

استفاده از آغازگرهای اختصاصی در بررسی تنوع جلبک‌های هم‌زیست زوگزانتله با مرجان‌های هرما تیپیک در جزیره هنگام-خلیج فارس

- **حامد دهقانی:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **پرگل قوام‌مصطفوی*:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **سیدمحمد رضا فاطمی:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، صندوق‌پستی: ۱۴۵۱۵-۷۷۵
- **جلیل فلاح‌مهرآبادی:** گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۵

چکیده

مرجان‌های هرما تیپیک میزبان داینوفلاژله‌ای از جنس *Symbiodinium* (Zooxanthellae) می‌باشند. جنس *Symbiodinium* تاکنون به نه کلاد ژنتیکی گوناگون (A-I) تقسیم شده است. کلادهای مختلف *Symbiodinium* خصوصیات اکولوژیک و فیزیولوژیک گوناگونی دارند و می‌توانند تأثیرات متفاوتی بر دوام و بقای موجودات هم‌زیست با آن‌ها داشته باشند. از آن‌جایی که بقای آبسنگ‌های مرجانی وابسته به نوع زوگزانتله هم‌زیست با آن‌هاست، شناسایی کلادهای هم‌زیست آن ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه از کلادهای اختصاصی برای روشن کردن تنوع زوگزانتله در هر گونه مرجان استفاده شد. بدین منظور نه کلنی مرجان از جزیره هنگام جمع‌آوری شد. پس از خارج کردن توده لزج زوگزانتله از بافت‌های مرجان توسط پمپ هوا، DNA به روش CTAB استخراج شد. سپس واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با استفاده از آغازگرهای اختصاصی کلادهای زوگزانتله انجام گرفت. نتایج نشان داد که اغلب گونه‌ها میزبان بیش از یک کلاد می‌باشند. کلادهای D و C به ترتیب از هشت و هفت گونه مرجان شناسایی شدند، در حالی که کلاد A با سه گونه هم‌زیست بود. غالب بودن کلاد D در خلیج فارس حاکی از مقاومت این کلاد در برابر شرایط سخت محیطی می‌باشد لیکن احتمال می‌رود که هم‌زیستی مرجان‌های هرما تیپیک با بیش از یک کلاد مقاومت آبسنگ‌ها را در برابر شرایط محیطی خلیج فارس افزایش دهد.

کلمات کلیدی: خلیج فارس، جزیره هنگام، *Symbiodinium* کلاد



مقدمه

گرفته است. Mostafavi و همکاران (۲۰۰۷) کلاد D و C را در هشت گونه مرجان هرمتیپیک با استفاده از نشانگر LSU در جزیره کیش و لارک شناسایی کرده‌اند. پس از آن Shahhosseiny و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از نشانگر LSU، کلاد D را از سه گونه مرجان سخت شناسایی کردند. پارسا (۱۳۹۱) پژوهشی در رابطه با تأثیر عمق روی کلاد زوگزانتله همزیست با مرجان‌های آبسنگ‌ساز انجام داد. در این بررسی که با استفاده از نشانگر ITS۲ انجام گرفت در برکه‌های کسندی کلاد D و در عمق ۵-۷ متر کلاد C و D مشاهده شد. Mostafavi و همکاران از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۱ در سه جزیره شمال خلیج فارس (لارک، فارور و هندورابی) و روی ۱۱ گونه مرجان با استفاده از دو نشانگر LSU و ITS۲ به مطالعه پرداختند. نتایج نشان داد که کلاد A، D، C به ترتیب با ۷۰٪، ۱۸/۳٪ و ۱۱/۷٪ از مرجان‌های مورد مطالعه همزیست می‌باشند (Mostafavi و همکاران، ۲۰۱۳). از آنجایی که اغلب مرجان‌های هرمتیپیک با بیش از یک کلاد همزیست هستند (van Oppen و همکاران، ۲۰۰۱). شناسایی هم‌زمان این کلادها با استفاده از یک جفت آغازگر اختصاصی زوگزانتله جهت تکثیر هر یک از نشانگرهای ژنتیکی در روش PCR- Sequencing با اشکال مواجه می‌شود به همین خاطر پارسا (۱۳۹۱)، جهت تفکیک کلادها از یکدیگر از روش DGGE (Denaturing gradient gel electrophoresis) استفاده کرد که روشی دشوار، زمان‌بر و هزینه‌بردار است. مطالعه حاضر با هدف شناسایی کلادهای گوناگون در هر کلنی از مرجان‌های هرمتیپیک انجام گرفته است. بدین منظور روش PCR- Sequencing با استفاده از سه جفت آغازگر اختصاصی برای هر سه کلاد متداول در خلیج فارس (A، C و D) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

کلنی‌های نه گونه مرجان هرمتیپیک (شکل ۱)، *Porites*، *Psammocora contigua*، *Acropora downingi*، *compressa*، *Acanthastrea echinata*، *Favia pallida*، *Platygyra daedalea*، *Stylophora pistillata* و *Pavona decussata*، *Leptastrea transversa* از سه ایستگاه در زمستان ۱۳۹۱ از جزیره هنگام (شکل ۲) برداشت شد. کلنی‌ها با استفاده از Veron (۲۰۰۰) شناسایی شدند. جهت نمونه‌برداری تکه‌هایی با اندازه مناسب جهت آنالیز مولکولی توسط قلم، چکش، اره و قیچی مخصوص از کلنی‌های هدف برداشته شد. نمونه‌ها در داخل زیپ‌کیپ قرار گرفته و برای فیکس کردن نمونه‌ها از بافر DMSO (۲۰٪)، saturated with EDTA ۰/۲۵ M، DMSO از آمایشگاه زیست‌شناسی دریا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

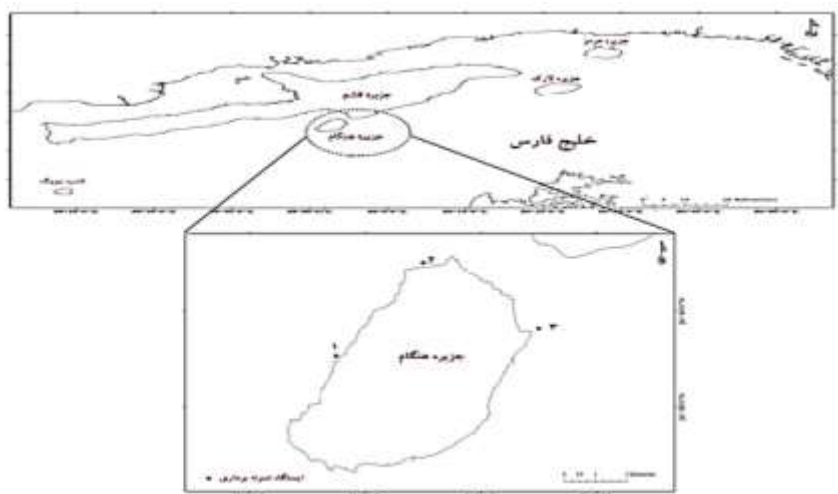
آبسنگ‌های مرجانی یکی از پرتولیدترین و پرتنوع‌ترین اکوسیستم‌های دریایی بوده و زیستگاه بیش از ۲۵٪ موجودات دریایی هستند. ساکنین اصلی آبسنگ‌ها، مرجان‌های هرمتیپیک می‌باشند که باعث ساخت این زیستگاه منحصر به فرد می‌شوند این موجودات تنها در مناطق استوایی، جایی که از لحاظ مواد غذایی فقیر است زندگی می‌کنند و بیش از ۹۵٪ احتیاجات غذایی خود را از نوعی جلبک تک‌سلولی همزیست به نام زوگزانتله می‌گیرند (Muscatine، ۱۹۹۰). این جلبک متعلق به شاخه داینوفلاژله‌ها و جنس *Symbiodinium* می‌باشد که با انجام عمل فتوسنتز تأمین مواد آلی را به‌عهده داشته و از طرف دیگر باعث رسوب کربنات کلسیم بر سطح مرجان‌ها و آهکی شدن آن‌ها می‌شود و در ازای این کار پناهگاه امنی از میزبان مرجانی دریافت می‌کند (Porter و Muscatine، ۱۹۷۷). معمول‌ترین گونه زوگزانتله با توجه به صفات مورفولوژیک، *Symbiodinium adriaticum* می‌باشد و از آن‌جاکه خصوصیات مورفولوژیک زوگزانتله بیانگر خصوصیات فیزیولوژیک آن نیست، لذا برای شناسایی آن از روش‌های مولکولی استفاده می‌شود (Baker، ۲۰۰۱). فیلوژنی *Symbiodinium* بسیار متنوع می‌باشد و شامل زیرکلادهای (تیپ‌های) بسیار زیادی درون یک کلاد است (Lajeunesse و همکاران، ۲۰۰۳). انواع مختلف *Symbiodinium* براساس کلادهای متفاوت از همدیگر جدا می‌شوند. کلاد (Clade) به یک گروه از جانداران اطلاق می‌گردد که ویژگی‌های موروثی را از یک نیای مشترک به شکل‌های متفاوتی به ارث می‌برند. بیش‌تر نشانگرهای ژنتیکی معمول استفاده شده برای شناسایی کلادهای متفاوت *Symbiodinium* شامل ITS۱ و ITS۲ (LaJeunesse و همکاران، ۲۰۰۳؛ van Oppen و همکاران، ۲۰۰۱)، SSU (Rowan و Powers، ۱۹۹۲)، LSU (Mostafavi و همکاران، ۲۰۰۷؛ Nixon، ۲۰۰۱؛ Pochon، ۲۰۰۱؛ Baker، ۱۹۹۹) و استفاده از اطلاعات توالی nrDNA و rDNA کلروپلاست (Santos و همکاران، ۲۰۰۴) هستند. بر مبنای نشانگرهای مذکور جنس *Symbiodinium* به ۹ کلاد تقسیم می‌گردد که عبارتند از: A، B، C مبنی بر SSUrDNA (Rowan و Powers، ۱۹۹۲)، D مبنی بر SSU rDNA (Carlos و همکاران، ۱۹۹۹)، E مبنی بر SSU-LSU rDNA و DGGE ITS۲ (LaJeunesse، ۲۰۰۱؛ Trench و LaJeunesse، ۲۰۰۰)، F مبنی بر ITS۲-DGGE، G مبنی بر SSU-LSU rDNA ITS region (Pawlowski و همکاران، ۲۰۰۱؛ Pochon و همکاران، ۲۰۰۱)، H مبنی بر LSU rDNA و ITS۲ (Pochon و همکاران، ۲۰۰۴)، I مبنی بر ITS۲ (Gates و Pochon، ۲۰۱۰). شناسایی کلادهای زوگزانتله در جزایر ایرانی خلیج فارس نیز با استفاده از نشانگرهای متفاوتی صورت

۳- GCCGTGTACGGTGCTCGCTCTCAA - آغازگر پسین: ۵-
 ۳- GGCCACTCGCAAATGGACAGC (قطعۀ ژنی ۲۸S (LSU)
 را تکثیر کرد (Correa و همکاران، ۲۰۰۹). محصول PCR به روش
 الکتروفورز با ژل آگارز ۱/۵٪ و رنگ ژل رد مورد ارزیابی قرار گرفت
 و قطعات تکثیر شده از نظر کیفیت باند حاصله بررسی شد. نهایتاً
 محصولات PCR مناسب جهت توالی‌یابی به شرکت ماکروژن کره
 جنوبی ارسال گردید. توالی‌یابی به منظور اطمینان از صحت کلادهای
 شناسائی شده با استفاده از آغازگرهای اختصاصی انجام شد. بدین
 منظور توالی‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Clustal W
 (Thompson و همکاران، ۱۹۹۴) با یکدیگر تنظیم گردیدند. جهت
 شناسائی نمونه‌ها از توالی‌های ثبت شده در بانک ژن جهانی استفاده
 گردید.

تهران منتقل شد. در آزمایشگاه، با استفاده از بافر و دستگاه شست و
 شو با هوا (Air Brush) زوگزانته‌ها از درون بافت مرجان جدا شدند.
 بعد از جداسازی زوگزانته DNA نمونه‌ها با روش CTAB (cetyl
 trimethyl ammonium bromide) و کلروفرم استخراج شد (Baker،
 ۱۹۹۹). واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) با استفاده از سه جفت
 آغازگر اختصاصی انجام شد. آغازگرهای اختصاصی کلاد A (آغازگر
 پیشین: ۳- CCTCTTGGACCTCCACAAC-۵، آغازگر
 پسین: ۳- GCATGCAGCAACTGCTC-۵) (قطعۀ ژنی ITS۱-۵.۸)
 S- ITS۲ را تکثیر (Correa و همکاران، ۲۰۰۹)، آغازگرهای اختصاصی
 کلاد C (آغازگر پیشین: ۵- AAGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTC-۵،
 آغازگر پسین: ۳- AAGCATCCCTCACAGCCAAA-۵) قطعۀ
 ژنی ITS۱ را تکثیر (Ulstrup و van Oppen، ۲۰۰۳) و آغازگرهای
 اختصاصی کلاد D (آغازگر پیشین: ۵-



شکل ۱: تصویر کلنی‌های مطالعه شده. ۱: *Porites compressa*، ۲: *Acropora downingi*، ۳: *Psammocora contigua*، ۴: *Platygyra daedalea*، ۵: *Favia pallida*، ۶: *Acanthastrea echinata*، ۷: *Leptastrea transversa*، ۸: *Pavona decussata*، ۹: *Stylophora pistillata*



شکل ۲: ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جزیره هنگام



نتایج

جدول ۱: کلادهای شناسائی شده در هر گونه از مرجان‌های هرمتیبیک

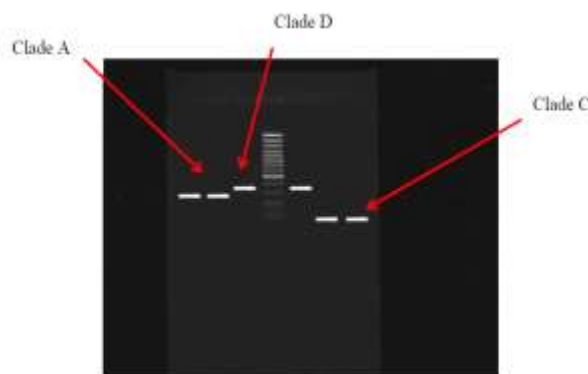
نام گونه	کلاد A	کلاد C	کلاد D
<i>Porites compressa</i>		X	X
<i>Acropora downingi</i>			X
<i>Psammocora contigua</i>		X	X
<i>Platygyra daedalea</i>			X
<i>Favia pallida</i>	X	X	X
<i>Acanthastrea echinata</i>		X	X
<i>Leptastrea transversa</i>		X	X
<i>Pavona decussata</i>		X	X
<i>Stylophora pistillata</i>	X	X	

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از آغازگرهای اختصاصی هر کلاد می‌تواند به روشنی تنوع زیستی کلادهای گوناگون زوگزانتله را در هر کلنی از مرجان‌های هرمتیبیک نشان دهد. از واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با قطعه ژنی ITS₁-۵۸S-ITS₂ (برای کلاد A)، قطعه ژنی LSU (برای کلاد D) و قطعه ژنی ITS₁ (برای کلاد C) به ترتیب بانددهائی با طول ۲۵۰ bp، ۳۳۰ bp و ۷۰ bp حاصل شد. برخی از نمونه‌ها تنها با یک کلاد هم‌زیست بوده و برخی میزبان دو یا هر سه کلاد بودند. شناسایی تنوع زوگزانتله مرجان‌های آبسنگ‌ساز در حوزه خلیج فارس و دریای عمان اولین بار توسط Baker و همکاران (۲۰۰۴) انجام گرفت که کلادهای A، C و D را در سواحل عربستان شناسایی کردند. Mostafavi و همکاران (۲۰۰۷) برای اولین بار به بررسی در سواحل ایرانی خلیج فارس پرداخته و کلاد D و C را در هشت گونه مرجان سخت در جزیره کیش و لارک شناسایی کردند. سپس Shahhosseiny و همکاران (۲۰۱۱) کلاد D را در سه گونه مرجان و کلاد C را در دو گونه مرجان در جزیره هنگام شناسایی کردند. در تحقیقاتی که Rahmani و همکاران (۲۰۱۱) بر روی جنس *Acropora* در جزیره فارور انجام دادند، کلاد D را در این جنس از مرجان آبسنگ‌ساز گزارش کردند. مطالعاتی توسط Mostafavi و همکاران (۲۰۱۳) در سه جزیره شمال خلیج فارس (لارک، فارور و هندورابی) بر روی ۱۱ گونه مرجان که از شش ایستگاه جمع‌آوری شده بودند انجام گرفت. نتایج آن بدین صورت بود که در جزیره لارک دو گونه از مرجان‌ها دارای *Symbiodinium* کلاد A و هفت گونه دارای کلاد D بودند. در جزیره فارور یک گونه مرجان دارای کلاد D و یک گونه دارای کلاد C بود. هم‌چنین در هندورابی یک گونه مرجان کلاد D و یک گونه کلاد C را از خود نشان داد. پارسا (۱۳۹۱) زوگزانتله‌های همزیست با چهار گونه مرجان آبسنگ‌ساز را در جزیره هنگام گزارش کرد.

در مطالعه حاضر یک گونه از جنس *Acropora* بررسی شد. نتایج نشان داد گونه *Acropora downingi* در زمستان کلاد D را می‌پذیرد.

واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با سه جفت آغازگر اختصاصی کلادهای A، C و D انجام گرفت. طی این واکنش باندهائی با طول حدود ۳۵۰ bp (کلاد D)، حدود ۲۷۰ bp (کلاد A) و حدود ۷۰ bp (کلاد C) حاصل شد. (شکل ۳). برخی از نمونه‌ها تنها با یک کلاد هم‌زیست بوده و برخی میزبان دو یا هر سه کلاد بودند. برای اطمینان از صحت باندهای به‌دست آمده، محصولات PCR توالی‌یابی شدند. سپس توالی‌های کلاد A (محصولات PCR با آغازگرهای اختصاصی کلاد A) با توالی‌های پیشین ثبت شده از کلاد A در بانک ژن جهانی (KM۰۳۲۵۹۲ و AB۸۴۹۸۷۳.AB۸۴۹۸۷۵.AF۴۲۷۴۶۶)، توالی‌های کلاد C (محصولات PCR با آغازگرهای اختصاصی کلاد C) با توالی‌های پیشین ثبت شده از کلاد C در بانک ژن جهانی (EU۳۳۳۷۳۸، KM۰۳۲۵۶۲ و KM۰۳۲۵۸۵) و توالی‌های کلاد D (محصولات PCR با آغازگرهای اختصاصی کلاد D) با توالی‌های پیشین ثبت شده از کلاد D در بانک ژن جهانی (AB۷۷۷۸۷۵۰.F۶۲۷۳۳، AB۷۷۷۸۷۵۸، AB۷۷۷۸۷۶۱) و (KF۰۳۰۹۴۷) تطبیق داده شدند (جهت دستیابی به نتیجه تطابق داده‌ها با مسئول مکاتبات مکاتبه گردد). نتایج واکنش زنجیره‌ای پلیمرز و توالی‌یابی محصولات به‌دست آمده بدین صورت بود: *Porites compressa* دارای کلادهای C و D، *Acropora downingi* دارای کلاد D، *Psammocora contigua* دارای کلادهای C و D، *Platygyra daedalea* دارای کلاد D، *Favia pallida* دارای کلادهای A، C و D، *Acanthastrea echinata* دارای کلادهای C و D، *Leptastrea transversa* دارای کلادهای A، C و D، *Pavona decussata* دارای کلادهای C، D و *Stylophora pistillata* دارای کلاد A و C بود. نتایج نشان داد که هشت گونه مرجان میزبان کلاد D، هفت گونه مرجان میزبان کلاد C و سه گونه مرجان میزبان کلاد A می‌باشند (جدول ۱).



شکل ۳: محصولات PCR

که با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک هر کلاد زوگزانتله وجود بیش از یک کلاد در هر کلنی احتمالاً مقاومت آبنسنگ‌ها را در برابر عوامل مختلف محیطی افزایش می‌دهد. البته این امر نیاز به پژوهش‌های گسترده‌ای دارد.

تشکر و قدردانی

از سرکار خانم دکتر آتوسا نوری کوپائی به سبب همکاری ایشان در انجام این پروژه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱. پارسا، س.، ۱۳۹۱. بررسی تاثیر عمق بر تغییر کلادهای زوگزانتله‌های همزیست با مرجان‌های آبنسنگ‌ساز جزیره هنگام (خلیج فارس). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۸۷ صفحه.
۲. Baker, A.C., ۱۹۹۹. Symbiosis ecology of reef-building corals. PhD dissertation, University of Miami. ۱۲۰ p.
۳. Baker, A.C., ۲۰۰۱. Reef corals bleach to survive change. Nature. Vol. ۴۱۱, pp: ۷۶۵-۷۶۶.
۴. Baker, A.C.; Starger, C.J.; McCalanahan, T.T and Glynn, P.W., ۲۰۰۴. Coral's adaptive response to climate change. Nature. Vol. ۴۳۰, ۷۴۱ p.
۵. Carlos, A.A.; Baillie, B.K.; Kawachi, M. and Maruyama, T., ۱۹۹۹. Phylogenetic position of *Symbiodinium* (Dinophyceae) isolates from Tridacnids (Bivalvia), Cardiiids (Bivalvia), a sponge (Porifera), a soft coral (Anthozoa), and a free-living strain. Journal of Phycology. Vol. ۳۵, pp: ۱۰۵۴-۱۰۶۲.
۶. Correa, A.M.S.; McDonald, M.D. and Baker, A.C., ۲۰۰۹. Development of clade-specific *Symbiodinium* primers for quantitative PCR (qPCR) and their application to detecting heat tolerant symbionts in Caribbean corals. Marine Biology. Vol. ۱۵۶, pp: ۲۴۰۳-۲۴۱۱.
۷. Fabricius, K.E.; Mieog, J.C.; Colin, P.L.; Idip, D. and van Oppen, M.J.H., ۲۰۰۴. Identity and diversity of coral endosymbionts (zooxanthellae) from three Palauan reefs with contrasting bleaching, temperature and shading histories. Molecular Ecology. Vol. ۱۳, pp: ۲۴۴۵-۲۴۵۸.
۸. Kinzie, R.A.; Takayama, M.; Santos, S.R. and Coffroth, M.A., ۲۰۰۱. The adaptive bleaching hypothesis: experimental tests of critical assumptions. The Biological Bulletin. Vol. ۲۰۰, pp: ۵۱-۵۸.
۹. LaJeunesse, T.C., ۲۰۰۱. Investigating the biodiversity, ecology, and phylogeny of endosymbiotic dinoflagellates in the genus *Symbiodinium* using the ITS region: in search of a 'species' level marker. Journal of Phycology. Vol. ۳۷, pp: ۸۶۶-۸۸۰.
۱۰. LaJeunesse, T.C.; Loh, W.K.W.; Van Woesik, R.; Hoegh-Guldberg, O.; Schmidt, G.W. and Fitt, W.K., ۲۰۰۳. Low symbiont diversity in southern Great Barrier Reef corals,

گونه *Favia pallida* دارای هر سه کلاد A، C و D بود لیکن Mostafavi و همکاران (۲۰۰۷) تنها کلاد D را از این گونه گزارش کرده بودند. گونه *Pavona decussata* دارای کلادهای C و D بود در حالی که پیش از این Mostafavi و همکاران (۲۰۰۷) تنها کلاد D از این گونه را شناسایی کرده بودند. گونه *Platygyra daedalea* دارای کلاد D بود همان طوری که قبلاً Mostafavi و همکاران (۲۰۰۷) و پارسا (۱۳۹۱) از این گونه، هم‌چنین Mostafavi و همکاران (۲۰۱۳) از این جنس کلاد D را گزارش کرده بودند. گونه *Stylophora pistillat* دارای کلاد A و C بود لیکن Mostafavi و همکاران (۲۰۱۳) تنها کلاد A را از این گونه و در جزیره لارک گزارش کرده بودند. پارسا (۱۳۹۱) تنها کلاد D را از گونه *Leptastrea transversa* گزارش کرد در حالی که در این مطالعه هر سه کلاد A، C و D با تنوع گوناگون در گونه مذکور مشاهده شدند.

نتایج به‌دست آمده از دو گونه در مطالعه حاضر به نتایج حاصل از مطالعات پیشین شباهت داشت. گونه *Porites compressa* دارای دو کلاد D و C بود. Mostafavi و همکاران (۲۰۰۷) نیز این دو کلاد را از این گونه گزارش کرده بودند. گونه *Psammocora contigua* دارای کلادهای C، D بود، پیش از این نیز کلادهای C و D از این گونه گزارش شده بود.

در مطالعه حاضر که در فصل زمستان و در جزیره هنگام صورت گرفته است کلاد D از هشت گونه مرجان، کلاد C از هفت گونه و کلاد A از سه گونه مرجان گزارش شد. اغلب کلاد D به‌عنوان مقاوم‌ترین کلاد در برابر درجه حرارت، شوری (Fabricius و همکاران، ۲۰۰۴) و کدورت بالا (van Oppen و همکاران، ۲۰۰۱) شناخته می‌شود. در نتیجه غالب بودن این کلاد در حاشیه شمالی خلیج فارس همواره مرتبط با شرایط حاکم بر خلیج فارس بوده است. هم‌چنین کلاد C نیز به‌عنوان کلاد مقاوم در برابر درجه حرارت معرفی شده است (Mostafavi و همکاران، ۲۰۱۳). زوگزانتله کلاد A با تولید مقادیر قابل توجهی آمینواسید شبه مایکوسپرین (mycosporine-like amino acids = MAAs) آبنسنگ‌ها را نسبت به شرایط محیطی استرس‌زا مقاوم می‌کنند (Magalon و همکاران، ۲۰۰۷؛ Kinzie و همکاران، ۲۰۰۱). این ترکیبات مقاومت را در برابر اشعه ماوراء بنفش خورشید بالا برده و از آسیب‌های جدی جلوگیری می‌کنند (Neale و همکاران، ۱۹۹۸). به‌نظر می‌رسد که سنتز این آمینواسید یک استراتژی سازشی نسبت به تابش شدید نور خورشید است. بنابراین حضور کلاد A در منطقه احتمالاً در پاسخ به افزایش شدت تابش نور خورشید رخ می‌دهد (Rowan و Knowlton، ۱۹۹۵). کلاد A به‌طور گسترده از زواتارین‌های خلیج فارس نیز گزارش شده است (Noori Koupaei و همکاران، ۲۰۱۶). در پایان می‌توان پیش‌بینی کرد



- National Academy of Sciences of the United States America. Vol. ۹۲, pp: ۲۸۵۰-۲۸۵۳.
۲۶. **Rowan, R. and Powers, D.A., ۱۹۹۲.** Ribosomal RNA sequences and the diversity of symbiotic dinoflagellates (Zooxanthellae). In Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. ۸۹, pp: ۳۶۳۹-۳۶۴۳.
۲۷. **Santos, S.R., ۲۰۰۴.** Phylogenetic analysis of a free-living strain of *Symbiodinium* isolated from Jiaohou bay, P. R. China. Journal of Phycology. Vol. ۴۰, pp: ۳۹۵-۳۹۷.
۲۸. **Shahhosseiny, M.H.; Mostafavi, P.G.; Fatemi, S.M.R. and Karimi, E., ۲۰۱۱.** Clade identification of symbiotic zooxanthellae of dominant scleractinian coral species of intertidal pools in Hengam Island. African Journal of Biotechnology Academic Journals. Vol. ۱۰, No. ۹, pp: ۱۵۰۲-۱۵۰۶.
۲۹. **Thompson, J.D.; Higgins, D.G. and Gibson, T.J., ۱۹۹۴.** CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acids Research. Vol. ۲۲, pp: ۴۶۷۳-۴۶۸۰.
۳۰. **Ulstrup, K.E. and van Oppen, M.J.H., ۲۰۰۳.** Geographic and habitat partitioning of genetically distinct zooxanthellae (*Symbiodinium*) in *Acropora* corals on the Great Barrier Reef. Molecular Ecology. Vol. ۱۲, pp: ۳۴۷۷-۳۴۸۴.
۳۱. **van Oppen, M.J.H.; McDonald, B.J.; Willis, B. and Miller, D.J., ۲۰۰۱.** The evolutionary history of the coral genus *Acropora* (Scleractinia, Cnidaria) based on a mitochondrial and a nuclear marker: Reticulation, incomplete lineage sorting, or morphological convergence? Molecular Biology and Evolution. Vol. ۱۸, pp: ۱۳۱۵-۱۳۲۹.
۳۲. **Veron, J.E.N., ۲۰۰۰.** Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- relative to those of the Caribbean. Limnology and Oceanography. Vol. ۴۸, pp: ۲۰۴۶-۲۰۵۴.
۱۱. **LaJeunesse, T.C. and Trench, R.K., ۲۰۰۰.** Biogeography of two species of *Symbiodinium* (Freudenthal) inhabiting the intertidal Sea Anemone *Anthopleura elegantissima* (Brandt). Biological Bulletin. Vol. ۱۹۹, pp: ۱۲۶-۱۳۴.
۱۲. **Magalon, H.; Flot, J.F. and Baudry, E., ۲۰۰۷.** Molecular identification of symbiotic dinoflagellates in Pacific corals in the genus *Pocillopora*. Coral Reefs. Vol. ۲۶, pp: ۵۵۱-۵۵۸.
۱۳. **Mostafavi, P.G.; Fatemi, S.M.R.; Shahhosseiny, M.H.; Hoegh-Guldberg, O. and Loh, W.K.W., ۲۰۰۷.** Predominance of clade D *Symbiodinium* in shallow-water reef-building corals off Kish and Larak Islands (Persian Gulf, Iran). Marine Biology. Vol. ۱۵۳, pp: ۲۵-۳۴.
۱۴. **Mostafavi, P.G.; Ashrafi, M.G. and Dehghani, H., ۲۰۱۳.** Are symbiotic algae in corals in northern parts of the Persian Gulf resistant to thermal stress? Aquatic Ecosystem Health & Management. Vol. ۱۶, pp: ۱۷۷-۱۸۲.
۱۵. **Muscatin, L., ۱۹۹۰.** The role of symbiosis algae in carbon and energy flux in reef corals. Coral reefs. Vol. ۲۵, pp: ۷۵-۸۷.
۱۶. **Muscatine, L. and Porter, J., ۱۹۷۷.** Reef corals: mutualistic symbioses adapted to nutrient-poor environment. BioScience. Vol. ۲۷, pp: ۴۵۴-۴۶۰.
۱۷. **Neale, P.J.; Banaszak, A.T. and Jarriel, C.R., ۱۹۹۸.** Ultraviolet sunscreens in *Gymnodinium sanguineum* (Dinophyceae): mycosporine-like amino acids protect against inhibition of photosynthesis. Journal of Phycology. Vol. ۳۴, pp: ۹۲۸-۹۳۸.
۱۸. **Noori Koupaei, A.; Dehghani, H.; Mostafavi, P.G. and Mashini, A.G., ۲۰۱۶.** Phylogeny of *Symbiodinium* populations in zoantharians of the northern Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin. Vol. ۱۰۵, pp: ۵۵۳-۵۵۷.
۱۹. **Nixon, R., ۲۰۰۱.** Reef corals bleach to survive change. The Biological Bulletin. Vol. ۲۰۰, pp: ۵۱-۵۸.
۲۰. **Pawlowski, J.; Holzmann, M.; Fahrni, J.F.; Pochon, X. and Lee, J.J., ۲۰۰۱.** Molecular identification of algal endosymbionts in large miliolid Foraminifera: ۲ dinoflagellates. Journal of Eukaryotic Microbiology. Vol. ۴۸, pp: ۳۶۸-۳۷۳.
۲۱. **Pochon, X. and Gates, R.D., ۲۰۱۰.** A new *Symbiodinium* clade (Dinophyceae) from soritid foraminifera in Hawai'i. Molecular Phylogenetics and Evolution. Vol. ۵۶, pp: ۴۹۲-۴۹۷.
۲۲. **Pochon, X.; LaJeunesse, T.C. and Pawlowski, J., ۲۰۰۴.** Biogeographic partitioning and host specialization among foraminiferan dinoflagellate symbionts (*Symbiodinium*; Dinophyta). Marine Biology. Vol. ۱۴۶, pp: ۱۷-۲۷.
۲۳. **Pochon, X.; Pawlowski, J.; Zaninetti, L. and Rowan, R., ۲۰۰۱.** High genetic diversity and relative specificity among *Symbiodinium*-like endosymbiotic dinoflagellates in soritid foraminiferans. Marine Biology. Vol. ۱۳۹, pp: ۱۰۶۹-۱۰۷۸.
۲۴. **Rahmani, S.; Mostafavi, P.G.; Shahhosseiny, M.H.; Vosoughi, Gh. and Faraji, A., ۲۰۱۱.** Genetic Identification of *Symbiodinium* in Genus *Acropora* off Farur Island, Persian Gulf. International Journal Marine Science and Engineering. Vol. ۱, No. ۱, pp: ۴۳-۵۰.
۲۵. **Rowan, R. and Knowlton, N., ۱۹۹۵.** Intraspecific diversity and ecological zonation in coral-algal symbiosis. Proceeding of the