محور مقاله: آلودگی زیست بوم، سلامت انسان و زیست پالایی

مطالعه ریسک سلامت فلزات سنگین در خاک سطحی مناطق صنعتی ماهشهر

فرزانه نیکفر[۱]، علی غلامی[۲*]، سیما سبزعلیپور[۳]، احد نظرپور[۴]

[۱] دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۲] دانشیار خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۳] استادیار محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۴] استادیار زمین شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

آلودگی خاک به فلزات سنگین، نگرانی بزرگ زیست محیطی است. آلاینده‌های خاک‌های صنعتی می‌توانند به طور مستقیم و غیرمستقیم مانند بلع، تنفس ذرات و جذب پوستی، خطرات قابل توجه‌ای برای سلامت انسان به همراه داشته باشند. از این‌رو، هدف این پژوهش ارزیابی خطرات بهداشتی فلزات سنگین در خاک سطحی مناطق صنعتی شهرستان ماهشهر است. داده‌های برداشت شده از ۴۷ نمونه خاک سطحی از محدوده صنعتی شهرستان ماهشهر جمع‌آوری شد و غلظت عناصر کادمیوم، سرب، نیکل، آرسنیک، وانادیوم، کروم، روی و مس در نمونه‌ها تعیین گردید. خطرات سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین خاک سطحی برای سلامت انسان به تفکیک مسیرهای بلع، تنفس و جذب پوستی با استفاده از روش پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برای کودکان و بزرگسالان ارزیابی شد. نتایج نشان داد که بیشترین خطرات غیرسرطان‌زایی در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان مربوط به جذب فلز کروم در مسیر بلع($1.65*10^{-1}$و $2.21*10^{-2}$) و کمترین آن مربوط به وانادیوم در مسیر تنفس $9.53*10^{-15}$ بود. بررسی خطر غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در هر مسیر (HQ) حاکی از آن است که همه فلزات خطر غیرسرطان‌زایی کمتر از ۱ داشتند. ودر حد مجاز بودند و با سلامت انسان ناسازگار نیستند .خطر غیرسرطان‌زایی هریک از مسیرهای جذب فلزات HQ در مسیر بلع بیشتر از مسیر جذب پوستی و در مسیر جذب پوستی بیشتر از مسیر تنفسی در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان می باشد.

کلمات کلیدی: سرطان‌زایی، غیرسرطان‌زایی، مسیرهای مواجه، فلزات سمی، شهرستان ماهشهر

مقدمه

امروزه آلودگی محیط زیست از مسائل مهمی است که جوامع مختلف با آن روبه‌رو می‌باشند. در واقع تخریب و آلودگی محیط زیست، ثمره جوامع صنعتی و یکی از راه آوردهای صنعتی شدن اجتماعات بشری است (دبیری، ۱۳۹۷). سرطان عامل اصلی مرگ و میر در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه جهان است. افزایش ابتلا به سرطان ممکن است ناشی از افزایش سن جمعیت یا رشد جمعیت، شیوه زندگی سرطان‌زا و به ویژه آلودگی-های زیست محیطی باشد. فلزات سنگین در خاک از طریق طریق بلع، تماس با پوست و استنشاق ذرات گرد و غبار به انسان منتقل می‌شوند با توجه به زیست تخریب ناپذیری فلزات سنگین و نیمه عمر طولانی آنها برای حذف، تجمع آنها در زنجیرهٔ غذایی اثرات چشمگیری بر سلامت انسان در دراز مدت دارد (سلگی و همکاران، ۱۳۹۴). قرارگرفتن در معرض فلزات سنگین به عنوان خطرات مطرح بهداشتی به سیستم عصبی و آنزیم‌ها می‌تواند باعث بیماری‌های قلبی و اختلالات بارداری و سرطان شود. به عنوان مثال سرب از طریق بلع و تماس با پوست باعث کم‌خونی، اختلالات مختلف عصبی و بیش فعالی می‌شود. فلزات سمی (کادمیم، نیکل، کروم، مس و روی) باعث زخم معده، حالت تهوع، آسیب به سیستم عصبی مرکزی و سیستم ایمنی بدن، سرطان، ناباروری، اصلاح مواد ژنتیکی، ملانوم، مشکلات پوستی، بیماری‌های قلبی و عروقی و تنفسی، سرطان ریه، تخریب کبد و اختلال کلیوی می‌شوند (Zhao et al., 2014). مهمترین منابع ورود به خاک و اثرات بهداشتی این فلزات در جدول شماره ۱ آورده شده است. با توجه به نگرانی‌های محیط زیستی و سلامت انسان در ارتباط با فلزات سنگین، همچنین نقش اساسی خاک و کیفیت آن در سلامت اکوسیستم، آگاهی از غلظت این عناصر به عنوان شاخصی مهم در پیش‌بینی خطرات و بیماری‌های منتج شده از این فلزات و تعیین استانداردهای کیفیت ضروری به نظر می‌رسد. تحقیقات مختلفی در ایران و جهان، آلودگی خاک سطحی به فلزات سنگین را مورد ارزیابی قرار دادند. این تحقیقات، موارد گوناگونی مانند فعالیتهای صنعتی، مصرف غیر اصولی کود در زمین‌های کشاورزی و حمل و نقل شهری را به عنوان برخی از منابع ورود فلزات سنگین به خاک معرفی کردند که از مهمترین آنها می‌توان به مطالعات؛ روان خواه و همکاران (۲۰۱۵) اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۵) ؛Zhang و همکاران (۲۰۰۹) اشاره کرد. در سال‌های

* ایمیل نویسنده مسئول: a.gholami@iauahvaz.ac.ir

اخیر، خوشبختانه در جامعه علمی دنیا، گرایش به ارزیابی خطر سلامت انسان رو به رشد است، اما مطالعات اندکی، ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین را در خاک مورد توجه قرار داده‌اند. این مطالعات، نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌اند؛ به عنوان مثال، Chabukdhara و Nema (2013) دریافتند که مقادیر خطر غیرسرطان‌زایی (HI) کروم تنها برای کودکان بیش تر از ۱ است، در حالی که خطر بروز سرطان در بزرگسالان بیش از کودکان بوده است. در کشور ما پژوهش‌های بسیار محدودی در این زمینه صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعه روان خواه و همکاران (۲۰۱۵) و یگانه و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی جیوه و نیکل در خاک استان همدان اشاره کرد. عمده‌ترین کاربری-های شهرستان ماهشهر، شامل کاربری‌های صنعتی و صنایع پتروشیمی است. استفاده از مواد شیمیایی در صنایع پتروشیمی، انتشارات ناشی از وسایل حمل و نقل، پساب خروجی صنایع پتروشیمی، پسماندهای صنایع پتروشیمی مهمترین منابع ورود فلزات سنگین به خاک منطقه هستند. با توجه به مطالعه ذکر شده، می‌توان گفت که بررسی چنین مطالعاتی در ایران نیز ضروری است؛ از این رو این پژوهش به دلیل اهمیت زیست محیطی و بهداشتی با هدف ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی ناشی از فلزات سنگین کادمیوم، سرب، نیکل، روی ، مس، کروم و وانادیوم به تفکیک مسیرهای بلع، تنفس و جذب پوستی در خاک سطحی منطقه ویژه اقتصادی و اداره بندر شهرستان ماهشهر برای گروه‌های کودکان و بزرگسالان انجام شده است (شکل ۱). همچنین جاده‌های اصلی بندرامام به ماهشهر، بندرامام به منطقه ویژه اقتصادی و بندرامام به اداره بنادر و کشتیرانی دلیل تردد وسایل نقلیه، به عنوان یک منبع غیرنقطه‌ای در ایجاد آلودگی در محیط صنعتی محسوب می‌گردد. به‌طوری که نشرهای حاصل از اگزوز خودروها عامل اصلی تولید فلزات سنگین در هوا و خاک می‌باشند. همچنین گسترش فعالیت‌های صنعتی، همواره مسائل و مشکلاتی در خصوص آلودگی خاک‌های سطحی منطقه ایجاد نموده است. لذا به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح منابع، مدیریت کیفی خاک‌های سطحی امری ضروری می‌باشد. بنابر مطالب ارائه شده، اهمیت بررسی کیفیت و شدت آلودگی منابع خاک سطحی آشکار می‌گردد. بنابراین پژوهش حاضر با ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین بر سلامت انسان در خاک سطحی مناطق صنعتی شهرستان ماهشهر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این نوع مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی بود. تعداد ۴۷ ایستگاه در چهار جهت جغرافیایی در اطراف مناطق صنعتی شهرستان ماهشهر از جمله منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر، اداره بنادر و کشتیرانی بندرامام و بندر صادراتی در فصل تابستان ۱۳۹۷ در نظر گرفته شد (شکل ۱). ۴۷ نمونه خاک سطحی (۰-۲۰ سانتیمتر) از تمام سطح مناطق صنعتی (منطقه ویژه اقتصادی و اداره بندر) شهرستان ماهشهر جمع آوری شد پس از نقطه‌یابی توسط GPS، ۵ زیر نمونه از هر گروه شبکه از عمق ۰-۲۰ سانتی متری خاک با استفاده از بیلچه به صورت V شکل برداشت شدند و ۴ نمونه دیگر از ۴ قسمت به شعاع ۵۰ متری از نقطه مرکزی نمونه برداری برداشت شد. زیر نمونه‌ها با هم مخلوط شدند تا نمونه خاک مرکب به دست آید.نمونه‌های خاک به منظور آماده‌سازی برای فرآیند هضم، پس از خشک شدن از مش ۶۳ میلی‌متری عبور داده خواهد شد و برای آنالیز آماده شدند. جهت هضم شیمیایی نمونه‌های خاک، ۰/۵ گرم نمونه خاک توزین شد و ۵ سی‌سی تیزاب سلطانی به آن اضافه شد و محلول بر روی هیتر قرار داده شد. سپس ۳ سی‌سی $HCLO_4$ به آن اضافه شد و حرارت دادن تا نزدیک خشک شدن ادامه یافت. سپس محلول با HCL یک نرمال به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. جهت هضم شیمیایی نمونه‌ها از روش تفکیک تک مرحله‌ای با استفاده از ۰/۵۳ HCL نرمال استفاده گردید (کرباسی و بیاتی، ۱۳۸۷). بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری و PH نیز با استفاده از دستگاه PH متر اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری برای تعیین غلظت کل فلزات سنگین در خاک نیز با استفاده از HCl، اسید نیتریک ۱ مولار صورت گرفت و قرائت غلظت کل فلزات توسط دستگاه ICP انجام گرفت. هنگام هضم به همراه هر گروه از نمونه‌ها، یک نمونه شاهد تهیه و همراه با سایر نمونه‌ها مورد آنالیز قرار گرفت. ریکاوری قابل قبولی برای فلزات مورد بررسی به دست آمد (۹۷-۸۸ درصد).

شکل ۱. نمایی از موقعیت مناطق صنعتی (منطقه ویژه اقتصادی، اداره بندر) و نقاط نمونه برداری خاک در شهرستان ماهشهر.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به منابع ورود برخی فلزات سنگین به خاک و اثرات بهداشتی بر روی انسان درخاک مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جدول ۱. منابع ورود برخی فلزات سنگین به خاک، اثرات بهداشتی بر روی انسان درخاک مورد مطالعه

فلز	منبع ورود به خاک	اثرات بهداشتی فلز در انسان
مس	معدن کاری، ذوب فلزات، آفت کش ها و علف کش ها، لنت ترمز	مصرف بیش از حد: بیماری‌های کبدی، سردرد، اختلالات عصبی، پارکینسون
روی	آبکاری، افزودنی های روان کننده و لاستیک خودرو ها، نساجی ،کودهای کشاورزی	مصرف بیش از حد: بیماری‌های کبدی، سردرد، اختلالات عصبی، پارکینسون
سرب	احتراق بنزین دارای سرب ، صنعت پتروشیمی ،کودهای کشاورزی	عملکرد نامطلوب سیستم ایمنی و گردش خون، اختلالات عصبی، اسکلتی و غدد درون ریز
کادمیوم	احتراق سوخت فسیلی، کود فسفاته، سموم دفع آفات کشاورزی، آبکاری، صنایع رنگ و پیگمان	سرطان ریه، سرطان سینه، فشارخون بالا، نقص جنینی، اختلال عملکرد کلیه
آرسنیک	معدن کاری، ذوب، تولید فولاد، احتراق سوخت های فسیلی، کودهای فسفاته، آفت کش‌ها	سرطان های پوست، کبد، مجاری تنفسی، مجاری معده و روده، صدمات عصبی، ایست قلبی

وانادیوم	ذوب، تولید فولاد، احتراق سوخت های فسیلی، پالایش نفت	کم خونی، التهاب ریه، التهاب و تورم چشم‌ها، آب مروارید، کاهش مقاومت در مقابل سرطان
کروم	ذوب، تولید فولاد، احتراق سوخت های فسیلی، کودهای فسفاته، لجن فاضلاب	درماتیت، التهاب بینی گلو ریه، سرطان ریه، زخم، التهاب در معده
نیکل	شهرک های صنعتی، جاده‌ها، کودهای کشاورزی، مناطق مسکونی	سرطان ریه، سرطان پوست، برونشیت مزمن، آمفیزم، آسم
آهن	فلزکاری، صنایع نساجی، کود شیمیایی	آسیب های کبدی، تحریک سیستم تنفس فوقانی، پوست

ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی

ارزیابی خطرات بهداشتی فلزات سنگین، فرآیندی چند مرحله ای است که در دو بخش ارزیابی خطرات سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا و بر اساس روش ارزیابی خطر بهداشتی ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) انجام خواهد شد (Qing, 2015). در بررسی هر دو نوع خطرات سرطان-زایی و غیرسرطان‌زایی، قرارگیری انسان در معرض فلزات از هر سه مسیر بلع، تنفس و جذب پوستی مد نظر قرارخواهد گرفت و مقادیر جذب روزانه فلزات (ADD) در هر یک از مسیرها با استفاده از معادلات (۱، ۲ و ۳) محاسبه خواهد گردید (روان خواه، ۱۳۹۵).

$$ADD_{ingestion} = Csoil \frac{IngR \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$ADD_{inhalation} = Csoil \frac{InhR \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT} \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$ADD_{dermal} = Csoil \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \times 10^{-6} \quad \text{(معادله ۳)}$$

که در $ADD_{ingestion}$ ، $ADD_{inhalation}$ و ADD_{dermal} به ترتیب مقدار میانگین جذب روزانه فلزات (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) از طریق بلع، تنفس و جذب پوستی است. C_{soil} غلظت فلزات در خاک (میلی‌گرم برکیلوگرم)، IngR و InhR به ترتیب نرخ بلع و نرخ تنفس خاک (میلی‌گرم در روز و متر مکعب در روز)، EF فراوانی قرارگیری در معرض فلزات (روز در سال)، ED مدت قرارگیری در معرض فلزات (سال)، BW وزن بدن شخص قرار گرفته در معرض فلزات (کیلوگرم)، AT مدت زمان قرارگیری در معرض هر مقدار از فلزات به طور میانگین (روز)، PEF فاکتور انتشار فلزات از خاک به هوا (مترمکعب بر کیلوگرم)، SA ناحیه‌ای از سطح پوست قرار گرفته در معرض فلزات (سانتی متر مربع)، AF فاکتور چسبندگی خاک به پوست (میلی‌گرم بر سانتی‌متر در روز) و ABS فاکتور جذب سطحی پوست (بدون واحد) است (داوطلب نظام و همکاران، ۱۳۹۵). پس از محاسبه مقدار جذب روزانه فلزات برای هریک از مسیرها، خطر غیرسرطان‌زایی (HI) کل مسیرها برای کودکان و بزرگسالان از تقسیم مجموع میزان ADD هر مسیر به مقدار مرجع سمیت آن فلز تعیین خواهد شد (معادله ۴).

$$HI = \sum HQ = \sum \frac{ADDi}{RfDi} \quad \text{(معادله ۴)}$$

در این معادله، HQ خطر غیرسرطان‌زایی فلزات در هر مسیر ADD_i مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات (میلی-گرم بر کیلوگرم در روز) وRFD مقدار مرجع سمیت فلز در هر مسیر (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) است. اگر $HQ \leq 1$ باشد، با سلامت انسان ناسازگار نیست و اگر $HQ > 1$ باشد، اثرات نامطلوب و نگران کننده‌ای بر سلامت انسان دارد (Li, 2014). مقدار شاخص خطر تجمعی غیرسرطان‌زایی (HI) کل فلزات برای هر دو گروه بزرگسالان و کودکان طبق (معادله ۵) به دست خواهد آمد (روان خواه، ۱۳۹۵):

Hazard Index (HI) =HQ(Contaminant1) + HQ(Contaminant2) + HQ(Contaminant n) (معادله ۵)

کل فلزات مورد بررسی دارای اثر غیرسرطان‌زایی هستند، درحالی که کادمیوم، سرب و نیکل باعث بروز هر دو اثر سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی می‌شوند (Luo,2012)، بنابراین ارزیابی خطر سرطان‌زایی در هر یک از مسیرهای سه گانه فقط برای این سه فلز و با استفاده از (معادله ۶) انجام خواهد شد

$$Risk(RI) = \sum ADD_i \times SF_i \qquad \text{(معادله ۶)}$$

در معادله فوق، Risk (RI) خطر سرطان‌زایی، ADD_i مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) و SF_i فاکتور احتمال ابتلا به سرطان در هر واحد قرارگیری در معرض فلزات (هر میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) است (دبیری، ۱۳۷۵). برخی از فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب، عناصر غیرضروری و سرطان‌زا هستند. برخی فلزات دیگر مانند نیکل، روی و مس برای رشد بدن ضروری هستند و عناصر ضروری کم مصرف به‌شمار می‌روند، اما در غلظت‌های زیاد اثرات سمی دارند (Esmaeili et al., 2014). میزان جذب روزانه فلزات (ADD) و خطر غیرسرطان‌زایی آنها در هر یک از مسیرها (HQ) به تفکیک کودکان و بزرگسالان در جدول شماره ۲ و ۳ آورده شده است. (روان خواه، ۱۳۹۵).

جدول ۲- خطر غیرسرطان زایی فلزات در هر مسیر از خاک سطحی مناطق صنعتی شهرستان ماهشهر به تفکیک بزرگسالان و کودکان.

HQ_{dermal}		$HQ_{inhalation}$		$HQ_{ingestion}$		فلز
بزرگسال	کودک	بزرگسال	کودک	بزرگسال	کودک	
$9.09*10^{-5}$	$3.5*10^{-5}$	$8.20*10^{-8}$	$1.86*10^{-7}$	$8.95*10^{-4}$	$6.67*10^{-3}$	مس
$5.48*10^{-5}$	$2.14*10^{-5}$	$3.38*10^{-8}$	$7.52*10^{-8}$	$3.60*10^{-4}$	$2.68*10^{-3}$	روی
$3.94*10^{-3}$	$1.54*10^{-3}$	$1.81*10^{-6}$	$4.04*10^{-6}$	$1.94*10^{-2}$	$1.44*10^{-1}$	سرب
$1.87*10^{-2}$	$7.34*10^{-3}$	$5.79*10^{-7}$	$1.28*10^{-6}$	$6.15*10^{-3}$	$4.58*10^{-2}$	کادمیوم
$1.58*10^{-4}$	$6.21*10^{-5}$	$1.94*10^{-7}$	$4.32*10^{-7}$	$2.13*10^{-3}$	$1.59*10^{-2}$	آرسنیک
$2.77*10^{-10}$	$1.08*10^{-10}$	$9.53*10^{-15}$	$4.59*10^{-13}$	$9.11*10^{-7}$	$6.79*10^{-6}$	وانادیوم
$3.37*10^{-2}$	$1.32*10^{-2}$	$2.18*10^{-4}$	$4.86*10^{-4}$	$2.21*10^{-2}$	$1.65*10^{-1}$	کروم
$6.58*10^{-4}$	$2.68*10^{-4}$	$5.55*10^{-7}$	$1.23*10^{-6}$	$6.08*10^{-3}$	$4.53*10^{-2}$	نیکل
$1.11*10^{-5}$	$4.34*10^{-6}$	$2.20*10^{-6}$	$٤,٩٠*10^{-6}$	$٥,٤٦*١٠^{-٥}$	$٤,٠٧*١٠^{-٤}$	آهن

جدول ۳- جذب روزانه فلزات در هر مسیر از خاک سطحی مناطق صنعتی شهرستان ماهشهر به تفکیک بزرگسالان و کودکان.

فلز	$ADD_{ingestion}$		$ADD_{inhalation}$		ADD_{dermal}	
	کودک	بزرگسال	کودک	بزرگسال	کودک	بزرگسال
مس	$2.67*10^{-4}$	$3.58*10^{-5}$	$7.49*10^{-9}$	$3.29*10^{-9}$	$4.27*10^{-7}$	$1.09*10^{-6}$
روی	$8.05*10^{-4}$	$1.08*10^{-4}$	$2.25*10^{-8}$	$1.016*10^{-8}$	$1.28*10^{-6}$	$3.28*10^{-6}$
سرب	$5.07*10^{-4}$	$6.80*10^{-5}$	$1.42*10^{-8}$	$6.40*10^{-9}$	$8.11*10^{-7}$	$2.07*10^{-6}$
کادمیوم	$4.58*10^{-5}$	$6.15*10^{-6}$	$1.28*10^{-9}$	$5.79*10^{-10}$	$7.34*10^{-8}$	$1.87*10^{-7}$
آرسنیک	$4.78*10^{-6}$	$6.41*10^{-7}$	$1.34*10^{-10}$	$6.036*10^{-11}$	$7.64*10^{-9}$	$1.95*10^{-8}$
وانادیوم	$1.89*10^{-10}$	$8.58*10^{-11}$	$1.90*10^{-10}$	$8.58*10^{-11}$	$1.08*10^{-8}$	$2.77*10^{-8}$
کروم	$4.95*10^{-4}$	$6.65*10^{-5}$	$1.39*10^{-8}$	$6.25*10^{-9}$	$7.93*10^{-7}$	$2.02*10^{-6}$
نیکل	$9.06*10^{-4}$	$1.21*10^{-4}$	$2.54*10^{-8}$	$1.14*10^{-8}$	$1.45*10^{-6}$	$3.70*10^{-6}$
آهن	$1.22*10^{-1}$	$1.64*10^{-2}$	$3.43*10^{-6}$	$1.54*10^{-6}$	$1.95*10^{-4}$	$4.99*10^{-4}$

نتیجه‌گیری

بیشترین و کمترین میزان جذب روزانه عناصر در هر دو گروه سنی برای فلزآهن $1.22*10^{-1}$ در مسیر بلع و فلز آرسنیک $4.78*10^{-6}$ در مسیر بلع بود. میزان جذب روزانه تمام عناصر و گروه‌های مورد بررسی در مسیر بلع بیشتر از تنفس و جذب پوستی بوده است. خطر غیرسرطان‌زایی هریک از مسیرهای جذب فلزات HQ در مسیر بلع بیشتر از مسیر جذب پوستی و در مسیر جذب پوستی بیشتر از مسیر تنفسی در هر دو گروه کودکان و بزرگسالان می باشد . بررسی خطر غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین در هر مسیر (HQ) حاکی از آن است که همه فلزات خطر غیرسرطان‌زایی کمتر از ۱ داشتند. HQ ودر حد مجاز بودند و با سلامت انسان ناسازگار نیستند. همچنین بیشترین میزان HQ برای هر دو گروه به فلز کروم $1.65*10^{-1}$ اختصاص پیدا کرد که در کودکان مربوط به مسیر بلع و در بزرگسالان $2.21*10^{-2}$ هم مربوط به مسیر بلع بود. خطر غیرسرطان‌زایی هر یک از مسیرهای جذب فلزات HQ در مسیر بلع و تنفس برای کودکان بیش از بزرگسالان، در مسیر جذب پوستی برای کودکان کمتر از بزرگسالان بوده است. مقادیر خطر غیرسرطان‌زایی (HI) کل مسیرهای جذب کادمیوم ۲۵، سرب ۶۸/۸، نیکل ۲۱/۴، روی ۰/۱۲۷، مس ۰/۳۱۵، آرسنیک ۰/۷۵۱، وانادیوم ۰/۰۰۰۳۱۹ ، آهن ۰/۰۱۹۵ و کروم ۸۴/۱ در منطقه مورد مطالعه برای کودکان و برای بزرگسالان کادمیوم ۱۱/۷، سرب ۱۰/۹، نیکل ۰/۳۱۸، روی ۰/۰۱۹۵، مس ۰/۰۴۶۳، آرسنیک ۰/۱۰۷، وانادیوم ۰/۰۰۰۴۲۸، آهن ۰/۰۰۳۱۹ و کروم ۲۶/۳ در منطقه مورد مطالعه به ترتیب میلی‌گرم بر کیلوگرم است. مقادیر خطر سرطان‌زایی کادمیوم ۰/۰۰۰۰۲، سرب ۰/۰۰۰۰۲، نیکل ۱/۸۴، آرسنیک ۰/۷۵۱، وانادیوم ۰، کروم ۰/۹۶، روی ۰/۵۷ و مس ۰/۰۹۱ برای کودکان و کادمیوم ۰/۰۰۰۰۰۳، سرب ۰/۰۰۰۰۰۲، نیکل ۳/۶۳، آرسنیک ۰/۱۰۷، وانادیوم ۰/۰۲۷، کروم ۱/۹۸، روی ۰/۰۰۳ و مس ۰/۰۳۲ برای بزرگسالان بود. بر این اساس، در هر دو گروه سنی، آهن و نیکل بیشترین خطر سرطان‌زایی و وانادیوم کمترین خطر را دارد. همچنین خطر سرطان‌زایی (RI) هر سه فلز نیکل، کروم و آهن در بزرگسالان بیشتر از کودکان بوده است. در پایان نیز باید گفت که این روش بطور کلی پتانسیل خطرات بهداشتی را مشخص می‌کند و خطر بهداشتی زیاد، به معنی بروز خطرات بهداشتی نیست و در صورت وجود داده‌های مکانی بروز خطرات بهداشتی در مقیاس‌های بزرگ، شاید بتوان میزان تطابق آنها را با ارزیابی خطرات بهداشتی صورت گرفته بررسی کرد.

منابع

داوطلب نظام س.، شاکری ،ع.، رضایی م .۱۳۹۵. منشأ و ارزیابی ریسک سلامت عناصر بالقوه سمناک در خاک پارک شهر و پارک لاله شهر تهران، نشریه: علمی پژوهشی یافته های نوین در زمین شناسی ،۲(۲):۱۲.

دبیری، م. ۱۳۷۵. آلودگی محیط زیست. انتشارات اتحاد، (۱). ۳۹۹-۳۹۶.

روان خواه، ن.، میرزایی، م و معصوم، س. ۱۳۹۵. ارزیابی خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در خاک سطحی،مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۶(۱۳۶): ۱۲۰-۱۰۹.

سلگی، ع.، کرامتی، م.۱۳۹۴. ارزیابی خطرات بهداشتی ناشی از فلزات سنگین در خاک شهری (شهر بجنورد)، نشریه دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی ۷(۴):۸۲۷-۸۱۳.

Chabukdhara M, Nema AK. Heavy metal sassessment in urban soil around industrialclusters in Ghaziabad, India: probabilistichealth risk approach. Ecotoxicol Environ Saf, 2013; 87: 57-64.

Esmaeili, A., Moore, F., Keshavarzi, B., Jaafarzadeh, N. and Kermani, M. 2014. A geochemical survey of heavy metals in agricultural and background soils of the Isfahan industrial zone, Iran. Catena, 121: 88–98.

Li N, Kang Y, Pan W, Zeng L, Zhang Q, LuoJ. Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment ofhuman exposure to inaccessible heavy metalsin soil near a waste-incinerator site, South China. Sic Total Environ 2015; 521-522: 151-144.

Qing, X, Yutong Z, Sheng Gao L. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city(Anshan), Liaoning, Northeast China. Ecotoxicol Environ Saf. 2015; 120: 377-385.

Wu S, Peng S, Zhang X, Wu D, Luo W, Zhang T, et al. Levels and health risk assessments of heavy metals in urban soils in Dongguan, China. J Geochem Explore 2015;148: 71-78.

Wu, S., Peng, S., Zhang, X.,and Luo, W.2015.Levels and health risk assessments of heavy metals in urban soils in Dongguan, China. J Geochem Explor ,148: 71-78.

Zhang H, Wang Z, Zhang Y, Ding M, Li L. Identification of traffic-related metals and the effects of different environments on their enrichment in roadside soils along the Qinghai–Tibet highway. Sci Total Environ 2015; 521: 160-172.

Zhao, Q., Wang, Y., Cao, Y., and Chen, A.2014. Potential health risks of heavy metals in cultivated topsoil and grain, including correlations with human primary liver, lung and gastric cancer, in Anhui province, Eastern China. Sci Total Environ 470-471: 340-347.

Topic for submission: Ecosystem Pollution, Human Health and Bioremediation

Study of health risk of heavy metals on human health in the surface soil of industrial zone of Mahshahr county

Nikfar ,F[1], Gholai ,A[*2], Sabz alipour,S [3], Nazarpour ,A. [4]

[1] Ph.D. Student, Environment Department, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[3] Assistant Prof., Environment Department, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[4]Associate Prof, School of Geology, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Abstract

Soil pollution to heavy metals is a major environmental concern. Industrial soil pollutants can have direct and indirect effects, such as ingestion, respiration of particles and skin absorption, with significant health risks. Therefore, the purpose of this study was to assess the health hazards of heavy metals in the surface soil of industrial zones of Mahshahr. The collected data were collected from 47 soil samples from the industrial zone of Mahshahr city and the concentration of Cd, Pb, Ni, As, V, Cr, Zn and Cu in the samples was determined. Carcinogenicity and non-carcinogenicity risks Heavy metals Surface soil was evaluated for human health by the routes of ingestion, respiration and skin absorption using the American Environmental Protection Agency (EPA) method for children and adults. The results showed that the highest non-carcinogenicity risk in both children and adults was for chrome in the swallowing route $1.65*10^{-1}$ and $2.21*10^{-2}$ and the lowest for vanadium in the respiratory tract was $9.53*10^{-15}$. The study of the risk of non-cancerous heavy metals in each path (HQ) suggests that all metals have a non-cancer risk of less than 1. HQ was high for all the elements in the swallowing route, but for chromium metal, $1.65*10^{-1}$ was found higher than the other elements in the swallowing route. The non-cancerous route of absorption of HQ metals in the route of ingestion is more than the pathway of absorption of the skin and in the pathway of absorption of skin more than the respiratory tract in both children and adults.

Keywords: Carcinogenicity, Non-carcinogenicity, Facing tracks, Toxic metals, Mahshahr county

[*] Corresponding author, Email a.gholami@iauahvaz.ac.ir