PTEN. Nature. Vol. 442, pp: 457-460.