The Journal of Qazvin Univ. of Med. Sci.
Vol. 10 No. 1, Spring 2006

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
سال دهم، شماره ۱ (پی‌درپی ۳۸)، بهار ۱۳۸۵

ارتباط غلظت فلزهای سنگین با هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر مرحله ذره‌ای در جو اصفهان

مهشید لولوئی* دکتر بیژن بینا** دکتر مرتضی طالبی***

A study on relationship between the atmospheric quantity of heavy metals and PAHs in the city of Isfahan

M Loloei✡ B Bina M Talebi

✸Abstract

Background: Heavy metals are toxic and polycyclic aromatic hydrocarbons are known as toxic, carcinogenic and mutagenic compounds.

Objective: To determine the concentration of PAHs and heavy metals in sample and the relationship between these two pollutants in the atmosphere of the city of Isfahan.

Methods: In present study, air particulates were collected on glass fiber filters by using a high-volume air sampler. Flow rate and sampling period were 0.5m3/min and 12 hrs, respectively. Each filter was exactly cut into two equal pieces. One piece was digested with HNO3 and H2O2, and the second piece was extracted with DCM, using soxhlet method. The later was used for determination of PAHs.

Determination of heavy metals concentrations were performed using a Perkin-Elmer atomic absorption spectrometer. The concentrations of PAHs were measured using a PU 4400 gas chromatograph equipped with a FID detector.

Findings: The concentration of lead was higher than other metals (748.5 ng/m^3) however; it was lower than the standard value (2000 ng/m^3).The extraction efficiency of PAHs with soxhlet method was 92-100 percent. The concentration of Benzo (α) pyrene, index of aromatic hydrocarbons, was 2.72 ng/m^3. PAHs concentration in non-working days was lower than working days of a week. Correlation coefficient between PAHs and heavy metals was 0.9 ($P<0.005$). The changing pattern of heavy metals and PAHs was closely similar.

Conclusion: The concentrations of PAHs and heavy metals were determined in different samples. The relationship between the atmospheric concentrations of PAHs and heavy metals was investigated and an excellent agreement was found.

Keywords: Polycyclic Hydrocarbons, Metals, Air Pollution

✸ چکیده

زمینه : فلزهای سنگین و هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای معطر موجود در جو شهرهای صنعتی اثر سمی و سرطان‌زایی دارند و می‌توانند تغییرات کروموزومی ایجاد نمایند.

هدف : مطالعه به منظور تعیین غلظت هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر و فلزهای سنگین در جو اصفهان و رابطه این دو آلاینده انجام شد.

مواد و روش‌ها : این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۷۸ در اصفهان انجام و ذرات موجود در هوا بر روی صافی‌های فایبرگلاس و توسط دستگاه نمونه‌بردار با حجم زیاد جمع‌آوری شد. سرعت جریان و زمان نمونه‌برداری برابر ۰/۵ مترمکعب در دقیقه و به مدت ۱۲ ساعت بود. هر صافی با دقت به دو قطعه مساوی بریده شد و یک قطعه از آن در اسید نیتریک و آ ب اکسیژنه هضم و برای تعیین غلظت فلزهای سنگین استفاده شد. قطعه دیگر صافی توسط حلال دی‌کلرومتان و روش سوکسله استخراج و از حاصل استخراج برای تعیین مقدار PAHs استفاده شد. غلظت فلزهای سنگین توسط یک دستگاه جذب اتمی پرکین المر و غلظت PAHs توسط دستگاه گاز کروماتوگراف مدل ۴۴۰۰ PU مجهز به آشکارساز FID تعیین شد.

یافته‌ها : غلظت سرب نسبت به سایر فلزهای سنگین مورد بررسی بالاتر (۷۴۸/۵ نانوگرم بر مترمکعب) اما از استاندارد مربوطه (۲۰۰۰ نانوگرم بر مترمکعب) کمتر بود. راندمان استخراج PAHs با روش سوکسله ۹۲ تا ۱۰۰ درصد بود. غلظت بنزوآلفاپیرن شاخص هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر ۲/۷۲ نانوگرم بر مترمکعب بود. مقدار PAHs در روزهای تعطیل کمتر از سایر روزهای هفته بود. ضریب همبستگی میان فلزهای سنگین و PAHs برابر ۰/۹ بود($p<0/005$). روند تغییرات فلزهای سنگین با تغییرات PAHs بسیار شبیه بود.

نتیجه‌گیری : همبستگی بسیار نزدیکی بین غلظت فلزهای سنگین و PAHs وجود دارد و روند کلی تغییرات غلظت فلزهای سنگین در جو با روند تغییرات هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر بسیار شبیه است.

کلید واژه ها : هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای، فلزات، آلودگی هوا

* مربی گروه بهداشت محیط و عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی کرمان

** استادیار بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان *** استادیار گروه شیمی دانشگاه اصفهان

آدرس مکاتبه : کرمان، ابتدای بزرگراه هفت باغ، صندوق پستی ۵۳۱- ۷۶۱۷۵، تلفن ۳۲۲۰۰۸۶

✡Email: mloloei@yahoo.com

*** مقدمه :**

هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر (PAHs) بیش‌تر توسط منابع سوختی تولید و در جو پراکنده می‌شوند. منابع اصلی تولید این ترکیب‌ها سیستم‌های گرمایی منازل، نیروگاه‌ها، صنایع و زباله‌سوزها هستند.[۱و۲و۳] این ترکیب‌ها آثار زیانباری بر سلامتی انسان‌ها دارند.[۴و۵] بنابراین پایش محیطی این ترکیب‌ها ضروری است. اندازه‌گیری PAHs در کشور انگلستان در سال ۱۹۵۰ انجام شد.[۶و۷] تحقیقی در کشور چین مشخص کرد که حضور هیدروکربن‌های سه تا چهارحلقه‌ای ممکن است باعث بروز بیش‌تر سرطان ریه شود.[۸و۹و۱۰]

تحقیقات نشان داده است که عواملی از جمله اندازه ذره، حضور فلزهای سنگین و کربن در تأثیر PAHs بر سلامتی نقش دارند.[۱۰] فلزهای سنگین نیز از آلاینده‌های مهمی هستند که همراه ذره‌های معلق در جو پراکنده می‌شوند. فلزهایی مانند کادمیم، سرب، کروم و غیره نیز از منابع مشابه PAHs وارد جو شهرها می‌شوند. به دلیل اثرات سمی و سرطان‌زایی این فلزها، اندازه‌گیری و کنترل غلظت آنها ازاهمیت خاصی‌برخورداراست.[۱۱]

این مطالعه با هدف تعیین غلظت PAHs و فلزهای سنگین در نمونه‌های مختلف هوای اصفهان و بررسی رابطه میان این دو دسته آلاینده انجام شد.

*** مواد و روش‌ها :**

این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۷۸ در جو اصفهان انجام شد. در مجموع ۱۴ نمونه از مرکز شهر اصفهان که از ترافیک بالایی برخودار بود، برداشت شد.[۱۲و۱۳] در این مکان تعداد زیادی خانه مسکونی، مرکز تجاری، سازمان و بیمارستان وجود دارد.

ذره‌های معلق موجود در هوا توسط دستگاه نمونه بردار با حجم بالا و بر روی صافی‌های فایبرگلاس با ابعاد ۲۵×۲۰ سانتی‌متر و در ارتفاع ۱۲متری از سطح زمین جمع‌آوری شدند. پمپ موجود در دستگاه قادر به مکش حجمی از هوا در حد ۰/۵ مترمکعب در دقیقه بود. مدت زمان نمونه‌برداری ۱۲ساعت تنظیم شد و ساعت‌های پرترافیک روز (۸ صبح تا ۸ شب) انتخاب شدند. صافی‌ها پس از نمونه‌برداری و تا قبل از آزمایش در یخچال نگه‌داری شدند. هر صافی در معرض به دو قطعه مساوی تقسیم شد. یک قطعه از صافی در اسید نیتریک ۶۵ درصد و آب اکسیژنه با نسبت ۲به ۱ و در دمای۹۰ درجه سانتی‌گراد در دو مرحله هضم شد و محلول حاصل پس از صاف، خنک‌شدن و به حجم رسیدن جهت اندازه‌گیری غلظت فلزهای سنگین استفاده شد. اندازه‌گیری غلظت فلزهای مس، سرب، کادمیم، روی و کروم با استفاده از یک دستگاه جذب اتمی با شعله استیلن و هوا ساخت کارخانه پرکین المر مدل ۲۳۸۰ انجام شد، در اندازه‌گیری عنصر کروم شرایط شعله به صورت احیا بود.

قطعه دیگر صافی در معرض، برای استخراج ترکیب‌های چند حلقه ای معطر توسط حلال دی‌کلرومتان و روش سوکسله استفاده شد. مدت زمان استخراج ۸ ساعت بود و در این مدت حلال تقطیر برگردان می‌شد. پس از مرحله استخراج، حلال با کمک جریان آرام گاز ازت خالص از محیط عمل خارج و نمونه‌ها در یک میلی‌لیتر هپتان نرمال حل شد و محلول حاصل تا قبل از آزمایش در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. جهت اندازه‌گیری غلظت هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر از یک دستگاه گاز کروماتوگراف فیلیپس مدل PU۴۴۰۰ مجهز به آشکارساز FID و ستون BPX – 5 استفاده شد. شرایط استفاده شده در آزمایش ستون BPX –5، آشکارساز FID،

دمـای محـل تزریـق ۲۵۰ درجـه سـانتی‌گـراد و دمـای آشکارسـاز ۲۸۰ درجـه سـانتی‌گـراد بـود. ابتـدا سـتون بـه مـدت ۵ دقیقـه در دمـای ۹۰ درجـه سـانتی‌گـراد نگه‌داری و سپس در هـر دقیقـه ۱۰ درجـه سـانتی‌گـراد بـه دمـای آن افـزوده شـد و ایـن کـار تـا دمـای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد ادامـه داشـت. پـس از آن بـه مـدت ۱ دقیقـه سـتون در دمـای ۱۵۰ درجـه سـانتی‌گـراد نگـه‌داری و سـرانجام در هـر دقیقـه دمـای سـتون ۵ درجـه سـانتی‌گـراد تـا دمـای ۳۲۰ درجـه سـانتی‌گـراد افزایش داده شد.

راندمان استخراج PAHs با روش سوکسله از ذرات معلـق با استفاده از نمونه استاندارد SRM-۱۶۴۸ تعیین شد.

ارتباط میان غلظت PAHs و فلزهای سنگین با اسـتفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد. متوسـط درجـه حـرارت هـوا ۱۵ درجـه سـانتی‌گـراد و فـشار بـه طـور متوسط ۸۴۰ میلی بار بود.

*** یافته‌ها :**

میانگین غلظـت سـرب، روی، کـادمیم، مـس و کـرم بـــه ترتیـــب ۷۴۸/۵، ۵۰۴/۴، ۶/۶۵ و ۳۴۱/۵ و ۲۷/۷۸ نـانوگرم بـر مترمکعـب بـود. تفـاوت میـانگین غلظـت فلـزات سـنگین بـا اسـتفاده آزمـون کروسـکال والـیس معنـــی‌دار بـــود(x^2=۶۳/۶۵ ،p<۰/۰۰۱). همچنـــین میـــانگین غلظـــت مربـــوط بـــه فنـــانترن، آنتراســـن، فلـــورانتن، پیـــرن، بنزوآلفاآنتراســـن، کرایـــسن، بنزوبتافلورانتن و بنزوآلفـا پیـرن بـه ترتیـب برابـر۱/۶۹، ۱/۶۵، ۲/۵۷، ۳/۱۸، ۳/۴۹، ۳/۱، ۲/۹۳ و ۲/۷۲ نـانوگرم بـر مترمکعـب بـود. تفـاوت میـانگین غلظـت هیدروکربن‌هـای معطـر نیـز معنـی‌دار بـود(x^2=۵۲/۱۹، p<۰/۰۰۱) (جدول شماره ۱).

جدول ۱ – فراوانی غلظت فلزهای سنگین و PAHs موجود در هوا (نانوگرم بر مترمکعب)

شماره نمونه	سرب	روی	کادمیم	مس	کرم	فنانترن	آنتراسن	فلورانتن	پیرن	بنزوآلفا آنتراسن	کرایسن	بنزوبتا فلورانتن	بنزوآلفا پیرن
۱	۹۱۰	۶۷۰	۸	۳۶۱	۳۸	۲/۲	۱/۹	۳/۷	۳/۹	۵/۱	۴	۳/۹	۳/۱
۲	۸۱۵	۵۹۸	۷/۵	۳۵۹	۳۶	۲/۱	۱/۸	۳/۳	۳/۸	۴/۸	۳/۸	۳/۷	۳
۳	۸۲۲	۶۰۳	۷/۵	۴۰۱	۳۶	۲/۳	۱/۸	۳/۴	۳/۹	۴/۸	۳/۷	۳/۷	۳/۲
۴	۷۱۱	۵۸۲	۶	۲۹۷	۲۲	۱/۹	۱/۶	۲/۸	۲/۹	۳/۶	۳	۲/۸	۳
۵	۸۹۱	۶۰۹	۷/۷	۳۵۷	۳۷	۲	۱/۹	۳/۶	۳/۸	۳/۹	۴	۳/۸	۳/۱
۶	۷۶۵	۵۹۷	۷	۳۲۶	۲۹	۱/۸	۱/۵	۲/۹	۳/۵	۳/۷	۳/۲	۲/۸	۲/۸
۷	۴۹۶	۳۱۷	۴	۲۱۰	۱۸	۰/۹	۱	۱/۵	۱/۸	۲/۱	۱/۹	۱/۹	۱/۴
۸	۶۰۹	۴۱۶	۵	۲۹۷	۲۱	۱/۱	۱/۴	۱/۶	۲/۱	۲/۹	۲/۱	۱/۹	۲/۹
۹	۶۱۸	۴۱۹	۵/۵	۳۱۹	۲۶	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۳	۲/۹	۲/۴	۲/۱	۲/۹
۱۰	۸۱۳	۶۰۶	۷	۳۱۸	۳۳	۱/۳	۱/۷	۱/۹	۳/۴	۳/۶	۳/۷	۳/۶	۳
۱۱	۸۰۰	۴۹۵	۹	۳۷۵	۳۱	۲/۲	۲/۷	۳/۴	۳/۹	۳/۷	۴	۳/۳	۳/۴
۱۲	۷۶۰	۱۴۰	۲	۴۴۰	۸	۱/۳	۱/۷	۲/۲	۳	۲/۸	۳	۲	۱/۲
۱۳	۸۱۰	۵۸۰	۸	۴۱۰	۳۲۲	۱/۵	۱/۴	۲	۲/۹	۲/۴	۲/۵	۲/۷	۲/۸
۱۴	۶۶۰	۴۳۰	۹	۳۱۲	۲۲	۱/۹	۱/۴	۲/۲	۲/۷	۲/۶	۲/۱	۲/۹	۱/۴
میانگین	۷۴۸/۵	۵۰۴/۴	۶/۶۵	۳۴۱/۵	۲۷/۷۸	۱/۶۹	۱/۶۵	۲/۵۷	۳/۱۸	۳/۴۹	۳/۱	۲/۹۳	۲/۷۲

راندمان استخراج برای ترکیب‌های مورد بررسی به روش سوکسله ۹۲ تا ۱۰۰ درصد بود(جدول شماره ۲).

تغییرات PAHs در روزهای مختلف هفته نشان داد که مقدار این ترکیب‌ها در روزهای تعطیل کمتر از سایر روزهای هفته است(جدول شماره ۳).

همچنین ارتباط میان غلظت فلزهای سنگین و PAHs با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که همبستگی بسیار نزدیکی میان غلظت این دو دسته آلاینده وجود دارد($r=۰/۹$ ، $p<۰/۰۰۵$).

روند تغییرات فلزهای سنگین در جو با روند تغییرات هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر بسیار شبیه بود(نمودار شماره ۱).

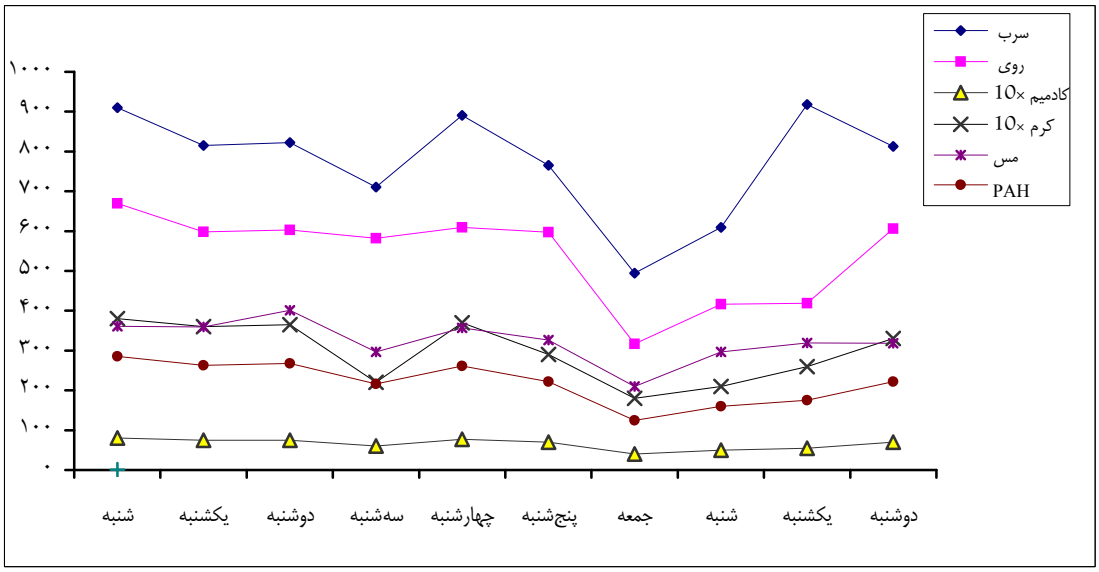
جدول ۲- راندمان استخراج PAHs با روش سوکسله از نمونه SRM 1648

ترکیب	راندمان استخراج (درصد)
فنانترن	۹۲ ± ۷
آنتراسن	۱۰۰ ± ۴
فلورانتن	۱۰۲ ±۳
پیرن	۱۰۰ ± ۱
بنزو آلفا آنتراسن	۹۸ ± ۱
کرایسن	۱۰۱ ± ۳
بنزو بتا فلورانتن	۹۹ ± ۳
بنزو آلفا پیرن	۹۸± ۲

جدول ۳ – تغییرات PAHs طی دو هفته بررسی محیط

روزهای هفته	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه	جمعه	شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه	جمعه
غلظتPAHs (نانوگرم برمترمکعب)	۱۶	۱۷/۸	۱۹	۱۸/۵	۱۸	۱۸/۵	۱۳	۱۶/۵	۱۷/۵	۱۸/۵	۲۱	۱۶	۱۴	۱۴

نمودار ۱- روند تغییرات فلزهای سنگین و غلظت کل PAHs در روزهای هفته



* بحث و نتیجه‌گیری :

این مطالعه نشان داد که همبستگی بسیار نزدیکی بین غلظت هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر و فلزهای سنگین وجود دارد.

در این بررسی سرب نسبت به سایر فلزهای سنگین مورد بررسی غلظت بالاتری داشت، اما از استاندارد مربوطه (۲۰۰۰ نانوگرم بر مترمکعب) کمتر بود.[۱۴] تحقیقی در کشور کنیا در سال ۱۹۹۲ در خصوص اندازه‌گیری فلزهای موجود در ذرات معلق جو انجام و غلظت سرب در ایستگاه‌های مختلف بین ۰/۳۲۱ تا ۰/۳۹۵میکروگرم در هر مترمکعب گزارش شد. جمعیت این شهر در آن سال حدود ۱/۵ میلیون نفر و رشدی معادل ۷۰ نفر در روز داشت و از بنزین دارای ۰/۴ گرم بر لیتر سرب استفاده می‌شد.[۱۵] منبع اصلی ورود سرب به جو وسایل نقلیه موتوری است.

همچنین در سال ۱۹۹۰ غلظت ده عنصر در ذرات معلق بزرگتر از یک میکرومتر در جو شهر شیکاگو اندازه‌گیری شد که میانگین غلظت عناصر سرب، روی، مس و کادمیم به ترتیب برابر ۱۱/۱۹، ۲۶/۷۱، ۸/۴۶ و ۰/۱۱۴ نانوگرم بر مترمکعب گزارش شد. این تحقیق نشان داد که غلظت عناصر مذکور در ذرات درشت جو (≥۱/۵μm قطر) کمتر بوده و این عناصر بیش‌تر در ذرات ریز (≤۱/۵μm قطر) تجمع می‌یابند.[۱۲]

مطالعه حاضر نشان داد که روش سوکسله قادر است PAHs موجود در نمونه‌های جمع‌آوری شده را با راندمان بیش از ۹۰ درصد استخراج نماید. این نتیجه با نتایج تحقیق مربوط به تعیین غلظت هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر در هوای شهرهای لندن، منچستر و کاردیف که در سال ۱۹۹۴ در کشور انگلستان انجام شد و طی آن مشخص شد که درصد بازیابی هیدروکربن‌های مذکور از نمونه‌های هوا با روش سوکسله ۹۰ تا ۱۰۰ درصد است، مطابقت دارد.[۱۶]

غلظت بنزوآلفاپیرن شاخص هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر برابر با ۲/۷۲ نانوگرم بر مترمکعب بود. حداکثر این شاخص در کشورهای اروپایی، کانادا و ژاپن به ترتیب ۲۰، ۶ و ۱۱ نانوگرم بر مترمکعب است.[۱۷] همچنین مشخص شد که غلظت PAHs در روزهای تعطیل کمتر از سایر روزهای هفته است. از آنجا که هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای معطر بیش‌تر از طریق احتراق سوخت‌های فسیلی به جو انتقال می‌یابند، لذا همبستگی نزدیکی با حجم ترافیک شهری دارند و مقدار آنها در روزهای تعطیل در جو کاهش می‌یابد. نتیجهٔ حاصل با تحقیق مربوط به سرطان‌زایی دود خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها که در سال ۱۹۵۴ در کشور امریکا انجام شد، مطابقت دارد.[۱۸]

ضریب همبستگی بالا بین فلزهای سنگین و PAHs نشان‌دهنده آن است که این ترکیب‌ها از منابع مشابهی به جو تزریق می‌شوند(منابع آنتروپوژنی). مطالعه انجام شده در تایوان نیز نشان داد که میان فلزهای سنگین و PAHS همبستگی بالایی وجود دارد. فلزهای سنگین بیش‌ترین تأثیر را در تشکیل PAHs دارند. این فلزها نه تنها به جذب هیدروکربن‌های مذکور کمک کرده و محل‌های جذب بیش‌تری برای PAHs فراهم می‌کنند، بلکه تشکیل آنها را تسریع می‌کنند. به طور مثال فلز سرب انرژی فعال‌سازی مورد نیاز برای تشکیل PAHs را کاهش می‌دهد و فلز کروم روش‌های ممکن انجام واکنش جهت تشکیل PAHs را افزایش می‌دهد.[۱۳] همچنین روند کل تغییرات غلظت فلزات سنگین در جو نیز با روند تغییرات PAHs بسیار شبیه است که این نیز مؤید همبستگی بالای بین این دو گروه آلاینده است.

* مراجع :

1. Benestad C, Hagen I, Jebns A, Oehem M, Ramdahl T. Emission of organic micro pollutants from discontinuously operated municipal Waste Manage Res 1990; 8: 193

2. Lee W, Yuan Y, Chen Jc. Polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed in fly ash from municipal incinerator. J Environ Sci Health 1993; 5: 1017

3. Menzie CA, Potoki BB, Santodonato J. Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. Environ Sci Technol 1992; 26: 1278

4. Kao A. Formation and removal reaction of hazardous air pollutants. J Air and Waste Manage Assoc 1994; 44: 683

5. Wei Y, Wa C. Comparison of extraction methods of poly aromatic hydrocarbons from soots generated during high temperature treatment of Waste. In Proceeding of 7th IUAPPA regional conference on air pollution and waste issues, EPS/ROC, Taiwan,1994, 3

6. Low G, Battey G. Comparative studies of adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons by fly ashes from the combustion of some Australian coals. Environ Sci Technol 1998, 22: 322

7. Vo- Dinh T. Chemical analysis of polycyclic aromatic compounds. New York, John Wiley & Sons, 1989, chapter 1

8. Banerjee K, Cheremisionoff PN. Adsorption/thermal desorption with tenax-GC for the collection and analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and chlorinated compounds.J Chinese Chem Soc 1986, 36: 523

9. Boscak V. Transformation of carbon in refuse incineration.Waste Manage Res 1993, 11: 493

10. Flessel P, Wang Y. Seasonal variations and trends in concentrations of filter-collected poly cyclic aromatic hydrocarbons and mutagenic activity in the San Fransisco. Air Waste Manage Assoc 1991; 41: 276

۱۱. احمد زاده م. سم شناسی صنعتی، فلزات سنگین. چاپ اول، تهران، نشر هزاران، ۱۳۷۶، ۱۱

12. Noll E, Yuen P. Atmospheric coarse particulate concentrations and dry deposition fluxes for ten metals in two urban environments. Atmospheric Environment 1990; 24: 903

13. Wey M, Chao C, Yu lih. The relation between the quantity of heavy metal and PAHs in fly ash. Air and Waste Manage Assoc 1998; 48: 750

14. Ministry for the environment. Ambient air quality guidelines-2 Health-based Guideline values … . www.mfe.govt.n z, 2000

15. Karue Y, Kinyua AM. Measured components in total suspended particulate matter in a Kenyan urban area. Atmospheric Environment 1992; 268: 505

16. Halsall C, Davis B, Jones K. Polycyclic aromatic hydrocarbons in U K urban air. Environ Sci Technol 1994; 28: 2380

17. Environment Australia. Air toxics and indoor air quality in australia. 2001, chapter 1 (Air toxics over view)

18. Wynder E, Hoffmann D. A study of air pollution carcinogenesis, carcinogenic activity of gasoline engine exhust condense. Cancer 1954; 15: 103