اقیانوس‌شناسی/ سال پنجم/ شماره ۱۸/ تابستان ۱۳۹۳/۱۰/۱۰-۱

فراوانی و پراکنش گونه‌های فیتوپلانکتونی دارای پتانسیل تشکیل شکوفایی‌های مضر در سواحل جنوب شرقی ایران

گیلان عطاران فریمان[۱*]، سلیم شریفیان[۲]

۱- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه زیست دریا، چابهار، پست الکترونیکی: g.attaran@cmu.ac.ir

۲- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه شیلات، چابهار، پست الکترونیکی: sharifian.s@cmu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۲ * نویسنده مسوول تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۴

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

شدت، تناوب و گسترش جغرافیایی شکوفایی‌های مضر فیتوپلانکتونی در تمام مناطق ساحلی دنیا رو به افزایش است. سواحل جنوبی ایران هم از دیگر مناطق ساحلی دنیا مستثنی نیست. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی پراکندگی، شدت، تناوب و تراکم گونه‌های با پتانسیل تشکیل شکوفایی مضر فیتوپلانکتونی در طول سواحل جنوب شرقی انجام شد. نمونه‌برداری آب از اواخر فروردین ۱۳۸۸ تا آخر شهریور ۱۳۸۸ هر دو هفته یک بار از ۸ ایستگاه انجام شد. در این بررسی در مجموع ۵۴ گونه فیتوپلانکتونی شناسایی و تراکم سلولی آن‌ها در هر ایستگاه تعیین گردید. نتایج مطالعه نشان داد که از کل گونه‌های شناسایی شده، ۲۲ گونه با پتانسیل تشکیل شکوفایی‌های مضر در سواحل جنوب شرقی ایران حضور دارند. از بین گونه‌های مضر شناسایی شده که سبب ایجاد شکوفایی در دریای عمان می‌شوند می‌توان به گونه *Cochlodinium polykrikoides* اشاره کرد که در اغلب ایستگاه‌ها، قبل از وقوع طوفان‌های مانسون جنوب شرقی، کشند سرخ ایجاد کرده است. حداکثر تراکم سلولی این گونه در آخر اردیبهشت ۱۳۸۸ در طول دوره نمونه‌برداری $۱/۹ \times ۱۰^{۷}$ سلول در لیتر تعیین گردید. بعد ازمانسون گونه *Gymnodinium* sp. با حداکثر تراکم ۶×۱۰^{۶} سلول در لیتر در آخر شهریور ۱۳۸۸ از گونه‌های عامل شکوفایی پلانکتونی بوده و بیشتر در ایستگاه‌های غربی چابهار حضور داشت.

کلمات کلیدی: *شکوفایی، فیتوپلانکتون مضر، دریای عمان، فراوانی، پراکنش.*

۱. مقدمه

بررسی ساختار جمعیت فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند عامل مهمی برای بررسی سلامت زیست‌بوم باشد (Shuler and Hayes, 2008). تحت شرایط مساعد محیطی، که برای هر گونه متفاوت و Species-specific است، تراکم گونه‌های خاصی می‌تواند به بیش از چند میلیون سلول در لیتر افزایش یابد و سبب تغییر رنگ آب گردد که در اصطلاح کشند سرخ یا شکوفایی پلانکتونی نامیده

می‌شود (Carmelo and Smayda, 2008). عوامل محیطی، بادهای موسمی، جریان‌های اقیانوسی و فعالیت‌های انسانی نقش مهمی در ایجاد شکوفایی پلانکتونی دارند (Tang et al., 2004; Han, 1995). بیشتر شکوفایی‌های پلانکتونی مضر نیستند و به معنی دسترسی به غذای بیشتر برای موجودات محسوب می‌شوند و برای صنعت آبزی پروری سودمند هستند. از میان بیش از ۵۰۰۰ گونه پلانکتون‌های دریایی فقط ۸۰ گونه توانایی تولید سموم قوی را دارند، که شکوفایی این گونه‌ها حتی با غلظت‌های پایین می‌تواند برای آبزیان و انسان کشنده باشد (Hallegraeff et al., 2003). در عین حال شکوفایی گونه‌های غیرسمی مانند *Noctiluca scintillans*، *Gymnodinium nesonii*، *Cochlodinium polykrikoides*، *Scrippsiella trochoidea* هم بسته به وسعت و دوام آن گاهی می‌تواند تاثیرات منفی زیادی را بر روی زیست‌بوم بگذارد و پیامدهای زیان بار اقتصادی و اجتماعی را به‌همراه داشته باشد. گسترش پراکنش جغرافیایی گونه‌های مضر نه تنها تهدیدی برای زیست‌بوم‌های آبی محسوب می‌شود، بلکه می‌تواند سلامت انسان‌ها و صنعت آبزی پروری، صنعت گردشگری و کل اقتصاد هر منطقه را تحت تاثیر قرار دهد (Adam et al., 2011; Carmelo and Smayda, 2008). شکوفایی گونه *Pyrodinium bahamense* در تابستان ۱۹۸۳ در دریای سامار و خلیج مگیود در فیلیپین سبب مسموم شدن ۷۰۰ نفر، کشته شدن ۷۰ نفر و زیان اقتصادی حدود ۵۰۰ هزار دلار شد (Maclean, 1989). در همین کشور شکوفایی گونه *Prorocentrum minimum* در سال ۲۰۰۲ سبب زیان اقتصادی در حدود ۱۲۰ هزار دلار گردید (Azanza et al., 2005). دلایل زیادی برای گسترش جهانی گونه‌های مضر فیتوپلانکتونی ذکر شده است. ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی و پساب‌های کشاورزی حاوی کودهای شیمیایی به رشد پدیده شکوفایی جلبکی سرخ کمک می‌کند. این کودها حاوی مقدار زیادی فسفات و ازت هستند که وقتی وارد آب دریا می‌شوند، پدیده غنی شدن آب دریا و در صورت تداوم نیتریفیکاسیون را به دنبال دارند. ذرات معلق غنی از آهن یکی دیگر از عوامل ایجاد شکوفایی جلبکی در جهان است (Hallegraeff, 1993). افزایش آبزی‌پروری در مناطق ساحلی، وارد شدن زیاد مواد مغذی یا COD از طریق فعالیت‌های کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی، افزایش تردد کشتی‌ها، جابه‌جایی و وارد کردن ذخایر مختلف از دیگر نقاط که می‌توانند سبب گسترش گونه‌های فیتوپلانکتونی مضر می‌شود (Hallegraeff, 1993). شکوفایی مضر پلانکتونی گونه *Cochlodinium polykrikoides* که در سال ۱۳۸۷ در خلیج فارس اتفاق افتاد و به مدت ۸ ماه دوام داشت، سبب بیش از ۳۴ تن مرگ و میر آبزیان گردید. در سواحل دریایی ایران هم مانند اغلب نقاط ساحلی دنیا شکوفایی پلانکتونی در دو دهه اخیر اتفاق افتاده است. با آن که در سواحل دریای عمان هر ساله شکوفایی پلانکتونی متعلق به گونه‌های مختلف وجود داشته است، سوابق مستند زیادی در زمینه معرفی گونه‌های مضر در سواحل ایرانی دریای عمان وجود ندارد و بیش‌تر گزارشات در حد خبر کوتاه است (Attaran-Fariman et al., 2011a).

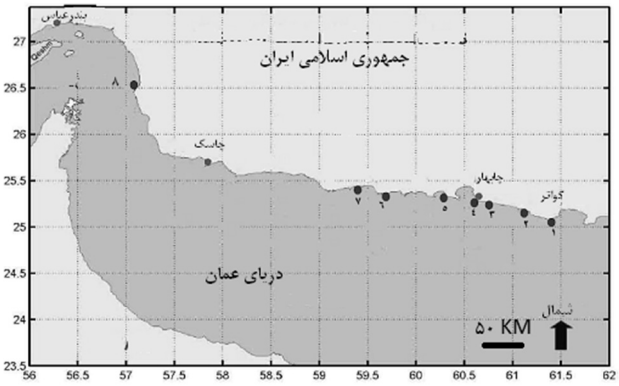
اولین مطالعه جامع و کامل در زمینه فلور سیستی فیتو پلانکتون‌ها در رسوبات سواحل دریای عمان در ایران که توسط Attaran-Fariman و همکاران (2007a، 2007c، 2007d)، انجام گردید، مبین این مسئله بود که سیست گونه‌های مضر مانند *Lingulodinium polyedrum* و *Scrippsiella trochoidea* در مناطق مختلف حضور دارند، که می‌تواند هشداری بر پیش‌بینی شکوفایی‌های آینده و اهمیت و ضرورت تحقیقات پایه‌ای در این زمینه باشد. از این رو هدف اصلی این پژوهش بررسی وجود یا عدم وجود گونه‌های مضر با پتانسیل ایجاد شکوفایی پلانکتونی در آب‌های منطقه بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

ایستگاه‌های نمونه‌برداری بین طول و عرض جغرافیایی ۰۵۷° ۰۴′ ۰/۲۷۶″ E تا ۲۵° ۰۴′ ۱۳/۴″ N ۰۶۱° ۲۵′ ۱۹″ E ۲۶° ۳۱′ ۰/۸۱۱″ N در نظر گرفته شدند. ۸ ایستگاه از شرق تا غرب چابهار در مناطق پسابندر (ایستگاه ۱)، بریس(ایستگاه ۲)، رمین (ایستگاه ۳)، چابهار (ایستگاه ۴)، پزم (ایستگاه ۵)، کلات (ایستگاه ۶)، گالگ (ایستگاه ۷) و سیریک (ایستگاه ۸) انتخاب شدند (شکل ۱).

با توجه به اهداف پروژه نمونه‌برداری از آب به‌صورت هر دو هفته یک بار از آخر فروردین ۱۳۸۸ شروع گردید و تا آخر شهریور ۱۳۸۸ ادامه داشت. در این بررسی نمونه‌برداری در مرداد ماه به دلیل باد مانسون و طوفان شدید میسر نگردید. نمونه‌برداری از عمق حداکثر ۵۰ سانتی‌متری با استفاده از بطری روتنر یا با استفاده از بطری ساده یک لیتری طبق روش ارائه شده توسط

Sournia (۱۹۷۸) انجام شد. نمونه‌های پلانکتونی توسط محلول لوگل طبق روش ارائه شده توسط Parsons و همکاران (۱۹۹۲) در محل نمونه‌برداری تثبیت شدند. در صورت مشاهده توده پلانکتونی در هر ایستگاه یک نمونه بدون تثبیت کردن برداشته شد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری.

در آزمایشگاه نمونه پلانکتونی زنده با میکروسکوپ نوری مدل Micros N-200M (Austria) مجهز به دوربین تصویربرداری گردید. نمونه‌های تثبیت شده با استفاده از روش ته‌نشینی طبق روش ارائه شده توسط Sournia (۱۹۷۸) جهت بررسی جمع‌آوری شدند. یک میلی لیتر از نمونه در لام سدویک رافتر ریخته شد و سپس شناسایی و شمارش شدند و در هر ایستگاه حداقل ۳ بار شمارش با عوض کردن نمونه‌های ۱ میلی‌لیتری لام در نظر گرفته شد (Sournia, 1978). نمونه‌های پلانکتونی با استفاده از منابع اینترنتی و کتاب‌های شناسایی در دسترس و مقالات مختلف شناسایی گردیدند (Attaran-Fariman, 2007a,b,c,d; Hoppenrath et al., 2003; Husain, 2003; Carmelo, 1997; Dale, 1983; Newell and Newell, 1977). پراکنش و فراوانی هر یک از گونه‌ها در ایستگاه‌ها و دوره‌های نمونه‌برداری تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۳ تحت ویندوز انجام شد. برای بررسی تفاوت معنی‌دار در تعداد فیتوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری از آنالیز واریانس یک‌طرفه[1] و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[2] جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد بین تعداد فیتوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف به‌کار رفت.

۳. نتایج

تراکم و پراکنش فیتوپلانکتون‌های مضر طی ۹ گشت از فروردین تا شهریور ۱۳۸۸ به‌صورت هر دو هفته یک‌بار در آب‌های ساحلی دریای عمان بررسی گردید. به‌طور کلی ۴۶ جنس متعلق به بیش از ۵۵ گونه از فیتوپلانکتون‌ها شناسایی و تراکم آنها در ایستگاه‌های مختلف تعیین گردید. از این تعداد ۲۲ گونه پتانسیل تشکیل شکوفایی‌های مضر را داشتند. گونه‌هایی در این تحقیق مضر در نظر گرفته شده‌اند که بر اساس منابع موجود توانایی ایجاد فراوانی بالا تا حد کشند سرخ در آب‌های ساحلی دنیا را داشته‌اند و سبب مرگ و میر آبزیان چه از طریق تولید سم، یا ایجاد شرایط بی اکسیژنی، مسدود کردن آبشش ماهیان و تولید کف و ایجاد بوی بد را داشته و پیامد آن ضرر و زیان اقتصادی به صنعت گردشگری و تکثیر و پرورش و شیلات هر منطقه ساحلی است. در این بررسی فقط تراکم و پراکنش این گونه‌ها مد نظر قرار گرفته است. نتایج مربوط به پراکنش گونه‌های مضر در ایستگاه‌ها و دوره‌های مختلف نمونه‌برداری در جدول ۱ آورده شده است. همان گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، بیشترین حضور را در آب‌های سواحل جنوبی در کل دوره‌های نمونه‌برداری مربوط به جنس‌های *Cochlodinium*، *Nitzschia*، *Prorocentrum* و *Ceratium* است. گونه‌های موجود در جنس‌های *Scrippsiella*, *Pyrodinium*, *Chatonella* در کل دوره نمونه‌برداری کمتر حضور داشتند.

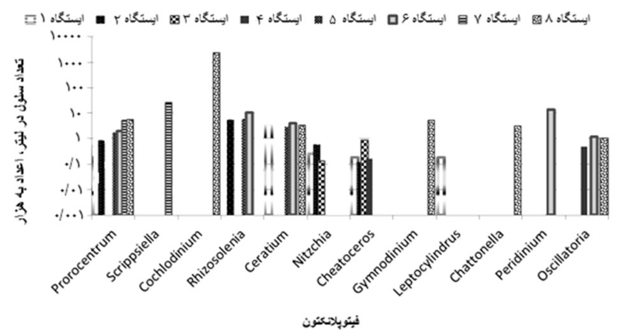
بررسی تراکم فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌ها طی دوره‌های مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در فروردین‌ماه گروه غالب در مناطق مورد بررسی مربوط به داینوفلاژله‌ها و متعلق به گونه *Cochlodinium polykrikoides* با فراوانی $۲/۲\times۱۰^{۶}$ سلول در لیتر در ایستگاه ۸ واقع در منطقه سیریک است (نمودار ۱). در نیمه اول اردیبهشت‌ماه بیشترین تراکم $۷/۴\times۱۰^{۵}$ سلول در لیتر منطقه گالگ (ایستگاه ۷) متعلق به گونه *C. polykrikoides* و کمترین تراکم با ۴×۱۰^{۲} سلول در لیتر متعلق به گونه‌های *Prorocentrum* sp. در منطقه پسابندر (ایستگاه ۱) بود (نمودار ۲).

[1] One-way ANOVA
[2] LSD, Least Significant Difference

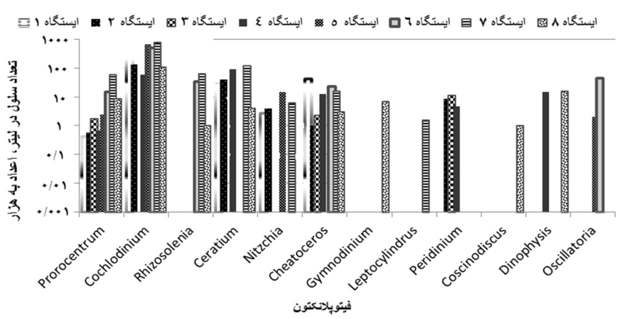
جدول ۱: پراکنش مکانی و زمانی گونه‌های مضر فیتوپلانکتونی در سواحل سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۸۸

ماه نمونه برداری	آخر فروردین								نیمه اردیبهشت								آخر اردیبهشت								نیمه خرداد							
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
Cochlodinium								+	+	+		+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	
Prorocentrum	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										+	+	+	+	+	+	+	
Ceratium	+				+	+		+	+	+		+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+			+	+	+	+	
Gymnodinium																								+				+				
Leptocylindrus	+															+									+	+						+
Rhizosolenia		+			+	+								+	+	+	+			+		+			+	+		+				
Peridinium						+					+	+	+				+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Chattonella								+																								
Dinophysis													+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+						+	+
Coscinodiscus																+						+			+						+	+
Scrippsiella							+														+								+			
Nitzschia	+	+							+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+						+
Chaetoceros	+	+	+															+	+	+	+				+	+						
Guinardia																											+			+	+	+
Pseudonitzschia																									+			+	+			
Noctiduca																									+	+		+	+			
Oscillatoria																									+	+		+		+		
Pyrodinium																																

ماه نمونه برداری	آخر خرداد								نیمه تیر								آخر تیر								نیمه شهریور					
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۱	۲	۳	۴	۵	۶
Cochlodinium		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+		+			+	+						
Prorocentrum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+			+	+	+					+
Ceratium	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+			+	+						
Gymnodinium									+	+			+			+	+								+	+	+	+		+
Leptocylindrus	+	+	+	+		+						+								+				+	+	+			+	+
Rhizosolenia	+	+		+	+	+	+	+		+			+		+				+			+	+	+	+	+	+	+	+	+
Peridinium	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+					+	+	+		+		+						
Chattonella	+	+	+		+				+	+	+									+								+		
Dinophysis																							+							
Coscinodiscus	+					+			+							+		+						+						
Scrippsiella							+									+			+	+										
Nitzschia	+	+	+	+	+		+				+	+					+			+						+				
Chaetoceros	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+			+			+		+		+	+	+	+	+	+			+
Guinardia													+																	
Pseudonitzschia	+	+	+	+	+	+	+				+	+			+					+					+	+				+
Noctiduca		+	+		+		+																							
Oscillatoria		+	+		+	+		+		+		+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Pyrodinium																														

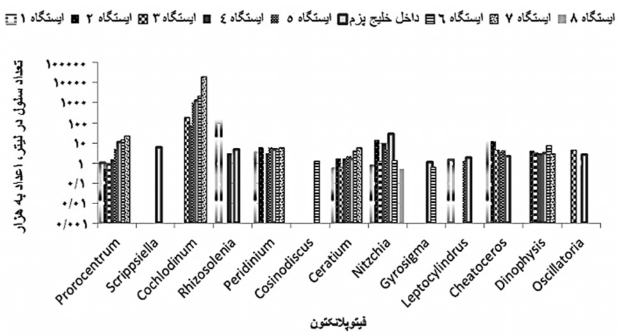


نمودار ۱: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در فروردین ۱۳۸۸



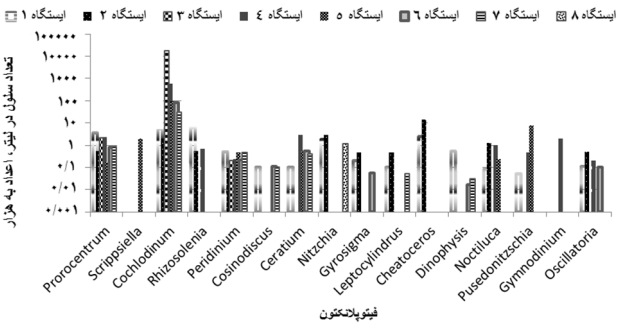
نمودار ۲: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در اول اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸

در آخر اردیبهشت بیشترین تراکم فیتوپلانکتونی با تعداد $۱/۹\times۱۰^{۷}$ سلول در لیتر، ایستگاه واقع در منطقه گالگ مربوط به گونه *C. polykrikoides* و کمترین با ۵۰۰ سلول در لیتر مربوطه به *Nitzschia* بود (نمودار ۳). گروه‌های *Scrippsiella*، *Gymnodinium* و *Coscinodiscus* فقط در یک ایستگاه در این دوره حضور داشتند.



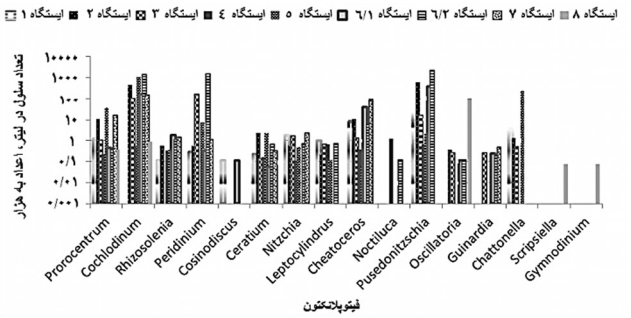
نمودار ۳: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در آخر اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸

در نمونه‌برداری نیمه خرداد حداکثر فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر باز هم متعلق به گونه *C. polykrikoides* با تراکم $۱/۷\times۱۰^{۷}$ سلول در لیتر در ایستگاه ۳ واقع در منطقه رمین و کمترین تراکم گونه‌های مضر مربوط به گونه *Gyrosigma* sp. با تراکم ۵۵ سلول در لیتر مشاهده گردید (نمودار ۴).

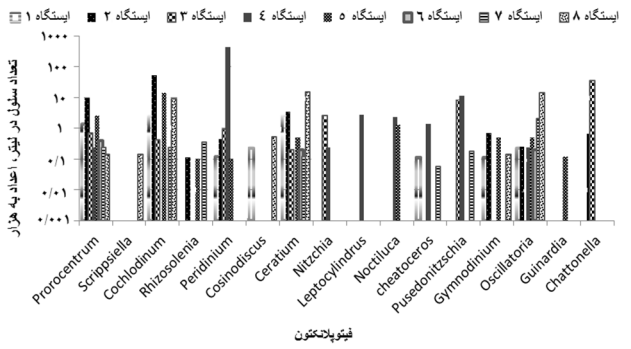


نمودار ۴: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در نیمه خردادماه ۱۳۸۸

بررسی نمونه‌های آخر خرداد نشان داد که بیشترین تراکم هنوز متعلق به گونه *C. polykrikoides* با تراکم ۱×۱۰^{۶} در ایستگاه ۶ است (نمودار ۵)؛ اگرچه تراکم گونه روند کاهشی مشخصی را نسبت به دوره‌های قبلی نشان داد. کمترین تراکم متعلق به گونه‌های جنس *Chaetoceros* با تراکم ۶۱ سلول در لیتر است. در نیمه تیرماه از تراکم گونه *C. polykrikoides* باز هم کاسته شد و تراکم آن به $۱/۴\times۱۰^{۴}$ سلول در لیتر رسید. گونه *Peridinium* sp. بیشترین تراکم (۴×۱۰^{۵}) را به‌خود اختصاص داده بودند (نمودار ۶).

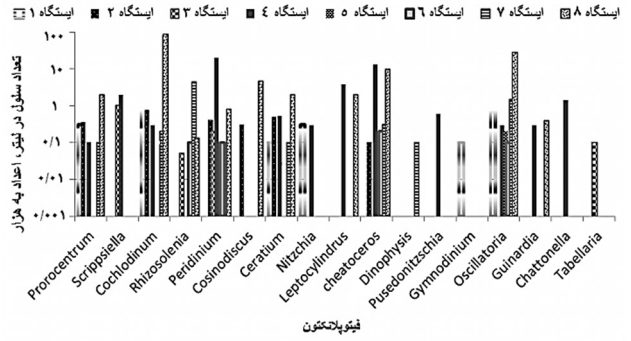


نمودار ۵: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در آخر خردادماه ۱۳۸۸

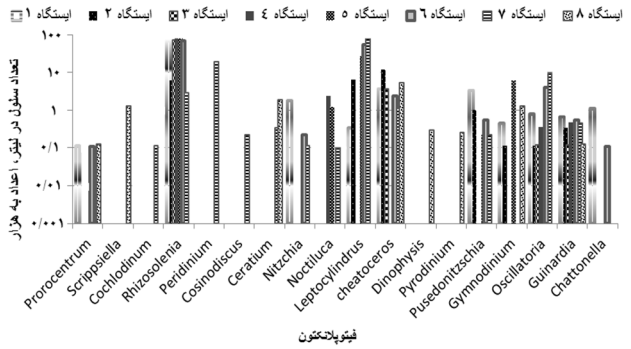


نمودار ۶: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در نیمه تیرماه ۱۳۸۸

در آخر تیرماه بیشترین تراکم در بین گونه‌های مضر مربوط به گونه *C. polykrikoides* با تراکم $۸/۷\times۱۰^{۴}$ در ایستگاه ۸ مشاهده گردید (نمودار ۷). تراکم گونه در بقیه ایستگاه‌ها به میزان زیادی کاهش یافته و بین $۷/۵\times۱۰^{۲}$ تا ۲×۱۰^{۲} بود. نکته قابل توجه در این دوره افزایش تراکم بعضی دیگر از گونه‌های مضر مانند *Oscillatoria* sp. از سیانوباکتری‌ها بود که به $۲/۷\times۱۰^{۴}$ فیلامنت در لیتر رسید. بررسی نتایج تراکم و پراکنش فیتوپلانکتون‌ها در دو دوره بعد از مانسون نشان داد که به‌طور کلی تراکم و ترکیب گونه‌های فیتوپلانکتونی نسبت به قبل از مانسون تغییر یافته است. در نیمه شهریورماه بیشترین تراکم متعلق به *Leptocylindrus* sp. با تراکم ۸×۱۰^{۴} در ایستگاه ۷ و کمترین آن ۱۱۱ سلول در لیتر مربوط به *C. polykrikoides* در همین ایستگاه بود (نمودار ۸).



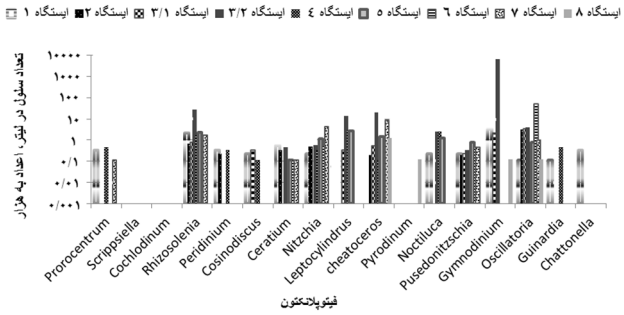
نمودار ۷: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در آخر تیرماه ۱۳۸۸



نمودار ۸: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در نیمه شهریورماه ۱۳۸۸

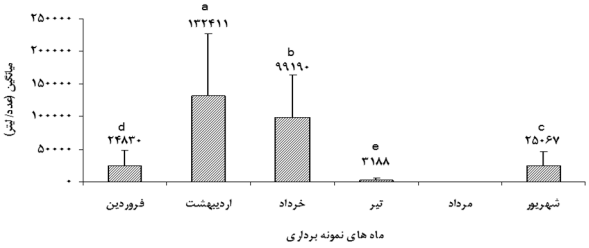
در آخرین گشت در آخر شهریورماه در بین فیتوپلانکتون‌های مضر حداکثر تراکم مربوط به گونه *Gymnodinium* sp. با ۶×۱۰^{۶} سلول بود و سبب تغییر رنگ آب به رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای گردید. شکوفایی این گونه برای مدت یک هفته دوام یافت که سبب ایجاد کف در سطح آب گردید. حداقل تراکم

فیتوپلانکتون‌های مضر ۱۱۱ سلول در لیتر مربوط به جنس‌های *Oscillatoria*، *Guinardia*، *Prorocentrum* بود (نمودار ۹).



نمودار ۹: فراوانی فیتوپلانکتون‌های مضر در آخر شهریورماه ۱۳۸۸

فراوانی کل فیتوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری در نمودار ۱۰ نشان داده شده است. بیش‌ترین فراوانی در ماه اردیبهشت و برابر با ۹۴۲۶۷ ± ۱۳۲۴۱۱ سلول در لیتر آب و کمترین میزان در ماه تیر برابر با ۱۷۳۸ ± ۳۱۸۸ سلول در لیتر بود. در مردادماه به‌دلیل وزش بادهای شدید مانسون امکان نمونه‌برداری فراهم نگردید. نتایج آنالیز آماری نشان داد که تعداد کل فیتوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری ($P <$ ۰/۰۵) است.



نمودار ۱۰: فراوانی کل (میانگین ± خطای استاندارد) فیتوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری (حروف مختلف a-e بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در بین ماه‌های مختلف نمونه‌برداری است)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تاکنون گزارش علمی قابل استنادی در رابطه با شکوفایی‌های فیتوپلانکتونی مضر یا HABs[1] در سواحل جنوب شرق ایران وجود ندارد. از این رو، این اولین گزارش در خصوص پراکندگی گونه‌های مضر تشکیل‌دهنده‌ی شکوفایی در سواحل جنوب شرقی ایران است. با این وجود تحقیقات و بررسی HABs در سال‌های اخیر در حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان رو به افزایش بوده است (Richen et al., 2009; Thangaruja et al., 2007; Fatemi et al., 2012).

در این بررسی ۲۲ گونه HABs با پتانسیل تشکیل شکوفایی و قابلیت به‌وجود آوردن شکوفایی‌های مضر در مناطق ساحلی جنوب شرقی ایران شناسایی گردید (جدول ۱ و نمودارهای ۱-۹). مهمترین گونه‌های دینوفلاژله‌ای HABs مشاهده شده در این بررسی شامل *Ceratium* sp.، *C. tripos*، *C. trichoceros*، *C. furca*، *C. fucus*، *Noctiluca scintillans*، *Cocholodinium polykrikoides* و *Dinophysis* sp. بود. از گونه‌های دیاتومه با پتانسیل تشکیل شکوفایی *Rhizosolenia* sp.، *Pleurosigma* sp.، *Chaetoceros*، *Coscinodiscus*، *Thalassiosira*، *Nitzschia* sp.، *Guinardia* sp. و از جلبک‌های سبز آبی جنس *Oscillatoria* sp. یافت گردید (نمودارهای ۱-۹).

بر اساس گزارشات گشت‌های ROPME Sea Area (RSA) که وقوع پدیده کشند سرخ را از سال ۱۹۸۷ در حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان بررسی کرده است (شکل ۲)، گونه‌های به‌وجود آورنده HABs درحاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان عبارتند از: *Thrichodesmium*، *Ganyaulax* sp.، *Dinophysis* sp.، *Noctiluca scintillans*، *Ceratium* sp. و گونه *N. scintillus* به‌عنوان مهمترین گونه به‌وجود آورنده کشند سرخ در این مناطق معرفی شده است (Thangaraja et al., 2007).

شکل ۲: مناطق با وقوع HABs در حاشیه جنوبی دریای عمان و خلیج فارس (با پیکان مشخص شده است).

بر اساس نتایج این تحقیق تراکم و پراکنش فیتوپلانکتون‌ها بعد مانسون نسبت به قبل مانسون تغییر یافته است (نمودارهای ۸ و ۹) که می‌تواند به‌دلیل دسترسی به مواد مغذی باشد که از بستر به ستون آبی انتقال می‌یابد، این تغییر در ترکیب گونه‌ای در همه

[1] Harmful Algae Blooms (HABs)

مناطق گرمسیری بعد از مانسون‌های جنوب شرقی که همراه با جریانات فراچاهنده است، بسیار رایج است (Kimor, 1992; Esparza-Alvarez et al., 2007). بررسی‌های بوم‌شناختی نشان داده است که فیتوپلانکتون‌های دریای عمان، فراوانی و تنوع بالاتری نسبت به دیگر مناطق گرمسیری دارند (Subba-Rao and Alyamuni, 1998). ۳۸ گونه که پتانسیل تشکیل HABs را در حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان دارند، توسط محققین مختلف گزارش شده است (Subba-Rao and Alyamuni, 1998; Rajan and Al-Abdessalaam, 2008)، که مهم‌ترین گونه‌ها شامل *Dinophysis cuadata*، *Dinophysis miles*، *Prorocentrum minimum*، *Prorocentrum compressum*، *Pyrodinium bahamense* و *Ceratium furca* هستند. اغلب گزارشاتی که از دیگر نقاط ساحلی وجود دارد، حاکی از شکوفایی گونه‌های تقریباً مشابه است. برای مثال از نواحی ساحلی ژاپن ۳۲ گونه تشکیل دهنده HABs گزارش شده است (Fukuyo et al., 2002; Fukuyo et al., 2001)، که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: *Gymnodinium mikimotoi*، *Noctiluca scintillans*، *Heterosigma* sp.، *Mesodinium rubrum*، *Skeletonema costatum*. همین‌طور ۳۱ گونه ریزجلبک که سبب به‌وجود آمدن کشند سرخ از سال ۲۰۰۳-۱۹۹۹ در نوار ساحلی کره شده است، توسط Lee و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. Yan و همکاران (۲۰۰۴) نیز ۴۴ گونه تشکیل دهنده شکوفایی در طی ۲۰ سال گذشته از چین را گزارش کردند.

گونه *Noctiluca scintillans* یکی از گونه‌هایی است که در اغلب نقاط ساحلی دنیا و هم‌چنین خلیج فارس و دریای عمان به‌صورت متوالی کشند سرخ ایجاد می‌کند. این گونه که خود سبز رنگ است در تراکم پایین رنگ آب را سبز و در تراکم بالا رنگ آب را قرمز می‌کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که گونه *N. scintillans* طی دوره‌های نمونه‌برداری حضور داشت (جدول ۱)، ولی سبب ایجاد کشند سرخ نگردید. این گونه در سواحل ایران (دریای عمان) به‌طور متوالی، به خصوص بعد از مانسون ایجاد کشند سرخ می‌کند، که رنگ آب به سرخی می‌گراید و زمان شکوفایی آن در مناطق نمونه برداری معمولاً بعد از اتمام کامل مانسون در ماههای آبان و آذر است. با وجود اینکه این گونه یک گونه رایج تشکیل دهنده شکوفایی در سواحل ایرانی خلیج فارس و دریای عمان است، تاکنون گزارش قابل استنادی مبنی بر مرگ و میر آبزیان توسط شکوفایی آن در سواحل ایران دریای عمان و خلیج فارس وجود ندارد. ولی در آب‌های عمان سه گزارش از مرگ و میر آبزیان توسط این گونه بین سالهای ۲۰۰۱-۱۹۸۸ موجود است. در اولین کشند سرخ ایجاد شده توسط گونه *N. scintillans* که در سال ۱۹۸۸ اتفاق افتاد، سبب تغییر رنگ آب به نارنجی در آب‌های مسقط گردید و سبب مرگ و میر تعداد کمی از ماهیان شامل گونه‌های *Atherinomorus lacunosus*، *Odonus niger* و *Diodon hystrix* شد. دومین کشند سرخ توسط گونه مذکور در آب‌های عمانی در سال ۱۹۸۹ از سواحل بوستان (Bustan) گزارش شده است، که سبب مرگ ۷ گونه ماهی و یک گونه از نرمتنان شد، که مقدار آنها به چند صد عدد رسید. مهم‌ترین گونه‌های ماهی که شدیداً تحت تاثیر کشند این گونه قرار گرفت، *Seriphus politus* و *Scomberoides commersonnianus* بود. سومین کشند سرخ مضر توسط این گونه در آب‌های عمان مجدداً در سواحل Bustan در مسقط در سال ۱۹۹۳ اتفاق افتاد و سبب مرگ و میر تعدادی از ماهیان *Scomberoides commersonnianus* گردید. هم‌چنین در دیگر نقاط ساحلی از جمله در دریای جنوب چین، دریای بوهایی (چین)، سواحل شمال کیوشو (ژاپن) در سال‌های مختلف سبب مرگ و میر تعداد زیادی از آبزیان از جمله ماهیان اسکالپ، اختاپوس، اویستر، ماسل‌ها و آبالون شدند، که ضرر و زیان اقتصادی زیادی را برای این کشورها به بار آورد (Yan et al., 2004).

گونه‌های *Gymnodinium* sp. که در تحقیق حاضر در شهریور ماه دارای حداکثر تراکم با تعداد ۶×۱۰^{۶} سبب ایجاد کشند سرخ گردید (نمودار ۹). در سال ۲۰۰۳ نیز در سواحل پسابندر (یکی از ایستگاه‌های مورد بررسی پروژه) بعد از بادهای موسمی جنوب غربی در آبان‌ماه کشند سرخ ایجاد کرده و سبب مرگ و میر ۱۵ تن از آبزیان گردیده است (Shakoory, 2004). این تنها گزارش موجود در خصوص این کشند است که به‌صورت خبر کوتاهی در خبرنامه انگلیسی موسسه تحقیقات شیلات درج شده است و اطلاعات دیگری و یا گزارشات دیگری مبنی بر وسعت، دوام و شدت و انواع موجودات آسیب دیده وجود ندارد. اغلب گونه‌های جنس *Gymnodinium* sp. به‌طور گسترده در ساحل نواحی معتدله گرم و گرمسیری حضور دارند. شکوفایی این گونه از سواحل مکزیک، پاکستان، غرب و جنوب آفریقا و ژاپن گزارش شده است (Hallegraeff et al., 2012). ۹ گونه از سامانه‌های

متعلق به جنس *Gonyaulax* از رسوبات سواحل پسابندر و چابهار در سال ۲۰۰۵-۲۰۰۴ شناسایی گردیده است (Attaran-Fariman, 2007c). از جمله مهمترین گونه‌های شناسایی شده که پتانسیل تشکیل شکوفایی را دارد، گونه *Gonyaulax polyedra* است، که گونه‌ای سمی بوده و از قسمت‌های شمال غربی عمان و خلیج فارس هم گزارش شده است (Bradford and Wall, 1988; Husain, 2003) ولی در تحقیق حاضر طی دوره نمونه‌برداری این گونه حضور نداشت. یکی از گونه‌های دیگر این جنس که سبب مرگ و میر آبزیان در سواح عمان گردیده است، شکوفایی گونه *G. diegensis* است که در سال‌های ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ رخ داد و سبب تغییر رنگ آب به قرمز روشن شد. این شکوفایی موجب مرگ و میر بیش از ۳-۲ تن ماهی شامل *Sardinella longiceps*، *Mugil* sp.، *Sarda* sp.، *Scomberoides commersonnianus* شد. بعد از سال ۱۹۹۴ این گونه تا سال ۲۰۰۱ در آب‌های عمانی شکوفایی کرده و سبب ضرر و زیان اقتصادی گردیده است (Thangaraja et al., 2007). گزارش مبنی بر شکوفایی *Dinophysis* که سبب تغییر رنگ آب به زرد متمایل به قهوه‌ای می‌شود، در آب‌های ایرانی سواحل عمان وجود ندارد، ولی از آب‌های عمانی در سال ۱۹۹۳ گزارش شده است (Thangaraja et al., 2007). در سال ۱۳۸۹ گونه‌ای از *Chattonella* در سواحل شرقی چابهار از رمین تا پسابندر (ایستگاه‌های مورد مورد بررسی این پروژه) شکوفایی کرد و سبب مرگ و میر بیش از ۱ تن از آبزیان از جمله گونه‌هایی از فرشته ماهیان، چهار قطعه لاک‌پشت سبز و دیگر آبزیان گردید.

بر اساس نتایج این تحقیق در بین گونه‌های مضر در سواحل ایران، جنس‌های *Nitzschia* از دیاتومه‌ها و *Prorocentrum*، *Ceratium* و *Cochlodinium* از داینوفلاژلاها در اغلب دوره‌های نمونه‌برداری حضور داشتند (جدول ۱). در جنس *Prorocentrum*، گونه *P. micans* گونه غالب منطقه بود، که در اغلب ایستگاه‌ها حضور داشت (جدول ۱). اما گونه‌های دیگر این جنس مانند *P. lima*، *P. arcuatum* و *P. gracil* هم در این منطقه در بسیاری از ایستگاه‌ها حضور داشتند. گونه *P. lima* که مترادف گونه *P. marinum* است به‌طور گسترده‌ای در آب‌های نواحی گرمسیری گسترش دارد (Thangaraja et al., 2007). گونه‌های مختلف از جنس *Ceratium* در مناطق مورد بررسی حضور داشتند (جدول ۱). گونه‌های مضر متعلق به جنس‌های *Chattonella*، *Dinophysis*، *Tabellaria*، *Guinardia* و *Coscinodiscus* چه از نظر مکانی و چه زمانی، کمتر در طی دوره بررسی در منطقه حضور داشتند (جدول ۱). با این وجود لازم به ذکر است که تراکم گونه *Coscinodiscus apiculatus* در حاشیه سواحل جنوبی دریای عمان در سال ۲۰۰۰ به تعداد ۱۰۸ سلول در لیتر رسید و سبب تلفات ۳۰-۲۰ تن ماهی گردید (Thangarajan et al., 2007).

نتیجه‌گیری کلی تحقیق حاضر نشان داد که اغلب گونه‌های مضری که در سواحل مناطق گرمسیری دنیا حضور دارند، در مناطق ساحلی استان سیستان و بلوچستان هم حضور دارند، اگرچه حضور و عدم حضور این گونه‌های مضر بسته به موقعیت زمانی و مکانی متفاوت است. دو گونه *C. polykrikoides* و *Gymnodinium* sp. سبب ایجاد کشند سرخ در سواحل ایرانی دریای عمان گردیدند. یکی دیگر از دستاوردهای این بررسی تغییر ترکیب فیتوپلانکتون‌ها در دوره‌های متوالی نمونه‌برداری بود، که نشان داد اگر توالی‌های نمونه‌برداری بیشتر از دو هفته باشد نمی‌تواند اطلاعات صحیحی از وضعیت گونه‌ها در مکان‌های مختلف در اختیار قرار دهد. چرا که نتایج نشان داد یکی از گونه‌های عامل بروز کشند (*Gymnodinium* sp.) در این بررسی در تیرماه دارای فراوانی صفر بود، اما از نیمه شهریورماه در منطقه حضور یافت و در دو هفته بعد، شکوفایی آن به‌وقوع پیوست. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که بهتر است در هر گونه مطالعه‌ی کیفیت و کمیت جمعیت فیتوپلانکتون‌ها، فاصله نمونه‌برداری ها بیشتر از دو هفته نباشد.

۵. سپاسگزاری

از سازمان محیط زیست به جهت حمایت مالی این پروژه و از کارشناسان و اعضای هیئت علمی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار جهت همکاری در اجرای مرحله‌ی عملیاتی پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Adam, A.; Mohammad-Noor, N.; Anton, A.; Saleh, E., Saad, S.; Shaleh, S. R. M., 2011. Temporal and spatial distribution of harmful algal bloom (HAB) species in coastal waters of Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.

diatoms (>38 mm) variability in the Southern California current. Marine Micropaleontology, 64: 18–35.

Fatemi, S.M.R.; Nabavi S.M.B.; Vosoghi, G.; Fallahi, M.; Mohammadi, M., 2012. The relation between environmental parameters of Hormuzgan coastline in Persian Gulf and occurrence of the first harmful algal bloom of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11(3): 475-489.

Fukuyo, Y.; Kodama, M.; Ogata, T., 2001. Review : Toxic Microalgae. Kaiyo Monthly, 33(10): 685-688.

Fukuyo, Y.; Imai, I.; Kodama, M.; Tamai, K., 2002. Red tides and other harmful algal blooms in Japan, 7-20 p. In Harmful Algal Blooms in the PICES Region of the North Pacific (eds. Taylor F. J. R. & V L. Trainer). PICES Scientific Report No. 23. Institutes of Ocean Sciences, Sidney, Canada.

Hallegraeff, G.M., 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Phycologia, 32: 79– 99.

Hallegraeff, G.M.; Anderson, D.M.; Cembella, A.D., 2003. Manual on Harmful Marine Microalgae, UNESCO, Landais, 792 pp.

Hallegreaff, G.M.; Blackburn, S.I., Doblin, M.A., Bolch, C.J.S., 2012. Global toxicology, ecophysiology and population relationships of the chain forming PST dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*. Harmful Algae, 14: 130-143.

Han, W.Y., 1995. Marine Chemistry of the Nansha Islands and South China Sea. China Ocean Press, Beijing.

Hoppenrath, M.; Schweikert, M.; Elbrächter, M., 2003. Morphological reinvestigation and characterisation of the marine, sand-dwelling dinoflagellate *Adenoides eludens* (Dinophyceae). European Journal of Phycology, 38:385–394.

Husain, M., 2003. The ecology and taxonomy of marine Harmful Algae, 10: 495–502.

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

Attaran-Fariman, G., 2007b. Dinoflagellater and Chatonella resting stages from recent sediment of south East coast of Iran, PhD thesis, Tasmania University, Australia, 350 pp.

Attaran-Fariman, G.; Bolch, C.J.S., 2007c. *Scrippsiella irregularis* sp. nov. (Dinophyceae), a new dinoflagellate from the southeast coast of Iran. Phycologia, 46: 572-582.

Attaran-Fariman, G.; de Salas, M.F.; Negri, A.P.; Bolch, C.J.S., 2007d. Morphology and phylogeny of *Gymnodinium trapeziforme* sp. nov. (Dinophyceae): a new dinoflagellate from the southeast coast of Iran that forms microreticulate resting cysts. Phycologia, 46 (6): 644-656.

Azanza, R.V.; Fukuyo, Y., Yap, L.G.; Takayama, H., 2005. *Prorocentrum minimum* bloom and its possible link to a massive fish kill in Bolinao, Pangasinan, Northern Philippines. Harmful Algae, 4: 519–524.

Bradford, M.R.; Wall, D.A., 1984. The distribution of recent organic walled dinoflagellate cysts in the Persian Gulf, Gulf of Oman, and northwestern Arabian Sea. Páláeontográphicá B, 184-192.

Carmelo, R. T., 1997. Identifying marine phytoplankton. Academic Press, San Diego, CA. Paperback, 858 pp.

Carmelo, T.R.; Smayda, T.J., 2008. Red Tide Blooms of *Cochlodinium polykrikoides* in a Coastal Cove. Harmful Algae, 7(3): 308-317.

Dale, B., 1983. Dinoflagellate resting cyst: benthic plankton in (G.A. Gryxell, ed.) Survival strategies of the algae University press. Cambridge.

Esparza-Alvarez, M.A.; Herguera, J.C.; Lange, C., 2007. Last century patterns of sea surface temperatures and

Algae, 9:163-172.

Shakoory, A., 2004. Red tide bloom in Sistan and Baluchestan coastal waters. Iranian Fisheries Institute, Newsletter, No.54.

Shuler, A.; Hayes, K.C., 2008. An assessment of South Carolina waters: phytoplankton structure and community, Proceedings of the 2008 South Carolina Water Resource Conference, held October 14-15, 2008.

Subba-Rao, D.V.; Alyamuni, F., 1998. Phytoplankton ecology in the water between Shatt-Al-Arab and Straits of Hormuz, Persian Gulf: A review. Plankton Biology ecology, 45:101-116.

Sournia, A., 1978. Phytoplankton manual, monographs on oceanographic methodology. UNESCO, 377 pp.

Tang, D. L.; Di, B. P.; Wei, G.; Ni, I.H.; Oh, I. S.; Wang, S. F., 2006. Spatial, seasonal and species variations of harmful algal blooms in the South Yellow Sea and East China Sea. Hydrobiologia, 568: 245-253.

Thangaraja, M.; Al-Aisry, A.; Al-Kharusi, L., 2007. Harmful algal blooms and their impacts in the middle and outer ROPME sea area. Oceanography, 2: 58-66.

Yan, L.; Quan, W.; Zhao, X., 2004. Prediction and setup of phytoplankton statistical model of Qiandaohu Lake. Journal of Zhejiang University Science, 5(10): 1206–1210.

phytoplankton of Kuwaite with particular emphasis on harmful algae species. PhD thesis University of West Minster. London.

Kimor, B., 1992. Impact of eutrophication on phytoplankton composition. In: Marine Coastal Eutrophication edited by Vollnweider, R.A., Marchetti, R., Vicviani, R. Elsevier, Amsterdam, 871–878 pp.

Lee, C., 2003. Summary of National report on HABs in Korea. Report on Algae Blooms in Eastern Florida Bay and Southern Biscayne Bay, 33 pp.

Maclean, J. L., 1989. Indo-Pacific red tide, 1985–1988. Marine Pollution Bulletin, 20: 304–310.

Newell, G.E.; Newell. R.C., 1977. Marine plankton: A practical guide, 5th ed. London: Hutchinson Educational.

Parsons, T.R.; Maita, Y.; Lalli, C.M., 1992. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, 173 pp.

Rajan A.; AlAbdessalaam, T.Z., 2008. Guide to Common Marine Phytoplankton in Abu Dhabi Waters. Environmental Agency-Abu Dhabi, UAE, 127 pp.

Rhichlen, M.I.; Morton, S.L.; Jamali, E.A.; Rajan, A.A.; Anderson, D. M., 2010.The catastrophic 2008–2009 red tide in the Persian Gulf region, with observation on the identification and phylogeny of the fish – killing dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. Harmful