محیط‌زیست و توسعه، سال ۹، شماره ۱۸، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، از صفحه ۵ تا ۱٤

دلایل بروز شکوفایی جلبکی مضر *Cochlodinium sp.* در خلیج فارس؛ مسایل، تهدیدها، و کنترل آن

***خسرو آیین جمشید**

استادیار پژوهشکده میگوی کشور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۱۳؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۱۰)

چکیده

هدف از انجام این تحقیق شناسایی عامل شکوفایی جلبکی (کشند قرمز) و الگوی گسترش آن در سواحل استان بوشهر، عوامل موثر و یافتن راهکارهای کنترل این پدیده بود. تحقیقات میدانی و نمونه برداری‌ها از خلیج نایبند در جنوب استان بوشهر تا بندر دیلم در شمال، از آذر ماه ۱۳۸۷ تا آبان ماه ۱۳۸۸ انجام گردید. اولین مورد از بروز شکوفایی جلبکی درخلیج نایبند در جنوب استان بوشهر در روز ۸۷/۰۹/۰۴ گزارش شد و تا روز ۸۷/۱۱/۰۷ به جنوب بندر گناوه رسید. براساس نتایج شناسایی فیتوپلانکتونی، عامل شکوفایی جلبکی مورد بررسی گونه *Cochlodinium polykrikoides* متعلق به رده دینوفلاژلات های تک سلولی (Dinophyceae) از راسته Gymnodiniales بود. فراوانی این فیتوپلانکتون در استان بوشهر، در آذر ماه ۱۳۸۷ به حداکثر ۸/۷۰۰/۰۰۰ سلول در لیتر رسید. سپس، در زمستان همان سال به حداقل میزان خود رسید و دوباره در فروردین و اردیبهشت ماه ۱۳۸۸ به حداکثر ۴/۱۲۰/۰۰۰ سلول در لیتر افزایش یافت. ضریب همبستگی بین تراکم *Cochlodinium.sp* با غلظت فسفات و نیترات در ایستگاه خلیج نایبند به ترتیب ۰/۹۹+ و ۰/۹۸+ بود.

کلید واژه‌ها: کوکلودینیوم، شکوفایی جلبکی، مواد مغذی، کنترل، بوشهر

* نویسنده مسئول: Email: khosrow.aein@gmail.com

سرآغاز

شکوفایی یا بلوم (Bloom) جلبکی، رشد و تکثیر انفجاری فیتوپلانکتون های تک سلولی می باشد که به تولید توده های انبوه آنها می انجامد. به هنگام بروز شکوفایی، بر اثر وجود رنگدانه های موجود در بدن پلانکتونِ عامل شکوفایی، رنگ آب تغییر می کند. فیتوپلانکتون های عامل شکوفایی مضر اغلب به ۶ دسته دیاتومه‌ها (Diatoms)، دینوفلاژلات‌ها (Dinoflagellates)، هاپتوفیت‌ها (Haptophytes)، رافیدوفیت‌ها (Raphidophytes)، سیانوفیت‌ها (Cyanophytes) و پلاژوفیت‌ها (Pelagophytes) تعلق دارند (Zingone, 2000).

از آنجا که اولین شکوفایی های شناخته شده باعث قرمز شدن آب دریا می شدند، این پدیده را کِشَندِ قرمز (Red Tide) نیز می نامند. کشند قرمز ضرورتاً همیشه قرمز نیست. در اثر بروز این پدیده، بسته به نوع جلبکی که شکوفا شده، ممکن است طیفی وسیعی از رنگ‌های قرمز، صورتی، بنفش، نارنجی، زرد، آبی، قهوه ای و سبز تیره در آب پدید آید.

پدیده شکوفایی جلبکی یک رخداد طبیعی است که به کرات در خلیج فارس به وقوع افتاده است. این رخداد در تابستان سال ۲۰۰۱ در آب‌های کشور کویت سبب مرگ و میر بیش از ۲۵۰۰ تن آبزی و زیان های سنگین اقتصادی شد (Glibert, 2001).

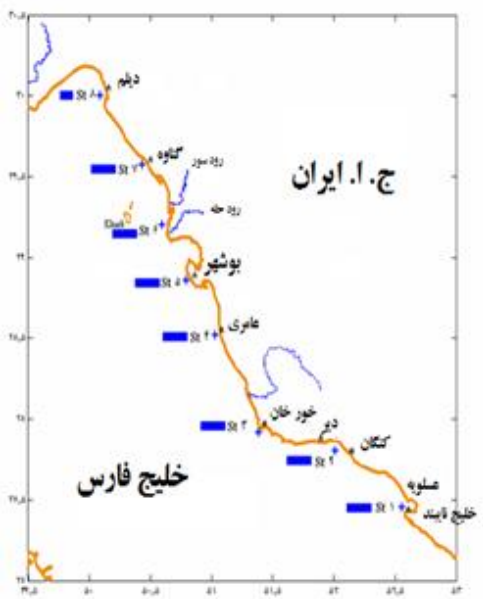
وقوع شکوفایی های جلبکی مضر (Harmful Algal Blooms) و افزایش زمان و گستره بروز آنها به ویژه در دو دهه اخیر مشکلات بزرگی را برای آبزیان، محیطزیست و بهره‌برداران از دریا بوجود آورده است (Azanza, 2008; Anton, 2008;). این پدیده تهدیدی جدی برای اکوسیستم های دریایی (موجودات کفزی، انواع ماهیان، پستانداران دریایی، پرندگان دریایی) و سلامت انسان به عنوان مصرف کننده غذاهای دریایی می‌باشد. علاوه بر موارد فوق، اختلال درعملکرد تاسیسات خنک کننده صنایع بهره‌بردار از دریا، آب شیرین کن‌ها (Caron, 2009)، و آسیب رساندن جدی به صنایع صید و آبزی پروری و توقف فعالیتهای گردشگری از دیگر آثار وقوع این پدیده است.

شکوفایی جلبکی سال ۸۸-۱۳۸۷ در آب‌های جمهوری اسلامی ایران، برای اولین بار در تاریخ ۱۳۸۷/۰۷/۰۸ در آب‌های بندر جاسک واقع در استان هرمزگان گزارش شد. شکوفایی این گونه در آب‌های استان هرمزگان، از مهر تا بهمن سال ۱۳۸۷، سبب مرگ و میر حدود ۲۵ تن ماهی شد. حدود ۹۰ درصد ماهی های تلف شده از انواع کف‌زی شامل زمین کن، هامور، بیاه، ساردین، سرخو، مارماهی و سفره ماهی بود (پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، ۱۳۸۸). این پدیده سپس به آب‌های استان بوشهر گسترش یافت.

روش تحقیق

منطقه مورد بررسی

جهت مطالعه شکوفایی رخ داده هشت ایستگاه ثابت در سواحل استان بوشهر از مختصات جغرافیایی ′۳۱ °۵۲ E و ′۲۷٫۶ °۲۷ N در خلیج نایبند در جنوب استان بوشهر تا ′۳ °۵۰ E و ′۰ °۳۰ N در شمال استان انتخاب گردید (شکل ۱). همچنین تعدادی ایستگاه های متغیر نیز در مواقع بروز شکوفایی و در مواردی که منابع معتبر محلی گزارش می دادند، مورد بررسی قرار می گرفت.



شکل (۱): نقشه ایستگاه های مورد بررسی در آب‌های استان بوشهر، ۸-۱۳۸۷

پارامترهای مورد بررسی

عملیات نمونه برداری از ۱۳۸۷/۰۹/۰۸ در مواقع بروز شکوفایی جلبکی، بجز در مواقع نامساعد بودن شرایط جوی، انجام پذیرفت.

شناسایی، تعیین تراکم و پراکنش فیتوپلانکتونی، اندازه گیری پارامترهای فیزیکو-شیمیایی آب شامل؛ دما، اکسیژن، pH و شوری، و تعیین غلظت مواد مغذی (نیترات و فسفات) از اهداف این تحقیق بود.

پس از استقرار در هر ایستگاه، تاریخ و ساعت نمونه برداری، طول و عرض جغرافیایی، عمق(m) ، شفافیت (m)، وضعیت جوی و رنگ آب اندازه گیری و ثبت گردید.

جهت مطالعه فیتوپلانکتون‌ها از بطری Ruttner مدل Hydrobios، لام حفره دار هیدروبیوز، میکروسکوپ اینورت Nikon مدل*Tis* Eclipse، استفاده شد. تثبیت نمونه فیتوپلانکتون‌ها با محلول لوگل صورت پذیرفت. نمونه برداری از آب‌های سطحی با سه تکرار با استفاده از بطری روتنر و در مواردی با استفاده از بطری ساده یک لیتری انجام گردید و پس از تثبیت به آزمایشگاه منتقل شد. ابتدا نمونه های فیکس شده در آزمایشگاه به مدت دو هفته در یک محل ثابت نگهداری شدند تا نمونه‌های پلانکتونی ته نشین گردند. سپس توسط سیفون، آب روی نمونه‌ها به صورت قطره‌ای خارج کرده و از حجم باقیمانده یک میلی لیتر از نمونه به لام هیدروبیوز منتقل و به کمک میکروسکوپ اینورت شناسایی و شمارش شدند. نمونه برداری فیتوپلانکتون و بررسی‌های آزمایشگاهی آن بر اساس روش‌های معرفی شده در منابع صورت گرفت (Andrew, Newell, 1977; Sorina, 2005; MOOPAM, 1999; 1978).

نمونه برداری از آب جهت سنجش مواد مغذی (نیترات و فسفات) به کمک بطری نمونه بردار روتنر و با ۳ تکرار برای هر سنجه انجام گردید. نمونه برداری و آنالیز مواد مغذی بر اساس روش کار (MOOPAM, 1999) و با استفاده از اسپکتروفتومتر HACH مدل DR ۴۰۰۰ انجام گردید.

دمای آب و هوا، شوری، pH و اکسیژن محلول در کلیه ایستگاه های مورد بررسی توسط دستگاه سنجنده WTW ثبت گردید.

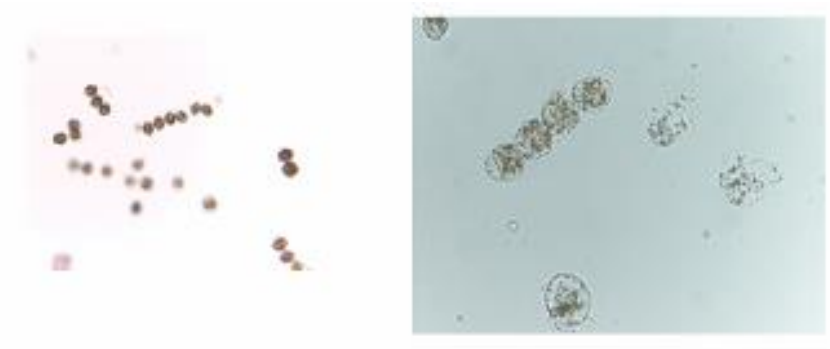
پراکنش عامل شکوفایی در استان بوشهر با استفاده از نرم افزار MATLAB رسم گردید.

نتایج

اولین مورد از شکوفایی گسترده *کوکلودینیوم* در آب‌های استان بوشهر در روز ۸۷/۰۹/۰۴ توسط صیادان محلی گزارش شد. گستره شکوفایی این گونه تا روز ۸۷/۱۱/۰۷ به مناطق شمالی استان بوشهر (جنوب بندر گناوه) رسید (شکل ۲).

شکل (۲): نقشه گسترش شکوفایی سال‌های ۸-۱۳۸۷ در آب‌های دریای عمان و خلیج فارس

عامل شکوفایی مورد بررسی فیتوپلانکتونی از گونه *Cochlodinium polykrikoides* متعلق به رده دینوفلاژلات های تک سلولی (Dinophyceae) از راسته Gymnodiniales بود (شکل ۳).



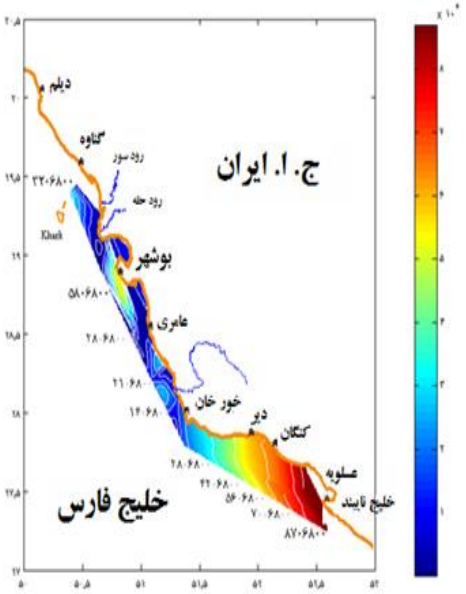
شکل (۳): تصویر فیتوپلانکتون Cochlodinium شناسایی شده در آب‌های ساحلی استان بوشهر، پاییز ۱۳۸۷

با توجه به این که نمونه برداری های انجام شده در این تحقیق در حالت شکوفایی صورت می پذیرفت، و در اکثر موارد *Cochlodinium.sp* تنها گونه موجود در نمونه‌ها بود، . لذا برای تعیین هر چه سریعتر روند گسترش عامل شکوفایی در استان بوشهر و اطلاع دادن به مدیریت بحران استان بوشهر، این تحقیق تنها بر تغییرات تراکم و پراکنش گونه عامل شکوفایی یعنی *کوکلودینیوم* متمرکز شد.

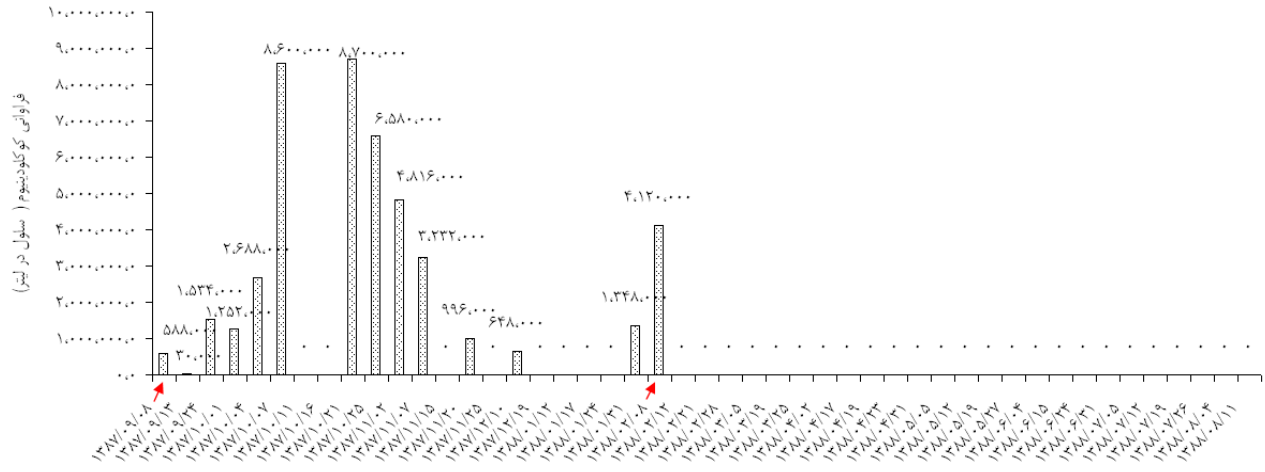
تراکم و پراکنش گونه عامل شکوفایی مورد بررسی

براساس نتایج این تحقیق بیشترین تراکم *Cochlodinium.sp* در دوره مورد بررسی به میزان ۸/۷۰۰/۰۰۰ سلول در لیتر در منطقه اختر واقع در جنوب استان بوشهر در ۲۱ دی ماه ۱۳۸۷ و به میزان ۸/۶۰۰/۰۰۰ سلول در لیتر در خلیج نای بند در هفتم دی ماه ۱۳۸۷ بود. در زمستان سال ۱۳۸۷ تراکم این فیتوپلانکتون به حداقل میزان خود رسید و مجددا در هشتم اردیبهشت ماه ۱۳۸۸ تراکم آن به ۴/۱۲۰/۰۰۰ سلول در لیتر در منطقه عسلویه افزایش یافت (شکل ۴). آخرین نقطه در استان بوشهر که شکوفایی *Cochlodinium.sp* در آن مشاهده شد، شمال بندر ریگ در هفتم بهمن ماه ۱۳۸۷ با تراکم ۴۶۰/۰۰۰ سلول در لیتر بود (شکل ۵). روند گسترش توده شکوفا شده *Cochlodinium.sp* در استان بوشهر از روز ۸۷/۰۹/۰۴ تا ۸۷/۱۱/۰۷ در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.

بیشترین تراکم کوکلودینیوم و گسترده ترین شکوفایی‌ها در جنوب استان بوشهر از خلیج نایبند تا دیر و روبروی شهر بوشهر مشاهده شد (شکل ۵).



شکل (۵): منحنی همتراز پراکنش *Cochlodinium.sp* در آب‌های استان بوشهر، ۱۳۸۷



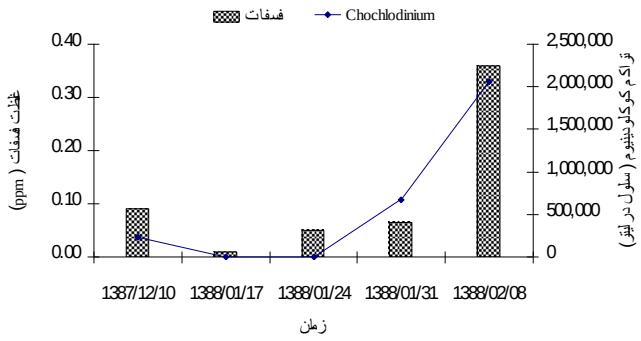
شکل (۴): حداکثر تراکم *Cochlodinium.sp* در آب‌های استان بوشهر از آذر ۱۳۸۷ تا آبان ماه ۱۳۸۸

مواد مغذی

میانگین غلظت نیترات (NO_3^-) و فسفات (PO_4^{-3}) در ایستگاه خلیج نایبند در جدول (۱) ارایه شده است. روند تغییرات میانگین فسفات و تراکم *Cochlodinium.sp* در ایستگاه خلیج نایبند که بیشترین میزان شکوفایی‌ها در آن رخ داد، در شکل (۶) نشان داده شده است.

جدول (۱): میزان مواد مغذی در زمان بروز شکوفایی در ایستگاه های مورد بررسی، استان بوشهر، سال ۸۸-۱۳۸۷

تاریخ	تراکم *Cochlodinium.sp* (سلول در لیتر)	(mg/lit)NO_3^-	(mg/lit) PO_4^{-3}
۱۳۸۷/۱۲/۱۰	۶۴۸/۰۰۰	۰/۱۱	۰/۰۲
۱۳۸۸/۰۱/۱۷	۰	۰/۲۰	۰/۰۰
۱۳۸۸/۰۱/۳۱	۱/۳۴۸/۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۶
۱۳۸۸/۰۲/۰۸	۴/۱۲۰/۰۰۰	۰/۲۱	۰/۶۴



شکل (۶): تغییرات میانگین فسفات و تراکم *Cochlodinium.sp* در ایستگاه خلیج نایبند، استان بوشهر، سال ۸۸-۱۳۸۷

بحث و نتیجه‌گیری

عامل شکوفایی گسترده سال ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در آب‌های استان بوشهر، گونه *Cochlodinium polykrikoides* تشخیص داده شد. این گونه برای اولین بار در جهان در سال ۱۹۶۱ توسط Margalef در مجمع الجزایر پورتوریکو واقع در دریای کارائیب شناسایی شد (Kudela, 2012).

جنس *Cochlodinium* متعلق به رده دینوفیسه‌ها برای اولین بار توسط Schutt در سال ۱۸۹۵ شناسایی شد. این جنس باعث بروز شکوفایی های متعددی در قاره های آسیا، اروپا و شمال آمریکا در طول قرن بیستم و بویژه در سال های اخیر بوده است. بیش از ۴۰ گونه مختلف از جنس کوکلودینیوم شناسایی شده که معروفترین این گونه‌ها *C. catenatum*، *C. fulvescens*، *C. polykrikoides* و*C. convolutum* می باشند. این گونه‌ها از دینوفیسه های بزرگ هستند که طولی حدود µm ۴۰ دارند و زنجیره های ۲ تا ۱۶ سلولی را بوجود می آورند. طول سلول واحد *کوکلودینیوم* µm ۴۰–۳۰ و پهنای آن µm ۳۰–۲۰ است. گستره قابل تحمل شوری برای *Cochlodinium polykrikoides*، ۴۰–۱۰ppt و گستره دمایی ^{o}C ۳۰–۱۰ است. بیشترین نرخ رشد این گونه در شوری ppt ۳۳–۳۰ و دمای ^{o}C ۲۶–۲۴ می باشد (Kim, 2004; Yoon, 2001).

ضریب همبستگی بین تراکم *Cochlodinium.sp* و غلظت فسفات در کل ایستگاه های مورد بررسی، ۰,۹۰+ و بین تراکم کوکلودینیوم و غلظت نیترات ۰,۵۹+ بود. ضریب همبستگی بین تراکم *Cochlodinium.sp* با غلظت فسفات و نیترات در ایستگاه خلیج نایبند به ترتیب ۰,۹۹+ و ۰,۹۸+ بود. بررسی رابطه میان مواد مغذی بویژه فسفات با تراکم کوکلودینیوم نشان می دهد که در ایستگاه شماره یک (خلیج نایبند) بیشترین ضریب همبستگی بین تراکم *Cochlodinium.sp* و غلظت فسفات (۰,۹۸+) وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان می دهد که با افزایش غلظت فسفات، در مواقعی که میانگین دمای آب به شرایط بهینه رشد *Cochlodinium.sp* (C ۲۶–۲۴) نزدیک است، شکوفایی کوکلودینیوم رخ داده است. پس از بروز شکوفایی، میزان موادمغذی بدلیل مصرف آن توسط توده‌های متراکم فیتوپلانکتونی کاهش یافته ولی با ورود مجدد این مواد در مواقعی که شرایط دمایی مناسب بوده، مجدداً شکوفایی داده است. (شکل‌هـــای ۴ و ۶). روند مشـاهده شـده در این تحقیـق با نتایج تحقیقات (Kim, 2004; Yoon; 2001) مطابقت دارد.

دلایل بروز و گسترش شکوفایی کوکلودینیوم در آب‌های استان بوشهر

مهمترین عوامل موثر در بروز شکوفایی جلبکی عبارتند از: افزایش مواد مغذی (Eutrophication)، تخریب و تغییر سواحل، تغییر در نسبت اجزاء مواد مغذی، تغییرات آب و هوایی، کاهش کمی شکارچیان فیتوپلانکتون‌ها و ارگانیزم هایی که از طریق فیلترکردن آب تغذیه می کنند، و جابه‌جایی عامل شکوفایی بوسیله آب توازن شناورها یا جریان های دریایی (Maso, 2006).

نکته قابل توجهی که حادثه شکوفایی سال ۸۸–۱۳۸۷ را از سایر شکوفایی های پلانکتونی رخ داده در خلیج فارس را متمایز می کند غیر بومی بودن گونه عامل شکوفایی است.

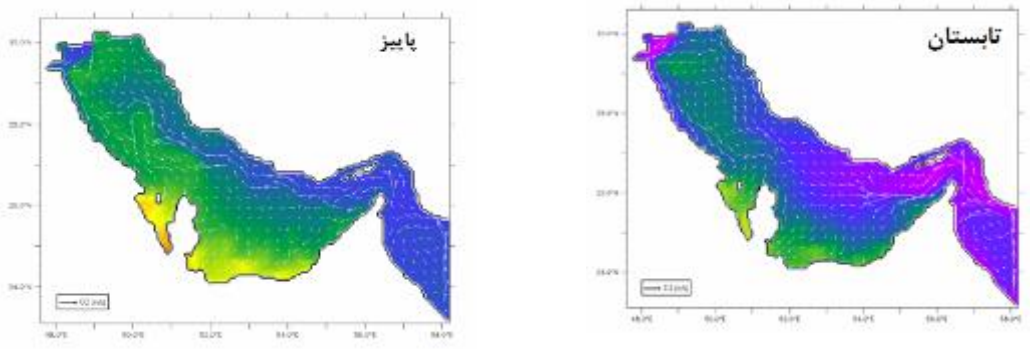
در تحقیقات هیدروبیولوژیک انجام شده در خلیج فارس، از جمله گشت تحقیقاتی Meteor در سال ۱۹۵۴ (Emery, 1956)، ROPME در سال ۲۰۰۱ (ROPME, 2004) و هیدروبیولوژی خلیج فارس در سال های ۸۱–۱۳۷۹ (ایزدپناهی، ۱۳۸۴) گزارشی از شناسایی *Cochlodinium.sp* وجود ندارد. تنها مورد ذکر شده در مورد این گونه در گزارش مطالعات Eco-Zist در سال ۱۹۷۶ (Eco-Zist, 1980).

این پدیده می تواند به دلایل زیر رخ داده باشد.

۱. آخرین موارد ظهور شکوفایی کوکلودینیوم در سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ درکشور های مالزی، فیلیپین و کره جنوبی رخ داده است و در این بین هیچ گزارشی از وقوع شکوفایی پلانکتونی در مناطق نزدیک به دریای عمان و خلیج فارس وجود ندارد (Azanza, 2008; Anton, 2008). جابجایی این فیتوپلانکتون از طریق آب توازن شناورها و تانکر های نفتی بویژه با توجه به وقوع اولین شکوفایی‌ها در آب‌های عمان و امارات و سپس آب‌های منطقه جاسک و سیریک در استان هرمزگان یکی از دلایل احتمالی ورود آن به دریای عمان و خلیج فارس است.

۲. جابه‌جایی فیتوپلانکتون به دلیل شناور بودن تنها با استفاده از جریان‌های دریایی، بادهای غالب مونسون، قوس و شمال، و جریان‌های جزر و مدی انجام می‌گردد. بنابراین، ممکن است کوکلودینیوم توسط جریان‌های آبی موجود در اقیانوس هند به دریای‌عمان و خلیج‌فارس انتقال یافته و با توجه به شرایط اکولوژیکی مناسب و میزان مواد مغذی بالا، بویژه پس از طوفان گونو سال ۱۳۸۶، در این مناطق سازگار شده باشد. جهت جریان‌های دریایی در خلیج فارس از تنگه هرمز به سمت شمال خلیج فارس و در امتداد سواحل جمهوری اسلامی ایران از جنوب به شمال می باشد (Kampf, 2006)، که گستره توزیع این پدیده در خلیج فارس از این الگو پیروی می‌کند (شکل ۷).

۳. ورود پساب‌های صنعتی و شهری در سال‌های اخیر، و رخداد طوفان گونو در تابستان ۱۳۸۶ باعث افزایش بیش از حد میزان مواد مغذی بویژه فسفات در آب‌های دریای عمان و خلیج شده است. وسیع‌ترین و بزرگترین شکوفایی‌های ناشی از کوکلودینیوم در کشور کره جنوبی در سال‌های ۱۹۹۵، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱-۳ رخ داده است. مطالعات انجام شده توسط Seong نشان داده است که در این سال‌ها شرایط دمایی آب به محدوده بهینه (C ۲۶-۲۴) نزدیک‌تر بوده و غلظت مواد مغذی به ویژه نیترات در بیشترین مقدار خود بوده است (Seong, 2009).



شکل (۷): جهت چرخش آب در خلیج فارس، در فصل تابستان (سمت راست) و پاییز (سمت چپ) (Kampf, 2006)

مسایل و تهدیدهای ناشی از بروز شکوفایی جلبکی مضر

مهمترین عوارض بروز شکوفایی جلبکی مضر شامل اثر آن بر سلامت عمومی و اقتصاد در مناطق ساحلی می‌باشد.

فیتوپلانکتون‌های عامل بروز شکوفایی جلبکی مضر در دو گروه تولیدکننده‌های سم یا توکسین، و گونه‌های سریع تکثیر شونده تقسیم بندی می شوند. از حدود ۴۰۰۰ گونه فیتوپلانکتون شناسایی شده در جهان تنها ۸۰ گونه سمی که بیشتر آنها جزو دسته دینوفلاژلات‌ها بوده و حدود ۲۰۰ گونه سریع تکثیرشونده هستند. گونه‌های سمی اغلب دارای تراکم سلولی کم، حدود 10^2 تا 10^4cell/lit، ولی بسیار خطرناک می‌باشند به نحوی که مصرف ماهی آلوده به سم این گونه جلبک‌ها در عرض ۲ تا ۲۴ ساعت، در صورت درمان نشدن، باعث مرگ انسان می شود. این گونه‌ها حتی ممکن است باعث شکوفایی مشهود هم نگردند ولی اثرات منفی ناشی از سهم مهلک آنها بر آبزیان و محیط زیست بسیار خطرناک است. معروف‌ترین سمومی که توسط این گروه تولید می‌شود شامل سموم فلج‌کننده (PSP)، اسهال‌آور (DSP)، فراموشی‌آور (ASP) و سموم عصبی (NSP) می باشد. گونه‌هایی مانند *Alexandrium spp.*، *Gymnodinium cat.* و *Pyrodinium bah.* تولیدکننده سموم فلج‌کننده (PSP) می باشند (Zingone, 2000; Maso, 2006).

گونه‌های سریع تکثیرشونده مانند *Cochlodinium.sp* فیتوپلانکتون‌هایی هستند که تراکم آنها، در صورت فراهم شدن شرایط اکولوژیکی مناسب و مواد مغذی کافی، در مدت کوتاهی (به طور معمول در مدت ۱ تا ۳ هفته) از چند هزار سلول در لیتر به ده‌ها میلیون سلول می‌رسد. با افزایش انفجاری جمعیت این نوع فیتوپلانکتون‌ها و به دلیل فعالیت‌های تنفسی آنها در نتیجه میزان اکسیژن محلول در آب بشدت کاهش می یابد. فعالیت زیستی این فیتو پلانکتون‌ها همچنین باعث تولید انواع اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) یعنی آنیون سوپراکسید (O^{-2}) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌گردد، که دارای اثرات سمی بر آبزیان می‌باشد. همچنین تبدیل اکسیژن محلول در آب (O_2) به (O^2) و (H_2O_2) باعث تشدید کاهش اکسیژن ناشی از فعالیت های تنفسی این جلبک‌ها می گردد (Kim, 1999). همچنین تجمع توده ژله ای موکوس مانند ناشی از مرگ و میر جلبک‌ها بر آبشش ماهی‌ها باعث خفگی آنها می‌گردد. کاهش شدید اکسیژن محلول در آب همچنین منجر به ایجاد شرایط بی هوازی و در نتیجه تولید آمونیاک، سولفید هیدروژن، فسفید هیدروژن و متان می‌گردد (Matthews, 1996). کلیه عوامل فوق باعث ایجاد شرایط محیطی نامطلوبی می‌شوند که منجر به تلفات شدید آبزیان در منطقه آلوده به شکوفایی می‌گردد.

در زمان شکوفایی پلانکتونی، معمولاً صدفها بدلیل اینکه روش تغذیه فیلتری دارند، با عبور فراوان آب از آبشش ها، سم حاصل از گونه‌های سمی را در بافت های خود ذخیره می نمایند. بنابراین در زمان وقوع شکوفایی می بایست مصرف این صدفها (دوکفه ایها)، بدلیل احتمال بالای آلودگی، منع گردد (Tang, 2009).

در مناطق آلوده به شکوفایی، ذرات گرد وغبار با جذب سطحی مواد سمی یا ترکیبات ناشی از متلاشی شدن پلانکتون‌ها، باعث بروز مشکلات تنفسی حاد در جوامع انسانی مجاور این مناطق می‌گردند (Maso, 2006).

شکوفایی این فیتوپلانکتون در مناطق مختلف دنیا، هر ساله تلفات زیادی را در برداشته که از جمله می توان به مواردی در سواحل آمریکا (Gobler, 2008) و مکزیک (Lizárraga, 2004) اشاره نمود که در تمامی این موارد، انواع آبزیان بخصوص کفزیان در مقیاس زیادی تلف شده بودند. این پدیده از سال ۱۹۷۵ در ژاپن (Imai, 2006) و از سال ۱۹۸۲ در سواحل کره جنوبی به صورت سالانه رخ داده و خسارت‌های زیادی را به صنایع شیلاتی این کشورها وارد کرده است. گسترده‌ترین شکوفایی در کره جنوبی در سال ۱۹۹۵ رخ داد که در اثر آن حدود ۶۰ میلیون دلار به اقتصاد این کشور خسارت وارد شد (Kim, 2007).

کنترل عامل شکوفایی جلبکی

مدیریت شکوفایی جلبکی مضر نیازمند انجام صحیح مراحل پیشگیری، پیش‌بینی، پایش و کنترل عامل آن است. هر چند مدیریت این پدیده با توجه به گونه عامل شکوفایی و سمی یا غیر سمی بودن آن تفاوت دارد.

با توجه به نقش مهم مواد مغذی در بروز شکوفایی‌های جلبکی، اولین گام در کنترل این پدیده جلوگیری از ورود پساب های صنعتی و شهری به منابع آبی یا تصفیه پساب می‌باشد. پیش‌بینی زمان و مکان وقوع، و پایش شکوفایی از دیگر مولفه‌های اساسی کنترل شکوفایی است.

روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی سه روش عمومی برای کاهش تراکم توده پلانکتونی است (Granéli, 2006).

- روش فیزیکی

استفاده از موادی مانند خاک رس که باعث تجمع و رسوب توده پلانکتونی و جذب سطحی مواد مغذی می گردند، منجر به کاهش شکوفایی می شود. در روش خاک پاشی غلظت رس نباید به حدی افزایش یابد که باعث از بین رفتن بیش از حد زیوپلانکتون‌ها و مرجان‌ها گردد. استفاده از رس در موارد محدودی مانند پرورش آبزیان در قفس، استخرهای پرورشی و مناطق مجاور آب شیرین‌کن‌ها (البته در کنار استفاده از فیلتر) می تواند باعث کاهش مقطعی عامل شکوفایی شود. استفاده از خاک رس زرد در کشور کره جنوبی منجر به کاهش تراکم برخی گونه های پلانکتونی مضر تا ۹۹٪ شده است.

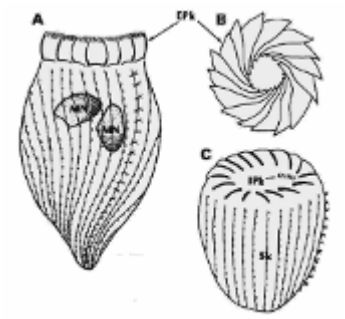
جهت جلوگیری از ورود توده های انبوه پلانکتونی به دستگاه های آب شیرین‌کن یا سایر تاسیساتی که از آب دریا استفاده می‌کنند، با توجه به سایز پلانکتون عامل شکوفایی، می‌توان از توری یا فیلتر استفاده نمود.

- روش شیمیایی

مواد شیمیایی معمولا در شرایطی که امکان بکارگیری روش فیزیکی ممکن نباشد و در محیطهای بسته استفاده میگردد. هیپوکلریت سدیم تولید شده از الکترولیز آب دریا، هیپوکلریت کلسیم، و منعقدکننده‌های مانند پلی هیدروکسیدآلومینیم، پلی کلریدآلومینیم و سولفات آلومینیم (زاج سفید)، سولفات آهن و کلرید آهن از جمله مواد شیمیایی هستند که می توانند تراکم توده‌های انبوه فیتوپلانکتونی را کاهش دهند. ازن و سولفات مس از جلبک کش هایی می باشند که طیف وسیعی از فیتوپلانکتون‌ها را از بین می برند.

- روش زیستی

استفاده از ارگانیزم های زیستی، با توجه به مخاطرات آن، تنها در مواقعی که هیچکدام از روش های دیگر چاره ساز نباشند و بحران فراگیر باشد قابل بررسی است. استفاده از زیوپلانکتون ها، کف زیانی مانند کوپه پودا ها، سیانو باکتری‌ها و باکتری های ضد جلبک در بعضی موارد آزمایش قرار گرفته است (Granéli, 2006). تحقیق انجام شده توسط Jeong و همکارانش، در کشور کره جنوبی نشان داده که استفاده از *Strombidinopsis* در مدت ۴۸ ساعت، باعث کاهش تراکم *Cochlodinium.sp* از ۱ میلیون سلول به ۱۰ هزار سلول (۱۰۰ برابر کمتر) شده است (Jeong, 2008) (شکل ۸).



شکل (۸): زیوپلانکتون مژکدار *jeokjo Strombidinopsis*. مورد استفاده در کنترل تراکم *Cochlodinium.sp*

فهرست منابع

ایزدپناهی، غ. ۱۳۸۴. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس در محدوده آب‌های استان بوشهر، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده میگوی کشور.

پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، رخداد شکوفایی جلبکی مضر در آب‌های استان هرمزگان. ۱۳۸۸.گزارش منتشر نشده.

Anton, A.; Teoh, P. L.; Mohd-Shaleh, S. R. & Mohammad-Noor N. 2008. First occurrence of *Cochlodinium* blooms in Sabah, Malaysia, Harmful Algae, 7, 331–336.

Azanza, R. V.; David, L. T.; Borja, R. T.; Baula, I. U. & Fukuyo Y. 2008. An extensive *Cochlodinium* bloom along the western coast of Palawan, Philippines, Harmful Algae, 7, 324–330.

Boney, A. D. 1989. Phytoplankton. Edward Annoid, British Library Cataloguing Publication Data.

Caron D. A. et al. 2009. Harmful algae and their potential impacts on desalination operations off southern California, Water Research, Vol X, 1–32.

Eco-Zist Consulting Engineers. 1980. Iran 1 and 2 Environmental Report. Atomic energy Organization of Iran.

Emery, K. O. 1956. Sediment and Water of the Persian Gulf, Bulletin of Mer. Asso. Petrol Geol., pp 2354 -2385.

Glibert P. M. et al. 2001. A fish kill of massive proportion in Kuwait Bay, 2001: the roles of bacterial disease, harmful algae, and eutrophication, Harmful Algae, 1 , 215–231.

Gobler C. J. et al. 2008. Characterization, dynamics, and ecological impacts of harmful *Cochlodinium polykrikoides* blooms on eastern Long Island, NY, USA, Harmful Algae, 7, 293-307.

Granéli, E. & Turner, J. T. 2006. Ecology of Harmful Algae: Kim H. G., 25. Mitigation and Controls of HABs, Springer, 327-335.

Imai, I.; Yamaguchi, M. & Hori Y. 2006. Eutrophication and occurrences of harmful algal blooms in the Seto Inland Sea, Japan, Plankton Benthos Res., Vol 1(2), 71–84.

Jeong, H. J. et al. 2008. Control of the harmful alga *Cochlodinium polykrikoides* by the naked ciliate Strombidinopsis jeokjo in mesocosm enclosures, Harmful Algae, Vol 7(3), 368-377.

Kampf, J. & Sadrinasab, M. 2006. The circulation of the Persian Gulf: a numerical study, Ocean Sci., 2, 27–41.

Kim, C. S. et al 1999. Reactive oxygen species as causative agents in the ichthyo-toxicity of the red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*, J. Plank. Res., 1, 2105-2115.

Kim Dae-II. 2004. Effects of temperature, salinity and irradiance on the growth of the harmful red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* Margalef (Dinophyceae), Journal of Plankton Research, 26(1), 61-66.

Kim, C. J.; Kim, H. G.; Kim, C. H. & Oh, H. M. 2007. Life cycle of the ichthyotoxic dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* in Korean coastal waters, Harmful Algae, Vol 6, 104–111.

Lizárraga, I. G.; Cortes, D. G. L.; Guzmán, B. J. J. & Sandoval, F. H. 2004. Blooms of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae) in the Gulf of California, Mexico, Rev. Biol. Trop., 52(S1), 51-58.

Maso´, M. & Garce´s, E. 2006. Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them, Marine Pollution Bulletin, 53, 620–630.

Matthews, S. G. & Pitcher, G. C. 1996. Worst recorded marine mortality on the South African coast., UNESCO, Sendai Kyodo Printer, 89-92.

MOOPAM. 1999. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analyses Methods, ROPME Publishing. 3rd Ed.

Newell, G. E. & Newell, R. C. 1977. Marine Plankton (a practical guid), Hatchinson of London, UK.

ROPME. 2004. Regional Report of the State of the Marin Environment. ROPME, Kuwait.

Seong, H. I. 2009. Relationship between Physical Oceanographic Conditions and HAB in Korean Coastal Waters from 1995 to 2006, Ecology and Oceanography Division, NFRDI.

Sorina, A. 1978. Phytoplankton Manual, United Nation Educational Scientific and Cultur Organization.

Tang, Y. Z. & Gobler, C. J. 2009. *Cochlodinium polykrikoides* blooms and clonal isolates from the northwest Atlantic coast cause rapid mortality in larvae of multiple bivalve species, Marine Biology, 156(12), 2601-2611.

Yoon, Y. H. 2001. A summary on the red tide mechanisms of the harmful dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides* in Korean coastal waters, Bull. Plankton Soc. Japan, 48(2), 113-120.

Zingone, A. & Enevoldsen, H. O. 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management, Ocean & Coastal Management, 43, 725-748.