محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۱ ، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۲۲۷ تا ۲۳۶

مطالعه الگوی تغلیظ زیستی(BCF) و تجمع زیستی (BAF) ترکیبات آروماتیک در صدف تابوت موجدار

معصومه محمودی[۱]*، علیرضا صفاهیه[۲]

۱-مدرس دانشگاه آزاد اسلامی دورود

۲-عضو هیئت علمی گروه زیست دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

(تاریخ دریافت ۹۳/۰۳/۰۷ - تاریخ پذیرش ۹۵/۰۳/۱۲)

چکیده

فاکتورهای تجمع زیستی (BAF)، تغلیظ زیستی (BCF) و بزرگنمایی زیستی (Biomagnification) به منظور ارزیابی خطر اکولوژیکی آلاینده ها مورد مطالعه قرار می‌گیرند. از آنجا که دوکفه ای ها پایشگرهای زیستی خوبی هستند این موجودات می‌توانند گزینه های مناسبی نیز برای مطالعه تجمع زیستی و تغلیظ زیستی آلاینده ها در سواحل باشند. سواحل خلیج فارس به خصوص استان بوشهر به دلیل حمل و نقل دریایی، ورود فاضلاب شهری و صنعتی، سکوها و پایانه های نفتی همواره در معرض آلاینده هایی مانند ترکیبات PAHs است. ترکیبات PAHs اثرات مضر بسیاری بر موجودات دارند. مطالعه حاضر به منظور بررسی الگوی جذب، تجمع و تغلیظ این ترکیبات در صدف تابوت موجدار در سواحل بوشهر انجام شد. بدین منظور نمونه‌برداری از صدف مذکور، رسوبات و آب دریا در پنج ایستگاه مختلف در سواحل بوشهر انجام شد. پس از هضم و استخراج PAHs نمونه ها توسط حلال‌های آلی، مقادیر PAHs آنها توسط دستگاه HPLC(KANUER) اندازه گیری شدند. بطورکلی میانگین غلظت PAHs در آب ۱۷/۱۴ میکروگرم بر لیتر و رسوب و صدف به ترتیب ۲۸۶۶/۵۲، ۷۰/ ۴۱۲ نانوگرم بر گرم(وزن خشک)بود. متوسط میزان تغلیظ زیستی این آلاینده ها ۲۶/۳۱و میزان تجمع زیستی۰/۱۴بود. نتایج نشان داد غلظت ترکیبات ۳حلقه ای در آب و صدف و ترکیبات ۵ و۶ حلقه‌ای در رسوب بیش‌تر بوده است. فاکتور تجمع زیستی (BAF) ترکیبات ۳حلقه ای در صدف مورد مطالعه بیش‌تر از ترکیبات ۴حلقه ای بوده است. در حالی که فاکتور تغلیظ زیستی (BCF) ترکیبات ۴حلقه ای بیش از ترکیبات ۳حلقه ای بوده است. همبستگی معنی داری بین $logk_{ow}$ و BAF ترکیبات PAHs در صدف تابوت موجدار مشاهده شد($P<0.05$). به نظر میرسد شرایط محیطی، منابع PAHs و مسیر جذب ترکیبات مذکور از عوامل تأثیر گذار بر مقادیر BAF وBCF باشند.

کلید واژگان:تغلیظ زیستی، تجمع زیستی، جذب، صدف تابوت موجدار

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۸۲۱۲۳۰۶۷ ایمیل: mahmoodimasoomeh@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

تجمع آلاینده های محیط زیستی در جانداران هر اکوسیستم به وسیله محاسبه نسبت‌های مختلف آنها در محیط و بدن موجودات زنده بررسی می شود. فاکتور تغلیظ زیستی یکی از این نسبت‌ها می‌باشد که جذب مستقیم(غیر از تغذیه) ترکیبات شیمیایی توسط موجود زنده از طریق آب پیرامون موجود زنده را نشان می‌دهد و به آن BCF[1] گفته می شود. مقدار آن از نسبت غلظت آلاینده در بدن موجود زنده به غلظت آلاینده در آب پیرامون موجود زنده به دست می‌آید. فاکتور تجمع زیستی BAF[2] جذب ترکیبات یا آلاینده ها در موجود زنده از طریق تغذیه از غذا یا آب پیرامون می‌باشد. در مطالعه آلاینده ها در موجودات دریایی به آن BSAF[3] نیز گفته می شود و مقدار آن از نسبت غلظت آلاینده در موجود زنده به غلظت آن در رسوبات محاسبه می‌گردد. بزرگنمایی زیستی*Biomagnifications* افزایش غلظت آلاینده ها را در طول زنجیره غذایی نشان می‌دهد و تفاوت آن با دو مورد دیگر در این است که BCF و BAF تغلیظ و تجمع آلاینده ها فقط در یک موجود است(Barron, 2003). از فاکتورهای ذکر شده می‌توان جهت ارزیابی تهدید اکولوژیکی آلاینده ها استفاده نمود. بدین ترتیب که آلاینده هایی که دارای BAF وBCF بالایی هستند می‌توانند *Biomagnifications* داشته و ضمن انتقال در زنجیره غذایی غلظت‌های بالایی را نیز از خود بروز دهند که منجر به ایجاد عوارض منفی آلاینده در موجودات سطوح مختلف تغذیه می‌گردد (Zeeman, 1995).

گروهی از آلاینده ها که گسترش وسیعی نیز در محیط‌های دریایی دارند هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه ای (PAHs) می‌باشند. این ترکیبات باعث ایجاد اثرات بیولوژیکی مخرب متعددی در گونه های مختلف جانداران می‌شوند، اثر بر روی بقاء، رشد و متابولیزم و تشکیل تومور(Eisler, 1987) و اختلال غدد درون ریز ماهی ها (Fossi & Marsili, 2003) از عوارض سوء ترکیبات مذکور می‌باشد.

سواحل خلیج فارس به خصوص استان بوشهر به دلیل حمل و نقل دریایی، ورود فاضلاب شهری و صنعتی، سکوها و پایانه های نفتی همواره در معرض آلاینده ها بویژه آلاینده های نفتی و هیدروکربوری است. موارد ذکر شده از عوامل عمده ورود هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه ای (PAHs) به محیط های دریایی می‌باشند(Albers, 2003).

نرمتنان و دو کفه ای ها فاقد سیستم کار آمدی(MFO[4]) جهت متابولیزم آلاینده ها هستند ازجمله توانایی پایین آنها در متابولیزم PAHs نسبت به ماهی‌ها و دیگر آبزیان می‌باشد(Varanasi *et al.*, 1989). دوکفه ای ها به علاوه به دلیل تحرک اندک و تغذیه فیلتری در مطالعات تجمع زیستی آلودگی PAHs در سواحل استفاده وسیعی دارند(Hass& Murphy, 2003).

صدف تابوت موجدار(*Barbatiahelblingii*)

1-Bio concentration factor
2-Bio accumulation factor
3-Biota sediment accumulation factor

4-Mixed Function Oxidize

www.SID.ir

از رده‌ی دوکفه‌ای و صافی‌خوار است. گونه مذکور روی زیستگاه های با بستر سخت نظیر صخره های مرجانی سازگاری یافته اند(Ruppert*et al.,* 2004) و دارای ارزش اقتصادی و خوراکی است. در خلیج فارس در بسترهای صخره‌ای و شنی در بخش پایین ناحیه جزر و مدی زیست می‌کند، بنابراین مدت زیادی در تماس با آب می‌باشد هم‌چنین صدف مذکور پراکنش قابل توجهی در سواحل خلیج فارس و بوشهر دارد. با توجه به ویژگی‌های صدف تابوت موجدار و از طرفی آلودگی سواحل بوشهر به PAHs گونه مذکور می‌تواند گزینه مناسبی جهت مطالعه PAHs در منطقه بوشهر باشد. مطالعه حاضر به منظور بررسی الگوی تجمعی این ترکیبات در صدف مذکور انجام شد.

۲. مواد و روش ها

نمونه‌برداری از صدف(هم اندازه)، رسوبات(سطحی) و آب دریا(نیم متری زیر سطح آب) در مرداد ماه ۱۳۸۷ از ۵ ایستگاه در طول ساحل بوشهر انجام شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، پوسته صدف ها را جدا نموده و بافت نرم صدف‌ها هموژنایز و سپس توسط دستگاه خشک کن انجمادی خشک شدند. پس از جداسازی مواد زائد از نمونه های رسوب، این نمونه ها نیز توسط دستگاه خشک کن انجمادی خشک شدند (Cortazar*et al.,* 2008).

هضم PAHs از بافت از ۵ گرم بافت خشک شده توسط حلال متانول(۲۰۰میلی لیتر) و به روش سوکسله و استخراج آن توسط حلال هگزان با استفاده از قیف جداکننده انجام شد. استخراج PAHs رسوبات نیز توسط سیستم سوکسله و حلال های هگزان و دی‌کلرومتان به نسبت‌های (۵۰:۵۰) انجام شد(MOOPAM, 1999; EPA,1996).

محتوای PAHsنمونه های آب دریا نیز توسط ۲۰ میلی‌لیتر حلال هگزان به روش Liquid-Liquid extraction توسط قیف جدا کننده انجام شد(Tsapakis*et et al.,* 2003).

از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا HPLC مجهز به آشکارسازUV و ستون ویژه آنالیز ترکیبات PAHs (فاز معکوس) به منظور آنالیز و سنجش ترکیبات مذکور استفاده شد. از محلول استاندارد PAH Mix با شماره(47940-U) و محلول استاندارد دکاکلروبایفنیل(48318)جهت کالیبراسیون دستگاه استفاده شد.

پس از اندازه گیری ترکیبات PAHs، مجموع غلظت ترکیبات ۳حلقه ای ، ۴حلقه ای و ۵+۶ حلقه ای در آب، رسوب و صدف محاسبه شد. جهت محاسبه فاکتور تجمع زیستی BAF از فرمول شماره۱(Bervoets*et al.,* 2005) استفاده شد.

فرمول شماره ۱:

$$BAF = \frac{\text{غلظت PAHs در صدف}}{\text{غلظت PAHs در رسوب}}$$

فاکتور تغلیظ زیستی BCF توسط فرمول شماره ۲(Chiou, 2002)محاسبه شد.

فرمول شماره۲:

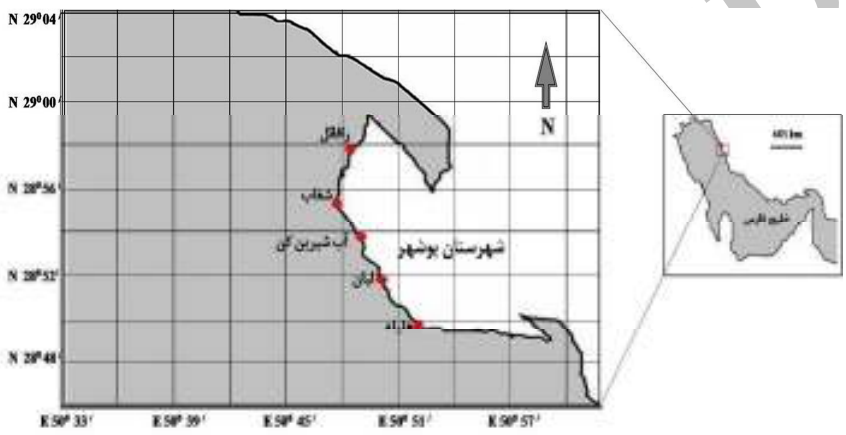
$$BCF = \frac{\text{غلظت PAHs در صدف}}{}$$

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت PAHs در آب دریا

ضریب تفکیک اکتانول/آب(K_{ow})برای تخمین پتانسیل شیمیایی یک ماده شیمیایی آلی برای حرکت از آب به چربی به کار می‌رود و با افزایش غلظت در موجودات آبزی همبستگی دارد. جهت تعیین ضریب همبستگی میان$logk_{ow}$و BAF مربوط به PAHs در صدف در هر ایستگاه از آزمون همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده شد. از مقدار ضرایب همبستگی و شیب خط مربوطه جهت تعیین نحوه دستیابی صدف مورد مطالعه به ترکیبات PAHs استفاده شد.



شکل۱- ایستگاه های نمونه برداری صدف تابوت موجدار، رسوبات و آب دریا در ساحل بوشهر

۳. نتایج

تعداد ۱۵ ترکیب PAHs شامل آسنفتیلن، آسنفتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن(ترکیبات ۳حلقه ای)- فلورانتن، پایرن، بنزو(a) آنتراسن و کرایسن(ترکیبات ۴حلقه ای)- بنزو(b) فلورانتن، بنزو(k) فلورانتن، بنزو(a) پایرن، دی بنزو(a,h) آنتراسن، بنزو(g,h,i) پریلن و ایندنوپایرن(ترکیبات ۵ و۶ حلقه‌ای) آنالیز و اندازه گیری شدند.

جدول ۱ غلظت مجموع ترکیبات ۳، ۴، ۵+۶ حلقه‌ای و tPAHs (مجموعPAH) را در آب، رسوب و بافت نرم صدف در ایستگاه های مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به جدول غلظت ترکیبات ۳حلقه ای در آب و هم‌چنین صدف مورد مطالعه بیش‌تر از ترکیبات ۴حلقه ای و غلظت ترکیبات ۴حلقه ای بیش‌تر از ترکیبات ۵+۶ حلقه‌ای بود. به جز ایستگاه هلیله که در صدف های این ایستگاه غلظت ترکیبات ۴حلقه ای بیش از ترکیبات ۳حلقه ای بود. در رسوبات برخلاف آب و صدف به طور کلی غلظت ترکیبات ۵ و ۶حلقه ای بیش‌تر بود. استثنائی که در این‌مورد وجود داشت ایستگاه آب‌شیرین‌کن و هلیله بود که غلظت ترکیبات ۴حلقه ای در رسوبات آنها بیش‌تر از سایر ترکیبات بود.

www.SID.ir

جدول۱- غلظت ترکیبات PAHs در آب، رسوب و صدف در ایستگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	زمینه مورد مطالعه	ترکیبات PAHs			
		۳ حلقه	۴حلقه	۵+۶ حلقه	tPAHs
رافائل	آب	۲۵/۰۹	۵/۹۴	ND	۳۱/۱
	رسوب	۱۱۲۳/۰	۱۶۲۴/۴	۲۰۴۲/۰	۴۹۹۰/۴
	صدف	۳۵۲/۲	۲۴۳/۸	۳۸/۷	۶۳۴/۷
شغاب	آب	۱۲/۵	۸/۴	ND	۲۰/۹
	رسوب	۵۰۴/۰	۸۸۵/۰	۱۶۸۹/۴	۳۰۷۸/۴
	صدف	۲۲۴/۶	۲۲۳/۵	۲۸/۶	۴۷۶/۷
آب‌شیرین‌کن	آب	۳/۶	۰/۴	ND	۴/۰
	رسوب	۲۶۲/۶	۳۴۳/۸	۲۳۸/۵	۸۸۴/۹
	صدف	۶۸/۲	۴۴/۰	۱۷/۳	۱۲۹/۵
لیان	آب	۱۳/۱	۲/۸	۱/۵	۱۷/۴
	رسوب	۱۱۲۵/۹	۸۳۹/۰	۱۰۲۳/۲	۲۹۸۸/۱
	صدف	۲۴۸/۰	۱۳۶/۵	۶۸/۰	۴۵۲/۵
هلیله	آب	۸/۳	۳/۶	۰/۴	۱۲/۳
	رسوب	۶۱۳/۹	۱۲۹۸/۵	۵۱۸/۳	۲۴۳۰/۷
	صدف	۱۵۳/۴	۲۱۶/۶	ND	۳۷۰/۱
میانگین	آب	۱۲/۵۲	۴/۲۲	۰/۳۸	۱۷/۴
	رسوب	۵۲۴/۲۸	۹۹۸/۱۴	۱۱۰۲/۲۸	۲۸۷۴/۵
	صدف	۲۰۹/۲۸	۱۷۲/۸۸	۳۰/۵۲	۲۴۱/۷

نتایج محاسبه فاکتور تجمع زیستی BAF و تغلیظ زیستیBCF در صدف تابوت موجدار در ایستگاه های مورد مطالعه در سواحل بوشهر در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول مقادیر BCF بیش‌تر از BAF بود. BAF محاسبه شده برای ترکیبات ۳حلقه ای بیش‌تر از ترکیبات ۴حلقه ای و BAF ترکیبات ۴حلقه ای بیش‌تر از ۵+۶ حلقه‌ای بود. BAF ترکیبات ۵+۶ حلقه‌ای ناچیز بود. BCF محاسبه شده برای ترکیبات ۴حلقه ای بیش‌تر از ترکیبات ۳حلقه ای و BCF ترکیبات ۳حلقه ای بیش‌تر ۵+۶حلقه ای بود. مقادیر BCF ۴حلقه ای به ترتیب از بیش‌ترین به کم‌ترین در ایستگاه های آب شیرین‌کن، هلیله، لیان، رافائل و شغاب بود. هم‌چنین بیش‌ترین مقادیر BCF کل(محاسبه شده برای tPAHs) به ترتیب در ایستگاه های آب‌شیرین‌کن، هلیله، لیان، شغاب و رافائل مشاهده شد.

همبستگی مستقیم و معنی داری میان غلظت ترکیبات PAHs در صدف و فاکتور تجمع زیستی آنها مشاهده شد($P<0.05$, $R=0.74$). حال آنکه چنین ارتباطی در مورد فاکتور تغلیظ زیستی BCF مشاهده نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- مقادیر BCF وBAF ترکیبات PAHs در صدف تابوت موجدار در ایستگاه های مورد مطالعه.

نام ایستگاه	فاکتورمورد مطالعه	ترکیباتPAHs			
		۳حلقه	۴حلقه	۵+۶ حلقه	tPAHs
رافائل	BCF	۱۴/۰۳	۴۱/۰۴	–	۲۰/۴۰
	BAF	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۱۲
شغاب	BCF	۱۷/۹۶	۲۶/۶	–	۲۲/۸۰
	BAF	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۰۱	۰/۱۵
آب‌شیرین کن	BCF	۱۸/۹۴	۱۱۰	–	۳۲/۳۰
	BAF	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۴
لیان	BCF	۱۸/۹۳	۴۸/۷۵	–	۲۶/۰۰
	BAF	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۵
هلیله	BCF	۱۸/۴۰	۶۰/۱۶	–	۳۰/۰۸
	BAF	۰/۲۴	۰/۱۶	–	۰/۱۵

نتایج نشان داد همبستگی معکوس و معنی داری میان تجمع زیستیPAHs در صدف *B.helblingii* و k_{ow} log این ترکیبات وجود دارد($P<0.05$). مقادیر همبستگی مذکور در ایستگاه های مختلف متفاوت بود. نتایج مربوط به معادله رگرسیون و همبستگی میان تجمع زیستی PAHs وk_{ow} logدر هر ایستگاه در جدول ۳ آمده است. با توجه به جدول بیش‌ترین همبستگی مربوط به ایستگاه شغاب و رافائل بود. همبستگی بین فاکتور تجمع زیستی PAHs وk_{ow} log در دو ایستگاه آب شیرین‌کن و لیان معنی‌دار نبود. با توجه به جدول ضریب همبستگی و شیب خط در ایستگاه رافائل و شغاب زیاد و در ایستگاه آب شیرین‌کن و لیان کم شده و در ایستگاه هلیله مجددا زیاد شد.

جدول۳-پارامترهای ضریب همبستگی،شیب خط و سطح اری بین BAFs وk_{ow}log مربوط بهPAHs در صدف تابوت موجدار به تفکیک ایستگاه های مورد مطالعه.

نام ایستگاه	ضریب رگرسیون (R^2)	شیب خط	عرض از مبدأ	معنی داری
رافائل	۰/۶۴	-۰/۱۳	۰/۸۹	P<۰/۰۱
شغاب	۰/۸۷	-۰/۱۹	۱/۳۱	P<۰/۰۱
آب‌شیرین‌کن	۰/۲۲	-۰/۰۴	۰/۴۰	P>۰/۰۵
لیان	۰/۲۰	-۰/۰۵	۰/۴۶	P>۰/۰۵
هلیله	۰/۴۹	-۰/۱۸	۱/۲۶	P<۰/۰۱

Archive of SID

www.SID.ir

۴. بحث و نتیجه گیری

بطور کلی میزان تغلیظ زیستیPAHsدر صدف مورد مطالعه۲۶/۳۱ و میزان تجمع زیستی آن ۰/۱۴ بود. همان‌گونه که ملاحظه می شود تغلیظ از تجمع بیش‌تربود. دو فاکتور تغلیظ یا تجمع علاوه بر نشان دادن غلظت آلاینده در بدن موجود زنده نسبت به محیط می‌تواند بیانگر دسترسی زیستی آن باشد(Karcher, 1988). دسترسی زیستی صدف مورد مطالعه به PAHs از آب دریا در سواحل بوشهر قابل توجه بود. که به نظر می‌رسد به رفتار تغذیه ای صدف مورد مطالعه (صافی خواری) مربوط باشد. غلظت آلاینده PAHs در صدف مورد مطالعه نسبت به رسوبات منطقه بسیار کم‌تر بود ، دسترسی زیستی صدف تابوت موجدار به PAHs رسوبات بسیار کم بوده است. PAHs تهنشست شده به رسوبات با توجه به زیستگاه و رفتار تغذیه ای صدف قابلیت دسترسی ناچیزی دارند. گذشته از این‌که بخش زیادی از PAHs رسوبات PAHs سنگین با تعداد حلقه بالا هستند که نسبت به سایر PAH ها غلظت بسیار کمی در صدف مورد نظر دارند. Baumard و همکاران(1998) میزان تجمع زیستی(BAF) را در خرچنگ *Polybiushenslowi* ۰/۱۵، در مایسید ۰/۸ و در *Euphausiids* ۱/۲ گزارش دادند. علت تفاوت در BAF در موجودات ذکر شده را میزان ارتباط با رسوبات دانسته‌اند که دو گونه اخیر ارتباط زیادی با رسوبات داشته‌اند. میزان BAF به دست آمده در صدف تابوت موجدار به مقدار گزارش شده در خرچنگ *Polybiushenslowi* در تحقیق مذکور نزدیک می‌باشد و به نظر می‌رسد این مقدار پایین باشد اما از آنجا که BCF با مقدار ۲۶/۳۱ نشان دهنده غلظت ۲۶ برابری PAHs در صدف نسبت به آب می‌باشد به نظر می‌رسد که در مجموع دسترسی گونه مورد مطالعه به PAHs در سواحل بوشهر بالا باشد(Baumard*et et al*., 1998b).

با توجه به نتایج غلظت ترکیبات ۳حلقه‌ای در صدف بیش‌تر از ترکیبات ۴حلقه‌ای و غلظت این ترکیبات نیز از ترکیبات۶+۵ حلقه‌ای بیش‌تر بود. صدف تابوت موجدار معلق‌خوار است و بیش‌تر ترکیباتی را که در آب معلق هستند جذب می‌کند و چون ترکیبات سبک(۳و۴حلقه ای) بیش‌تر از ترکیبات سنگین تر(۵ و۶ حلقه‌ای) در آب حضور دارند بیش‌تر در دسترس صدف مورد مطالعه قرار می‌گیرند(Mahmoudi*et et al.,* 2011). علاوه بر این‌که ترکیبات سنگین تمایل بیش‌تری به ته نشست و خروج از ستون آب دارند (*et al*., 1998a Baumard).

مقادیر BCF بیش‌تر از BAF بود. از آنجا که همبستگی معنی داری میان غلظت PAHs و BAF وجود داشت که در مورد BCF مشاهده نشد، به نظر می‌رسد صدف مورد مطالعه بیش‌تر در معرض PAHs معلق در آب باشد تا PAHs محلول در آب و علت مقادیر بالای BCF نسبت به BAF بیش‌تر به دلیل عدم پایداری PAHs در آب و در نتیجه کاهش عدد مخرج کسر باشد، دلیل بیش‌تر بودن BCF_{4ring} نسبت به BCF_{3ring} نیز می‌تواند همین مسئله باشد. حال آن‌که رسوبات محل نهایی PAHs هستند و مقادیر بالای این ترکیبات در رسوبات باعث کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیر BAF در محاسبات می‌گردد.

با توجه به همبستگی میانBAF و غلظت PAHs در صدف به نظر می‌رسد منشأ PAHs در صدف و رسوب یکی باشد. بدین معنی که صدف PAHs معلق در آب را فیلتر می‌کند که بخشی از این PAHs معلق نیز در رسوبات ته‌نشست می شود.

مقادیر BCF بستگی به خواص ماده آلاینده و نوع موجود در معرض قرار گرفته دارد، با این‌حال مشاهده شد که در شرایط مساوی از نظر خواص فیزیک و شیمیایی ترکیبات PAHs و نوع موجود زنده،BCF در ایستگاه های آب‌شیرین‌کن و هلیله بیش‌تر از سایر ایستگاه ها است. تفاوتی که این دو مکان نسبت به سایر ایستگاه ها دارند منابع آلودگی کم‌تر و پاکیزه‌تر بودن این دو ایستگاه می‌باشد. به نظر می‌رسد کم‌تر بودن سایر آلاینده ها در این دو مکان گزینه هایی مانند تأثیر سایر آلاینده ها برPAHs و یا کم بودن مواد معلق در آب در بالاتر بودنBCF در این دو مکان دخیل باشند، از آنجا که مواد معلق با کمک به ته‌نشست PAHs ترکیبات مذکور را از ستون آب خارج می‌سازد. در نتیجه در شرایط ذکر شده در دو ایستگاه نام‌برده ترکیبات مذکور زمان بیش‌تری در آب باقی مانده و در دسترس صدف قرار گرفته اند. گذشته از اینکه مقادیر پایین‌تر PAHs در مخرج کسر(PAHs درآب دریا در ایستگاه های مذکور) باعث بیش‌تر شدن BCF در محاسبات شده است.

در صورتی‌که BCF آلاینده ای در موجودات بیشتر از ۵۰۰ باشد، آلاینده مذکور دارای قابلیت بزرگنمایی زیستی(Biomagnifications) می‌باشد(Zeeman, 1995) از آنجا که در مطالعه حاضر مقادیر BCF کم‌تر از مقدار مذکور می‌باشد، ترکیبات PAHs دارای بزرگنمایی زیستی نیستند.

مطالعات گذشته نشان داده است میان تجمع زیستی PAHs در نرمتنان و $\log k_{ow}$مربوط به هریک از آن ها رابطه معکوس و معنی داری وجود دارد (Means *et al.,* 1980; Karickhoff*et et al.,* 1979; Bruggeman *et al.,* 1982; Leo *et al.,* 1971)

فاکتور تجمع زیستی PAHs در صدف تابوت موجدار با $\log k_{ow}$ مربوط به این ترکیبات، رابطه معکوس ومعنی داری نشان داد. نتایج مشابهی در صدف *Crassostrea sp* (Cortazar*et et al.,* 2008) و همچنین صدف *Mytilus galloprovincialis* (Baumard*et et al.,* 1998a) گزارش شده است. از آنجا که ترکیبات دارای وزن مولکولی و تعداد حلقه بیش‌تر، $\log k_{ow}$بالاتری دارند(Karcher, 1988) بدین ترتیب که با افزایش $\log k_{ow}$تجمع زیستی PAHs در بافت نرم صدف کاهش مییابد. با افزایش تعداد حلقه در PAHs، تجمع زیستی این ترکیبات در صدف تابوت موجدار کاهش می یابد و علی‌رغم غلظت‌های بالای ترکیبات پنج و ششحلقه ای در رسوبات، تراکم این ترکیبات در بافت نرم صدف زیاد نمی‌باشد.

همبستگی بین فاکتور تجمع زیستی PAHs در صدف و $\log k_{ow}$ ، در هر ایستگاه ضرایب همبستگی و شیب خط متفاوتی داشت. از این ضرایب جهت تعیین نحوه دستیابی زیستی PAHs در صدفمی‌تواناستفاده نمود. بدین ترتیب که در(R^2)

Archive of SID

www.SID.ir

بالاتر از ۰/۵، دستیابی به ترکیباتPAHs در صدف از سه جزء محلول در آب، نفت و چسبیده به مواد معلق می‌باشد، در صورتی‌که ضریب همبستگی کم‌تر از ۰/۵ و بیش‌تر از ۰/۳ باشد دستیابی صدف به PAHs محلول در آب و چسبیده به مواد معلق است. در مقادیر کم‌تر از ۰/۳ PAHs فقط از مسیر چسبیده به مواد معلق جذب صدف خواهد شد(Cortazar*et et al.,* 2008). ضریب همبستگی مربوطه در ایستگاه هلیله ۰/۴۹ بود، دستیابی صدف مورد مطالعه به PAHs در ایستگاه مذکور از جزء محلول در آب و چسبیده به مواد معلق بوده است. در حالی‌که با توجه به ضرایب همبستگی پایین و شیب خط کم در دو ایستگاه آب‌شیرین‌کن و لیان به نظر می‌رسد دستیابی PAHs در صدف‌های این دو ایستگاه غالبا ازPAHs چسبیده به ذرات معلق صورت گیرد. به نظر می‌رسد یکی از علل بالاتر بودن BCF در این ایستگاه ها نسبت به سایر ایستگاه ها نیز تفاوت در مسیر جذب PAHs در صدف‌های این ایستگاه ها باشد و از آنجایی که صدف تابوت موجدار معلق‌خوار است و تمام PAHs جذب شده در ایستگاه های مذکور از مسیر PAHs چسبیده به مواد معلق جذب می شود نتیجتا BCF و هم‌چنین BAF بیش‌تری نسبت به صدف‌های سایر ایستگاه ها دارند.

نتیجه این‌که در صدف مورد مطالعه غلظت و هم‌چنین تجمع زیستی ترکیبات سبک‌تر بیش‌تر از ترکیبات سنگین‌تر PAHs است. اما شرایط محیطی، منابع PAHs و مسیر جذب ترکیبات مذکور مقادیر تجمع زیستی و تغلیظ زیستی را تا حدودی تحت تأثیر قرار می‌دهند. با این‌وجود می‌توان عوارض ناشی از ترکیبات سبک PAHs را در صدف مورد مطالعه انتظار داشت. خوشبختانه از آنجا که غلظت ترکیبات مذکور در طول زنجیره غذایی دچار بزرگنمایی زیستی(Biomagnifications) نمی شود چنین عوارضی در سطوح بالاتر زنجیره غذایی دریا انتظار نمی‌رود.

References

Albers P. H. 2003. Petroleum and individual polycyclic aromatic hydrocarbons In: Hoffman, D.J., Rattner,B.A. Burton,G.A., Cairns, J. (Eds). Handbook Of Ecotoxicology, pp. 342-360.

Barron, M.G. 2003. Bioaccumulation and bioconcentration in aquatic Organisms In: Hoffman, D.J., Rattner,B.A. Burton,G.A., Cairns,J. (Eds). Handbook of Ecotoxicology, 887-892.

Baumard, P., Buzinski, H., Michon, Q., Garrigues, P., BurgeotTandBellocq, J., 1998a. Origin and bioavailibility of PAHs in the Mediterranea Sea from mussul and sediment records, Estuarine Coastal and Shelf Science 47, 77-90.

Baumards, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Sorbe, J.C., Burgeot, T., Belloca, J.و 1998b. Concentration of PAH in various marine organisms in relation to those in sediments to throphic level. Marin Pollution Bulletin 36, 951-960.

Bervoets, L., Voets, J., Covaci, A., Chu, S., Qadah, D., Smolders, R., Schepens, P., Blust, R., 2005. Use of transplanted zebra mussels (Dreissenapolymorpha) to assess the bioavailability of micro contaminants in Flemish surface waters. Environmental Science and Technology 39, 1492–1505.

Bruggeman, W.A., Van der Steen, J., Hutzinger, O., 1982. Reversed-phase thin-layer chromatography of polynuclear aromatic

Archive of SID

www.SID.ir

hydrocarbons and chlorinated biphenyls Relationship with hydrophobicity as measured by aqueous solubility and octanol-water partition coefficient. Chromatography 238, 335-346.

Chiou, C.T., 2002, Bio concentration of organic contaminants, in Partition and Adsorption of Organic Contaminants in Environmental Systems: Hoboken, NJ, John Wiley and Sons, Inc., p. 257.

Cortazar, E., Bartolomé, L., Arrasate, S., Usobiaga, A., Raposo, J.C., Zuloaga,O., Etxebarria, N., 2008. Distribution and bioaccumulation of PAHs in the UNESCO protected natural reserve of Urdaibai, Bay of Biscay. Chemosphere 72, 1467–1474.

Eisler, R. 1987. Polycyclic aromatic hydrocarbon hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. U.S. Fish and Wild life Service.Biological Reports 85, 1-11.

Fossi, C., Marsili, L., 2003. Effects of endocrine disruptors in aquatic mammals. Pure and Applied Chemistry. 75, 2235–2247.

EPA, US environmental protection agency. 1996. Method 3540C, Soxhlet Extraction. 8pp.

Hass, G., Murphy, L., 2003. Massachusetts Monitoring Progrom, Massachusetts Water Resources Authority, permit number MA0103284,1-5.

Karcher, W. 1988. Spectral atlas of polycyclic aromatic compounds, Vol. 2. kluwer, dordrecht, the netherlands. In: Baumard, P., Budzinski, H., Garrigues, P., Sorbe, J.C., Burgeot, T., Belloca, J., 1998. Concentration of PAH in various marine organisms in relation to those in sediments to throphic level. Marin Pollution Bulletin 36, 951-960.

Karickhoff, S.W., Brown, D.S., Scott, T.A., 1979. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments. Water Research 13, 241-248.

Leo, A., Hansch, C., Elkins, D., 1971. Partition coefficients and their uses. Chemical Reviews 71, 525-616.

Mahmoudi, M., Safahieh, A.R., Nikpour, Y., Ghanemi, K., 2011. Evaluation of ark clam (Barbatiahelblingii) as biomonitor agent for PAHs contamination in coastal area of Bushehr. Journal of Environmental Science Vol. 37, No. 58. 141-148. In Persian.

Means, J.C., Wood, S.G., Hassett, J.J., Banwart, W.L., 1980. Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. Environmental Science and Technology 14, 1524-1528.

MOOPAM,1999. Standard methods for chemical analysis of petroleum hydrocarbons, regional organization for the protection of marine environment. third addition. kuwait.

Ruppert, E.E., Fox, R., Barnes, R.D., 2004. Invertebrate Zoology. Chapter 12. pp. 367-402.

Tsapakis, M., Stephanou, E.G., Karakassis, I., 2003. Evaluation of atmospheric transport as a nonpoint source of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments of the eastern Mediterranean. Marine Chemistry 80 , 283– 298.

Varanasi, U., Stein, J.E., Nishimato, M., 1989. Biotransformation and disposition of PAH in Fish. In: Varanasi, U. (Ed.), Metabolism of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Environment. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, pp. 93-15.

Zeeman M .1995. Ecotoxicity testing and estimation methods developed under Sect. 5 of the Toxic Substances Control Act (TSCA). In: Rand G (ed) Fundamentals of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment, Taylor&Francis, Washington, D.C, pp. 703–715.

Archive of SID

www.SID.ir