



اندازه گیری بقایای آلودگی های نفتی "هیدرو کربنهای آروماتیک چند حلقه ای"

در آب های ۳ تالاب بین المللی (آلاگل، آلمانگل و آجی گل) در شمال ایران

وحید فیضی

دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس تهران

موسی شجاع جمال آباد

دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ ارسال: ۸۷/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۰/۸

چکیده

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای (PAHs) گروهی از ترکیبات آلی هستند که دارای دو یا تعداد بیشتری حلقه آروماتیک، مرکب از اتم های کربن و هیدروژن می باشند. آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (USEPA)، ۱۶ ترکیب PAHs را به عنوان سرطان‌زاهای احتمالی برای انسان معرفی کرده است. به طور عمده، این ترکیبات از جمله عوامل سرطان زا، موتاژن‌زا و آلاینده محیط زیست هستند که بر اثر احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی به وجود می‌آیند. در این میان ترکیب بنزو (a) پیرن خاصیت سرطان زایی بسیار بالایی دارد. به منظور بررسی و اندازه گیری آلودگی‌های PAHs در آب‌های سطحی استان‌های شمالی ایران و به دلیل اهمیت اکولوژیکی، ۳ تالاب بین المللی ارزیابی شد. در این تحقیق ۱۶ ترکیب PAHs، پس از نمونه‌برداری از آب تالاب‌ها (به صورت ماهانه) در فصل تابستان به آزمایشگاه منتقل و پس از آماده سازی نمونه‌ها دستگاه GC مدل DANY ۱۰۰۰ کمیت و کیفیت این ترکیبات شناسایی کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت‌های کل PAHs در این تالاب‌ها در تابستان $0/112 \mu\text{g/L}$ می‌باشد و بیشترین غلظت PAHs در این تالاب‌ها در تابستان (در تیر ماه) مربوط به ترکیب نفتالن می‌باشد، که یکی از دلایل آن ممکن است افزایش مصرف سوخت های فسیلی در منطقه باشد. همچنین، نتایج کسب شده بیانگر این مسئله است که میانگین PAHs کل مشاهده شده در این تالاب‌ها در مقایسه با استاندارد جهانی، از حد مجاز تعیین شده در آب‌های شیرین برای حفظ سلامت انسان پایین تر است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی‌های نفتی، تالاب‌های آلمانگل، آلاگل و آجی گل، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs).

مقدمه

دریاچه ها، سواحل و تالابها از زیستگاه‌های مهم و حیاتی برای گیاهان، جانوران و پرندگان آبی به شمار می‌روند (۷). رشد روز افزون جمعیت به همراه توسعه صنعتی و کشاورزی به سرعت منابع آب‌های سطحی و آب‌های سواحل را آلوده کرده است (۳). طبق نظر کارشناسان سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA، ۲۰۰۴)، ۴۴ درصد خورها و مصبها در جهان آلوده هستند و تنها ۵۶ درصد آنها آب‌هایی با کیفیت مناسب دارند (۱۱ و ۱۲). در دشت هموار ترکمن صحرا و در مرز شمالی با کشور ترکمنستان و تقریباً از غرب روستای "داشلی برون" به سمت دریای خزر، به لحاظ وضعیت زمین ساختی و وجود تالاب‌های رودخانه اترک در این منطقه، مجموعه تالابی شگفت انگیزی به وجود آمده است. این تالابها شامل: آماگل - آلاگل - اینچه - دانشمند - بی بی شیروان - آجی گل - شور و... می باشد که مجموع مساحت آنها بر حسب سال‌های پربابی و یا خشکسالی متغیر است و تا ۳۰۰۰ هکتار تخمین شده است (۳). مساحت سه تالاب "آجی گل، آلاگل و آماگل" ۱۴۰۰ هکتار است. گرچه، برخی اوقات از این تالابها در نقشه‌های جغرافیایی به عنوان دریاچه ذکر می شود، نظیر دریاچه دانشمند، دریاچه آلاگل، دریاچه شور (نمک) اما همه آنها در قالب تعاریف تالاب گنجانده می شوند. در زبان ترکی "گل" به تالاب اطلاق می‌شود و اسامی تالاب‌های فوق‌الذکر در زبان ترکمنی به معنی تالاب‌های شور و گل آلود است. این تالابها در اراضی مسطح و هموار ترکمن صحرا و در محدوده تپه‌های شنی کم ارتفاع و اراضی شنی مسطح قرار گرفته اند. از نظر زمین ساختی نیز بستر طبیعی آنها در منطقه "پلایا" و جزء سواحل و مناطق آبرگیر محسوب می شود که در شمال تراس‌های لسی و آبرفتی دشت گرگان قرار

دارد. رودخانه اترک و ریز آبه‌ها و سیلاب‌های آن در تامین آب این تالابها نقش قابل توجهی دارد. آب و هوای این منطقه در تابستان خشک و گرم و زمستانها معتدل می‌باشد. متوسط بارندگی این منطقه مشابه تهران و کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در سال است به علاوه، وجود دوره‌های خشکسالی و ترسالی از ویژگی‌های بارز اقلیم این منطقه است. این تالابها از نظر موقعیت سیاسی در بخش "داشلی برون، شهرستان گنبد کاووس (استان گلستان) قرار دارند. مسیر دسترسی به این تالابها از گرگان (مرکز استان) به سمت آق‌قلا و اینچه برون است تالاب آلاگل در غرب جاده آق‌قلا - اینچه برون و در ۱۷ کیلومتری جنوب غربی اینچه برون قرار دارد. در زبان ترکی "گل" به تالاب اطلاق می‌شود و اسامی تالاب‌های فوق‌الذکر در زبان ترکمنی به معنی تالاب‌های شور و گل آلود است. این تالاب به علت داشتن معیارهای a1 (به عنوان یک نمونه شاخص خوب از یک تالاب طبیعی، دارای صفت‌های ویژه مربوط به یک منطقه جغرافیایی زیستی باشد)، a2 (در بر دارنده مجموعه‌ای از گونه‌ها و زیر گونه‌های نادر، آسیب پذیر یا در خطر انقراض از گیاهان و یا جانوران و یا تعداد قابل ملاحظه ای از افراد هر یک یا تعداد بیشتری از این گونه‌ها باشد) a3 (به طور منظم ۲۰ هزار پرنده آبی را در خود نگهدارد) و C3 (در جایی که اطلاعات راجع به جمعیت در دسترس است به طور منظم یک درصد افراد یک گونه یا زیر گونه پرندگان آبی را حمایت و نگهداری کند) در سال ۱۳۵۴ به همراه دو تالاب دیگر (آجی گل و آماگل) تحت یک عنوان در فهرست کنوانسیون حفاظت از تالابها (رامسر) به ثبت رسید (۴).

این تالاب به ترتیب از نوع Ss (مرداب‌های شور، لب شور، آهکی، فصلی / ادواری) Ts (مرداب‌ها و حوضچه‌های آب شیرین فصلی / ادواری) R (دریاچه‌های شور، لب شور و آهکی

فصلی / تناوبی) P (دریاچه های آب شیرین فصلی / ادواری) W (تالاب‌های با پوشش درختچه‌ای) طبقه‌بندی شده است. همانطور که اشاره شد این تالاب پذیرای پرندگان مهاجر در زمستان است که جوجه‌آوری نیز می‌کنند. تا کنون، ۸۵ گونه پرنده شامل ۱۹ گونه بومی و ۶۶ گونه مهاجر در این تالاب‌های سه گانه (آلاگل، آچی گل، آما گل) شناسایی شده است. از پرندگان مهاجر نیز ۱۴ گونه آن عبوری بوده و بقیه زمستان‌گذرانی می‌کنند و یا در تابستان جوجه‌آور هستند. برخی پرندگان دیده شده در این تالاب‌ها از جمله آلاگل عبارتند از: فلامینگو، غاز پیشانی سفید، پلیکان سفید، پلیکان پاخاکستری، قوی گنگ، قوی فریاد کش، انواع کشیم‌ها، بوتیمارهای کوچک، سلیم‌ها و پرستو‌ها.

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای گروهی از ترکیبات آلی هستند که دارای دو یا چند حلقه آروماتیک به هم پیوسته از اتم‌های کربن و هیدروژن هستند. این ترکیبات از "نفتان" با دو حلقه شروع شده و به "کرونین" با هفت حلقه ختم می‌شوند (۲). آنها ترکیباتی هستند که از احتراق ناقص سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌شوند. امکان سنتز این ترکیبات با باکتری‌ها، جلبک‌ها و گیاهان نیز وجود دارد. ترکیبات PAHs حلالیت نسبتاً کمی در آب و میل شدیدی به جذب در ذرات معلق و رسوبات داشته و با نور ماوراء بنفش خورشید تجزیه می‌شوند. در مجموع، بیش از ۱۰۰ ترکیب شناسایی شده که ۱۶ ترکیب از آنها بر اساس گزارش‌های سازمان بهداشت جهانی و EPA از بقیه مهم‌ترند. منشا ترکیبات PAHs در محیط زیست، عوامل طبیعی و انسانی است. منشا ورود ترکیبات PAHs به محیط‌های آبی نیز انواع فاضلاب‌های معلق، جابجایی ترکیبات PAHs در آب بر اثر ذرات معلق، سیل و فرآیند پالایش صورت می‌گیرد (۵). بیشترین

مقدار PAHs به دلیل احتراق ناقص ترکیبات آلی طی فرآیندهای صنعتی و سایر فعالیت‌های انسان در محیط زیست آزاد می‌شود. مهم‌ترین منابع آنها شامل: احتراق زغال سنگ، نفت خام و گاز طبیعی برای مقاصد صنعتی و هم‌خانگی می‌باشد. صنایع نفتی دور از ساحل و درهم شکستن نفت‌کش‌ها منابع مهم PAHs در بعضی از مناطق هستند. آتش‌سوزی جنگل‌ها که امکان دارد در نتیجه فعالیت انسان و یا عوامل دیگر باشد، منبع مهم و معمولاً غیر قابل پیش‌بینی PAHs است. به طور کلی، آلودگی زیست‌محیطی، نه فقط با یک ترکیب، بلکه با مخلوطی از PAHs متعدد صورت می‌گیرد (۱). با توجه به آثار این ترکیبات روی انسان انجام این مطالعه برای اولین بار در ایران ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه سعی شده که ۱۶ ترکیب ۲ تا ۵ حلقه‌ای (به ترتیب: نفتالن، آسنتیلن، آسنتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، فلورانتن، پیرن، بنزو (a) آنتراسن، کرایسن، بنزو (b) فلورانتن، بنزو (k) فلورانتن، بنزو (a) پیرن، بنزو (ghi) پیرن، ایندنو (1,2,3-cd) پیرن و دی بنزو (a) آنتراسن) بررسی شده و مجموع آنها در فصل تابستان در ۳ تالاب بین‌المللی آلاگل، آماگل و آچی گل در استان گلستان مقایسه شود.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام تحقیق از آب ۳ تالاب بین‌المللی نمونه برداری صورت گرفت. طی فصل تابستان نمونه برداری از آب تالاب به صورت ماهانه انجام شد. برای جمع‌آوری و حمل نمونه‌ها از ظروف یک لیتری شیشه‌ای استفاده شد. در ابتدا، ظروف دو بار با آب منطقه نمونه برداری شسته شده سپس، از آب همان منطقه پر شدند. نمونه‌های برداشت شده پس از ثبت زمان و مکان نمونه برداری در مجاورت یخ برای اندازه‌گیری

پارامترهای مورد نظر به آزمایشگاه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس واقع در شهرستان نور منتقل شدند و غلظت پارامترهای مورد نظر با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) اندازه گیری شد. تا کنون، آنالیز ترکیبات PAHs به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) بسیار گزارش شده و اندازه گیری ۵۰۰-۶۰۰ ترکیبات مختلف استفاده شده در سراسر جهان است. گاز کروماتوگرافی همراه با آشکار ساز (FID) flame ionization detector شناسایی آلاینده را در حد $\mu\text{g/l}$ (ppb) امکان پذیر می نماید (۸). GC انجام شد و دستگاه استفاده شده GC 1000 شرکت DANI مجهز به ستون کاپیلاری ۵ Fused silica Optima به طول ۶۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ μm بود. آشکار سازی و اندازه گیری این ترکیبات با استفاده از دتکتور FID که برای مواد آلی دارای حلقه آروماتیک مناسب است، انجام شد. روش انجام آزمایش به صورت زیر بود:

آماده سازی نمونه و استخراج نمونه

روش استخراج به کار رفته در این تحقیق، استخراج با فاز جامد (SPE) solid phase extraction می باشد که برای پیش تغلیظ، تمیزسازی و آماده سازی نمونه های آبی به کار رفت. کارتریج ۶ ml Enviro Elut PAH، حاوی یک گرم فاز پرکننده و خریداری شده از شرکت واریان برای آماده سازی نمونه استفاده شد. کارتریج قبل از عبور نمونه ابتدا با ۵ میلی لیتر متانول و سپس با ۵ میلی لیتر آب مقطر آماده سازی شد (۹). سپس، ۳۰۰ میلی لیتر از نمونه آب صاف شده، از داخل کارتریج به کمک پمپ خلأ با سرعت ۷ الی ۱۰ میلی لیتر در دقیقه عبور داده شد. پس از آن حدود ۱۰ میلی لیتر آب مقطر را

گذرانده تا املاح برجای مانده در کارتریج خارج شوند. برای حذف قطرات آب موجود در کارتریج حدود ۳ دقیقه مکش هوا از داخل کارتریج انجام شد. سموم جذب شده روی کارتریج با ۱۰ میلی لیتر حلال دی کلرومتان شسته شد و در ظرف های ۱۵ میلی لیتری درب تفلونی جمع آوری شد. به این ظروف حدود یک گرم نمک سولفات سدیم بدون آب اضافه شد. این نمک عمل آبگیری را انجام می دهد. حلال نمونه استخراج شده با جریان ملایمی از گاز نیتروژن در دمای ۳۰-۲۵ $^{\circ}\text{C}$ تبخیر شده و در نهایت حجم آن با حلال هگزان نرمال به ۰.۳ ml رسانده شد. بدین ترتیب، نمونه آماده ترزیق به دستگاه GC ارایه شد. در این مرحله نمونه را تا فرا رسیدن زمان آنالیز در دمای ۱۵ $^{\circ}\text{C}$ الی ۲۰ $^{\circ}\text{C}$ می توان نگهداری کرد.

نتایج

برای آنالیز آماری داده ها از نرم افزار SPSS v.12 استفاده شد. برای اطمینان از نرمال بودن توزیع داده ها آزمون نرمالیتی کلموگراف- اسمیرنوف به کار رفت. پس از انجام آزمون نرمالیتی مشخص شد داده ها به علت پراکنش وسیع ایستگاه های نمونه برداری نرمال نیستند. بنابراین، به منظور انجام آنالیز آماری از آزمون های آماری غیر پارامتریک استفاده شد.

از بررسی ۱۶ ترکیب PAHs در آب ۳ تالاب بین المللی و از میانگین ۳ بار تکرار نتایجی به دست آمد که در جدول ۱ ارائه شده است.

در اندازه گیری ۱۶ ترکیب PAHs، تنها ترکیبات نفتالن، آسنتالن، فلورن، آنتراسن، فلورانتن، پایرن، بنزو (a) آنتراسن، بنزو (b) فلورانتن، بنزو (k) فلورانتن و بنزو (a) پایرن در نمونه های آب قابل شناسایی بود. ترکیبات بنزو (ghi) پایرن،

جدول ۱- میانگین غلظت ترکیبات PAHs در فصل تابستان بر حسب میکروگرم بر لیتر

| ترکیبات تالاب ها | Naphthalene | Acenaphthylene | Acenaphthene | Fluorene | Phenanthrene | Anthracene | Fluoranthene | Pyrene | Benz[a]anthracene | Chrysene | Benzo[b]fluoranthene | Benzo[k]fluoranthene | Benzo[a]pyrene | Benzo[ghi]perylene | Indeno[1,2,3-cd]pyrene | Dibenz[a,h]anthracene |
|---------------------|-------------|----------------|--------------|----------|--------------|------------|--------------|--------|-------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| آلاگل | ۰/۷۵۳ | ۰/۰۸۹ | ۰ | ۰/۰۴۱ | ۰ | ۰ | ۰/۰۵۵ | ۰/۱۴۳ | ۰/۰۵۴ | ۰ | ۰ | ۰/۱۷۹ | ۰/۲۳۶ | ۰ | ۰ | ۰ |
| آجی گل | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۳۳۵ | ۰/۰۶۲ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| آماگل | ۲/۷۴۶ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۱۲۴ | ۰ | ۰ | ۰/۰۹۵ | ۰ | ۰ | ۰/۲۷۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ |
| استاندارد | ۳/۵ | ۲/۷ | ۱۱۰ | ۱۴ | ۱۲ | ۲/۳ | ۰/۳۷ | ۱۱ | ۰/۲ | ۱۳ | ۰/۵ | ۰/۳۱ | ۰/۲ | ۰/۴ | ۰/۲۵ | ۰/۱۳ |

گونه اختلاف معنی داری بین ترکیبات اندازه گیری شده در تابستان مشاهده نشد. در جدول ۲ مقادیر مجاز برخی از ترکیبات PAHs در آبهای شیرین برای حفظ سلامت انسان آمده است.

براساس استانداردهای ارائه شده آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و نیز استاندارد ارائه شده (Wisconsin 1991)

ایندو (1-2-3,cd) پایرن و بنزو (a) آنترتسن در طول فصل تابستان در هیچ یک از تالابها مشاهده نشد. در دو تالاب آلاگل و آماگل بیشترین غلظت مربوط به ترکیب نفتالن و در تالاب آجی گل مربوط به ترکیب بنزو (b) فلورانتن می باشد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون کروسکال - والیس بین مقادیر ترکیبات PAHs در تالابهای آلاگل، آماگل و آجی گل هیچ

جدول ۲- مقادیر مجاز برخی از ترکیبات PAHs برای حفظ سلامت انسان در آبهای شیرین

| EPA (ppb) | Quality Guideline |
|--------------|-------------------|
| | PAHs |
| <2/7 | Acenaphthene |
| <110 | Anthracene |
| <0/37 | Fluoranthene |
| <14 | Fluorene |
| <11 | Pyrene |

جدول ۳- مقادیر حد مجاز ترکیب بنزو (a) پایرن در آب آشامیدنی

| Quality Guideline PAHs | EPA (ppb) | | Wisconsin (ppb) |
|---------------------------|-----------|--------|--------------------|
| | MCL* | MCLG** | |
| Benzo[a]pyrene | ۰/۲ | ۰ | ۰/۲ |

* Maximum Contaminant Level

** Maximum Contaminant Level Goal

PAHs به میزان قابل ملاحظه‌ای در تولید مشتقات قطران زغال سنگ مانند کربوزوت که محافظ چوب است، به وجود می‌آید. استفاده از کربوزوت برای محافظت الوارهای غوطه‌ور در آب لنگرها باعث نفوذ PAHs به آب و باعث آلودگی سخت‌پوستان می‌شود. همچنین، این ترکیبات از ریخته شدن نفت از نفتکش‌ها و پالایشگاه‌ها و محل‌های حفر چاه واقع در فلات قاره، وارد محیط زیست آبی می‌شوند PAHs بزرگتر در بافت‌های چربی برخی موجودات دریایی تجمع زیستی دارند (۱۰).

تالاب‌ها از مواهب طبیعی و بسیار سودمند هر کشور محسوب می‌شوند و علی‌رغم این که مقادیر اندازه‌گیری شده ترکیبات PAHs در آب تالاب‌های بین‌المللی آلمان، آگل و آجی گل کمتر از حد مجاز (استاندارد) است لیکن این ترکیبات، نه تنها از لحاظ اقتصادی-اجتماعی نقش مهمی دارند بلکه، از لحاظ زیست محیطی هم جزء اکوسیستم‌های بسیار با ارزش محسوب می‌شوند.

در اندازه‌گیری ۱۶ ترکیب PAHs، ترکیبات بنزو (ghi) پایرن، ایندنو (1-2-3,cd) و دی بنزو (a) آنتراسن در هیچ یک از نمونه‌ها مشاهده نشد. همچنین، طی مطالعه ترکیبات آسفنتن فئاترن و چریزن نمونه‌های مزبور مشاهده نشد.

آمریکا برای آب آشامیدنی مقادیر اندازه‌گیری شده برای ترکیب بنزو (a) پایرن در هر سه تالاب کمتر از مقادیر حد مجاز استاندارد می‌باشد (جدول ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

اکوسیستم‌های زیادی در سطح جهانی با غلظت‌های مختلف و آلوده به ترکیبات آلی وجود دارد. به علاوه، سالانه میلیاردها گالن پساب با غلظت‌های مختلف آلودگی، همچنین، با آلودگی‌های صنایع مختلف تولید می‌شود (۶). به عنوان مثال، مقدار زیادی پساب آلوده به ترکیبات نفتی طی فرآیندهای تولید، انتقال و پالایش نفت خام وارد محیط می‌شوند. بدنام‌ترین ترکیب سرطانزای PAHs، بنزوپیرن است که ۵ حلقه بنزن جوش خورده دارد. این مولکول، به صورت مشتق پیرن نامگذاری می‌شود. از نظر مفهومی اگر یک حلقه بنزن دیگر به پیوند a در پیرن اضافه شود، مولکول بنزو a پیرن به دست می‌آید. این ترکیب، محصول جانبی احتراق ناقص سوخته‌های فسیلی، چوب و مواد آلی مثل زباله‌هاست. این ماده در حیوانات آزمایشگاهی و احتمالاً در انسان هم سرطان‌زاست. همچنین، هیدروکربن‌های آروماتیک پلی‌سیکلیک از آلاینده‌های جدی آب به شمار می‌روند

hydrocarbons in surface water of Hangzhou, China. *Chemosphere* 56: 1085–1095

9- Angels Olivella, M. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in rainwater and surface waters of Lake Maggiore, a subalpine lake in Northern Italy. *Chemosphere* 2005

10- Ogunfowokan, A.O., Asubiojo, O. 2003. Isolation and Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface runoff and sediments. *Chemosphere* 38: 246-259

11- US EPA 1999. Water quality guidelines for the protection of fresh water aquatic life. <http://www.gov.ab.ca/env/protenf/publications/SurfWtrQual-Nov99>.

12- US EPA 2006. Ground water & drinking water, national primary drinking water regulations. http://www.epa.gov/safewater/contaminants/dw_contamfs/benzopyr.html

اما، این مساله بی توجهی و عدم مدیریت صحیح آلاینده‌های ورودی به تالاب را توصیه نمی‌کند، چون با پیشرفت روز افزون جمعیت و توسعه مناطق شهری و صنعتی و عدم حفاظت اکوسیستم‌های طبیعی با ارزش این امکان را به وجود می‌آورد که در آینده ای نه چندان دور با وضعیت بحرانی در این اکوسیستم‌ها مواجه شویم.

منابع

- ۱- اسماعیلی ساری، ع. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست، نشر نقش مهر، تهران، ۱۳۸۱.
- ۲- پرداختی، ع. اسماعیلی ساری، ع. واسلامی، ا. بررسی کمی و کیفی "هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای" در هوای تهران در تابستان ۱۳۸۱، مجله محیط شناسی، شماره ۳۳، بهار ۱۳۸۳، صفحه ۱۶-۲۰.
- ۳- دبیری، م. ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست، هوا- آب- خاک- صوت. تهران. نشر اتحاد. ۳۳۹ ص.
- ۴- راهنمای تالاب‌های ایرانی ثبت شده در کنوانسیون رامسر - سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۵- طراوتی، حمید ۱۳۷۲، "وضعیت جهان"، لستر براون، نشر آروین، ص: ۵۱-۲۵، ۱۱۱-۸۱.
- ۶- مخدوم، مجید، ۱۳۷۴، "زیستن در محیط زیست"، انتشارات دانشگاه تهران، ص: ۳۰۹ - ۳۰۶.
- ۷- ناصری، سیمین، قانعیان، محمد تقی، ۱۳۸۱، "مدیریت کیفیت آب در دیاچه‌ها و رودخانه‌ها"، مؤسسه علمی و فرهنگی نص، ص: ۸۰-۱۲.
- 8- Zhu, L; Chen, B; Wang, J and Shen, H. (2004). Pollution survey of polycyclic aromatic