بررسی فلزات سنگین کروم، کبالت و کادمیوم در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزر و مدی بوشهر

پریسا نجاتخواه معنوی، عبدالرحیم وثوقی، افتخار مهدوی شیروانی، آذرنوش گودرزی

دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

این تحقیق در سه ماه فصل تابستان سال ۱۳۸۶ در منطقه جزر و مدی بوشهر در ۴ ترانسکت آلوده به آلودگی شهری و صنعتی، آلوده به آلودگی شهری، نیمه آلوده و پاک انجام شد. پس از نمونه‌برداری جنس‌های *Acantophora, Laurencia, Entromorpha, Halimeda, Caulerpa, Gracillaria, Gellidium Cladophora, Jania, Padina, Sargassum, Entromorpha* از ماکرو جلبک‌ها در ناحیه جزر ومدی بوشهر شناسایی شدند، سپس میزان فلزات سنگین کروم، کبالت و کادمیوم در آب و ماکروجلبک‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری به روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

براساس نتایج به دست آمده میزان فلزات کروم وکبالت در آب مناطق مورد مطالعه صفر بود، و فلز کبالت در ماکرو جلبک‌های نمونه‌برداری شده وجود نداشت.

بیشترین میزان کادمیوم در *Padina* به میزان ۰/۸۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه سایت رادار و در *Caulerpa* به میزان۴۷ /۰ میلی‌گرم درگرم ماده خشک در ایستگاه پلاژ و کمترین آن در *Grachllaria* به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه پارک دانشجو اندازه‌گیری شد.

همچنین بیشترین میزان کروم در *Padina* به میزان ۰/۶ میلی‌گرم درگرم از جلبک‌های قهوه‌ای در ایستگاه پارک دانشجو و نیز در *Laurencia, Acantophora, Digenia, Gracillaria, Gellidium* به میزان ۰/۱ میلی‌گرم در گرم ماده خشک درایستگاه اسکله جلالی و پارک دانشجو اندازه‌گیری شد.

واژگان کلیدی: تجمع زیستی، ماکرو جلبک، کروم، کبالت، کادمیوم، ناحیه جزر ومدی، بوشهر.

مقدمه

آلودگی منابع آبی همواره حیات در کره زمین را تهدید می‌کند، در سال‌های اخیر با توجه به رشد جوامع بشری و به دنبال آن صنعت و تکنولوژی، منابع آلوده‌کننده افزایش یافته است. فعالیت‌های ناشی از کشتیرانی، استخراج نفت و ورود فاضلاب‌های شهری و پساب‌های صنعتی عامل اصلی در ایجاد آلودگی در یاها می‌باشند (Clark, 1923).

تأثیر مستقیم آلودگی‌هایی که در نواحی جزر ومدی دریا اعمال می‌شود باعث شده تا حیات بسیاری از موجودات این نواحی در نقاط مختلف جهان از جمله نواحی جزرو مدی بوشهر به خطر افتاده و تهدید جدی محسوب شودوسعت زیستی نواحی جزر و مدی و شرایط محیطی خاص آنها و نقش مهمی که در زنجیره حیاتی مناطق ساحلی دارند و نیز سهولت دسترسی مستقیم به آنها در هنگام جزرو مد باعث شده تا مطالعه این مناطق از اهمیت بیشتری برخوردار گردد (Castro &Hubber, 2003).

فلزات سنگین به عنوان منابع مهم آلاینده‌های دریا نیز می‌توانند چرخه‌های زیستی ماکرو جلبک‌ها را دچار اختلال نمایند. از این رو می‌توان با مطالعه بیشتر در مورد این گروه از مو جودات آبزی از آنها به عنوان شاخص‌های آلودگی ویا عدم آلودگی منابع آبی استفاده نمود (Clark, 1923).

رویش جلبک‌های دریایی در بخش‌های مختلف کره زمین بر اثر شرایط تغییر فصول و دما، شوری و نور از مکانی به مکان دیگر متغیر می‌باشد، برخی از گونه‌ها پراکنش جهانی دارند، اما بعضی گونه‌ها به مناطق قطبی محدود می‌شوند و بعضی از گونه‌ها فقط به منطقه کمربند استوایی و برخی به مناطق معتدله محدود می‌شوند (Nybaken, 1993).

حاشیه دریا منطقه باریکی است که یکی از مهم ترین زیستگاه‌ها را برای رشد جلبک‌ها به ویژه در عرض‌های جغرافیایی معتدل فراهم می‌آورد. جلبک‌های ماکروسکوپی دریایی در طول سواحل مناطق کم عمق فلات قاره فراوان‌ترین می‌باشند. سواحل صخره‌ای از حاصل خیزترین و پر ارزش ترین جمعیت‌های جلبکی را در محیط‌های دریایی در بر می‌گیرد، این مسئله نه فقط به دلیل نیاز جلبک‌ها به نور بلکه به لحاظ نیاز آنها به مواد غذایی است که از نواحی خشکی شسته شده و به سواحل حمل می‌گردد عوامل مختلفی مانند عمق، نوع بستر و مکان رویش، حرکت شدید آب در آبراهه و شیار سنگ‌ها و... بر رویش و نوع جلبک‌های رشد یافته موثر است (Nybaken, 1993).

ماکرو جلبک‌ها دارای پروتئینی به نام متالو تیونین در دیواره سلولی خود می‌باشند. نقش متالوتیونین‌ها در تنظیم و کنترل میزان فلزات سنگین ضروری و غیر ضروری و غیر سمی کردن آنها در ماکرو جلبک است. با افزایش غلظت فلزات سنگین در محیط میزان متالو پروتئین‌ها در دیواره سلولی ماکرو جلبک‌ها افزایش می‌یابد که باعث جذب، ذخیره و خنثی کردن فلزات سنگین می‌شود (Malea& Haritonidis, 2000). توانایی ماکروجلبک‌ها در جذب و ذخیره فلزات سنگین متفاوت است به طوری که بعضی جنس‌ها مقادیر بالاتری از فلزات سنگین را در خود ذخیره می‌کنند (Strezo& Nonova, 2005).

غنای زیستی و پهنه‌های جزر ومدی و شرایط محیطی خاص آنها و نقش مهمی در زنجیره حیاتی مناطق ساحلی دارند و نیز سهولت دسترسی مستقیم به آنها به هنگام جزر باعث گردیده تا مطالعه این مناطق از اهمیت بیشتری برخوردار گردد. تاثیر مستقیم آلودگی‌های دریایی که در این مناطق اعمال می‌شود سبب گردیده تا حیات بسیاری از موجودات پهنه‌های جزر و مدی در نقاط مختلف جهان از جمله خلیج‌فارس در منطقه جزر و مدی بوشهر به خطر افتاده و تهدید جدی محسوب گردد (Clark, 1923).

با انجام این تحقیق می‌توان در صورت وجود آلودگی ناشی از فلزات سنگین در مناطق جزر و مدی استان بوشهر به توانائی ماکرو جلبک‌ها در تجمع زیستی فلزات سنگین پی برد، و نیز این تحقیق می‌تواند مقد مه انجام مطالعات تکمیلی در مورد استفاده از ماکرو جلبک‌ها به عنوان شاخص‌های زیست محیطی در آلودگی محیط باشد

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان ۱۳۸۶ در منطقه جزر و مدی استان بوشهر انجام شد
پس از بررسی مقدماتی ۴ ناحیه برای نمونه‌برداری تعیین شد (جدول ۱)

۱- منطقه جفره یا پلاژ

این ایستگاه محل ورود فاضلاب شهری و نیز همجوار با اسکله جلالی است که به علت تردد شناورها در معرض ورود آلودگی‌های صنعتی ناشی از ریختن آب فن قایق‌ها و روغن‌های سوخته که حاوی فلزات سنگین است، می‌باشد.

۲- منازل نفتکش

این منطقه بین اسکله جلالی و منازل نفت‌کش قرار دارد و در محل ورود و تخلیه فاضلاب شهری به دریا قرار دارد و در فاصله ۵ کیلومتری ایستگاه پلاژ می‌باشد.

۳- پارک دانشجو

در این منطقه مستقیما منابع آلوده‌کننده وجود ندارد ولی به علت همجواری با مناطق آلوده امکان ورود آلودگی در اثر جریانات آب و باد در منطقه وجود دارد و در فاصله ۵ کیلو متری منازل نفت‌کش قرار دارد.

۴- سایت رادار

در فاصله ۱۰ کیلو متری مناطق آلوده قرار دارد و هیچ گونه ورودی فاضلاب شهری یا صنعتی در این منطقه وجود ندارد و نتایج بررسی‌های منطقه نشان داد که پاک‌ترین منطقه موجود در سواحل بوشهر است ودر فاصله ۷ کیلو متری پارک دانشجو قرار داشت

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمو نه‌برداری

ردیف	نام منطقه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱	پلاژیا جفره	با ورودی آلودگی صنعتی و شهری	28 55 21 48 N 50 49 23 27 E
۲	منازل نفتکش	با ورودی آلودگی شهری	28 55 12 71 N 29 48 27 39 E
۳	پارک دانشجو	نزدیک به مناطق آلوده با ورودی آلودگی	28 54 18 68 N 50 49 10 90 E
۴	سایت رادار	بدون هیچگونه ورودی فاضلاب	28 56 04 22 N 50 49 33 95 E

در هر منطقه یک خط فرضی ترانسکت عمود بر ساحل در نظر گرفته شد.

لازم به ذکر است که ترانسکت انتخابی پهنایی تقریبا ۱۰ تا ۲۰ متر (بسته به موقعیت منطقه) داشت طول منطقه جذر و مدی نیز بستگی به شیب منطقه داشته است.

جهت نمونه برداری و برای ارزیابی فلزات سنگین، ابتدا.کلیه ظروف و وسائل نمونه برداری را به مدت ۲۴ ساعت در محلول اسید نیتریک ۵۰٪ (به نسبت ۱ به ۳) اسید واش کرده، با آب مقطر شتشو داده و در آون با حرارت ۴۵ درجه سانتیگراد خشک شدند (Malea & Haritonidis, 2000).

برای اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در آب از هر منطقه، سه نمونه آب برداشته و نتیجه به صورت میانگین ارائه شد.

همچنین از فراوان‌ترین جلبک‌های موجود در هر منطقه به میزان نیم کیلو گرم در ظروف پلاستیکی اسید واش شده جمع‌آوری و به تهران انتقال یافتند، بعد از انتقال به تهران، ابتدا نمونه‌ها در سایه خشک و سپس با آسیاب برقی کاملا پودر شدند و تا زمان هضم و انجام مراحل آزمایشگاهی در جای خنک و دور از نور خورشید نگه‌داری شدند.

بعد از انتقال به تهران و هضم جلبک‌ها و نمونه‌های آب در آزمایشگاه، میزان فلزات جذب شده با دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932 Plus در دانشکده شیمی واحد تهران شمال اندازه‌گیری شدند.

روش هضم ماکرو جلبک‌ها

مقدار ۵/ ۰گرم از پودر جلبک را در یک بشر۵۰ میلی‌لیتر ریخته مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ ٪ به آن اضافه می‌گردد بشر را در حمام آب و زیر هود به آرامی حرارت داده می‌شوند تا حجم آن به ۱ میلی‌لیتر برسد. سپس آن را خنک کرده مقدار ۴-۵ میلی‌لیتر اسید پر کلریک به آن اضافه نموده و روی بشر را شیشه ساعت گذاشته، بعد از یک ساعت حجم آن را در بالن ژوژه به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شود (Malea & Haritonidis, 2000).

روش هضم آب

نمونه آب را قبل از هضم، ابتدا صاف کرده، مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب مورد نظر را با حرارت در حمام آب گرم و با حرارت غیر مستقیم به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شود، سپس نمونه را خنک کرده، ۱ میلی‌لیتر اسید نیتریک به آن اضافه

می‌شود و حرارت داده تا حجم محلول به ۱ میلی‌لیتر برسد، بعد از خنک شدن حجم آن را در بالن ژوژه به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شود (Villares & Puenta, 2001).

روش تهیه محلول استاندارد

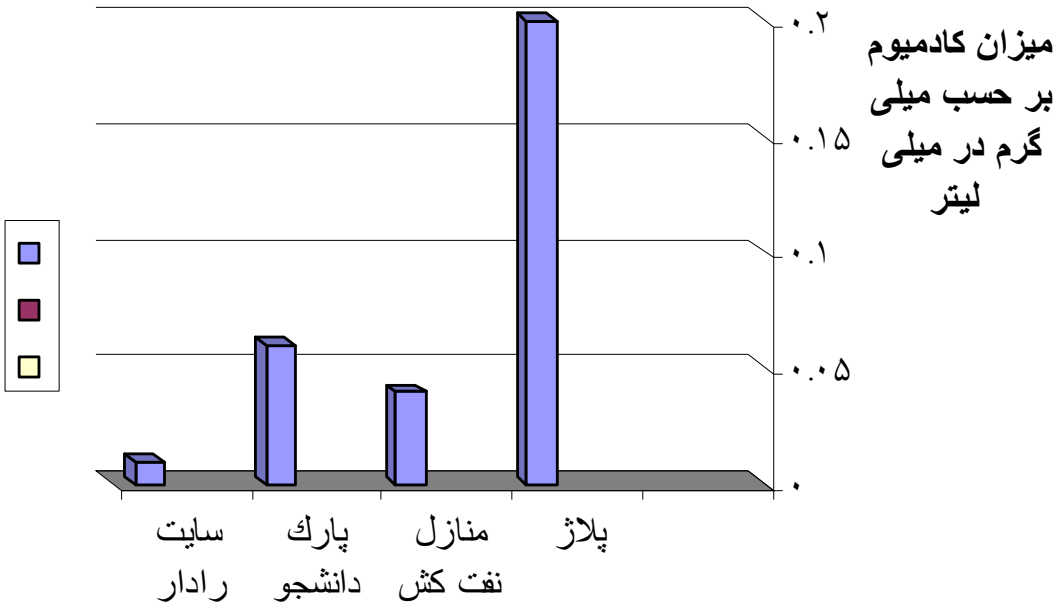
برای تهیه محلول‌های استاندارد محلول‌های ppm۱۰۰۰ از هر کدام از عناصر کروم، کبالت و کادمیوم تهیه می‌شود.
برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش آنالیز آماری یک طرفه (ANOVA) و نرم‌افزار Spss و به منظور رسم نمودار از نرم‌افزار EXEL استفاده شد.

نتایج

نتایج اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین (کروم، کبالت و کادمیوم) در آب مناطق نمونه‌برداری نشان داد که میزان کروم و کبالت در آب مناطق مذکور صفر می‌باشد.
بیشترین میزان کادمیوم در آب منطقه پلاژ به میزان ۰/۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین میزان آن در ایستگاه سایت رادار به میزان ۰/۰۱۰میلی گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز واریانس داده‌های مذکور نشان داد که در میزان کادمیوم مناطق مورد بررسی،در سه ماه تابستان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵).
در این بررسی میزان فلزات سنگین بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن خشک ماکرو جلبک اندازه‌گیری شده است (جدول ۲ و شکل ۱).

جدول ۲- میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده در آب در نواحی جزر و مدی بوشهر در فصل تابستان سال ۱۳۸۶برحسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر

نام منطقه	میزان کادمیوم
پلاژ (با ورودی فاضلاب صنعتی و شهری)	۰/۲۰۰
منازل نفت کش (با ورودی فاضلاب شهری)	۰/۰۴۰
پارک دانشجو (همجوار با مناطق آلوده)	۰/۰۶۰
سایت رادار (منبع آلوده کننده نداشت)	۰/۰۱۰

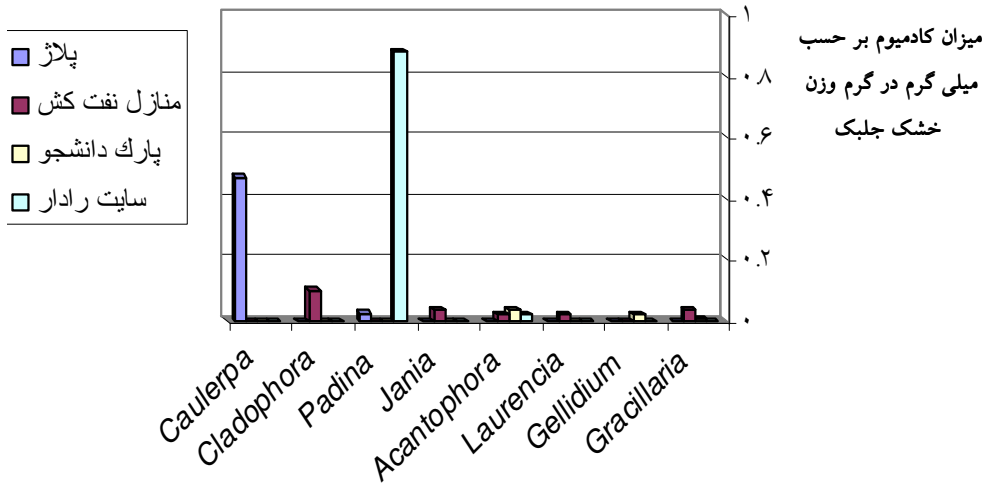


شکل ۱- نمودار میزان کادمیوم در آب نواحی جزر و مدی بو شهر در فصل تابستان سال ۱۳۸۶ برحسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر

اندازه‌گیری فلزات سنگین در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزر و مدی بوشهر نشان داد که فلز کبالت در هیچ کدام از ماکرو جلبک‌های بررسی شده در ناحیه جزر ومدی بوشهر وجود نداشت و میزان آن صفر بود.
بیشترین میزان کادمیوم در جنس *Padina* از ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای به میزان ۸۸/ میلی‌گرم درگرم ماده خشک در ایستگاه سایت رادار و جنس *Caulerpa* از جلبک‌های سبز به میزان ۰/۴۷ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه پلاژ و کمترین میزان کادمیوم در جنس *Gracillaria* از جلبک‌های قرمز به میزان ۰/۰۰۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه پارک دانشجو اندازه‌گیری شد. (جدول ۳).
نتایج آنالیز آماری داده‌های به دست آمده نشان داد که میزان کادمیوم در ایستگاه‌های مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌داری بود. ($P< 0.05$) به طوری که بیشترین میزان کادمیوم در سایت رادار به میزان ۰/۸۸۰ میلی‌گرم درگرم ماده خشک اندازه‌گیری شد (شکل ۲).

جدول ۳- میزان کادمیوم در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزر و مدی بو شهر در فصل تابستان سال ۱۳۸۶ بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک

نام جلبک	پلاژ	منازل نفتکش	پارک دانشجو	سایت رادار
Gracillaria	۰/۰۰۰	۰/۰۳۶	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰
Gellidium	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰
Laurencia	۰/۰۰۰	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Acantophora	۰/۰۰۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶	۰/۰۱۹
Jania	/۰۰۰	۰/۰۳۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Padina	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۰۰/۰۰	۰/۸۸
Cladophora	۰/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Caulerpa	۰/۴۷۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

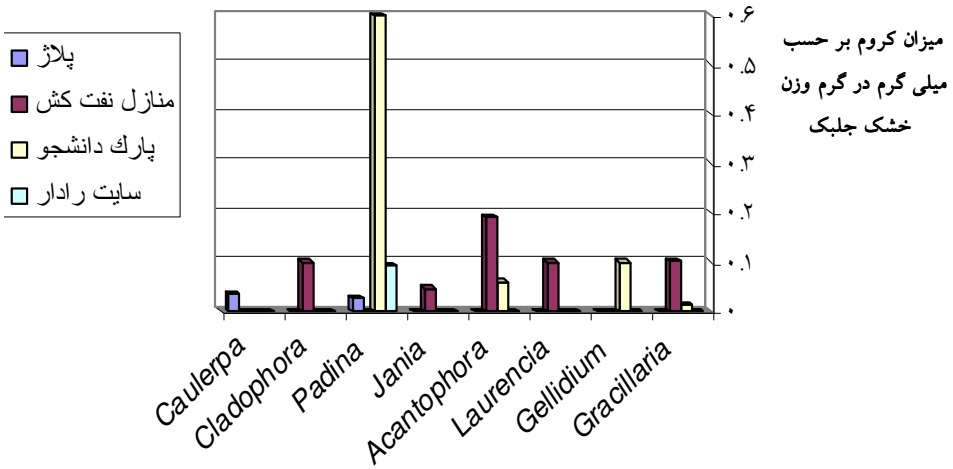


شکل ۲- میزان کادمیوم در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزر ومدی بوشهردر فصل تابستان سال ۱۳۸۶ بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک

بیشترین میزان کروم در جنس *Padina* از جلبک‌های قهوه‌ای در ایستگاه‌های پلاژ و پارک دانشجو به ترتیب به میزان ۰/۲ و ۰/۶ میلی‌گرم در گرم ماده خشک و در جنس‌های *Acantophora, Laurencia, Gracillaria* از جلبک‌های قرمز در ایستگاه منازل نفت کش به میزان ۰/۱ میلی‌گرم در گرم ماده خشک و در جنس *Gellidium* از ماکروجلبک‌های قرمز. نتایج آنالیز واریانس داده‌های به دست آمده نشان داد که میزان کروم در ماکروجلبک‌های ناحیهٔ جزر ومدی بوشهر دارای اختلاف معنی‌داری نبود (P>۰/۰۵). (شکل ۳).

جدول ۴- میزان کروم اندازه‌گیری شده در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزر ومدی بوشهر

نام جلبک	پلاژ	منازل نفتکش	پارک دانشجو	سایت رادار
Gracillaria	۰/۰۰۰	۰/۱۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰
Gellidium	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۰۰
Laurencia	۰/۰۰۰	۰/۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Acantophora	۰/۰۰۰	۰/۱۹۰	۰/۰۶۰	۰/۰۰۰
Digenia	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۰۰
Jania	۰/۰۰۰	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰	۰۰/۰۰
Padina	۰/۲۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۰۰	۰/۰۹۳
Sargassum	۰	۰	۰	۰
Caulerpa	۰/۰۳۶	۰	۰	۰



شکل ۳- میزان کروم در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزر و مدی بوشهر در فصل تابستان سال ۱۳۸۶ بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک

بحث و نتیجه‌گیری

در ناحیه جزر ومدی استان بوشهر بیشترین میزان کروم در *Padina* به میزان ۰/۶ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه پارک دانشجو و در جنس‌های *Acantophora, Laurencia, Gellidium* به میزان ۰/۱ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه منازل نفتکش و سایت رادار اندازه‌گیری شد (جدول ۴)، در حالی که در نمونه‌های آب ایستگاه‌های مذکور کروم وجود نداشت(حد استاندارد کروم در آب دریا۰/۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد). منابع ورود کروم به آب دریا. صنایع نساجی می‌باشد، در بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که در سواحل بوشهر منابع تولید و ورود این آلاینده وجود ندارد (بررسی آلودگی و منابع آلوده‌کننده آب‌های داخلی استان بوشهر، ۱۳۷۳).

در ناحیه جزر ومدی استان بوشهر نیز، بیشترین میزان کادمیوم در *Padina*. به میزان ۰.۸۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه سایت رادارو کمترین میزان آن در *Gracillaria* به میزان ۰.۰۰۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه پارک دانشجو اندازه‌گیری شد (جدول ۳). مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین موجود در ماکرو جلبک‌های ناحیه جزرو مدی و میزان فلزات سنگین در آب مناطق مورد بررسی و مقایسه آن با حد مجاز این فلزات در دریا نشان داد که غلظت فلزات سنگین کرو م و کبالت در مناطق جزر و مدی بوشهر زیر حد مجاز است. غلظت کادمیوم در ناحیه پلاژ ۰.۲۴ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد این در حالی است که حد مجاز آن در آب ۰.۱۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد (Malea & Haritonidis, 2000). ایستگاه پلاژ در مجاورت اسکله جفره قرار دارد که به علت تردد شناورها در معرض ورود آلودگی‌های ناشی از ورود روغن موتور شناورها و مواد نفتی می‌باشد که منابع ورود کادمیوم به آب هستند (فاطمی، ۱۳۷۰)

مقایسه مقادیر کادمیوم اندازه‌گیری شده در آب و ماکرو جلبک‌های نواحی جزرو مدی بوشهر نشان‌دهنده توانایی ماکرو جلبک‌ها در جذب و ذخیره فلزات سنگین است، به طوری که بیشترین میزان این فلز در در *Padina* از جلبک‌های قهوه‌ای به میزان ۰/۸ میلی‌گرم در گرم ماده خشک در ایستگاه سایت رادار اندازه‌گیری شد، این در حالی است که میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده در آب ناحیه مذکور ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر است. همچنین مقادیر بالائی از کادمیوم در جنس‌های *Acantophora, Lairencia* از ماکروجلبک‌های قرمز به میزان ۰.۰۲ و ۰.۰۳۶ میلی‌گرم در گرم ماده خشک به ترتیب در ایستگاه منازل نفتکش و پارک دانشجو اندازه‌گیری شد .و این مقادیر کمتر از میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده در آب مناطق نمونه‌برداری (به ترتیب ۰/۰۴۰ و ۰/۰۶۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد.

کمترین میزان کادمیوم نیز در جنس *Gellidiun* به میزان ۰/۰۱۹ میلی‌گرم در گرم ماده خشک جلبک در ایستگاه پارک دانشجو و در آب ایستگاه نمونه برداری ۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد.

بررسی میزان فلزات سنگین ۱۶ تالاب آلوده در سواحل مکزیک در اقیانوس آرام در ۹ گونه از ماکروجلبک‌ها نشان داد، Fe, Mn و سپس Ni, Cr, Co, Cu, Cd فراوان‌ترین عناصر در ماکرو جلبک‌های مناطق مورد بررسی بودند.در *Ulva*, *Entromorpha* میزان بیشتری از Fe, Mn ذخیره شده بود.میزان کبالت و کروم در ماکرو جلبک‌ها اغلب کمتر از ۷ میکرو گرم در میلی‌گرم ماده خشک بود. در تالاب پابلون میزان تجمع زیستی Co در*Ulva lactuca*_ , *Entromorpha linza* بیشتر از سایر گونه‌ها بود. تنها ماکرو جلبکی که Ni در آن ذخیره شده بود *Sargassum filamentosa*_ بود که میزان نیکل در آن کمتر از ۱۰ میکروگرم در میلی‌گرم ماده خشک اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان Cd در *Padina durvillaei* اندازه‌گیری شد (Osuna & Lazguirre, 2000). در لنگرگاه مازاتلان *Entromorpha intestinalis* گونه دیگری بود که بیشترین تجمع Co را به میزان ۱۰ تا ۹۰ میکرو گرم در میلی‌گرم ماده خشک در خود داشت، مشابه این نتایج در لنگرگاه جویمس (از مناطق آلوده مورد بررسی) در *E. clathrata* به دست آمد و میزان کبالت ۱.۹ تا ۲۰ میکروگرم در میلی‌گرم ماده خشک اندازه‌گیری شد این در حالی است که در ماکروجلبک‌های ناحیه جزر و مدی استان بوشهر کبالت وجود نداشت (حد استاندارد کبالت در آب دریا ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد).

در ارزیابی فلزات سنگین در ماکرو جلبک‌های سواحل آلوده شمال غربی اسپانیا ارتباط معنی‌داری بین میزان تجمع فلزات در ماکرو جلبک‌ها ورسوبات منطقه به دست آمد، همچنین میزان تجمع Cu, Cr در*Entromorpha* بسشتر از سایر جنس‌ها بود.

میزان کادمیوم در آب نواحی نمونه‌برداری بستگی به مناطق نمونه‌برداری ندارد، زیرا دمای محیط رابطه مستقیم با میزان کادمیوم موجود در منطقه دارد، به دلیل عدم تغییرات محسوس در دمای آب در فصل تابستان میزان این فلز تحت تاثیر ناحیه نمی‌باشد (Topcuglu & Guven, 2001).

تحقیقات نشان داده است در آب‌های ساحلی در اثر گرم شدن محیط غلظت کادمیوم افزایش می‌یابد و در آب‌های گرم غلظت کادمیوم بالاتر است. در فصل تابستان به علت بالا رفتن دما و گرم شدن آب دریا میزان این فلز افزایش می‌یابد (Fytianos& Evegenidou 1999) به طوری که مقادیر بالایی از این فلز در آب دریا در ایستگاه پلاژ به میزان ۰.۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد (میزان استاندارد کادمیوم در آب دریا ۰/۱۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد). کادمیوم در بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در این تحقیق دارای بالاترین غلظت بود، از منابع ورود آلودگی ناشی از کادمیوم در آب در یا ورود مواد نفتی است.

درسال ۱۹۹۴ در خلیج ترمایکوس یونان در مدت ۱۳ سال یونان مقادیر بالائی از سرب، آهن، مس، کبالت و کروم در *Ulva* اندازه‌گیری شد. و میزان این فلزات در *Ulva* بیشتر از آب بود. غلظت فلزات در فصل‌های مختلف مقادیر متفاوتی را نشان داد، به طوری که کمترین میزان کادمیوم در بهار و زمستان بود همچنین بیشترین میزان کبالت در تابستان اندازه‌گیری شد. میزان فلزات در ماکرو جلبک‌های سواحل دریای مدیترانه در خلیج ترمایکوس رابطه مستقیمی را با تغییرات فصلی نشان داد (Malea& Haritonidis, 2000). میزان تجمع فلزات سنگین در ماکرو جلبک‌ها بستگی به تغییرات فصلی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب و گونه ماکرو جلبک‌ها دارد، تغییرات درجه حرارت محیط و افزایش میزان آلودگی در تجمع زیستی فلزات سنگین در ماکرو جلبک‌ها نقش دارد (Osuna& Lazguirre, 2000). به طوری که افزایش دما منجر به بالا رفتن میزان فلزات سنگین در آب می‌شود. در اطراف نیرو گاه بوشهر در فصل تابستان غلظت سرب بالاتر از حد مجاز است، غلظت عناصر نیکل، روی، مس، و کادمیوم زیر حداستاندارد است، از طرف دیگر به علت افزایش درجه حرارت و تبخیر میزان آنها در تابستان بالاتر از زمستان گزارش شده است، در این منطقه میانگین میزان کادمیوم اندازه‌گیری شده در فصل زمستان ۳.۸ میکروگرم در لیتر و در فصل تابستان ۷.۸ میکروگرم در لیتر و کمتر از حد استاندارد (۰/۱ میلی‌گرم در لیتر) گزارش شد (نوذری‌نژاد، ۱۳۸۳).

همچنین، آلودگی به کادمیوم در رسوبات سطحی ناحیه شمال غربی خلیج‌فارس بالا بوده است که دلیل آن بالا بودن میزان هیدرو کربورهای نفتی در نمونه‌های اطراف جزیره خارک می‌باشد (حسینی، ۱۳۷۶).

میزان کبالت در آب‌های شمالی جزیره هرمز بین ۴۰.۱ و ۲۵.۶ میکرو گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که این میزان زیر حد مجاز است ولی میزان کبالت اندازه‌گیری شده در رسوبات منطقه بالاتر از حد مجاز (۱۴ میلی‌گرم در لیتر) بود، تغییرات میزان عناصر در شمال غربی جزیره هرمز به دلیل وجود جزائر فعال وسکوهای نفتی و فعال بودن بودن منطقه از نظر صنعتی و تجاری می‌باشد (بهبهانی، ۱۳۸۰).

منابع

آر، بی. کلارک. ۱۹۲۳. زاهد، م. محمدی، ز. ۱۳۷۹. انتشارات نقش مهر. تهران، ایران.

.فاطمی، سید محمدرضا. ۱۳۷۰. آلودگی‌های نفتی و حساسیت اکولوژیک خلیج‌فارس. ماهنامه آبزیان، شماره هفتم،

بهبهانی، فائز. ۱۳۸۰. اندازه‌گیری میزان عناصر روی، کبالت و نیکل در آب‌های شمالی جزیره هرمز به روش جذب اتمی. دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی.

اداره کل حفاظت از محیط زیست استان بوشهر. ۱۳۸۵. ا بررسی آلودگی و منابع آلوده‌کننده آب‌های داخلی استان بوشهر. دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه شهید چمران اهواز. گزارش سالیانه

نوذری نژاد، نوذر. ۱۳۸۴. تعیین غلظت عناصر روی، کادمیوم، مس، نیکل و سرب در آب‌های ساحلی منطقه اطراف نیروگاه بوشهر به روش جذب اتمی. دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی.

Castro, p. & Huber.M, E. 2007. Marin biology. Mc Grow Hill. New York. USA.

Fytianos, K. Evegenidou,G. 1999. Use of Macroalgae as biological indicator in Thermaikos Gulf, Greece. Environ. Contam. Toxicol. 62: 630-637.

Malea,P.& Haritonidis,S. 2000.Use of the green alga Ulva rigida C.AgarIndicator speciecis to reassess metal Pollution in the Thermaikos Gulf Greece,after 13 years.Journal of applied Phycology, 12 : 169-176.

Nybakhen, j.w .1993. Marin Biology An Ecological Approach . Third edition Harper Collins college publishers. New york, USA.

Paez-Osuna, F .& Ochoa-lazguirre, M.J. 2000. Macroalgae Biomonitors of Heavy MetalAvailabilhty in Coastal Lagoons from the Subtropical Mexico. Environ. Contam .Toxicol, 64: 846-856.

Strezov, A. & Nonova, T. 2005. Environmental monitoring of heavy Metales in Bulgarian Black Sea Green Algae. Environmental monitoring an Assessment, 105: 99-110.

Topcuoglu, S. & Guven, K.C. 2001. Heavy metal in marin alga from sile in the black Sea. Environ. Contam. Toxicol, 67: 288-294

Villares, R. Puenta, X.&Carballeria, A. 2001. Ulva and Entromorpha as Indicator of heavy metal pollution. Hydrobiologia. 462: 221-232.