

اثر پارامترهای محیطی بر سیست داینوفلازلهای *Gymnodiales* و *Gonyaulacales* در سواحل دریای عمان و تنگه هرمز

در سواحل دریای عمان و تنگه هرمز

گیلان عطاران فریمان^{*}^۱، مژده خلیلی^۱، پروین صادقی^۱

* Gilan.attaran@gmail.com

۱-دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه زیست شناسی دریا

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۶

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی اثر پارامترهای محیطی بر فراوانی سیست داینوفلازلهای دو راسته *Gymnodiales* و *Gonyaulacales* ساکن رسوبات سواحل دریای عمان و تنگه هرمز در دو فصل بهار ۱۳۹۴ و زمستان ۱۳۹۳ است. بررسی داینوسیستها در رسوبات دریا به شناخت مناطقی که احتمال بلوم گونه‌های مضر داینوفلازلهای وجود دارد، کمک می‌کند. بدین منظور از رسوبات ۱۵ ایستگاه از مناطق پسابتند، رمین، کنارک، گالک و اول خورتیاب با استفاده از گرب اکمن نمونه برداری شد. پارامترهای شوری، درجه حرارت، اسیدیته و عمق ستون آب به طور همزمان با نمونه برداری در مناطق مورد مطالعه سنجش شدند. در آزمایشگاه دانه‌بندی رسوبات و میزان کل مواد آلی رسوبات اندازه‌گیری شد و سیستهای داینوفلازله، جداسازی، شناسایی و شمارش شدند. بررسی ارتباط بین پارامترهای محیطی و گونه‌های سیست داینوفلازله با استفاده از آنالیز رسته بندی CCA نشان داد که تحلیل تطبیقی متعارفی (Canonical Correspondence Analysis) انجام شد. نتایج رسته بندی آنالیز CCA نشان داد که فراوانی سیست داینوفلازلهای دار تاثیر پارامترهای محیطی و دانه‌بندی رسوبات است ($p < 0.05$). فراوانی و پراکنش داینوسیستها در فصل زمستان، متاثر از پارامترهای درصد سیلت، شن، سیلت و رس و میزان کلی مواد آلی بود و در فصل بهار متاثر از پارامترهای درجه حرارت و عمق آب، درصد شن، سیلت، سیلت و رس، رس و میزان کل مواد آلی بود.

کلمات کلیدی: داینوفلازله، *Gymnodiales*، *Gonyaulacales*، رسوبات، دریای عمان

* نویسنده مسئول

مقدمه

پژوهش ۷۱ گونه داینوسیست را بررسی کردند (Zonneveld *et al.*, 2013). مطالعات سیستهای داینوفلازله محدود به مطالعات عطاران در آبهای جنوبی ایران است که به بررسی مورفولوژی و مولکولی گونه‌های سیست داینوفلازله پرداخت و ۴۰ گونه سیست داینوفلازله Attaran-Fariman *et al.* (2012). از اهداف این تحقیق معرفی سیستهای داینوفلازله دو راسته Gonyaulacales و Gymnodiales سواحل جنوب شرقی ایران و تنگه هرمز و بررسی ارتباط گونه‌های سیست داینوفلازله با ایستگاه‌ها و پارامترهای محیطی در دو فصل زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴ است.

مواد و روش کار

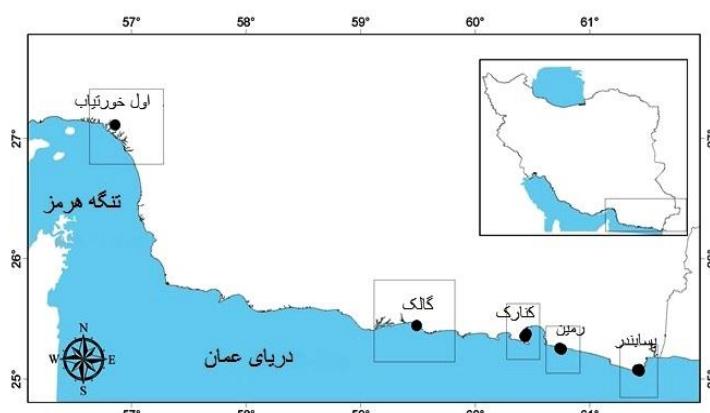
در این مطالعه به بررسی سیستهای داینوفلازله دو راسته Gymnodiales و Gonyaulacales در رسوبات ۱۵ ایستگاه در پنج منطقه پس‌بندر، رمین، کنارک، گالک و اول خورتیاب که در ساحل دریای عمان و تنگه هرمز قرار دارند، پرداخته شده است (شکل ۱). دریای عمان به شدت تحت تاثیر بادهای موسمی است (عطاران فریمان و رئیسی، ۱۳۹۴). در مناطق مورد مطالعه، فصل بهار قبل از شروع بادهای موسمی جنوب شرقی گرمترین فصل سال است و فصل زمستان، زمان مانسون شمال شرقی، سردرین فصل سال است. نمونه برداری با استفاده از گرب اکمن از رسوبات پانزده ایستگاه با سه تکرار در فصل زمستان ۱۳۹۳ و فصل بهار ۱۳۹۴ انجام شد. شوری با دستگاه شوری‌سنچ چشمی (مدل ATAGOSIMill)، درجه حرارت با دماسنچ (مدل ε30 WTW با دقت ۰/۱ درجه سانتی گراد) و pH به وسیله مولتی متر دستی در محل نمونه برداری اندازه گیری شد. رسوبات پس از نمونه برداری به آزمایشگاه منتقل شدند و در محیط تاریک نگهداری شدند. دانه بندی رسوبات جهت دانه‌بندی در یخچال هیدرومتری (TOM) رسوبات با استفاده از روش Danovaro و Castañeda *et al.*, 1999; (Danovaro, 2009) انجام شد. میزان ۱۰ گرم از رسوبات با آب دریا مخلوط شد و در دستگاه هموژنایزر (مدل 400R) قرار گرفت و سپس از آلکهای با منفذ ۹۰ و ۲۰ میکرون الک شد. سپس سیستهای با استفاده از میکروسکوپ اینورت Nikon مدل TS100 جداسازی،

داینوفلازله‌ها از مهم‌ترین جمعیت‌های پلانکتونی هستند که نقش مهمی را به عنوان تولیدکنندگان اولیه در اکوسیستم‌های آبی ایفا می‌کنند (Shin *et al.*, 2014). سیست یک مرحله کمون در چرخه زندگی داینوفلازله‌ها است. تشکیل سیست یک مکانیسم محافظتی در داینوفلازله‌ها است که آنها را در برای شرایط نامطلوب، حذف یا کاهش مواد مغذی، چرا، رقابت و آشفتگی‌های Morquecho & Lechuga-Devéze, 2003 اکوسیستم آبی محافظت می‌کند.

تشکیل سیست باعث تبدیل تعداد زیادی سلول‌های رویشی ستون آب به سیست شده و در نتیجه تعداد سلول رویشی در ستون آب کاهش می‌یابد (Tract, 2007). مورفولوژی کلی سیست‌ها به بدن اصلی (Process) که برروی بدن اصلی رویش پیدا می‌کنند، وابسته است (Sarjeant, 1974). به طور کلی مطالعه فراوانی و پژوهش داینوسیست‌ها یک ابزار مفید و کاربردی برای مطالعات اکولوژیکی و نظارتی است که برای بررسی مناطقی که احتمال شکوفایی گونه‌های مضر داینوفلازله وجود دارد، استفاده می‌شود (Hallegraeff *et al.*, 2003). تعدادی از فیتوپلانکتون، دارای دوره رویشی کوتاه هستند و ممکن است در طی نمونه‌برداری از ستون آب مشاهده نشوند اما با بررسی سیست این گونه‌ها در مناطق مورد مطالعه، می‌توان به جامعه فیتوپلانکتونی حاضر در آن منطقه پی برد (Godhe & McQuoid, 2003). فراوانی و اجتماعات سیستهای داینوفلازله در سطح رسوبات معمولاً با پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و محیطی آب و جنس رسوبات سنجیده می‌شود زیرا که نشان‌دهنده جنبه‌های مختلف اکولوژی سیستهای داینوفلازله است (Price & Pospelova, 2011). در سال ۱۹۷۷ اثر عوامل محیطی در پژوهش سیست‌ها در عرض‌های گغرافیایی مختلف در مناطق شمال و جنوب اقیانوس اطلس، دریای کارائیب، دریای مدیترانه و جنوب شرقی اقیانوس آرام نزدیک پرو پرداختند و بیان پژوهش داینوسیست‌ها هستند (Wall *et al.*, 1977). Godhe و همکاران (Wall, 2001) به بررسی روابط دانه‌بندی رسوبات و جریانات از عوامل اصلی پژوهش داینوسیست‌ها هستند. Godhe *et al.*, 2001 نیز در سال ۲۰۰۱ همکارانش داینوسیست‌ها با پارامترهای محیطی در آبدرهای سودان پرداختند (Godhe *et al.*, 2001). Zonneveld و همکاران در سال ۲۰۱۳ نیز، تاثیر پارامترهای محیطی بر

متغیرهای محیطی در ایستگاههای مختلف) انجام شد. آنالیز Forward selection برای شناسایی پارامترهایی که بیشترین اثر و تغییرات معنی دار را در مجموعه داده-های گونه ایجاد می‌کنند، استفاده شد. تحلیل نتایج CCA با استفاده از نرم‌افزار CanoDraw از مجموعه نرم-افزاری CANOCO به صورت نمودارهای رسته‌بندی رسم شده است. در نمودار سه پلاتی CCA، پارامترهای محیطی به وسیله بردارها نمایش داده می‌شوند. جهت بردار به سمت حداکثر تنوع و تغییرات است. طول هر بردار اهمیت هر پارامتر محیطی را نشان می‌دهد. ter Braak & Verdonschot., 1995; Pospelova, (2003)

شناسایی و شمارش شدند (Attaran-Fariman *et al.*, 2012). پارامترهای محیطی شامل؛ درجه حرارت، شوری، اسیدیته، عمق، درصد شن، درصد رس، درصد سیلت، درصد سیلت و رس، مجموع مواد آلی (TOM) برای آنالیز تحلیل تطبیقی متعارفی Canonical Analysis (CANOCO) در نرم افزار correspondence Analysis ورژن 4.5 ویندوز استفاده شد. از آنالیز رسته‌بندی تحلیل تطبیقی متعارفی CCA برای بررسی روابط گونه‌های سیستم‌های داینوفلازله با پارامترهای محیطی استفاده شد (Ter Braak, 1986). آنالیز CCA با استفاده از ماتریس داده‌های گونه‌های سیستم داینوفلازله (گونه‌ها در ایستگاه های، مختلف) و به طور همزمان، ماتریس داده‌های محیط،



شکل ۱: موقعیت مناطق نمونه برداری در سواحل دریای عمان و تنگه هرمز در زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴

Figure 1: Position of sampling area in Oman Sea coasts and the Strait of Hormuz in winter and spring of 2015

نماج

در این بررسی، در مجموع ۲۳ گونه (جدول ۱) متعلق به Gymnodiales و Gonyaulacales شناسایی شدند که ۱۸ گونه مربوط به راسته Gonyaulacales و ۵ گونه مربوط به راسته Gymnodiales است. ۱۲ گونه Alexandrium به ۵ جنس شامل *Gonyaulax*, *lingulodinium*, *Protoceratium* و *Gymnodinium* در فصل زمستان و در فصل بهار ۱۸ گونه مربوط به ۶ جنس شامل *Alexandrium*, *Gonyaulax*, *lingulodinium*, *Protoceratium*

جدول ۱: فراوانی سیست (تعداد در ۱۰ گرم رسوب) داینوفلازلهای Gymnodiales و Gonyaulacales در زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴
Table 1: Abundance of dinoflagellates; Gonyaulacales and Gymnodiales cysts (cysts no./10g wet sediments) of in winter and spring of 2015

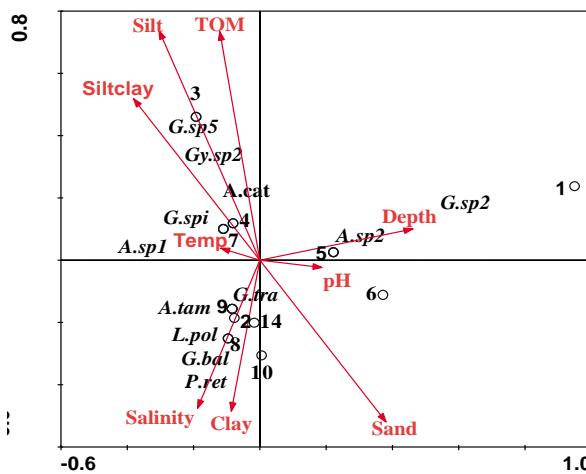
نام علمی گونه ها	علامت اختصاری	فصل زمستان	فصل بهار
<i>Alexandrium tamarense</i>	<i>A.tam</i>	۳	-
<i>Alexandrium catenella</i>	<i>A.cat</i>	۱۸	۳۰
<i>Alexandrium affine</i>	<i>A.aff</i>	-	۱۲
<i>Alexandrium cf minutum</i>	<i>A.cfm</i>	-	۳
<i>Alexandrium sp1</i>	<i>A.sp1</i>	۶	-
<i>Alexandrium sp2</i>	<i>A.sp2</i>	۳	-
<i>Protoceratium reticulatum</i>	<i>P.ret</i>	۳	۹
<i>Lingulodinium polydrum</i>	<i>L.pol</i>	۳	۹
<i>Gonyaulax baltica</i>	<i>G.bal</i>	۳	۳
<i>Gonyaulax Spinifera</i>	<i>G.spi</i>	۳	۳
<i>Gonyaulax sp1</i>	<i>G.sp1</i>	-	۳
<i>Gonyaulax sp2</i>	<i>G.sp2</i>	۶	۳
<i>Gonyaulax sp3</i>	<i>G.sp3</i>	-	۶
<i>Gonyaulax sp4</i>	<i>G.sp4</i>	-	۱۲
<i>Gonyaulax sp5</i>	<i>G.sp5</i>	۳	-
<i>Gonyaulax sp6</i>	<i>G.sp6</i>	-	۳
<i>Gonyaulax sp7</i>	<i>G.sp7</i>	-	۳
<i>Gonyaulax scrippsae</i>	<i>G.scr</i>	-	۹
<i>Gymnodinium trapeziform</i>	<i>G.tra</i>	۲۷	۲۷
<i>Gymnodinium cf nollerii</i>	<i>G.cfnol</i>	-	۹
<i>Gymnodinium sp1</i>	<i>Gy.sp1</i>	-	۶
<i>Gymnodinium sp2</i>	<i>Gy.sp2</i>	۶	-
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	<i>C.pol</i>	-	۱۵

سیلت و رس، رس و شن با محور دوم همبستگی دارند (جدول ۲-ب). گونه های *G. baltica*, *Gonyaulax sp3*, *L. polyedrum*, *P. reticulatum*, *Gonyaulax sp1* با پارامترهای درجه حرارت، TOM و سیلت همبستگی مثبت و معنی دار دارند (شکل ۳). با پارامترهای سیلت ورس و رس همبستگی کمی داشته و با پارامترهای عمق، درصد شن و شوری همبستگی منفی دارند (شکل ۳). *G. trapeziform* در فصل بهار با پارامتر شوری همبستگی مثبت دارد (شکل ۳). فراوانی سیست *Gymnodinium cf nollerii* با میزان سیلت و رس و رس همبستگی مثبت و معنی دار دارد. فراوانی A. *Alexandrium affine* گونه های سیستهای *Gonyaulax Scrippsae catenella*, *Gonyaulax* با عمق و درصد شن همبستگی مثبت و قوی دارند. *Cochlodinium polykrikoides* جایگاه آن

نمودار CCA فصل زمستان نشان داد (شکل ۲)، پارامتر عمق بیشترین همبستگی را با محور اول نمودار CCA در فصل زمستان دارد (جدول ۲-الف). پارامترهای شوری، TOM، درصد سیلت و رس، درصد سیلت، درصد شن با محور دوم نمودار CCA همبستگی قوی دارند (جدول ۲-الف). فراوانی گونه های *A. catenella* *TOM*, *G. spinifera* و *Gonyaulax sp5, sp2* با درصد سیلت ورس و درصد سیلت همبستگی مثبت دارند (شکل ۲). گونه های شامل *Alexandrium*, *P.* و *G. baltica*, *L. polydrum*, *A. tamarense*, *reticulatum* با درصد رس و شوری همبستگی مثبت و معنی دار داشته و با عمق و درصد TOM، سیلت، سیلت و رس همبستگی منفی دارند (شکل ۲). در فصل بهار، پارامتر درجه حرارت، TOM و سیلت با محور اول نمودار CCA همبستگی دارند (جدول ۲-ب). پارامترهای عمق،

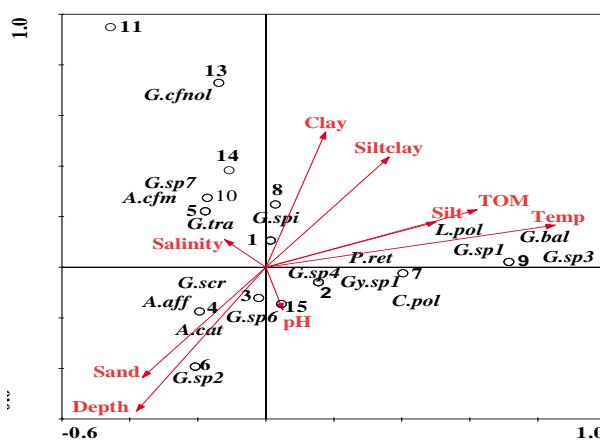
پارامترهای درصد سیلت، TOM، درصد سیلت و رس و درصد شن در فصل زمستان (جدول ۳-الف) و پارامترهای محیطی درجه حرارت، عمق، سیلت و رس، شن، TOM و رس در فصل بهار (جدول ۳-ب) بر تغییر و تنوع فراوانی سیستهای داینوفلازله راسته‌های Gymnodiales و Gonyaulacales (p<0.05) موثرند.

در نمودار رسته‌بندی فصل بهار ۱۳۹۴ در ربع چهارم نزدیک به سمت مثبت محور اول قرار گرفته است و با پارامترهای درجه حرارت، TOM، درصد سیلت همبستگی مثبت و معنی‌داری برخوردار است (شکل ۳). گونه *G. spinifera* با توجه به نزدیکی به وسط محور رسته بندی (عدد صفر)، با هیچکدام از پارامترهای اندازه گیری شده در فصل بهار همبستگی ندارند.



شکل ۲: نمودار سه‌پلاطی CCA در فصل زمستان ۱۳۹۳ که جایگاه گونه‌ها، ایستگاه‌های نمونه‌برداری (نماد دایره) و پارامترهای محیطی (بردار) را در طول محور رسته‌بندی نشان می‌دهد. قرار گرفتن نام گونه در کنار نماد ایستگاه نشان‌دهنده حضور گونه در آن ایستگاه است.

Figure 2: The CCA triplot chart in the winter of 2015 that shows the position of species, sampling stations (circle symbol) and environmental parameters (vector) along the ordination axis. Location of the species name near the symbol of the station represents the presence of species in that station.



شکل ۳: نمودار سه‌پلاطی CCA در فصل بهار ۱۳۹۴ که جایگاه گونه‌ها، ایستگاه‌های نمونه‌برداری (نماد دایره) و پارامترهای محیطی (بردار) را در طول محور رسته‌بندی نشان می‌دهد. قرار گرفتن نام گونه در کنار نماد ایستگاه، نشان‌دهنده حضور گونه در آن ایستگاه است.

Figure 3: The CCA triplot chart in the spring of 2015 that shows the position of species, sampling stations (circle symbol) and environmental parameters (vector) along the ordination axis. Location of the species name near the symbol of the station represents the presence of species in that station.

جدول ۲: الف: ضوابط همبستگی پارامترهای محیطی با محورهای رسته‌بندی نمودار CCA در فصل زمستان سال ۱۳۹۳. ب: ضوابط همبستگی پارامترهای محیطی با محورهای رسته‌بندی نمودار CCA، در فصل بهار سال ۱۳۹۴.

Table 2: A: Correlation coefficients of environmental parameters with the ordination axes of the CCA diagram in winter 2015. B: Correlation coefficients of environmental parameters with the ordination axes of CCA in spring 2015.

(B) - ب			(A) - الف		
محور دوم	محور اول	پارامتر محیطی	محور دوم	محور اول	پارامتر محیطی
-۰/۵۶۸۶	-۰/۳۷۹۹	(m)	۰/۱۰۰۵	۰/۴۶۲۱	(m)
۰/۱۶۶۶	۰/۸۵۱۱	(°C)	۰/۰۳۸۸	-۰/۱۱۷۷	(°C)
۰/۱۰۹۰	-۰/۱۲۰۴	(Psu)	-۰/۰۴۷۵۴	-۰/۱۸۷۷	(Psu)
-۰/۱۶۹۰	۰/۰۵۰۲	(pH)	-۰/۰۲۳۵	۰/۱۸۷۸	(pH)
۰/۲۲۷۱	۰/۶۲۱۲	(/.)TOM	۰/۷۳۴۲	-۰/۱۲۰۴	(/.)TOM
۰/۴۳۵۸	۰/۳۶۲۹	(%)	۰/۵۱۹۱	-۰/۳۸۰۷	(%)
۰/۱۷۹۳	۰/۵۰۰۴	(%)	۰/۷۳۷۳	-۰/۳۰۳۷	(%)
۰/۵۳۴۶	۰/۱۷۵۹	(%)	-۰/۴۸۴۰	-۰/۰۸۶۱	(%)
-۰/۴۳۵۸	-۰/۳۶۲۹	(%)	-۰/۵۱۹۱	۰/۳۸۰۷	(%)

جدول ۳: الف: آنالیز Forward selection، میزان تغییرات ایجاد شده توسط پارامترهای محیطی در فراوانی گونه‌های سیست داینوفلازله در زمستان ۱۳۹۳. لامبدا A واریانس ایجاد شده به وسیله پارامتر محیطی در داده‌های فراوانی گونه‌ها را نشان می‌دهد. ۳- ب: آنالیز Forward selection، میزان تغییرات ایجاد شده توسط پارامترهای محیطی در فراوانی گونه‌های سیست داینوفلازله در بهار ۱۳۹۴. لامبدا A واریانس ایجاد شده به وسیله پارامتر محیطی در داده‌های فراوانی گونه‌ها را نشان می‌دهد.

Table 3: A: Forward selection analysis, the rate of changes caused by environmental parameters in the abundance of dinoflagellate cyst species in the winter 2015. Lambda A shows the change percentage and variety created by the environmental parameter in the species abundance. B: Forward selection analysis, the rate of changes caused by environmental parameters in the abundance of dinoflagellate cyst species in spring 2015. Lambda A shows the change percentage and variety created by the environmental parameter in the species abundance.

(B) - ب				(A) - الف			
P	درصد تغییرات	Lambda A	پارامتر محیطی	P	درصد تغییرات	Lambda A	پارامتر محیطی
۰/۰۱	۵/۳۸	۰/۰۵۳۸	درجه حرارت(°C)	۰/۰۱	۸/۳۴	۰/۰۵۹۵	(%)
۰/۰۱	۴/۹۰	۰/۰۴۹۰	(%)				
۰/۰۱	۴/۷۸	۰/۰۴۷۸	(m)				
۰/۰۱	۴/۷۸	۰/۰۴۷۸	سیلت				
۰/۰۱	۴/۷۸	۰/۰۴۷۸	(%)				
۰/۰۱	۴/۷۸	۰/۰۴۷۸	ورس				
۰/۰۱	۴/۷۸	۰/۰۴۷۸	(%)				
۰/۰۱	۴/۷۸	۰/۰۴۷۸	شن				
۰/۰۱	۴/۴۲	۰/۰۴۴۲	(%)TOM				
۰/۰۱	۴/۳۸	۰/۰۴۳۸	(%)				
۰/۱	۴/۱۶	۰/۰۴۱۶	شوری(Psu)				
۰/۴	۳/۸۰	۰/۰۳۸۰	PH				

جدول ۴: میانگین پارامترهای محیطی (میانگین \pm انحراف معیار) سنجش شده در ایستگاههای مختلف در زمستان ۱۳۹۳ و بهار ۱۳۹۴
Table 4: The mean of measured environmental parameters (mean \pm sd) in different stations in winter and spring of 2015

کد CCA	ایستگاه	عمق (m)	درجه حرارت (°C)	شوری (psu)	pH	(%)TOM	نوع رسوب زمستان	نوع رسوب بهار
۱	ایستگاه ۱ پسپندر	۱۰/۲۵ \pm ۲/۱ ^c	۲۶/۶ \pm ۶/۵ ^c	۳۶/۵ \pm ۰/۷	۷/۹۵ \pm ۰/۰۷	۴/۶ \pm ۲/۲۳	شنی، لومی	رسی
۲	ایستگاه ۲ پسپندر	۸/۵ \pm ۶/۳	۲۶/۶ \pm ۶/۵ ^c	۳۶/۶ \pm ۰/۵	۷/۹۵ \pm ۰/۱۲	۴/۰ \pm ۱/۲	لومی	لومی، رسی، شنی
۳	ایستگاه ۳ پسپندر	۷/۷۵ \pm ۷/۴	۲۶/۶ \pm ۶/۵ ^c	۳۶/۵ \pm ۰/۷	۷/۹۵ \pm ۰/۰۹	۵/۸ \pm ۳/۲	رسی، شنی	لومی، رسی، شنی
۴	ایستگاه ۱ رمین	۲۵/۵ \pm ۱/۰۶	۲۲/۸ \pm ۶/۵ ^c	۳۷/۵ \pm ۰/۷	۸/۰ \pm ۰/۱۴	۵/۰ \pm ۲/۱۰	لومی، رسی، شنی	شنی، لومی
۵	ایستگاه ۲ رمین	۲۷/۲۵ \pm ۱۰/۹	۲۲/۸ \pm ۶/۵ ^c	۳۷/۵ \pm ۰/۷	۸/۰ \pm ۰/۱۴	۵/۰ \pm ۳/۱۲	لومی، رسی، شنی	شنی، لومی
۶	ایستگاه ۳ رمین	۲۷ \pm ۵/۶	۲۳/۸ \pm ۶/۵ ^c	۳۷/۵ \pm ۰/۷	۸/۰ \pm ۰/۱۷	۴/۲ \pm ۰/۰۲	لومی، رسی، شنی	شنی، لومی
۷	ایستگاه ۱ کنارک	۷/۷۵ \pm ۱/۰	۲۶/۸ \pm ۹/۰ ^c	۳۸/۵ \pm ۰/۷	۷/۹۵ \pm ۰/۰۴	۵/۶ \pm ۱/۸	لومی، رسی	لومی، شنی
۸	ایستگاه ۲ کنارک	۹ \pm ۱/۴	۲۶/۴ \pm ۸/۶ ^c	۳۸/۵ \pm ۰/۷	۷/۹۵ \pm ۰/۰۳	۴/۷ \pm ۰/۰۳	شنی، لومی	لومی
۹	ایستگاه ۳ کنارک	۸ \pm ۴/۲	۲۶/۶ \pm ۹/۰ ^c	۳۷/۵ \pm ۲/۱	۷/۹۵ \pm ۰/۰۴	۳/۱ \pm ۰/۰۹	لومی، رسی، شنی	لومی
۱۰	ایستگاه ۱ گالک	۷/۷۵ \pm ۴/۵	۲۳/۹ \pm ۷ ^c	۳۶ \pm ۱/۴	۸/۱ \pm ۰	۵/۸ \pm ۱/۰۴	شنی، لومی	لومی
۱۱	ایستگاه ۲ گالک	۷ \pm ۱/۴	۲۳/۹ \pm ۷ ^c	۳۶ \pm ۱/۴	۸/۰ \pm ۰/۰۷	۳/۳۱ \pm ۰/۰۳	شنی	لومی
۱۲	ایستگاه ۳ گالک	۹ \pm ۲/۸	۲۳/۹ \pm ۷ ^c	۳۵/۷ \pm ۱/۰	۸/۰ \pm ۰/۰۷	۲/۴ \pm ۰/۰۷	شنی	لومی
۱۳	ایستگاه ۱ اول خورتیاب	۰/۵ \pm ۰	۲۹/۵ \pm ۰/۷ ^c	۴۱/۵ \pm ۰/۷	۶/۹ \pm ۰/۰۴	۶/۹ \pm ۰/۰۴	لومی، رسی، شنی	لومی
۱۴	ایستگاه ۲ اول خورتیاب	۱ \pm ۰	۳۰/۵ \pm ۰/۷ ^c	۴۱/۵ \pm ۰/۷	۶/۸ \pm ۰/۰۶	۶/۸ \pm ۰/۰۶	لومی، رسی، شنی	لومی
۱۵	ایستگاه ۳ اول خورتیاب	۰/۵ \pm ۰	۳۰/۲ \pm ۱/۰ ^c	۴۱/۵ \pm ۰/۷	۷/۰ \pm ۰/۰۶	۷/۱۹ \pm ۰/۰۶	لومی، رسی، شنی	لومی

بحث

عمق و شرایط آب و هوایی وابسته‌اند (Ellegaard *et al.*, ۲۰۰۷). در جدول ۳- ب) نسبت به پارامترهای دیگر در رده اول Forward selection (جدول ۳- ب) در فصل بهار ۱۳۹۴ قرار گرفته است. و با توجه به جدول ضرایب همبستگی (جدول ۲- ب) بیشترین همبستگی (R=0/85) را از میان دیگر پارامترها با محور اول رسته-بندی به خود اختصاص داده است. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است گونه‌های *C. polykrikoides*, *G. sp1*, *P. reticulatum*, *Gymnodinium sp1*, *L. polydrum*, *sp3* و *G. baltica* دارای همبستگی مثبت با درجه حرارت هستند و با افزایش درجه حرارت، فراوانی سیست این گونه‌ها افزایش دارد. با توجه به شیب تغییرات درجه حرارت در محور اول چندین گونه که سمت چپ محور اول در ربع دوم و ربع سوم قرار گرفته اند با درجه حرارت همبستگی منفی دارند این گونه‌ها *G. A. catenella*, *A. affine*, *G. scrippsae* شامل *Alexandrium cf minutum* و *trapeziform* (شکل ۳) که فراوانی این گونه‌ها با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. گونه‌های *A. catenella* و *G. trapeziform* بیشترین فراوانی (جدول ۱) را در

در این مطالعه رابطه بین پارامترهای محیطی درجه حرارت، شوری، اسیدیت، عمق، درصد سیلت ورس، شن، سیلت، رس و TOM با فراوانی سیستهای داینوفلازله موردن بررسی قرار گرفت. نمودارهای سه پلاتی رسته بندی (شکل ۲ و ۳)، موقعیت گونه‌ها و ایستگاه‌ها را با شیب تغییرات داده‌های محیطی نشان داده است. با توجه به نمودارها و آنالیز CCA در دو فصل زمستان ۱۳۹۳ و فصل بهار ۱۳۹۴، به مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر فراوانی سیستهای داینوفلازله اشاره می‌شود. با توجه به آنالیز رسته بندی، پارامتر عمق (جدول ۲- ب) در فصل بهار بیشترین همبستگی با محور دوم داشته و همان طور که در (جدول ۳- ب) نشان داده شده است، این پارامتر باعث ایجاد تغییرات معنی دار ($p<0.05$) در فراوانی سیستهای داینوفلازله شده است. حضور و فراوانی پنج گونه سیست؛ *A. G. sp6*, *G. scrippsae*, *G. sp2*, *G. affine* و *catenella* (۳). پارامتر عمق (جدول ۳- ب) ایجاد تغییر و تنوع به میزان ۴/۷۸ درصد در فراوانی و حضور گونه‌ها در فصل بهار ۱۳۹۴ شده است. که این نتیجه با نتایج تحقیقات Dale در سال ۱۹۷۶ که با افزایش عمق، ذرات سیلت افزایش یافته و درنتیجه فراوانی سیستهای داینوفلازله افزایش می‌یابد، منطبق است. منطقه اول خورتیاب چون از عمق کم نمونه‌برداری (جدول ۴) شده است در نتیجه فراوانی گونه‌های داینوسیست کاهش چشمگیری دارد. اجتماعات سیستهای داینوفلازله به

مناطق پسابندر و کنارک حضور داشت. فراوانی سیست گونه *A. tamarensis* طبق نمودار CCA فصل زمستان ۱۳۹۳ (شکل ۲) با شوری که با محور دوم دارای ضریب همبستگی -۰.۴۷ است، همبستگی (جدول ۲.الف) دارد. فراوانی سیست این گونه با افزایش شوری افزایش می‌یابد. براساس مطالعه *Cembella* و *Parkhill* (1999) فراوانی گونه *A. tamarensis* وابسته به شوری است. جنس *Gonyaulax* های دو جنس *Alexandrium* است. درجه حرارت از عوامل مهم در پراکنش و فراوانی سیست داینوفلازله‌های دارد. در طبق نمودار رسته بندی فصل بهار (شکل ۳) فراوانی سیست *A. cf minutum* نیز در فصل بهار با شوری همبستگی دارد و در نتیجه افزایش شوری باعث افزایش فراوانی سیست *A. cf minutum* می‌شود. تاکنون در ایستگاههای مورد مطالعه این تحقیق، شکوفایی *A. cf minutum* شوری بالا (جدول ۴) دیده نشده است. که این نتیجه، گزارشات تحقیقات *Figueroa* و همکارانش (۲۰۱۱) را که افزایش شوری باعث رویش سیست *A. cf minutum* می‌شود را رد می‌کند. فراوانی سیست گونه *L. polydrum* در فصل زمستان (شکل ۲) با شوری و درصد رس در محور دوم (جدول ۲.الف) همبستگی دارد. فراوانی *L. polydrum* با پارامتر شوری مرتبط است (Zonneveld & Susek, 2007). شوری تاثیرات عمیقی در پراکنش داینوسیست‌ها بر عهده دارد و مناطق الیگوهالین دارای تنوع گونه‌های کمتری هستند (Satta et al., 2014). شکوفایی *L. polydrum* در مناطقی که محل ورود فاضلاب و پساب‌های صنعتی، آب‌های گرم و در مناطقی که آب طبقه بندی شده است، اتفاق می‌افتد (*Marret & Zonneveld, 2003*). گونه‌های *P. reticulatum* و *P. polydrum* (زوائد) و مورفولوژی‌شان در طی شب شوری تغییر می‌کند (*Sildever et al., 2015*). فراوانی سیست گونه *P. reticulatum* در کنار هم همانند *P. polydrum* نیز همانند *P. reticulatum* درصد رس همبستگی دارد (شکل ۲). در نمودارهای رسته بندی در دو فصل زمستان ۱۳۹۳ و فصل بهار ۱۳۹۴ (شکل ۲ و ۳)، دو گونه *P. polydrum* و *P. reticulatum* در کنار هم قرار گرفتند که نشان دهنده شرایط اکولوژیکی یکسانی است که این دو گونه با آن شرایط سازگاری دارند. گونه‌های سیست *P. polydrum* و *P. reticulatum* محدوده‌های درجه حرارت و شوری های مختلف را می‌توانند تحمل کنند (*AydIn et al., 2011*). گونه *P. reticulatum* یک گونه فتوتروف است و در مناطق آلووده فراوان است. در این بررسی، این گونه در

ایستگاههای مورد مطالعه در فصل زمستان ۱۳۹۳ و فصل بهار ۱۳۹۴ داشتند. *Zonneveld* و همکارانش (۲۰۱۳) نیز در آنالیز CCA به این نتیجه رسیدند که شوری و درجه حرارت از عوامل مهم در پراکنش و فراوانی سیست داینوفلازله‌های دو جنس *Gonyaulax* و *Alexandrium* است. درجه حرارت یک ارتباط قوی با ثبات ستون آب دارد (Chen et al., 2011). بر طبق *A. cf minutum* نیز در فصل بهار با شوری همبستگی دارد و در نتیجه افزایش شوری باعث افزایش فراوانی سیست *A. cf minutum* می‌شود. تاکنون در ایستگاههای مورد مطالعه این تحقیق، شکوفایی *A. cf minutum* شوری بالا (جدول ۴) دیده نشده است. که این نتیجه، گزارشات تحقیقات *Figueroa* و همکارانش (۲۰۱۱) را که افزایش شوری باعث رویش سیست *A. cf minutum* می‌شود را رد می‌کند. فراوانی سیست گونه *L. polydrum* در فصل زمستان (شکل ۲) با شوری و درصد رس در محور دوم (جدول ۲.الف) همبستگی دارد. فراوانی *L. polydrum* با پارامتر شوری مرتبط است (Zonneveld & Susek, 2007). شوری تاثیرات عمیقی در پراکنش داینوسیست‌ها بر عهده دارد و مناطق الیگوهالین دارای تنوع گونه‌های کمتری هستند (Satta et al., 2014). شکوفایی *L. polydrum* در مناطقی که محل ورود فاضلاب و پساب‌های صنعتی، آب‌های گرم و در مناطقی که آب طبقه بندی شده است، اتفاق می‌افتد (*Marret & Zonneveld, 2003*). گونه‌های *P. reticulatum* و *P. polydrum* (زوائد) و مورفولوژی‌شان در طی شب شوری تغییر می‌کند (*Sildever et al., 2015*). فراوانی سیست گونه *P. reticulatum* در کنار هم قرار گرفتند که نشان دهنده شرایط اکولوژیکی یکسانی است که این دو گونه با آن شرایط سازگاری دارند. گونه‌های سیست *P. polydrum* و *P. reticulatum* محدوده‌های درجه حرارت و شوری های مختلف را می‌توانند تحمل کنند (*AydIn et al., 2011*). گونه *P. reticulatum* یک گونه فتوتروف است و در مناطق آلووده فراوان است. در این بررسی، این گونه در

عبدالعلیان، ع.، روحانی قادیکلائی، ک.، معزی، م.، فروغی فرد، ح.، اکبرزاده، غ.، مرتضوی، م.، دهقانی، ر.، غریب نیا، م. و بنارویی، ف.، ۱۳۹۱. تعیین برخی از پارامترهای موثر بر رشد و شکوفایی داینوفلازله *Cochlodinium polykrikoides*. مجله علمی شیلات ایران. ۲۱(۲): ۴۰-۳۱.

DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110053

Attaran-Fariman, G., Khodami, S. and Bolch, C.J., 2012. First observation of dinoflagellate resting cysts from recent sediments of the southeast coast of Iran. *Algological Studies*, 140(1): 51-79. DOI: 10.1127/1864-1318/2012/0048

Aydin, H., Matsuoka, K. and Minareci, E., 2011. Distribution of dinoflagellate cysts in recent sediments from Izmir Bay (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Marine Micropaleontology*, 80(1): 44-52. DOI: 10.1016/j.marmicro.2011.03.004

Balch, W.M., Reid, P.C. and Surrey-Gent, S.C., 1983. Spatial and temporal variability of dinoflagellate cyst abundance in a tidal estuary. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40(1): 244-261. DOI: 10.1139/f83-287

Band-Schmidt, C.J., Lechuga-Devéze, C., Kulis, D. and Anderson, D., 2003. Culture studies of *Alexandrium affine* (Dinophyceae), a non-toxic cyst forming dinoflagellate from Bahía Concepción, Gulf of California. *Botánica marina*, 46(1): 44-54. DOI: 10.1515/BOT.2003.007

Castaneda, I., Erchak, I. and Harper, M., 1999. Total organic matter, carbonate, and grain size determination in two eastwest coring transects, Luiche and Malagarasi River Deltas, Lake Tanganyika, East African Rift Valley. In: Cohen A. (ed.), the Nyanza Project 1999 Annual Report. Department of Geosciences, University of Arizona, pp. 29-40.

های داینوفلازله پرداخته شد. با توجه به نمودار رسته-بندی CCA در فصل زمستان (شکل ۲) داینوسیستهای راسته‌های Gymnodiaceae و Gonyaulacales در ایستگاه‌های ۳ منطقه رمین، ایستگاه ۲ و ۳ منطقه گالک و ایستگاه ۱ او ۳ منطقه اول خورتیاب در فصل زمستان حضور نداشتند اما در کلیه ایستگاه‌های مطالعاتی در فصل بهار به جز ایستگاه ۳ گالک مشاهده شدند و همچنین با توجه به جدول ۱ فراوانی و تعداد گونه‌های داینوسیست در فصل بهار افزایش یافت که این نتایج تائیدی به سازگاری گونه‌های داینوسیست Gymnodiaceae و Gonyaulacales با پارامترهای محیطی در فصل بهار است. نتایج آنالیز Forward selection (جدول ۳-الف و ب) در این تحقیق، نشان داد که از نه پارامتر اندازه‌گیری شده، چهار پارامتر، درصد سیلت، مواد آلی، درصد سیلت و رس در فصل زمستان و هفت پارامتر شامل درجه حرارت، درصد سیلت، عمق، درصد سیلت و رس، درصد شن، درصد مواد آلی و درصد رس در فصل بهار به صورت معنی دار ($p < 0.05$) بر فراوانی سیست داینوفلازله‌ها موثر است. و با توجه به این معنی‌داری آماری، بین فراوانی سیست داینوفلازله و پارامترهای محیطی در فصل بهار بحسبت به پارامترهای فصل زمستان ارتباط و همبستگی بیشتری وجود دارد.

تشکر و قدردانی

از تمام کسانی که طی انجام این تحقیق و نمونه‌برداری ما را یاری کردند و بویژه کارشناسان محترم آزمایشگاه دانشگاه دریانوردی چابهار و دانشکده علوم دریایی، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

منابع

- عطاران فریمان، گ. و رئیسی، آ.، ۱۳۹۴. روند پژوهش و تنوع سیست داینوفلازله‌ها در رسوبات خلیج گواتر. مجله علمی شیلات ایران، ۳: ۱۵۱-۱۶۴. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110200
- عطاران فریمان، گ..، صادقی، پ. و شیرزایی، ر..، ۱۳۹۶. جداسازی و شناسایی سیست *Dunaliella salina* (Chlorophyceae) از رسوبات ساحلی لیپار (دریای عمان) با استفاده از آنالیز مولکولی، مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۴): ۵۵-۴۷. DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113922

- Cheetham, M.D., Keene, A.F., Bush, R.T., Sullivan, L.A. and Erskine, W.D., 2008.** A comparison of grain-size analysis methods for sand-dominated fluvial sediments. *Sedimentology*, 55(6): 1905-1913.
DOI: 10.1111/j.1365-3091.2008.00972.x
- Chen, B., Irwin, A.J. and Finkel, Z.V., 2011.** Biogeographic distribution of diversity and size-structure of organic-walled dinoflagellate cysts. *Marine Ecology Progress Series*, 425: 35-45.
DOI: 10.3354/meps08985
- Dale, B., 1976.** Cyst formation, sedimentation, and preservation: factors affecting dinoflagellate assemblages in recent sediments from Trondheimsfjord, Norway. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 22: 39-60.
DOI: 10.1016/0034-6667(76)90010-5
- Danovaro, R., 2009.** Methods for the study of deep-sea sediments, their functioning and biodiversity. CRC Press. Florida, USA. 416P.
- Ellegaard, M., Christensen, N.F. and Moestrup, Ø., 1994.** Dinoflagellate cysts from recent Danish marine sediments. *European Journal of Phycology*, 29(3): 183-194.
DOI: 10.1080/09670269400650631
- Figueroa, R.I., Vazquez, J.A., Massanet, A., Murado, M.A. and Bravo, I., 2011.** Interactive effects of salinity and temperature on planozygote and cyst formation of *Alexandrium minutum* (Dinophyceae) in culture. *Journal of Phycology*, 47(1): 13-24.
DOI: 10.1111/j.1529-8817.2010.00937.x
- Godhe, A., Norén, F., Kuylenstierna, M., Ekberg, C. and Karlson, B., 2001.** Relationship between planktonic dinoflagellate abundance, cysts recovered in sediment traps and environmental factors in the Gullmar Fjord, Sweden. *Journal of Plankton Research*, 23(9): 923-938. DOI: 10.1093/plankt/23.9.923
- Godhe, A. and McQuoid, M.R., 2003.** Influence of benthic and pelagic environmental factors on the distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments along the Swedish west coast. *Aquatic Microbial Ecology*, 32(2): 185-201.
DOI: 10.3354/ame032185
- Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D. and Enevoldsen, H.O., 2003.** Manual on harmful marine microalgae., Unesco. 770P.
- Marret, F. and Zonneveld, K.A., 2003.** Atlas of modern organic-walled dinoflagellate cyst distribution. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 125: 1-200.
DOI: 10.1016/S0034-6667(02)00229-4
- Morquecho, L. and Lechuga-Devéze, C., 2003.** Dinoflagellate cysts in recent sediments from Bahía Concepción, Gulf of California. *Botanica Marina*, 46(2): 132-141. DOI: 10.1515/BOT.2003.014
- Parkhill, J.P. and Cembella, A.D., 1999.** Effects of salinity, light and inorganic nitrogen on growth and toxigenicity of the marine dinoflagellate *Alexandrium tamarensis* from northeastern Canada. *Journal of Plankton Research*, 21(5): 939-955. DOI: 10.1093/plankt/21.5.939
- Pospelova, V., 2003.** Dinoflagellate cyst assemblages and environmental factors controlling their distribution in New England (USA) estuaries. Dissertation, McGill University.
- Pospelova, V., Chmura, G.L., Boothman, W.S. and 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.

DOI:10.3354/meps292023

Price, A.M. and Pospelova, 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(1): 18-43.

DOI: 10.1016/j.marmicro.2011.03.003

Sarjeant, W.A.S., 1974. Fossil and living dinoflagellates. Elsevier. 185P.

Satta, C.T., Anglès, S., Garcés, E., Sechi, N., Pulina, S., Padedda, B.M., Stacca, D. and Lugliè, A., 2014. Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments from three shallow Mediterranean lagoons (Sardinia, North Western Mediterranean Sea). *Estuaries and coasts*, 37(3): 646-663.

DOI: 10.1007/s12237-013-9705-1

Shin, H.H., Zhun, L., Kim, Y.O., Jung, S.W., Han, M.S., Lim, W. and Yoon, Y.H., 2014. Morphological features and viability of *Scrippsiella trochoidea* cysts isolated from fecal pellets of the polychaete *Capitella* sp. *Harmful Algae*, 37: 47-52. DOI: 10.1016/j.hal.2014.05.005.

Sildever, S., Andersen, T.J., Ribeiro, S. and Ellegaard, M., 2015. Influence of surface salinity gradient on dinoflagellate cyst community structure, abundance and morphology in the Baltic Sea, Kattegat and Skagerrak Estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 155: 1-7.

DOI: 10.1016/j.ecss.2015.01.003

Spector, D.L., 1984. Dinoflagellates. Academic Press, INC. 544P.

Ter Braak, C.J., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5): 1167-1179. DOI: 10.2307/1938672

Ter Braak, C.J. and Verdinschot, P.F., 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57(3): 255-289. DOI: 10.1007/BF00877430

Wall, D., Dale, B., Lohmann, G. and Smith, W.K., 1977. The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the North and South Atlantic Oceans and adjacent seas. *Marine Micropaleontology*, 2: 121-200.

DOI: 10.1016/0377-8398(77)90008-1.

Wang, Z.H., Qi, Y.Z. and Yang, Y.F., 2007. Cyst formation: an important mechanism for the termination of *Scrippsiella trochoidea* (*Dinophyceae*) bloom. *Journal of plankton Research*, 29(2): 209-218. DOI: 10.1093/plankt/fbm008.

Zonneveld, K.A., Marret, F., Versteegh, G.J., Bogus, K., Bonnet, S., Bouimetarhan, I., Crouch, E., de Vernal, A., Elshanawany, R. and Edwards, L., 2013. Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. *Review Of Palaeobotany and Palynology*, 191: 1-197.

DOI:10.1016/j.revpalbo.2012.08.003

Zonneveld, K.A. and Susek, E., 2007. Effects of temperature, light and salinity on cyst production and morphology of *Tuberculodinium vancampoae* (the resting cyst of *Pyrophacus steinii*). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 145: 77-88. DOI: 10.1016/j.revpalbo.2006.09.001.

Effects of environmental parameters on dinoflagellates cysts of Gonyaulacales and Gymnodiales in Oman Sea coasts and the Strait of Hormuz

Attaran Fariman G.^{1*}; Khalili M.¹; Sadeghi P.¹

* Gilan.attaran@gmail.com

1-Chabahar Maritime University, Faculty of Marine Sciences, Department of marine biology-Chabahar, Iran

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of environmental parameters on the dinoflagellates cyst abundance of Gonyaulacales and Gymnodiales orders in the sediment of Oman Sea coastal regions and the Strait of Hormuz in winter and spring 2015. Dinoflagellate cyst study helps to identify key areas for the feature bloom of harmful species. For this purpose, sediment sampling was carried out by Grab (Ekman) at 15 stations located in the Pasabandar, Ramin, Konarak, Galak and the first Tiab estuary in the Strait of Hormuz. Salinity, temperature, acidity and depth of water column were measured in each station. The sediment grain size and the total organic matter content of the sediment were measured in the laboratory and dinoflagellate cysts were isolated, identified and counted. The relationship between the environmental parameters and the species of dinoflagellate cysts was studied by the ordination method of canonical correspondence analysis(CCA). The ordination results of CCA showed that the abundance of dinoflagellate cysts was significantly affected by the environmental parameters and the sediment grain size ($P<0.05$). In general, the abundance and distribution of dinocysts in the winter was affected by the percentage of silt, sand, silt-clay and the total organic matter (TOM), whereas the abundance and distribution of dinocysts in the spring was affected by the temperature and depth of water, as well as the percentages of sand, silt, silt-clay, clay and TOM.

Keywords: Dinoflagellate, Gonyaulacales, Gymnodiales, Sediments, Oman Sea

*Corresponding author