

استفاده از آغازگرهای اختصاصی در بررسی تنوع جلبک‌های همزیست زوگزانتله با مرجان-های هرمتیپیک در جزیره هنگام-خلیج فارس

- **حامد دهقانی:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، صندوق پستی 14515 /775:
- **پرگل قوام مصطفوی*:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، صندوق پستی 14515 /775:
- **سیدمحمد رضا فاطمی:** گروه زیست‌شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، صندوق پستی 14515 /775:
- **جلیل فلاح مهرآبادی:** گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم

تاریخ پذیرش: اردیبهشت 1395

تاریخ دریافت: بهمن 1394

چکیده

مرجان‌های هرمتیپیک میزبان داینوفلاژله‌ای از جنس *Symbiodinium* (Zooxanthellae) می‌باشند. جنس *Symbiodinium* تاکنون به نه کلاز 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 آنجایی‌که 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 کلاز می‌باشد. کلازهای D و C به ترتیب از هشت و هفت گونه مرجان شناسایی شدند، درحالی‌که کلاز A با سه گونه همزیست بود. غالب بودن کلاز D در خلیج فارس حاکی از مقاومت این کلاز در برابر شرایط سخت محیطی می‌باشد لیکن احتمال می‌رود که همزیستی مرجان‌های هرمتیپیک با بیش از یک کلاز مقاومت آبسنگ‌ها را در برابر شرایط محیطی خلیج فارس افزایش دهد.

کلمات کلیدی: خلیج فارس، جزیره هنگام، *Symbiodinium*، کلاز.

مقدمه

زوگزانتله با توجه به صفات مورفولوژیک، *Symbiodinium* *adriaticum* می‌باشد و از آنجا که خصوصیات مورفولوژیک زوگزانتله بیانگر خصوصیات فیزیولوژیک آن نیست، لذا برای شناسایی آن از روش‌های مولکولی استفاده می‌شود (Baker، 2001). فیلوژنی *Symbiodinium* بسیار متنوع می‌باشد و شامل زیرکلادهای (تیپ‌های) بسیار زیادی درون یک کلاز است (Lajeunesse و همکاران، 2003). انواع مختلف *Symbiodinium* بر اساس کلادهای متفاوت از همدیگر جدا می‌شوند. کلاز (Clade) به یک گروه از جانوران 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 ITS1 و ITS2 (van Oppen و همکاران، 2001؛ LaJeunesse و همکاران، 2003)، SSU (Rowan و Powers، 1992)، LSU (Baker، 1999؛ Nixon،

آبسنگ‌های مرجانی یکی از پرتولیدترین و پرتنوع‌ترین اکوسیستم‌های دریایی بوده و زیستگاه بیش از 25% موجودات دریازی هستند. ساکنین اصلی آبسنگ‌ها، مرجان‌های هرمتیپیک می‌باشند که باعث ساخت این زیستگاه منحصر بفرد می‌شوند این موجودات تنها در مناطق استوایی، جایی که از لحاظ مواد غذایی فقیر است زندگی می‌کنند و بیش از 95% احتیاجات غذایی خود را از نوعی جلبک تک‌سلولی همزیست بنام زوگزانتله می‌گیرند (Muscatine، 1990). این جلبک متعلق به شاخه داینوفلاژله‌ها و جنس *Symbiodinium* می‌باشد که با انجام عمل فتوسنتز تأمین مواد آلی را به عهده 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 (Muscatine و Porter، 1977). معمولترین گونه



مواد و روش‌ها

کلنی‌های نه گونه مرجان هرمتیپیک (شکل 1)، *Porites*، *Psammocora contigua*، *Acropora downingi*، *compressa*، *Acanthastrea echinata*، *Favia pallida*، *Platygyra daedalea*، *Stylophora* و *Pavona decussata*، *Leptastrea transversa* و *pistillata* از سه ایستگاه در زمستان 1391 از جزیره هنگام (شکل 2) برداشت شد. کلنی‌ها با استفاده از Veron (2000) شناسایی شدند. جهت نمونه‌برداری تکه‌هایی با اندازه مناسب جهت آنالیز مولکولی توسط قلم، چکش، اره و فیچی مخصوص از کلنی‌های هدف برداشته شد. نمونه‌ها در داخل زیپ کیپ قرار گرفته و برای فیکس کردن نمونه‌ها از بافر DMSO (20%) استفاده شد. (DMSO, 0.25M EDTA, saturated with NaCl, pH=8) پس از نمونه‌برداری نمونه‌ها به آزمایشگاه بیولوژی دریا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران منتقل شد. در آزمایشگاه، با استفاده از بافر و دستگاه شست و شو با هوا (Air Brush) زوگزانتله‌ها از درون بافت مرجان جدا شدند. بعد از جداسازی زوگزانتله DNA نمونه‌ها با روش CTAB (Cetyl trimethylammonium bromide) و کلروفرم استخراج شد (Baker, 1999). واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) با استفاده از سه جفت آغازگر اختصاصی انجام شد. آغازگرهای اختصاصی کلا D (آغازگر پیشین):

3'-CCTCTTGGACCTTCCACAAC-5' آغازگر پسین:

3'-GCATGCAGCAACACTGCTC-5' قطعه ژنی ITS1-5.8
ITS2- S- را تکثیر (Correa و همکاران، 2009)، آغازگرهای اختصاصی کلا C (آغازگر پیشین):

5'-AAGGAGAAGTCGTAACAAGGTTTC-

3'-AAGCATCCCTCACAGCCAAA-5' قطعه ژنی ITS1 را تکثیر (van Oppen و Ulstrup، 2003) و آغازگرهای اختصاصی کلا D (آغازگر پیشین):

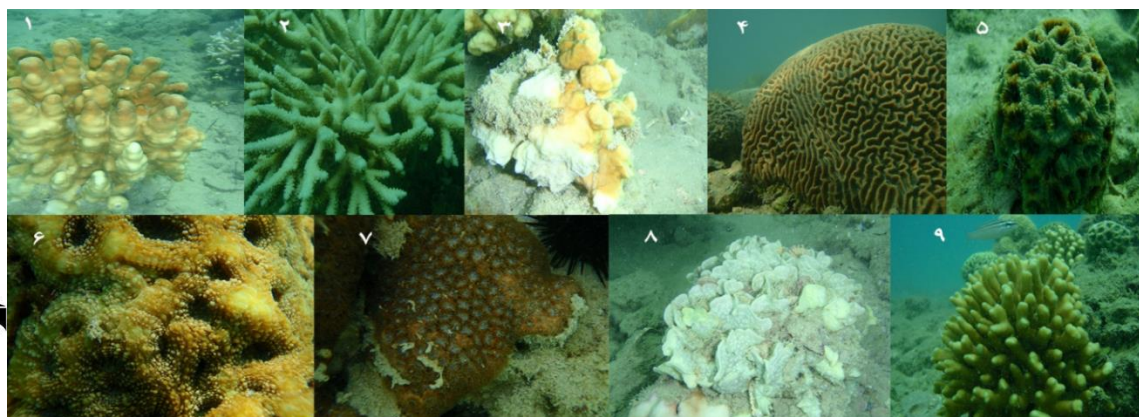
3'-GCCGTGTACGGTGCTCGCTCTCAA-

3'-GGCCACTCGCAAATGGACAGC-5' قطعه ژنی 28S

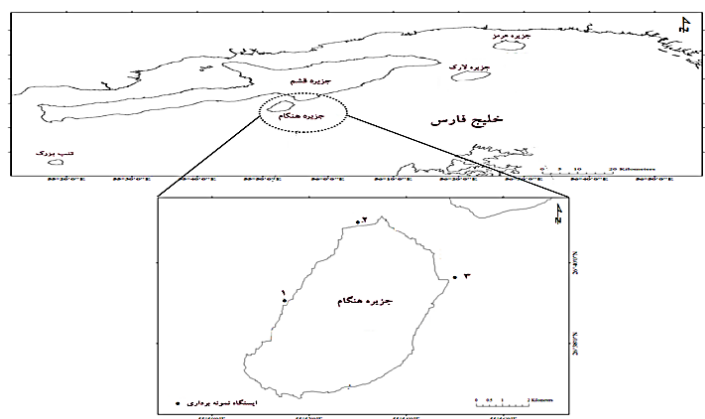
(LSU) را تکثیر کرد (Correa و همکاران، 2009). محصول PCR به روش الکتروفورز با ژل آگارز 1/5 % و رنگ ژل رد مورد ارزیابی قرار گرفت و قطعات تکثیر شده از نظر کیفیت باند حاصله بررسی شد. نهایتاً محصولات PCR مناسب جهت توالی‌یابی به شرکت ماکروژن کره جنوبی ارسال گردید. توالی‌یابی به منظور اطمینان از صحت کلادهای شناسایی شده با استفاده از آغازگرهای اختصاصی انجام شد. بدین منظور توالی‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Clustal W (Thompson و همکاران، 1994) با یکدیگر تنظیم گردیدند. جهت شناسایی نمونه‌ها از توالی‌های ثبت شده در بانک ژن جهانی استفاده گردید.

(Pochon، 2001؛ Mostafavi و همکاران، 2007) و استفاده از اطلاعات توالی nrDNA و rDNA کلروپلاست (Santos و همکاران، 2004) هستند. بر مبنای نشانگرهای مذکور جنس *Symbiodinium* به 9 کلا تقسیم می‌گردد که عبارتند از: A، B، C، مبنی بر SSUrDNA (Rowan و Powers، 1992)، D، مبنی بر SSUrDNA (Carlos و همکاران، 1999)، E، مبنی بر LSU rDNA (Trench و LaJeunesse، 2000)، F، مبنی بر ITS2-DGGE (LaJeunesse، 2001)، G، مبنی بر ITS region و SSU-LSU rDNA (Pochon و همکاران، 2001)، H، مبنی بر LSU rDNA (Pawlowski و همکاران، 2001)، I، مبنی بر ITS2 (Pochon و همکاران، 2004)، و (Gates، 2010).

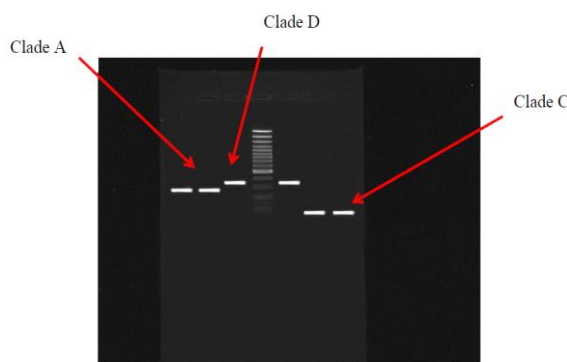
شناسایی کلادهای زوگزانتله در جزایر ایرانی خلیج فارس نیز با استفاده از نشانگرهای متفاوتی صورت گرفته است. مصطفوی و همکاران (2007) کلا D و C را در هشت گونه مرجان هرمتیپیک با استفاده از نشانگر LSU در جزیره کیش و لارک شناسایی کرده‌اند. پس از آن Shahhosseiny و همکاران (2011) با استفاده از نشانگر LSU، کلا D را از سه گونه مرجان سخت شناسایی کردند. پارسا (1391) پژوهشی در رابطه با تأثیر عمق روی کلا زوگزانتله همزیست با مرجان‌های آپسنگ‌ساز انجام داد. در این بررسی که با استفاده از نشانگر ITS2 انجام گرفت در برکه‌های کشندی کلا D و در عمق 5-7 متر کلا C و D مشاهده شد. مصطفوی و همکاران از سال 2007 تا سال 2011 در سه جزیره شمال خلیج فارس (لارک، فارور و هندورابی) و روی 11 گونه مرجان با استفاده از دو نشانگر LSU و ITS2 به مطالعه پرداختند. نتایج نشان داد که کلا D، A و C به ترتیب با 70%، 18/3% و 11/7% از مرجان‌های مورد مطالعه همزیست می‌باشند (Mostafavi و همکاران، 2013). از آنجائیکه اغلب مرجان‌های هرمتیپیک با بیش از یک کلا همزیست هستند (van Oppen و همکاران، 2001). 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 (1391)، 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 کلا متداول در خلیج فارس (A، C و D) انجام گرفت.



شکل 1: تصویر کلنی های مطالعه شده. 1: *Porites compressa*، 2: *Acropora downingi*، 3: *Psammocora contigua*، 4: *Platygyra daedalea*، 5: *Favia pallida*، 6: *Acanthastrea echinata*، 7: *Leptastrea transversa*، 8: *Pavona decussata*، 9: *Stylophora pistillata*.



شکل 2: ایستگاه های نمونه برداری در جزیره هنگام



شکل 3: محصولات PCR

نتایج

واکنش زنجیره ای پلیمرز با سه جفت آغازگر اختصاصی و اکشن کلن های A، C و D انجام گرفت. طی این واکنش باندهایی با طول حدود 350 bp (کلاد D)، حدود 270 bp (کلاد A) و حدود 70 bp (کلاد C) حاصل شد. (شکل 3). برخی از نمونه ها تنها با یک کلاد همزیست بوده و برخی میزبان دو یا هر سه کلاد بودند. برای اطمینان از صحت باندهای به دست آمده، محصولات PCR توالیابی شدند. سپس توالی های کلاد A (محصولات PCR با آغازگرهای اختصاصی کلاد A) با توالی های پیشین ثبت شده از کلاد A در بانک ژن جهانی (AB849873، AB849875، AF427466) و کلاد C (محصولات PCR با آغازگرهای اختصاصی کلاد C) با توالی های پیشین ثبت شده از کلاد C در بانک ژن جهانی (KM032562، EU333738) و کلاد D (محصولات PCR با آغازگرهای اختصاصی کلاد D) با توالی های پیشین ثبت شده از کلاد D در بانک ژن جهانی (KF62733، AB78758، AB778761) تطبیق داده شدند (جهت دستیابی به نتیجه تطابق داده ها با مسئول مکاتبات مکاتبه گردد). نتایج واکنش زنجیره ای پلیمرز و توالیابی محصولات به دست آمده بدین صورت بود: *Porites compressa* دارای کلادهای C و D، *Acropora downingi* دارای کلاد D، *Psammocora contigua*، *Platygyra daedalea* دارای کلاد D، *Favia pallida* دارای کلادهای A، C و D، *Acanthastrea echinata*، *Leptastrea transversa* دارای کلادهای A، C و D، *Pavona decussata*، *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 می باشند (جدول 1).

جدول 1: کلادهای شناسایی شده در هر گونه از مرجان های هرمتیپیک

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	X
<i>Favia pallida</i>	X	X	X
<i>Acanthastrea echinata</i>	X	X	X
<i>Leptastrea transversa</i>	X	X	X
<i>Pavona decussata</i>	X	X	X
<i>Stylophora pistillata</i>	X	X	

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از آغازگرهای اختصاصی هر کلاد می تواند به روشنی تنوع زیستی کلادهای گوناگون زوگزانته را در هر کلنی از مرجان های هرمتیپیک نشان دهد. از واکنش زنجیره ای پلیمرز از قطعه ژنی ITS1-5.8S (برای کلاد A)، قطعه ژنی LSU (برای کلاد D) و قطعه ژنی ITS1 (برای کلاد C) به ترتیب باندهایی با طول 250 bp، 330 bp و 70 bp حاصل شد. برخی از نمونه ها تنها با یک کلاد



در حاشیه شمالی خلیج فارس همواره مرتبط با شرایط حاکم بر خلیج فارس بوده است. همچنین کلاک C نیز به عنوان کلاک مقاوم در برابر درجه حرارت معرفی شده است (Mostafavi و همکاران، 2013). زوگزانتله کلاک A با تولید مقادیر قابل توجهی آمینو اسید شبه مایکوسپرین (MAAs = acids mycosporine-like amino) آبنسنگ‌ها را نسبت به شرایط محیطی استرس‌زا مقاوم می‌کنند (Kinzie و همکاران، 2001؛ Magalon و همکاران، 2007). این ترکیبات مقاومت را در برابر اشعه ماوراء بنفش خورشید بالا برده و از آسیب‌های جدی جلوگیری می‌کنند (Neale و همکاران، 1998). به نظر می‌رسد که سنتز این آمینو اسید یک استراتژی سازشی نسبت به تابش شدید نور خورشید است. بنابراین حضور کلاک A در منطقه احتمالاً در پاسخ به افزایش شدت تابش نور خورشید رخ می‌دهد (Rowan و Knowlton، 1995). کلاک A به طور گسترده از زوانتارین‌های خلیج فارس نیز گزارش شده است (Noori Koupaei و همکاران، 2016). در پایان می‌توان پیش‌بینی کرد که با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک هر کلاک زوگزانتله وجود بیش از یک کلاک 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

1. پارسا، س.، 1391. بررسی تاثیر عمق بر تغییر کلاک‌های زوگزانتله‌های همزیست با مرجان‌های آبنسنگ‌ساز جزیره هنگام (خلیج فارس). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. 87 صفحه.
2. Baker, A.C., 1999. Symbiosis ecology of reef-building corals. PhD dissertation, University of Miami, 120 p.
3. Baker, A.C., 2001. Reef corals bleach to survive change. Nature. Vol. 411, pp: 765-766.
4. Baker, A.C.; Starger, C.J.; McCalanahan, T.T and Glynn, P.W., 2004. Coral's adaptive response to climate change. Nature. Vol. 430, 741 p.
5. Carlos, A.A.; Baillie, B.K.; Kawachi, M. and Maruyama, T., 1999. Phylogenetic position of *Symbiodinium* (Dinophyceae) isolates from Tridacnids (Bivalvia), Cardiids (Bivalvia), a sponge (Porifera), a soft coral (Anthozoa), and a free-living strain. Journal of Phycology. Vol. 35, pp: 1054-1062.
6. Correa, A.M.S.; McDonald, M.D. and Baker, A.C., 2009. Development of clade-specific *Symbiodinium* primers for quantitative PCR (qPCR) and their application to detecting heat tolerant symbionts in Caribbean corals. Marine Biology. Vol. 156, pp: 2403-2411.
7. Fabricius, K.E.; Mieog, J.C.; Colin, P.L.; Idip, D. and van Oppen, M.J.H., 2004. Identity and diversity of coral endosymbionts (zooxanthellae) from three Palauan reefs with contrasting bleaching, temperature and shading histories. Molecular Ecology. Vol. 13, pp: 2445-2458.
8. Kinzie, R.A.; Takayama, M.; Santos, S.R. and Coffroth, M.A., 2001. The adaptive bleaching hypothesis: experimental tests of critical assumptions. The Biological Bulletin. Vol. 200, pp: 51-58.
9. LaJeunesse, T.C., 2001. Investigating the biodiversity, ecology, and phylogeny of endosymbiotic dinoflagellates in the genus

همزیست بوده و برخی میزبان دو یا هر سه کلاک بودند. شناسایی تنوع زوگزانتله مرجان‌های آبنسنگ‌ساز در حوزه‌ی خلیج فارس و دریای عمان اولین بار توسط Baker و همکاران (2004) انجام گرفت که کلاک‌های A، C و D را در سواحل عربستان شناسایی کردند. Mostafavi و همکاران (2007) برای اولین بار به بررسی در سواحل ایرانی خلیج فارس پرداخته و کلاک D و C را در هشت گونه مرجان سخت در جزیره کیش و لارک شناسایی کردند. سپس Shahhosseiny و همکاران (2011) کلاک D را در سه گونه مرجان و کلاک C را در دو گونه مرجان در جزیره هنگام شناسایی کردند. در تحقیقاتی که Rahmani و همکاران (2011) بر روی جنس *Acropora* در جزیره فارور انجام دادند، کلاک D را در این جنس از مرجان آبنسنگ‌ساز گزارش کردند. مطالعاتی توسط Mostafavi و همکاران (2013) در سه جزیره شمال خلیج فارس (لارک، فارور و هندورابی) بر روی 11 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* کلاک A و هفت گونه دارای کلاک D بودند. در جزیره فارور یک گونه مرجان دارای کلاک D و یک گونه دارای کلاک C بود. همچنین در هندورابی یک گونه مرجان کلاک D و یک گونه کلاک C را از خود نشان داد. پارسا (1391) زوگزانتله‌های همزیست با چهار گونه مرجان آبنسنگ‌ساز را در جزیره هنگام گزارش کرد.

در مطالعه حاضر یک گونه از جنس *Acropora* بررسی شد. نتایج نشان داد گونه *Acropora downingi* در زمستان کلاک D را می‌پذیرد. گونه *Favia pallida* دارای هر سه کلاک A، C و D بود لیکن Mostafavi و همکاران (2007) تنها کلاک D را از این گونه گزارش کرده بودند. گونه *Pavona decussata* دارای کلاک‌های C و D بود در حالیکه لیکن پیش از این Mostafavi و همکاران (2007) تنها کلاک D از این گونه شناسایی شده بود. گونه *Platygyra daedalea* دارای کلاک D بود Mostafavi و همکاران (2007) و پارسا (1391) از این گونه، همچنین Mostafavi و همکاران (2013) از این جنس کلاک D را گزارش کرده بودند. گونه *Stylophora pistillata* دارای کلاک A و C بود لیکن Mostafavi و همکاران (2013) تنها کلاک A را از این گونه و در جزیره لارک گزارش کرده بودند. پارسا (1391) تنها کلاک D را از گونه *Leptastrea transversa* گزارش کرد در حالیکه در این مطالعه هر سه کلاک A، C و D با تنوع گوناگون در گونه مذکور مشاهده شدند.

نتایج به دست آمده از دو گونه در مطالعه حاضر به نتایج حاصل از مطالعات پیشین شباهت داشت. گونه *Porites compressa* دارای دو کلاک D و C بود. Mostafavi و همکاران (2007) نیز این دو کلاک را از این گونه گزارش کردند. گونه *Psammocora contigua* دارای کلاک‌های C، D بود، پیش از این نیز کلاک‌های C و D را از این گونه گزارش شده بود.

در مطالعه حاضر که در فصل زمستان و در جزیره هنگام صورت گرفته است کلاک D از هشت گونه مرجان، کلاک C از هفت گونه و کلاک A از سه گونه مرجان گزارش شد. اغلب کلاک D به عنوان مقاوم‌ترین کلاک در برابر درجه حرارت، شوری (Fabricius و همکاران، 2004) و کدورت بالا (van Oppen و همکاران، 2001) شناخته می‌شود. در نتیجه غالب بودن این کلاک

27. Santos, S.R., 2004. Phylogenetic analysis of a free- living strain of *Symbiodinium* isolated from Jiaohou bay, P. R. China. Journal of Phycology. Vol. 40, pp: 395-397.
28. Shahhosseiny, M.H.; Mostafavi, P.G.; Fatemi, S.M.R. and Karimi, E., 2011. Clade identification of symbiotic zooxanthellae of dominant scleractinian coral species of intertidal pools in Hengam Island. African Journal of Biotechnology Academic Journals. Vol. 10, No. 9, pp: 1502-1506.
29. Thompson, J. D.; Higgins, D. G. and Gibson, T. J., 1994. 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. 22, pp: 4673-4680.
30. Ulstrup, K.E. and van Oppen, M.J.H., 2003. Geographic and habitat partitioning of genetically distinct zooxanthellae (*Symbiodinium*) in *Acropora* corals on the Great Barrier Reef. Molecular Ecology. Vol. 12, pp: 3477-3484.
31. van Oppen, M.J.H.; McDonald, B.J.; Willis, B. and Miller, D.J., 2001. 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.18, pp: 1315-1329.
32. Veron, J.E.N., 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
10. LaJeunesse, T.C.; Loh, W.K.W.; Van Woesik, R.; Hoegh-Guldberg, O.; Schmidt, G.W. and Fitt, W.K., 2003. Low symbiont diversity in southern Great Barrier Reef corals, relative to those of the Caribbean. Limnology and Oceanography. Vol. 48, pp: 2046-2054.
11. LaJeunesse, T.C. and Trench, R.K., 2000. Biogeography of two species of *Symbiodinium* (Freudenthal) inhabiting the intertidal Sea Anemone *Anthopleura elegantissima* (Brandt). Biological Bulletin. Vol. 199, pp: 126-134.
12. Magalon, H.; Flot, J.F. and Baudry, E., 2007. Molecular identification of symbiotic dinoflagellates in Pacific corals in the genus *Pocillopora*. Coral Reefs. Vol. 26, pp: 551-558.
13. Mostafavi, P.G.; Fatemi, S.M.R.; Shahhosseiny, M.H.; Hoegh-Guldberg, O. and Loh, W.K.W., 2007. Predominance of clade D *Symbiodinium* in shallow-water reef-building corals off Kish and Larak Islands (Persian Gulf, Iran). Marine Biology. Vol. 153, pp: 25-34.
14. Mostafavi, P.G.; Ashrafi, M.G. and Dehghani, H., 2013. Are symbiotic algae in corals in northern parts of the Persian Gulf resistant to thermal stress? Aquatic Ecosystem Health & Management. Vol.16, pp: 177-182.
15. Muscatin, L., 1990. The role of symbiosis algae in carbon and energy flux in reef corals. Coral reefs. Vol: 25, pp: 75-87.
16. Muscatine, L. and Porter, J., 1977. Reef corals: mutualistic symbioses adapted to nutrient-poor environment. BioScience. Vol. 27, pp: 454-460.
17. Neale, P.J.; Banaszak, A.T. and Jarriel, C.R., 1998. Ultraviolet sunscreens in *Gymnodinium sanguineum* (Dinophyceae): mycosporine-like amino acids protect against inhibition of photosynthesis. Journal of Phycology. Vol. 34, pp: 928-938.
18. Noori Koupaei, A.; Dehghani, H.; Mostafavi, P.G. and Mashini, A.G., 2016. Phylogeny of *Symbiodinium* populations in zoantharians of the northern Persian Gulf. Marine Pollution Bulletin. Vol. 105, pp: 553-557.
19. Nixon, R., 2001. Reef corals bleach to survive change. The Biological Bulletin. Vol. 200, pp: 51-58.
20. Pawlowski, J.; Holzmann, M.; Fahrni, J.F.; Pochon, X. and Lee, J.J., 2001. Molecular identification of algal endosymbionts in large miliolid Foraminifera: 2 dinoflagellates. Journal of Eukaryotic Microbiology. Vol. 48, pp: 368-373.
21. Pochon, X. and Gates, R.D., 2010. A new *Symbiodinium* clade (Dinophyceae) from soritid foraminifera in Hawai'i. Molecular Phylogenetics and Evolution. Vol. 56, pp: 492-497.
22. Pochon, X.; LaJeunesse, T.C. and Pawlowski, J., 2004. Biogeographic partitioning and host specialization among foraminiferan dinoflagellate symbionts (*Symbiodinium*; Dinophyta). Marine Biology. Vol. 146, pp: 17-27.
23. Pochon, X.; Pawlowski, J.; Zaninetti, L. and Rowan, R., 2001. High genetic diversity and relative specificity among *Symbiodinium*-like endosymbiotic dinoflagellates in soritid foraminiferans. Marine Biology. Vol. 139, pp: 1069-1078.
24. Rahmani, S.; Mostafavi, P.G.; Shahhosseiny, M.H.; Vosoughi, Gh. and Faraji, A., 2011. Genetic Identification of *Symbiodinium* in Genus *Acropora* off Farur Island, Persian Gulf. International Journal Marine Science and Engineering. Vol. 1, No.1, pp: 43-50.
25. Rowan, R. and Knowlton, N., 1995. Intraspecific diversity and ecological zonation in coral-algal symbiosis. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States America. Vol. 92, pp: 2850-2853.
26. Rowan, R. and Powers, D.A., 1992. 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. 89, pp: 3639-3643.

