تاثیر عوامل محیطی بر فراوانی مرحله سیست دایِنوفلاژله‌های ساکن رسوبات سواحل جنوب شرقی ایران در فصل‌های گرم و سرد

گیلان عطاران فریمان[1*]، مهران لقمانی[2]، اسلم میرکازهی ریگی[3]

۱- دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، پست الکترونیکی: gilanattaran@gmail.com

۲- استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، پست الکترونیکی: loghmani_mehran@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، پست الکترونیکی: mirkazehia@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۰ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۹*

چکیده

در این مطالعه تنوع و فراوانی سیست دایِنوفلاژله‌ها در رسوبات سواحل جنوبی ایران در دو فصل زمستان و بهار ۹۴-۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری از رسوبات با استفاده از گرب اکمن با سطح جمع کنندگی ۲۲۵ سانتی‌متر مربع انجام گردید. نمونه‌های سیست در آزمایشگاه زیر میکروسکوپ جداسازی، شناسایی و شمارش شدند. در مجموع ۲۵ گونه مربوط به ۹ جنس دایِنوفلاژله مورد شناسایی قرار گرفتند که جنس‌های *Protoperidinium* با ۵۱/۵۳٪ و *Scrippsiella* با ۱۵/۱۶٪ دارای بیشترین فراوانی بودند و جنس *Zygabikodinium* با ۰/۶۷٪ دارای کم‌ترین فراوانی بودند. از لحاظ فراوانی سیست دایِنوفلاژله‌ها، نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه بین ایستگاه‌ها وجود اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). اما بین دو فصل عدم اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ($P>0/05$). همچنین در این مطالعه ویژگی‌های رسوب و متغیرهای فیزیکی و شیمیایی ستون آب مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که نوع رسوب و میزان کل مواد آلی، همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر دارند. اما دیگر عوامل محیطی از جمله دما، شوری، pH و عمق همبستگی مثبتی را نشان ندادند. به‌طوری‌که ایستگاه گواتر به دلیل داشتن ریزترین دانه‌بندی (گلی) و مقدار مواد آلی با ۵/۲۴٪ دارای بیشترین فراوانی به میزان ۵۱۰ سیست در ۱۰۰ گرم رسوب بود. همچنین مقدار شاخص تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای ایستگاه گواتر با ۲/۴۷ و ۴/۳۲ بیشتر از دیگر ایستگاه‌ها بود. با توجه به نتایج این بررسی می‌توان بیان نمود که نوع دانه و میزان مواد آلی بر تنوع و فراوانی سیست دایِنوفلاژله‌های موجود در رسوبات تأثیر دارند.

کلمات کلیدی: *سیست، دایِنوفلاژله، فراوانی، رسوبات، سواحل جنوبی ایران.*

۱. مقدمه

با افزایش روزافزون کارخانه‌های صنعتی، کشتی‌سازی‌ها، اسکله‌ها، بنادر، خانه‌سازی و ساحل‌نشینی در مناطق مورد مطالعه و به دنبال آن افزایش آلودگی‌های صنعتی و خانگی در آب‌های ساحلی و بستر دریا (رسوبات)، موجودات ساکن در این محیط‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند. سیست دایِنوفلاژله‌ها، از موجودات ساکن در رسوبات هستند و از گروه‌های مهم فیتوپلانکتونی و

حساس به تغییرات زیست‌محیطی به شمار می‌آیند. تنوع زیستی یک عامل کلیدی در محیط‌زیست است که به‌طور مستقیم با عملکرد بوم‌سامانه در ارتباط است. بسیاری از فرآیندهای زنده و غیرزنده بر تنوع فیتوپلانکتون‌ها در بوم‌سامانه‌های آبی نقش دارند که این عوامل ممکن است در مقیاس‌های مختلف از زمان و مکان، تأثیر خود را بر جمعیت فیتوپلانکتون‌ها بگذارند. تغییرات فصلی جامعه فیتوپلانکتون‌ها وابسته به تغییرات دما، هیدرولیک خارجی و بارهایی از مواد مغذی و در دسترس بودن نور می‌باشند. فرآیندهای دیگری در دوره‌های زمانی از چند روز تا چند هفته بر جمعیت این موجودات تأثیر می‌گذارند مانند هواشناسی (باد، باران و ابری بودن) و تغییرات هیدرولوژیک (آب و نهاده‌ها، خروج آب و نوسانات سطح آب). بسته به میزان این عوامل ممکن است در پویایی جمعیت و کاهش و افزایش تنوع گونه‌ها در بوم سامانه‌های آبی تأثیرگذار باشند (Chalar, 2009). دینوفلاژله‌ها یکی از مهم‌ترین گروه‌های تولیدکننده اولیه در سیستم‌های ساحلی و مصب‌ها هستند و دارای بیش از ۲۵۰۰ گونه شناخته شده در سراسر جهان می‌باشند (Price and Pospelova, 2011). تقریباً نیمی از تمامی گونه‌های دینوفلاژله هتروتروف هستند (Price and Pospelova, 2011; Matsuoka et al., 2013) که ۲۰۰ گونه آن‌ها دارای توانایی تشکیل سیست را دارند. در مرحله سیست، سلول از حالت شناور به کف بستر ته‌نشین شده که برای سلول به‌عنوان یک مرحله در حال استراحت به شمار می‌رود. با بررسی این مرحله که به‌عنوان بذر به شمار می‌آیند از لحاظ فراوانی و ترکیب جهت پیش‌بینی کشند قرمز استفاده می‌شوند (Liu et al., 2012). دینوفلاژله‌ها در میان گروه‌های آغازیان دارای بیشترین تعداد گونه مضر هستند و در طول چرخه زندگی خود قابلیت تولید دو نوع مختلف از سلول غیرمتحرک به نام سیست موقت و در حال استراحت را دارند (Minareci et al., 2014). ۱۰٪ از دینوفلاژله‌های مضر در چرخه زندگی خود تشکیل سیست در حال استراحت می‌دهند (Baula et al., 2011). سیست‌های موجود در رسوبات سلول‌های غیرمتحرک در حال استراحت هستند، که معمولاً از طریق تولیدمثل جنسی تکثیر شده اما در موارد تنش‌زای محیطی از طریق غیرجنسی نیز تکثیر پیدا می‌کنند (Satta et al., 2013). مرحله سیست در حال استراحت ممکن است کوتاه‌مدت یا بلند مدت باشد که سیست توسط یک دیواره مقاوم محافظت می‌شود (Minareci et al., 2010). بسیاری از سیست‌های دینوفلاژله‌ها دارای دیواره آلی هستند که در برابر عوامل فیزیکی، شیمیایی و تخریب‌های فیزیولوژیک مقاوم هستند (Price and Pospelova, 2011). بررسی گونه‌های تولیدکننده سیست موجود در رسوبات می‌توانند مشخصه‌ای برای ثبت شکوفا شدن آن‌ها در ستون آب در طول زمان باشند. بنابراین ارزیابی سیست دینوفلاژله‌ها می‌تواند مکمل اطلاعات به‌دست آمده از جمعیت فیتوپلانکتون‌ها باشند (عطاران فریمان و همکاران، ۱۳۹۲). پیش از این نیز در رابطه با سیست دینوفلاژله‌ها در آب‌های کشورمان مطالعاتی انجام شده است.

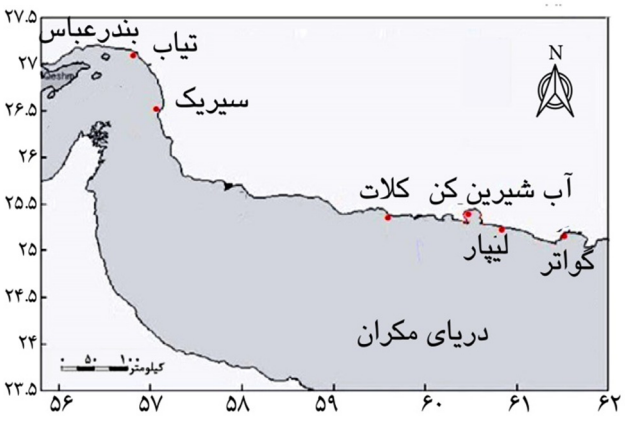
برای اولین بار سیست دینوفلاژله‌ها توسط Attaran-Fariman (2007) در رسوبات جنوب شرق ایران بررسی شدند و به دنبال آن Attaran-Fariman و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی رابطه مرحله سیست و سلول متحرک سه گونه *Protoperidinium* از سواحل جنوب شرق ایران پرداختند. Attaran-Fariman و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی سیست در حال استراحت دینوفلاژله‌ها از رسوبات اخیر سواحل جنوب شرقی ایران پرداختند و۴۰ گونه سیست دینوفلاژله را برای اولین بار از رسوبات دریای عمان شناسایی نمودند. همچنین عطاران فریمان و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی نقش ویژگی‌های رسوب بر فراوانی و تنوع سیست دینوفلاژله‌ها در خلیج چابهار پرداختند و نشان دادند که نوع رسوب نقش مهمی در پراکنش سیست‌های خلیج چابهار دارند. بررسی روند پراکنش و تنوع سیست دینوفلاژله‌ها در رسوبات خلیج گواتر (شمال شرق دریای عمان) نیز بررسی گردید و ۱۶ گونه سیست برای اولین بار شناسایی شد (عطاران فریمان و رئیسی، ۱۳۹۳). در خارج از کشور نیز مطالعات بسیاری روی سیست دینوفلاژله‌ها انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه Liu و همکاران (۲۰۱۲) اشاره نمود. این محققین به بررسی تأثیر منابع آلودگی‌های مختلف روی سیست مدرن در خلیج Sishili، دریای زرد و دریای چین پرداختند و ۳۵ گونه سیست شناسایی کردند. نتایج این محققین نشان داد که فراوانی سیست‌های اتوتروف تحت تاثیر آلودگی صنعتی کم می شوند. Souza و همکاران (۲۰۰۸)، توزیع، تنوع و فراوانی سیست دینوفلاژله‌های منطقه جنوب شیلی را مورد مطالعه قرار دادند و ۲۴ گونه سیست شناسایی کردند. Anil و همکاران (۲۰۱۳b) به بررسی تأثیر ویژگی‌های زیست‌محیطی بر سیست دینوفلاژله‌ها در رسوبات عهد حاضر بندر ویساکاپاتنام، ساحل شرق هند پرداختند و نشان دادند که سیست‌های *Protopredinium* متنوع‌ترین گروه هستند وهمچنین فراوانی سیست‌ها تحت تاثیر

جریانات دریایی و فاکتورهای محیطی آب قرار دارند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر عوامل محیطی بر تنوع و فراوانی سیست دایِنوفلاژله‌ها در سواحل جنوبی ایران از گواتر در دریای مکران تا تنگه هرمز بود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱ موقعیت جغرافیایی

در این مطالعه، ایستگاه‌های مورد نظر بر اساس قرار گرفتن در مناطق خاص از جمله قرارگیری در مجاورت جنگل‌های حرا، کارخانه آب‌شیرین‌کن، اسکله‌ها و بنادر و آب‌های ساحلی انتخاب شدند. نمونه‌برداری از منطقه گواتر با طول جغرافیایی "۲۹ ′۲۹ °۶۱ و عرض جغرافیایی "۱۵ ′۱۰ °۲۵ تا تیاب با طول جغرافیایی "۳۶ ′۴۲ °۵۹ و عرض جغرافیایی "۵۶ ′۴ °۲۷ انجام گرفت (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری سواحل جنوبی ایران

۲-۲ جمع‌آوری نمونه

نمونه‌برداری از هر ایستگاه با استفاده از قایق‌های محلی و توسط گرب اکمن با سطح جمع‌کنندگی ۲۲۵ سانتی‌متر مربع از ۶ ایستگاه و ۳ تکرار در بهمن ماه سال۱۳۹۳ و اردیبهشت سال ۹۴ انجام شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری درون ظرف‌های پلاستیکی درب‌دار قرار داده شدند و به آزمایشگاه دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار انتقال یافتند.

۲-۳ آماده‌سازی و شناسایی نمونه‌ها

به منظوری آماده‌سازی نمونه‌ها، ۱ گرم از رسوبات را با آب دریا مخلوط کرده و پس از سونیکیت[1] با استفاده از الک‌های با سایز ۱۰۰ میکرون به‌منظور جداسازی ذرات درشت‌تر و الک با سایز ۲۰ میکرون برای جداسازی سیست، الک شدند. سپس سیست دایِنوفلاژله‌ها زیر میکروسکوپ اینورت مدل TS100 مشاهده شدند و شمارش گردیدند. شناسایی نمونه‌ها نیز با استفاده از مقالات و منابع در دسترس از جمله Joyce و همکاران (۲۰۰۵) و Attaran-Fariman و همکاران (۲۰۱۲) انجام گرفت. برای تعیین نوع دانه‌بندی رسوبات از روش هیدرومتری (Beretta et al., 2014) و برای تعیین میزان کل مواد آلی موجود در رسوبات بر اساس روش ارائه شده توسط Huang و Lin (۲۰۰۳) استفاده شد. در این بررسی اندازه‌گیری پارامتر درجه حرارت با دماسنج (مدل WTW330 با دقت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد)، شوری با شوری‌سنج چشمی (مدل ATAGO SIMILL)، عمق با استفاده از طناب مدرج متصل به گرب و pH به‌وسیله دستگاه مولتی‌متر دستی انجام گر فت.

۲-۴ آنالیز داده‌های آماری

برای مطالعه تغییرات مکانی و زمانی فراوانی دایِنوفلاژله‌ها در ایستگاه‌های مختلف از آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون Tukey استفاده شد. جهت مقایسه دو فصل از آزمون T-test و همبستگی بین فاکتورهای محیطی شامل دما، شوری، عمق، نوع رسوب، درصد مـواد آلی و pH با فراوانی سیست دایِنوفلاژله‌ها از آزمون همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS، نسخه ۱۹ انجام شد. برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی از نرم‌افزار Primer، نسخه ۵ و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی تأثیر فاکتورهای محیطی بر فراوانی سیست دایِنوفلاژله‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

[1] Sonicator

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی و میانگین فاکتورهای محیطی مناطق مورد مطالعه (میانگین ± انحراف معیار)

ایستگاه	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	عمق (m)	شوری (ppt)	pH	نوع رسوب	دما (°C)	درصد مواد آلی
آب‌شیرین‌کن	"۲۵°۲۴´۵۹	"۶۰°۲۹´۵۲	۸±۰/۷	۰/۵±۳۸	۸±۰/۹	شنی لوم[1]	۲۶/۶±۱/۲	۲/۹۰±۰/۲۴
سیریک	"۲۶°۳۱´۲۱	"۵۷°۴´۸۰	۹±۰/۴	۰/۷±۳۸	۸±۰/۶	شنی رس لوم[3]	۲۶/۸±۱/۶	۶/۰۵±۰/۲۰
گواتر	"۲۵°۱۰´۱۵	"۶۱°۲۹´۲۹	۳±۰/۱	۱/۲±۴۰	۷±۰/۵	رس[4]	۲۶/۸±۰/۹	۵/۲۴±۰/۱۲
لیپار	"۲۵°۱۴´۱۴	"۶۰°۴۸´۳۴	۲۴±۰/۹	۱/۶±۳۹	۷±۰/۶	شنی رس لوم[3]	۲۸/۵±۲/۲	۴/۸۸±۰/۱۴
کلات	"۲۵°۱۶´۴۰	"۵۹°۲۹´۲۲	۷±۰/۶	۰/۷±۳۸	۷±۰/۵	شنی لوم[2]	۲۹/۵±۱/۸	۲/۹۲±۰/۱۲
تیاب	"۲۷°۴۰´۵۶	"۵۶°۴۹´۳۲	۲±۰/۱	۰/۹±۳۸	۸±۰/۵	شنی رس لوم[4]	۲۹/۵±۱/۵	۵/۹۰±۰/۳۴

[1] Sandy loam
[2] Sandy clay loam
[3] Clay

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها، درصد مواد آلی و نوع رسوب مشاهده شد (P<۰/۰۱). اما بین فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها و دیگر فاکتورها، همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده نگردید (P<۰/۰۵) (جدول ۲)، به‌طوری‌که ایستگاه گواتر با داشتن ریزترین دانه‌بندی (گلی) و ۵/۲۴٪ مواد آلی در رسوب بیشترین فراوانی سیست را در بین ایستگاه‌ها دارا بود. همچنین ایستگاه کلات با دانه‌بندی درشت (شنی–لومی) و ۲/۹۲٪ مواد آلی در رسوب کم‌ترین میزان مواد آلی و کم‌ترین فراوانی سیست بود.

جدول ۲: ضریب همبستگی بین فراوانی سیست دینوقلاژله‌ها و فاکتورهای محیطی

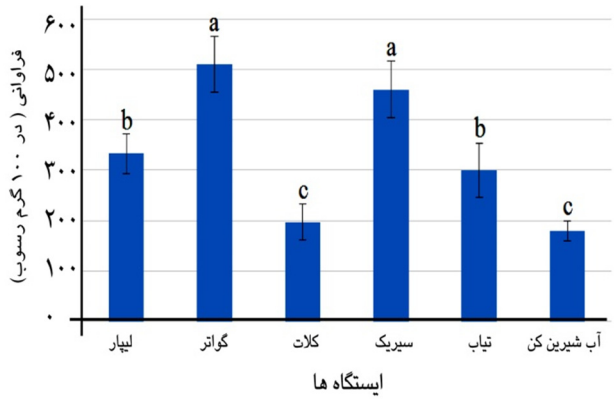
	pH	دما (°C)	عمق (m)	شوری (ppt)	TOM	دانه‌بندی
ضریب همبستگی	۰/۴۳۳*	۰/۱۲۸*	۰/۱۷۶*	۰/۲۷۵*	۰/۶۳۵**	۰/۶۱۳**
Sig	۰/۱۲۰	۰/۲۵۶	۰/۳۸۴	۰/۴۳۸	۰/۰۱	۰/۰۱

* همبستگی با احتمال کمتر از ۰/۰۵ معنی‌داری
** همبستگی با احتمال کمتر از ۰/۰۱ معنی‌داری

در مجموع ۲۷ گونه متعلق به ۷ جنس سیست دینوفلاژله از رسوبات مناطق مورد مطالعه شناسایی شدند. جنس‌های *Protoperidinium* با ۷ گونه، *Scrippsiella* با ۵ گونه، *Spiniferites* با ۳ گونه، *Gonyaulax* با ۳ گونه، *Gymnodinium* با ۲ گونه، *Alexandrium* با ۲ گونه، *Zygabikodinium cf lenticulatum* با ۱ گونه *Cochlodinium* ۱ گونه، و ۲ گونه ناشناخته مورد شناسایی قرار گرفتند که در میان این گونه‌ها چند گونه مضر که پتانسیل تشکیل شکوفایی را دارند مانند *Alexandrium affine*، *Cochlodinium polykrikoides*، *Scrippsiella trochoidea* حضور داشتند (جدول ۳). گونه‌های مضر *C. polykrikoids* در اغلب مناطق به جز ایستگاه‌های واقع در مناطق لیپار و تیاب حضور داشتند که دارای بیشترین فراوانی در منطقه کلات بودند (جدول ۳). گونه *S. trochoidea* دارای بیشترین فراوانی (۱۱,۷۷٪) در ایستگاه‌های واقع در منطقه گواتر بود (جدول ۳).

گونه‌های متعلق به جنس *Protoperidinium* با ۵۱/۵۳٪ فراوانی در ۱۰۰گرم رسوب دارای بیشترین درصد و گونه جنس *Zygabikodinium cf lenticulatum* با ۰/۶۷٪ فراوانی در ۱۰۰ گرم رسوب دارای کم‌ترین درصد فراوانی در میان جنس‌های مشاهده شده بودند (شکل ۳).

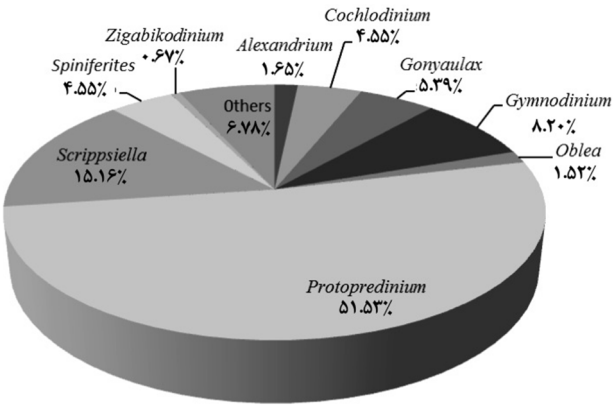
میانگین فراوانی ایستگاه‌های گواتر، سیریک، لیپار، تیاب، کلات، آب‌شیرین‌کن به ترتیب ۵۸±۵۱۰، ۵۶±۴۶۰، ۴۰±۳۳۳، ۵۳±۳۰۰، ۳۶±۱۹۷ و ۲۰±۱۸۰ عدد سیست در ۱۰۰ گرم رسوب محاسبه گردیدند. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که از لحاظ فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها، اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها وجود دارد (P<۰/۰۵). اما فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها بین دو فصل اختلاف معنی‌داری نشان نداد (P>۰/۰۵).



شکل۲: مقایسه فراوانی (میانگین ± انحراف معیار) سیست دینوفلاژله‌ها در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری.
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار (P>۰/۰۵).

جدول ۳: حضور و عدم حضور گونه‌های شناسایی شده و درصد فراوانی آن‌ها در مناطق مورد مطالعه در کل دوره نمونه‌برداری

سیست دایونوفلاژله	ایستگاه					
	لیپار	گواتر	تیاب	سیریک	کلات	آب‌شیرین‌کن
Alexandrium affine	-	۳,۹۲	–	۲,۹۰	–	–
Cochlodinium polykrikoides	-	۵,۸۸	–	۶,۵۲	۱۰,۱۷	۵,۵۶
Gonyaulax cf. scrippsae	-	۲,۶۱	–	–	–	–
Gonyaulax polykrikoides	-	–	۲,۲۵	۸,۷۰	–	–
Gonyaulax sp.	-	–	۳,۳۷	–	۵,۰۸	۵,۵۶
Gymnodinium nolleri	۳	–	۳,۳۷	۲,۱۷	–	–
Gymnodinium trapeziforme	۵,۰۱	۹,۸۱	۳,۳۷	۴,۳۵	۵,۰۸	۱۶,۶۷
Oblea acanthocysta	-	۴,۵۸	–	–	–	۳,۷۰
Protoperidinium leonis	۵,۰۱	۳,۹۲	۱۰,۱۱	–	–	–
Protoperidinium cf. thorianum	۹	–	۲۰,۲۲	۱۰,۱۵	–	–
Protoperidinium avellana	۱۵	۹,۸۱	–	۱۳,۰۴	۲۰,۳۴	۱۶,۶۷
Protoperidinium cf. denticulatum	۱۲	۵,۸۸	–	۸,۷۰	–	–
Protoperidinium compressum	۳	۳,۹۲	۳,۳۷	–	۸,۴۹	–
Protoperidinium oblongum	۶	۵,۸۸	۱۳,۴۸	۶,۵۲	۸,۴۹	۹,۲۸
Protoperidinium pentagonum	۱۵	۵,۸۸	۲۰,۲۲	۱۳,۰۴	۶,۷۶	–
Protoperidinium sp.1	-	۱۳,۷۳	–	–	–	–
Scrippsiella crystalline	-	–	۳,۳۷	–	۵,۰۸	۵,۵۶
Scrippsiella irregularis	۳	۱,۹۶	۱,۱۱	–	–	۱۲,۹۴
Scrippsiella sp.1	۹	–	۵,۶۳	–	–	۱۲,۹۶
Scrippsiella trochoidea	۳	۱۱,۷۷	–	۴,۳۵	۵,۰۸	–
scripsiclla kirschiae	۶	–	–	۷,۲۴	–	۵,۵۶
Spiniferites mirabilis	-	۰,۶۵	–	۲,۱۷	۱۵,۲۵	–
Spiniferites ramosus	-	۱,۳۱	۳,۳۷	–	۵,۰۸	–
Spiniferites sp.1	-	–	–	۲,۱۷	–	۵,۵۶
unknown type1	۶	۳,۹۲	۶,۷۴	۲,۱۷	۵,۸	–
unknown type2	-	۱,۹۶	–	۵,۸۰	–	–
Zygabikodinium cf. lenticulatum	-	۲,۶۱	–	–	–	–

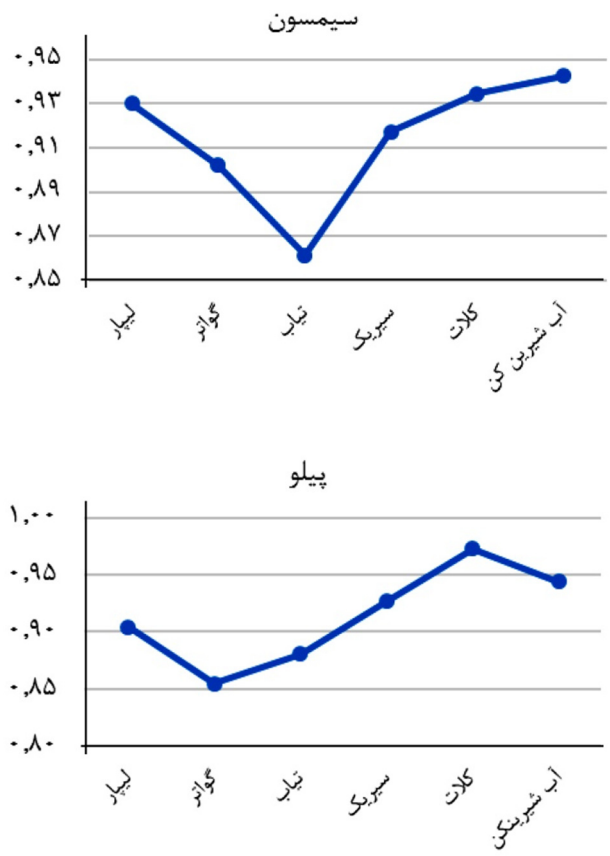


شکل ۳: درصد فراوانی جنس‌های سیست در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مناطق مورد مطالعه

شاخص‌های زیستی برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص تنوع (شانون) در ایستگاه گواتر (۲/۴۷) و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه تیاب (۲/۰۶) است. بیشترین مقدار شاخص غنای گونه‌ای (مارگالف) در ایستگاه گواتر (۴/۳۲) و کمترین مقدار آن در ایستگاه آب‌شیرین‌کن (۱/۱) مشاهده شد. همچنین ایستگاه گواتر (۰/۹۲) دارای بیشترین مقدار شاخص غالبیت (سیمپسون) بوده و ایستگاه کلات (۰/۸۱) دارای کمترین مقدار این شاخص می‌باشد. شاخص یکنواختی (پیلو) در ایستگاه گواتر (۰/۹۸۵) بیشترین و ایستگاه کلات (۰/۹۰۸) کمترین میزان این شاخص را به خود اختصاص دادند (شکل ۴).

در مطالعه حاضر تأثیر فاکتورهای محیطی از قبیل دما، شوری، عمق، نوع رسوب، درصد مواد آلی و pH (جدول ۱) با فراوانی سیست دایونوفلاژله‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین فاکتورهای محیطی مانند دانه‌بندی و میزان مواد آلی با فراوانی دایونوفلاژله‌ها وجود دارد ($P<0/01$) (جدول ۱). Baula و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که اندازه رسوب، مواد مغذی و عمق آب از متغیرهای مهم در ارتباط با توزیع سیست هستند. همچنین تنوع و غنای گونه‌ای در ارتباط با نوع رسوب (گل و لای، لجن)، مواد معدنی (کربنات‌ها)، بادهای موسمی، و عمق می‌باشند. سیست دایونوفلاژله‌ها پاسخ‌های متفاوتی به غنی‌سازی مواد غذایی و آلودگی صنعتی نشان

می‌دهند، به طوری‌که افزایش مواد مغذی می‌توانند موجب افزایش فراوانی سیست در رسوب شوند (Liu et al., 2012). Pospelova و همکاران (۲۰۰۵) توزیع مکانی سیست از چند مصب آلوده در سواحل شمال شرقی ایالات‌متحده را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که فراوانی سیست با فاصله‌گیری از منابع اصلی غنی‌سازی مواد مغذی به‌تدریج افزایش می‌یابد. همچنین این محققین بیان نمودند که ممکن است آلودگی صنعتی سبب کاهش فراوانی و یا تغییر نسبت بین سیست هتروتروف و اتوتروف شود. جمعیت داینوفلاژله‌ها در محیط‌زیست تحت تأثیر عواملی مانند دما، شوری، مواد مغذی، کدورت و آلودگی قرار دارند (Anil et al., 2013b). تفاوت در توزیع و فراوانی سیست داینوفلاژله‌ها در بین مناطق مختلف عمدتاً توسط دو عامل ایجاد می‌گردد. ۱- تفاوت در فراوانی سلول‌های رویشی حاصل از بازده تولید سیست ۲- تفاوت در رژیم‌های رسوبی در مناطق مختلف (Joyce et al., 2005). در مطالعه حاضر نیز اطلاعات مفید و نسبتاً مشابه‌ای به تحقیقات پیشین، در مورد تأثیر فاکتورها بر تنوع و فراوانی سیست داینوفلاژله‌ها به دست آمد.



شکل ۴: شاخص‌های تنوع در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مناطق مورد مطالعه

نتایج حاصل از بررسی دانه‌بندی و میزان مواد آلی نشان داد که تنوع و فراوانی سیست داینوفلاژله‌ها با دانه‌بندی و میزان مواد آلی در رسوبات رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. به طوری‌که ایستگاه گواتر به دلیل داشتن ریزترین دانه‌بندی (گلی)، میزان مواد آلی مناسب (۵/۲۴٪) و قرار داشتن در جنگل‌های بکر و غنی حرا بیشترین تنوع و فراوانی را نسبت به دیگر ایستگاه‌ها به خود اختصاص داد. اما ایستگاه آب‌شیرین‌کن از کم‌ترین تنوع و فراوانی برخوردار بود که به دلیل داشتن دانه‌بندی درشت (شنی-لومی)، میزان مواد آلی کم (۲/۹۶٪)، مواج بودن آب هنگام نمونه‌برداری در این ایستگاه به دلیل بادهای موسمی و به هم زدن رسوبات و قرار داشتن ایستگاه در معرض تخلیه آلودگی‌های پساب ناشی از کارخانه آب شیرین کن باشد. آب‌شیرین‌کن‌ها موجب اثرات مخرب زیست‌محیطی مانند افزایش شوری و درجه حرارت، برهم خوردن خصوصیات شیمیایی آب دریا در اطراف محل دفع پساب حاصل از فعالیت آب‌شیرین‌کن‌ها می‌شوند (محبیان و همکاران ۱۳۹۵؛ میری و همکاران، ۱۳۹۳). Liu و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که روی تاثیر آلودگی بر تراکم و

توغ سیست دینوفلاژله‌ها انجام دادند، گزارش نمودند که آلودگی ناشی از فاضلاب کارخانه آب‌شیرین‌کن، موجب کاهش تنوع و فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها در مناطق آلوده به فاضلاب می‌شود. ایستگاه سیریک (۶/۰۴٪) بیشترین میزان مواد آلی و رسوب گلی-شنی دارای بیشترین فراوانی در میان ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه گواتر بود. ایستگاه لیپار نیز با میزان مواد آلی (۵/۹۰) و رسوب گلی-ماسه‌ای دارای فراوانی بیشتری نسبت به دو ایستگاه تیاب و کلات نشان داد که دلیل آن می‌تواند رسوب درشت و میزان کم مواد آلی (۲/۹۶) ایستگاه کلات و ایستگاه تیاب باشد. در این مطالعه سیست‌های جنس *Protoperidinium* بیشترین فراوانی را در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه به خود اختصاص دادند. در مطالعه عطاران فریمان و همکاران (۱۳۹۲) در خلیج چابهار جنس‌های *Scrippsiella* و *Protoperidinium* هر کدام با ۷ گونه دارای بیشترین تنوع گونه‌ای بودند. همچنین عطاران فریمان و رئیسی (۱۳۹۴) با مطالعه‌ای که در خلیج گواتر روی فراوانی و پراکنش سیست دینوفلاژله انجام دادند، گزارش نمودند که سیست‌های جنس *Protoperidinium* دارای بیشترین درصد فراوانی نسبت به دیگر سیست‌های شناسایی شده در این تحقیق بودند. عطاران فریمان و همکاران (۱۳۹۲) بیان نمودند که تنوع و فراوانی یک جنس یا گونه می‌تواند به دلیل توانایی سازگاری بالای آن‌ها با شرایط زیست‌محیطی باشد. در این تحقیق گونه‌های *Protoperidinium avellana*، *Protoperidinium oblongum*، *Gymnodinium trapeziforme*، *Protoperidinium pentagonum* در ۱۰۰ گرم رسوب بیشترین فراوانی را داشتند. در میان گونه‌های شناسایی شده چند گونه مضر مانند *Alexandrium affine*، *Cochlodinium polykrikoides*، *Scrippsiella trochoidea* نیز مشاهده شد که هر کدام با فراوانی کم در ایستگاه‌ها حضور داشتند. گونه *Gymnodinium trapeziforme* که برای اولین بار توسط Attaran-Fariman (2007) کشف و نام‌گذاری گردید، در تمامی ایستگاه‌های دریای عمان در این تحقیق نیز مشاهده گردید.

تنوع زیستی یکی از مهم‌ترین اهداف مطالعات علمی در چند دهه گذشته بوده و همچنان به‌عنوان یک موضوع مهم مورد توجه محققان است. مقدار شاخص غنای گونه‌ای نشان‌دهنده میزان شایستگی یک زیستگاه برای رشد گونه‌های مختلف در آن زیستگاه می‌باشد. هرچه مقدار شاخص یکنواختی در یک منطقه بالاتر باشد، نشان‌دهنده مساعد بودن شرایط آن محیط برای زیست گونه‌های مختلف است. همچنین هر چه مقدار تنوع گونه-ای در یک منطقه افزایش یابد، غالبیت کاهش پیدا می‌کند؛ که این به دلیل رابطه عکس بین شاخص تنوع گونه‌ای با شاخص غالبیت می‌باشد. در این تحقیق بیشترین مقدار تنوع گونه‌ای و غنای گونه‌ای را ایستگاه گواتر به ترتیب با ۲/۴۷ و ۴/۳۲ نشان داد که دلیل آن داشتن ریزترین دانه‌بندی و میزان بالای مواد آلی می‌باشد. ایستگاه آب‌شیرین‌کن به دلیل داشتن نوع رسوب دانه درشت و ورود آلودگی ناشی از پساب کارخانه آب‌شیرین‌کن، از تنوع آن کاسته شده و بیشترین غالبیت (۰/۹۳۶)را دارا بود و ایستگاه کلات نیز دارای کمترین میزان یکنواختی (۰/۹۰۸) بود. در مطالعه مشابهی که عطاران فریمان و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی نقش ویژگی‌های رسوب بر فراوانی و تنوع سیست دینوفلاژله‌ها در خلیج چابهار پرداختند، ۲۲ گونه متعلق به ۶ جنس مورد شناسایی قرار گرفت و فقط یک عدد سیست *Alexandrium tamarense* در صد گرم رسوب در یک ایستگاه مشاهده شد و آن‌ها احتمال بلوم این گونه را در دریای عمان اندک شمردند. Anil و همکاران (۲۰۱۳a) توزیع سیست دینوفلاژله‌ها در رسوبات سواحل جنوب شرق هند را مورد مطالعه قرار دادند و ۲۴ گونه سیست را شناسایی کردند. در تحقیق آن‌ها، رسوبات دانه‌ریز (گلی) دارای بیشترین فراوانی سیست بود. بوم سامانه‌های دریا تحت تأثیر عوامل داخلی و خارجی زیادی هستند که مجموع این عوامل بر تنوع و فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها تأثیر می‌گذارد که از جمله این عوامل می‌توان به میزان مواد آلی و نوع رسوب اشاره نمود (عطاران فریمان و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضرمی‌توان بیان کرد که تنوع و فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها تحت تأثیر عواملی چون دانه‌بندی و میزان مواد آلی می‌باشند که مطابق با نتایج حاصل از مطالعه Baula و همکاران (۲۰۱۱) است.

۴. نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور بررسی فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها در رسوبات سواحل جنوبی ایران انجام گرفت. در مجموع ۲۵ گونه مربوط به ۹ جنس دینوفلاژله مورد شناسایی قرار گرفتند. نتایج بررسی آماری فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها بین ایستگاه‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های مختلف وجود دارد. با توجه به نتایج همبستگی (پیرسون)، ارتباط مثبت و معنی-

داری بین دانه‌بندی (رسوبات دانه‌ریز) و درصد مواد آلی با فراوانی سیست دینوفلاژله‌ها می‌توان بیان کرد. تفاوت در فراوانی به دلیل تفاوت در نوع رسوب، درصد مواد آلی و مناطق آلوده یا غیرآلوده می‌باشد. همچنین در میان سیست‌های شناسایی شده در تحقیق حاضر چند گونه مضر که پتانسیل تشکیل شکوفایی پلانکتونی را دارند مانند *Alexandrium affine*، *Scrippsiella trochoidea*، *Cochlodinium polykrikoides* حضور داشتند که دارای فراوانی کمی بودند. پیش‌بینی زمان و مکان شکوفایی پلانکتونی در مناطق مختلف مستلزم مطالعات دقیق و طولانی مدت می‌باشد.

۴. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسوولین محترم آزمایشگاه دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، آقایان مهندس زادعباس و فاضلی و خانم‌ها جهانتیغ و بهروزی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

محبیان، م.؛ تقوی، ل.؛ سعادتیان، س.، ۱۳۹۵. بررسی اثرات ناشی از آب‌شیرین‌کن‌ها صنعتی بر بوم سامانه آبی خلیج‌فارس، پایداری، توسعه و محیط‌زیست، دوره دوم، شماره ۳، صفحات ۱۴-۱.

میری، م.؛ نبوی س.ب.؛ دوست‌شناس، ب.؛ صفاهیه، ع.؛ لقمانی، م.، ۱۳۹۳. اثرات تغییرات شوری و دمای ناشی از آب نمک تخلیه شده از کارخانه‌ی آب‌شیرین‌کن بر روی ساختار جمعیت پرتاران در خلیج چابهار، مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۱۳، شماره ۳، پاییز. صفحات ۱-۱۳.

عطاران فریمان، گ.؛ نورزایی، ص.؛ جعفری، ح.، ۱۳۹۲. نقش ویژگی‌های رسوب بر فراوانی و تنوع سیست دینوفلاژله‌ها در خلیج چابهار، مجله علمی- پژوهشی زیست‌شناسی دریا / دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال پنجم، شماره بیستم، صفحات ۳۰-۲۱.

عطاران فریمان، گ.؛ رئیسی، آ.، ۱۳۹۳. روند پراکنش و تنوع سیست دینوفلاژله‌ها در رسوبات خلیج گواتر (شمال شرق دریای عمان)، مجله علمی شیلات ایران، سال ۲۴، شماره ۳، صفحات ۱۶۳-۱۵۱.

Anil, A.C.; Patil, J.S.; Narale, D.D., 2013a. Dinoflagellate cyst distribution in recent sediments along the south-east coast of India. Oceanologia, 55(4): 979-1003.

Anil, A.C.; Sawant, S.S.; D'Silva, M.S., 2013b. Dinoflagellate cyst assemblages in recent sediments of Visakhapatnam harbour, east coast of India: Influence of environmental characteristics. Marine Pollution Bulletin, 66: 59-72.

Attaran-Fariman, G., 2007. Dinoflagellate cysts and *Chattonella* resting stages from resent sediments of the southeast coast of Iran. PhD thesis, University of Tasmania, Langston, Australia, 350p.

Attaran-Fariman, G.; Khodami, G.; Bolch, C.J.S., 2011. The cyst-motile stage relationship of three *Protoperidinium* species from Iran south-east coast. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(1): 1-12.

Attaran-Fariman, G.; Khodami, G.; Bolch, C.J.S., 2012. First observation of dinoflagellate resting cysts from recent sediments of the southeast of Iran. Algological Studies, 140: 51-80.

Baula, L.U.; Azanza, R.V.; Fukuyo, Y.; Siringan, F.P., 2011. Dinoflagellate cyst composition, abundance and horizontal distribution in Bolinao, Pangasinan, Northern Philippines. Harmful Algae, 11: 33-44.

Beretta, A.N.; Silbermann, A.V.; Paladino, L.; Torres, D.; Bassahun, D.; Musselli, R.; Garcia-Lamohte, A., 2014. Soil texture analyses by hydrometer: modifications of the Bouyoucos method. Ciencia Investigacion Agraria, 41(2): 263-271.

Chalar, G., 2009. The use of phytoplankton patterns of diversity for algal bloom management. Limnologica, 63: 200-208.

Huang, K.M.; Lin, S., 2003. Consequences and implication of heavy metal spatial variation in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan. Chemosphere, 53(9): 1113-1121.

Joyce, L.B.; Pitcher, G.C.; Randt, A.D.; Monteiro, P.M.C., 2005. Dinoflagellate cysts from surface sediments of Saldanha Bay, South Africa: an indication of the potential risk of harmful algal blooms. Harmful Algae,

Micropaleontology, 80: 44-52.

Pospelova, V.; Chmura, G.L.; Boothman, W.S.; Latimer, J.S., 2005. Spatial distribution of modern dinoflagellate cysts in polluted estuarine sediments from Buzzards Bay (Massachusetts, USA) embayments. Marine Ecology Progress Series, 292: 23-40.

Price, A.M.; Pospeloval, V., 2011. High-resolution sediment trap study of organic-walled dinoflagellate cyst production and biogenic silica flux in Saanich Inlet (BC, Canada). Marine Micropaleontology, 80: 18-43.

Satta, C.T.; Angles, S.; Luglie, A.; Guillen, J.; Sechi, N.; Camp, J.; Garces, E., 2013. Studies on dinoflagellate cyst assemblages in two estuarine Mediterranean bays: A useful tool for the discovery and mapping of harmful algal species. Harmful Algae, 24: 65-79.

Souza, D.C.A.; Varela, D.; Navarrete, F.; Fernandez, P.; Leal, P., 2008. Distribution abundance and diversity of modern dinoflagellate cyst assemblages from southern chile (43-54°S). Botanica Marina, 51: 399-410.

4: 309-318.

Liu, D.S.; Shi, Y.; Di, B.; Sun, Q.; Wang, Y.; Dong, Z.; Shao, H., 2012. The impact of different pollution sources on modern dinoflagellate cysts in Sishili Bay Yellow Sea, China. Marine Micropaleontology, 84: 1-13.

Matsuoka, K.; Sarai, C.; Yamaguchi, A.; Kawami, H., 2013. Two new species formally attributed to *Protoperidinium oblongum* (Aurivillius) Park et Dodge (Peridiniales, Dinophyceae): Evidence from cyst incubation experiments. Review of Palaeobotany and Palynology, 192: 103-118.

Minareci, E.; Aydin, H.; Uzar, S., 2010. Dinoflagellate cyst assemblages in the surface sediments from Izmir bay, Aegean Sea, Eastern Mediterranean. Scientific Research and Essays, 5(3): 285-295.

Minareci, E.; Aydın, H.; Matsuoka, K., 2014. Distribution of dinoflagellate cysts in recent sediments from Izmir Bay (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). Marine