University of Hormozgan

Journal of Aquatic Ecology

ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355

Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

Separation and identification of unicellular symbiotic algae with dominant species of reef-building corals on Lavan Island using Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE) method

Amir Arbabinia[1], Pargol Ghavam Mostafavi[1]✉, Mohammadhassan Shahhosseiny[2]

1. Department of Natural Resources and Environment, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Department of Microbiology, Shahr-e Qods University, Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 23 December 2025
Accepted: 10 May 2026
Published: 22 June 2026

Corresponding Author:
mostafavi_pa@srbiau.ac.ir

Keywords:
Reef-building corals,
Symbiodinium,
Lavan Island,
DGGE,
ITS2,
Persian Gulf.

ABSTRACT

Reef-building corals harbor diverse communities of unicellular dinoflagellate algae that provide essential photosynthetic energy and contribute to host calcification. Coral colonies can associate with multiple algal symbiont types, and environmental changes may alter the relative abundance of these symbionts, potentially favoring thermally and environmentally tolerant types that enhance coral persistence under stressful conditions. In this study, seven species of scleractinian corals—*Cyphastrea microphthalma, Platygyra daedalea, Pavona decussata, Acropora downingii, Psammocora contigua, Dipsastraea pallida,* and *Porites compressa*—were collected at depths of 3–5 m around Lavan Island using SCUBA diving. Following collection, DNA was extracted from coral tissues, and the Internal Transcribed Spacer 2 (ITS2) region was amplified using ITS2-specific primers and a GC-clamp primer. Polymerase chain reaction (PCR) followed by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) was used to characterize and distinguish the dominant Symbiodiniaceae lineages associated with each coral species. Among the seven coral species examined, sub-clade D1 was dominant in *C. microphthalma, D. pallida,* and *P. daedalea*, whereas sub-clade C1 was dominant in *P. contigua* and *P. compressa*. Notably, *P. compressa* harbored symbionts belonging to both clades C and D, with C1 being the dominant sub-clade. The detection of thermally and salinity-tolerant Symbiodiniaceae lineages, particularly clades C and D, suggests that these symbiotic associations may contribute to the ability of coral hosts to persist under the highly variable environmental conditions of the Persian Gulf. These findings provide baseline information on coral–Symbiodiniaceae associations around Lavan Island and contribute to understanding the potential role of symbiont diversity in coral resilience to environmental stress.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Reef-building corals commonly harbor diverse clades of symbiotic dinoflagellates, traditionally referred to as zooxanthellae and currently classified within the family Symbiodiniaceae. A single coral colony may harbor multiple symbiont clades simultaneously, and the relative abundance of these symbionts can vary among coral species and geographic locations. Environmental conditions can influence the composition and dominance of symbiont communities, potentially favoring lineages with greater tolerance to local environmental stressors. Consequently, coral–Symbiodiniaceae associations are considered an important component of coral acclimatization and persistence under variable environmental conditions.

Given the important role of Symbiodiniaceae in coral bleaching and the functioning and persistence of reef-building coral communities, understanding the association between corals and their symbiotic algae is particularly important in the Persian Gulf, where corals are exposed to pronounced temperature and salinity fluctuations. Because the morphological characteristics of symbiotic dinoflagellates provide limited information about their genetic and physiological diversity, molecular approaches are required for reliable identification and characterization of their lineages. Therefore, this study aimed to characterize and identify different symbiotic dinoflagellate clades associated with selected reef-building coral species around Lavan Island using denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and subsequent sequencing.

Materials and Methods

Seven species of reef-building corals, including *Cyphastrea microphthalma, Platygyra daedalea, Pavona decussata, Acropora downingii, Psammocora contigua, Dipsastraea pallida,* and *Porites compressa*, were collected from depths of 3–5 m around Lavan Island in the northern Persian Gulf using SCUBA diving. Coral species were identified using the taxonomic key of Veron (2000). Following transportation to the laboratory, DNA was extracted from coral tissue samples. The Internal Transcribed Spacer 2 (ITS2) region was amplified using ITS2-specific primers and a GC-clamp primer. Polymerase chain reaction (PCR) products were separated using denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) to resolve different symbiont profiles. Distinct DGGE bands were subsequently characterized by sequencing to identify the associated Symbiodiniaceae clades and sub-clades.

Results

Seven reef-building coral species were identified around Lavan Island. DGGE profiles revealed multiple symbiont lineages within the examined coral samples, indicating that several Symbiodiniaceae clades could occur simultaneously within individual coral species. Among the seven coral species examined, sub-clade D1 was dominant in *C. microphthalma, D. pallida,* and *P. daedalea*, whereas sub-clade C1 was dominant in *P. contigua* and *P. compressa*. Notably, *P. compressa* harbored symbionts belonging to both clades C and D, with sub-clade C1 being particularly prominent. These results demonstrate considerable variation in Symbiodiniaceae composition among the coral species examined.

Conclusion

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

The present study identified clades C and D and their respective sub-clades C1 and D1 as the dominant Symbiodiniaceae lineages associated with the investigated coral species around Lavan Island. The occurrence of multiple symbiont clades within the studied corals indicates that coral colonies can maintain diverse Symbiodiniaceae associations under the environmental conditions of the northern Persian Gulf. The predominance of clades C and D may reflect their ability to persist under the region's relatively high and variable temperature and salinity conditions, although their specific physiological tolerance was not directly evaluated in this study. The findings provide baseline information on coral–Symbiodiniaceae associations around Lavan Island and contribute to a better understanding of the potential role of symbiont composition in coral persistence under environmental stress.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir
دانشگاه هرمزگان

تفکیک و شناسایی جلبک‌های تک سلولی همزیست با گونه های غالب مرجان های آبسنگ ساز جزیره لاوان با استفاده از روش Denaturing Gradient Gel Electrophoresis

امیر اربابی نیا[۱] ، پرگل قوام مصطفوی[۱]✉، محمدحسن شاه حسینی[۲]

۱ . دانشکده کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲ . گروه میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرقدس، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

نویسنده مسئول:
Mostafavi_pa@srbiau.ac.ir

کلیدواژه‌ها:
مرجان های آب سنگ ساز
جلبک های تک سلولی
DGGE
ITS ۲
خلیج فارس

چکیده

مرجان های آب سنگ ساز دارای جمعیت هایی از جلبک های تک سلولی داینوفلاژله هستند که نقش مهمی در تأمین انرژی و کربنات کلسیم برای مرجان ها و در نتیجه آهکی شدن انها ایفا می‌کنند . مرجان های آبسنگ ساز معمولاً دارای چندین نوع از این جلبک به طور همزمان می‌باشند که در صورت تغییر شرایط محیطی، نوع مقاوم می‌تواند غالب شده و باعث بقای مرجان میزبان در محیط شود. در این مطالعه ۷ گونه از مرجان های سخت اطراف جزیره لاوان(*Cyphastrea microphthalma*، *Platygyra daedalea*، *Pavona decussata* ، *Acropora downingi*، *Psammocora contigua*، *Dipsastraea pallida*، *Porites compressa*) از عمق ۳ تا ۵ متری با روش غواصی جمع آوری و پس از انتقال به آزمایشگاه ، DNA استخراج و ژن هدف ۲ Internal Transcribed) ITS (spacer 2با پرایمرهای اختصاصی ۲ ITS و GC-Clamp تکثیر گردید . با استفاده از واکنش زنجیره ای پلیمراز (PCR) و روش(DGGE) Denaturing Gradient Gel Electrophoresis کلادهای متنوع همزیست با یک گونه مرجان مشخص تفکیک و مشخص گردید که در ۳ گونه از ۷ گونه مورد مطالعه (*Cyphastrea microphthalma*، *Dipsastraea pallida*، *Platygyra daedalea*) زیرکلاد D۱ و در ۲ گونه از ۷ گونه (*Psammocora contigua* ,*Porites compressa*,) زیرکلاد C ۱ به عنوان غالب‌ترین زیرکلادها در این مطالعه وجود داشتند و گونه *Porites compressa* میزبان هردوکلاد D و C و زیرکلاد C ۱ بود. از انجا که این کلادها مقاوم به تغییر درجه حرارت و شوری هستند به علت شرایط خاص خلیج فارس، حضور کلادهای همزیست مقاوم با مرجان ها باعث بقای مرجان ها در محیط پر استرس خلیج فارس می‌شود.

ناشر: دانشگاه هرمزگان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

مقدمه

آبسنگ های مرجانی با جلبک تک سلولی دوتاژکی همزیست بوده و بخش عمده ای از انرژی مورد نیاز مرجان ها از طریق فتوسنتز همین جلبک های همزیست صورت می‌گیرد. مرجان و زوزانتله همزیست، به استرس های محیطی از قبیل شوری ،درجه حرارت، سطح نوری بالا و کدورت حساس می‌باشند(Hoegh-Guldberg, 1999; Baker, 2001; Baker *et al*. 2004).

خلیج فارس به علت قرار گرفتن در عرض های جغرافیایی نیمه گرمسیری، محدودیت هایی را برای جوامع مرجانی به وجود آورده است. به طوری که دامنه وسیع تغییرات دمای آب، شوری بالا و کدورت در خلیج فارس، موجب کاهش تنوع آبسنگ های مرجانی در این منطقه گردیده است و آبسنگ های مرجانی خلیج فارس به علت شرایط خاص محیطی مذکور همواره تحت استرس می‌باشند (Ghavam Mostafavi *et al*. 2007; Baker *et al.,*2004; Ghavam Mostafavi *et al*.2013).

آبسنگ های مرجانی می‌توانند کلادهای مختلفی از زوزانتله ها را به صورت همزیست با خود داشته باشند. حتی گاهی برخی آبسنگ ها می‌توانند کلادهای مختلفی را به صورت همزمان دارا باشند و گاهی اوقات ممکن است زوزانتله خود را در جهت تعویض و تغییر نوع کلاد از دست بدهند (Mieog *et al*. 2007; Ghavam Mostafavi *et al.* 2025). در هر مرجان بسته به نوع گونه و موقعیت جغرافیایی که مرجان در آن قرار دارد کلادهای متفاوتی وجود دارد. هر کلاد دارای خصوصیات منحصربه فردی می‌باشد که می‌تواند نسبت به موقعیت در شرایطی که مرجان در آن وجود دارد، یک نوع کلاد به صورت کلاد غالب نمایان شود (Apprill and Gates 2007; Mashini *et al*. 2015;Mashini *et al.* 2017; Ghavam Mostafavi *et al*. 2025).

تحقیقات در مورد زوزانتله همزیست با آبسنگ های مرجانی خلیج فارس از سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که در سواحل ایرانی خلیج فارس کلاد D و C ۹۰ و در سواحل جنوبی خلیج فارس نیز کلاد D غالب بوده (Baker, 2001; Baker *et al*. 2004; Ghavam Mostafavi *et al*. 2007;) که به دلیل جلوگیری از آسیب دیدن آنها در مقابل تغییرات محیط شکل گرفته است. مرجان ها در پاسخ به استرس های محیطی جلبک های همزیست خود را از دست داده و کلادهای جدیدی را به عنوان همزیست انتخاب می‌کنند (Baker,2001; Ghavam Mostafavi *et al*. 2007; Ghavam Mostafavi *et al.* 2013; Mashini *et al*. 2015; Ghavam Mostafavi *et al*. 2025).

سفیدشدگی می‌تواند باعث افزایش مرگ و میر مرجان ها شود که در نهایت منجر به خطر افتادن سلامت آبسنگ های مرجانی می‌گردد (Hoegh-Guldberg *et al*.2007; Hume *et al.* 2013) .تمام مرجان ها قادر به تعویض زوزانتله خود نمی‌باشند، توانایی تعویض زوزانتله به توانایی مرجان در داشتن همزمان زوزانتله های مختلف، عمق زیست آن ها حتی در گونه های یکسان و مکان های جغرافیایی زیستی متفاوت بستگی دارد (Goulet *et al*. 2005; Hume *et al.* 2015; Kaveh *et al*. 2025).

با توجه به اهمیت زوزانتله در پدیده سفید شدگی جوامع مرجان های آبسنگ ساز و به منظور اهمیت رابطه زیستی بین مرجان های آبسنگ ساز و جلبکهای همزیست آنها، در خلیج فارس و همچنین چگونگی پایداری و بقاء مرجان ها در برابر شرایط نامساعد و سخت زیست محیطی تعیین و شناسایی نوع کلادهای مقاوم تک سلولی های دوتاژکی از جنس *Symbiodinium* در برابر شرایط سخت و استرس های محیطی به عنوان اهمیت اصلی از انجام این تحقیق در نظرگرفته شده است و از آنجا که خصوصیات مورفولوژیک زوزانتله بیانگر خصوصیات فیزیولوژیک آن نیست، لذا برای شناسایی آن از روش های مولکولی استفاده می‌شود. هدف از این مطالعه تفکیک وشناسایی کلادهای متنوع زوزانتله همزیست بصورت همزمان با یک گونه های مرجانی مورد مطالعه با استفاده از روش (DGGE) Denaturing Gradient Gel Electrophoresis و توالی یابی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

جزیره لاوان در بخش غربی استان هرمزگان و در مختصات جغرافیایی(عرض: ۲۶.۸۰۸۸۱۲° / طول: ۵۳.۲۷۳۰۵۶°) قرار گرفته است. این جزیره از جمله جزایر مهم خلیج فارس است. مساحت جزیره لاوان در حدود ۸/۷۶ کیلومترمربع و عمق آب دریا در نزدیکی این جزیره، بین ۱۸ تا ۲۴ متر می‌باشد. این جزیره پس از جزیرهٔ قشم و کیش بزرگ‌ترین جزیرهٔ ایران در خلیج فارس محسوب می‌شود (Shafeian, 2023).

مرجان های سخت اطراف جزیره لاوان از عمق ۳ تا ۵ متری با روش غواصی جمع آوری شدند و به آزمایشگاه رازی واقع در دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران منتقل شده و در فریزر ۸۰- نگهداری شدند. توده زوزانتله با استفاده از دستگاه ایر براش و بافر (EDTA mM ۵۱ DNAB ،۱.۴M Nacl ،۸ =pH) جدا شده و برای مطالعات مولکولی مورد استفاده قرار گرفت. نمونه های مرجانی بعد از سفید شدن توسط ماده سفیدکننده، مورد شناسایی قرار گرفتند. شناسایی گونه توسط دستگاه فتواستریومیکروسکوپ، با بررسی و عکسبرداری از کورالیت مرجانها و با کمک کلید شناسایی۲۰۰۰ Veron انجام گرفت.

استخراج DNA با روش CTAB (ستیل تری متیل آمونیوم بروماید-کلروفرم) (Baker, 1999) انجام شد . ژن هدف ITS با استفاده از دو پرایمر ۱ و ۲ تکثیر شد:

1) ITS۲ (Pochon *et al.* 2010) OD: ۲۰ GC: ۴۳%

ITS۲F: ۵′-GTGAATTGCAGAACTCCGTG-۳′

ITS۲R: ۵′-CCTCCGCTTACTTATATGCTT-۳′

2) ITS۲Clamp (LaJeunesse & Trench, 2000) OD: ۲۰

ITSintfor۲: ۵′-GAATTGCAGAACTCCGTG-۳′ GC: ۵۰%

ITS۲CLAMP: ۵′-CGCCCGCCGCGCCCCGCGCCCGTCCC GC:۷۷%

سیکل حرارتی بصورت °۹۴ سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه، °۹۴ سانتی گراد ۳۰ ثانیه، °۶۰ سانتی گراد ۶۰ ثانیه، °۷۲ سانتی گراد ۳۰ ثانیه و °۷۲ سانتی گراد ۷ دقیقه در ۳۰ سیکل مورد استفاده قرار گرفت.

پس از انجام واکنش زنجیره ای پلیمراز، کیفیت قطعات بدست آمده با الکتروفورز ژل آگارز ۲٪ و کمیت آنها با استفاده از نانودراپ مورد بررسی قرار گرفت.

محصولات بدست آمده از واکنش زنجیره ای پلیمراز (پرایمر ۲ ITS) به روش Dideoxy Chain Termination بصورت دوطرفه توسط شرکت ژن فن آوران توالی یابی شدند. با توجه به نتایج توالی یابی که نشان دهندهی Multiplex بودن نمونه ها بود، برای گرفتن نتیجه ی مطلوب و درست و جداسازی ژنهای متنوع از یکدیگر، روش (DGGE Denaturing Gradient Gel Electrophorese)انجام گرفت. برای انجام این روش از واکنش زنجیرهای پلیمرازی که توسط پرایمر ITS2Clamp انجام گرفت، استفاده شد. سیکل حرارتی آن بصورت زیر است:

°۹۴ سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه، °۹۴ سانتی گراد ۳۰ ثانیه، °۵۴- °۶۰ سانتی گراد ۶۰ ثانیه، °۷۲ سانتی گراد ۳۰ ثانیه و °۷۲ سانتی گراد ۷ دقیقه در ۳۵ سیکل مورد استفاده قرار گرفت.

بعداز اطمینان از کیفیت و کمیت محصول PCR ، نمونه ها آماده ی بررسی توسط دستگاه DGGE شدند.

ژل گرادیان ۴۰٪ و ۸۰٪ با تغییر در مقادیر فرم امید و اوره ساخته شد و محلول های ساخته شده بر اساس شیب گرادیان مورد نظر به داخل پلیت ریخته شد و الکتروفورز ژل آکریلامید به مدت ۱۴ساعت با ولتاژ ۱۰۰ ولت و دمای ۶۰ درجه سانتی گراد انجام

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

شد. پس از رنگ آمیزی با نیترات نقره و محلول NaOH باندهای موردنظر جدا شده و پس از استخراج از ژل با استفاده از کیت۰۵۱۳ Fermentas K ، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز توسط پرایمر ITS2 clamp انجام گرفت.

محصولات PCR موردنظر توسط شرکت ژن فن آوران با روش Dideoxy Chain Termination بصورت دوطرفه توالی یابی شد.

نتایج

در این مطالعه، ۷ گونه مرجان آبسنگ ساز در اطراف جزیره لاوان که عبارتند از *C. microphthalma* ، *P. daedalea*، P. *decussata*، *A. downingi*، *P. contigua*، *D. pallida*، *P. compressa* با استفاده از کلید Veron ۲۰۰۰ شناسایی شدند.

***Cyphastrea microphthalma* (Lamarck, 1816)**

کلنی ها توده ای بوده و بخش های قشری، جایی که نور کمتر است، نازک‌تر می‌شوند. معمولا به حالت گلوله ای رشد می‌کنند (Corallites).کورالیت ها بلند و مخروطی شکل هستند. کلنی هایی که در برابر نور شدید قرار می‌گیرند، کورالیت ها به هم فشرده میشوند، در حالیکه در کلنی های قشری فاصله زیادی دارند. کوارلیت ها معمولا دارای ۱۱، Septa اولیه هستند، گرچه این تعداد در بین کورالیت ها متفاوت است. به رنگ قهوه‌ای، کرم یا سبز دیده می‌شوند، و Septa ها معمولا سفید هستند (شکل ۱، ۱و۲) (Veron, 2000).

***Platygyra daedalea* (Ellis & Solander, 1786)**

کلنی ها تودهای تا قشری و Meandroid یا Submeandroid بوده و دیواره های ضخیمی دارند .Septa ها برآمده هستند و یک ظاهر ناهموار و زبر متمایزی دارند.Columellae ها به صورت ضعیفی توسعه یافته اند و مرکز آن ها نامعلوم می‌باشد. معمولا روشن، اغلب با دیواره های قهوه ای و شیارهای خاکستری یا سبز دیده می‌شوند و در بیشتر آبسنگ ها، به خصوص پشت و لبه‌ی صخره ها یافت می‌شوند (شکل ۱، ۳و۴)(Veron, 2000) .

***Pavona decussata* (Dana, 1846)**

در این گونه کلنی به شکل صفحات قائم مستقیم که حالت گل کلم پیدا می‌کند، رشد می‌کند . ضخامت آن ها به ۱ تا ۳ میلی متر می‌رسد و معمولا دارای برگ های کوتاه هستند.کورالیت ها نا منظم ،عمیق و از نوع ستاره ای و یا سامنسترویید می‌باشند. معمولا قهوه ای، کرم مایل به زرد یا متمایل به سبز هستند(شکل ۱، ۵و۶) (Veron, 2000).

***Acropora downingi* (Wallace, 1999)**

کلنی های این گونه به صورت پهن و مسطح بوده و دارای شاخه های به هم پیوسته افقی است که در کلنی های بزرگ شاخه ها در قسمت وسط به هم ملحق می‌شوند.از خصوصیات بارز این گونه که وجه تمایز آن با سایر گونه های این جنس در آن است که نوک شاخه ها در این جنس به طرف بالا برگشته و کلنی دارای شاخه های عمودی است.کورایت های محوری کوچک بوده و کورالیت های شعاعی نیز فشرده با لبه تیز و دهانه ریز بوده و با اندازه های محوری کوچک بوده و با اندازه های مختلف یافت می‌شوند. رنگ قهوه ای، خاکستری یا سبز و اغلب حاشیه های بیرنگ و کمرنگ دارند. در نواحی بالایی شیب آبسنگ ها یافت می‌شوند و کلنی ها اغلب توسط مقداری شن پوشانده شده اند (شکل ۱، ۷و۸) (Veron, 2000).

***Psammocora contigua* (Esper, 1794)**

مشخصات: این گونه دارای کلنی های نودولار بوده و کورالیت های آن نازک و از نوع ستاره ای می باشند.سطح خارجی کلنی زبر بوده، در واقع کورالیت ها در این ساختار باعث زبر شدن سطح کلنی می گردد septa و costa دارای حاشیه های دندانه دار

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

است.کلوملا دارای تعدادی بالچه بوده و تانتاکول ها در شب قابل رویت هستند. به رنگ قهوه ای یا خاکستری کم رنگ تا پررنگ دیده می‌شوند (شکل ۱، ۹و۱۰) (Veron, 2000).

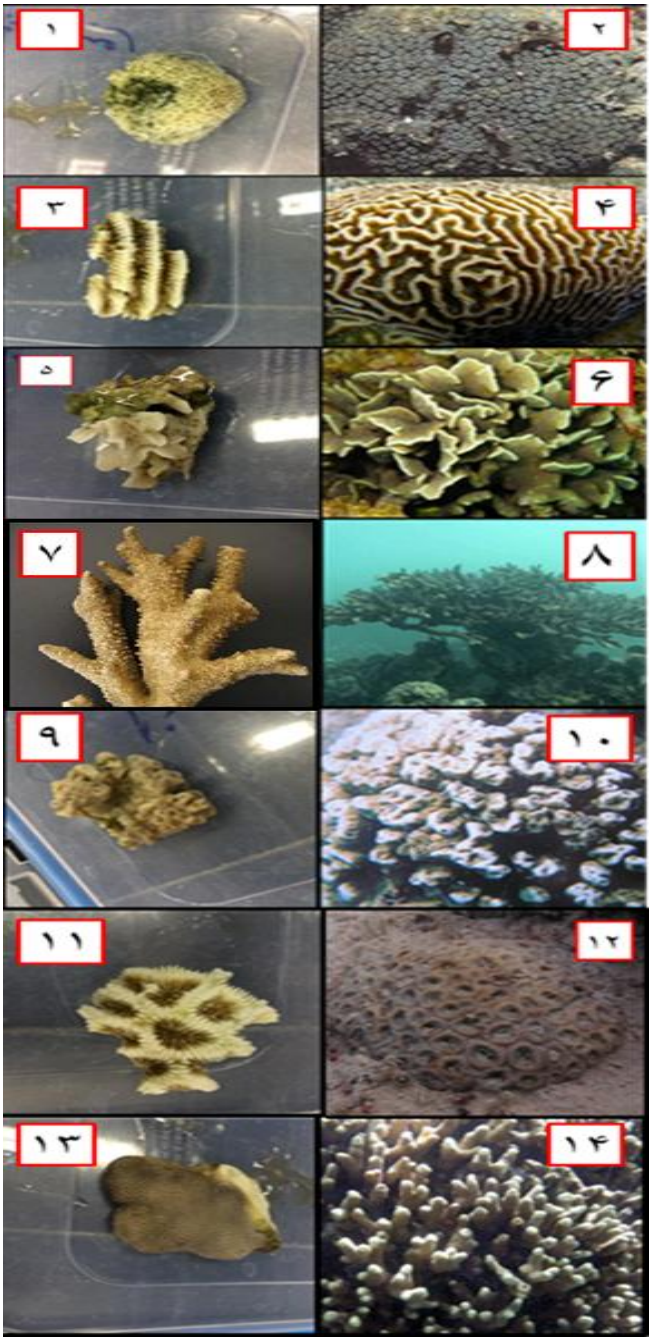
***Dipsastraea pallida* (Dana, 1846)**

مشخصات :کلنی به شکل توده ای و کوچک به قطر ۲ تا ۴ سانتی متر است .کورالیت نوعی پلاکوئید بوده که درآب های کم عمق به شدت فشرده است و در آب های عمیق‌تر با فاصله نسبت به هم قرار گرفته اند .به طورمعمول قطر کورالیت بین ۴ تا ۱۳ میلی متر متغیر است. سپتاها دارای اندازه های مختلف و دندانه دار هستند که در سه دسته و با فاصله نسبت به هم قرار دارند .تعداد سپتا ۲۸ عدد است که در کورالیت های بزرگ‌تر تا ۴ عدد نیز می‌رسد و معمولا ۱۳ تا ۱۵ عدد از سپتاها به کلوملاو می‌رسند. به رنگ‌های زرد کم رنگ، کرم و یا سبز دیده می‌شوند (شکل ۱، ۱۱و۱۲) (Veron, 2000).

***Porites compressa* (Dana, 1846)**

مشخصات: کلنی ها ممکن است پراکندگی های وسیعی از آبسنگ های مرجانی را تشکیل دهند.اغلب به شکل شاخه های استوانه ای بوده و در قاعده به هم وصل می شوند.کورالیت ها از نوع Cerioid و با قطر ۹/۳ میلی متر می باشد.برخی اوقات کلنی های این گونه باعث تشکیل آبسنگ های مرجانی عظیم می شوند. این گونه در این تحقیق اکثرا به رنگ قهوه های مشاهده گردید (شکل ۱، ۱۳و۱۴) (Veron, 2000).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]



شکل ۱) ۱) نمونه سفید شده *C. microphthalma*، ۲) کورالیت های *C. microphthalma*، ۳) نمونه سفید شده *P. daedalea*، ۴) کورالیت های *P. daedalea*، ۵) نمونه سفید شده *P. decussata*، ۶) کورالیت های *P. decussata*، ۷) نمونه سفید شده *A. downingi*، ۸) کورالیت های *A. downingi*، ۹) نمونه سفید شده *P. contigua*، ۱۰) کورالیت های *P. contigua*، ۱۱) نمونه سفید شده *D. pallida*، ۱۲) کورالیت های *D. pallida*، ۱۳) نمونه سفید شده *P. compressa*، ۱۴) کورالیت های *P . compressa*

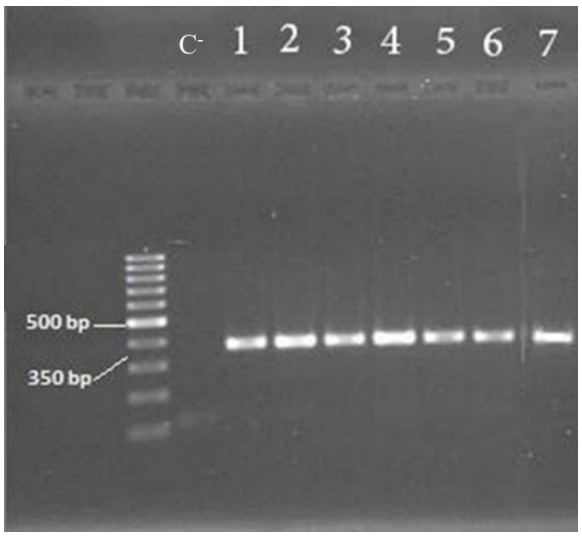
پس از انجام واکنش PCR با پرایمر ITS2، و بررسی آن توسط ژل آگارز ۲٪ تمام گونه های مرجانی دارایی یک باند ۳۵۰ جفت بازی بودند (شکل ۲).

باندهای حاصل از واکنش PCR با پرایمر ITS2 clamp با اندازه ۳۵۰ جفت باز برای روش DGGE مورد استفاده قرار گرفتند.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

باندهای تشکیل شده بر روی ژل آکریلامید حاصل از روش DGGE در شکل ۳ الف نشان دهنده حضور چندین کلاد بصورت همزمان بر روی هرگونه از مرجان های مورد بررسی می‌باشد و باندهای برش خورده از ژل آکریلامید به منظور انجام واکنش PCR مجدد و سپس توالی یابی در شکل ۳ب قابل مشاهده است.

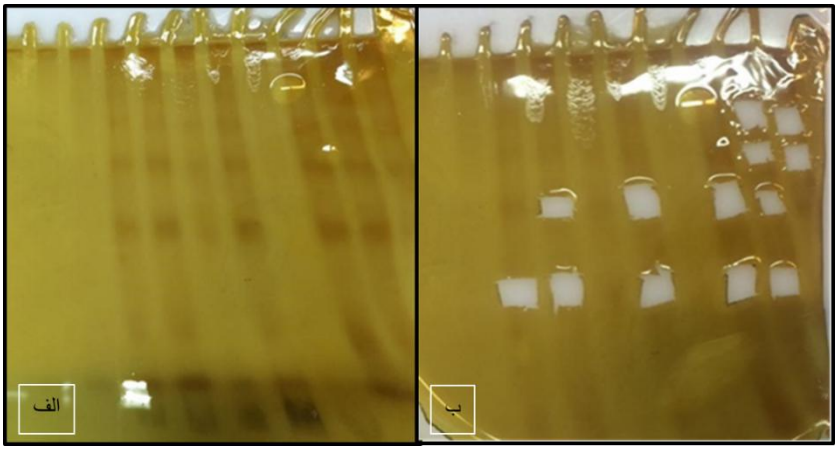
نتیجه حاصل از انجام واکنش PCR با پرایمر ITS2 clamp بر روی نمونه های استخراج شده از ژل آکریلامید در شکل ۴ قابل مشاهده است. پس از تعیین ترادف ژنی روی محصول PCR بدست آمده، دو نوع کلاد D و C در گونه های زیر شناسایی شد: *P. daedalea* میزبان جمعیت های زیر کلاد D۱ بود، درحالی که در آزمایشات مربوط به گونه *P. decussata* با روش های زنجیره ای پلیمراز با پرایمرهای اختصاصی،کلادهای D و C مشاهده شد، در گونه *C. microphthalma* در عمق ۵-۳ متر، کلاد D و زیر کلاد های D۱ ، D1a مشاهده شد.در گونه *A. downingi* تنها کلاد D به عنوان کلاد غالب رویت گردید، در گونه *P. contigua* کلاد C و زیر کلاد C ۱ و در گونه *P. compressa* کلاد D و C و زیر کلاد C ۱ از باند مربوطه از ژل آکریلامید شناسایی شد، در گونه *D. pallida* نیز کلاد غالب D و زیر کلاد D ۱ مشاهده گردید.



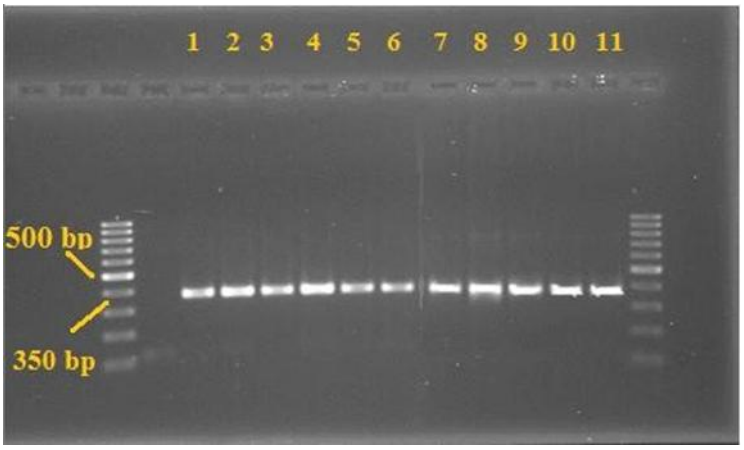
شکل ۲-محصول PCR انجام گرفته با پرایمر ITS2

P. compressa(۷ ،*D. pallida*(۶ ،*P. contigua*(۵ ،*A. downingi*(۴ ،*P. decussata*(۳ ،*P. daedalea*(۲ ،*C. microphthalma*(۱

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]



شکل۳ –الف) باند های تشکیل شده بر روی ژل آکریلامید. **ب)** باند های برش خورده از ژل آکریلامید



شکل ٤– محصول PCR انجام گرفته با DNA استخراج شده از ژل

بحث

در این مطالعه کلادهای D و C و زیرکلاد ۱ D و ۱ C درگونه های مرجانی بررسی شده به عنوان کلاد غالب شناسایی شدند. کلاد Dشایع‌ترین کلاد همزیست در میان گونه‌های مرجانی بود که در قسمت های مختلف شمال خلیج فارس مورد بررسی قرار گرفتند. طبق تحقیقات انجام شده بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۵ در مکان‌های مختلف و همچنین مطالعه حاضر(Ghavam Mostafavi *et al*. 2007; Shahhosseiny *et al*. 2011; Ghavam Mostafavi *et al*. 2013; Mashini *et al*. 2017; Ghavam Mostafavi *et al*. 2025) ، کلاد D یکی از رایج‌ترین جلبک‌های همزیست در خلیج فارس است. در مطالعه حاضر، مرجان‌های غالب سازنده آبسنگ های مرجانی مانند *C. microphthalma*، *P. daedalea* ، *P. decussata* ، *A. downingi* و *D. pallida* دارای کلاد D و زیرکلادهای آن بودند که معمولاً وقتی مرجان‌ها در معرض گرما و نوسانات دما، محیطهای استرس‌زا و سایر شرایطی که بر سلامت مرجان تأثیر منفی می‌گذارند قرار می‌گیرند، به تعداد بیشتری دیده می‌شود (Baker, 2001; State and Gates, 2011) کلاد D به دلیل مقاومت بالاتر در برابر تنش حرارتی (۱ تا ۱/۵ درجه سانتیگراد) نسبت به سایر کلادها، احتمال بیشتری برای زنده ماندن در پدیده سفید شدن مرجان‌ها دارد (Toller *et al*. 2001; Baker *et al*. 2004;

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

(Goulet, 2006; Hume *et al*. 2020; Kaveh *et al*. 2025) از آنجا که کلاد D از نظر حرارتی مقاوم است، مرجان‌هایی که میزبان آنها هستند، در برابر افزایش دمای سطح دریا انعطاف‌پذیرتر هستند (Dehghani *et al*. 2018).

همانطور که گفته شد ، در این مطالعه گونه *P. contigua* با کلاد C و زیر کلاد C ۱ و گونه *P. compressa* با کلاد D و C و زیر کلاد C ۱ همزیستی نشان دادند. گزارش شده است که کلاد C دومین کلاد فراوان نمونه‌برداری شده در جزایر شمالی خلیج فارس است (Ghavam Mostafavi *et al*. 2007). مطالعات انجام شده در سواحل جنوبی خلیج فارس، حضور کلاد C و همچنین وجود گونه مقاوم به گرما *Symbiodinium thermophilum* sp. را نشان داده است (Hume *et al*. 2013; Hume *et al*. 2015). در مطالعه حاضر، *P. compressa* و *P. contigua* همزیستی با زیرکلاد C ۱ را نشان دادند. زیرکلاد C۱ یک زیرکلاد متداول در هند و اقیانوسیه است که از میزبان‌های مختلف و مکان های جغرافیایی متعدد گزارش شده است (LaJeunesse *et al*. 2005; Reimer *et al*. 2006).

طبق مطالعات انجام شده بعضی از گونه های مرجان های مورد بررسی بطور همزمان دارای چند کلاد زوزانتله هستند که این مسئله بدین دلیل است که مرجان ابسنگ ساز برای حفظ بقای خود می‌تواند بطور همزمان میزبان زوزانتله های مختلف باشد و با تغییر شرایط محیطی میزان، نوع و نسبت این جلبک تک سلولی همزیست را تغییر دهد (Goulet *et al*. 2005; Ghavam Mostafavi *et al*. 2007).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق گونه های مرجان های آبسنگ ساز مورد مطالعه بطور همزمان دارای چندین کلاد زوزانتله بودند که با روش DGGE تفکیک و سپس با توالی یابی شناسایی شدند.کلاد D و کلاد C و زیرکلادهای مربوط به آنها کلادهای غالب در این تحقیق بوده که علت حضور آنها مقاومت به تغییر درجه حرارت و همچنین شوری بالا در شرایط استرس زای خلیج فارس می‌باشد.

References

Apprill, A.M. and Gates, R.D., 2007. Recognizing diversity in coral symbiotic dinoflagellate communities. *Molecular Ecology*, 16(6), 1127-1134. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.03214.x

Baker, A.C., 1999. The symbiosis ecology of reef-building corals. University of Miami.

Baker, A.C., 2001. Reef corals bleach to survive change. *Nature*, 411(6839), pp.765-766. https://doi.org/10.1038/35081151

Baker, A.C., Starger, C.J., McClanahan, T.R. and Glynn, P.W., 2004. Corals' adaptive response to climate change. *Nature*, 430(7001), pp.741-741 .http://dx.doi.org/10.1038/430741a

Dehghani, H., Ghavam Mostafavi, P., Fatemi, S.M.R. and Fallah Mehrabadi, J., 2018. Molecular diversity of Symbiodinium spp. within six coral species in Larak Island, the Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 17(1), 151-161. URL: http://jifro.ir/article-1-3275-en.html

Ghavam Mostafavi, P., 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*, 16(2), 177-182. https://doi.org/10.1080/14634988.2013.790281

Ghavam Mostafavi, P., 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*, 153, 25-34. https://doi.org/10.1007/s00227-007-0796-8

Ghavam Mostafavi, P., Salmanpour, M., Ahmadi, A., Qayyem Ashrafi, M., Parsa, S. and Dehghani, H., 2025. Do the reef-building corals around non-residential Shidvar Island tend to be symbionts with

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

heat-resistant Clade D?. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 24(4), pp.953-968. https://doi.org/10.22092/ijfs.2025.134036

Goulet, T.L., 2006. Most corals may not change their symbionts. *Marine Ecology Progress Series*, 321, 1-7. https://doi.org/10.3354/meps

Goulet, T.L., Cook, C.B. and Goulet, D., 2005. Effect of short-term exposure to elevated temperatures and light levels on photosynthesis of different host-symbiont combinations in the Aiptasia pallida/Symbiodinium symbiosis. *Limnology and Oceanography*, 50(5), pp.1490-1498.

Hoegh-Guldberg, O., 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and freshwater research*, 51(8), pp.839–866. URL: https://www.vliz.be/imisdocs/publications/344259.pdf

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K. and Knowlton, N., 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *science*, 318(5857), pp.1737-1742. https://doi.org/10.1126/science.1152509

Hume, B., D'angelo, C., Burt, J., Baker, A.C., Riegl, B. and Wiedenmann, J., 2013. Corals from the Persian/Arabian Gulf as models for thermotolerant reef-builders: prevalence of clade C3 Symbiodinium, host fluorescence and ex situ temperature tolerance. *Marine pollution bulletin*, *72*(2), pp.313-322. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.032

Hume, B.C., D'Angelo, C., Smith, E.G., Stevens, J.R., Burt, J. and Wiedenmann, J., 2015. Symbiodinium thermophilum sp. nov., a thermotolerant symbiotic alga prevalent in corals of the world's hottest sea, the Persian/Arabian Gulf. *Scientific reports*, *5*(1), p.8562. https://doi.org/10.1038/srep08562

Hume, B.C., Mejia-Restrepo, A., Voolstra, C.R. and Berumen, M.L., 2020. Fine-scale delineation of Symbiodiniaceae genotypes on a previously bleached central Red Sea reef system demonstrates a prevalence of coral host-specific associations. *Coral Reefs*, 39(3), 583-601. https://doi.org/10.1007/s00338-020-01917-7

Kaveh, S., Ghavam Mostafavi, P., Hosseini Tafreshi, S.A. and Shahhosseiny, M., 2025. Changes in the symbiotic dinoflagellate and GFP-like protein in heat stress tolerant Porites harrisoni versus heat stress sensitive Acropora downingi: a case study in the Persian Gulf. *Aquatic Ecology*, 1-17. https://doi.org/10.1007/s10452-025-10183-0

LaJeunesse, T.C. and Trench, R.K., 2000. Biogeography of two species of Symbiodinium (Freudenthal) inhabiting the intertidal sea anemone Anthopleura elegantissima (Brandt). *The Biological Bulletin*, 199(2), pp.126-134. https://doi.org/10.2307/1542872

LaJeunesse, T.C., 2005. "Species" radiations of symbiotic dinoflagellates in the Atlantic and Indo-Pacific since the Miocene-Pliocene transition. *Molecular Biology and Evolution*, 22(3), 570-581. https://doi.org/10.1093/molbev/msi042

Mashini, A.G., Fard Yazdani, M., Ghavam Mostafavi, P. and Shahhosseiny, M.H., 2017. Analysis of symbiotic Symbiodinium in scleractinian corals off Northwestern Kish Island, Persian Gulf. *Marine Ecology*, 38(2), 12424. https://doi.org/10.1111/maec.12424

Mashini, A.G., Parsa, S. and Mostafavi, P.G., 2015. Comparison of Symbiodinium populations in corals from subtidal region and tidal pools of northern coasts of Hengam Island, Iran. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 473, 202-206. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.09.007

Mieog, J.C., van Oppen, M.J., Cantin, N.E., Stam, W.T. and Olsen, J.L., 2007. Real-time PCR reveals a high incidence of Symbiodinium clade D at low levels in four scleractinian corals across the Great

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

Barrier Reef: implications for symbiont shuffling. *Coral Reefs*, 26(3), pp.449-457. https://doi.org/10.1007/s00338-007-0244-8

Pochon, X., Stat, M., Takabayashi, M., Chasqui, L., Chauka, L.J., Logan, D.D. and Gates, R.D., 2010. COMPARISON OF ENDOSYMBIOTIC AND FREE-LIVING SYMBIODINIUM (DINOPHYCEAE) DIVERSITY IN A HAWAIIAN REEF ENVIRONMENT 1. *Journal of Phycology*, 46(1), pp.53-65. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2009.00797.x

Reimer, J.D., Takishita, K., Ono, S., Maruyama, T. and Tsukahara, J., 2006. Latitudinal and intracolony ITS-rDNA sequence variation in the symbiotic dinoflagellate genus Symbiodinium (Dinophyceae) in Zoanthus sansibaricus (Anthozoa: Hexacorallia). *Phycological Research*, 54(2), pp.122-132. https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00419.x

Shafeian. E, 2023. Study of seasonal change of antibacterial and antifungal activities of steroids in *Haliclona* sp. (in Lavan and Larak Island, Persian Gulf). *Ph.D. Thesis. Department of Marine Biology. Islamic Azad University, Science and Research Branch.* 47 p. (in Persian).

Shahhosseiny, M.H., Mostafavi, P.G., Fatemi, S.M.R. and Karimi, E., 2011. Clade identification of symbiotic zooxanthellae of dominant sclerectinian coral species of intertidal pools in Hengam Island. *African Journal of Biotechnology*, 10(9), 1502-1506. https://doi.org/ 10.5897/AJB10.1093

State, M. and Gates, R.D., 2011. Clade D Symbiodinium in scleractinian corals: a “nugget” of hope, a selfish opportunist, an ominous sign, or all of the above? *Journal of Marine Science 2011(1),* p.730715. https://doi.org/10.1155/2011/730715

Toller, W.W., Rowan, R. and Knowlton, N., 2001. Repopulation of zooxanthellae in the Caribbean corals Montastraea annularis and M. faveolata following experimental and disease-associated bleaching. *The Biological Bulletin*, 201(3), 360-373. https://doi.org/10.2307/1543614

Veron, J.E.N. and Stafford-Smith, M., 2000. Corals of the World. Volumes 1-3. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, 1382.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]