مقاله مروری

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۰، بهار ۱۴۰۱، صص ۶۳-۷۶

بررسی منابع، ساختار شیمیایی، اثرات بهداشتی و محیط زیستی فلزات سنگین در خاک

حمید عباسی تبار*[۱]

ha_abbasitabar@yahoo.com

عیسی سلگی[۲]

کامران شایسته[۳]

ثمر مرتضوی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۹**

چکیده :

زمینه و هدف : خاک یکی از مهمترین اجزاء اکوسیستم است که محیطی مناسب برای ذخیره عناصر غذایی و انجام فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی می باشد و به عنوان یک فیلتر طبیعی با نگهداری و انتقال آلاینده ها، اثرات مضر آنها را کاهش می دهد. این پژوهش با هدف بررسی منابع، ساختار شیمیایی و اثرات بهداشتی و محیط زیستی برخی فلزات سنگین موجود در خاک انجام گرفت.

روش بررسی : روش تحقیق به صورت نظری و استفاده از منابع کتابخانه ای بود. در ابتدا منابع و سپس ساختار و اثرات بهداشتی و محیط زیستی فلزات سنگین در خاک بررسی گردید.

یافته ها : نتایج نشان می‌دهد که فلزات سنگین بر خلاف آلوده کننده های آلی، تغییر ناپذیر و غیر قابل تجزیه و دارای اثرات فیزیولوژی بر موجودات زنده می باشند و در غلظت های کم حائز اهمیت می باشد. فلزات سنگین به طور طبیعی در خاک بر اثر فرآیندهای پدوژنیک ایجاد می شوند. عواملی انسانی همچون توسعه مناطق صنعتی، پسماندهای معدنی، استفاده از کودهای شیمیایی، آفت کشها، لجن فاضلاب و آبیاری زمینهای کشاورزی با فاضلاب، باقی مانده های ناشی از سوختن زغال سنگ، پتروشیمی ها و رسوبات اتمسفری می توانند غلظت این فلزات را افزایش داده و باعث آلودگی خاک به فلزات سنگین شوند.

بحث و نتیجه گیری : خاک نقش بسیار مهمی در تامین غذا برای انسان و دیگر موجودات دارد و آلوده شدن آن توسط فلزات سنگین می تواند اثرات جبران ناپذیری به همراه داشته باشد. شناخت کافی از غلظت، منابع، ساختار شیمیایی و پتانسیل خطرات بهداشتی و محیط زیستی فلزات سنگین، برای پیشگیری از آلودگی و انتخاب روش مناسب جهت اصلاح و بازسازی خاک ضروری است. ایجاد منابع قابل دسترس برای تولیدات کشاورزی و افزایش امنیت غذایی از اهداف اصلاح خاک های آلوده می باشد.

کلمات کلیدی : آلودگی خاک، فلزات سنگین، منابع، ساختار شیمیایی، اثرات بهداشتی - محیط زیستی

---

۱ - دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۲ - دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

۳ - استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

Human and Environment, No. 60, Spring 2022, pp. 63-76

Investigation of Sources, Chemical Structure, Health and Environmental Effects of Heavy Metals in Soil

Hamid Abbasitabar*[1]
Ha_abbasitabar@yahoo.com
Eisa Solgi[2]
Kamran Shayesteh[3]
Samar Mortazavi[3]

Received: July 9, 2016 Accepted: December 19, 2016

Abstract

Background and Purpose: Soil is one of the most important components of the ecosystem, which is a suitable environment for storing nutrients and performing biological and chemical processes, and as a natural filter by storing and transporting pollutants, reduces their harmful effects. The aim of this study was to investigate the sources, chemical structure and health and environmental effects of some heavy metals in the soil.

Material and Methodology: The research method was theoretically and using library resources. First, the sources and then the structure and health and environmental effects of heavy metals in the soil were studied.

Results: Results show that heavy metals, unlike organic pollutants, are immutable and non-biodegradable and have physiological effects on living organisms and thus are important in low concentrations. Heavy metals are formed naturally in the soil by pedogenic processes. Human factors such as the development of industrial areas, mining waste, use of chemical fertilizers, animal, pesticides, Sewage sludge and irrigation of agricultural lands with sewage, residues resulting from the burning of coal, petrochemical and atmospheric deposition can increase the concentration of these metals and cause soil contamination with heavy metals.

Discussion and Conclusion: Soil plays a very important role in providing food for humans and other organisms, and its contamination by heavy metals can have irreversible effects. Adequate knowledge of the concentration, sources, chemical structure and potential health and environmental hazards of heavy metals is essential to prevent pollution and to select the appropriate method for soil remediation. Creating accessible resources for agricultural production and increasing food security is one of the goals of improving contaminated soils.

Keywords: Soil Pollution, Heavy Metals, Sources, chemical structure, health and environmental effects

1 -Grad. M.S. Student, Faculty of Environmental, College of Natural Resource, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran (∗ Corresponding author)
2- Associate professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran
3- Assistant professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

مقدمه :

خاک یکی از مهمترین اجزاء اکوسیستم است که محیطی مناسب برای ذخیره عناصر غذایی و انجام فرآیندها و فعالیت های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی می باشد و به عنوان یک فیلتر طبیعی با نگهداری و انتقال آلاینده ها، اثرات مضر آنها را کاهش می دهد (۱). خواص خاک عمدتا تحت تاثیر فاکتورهای طبیعی و فعالیت های انسانی فعال در مقیاس های زمانی و مکانی متفاوت قرار دارد. با این وجود فعالیت های انسانی مثل صنعتی شدن، شهرسازی و مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی ممکن است تاثیرات عمیقی بر تغییر پذیری خواص خاک داشته باشد (۲ و ۳). هرگونه تغییر در ویژگی های اجزاء متشکله خاک به طوری که استفاده از آن ناممکن گردد، آلودگی خاک نامیده می شود (۴). امروزه یکی از مسائل مهم محیط زیستی، آلوده شدن خاک به ویژه خاک های کشاورزی به فلزات سنگین می باشد (۵). فلزات سنگین بر خلاف آلوده کننده های آلی، تغییر ناپذیر و غیر قابل تجزیه هستند و دارای اثرات فیزیولوژی بر موجودات زنده هستند. لذا در غلظت های کم حائز اهمیت هستند (۶).

شرایط رو به وخامت محیط زیست، ناشی از فعالیت های صنعتی و شهری مثل صنایع وابسته به فن استخراج و ذوب فلزات، کارخانه های شیمیایی، شیوه سوزاندن زباله و افزایش اتکاء به مواد شیمیایی درکشاورزی (کودهای فسفاته، آفت کش ها، لجن فاضلاب) که از منابع اصلی انسانی فلزات سنگین در خاک های کشاورزی هستند، منجر به افزایش نگرانی های عمومی برای ایمنی مواد غذایی به دلیل توانایی انباشت بالقوه فلزات سنگین و آلاینده های دیگر در خاک کشاورزی شده است (۷ و ۸). به طوری که از اواسط قرن بیستم، مشکل آلودگی خاک به فلزات سنگین به کانون نگرانی جهانی تبدیل شده است (۹). متاسفانه به دلیل ورود انواع پسماندهای صنعتی و ضایعات کارخانه های مختلف، میزان ورود این فلزات به خاک رو به افزایش است. اطلاع از غلظت بحرانی این فلزات و آثار ناشی از آلایندگی آنها در خاک، دارای اهمیت بسیاری است، ولی به دلیل ماهیت متغیر این عناصر در خاک و پیچیدگی خصوصیات خاک، در این موارد اعداد و ارقام دقیقی گزارش نشده است. در برخی از کشورها حداکثر غلظت مجاز فلزات سنگین در خاکهای کشاورزی را با در نظر گرفتن آثار سمی آنها بر روی گیاهان تعیین نموده اند (۱۰).

منابع فلزات سنگین در خاک :

خاکها ممکن است به وسیله ذخیره و انباشت عناصر سنگین آلوده شوند. عواملی همچون توسعه مناطق صنعتی، پسماندهای معدنی، باطله های فلزی در دسترس، استفاده از کودهای شیمیایی، حیوانی، آفت کشها، لجن فاضلاب در زمینهای کشاورزی، آبیاری با فاضلاب، باقی مانده های ناشی از سوختن زغال سنگ، فرآیند جوش سرد[1] در پتروشیمی ها و رسوبات اتمسفری می توانند غلظت این فلزات را افزایش داده و باعث آلودگی خاک به فلزاتی همچون سرب، کروم، آرسنیک، روی، کادمیوم، مس، جیوه و نیکل شود. خاک به عنوان مخزن[2] ذخیره فلزات سنگین عمل می کند. فلزات سنگین بر خلاف آلوده کننده های آلی از پایداری بیشتری در خاک برخوردارند. در واقع منابع فلزات سنگین در خاک های کشاورزی به دو دسته منابع طبیعی و منابع انسانی تقسیم می شوند که در ادامه به آنها پرداخته ایم (۱۱).

منابع طبیعی[3] :

فلزات سنگین به طور طبیعی در خاک بر اثر فرآیندهای پدوژنیک حاصل از هوازدگی مواد مادری ایجاد می شوند. در بسیاری از مناطق، ورودی عناصر سنگین به خاک، به طور طبیعی و بدون دخالت انسان، بسیار بیشتر از ورودی آنها با دخالت انسان است (۱۰ و ۱۱). مواد مادری یکی از منابع مهم ورود عناصر سنگین به داخل خاک به شمار می رود. جنس سنگ بستر خاک، در ایجاد آلودگی های محیط زیستی نقشی اساسی دارد. بعضی محیط های آبرفتی و خاک حاصل از فرسایش سنگهای مافیک و اولترامافیک، غنی از عناصر کروم، مس و نیکل می باشند که

1-Spillage
2-Sink
3-Naturally source

منجر به آلودگی آبرفت و خاک می گردد. وقتی آب زیرزمینی در چنین محیط هایی جریان یابد در نتیجه واکنش بین آب و مواد، سفره آب زیرزمینی آلوده می شود (۱۳).

با انجام فرآیندهای خاک ساز و هوادیدگی سنگ بستر، غلظت عناصر بر حسب نوع سنگ بستر به طور تدریجی افزایش می یابد. به طور کلی ماسه سنگها به دلیل اینکه به طور عمده از کوارتز تشکیل شده اند، غلظت های کمتری از فلزات را در خود جای داده اند، در حالی که رسوبات رسی و شیل ها به دلیل توانایی بالا در جذب یون های فلزی می توانند مقادیر بالای این فلزات را در خود داشته باشند. مواد مشتق شده از هوادیدگی سنگ های دانه درشت مثل ریولیت و گرانیت نسبت به مواد دانه ریز مثل شیلها و سنگهای آذرین بازیک، حاوی مقادیر کمتر عناصر مثل مس، روی و کبالت می باشند (۱۴). اختلال و سرعت بخشیدن به چرخه ژئوشیمی فلزات به وسیله انسان، که به طور آرام در حال انجام است، در بیشتر محیط های شهری و روستایی سبب انباشته شدن فلزات سنگین بالاتر از حد استاندارد شده است که این امر باعث افزایش خطر برای سلامتی انسان، گیاهان، حیوانات، اکوسیستم ها و محیط های دیگرشده است (۱۱ و ۱۲).

منابع انسانی[1] :

کودهای کشاورزی[2]:

کشاورزی نخستین اقدام بزرگ بشر در جهت تاثیر و دگرگونی خاک بوده است (۱۱). کشاورزی فشرده باعث آلودگی آب های زیرزمینی، افزایش گازهای گلخانه ای، از دست دادن تنوع ژنتیکی محصول و فرآیند غنی سازی در اکوسیستم رودخانه ها، دریاچه ها و سواحل دریایی می شود. همچنین با از دست دادن باروری خاک، شیوع آفت در محصول و امراض در احشام، مصرف انرژی و مواد شیمیایی بالا را افزایش می دهد (۱۵). برای رشد و کامل شدن چرخه زندگی گیاهان علاوه بر جذب عناصر پرمصرف مثل ازت، پتاسیم، فسفر، گوگرد، کلسیم و منیزیم، عناصر کم مصرف که ضروری هستند را نیز جذب می کند. در برخی موارد خاک از لحاظ فلزات سنگین دارای کمبود هستند مثل کبالت، مس، آهن، منگنز، مولیدن، نیکل و روی که برای سلامتی و رشد گیاه ضروری هستند و تحت چنین شرایطی محصولات گیاهی ممکن است در خاک تولید شوند که می تواند اثرات نا مطلوبی را برجای بگذارد (۱۱). وارد شدن فلزات سنگین به خاک های زراعی به وسیله کودهای کشاورزی یکی از منابع مهم آلودگی فلزات سنگین در بسیاری از کشورهای آسیایی است و نگرانی ها را در مورد پتانسیل خطر آنها برای محیط زیست افزایش داده است (۱۲).

مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی به طور منظم در سیستم های کشاورزی برای افزایش مقدار کافی ازت، فسفر و پتاسیم که برای رشد محصول ضروری هستند، اضافه می شوند. ترکیبات استفاده شده برای تامین این عناصر حاوی مقادیر زیادی از فلزات سنگین مثل کادمیوم و سرب هستند، به طوریکه این ناخالصی ها پس از مدت طولانی استفاده از کودهای شیمیایی مقادیرشان در خاک افزایش قابل توجهی خواهد داشت. فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب عملکرد فیزیولوژیکی قابل توجهی ندارند. استفاده از برخی کودهای شیمیایی فسفاته به طور غیر عمد کادمیوم و دیگر عناصر مانند جیوه و سرب را که پتانسیل سمیت دارند را به خاک می افزاید (۱۱). در واقع کودهای فسفاته علاوه بر عناصر لازم جهت تغذیه و رشد گیاه، حاوی ناخالصی‌های فلزی مثل کادمیوم نیز هستند که ممکن است دارای غلظت‌های بسیار بالایی از کادمیوم باشند. استفاده بی رویه از این کودها سبب افزایش نگرانی‌ها در مورد سمیت و توانایی تجمع این فلز در خاک ها و نهایتا تجمع زیستی در گیاهان و حیوانات شده است (۱۶). تحقیقات نشان داده است که میانگین کادمیوم موجود در کودهای‌کشاورزی در کشور استرالیا در یک دوره ۱۲ ساله ۴۲ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است (۱۷). همچنین در پژوهش های مشابه حداکثر غلظت کادمیوم در کودهای فسفاته در فنلاند ۲۱/۵، آلمان ۴۰، نروژ ۴۳، اتریش ۷۵، بلژیک ۹۰، دانمارک ۴۷ و سوئیس ۲۱ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است (۱۸).

1-Anthropogenic source

2-Agriculture Fertilizers

آفت کش ها[1] :

آفت کش ها از دیگر منابع فلزات سنگین در خاک های زراعی هستند. با این که آفت کش های حاوی فلزات سنگین کادمیوم، سرب و جیوه در سال ۲۰۰۲ ممنوع شد، اما هنوز این عناصر در محتوای آفت کشها به خصوص مس و روی وجود دارند. برخی گیاهان مثل برنج توانایی نگهداری غلظت های بالایی از فلزات سنگین مثل روی و مس را دارد و این می تواند به طور گسترده ای غلظت فلزات سنگین را در گیاهان افزایش دهد. در گذشته انواعی از حشره کش های معمولی در کشاورزی و باغبانی استفاده شده است که حاوی مقادیری از فلزات سنگین مثل مس، جیوه، منگنز، سرب و روی بودند. برای مثال می توان به آفت کش هایی که حاوی مس هستند مانند اسپری قارچ کش سولفات مس و اکسی کلرید مس اشاره کرد. ترکیبات حاوی آرسنیک نیز شدیدا برای کنترل آفت های گاوی و برای کنترل طاعون در موز در نیوزیلند و استرالیا استفاده شده است. الوارها معمولا با فرمول هایی از Cu، Cr و Ar محافظت می شوند. در حال حاضر مکان های متروکه زیادی وجود دارند که غلظت های عناصر خاک از حد استاندارد تجاوز کرده است. چنین آلودگی برای به وجود آوردن مشکلات به طور بالقوه توانایی دارد، مخصوصا اگر مکان ها قابل توسعه و برگشت پذیر باشند و بتوان در آن کشاورزی کرد (۱۱).

کودهای زیستی[2]:

استفاده از کودهای زیستی متفاوت (از قبیل کودهای حیوانی، کمپوست و لجن فاضلاب) در اراضی باعث انباشته شدن فلزات سنگین مختلف مثل آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، سرب، جیوه، نیکل، سلنیوم، مولیدن و روی در خاک می شود. پسماند های حیوانی هم در کشاورزی و هم در مرتعداری استفاده می شود. اگرچه بیشتر کودها از کودهای با ارزش هستند، اما در صنعت خوک و طیور عناصر مس و روی به عنوان محرک رشد به رژیم غذایی افزوده می شوند و همچنین در محصولات بهداشتی طیور نیز وجود دارد که ممکن است باعث آلودگی خاک به فلز سنگین شوند. در کودهای حیوانی باید سعی شود که دارای غلظت بالای فلزات سنگین نباشند. با این وجود اگر این کودها به طور مستمر و دائم در اراضی استفاده شوند در یک دوره زمانی طولانی مدت باعث افزایش غلظت فلزات سنگین تا حد زیادی می شوند. استفاده از لجن فاضلاب در زمین یک عمل رایج در بیشتر کشورهایی است که مجددا از فاضلاب تولید شده به وسیله جمعیت شهری استفاده می کند.

در ایالات متحده تخمین زده شده است که بیش از ۵/۶ میلیون تن وزن خشک از لجن فاضلاب استفاده شده است که هر ساله به طور منظم در اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. در اتحادیه اروپا بیش از ۳۰ درصد از لجن فاضلاب مانند کودها در کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند. در استرالیا بالاتر از ۱۷۵۰۰ تن از لجن فاضلاب خشک هر سال به وسیله کلان شهرهای اصلی تولید می شوند و در حال حاضر بیشتر آنها برای اراضی کشاورزی استفاده می شوند. پتانسیل کمپوست شدن کودهای زیستی با استفاده از دیگر مواد ارگانیک مثل خاک اره، کاه یا ضایعات باغچه مورد توجه واقع شده است که ادامه این روند سبب آلودگی خاک به فلزات خواهد شد. پتانسیل کودهای زیستی برای آلوده کردن خاک ها به فلزات سنگین باعث ایجاد نگرانی درباره استفاده از آنها در فعالیت های کشاورزی شده است. از جمله فلزات سنگینی که معمولا در کودهای زیستی وجود دارند می توان به سرب، نیکل، کادمیوم، کروم، مس و روی اشاره کرد (۱۱).

آبیاری با فاضلاب[3] :

آبیاری کردن زمین های کشاورزی به وسیله فاضلاب می تواند باعث افزایش مواد سمی از جمله فلزات سنگین در خاک های کشاورزی و بروز مشکلات محیط زیستی شود. قدمت استفاده از فاضلاب شهری و صنعتی در زمین به ۴۰۰ سال می رسد و در حال حاضر یک عمل معمول در بسیاری از نقاط جهان محسوب می شود. بر اساس برآوردها حدود ۲۰ میلیون هکتار از زمین های قابل کشت در سرتاسر جهان با فاضلاب آبیاری می شوند.

1-Pesticides
2-Biosolids and Manures
3-Wastewater

به طور کلی کشاورزان در مورد فواید محیط زیستی و یا خطرات آن نگران هستند و در درجه اول تمایل به حداکثر رساندن بازده و سود خود دارند. اگر چه غلظت فلزات در پساب معمولا کم است، اما آبیاری زمین با فاضلاب در دراز مدت می تواند به تجمع فلزات سنگین در خاک منجر می شود(۱۱).

معدن کاوی[1]

معدن کاوی و آسیاب کردن سنگ معدن فلزات، اثراتی را بر جای می گذارد که یکی از این اثرات توزیع گسترده فلزات سنگین در خاک است. منابع متفاوتی از آلودگی فلزی در مناطق معدن کاوی شامل آسیاب کردن، تغلیظ سنگ معدن و تولید پسماند[2] وجود دارد. فرآیند تولید پسماند و فاضلاب اسیدی معدن می تواند اراضی کشاورزی مجاور مناطق معدن کاری را آلوده کند. معدن مس Tongling در استان Anhui چین مثالی از معدن کاوی فلزات است که از لحاظ اقتصادی برای این مناطق مفید است. فعالیت طولانی مدت معدن کاری در این مناطق باعث آلودگی فلزی گسترده شده است. نتایج یک تحقیق در این معدن نشان داد که میانگین غلظت مس درخاک ۶۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم، غلظت سرب یک تغییر پذیری بزرگ با میانگین ۱۶۱ میلی گرم بر کیلوگرم و غلظت کل روی از ۷۸ تا ۱۲۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم با میانگین ۳۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. در این تحقیق آمده است که اکثر خاک های کشاورزی منطقه به آرسنیک آلوده شده بود. غلظت بالای آرسنیک در این خاک ها ممکن است توجه ما را به آرسنوپیریت[3] جلب کند که در بسیاری از مناطق جنوب شرقی آسیا به ویژه در مناطق معدن کاوی اتفاق افتاده است. استفاده زیاد از سنگ معدن سرب و روی در معدن کاوی باعث آلودگی شدید خاک و اثر بر سلامت انسان و محیط زیست می شود (۱۱ و ۱۲).

رسوبات هوایی[4]

تحقیقات نشان می دهند که رسوبات اتمسفری مسئول ۴۳ تا ۸۵ درصد کل آرسنیک، کروم، جیوه، نیکل و سرب وارد شده به خاک های کشاورزی چین بوده است. منابع رسوبات هوایی فلزات را می توان به انتشار در هوا از طریق دودکش ها یا مجاری انتقال دهنده هوا و انتشار از طریق ذرات معلق موجود در هوا مثل گرد و غباری که از مناطق ذخیره شده توده های پسماند بلند می شود، اشاره کرد. نوع و غلظت فلزات منتشر شده به وسیله هر نوع منبع بستگی به شرایط ویژه مکانی آن دارد. همه اجزاء جامد در دود آتش و در دیگر پخش شونده های دودکش های کارخانه ها سرانجام بر روی زمین و یا دریا رسوب می کنند. بیشتر سوخت های فسیلی حاوی بعضی فلزات سنگین هستند. برای مثال غلظت بسیار بالایی از کادمیوم، سرب و روی در گیاهان و خاکهای مجاور تصفیه خانه پیدا می شود. دیگر منابع اصلی آلودگی خاک از طریق ته نشست های هوایی، پخش هوایی سرب از طریق سوختن بنزین های حاوی تترا اتیل سرب است. این ماده اساسا موجب افزایش مقادیر سرب در خاک مناطق شهری و خاک های مجاور جاده های اصلی می شود. روی و کادمیوم ممکن است به خاک های مجاور جاده ها از طریق منابعی چون لاستیک خودروها و نفت های روغنی اضافه شود (۱۱).

اثرات بهداشتی و محیط زیستی فلزات سنگین

تجمع فلزی در خاک باعث کاهش حاصلخیزی خاک، فعالیت های میکروبی و رشد گیاه می شود. علاوه بر این، عناصر کمیاب به دلیل حضور همیشگی در خاک، به دلیل جذب شدن به وسیله ریشه گیاه یا انتشار با ذرات خاک اثرات سمی بر موجودات زنده دارد (۱۹). تماس با برخی فلزات سنگین عوارضی از قبیل اثرات نامطلوب بهداشتی، از جمله ناباروری در ارتباط است. به طور مثال کادمیوم با کاهش کیفیت مایع منی انسان و تخریب DNA[5] در ارتباط است. در حالی که سرب ممکن است بر شکل اسپرم، تحرک و یکپارچگی DNA اثر منفی داشته باشد. این در حالی است که برخی از این عناصر برای انسان ضروری هستند. آرسنیک، کادمیوم، کروم، جیوه و سرب باید به طور ویژه در گروهی که اثرات بالقوه سمی دارند، در نظر گرفته شوند. عناصر

1-Mining
2-Tailing
3-Arsenopyrite
4-Air Borne source
5-deoxyribonucleic acid

دیگر مانند آلومینیوم، آنتیموان، مس، مولیدن، منگنز، تالیم و روی نیز اگر غلظت آنها در یک منطقه بالا باشد، باید به دقت در نظر گرفته شوند (۲۰).

هر کدام از این عناصر اگر بیش از حد معمول وارد چرخه غذایی انسان شوند از لحاظ سلامتی بسیار خطر ساز خواهند بود. به عنوان مثال سرب بعد از انتقال در خون به نقاط مختلف بدن منتقل شده و در اندام هایی مانند کلیه، کبد، طحال، سیستم های عصبی، مغز استخوان و غدد فوق کلیوی جمع می شوند و بالا رفتن غلظت آن ایجاد سمیت شدیدی می کند که در اثر عدم درمان و جلوگیری از آلودگی بیشتر به مرگ منتهی می شود (۶). در اثر ورود و تجمع سرب در بدن انسان، با گذشت زمان مسمومیت مزمن عارض گشته و بیماری هایی نظیر قولنج سربی[۱] ، فلج عصبی، فلج شدن[۲] ، ورم کلیه[۳]، ایجاد گلبولهای قرمز هسته دار در خون، افزایش فشار و اسید اوریک خون، نقرس سربی و نیز سقط جنین در انسان و حیوانات ایجاد می شود (۲۱). اگر غلظت روی در انسان از حد معمول آن (۲ میلی گرم در روز) بالاتر رود ایجاد مسمومیت می کند. تحت چنین شرایطی دستگاه ایمنی بدن خوب کار نمی کند و احتمال ابتلا به آسم بسیار زیاد می باشد. تهوع، استفراغ و سرطان پوست از دیگر علائم مسمومیت روی است. مهمترین اثرات سوء کادمیوم، تجمع مزمن آن در قشر رویی کلیه بوده و زمانی که غلظت آن به ۲۰۰ میکروگرم در هر کیلوگرم وزن تر کلیه برسد، سبب از کار افتادن مجاری کلیوی می شود. نرم شدن استخوان ها به واسطه اختلال در موازنه کلسیم و فسفر از دیگر علائم مسمومیت کادمیوم می باشد (۶).

کادمیوم[۴] :

کادمیوم به همراه سرب و جیوه یکی از سه فلز بسیار خطرناک و سمی است که برای فعالیت های بیولوژیکی غیر ضروری است (۱۱). این عنصر به طور یکنواخت در پوسته زمین یافت می شود اما ترکیبات معدنی آن تنها در مناطق ویژه ای از جهان یافت می شوند. سنگ معدن روی دارای مقادیر قابل توجهی کادمیوم است. کادمیوم از آلاینده های محیط زیستی مهم بوده که در تمامی اکوسیستم ها یافت می شود (۲۲). مهمترین استفاده از کادمیوم در باتری های نیکل/کادمیوم است که به عنوان منابع نیروی ثانویه و قابل شارژ محسوب می شوند. دیگر استفاده های کادمیوم می توان به استفاده در رنگدانه ها، تثبیت کننده های پلی ونیل کلراید (PVC)، در آلیاژها و ترکیبات الکترونیکی اشاره کرد. کادمیوم نیز به عنوان یک ناخالصی در محصولات مختلف از جمله کودهای فسفاته، مواد شوینده و محصولات نفتی تصفیه شده وجود دارد.

در این شرایط باران اسیدی و در نتیجه اسیدی شدن خاک ها و آبهای سطحی باعث افزایش تحرک ژئوشیمیایی کادمیوم به عنوان یک محصول فرعی اجتناب ناپذیر روی و گاهی سرب تصفیه شده است. استفاده از نهاده های کشاورزی مانند کودهای شیمیایی، آفت کش ها، لجن فاظلاب، دفع زباله های صنعتی یا رسوب آلاینده های جوی غلظت کل کادمیوم در خاک ها را افزایش می دهند. کادمیوم دارای ماندگاری طبیعی بالایی است، اما دارای خواص سم شناختی است و اگر یک بار توسط یک اندامی جذب شد برای سالهای زیادی باقی می ماند. کادمیوم در بدن شناخته شده است و آنزیم های مختلف را تحت تاثیر قرار می دهد. اعتقاد به این است که آسیب کلیه ناشی از پروتئینوری در نتیجه کادمیوم های منفی موثر بر آنزیم های مسئول باز جذب پروتئین در توبول های کلیوی است. کادمیوم نیز فعالیت دلتا آمینو لیوولینیس اسید سینتتاز[۵]، آریل سولفاتاز[۶] ، الکل دهیدروژناز[۷] و لیپامید دی هیدروژناز[۸] را کاهش می دهد، در حالی که فعالیت دی هیدراتاز[۹]، دلتا آمینولوولینیک[۱۰]، پیرووات دهیدروژناز[۱۱] و پیرووات دکربوکسیلاز[۱۲] را افزایش می دهد. تهدید بزرگ برای سلامتی انسان تجمع مزمن در کلیه ها است

1-Colique Saturnine
2-Paralyse
3-Nephrite
4-Cadmium
5-delta-aminolevulinic acid synthetase
6-arylsulfatase
7-alcohol dehydrogenase
8-lipeamide dehydrogenase
9-dehydratase
10-delta-aminolevulinic acid
11-pyruvate dehydrogenase
12-pyruvate decarboxylase

که منجر به اختلال در عملکرد آن می شود. مصرف مواد غذایی و دخانیات راههای اصلی وارد شدن کادمیوم به بدن است. روی یک ریز مغذی ضروری برای گیاهان و جانوران است و از آنجایی که کادمیوم دارای شباهت های شیمیایی با روی می باشد، لذا جایگزین شدن به جای روی می تواند باعث عملکرد ضعیف فرآیندهای متابولیک شود (۱۱).

سرب[1] :

این عنصر در حالت طبیعی به رنگ خاکستری آبی است که معمولا در ترکیب های معدنی همراه با دیگر عناصر مثل سولفور (PbS، $PbSO_4$) یا اکسیژن ($PbCo_3$) و در محدوده ای از ۱۰ تا ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم در پوسته زمین یافت می شود. میانگین غلظت سرب برای خاکهای سطحی جهان ۳۲ میلی گرم بر کیلوگرم و محدوده ای از ۱۰ تا ۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم است. سرب در حدود یک پنجم عناصر مثل Fe، Cu، Al و Zn در تولید صنعتی فلزات نقش دارد. بالاتر از نیمی از سرب در انرژی برای ساختن باتری های ذخیره کننده سربی استفاده می شود. دیگر استفاده ها شامل لحیم ها، بلیرینگ ها، سیم های روکش دار(کابل)، مهمات، لوله کشی، رنگ ها و بتون ریزی و ... می شود. استنشاق و بلع دو راه برای در معرض قرار گرفتن و تاثیر سرب است.

تجمع سرب در اندام های بدن مثل مغز ممکن است موجب مسموم شدن[2] و یا مرگ شود. قسمت های روده، کلیه ها و سیستم عصبی مرکزی تقریبا تحت تاثیر سرب قرار دارند. بچه هایی که در معرض سرب قرار می گیرند، در خطر ضعیف شدن رشد، کاهش هوش، کوتاه شدن دوره حواس و فعالیت و بدتر شدن شرایط فکری و ذهنی قرار دارند، به خصوص در کودکانی که سن آنها پایین تر از ۶ سال است. در بزرگترها و افراد مسن تجربه کاهش یافتن زمان فعالیت و فعل و انفعال، کمتر شدن حافظه، حالت تهوع، بی خوابی و ضعف در مفاصل زمانی که در معرض سرب قرار گرفته اند، را دارند. سرب یک عنصر غیر ضروری است. سرب می تواند باعث آسیب جدی بر مغز، سیستم عصبی مرکزی، گلبولهای قرمز خون و کلیه ها شود. در معرض قرار گرفتن در برابر سرب می تواند محدوده وسیعی از اثرات بیولوژیکی که به سطح و دوره در معرض بودن وابسته است، داشته باشد. همچنین اثرات متفاوتی بر رشد افراد جوان به خصوص نوزادها که نسبت به پیرترها حساس ترند، داشته باشد. خطر مسموم شدن به وسیله سرب از طریق زنجیره غذایی زمانی که سطح سرب خاک دارای غلظت بالایی باشد افزایش پیدا می کند (۱۱). سرب از نظر انتشار، گسترده ترین عنصر سنگین و سمی در محیط زیست است که به ویژه از زمان مصرف آن در بنزین از پراکنش بسیار وسیعی در سطح جهان برخوردار است. به طوری که از یخ های قطبی تا رسوبات اعماق دریاها اثرات آن را می توان یافت (۲۲).

روی[3] :

روی به طور طبیعی در خاک وجود دارد، اما غلظت های روی به صورت غیر طبیعی و از طریق فعالیت های انسانی رو به افزایش است. بسیاری از روی اضافه شده در طول فعالیت های صنعتی مثل معدن کاری، سوختن زغال سنگ و پسماند و فرآیندهای فولاد کردن است. بسیاری از مواد غذایی به طور قطع حاوی غلظت هایی از روی هستند. غلظت روی در آب آشامیدنی ممکن است از طریق ذخیره شدن در تانکرهای فلزی افزایش یافته باشد (۱۱). بدن انسان حاوی ۲ گرم روی است که ۶۵ درصد از آن در بافت های عضلانی و حدود ۲۰ درصد در استخوان قرار دارد. اگر چه این مقدار نسبت به سایر عناصر بدن بسیار ناچیز است، اما از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. روی یک عنصر کمیاب است که برای سلامتی انسان ضروری است وکمبود آن می تواند باعث پیدایش نواقص شود. روی در مجموع در بیش از ۳۰۰ فعالیت آنزیمی و هورمونی شرکت دارد. در مولکول الکل دهیدروژناز ۴ یون روی وجود دارد. این آنزیم در تبدیل رتینال که در بینایی سلول های چشم مورد نیاز است، بسیار اهمیت دارد. نقش روی در آنزیم های الکالین فسفاتاز در استخوان،کربوکسی پپتیداز در پانکراس و داکسی تیمیدین کینار

1-Lead
2-Plumbism
3- Zinc

در بافت زیر جلدی بسیار مهم است. یکی از وظایف مهم روی در تست DNA، تقسیم سلولی و سنتز پروتئین است. سنتز تیمولین که یک هورمون تیمیک است به روی وابسته است. روی در درک مزه و طعم، عنصر ضروری به شمار می رود و کمبود آن سبب بی اشتهایی، اختلال در فعالیت متالوآنزیم ها، کمبود رشد، اعمال بینایی، تاخیر در بهبود زخم های بدن، هضم غذا، تولید مثل، تنفس، اعمال کلیه و تنظیم قند خون می گردد (۲۲).

تولیدات جهانی روی در حال افزایش است و بیشتر این تولیدات در نهایت وارد محیط زیست می شود. آبهایی که با روی آلوده شده اند، از طریق حضور مقادیر بسیار زیادی از پساب صنعتی بوده است. وارد شدن لجن فاظلاب به آب می تواند باعث افزایش غلظت روی در این آبها شود که ممکن است حالت اسیدی آبها را افزایش دهد. برخی از ماهی ها زمانی که در آبهای آلوده شده به روی زندگی می کنند، می توانند روی را در بدن خود جمع کنند. زمانی که روی وارد بدن این ماهی ها می شود، می تواند با بزرگنمایی زیستی از طریق زنجیره غذایی به طرف بالا افزایش یابد. روی قابل حل در آب که در خاک وجود دارد، می تواند آبهای زیرمینی را نیز آلوده کند. روی می تواند سرعت فعل و انفعال های موجود در خاک را کاهش دهد و از آنها جلوگیری کند. همچنین اثرات معکوس بر فعالیت میکروارگانیسم ها و کرم های خاکی دارد و بدین گونه باعث تخریب و آسیب به مواد ارگانیک می شود (۱۱). میزان روی موجود قابل بهره برداری در زمین حدود ۳۴۰۰ میلیون تن برآورد می شود که نیاز حدود ۴۰۰ سال مصرف جهانی را حتی در شرایط عدم استفاده مجدد تامین می کند. آلودگی روی در محیط زیست اغلب با سرب همراه است. زیرا روی از عناصری است که همراه با سرب در معادن یافت می شود و به همین جهت از زمان بهره برداری سرب در طبیعت با رهاسازی روی همراه است (۲۲).

مس[1]:

بیش از یک سوم فلزات مورد استفاده در جهان را فلز مس به خود اختصاص داده است (۱۱). مقدار مس در خاک بستگی به فاکتورهایی نظیر موقعیت جغرافیایی، نزدیکی به صنعت و مصرف کودها دارد. مس در کودهای معدنی در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم وجود دارد (۲۲). مس یکی از ریزمغذی های ضروری است که در رشد گیاهان و حیوانات نقش دارد. به تولید هموگلوبین خون کمک می کند. در گیاهان مس به طور ویژه در تولید بذر و تخم، مقاومت در برابر بیماری و تنظیم آب مورد نیاز مهم است. مس یک عنصر ضروری است اما در مقادیر بالا می تواند باعث کم خونی، آسیب به کلیه و کبد و اذیت به روده و معده شود. مس به طور عادی در آب آشامیدنی از طریق لوله های مسی وجود دارد. به همان اندازه از طریق طرح هایی که برای کنترل رشد جلبک ها اجرا می شود، اضافه می شود. تحقیقات نشان داده است که غلظت مس تولید شده در محیط زیست به سرعت متعادل شده و به حالتهایی که خطر کمتری برای محیط زیست دارند تبدیل می شود. مس در بدن بزگنمایی زیستی یا تجمع زیستی در چرخه غذایی ندارد. در خاک مس با تمام قوا با مواد ارگانیک ترکیب می شود که این دلالت بر این دارد که تنها یک بخش کوچک از مس مانند مس یونی $Cu(II)$در محلول پیدا خواهد شد. انحلال مس به شدت $pH=۵/۵$ خاک را افزایش می دهد که این برای pH زمین کشاورزی ($pH= ۶ - ۶/۵$) بسیار مناسب است (۱۱).

جیوه[2]:

جیوه از طریق سوختن زغال سنگ آزاد می شود که یکی از منابع اصلی آلودگی جیوه است. همچنین فشارسنج هایی که برای اندازه گیری فشار در ایستگاه های مختلف در امتداد خط لوله گاز و نفت به کار برده شده اند نیز در آلودگی جیوه نقش دارند. معمولا جیوه در محیط زیست به شکل های مختلفی از جمله مرکوریک (Hg^{2+})، مرکورئوس (Hg_2^{2+})، عنصری (Hg^0) و یا فرم آلکیلی (متیل/اتیل مرکوری) حضور دارد. پتانسیل اکسایش و pH یک سیستم، فرم های پایدار جیوه (Hg) که می خواهند در محیط حضور داشته باشند را تعیین می کند. مرکورئوس و جیوه مرکوریک تحت شرایطی که با اکسیژن ترکیب می شوند بیشتر به حالت پایدار هستند. وقتی که به آرامی شرایط زیستن با کاهش اکسیژن نا مناسب شود، جیوه آلی یا غیر آلی ممکن

1- Copper

2 -Mrecury

است به سمت جیوه عنصری کاهش پیدا کند. که این نیز ممکن است به فرم های آلکیلی برای فرایندهای زیستی و غیر زیستی تبدیل گردد.

جیوه بیشتر در حالت های آلکیلی سمی می باشد که قابل حل در بخار و آب موجود در هوا است. فرم های جیوه (II) ترکیبات بسیار قوی با لیگاندهای آلی و غیر آلی مختلف تشکیل می دهد که قابل حل در سیستم های وابسته به آب اکسیدی است. جذب سطحی در خاک ها، رسوب ها (ته نشینی) و مواد هومیک یکی از مکانیسم های مهم برای از بین بردن فرم های جیوه می باشد. جذب سطحی وابسته به pH و افزایش و کاهش pH است. جیوه ممکن است تقریبا از محلول ها به وسیله هم رسوب شدن با سولفیدها از بین برود. تحت شرایط غیر هوازی هر دو فرم آلی و غیر آلی جیوه ممکن است تبدیل به فرم های آلکیلی به وسیله فعالیت های میکروبی مثل باکتری های سولفوریده شود. جیوه عنصری ممکن است تحت شرایط غیر هوازی به وسیله دیمتلاسیون متیل مرکوری یا به وسیله کاهش Hg(II) به شکل های دیگر تبدیل شود. در شرایط اسیدی به شکل گیری متیل مرکوری کمک می کند. در حالیکه مقادیر بالای pH باعث ته نشینی سریع HgS می شود. جیوه در ارتباط نزدیک با آسیب های کلیوی می باشد (۱۱).

نیکل[1] :

در محدوده pH پایین، این فلز به شکل یون نیکلی Ni(II) وجود دارد. در حالت خنثی در محلول هایی که کمی قلیایی هستند به سرعت به شکل نیکلئوس هیدروکسید ($Ni(OH)_2$) ته نشین می شوند که این ترکیب بسیار پایداری می باشد. این ته نشین شونده ها به آسانی در محلول های اسیدی به شکل Ni(III) حل می شوند و این شرایط بسیار قلیایی ایجاد می کند. در خیلی از شرایط قلیایی و اکسیدی نیکل در فرم نیکلئو نیکلیک اسید پایدار، Ni_3O_4 که در محلول های اسیدی حل می شود وجود دارد. دیگر اکسیدهای نیکل مثل نیکلیک اکسید، Ni_2O_3 و نیکل پراکسید، NiO_2 در محلول های قلیایی غیر پایدار هستند و از طریق از دست دادن اکسیژن تجزیه می شوند.

نیکل یک عنصری است که در محیط زیست تنها در سطوح پایین حضور دارد و در مقادیر کم ضروری است. اما این می تواند زمانی که از حداکثر مقادیر قابل تحمل تجاوز کند خطرناک باشد. این می تواند باعث انواع مختلفی از نگرانی ها در قسمت های مختلف بدن حیواناتی گردد که بیشتر در نزدیکی پالایشگاه ها زندگی می کنند. بیشترین کاربرد معمول نیکل در ساخت فولاد و دیگر تولیدات فلزی می باشد. منابع اصلی آلودگی نیکل در خاک، صنایع آبکاری فلز، سوختن سوخت های فسیلی، معدن نیکل و آبکاری می باشد. این فلز در هوا به وسیله نیروگاه ها و کوره های زباله سوز آزاد می شود و بر روی زمین های اطراف آنها ته نشین می گردد. زمان بسیار زیادی طول می کشد تا نیکل موجود در هوا از بین برود. نیکل همچنین می تواند سرانجام از طریق فاضلاب وارد آب های سطحی شود. بخش وسیعی از ترکیبات نیکل که در محیط زیست آزاد شده اند در رسوبات یا اجزاء خاک جذب می گردد و در نتیجه ثابت باقی می ماند. در خاک های اسیدی با توجه به اینکه نیکل تحرک بیشتری دارد اغلب به سمت آب های زیرزمینی مجاور شسته می شود و وارد آنها می گردد (۱۱).

آرسنیک[2] :

آرسنیک در انواع مختلفی از مواد معدنی و به طور ویژه As_2O_3 وجود دارد و می تواند طی یک سری فرایند از سنگ معدن هایی که بیشتر حاوی Cu، Pb، Zn، Ag و Au هستند، بازیابی شوند. این فلز در خاکسترهای ناشی از سوختن زغال سنگ وجود دارد. آرسنات و دیگر فرم های آنیونی آرسنیک شبیه کی لیت (بسته اتم) رفتار می کنند و می توانند به سرعت وقتی که یون های مثبت فلزی حضور دارند ته نشین شوند. ترکیبات آرسنات فلزی تحت شرایط خاصی پایدار هستند. تحرک آرسنیک با کاهش pH کم می شود. آرسنیت می تواند به وسیله سولفیدهای فلزی جذب یا هم رسوب شود. ترکیبات زیادی از آرسنیک به سرعت جذب خاک ها می شوند و در مسافت های کوتاه به آب های سطحی و زیرزمینی منتقل می شوند. آرسنیک با آسیب های پوستی در

1- Nickel

2 -Arsenic

ارتباط است و باعث افزایش خطرات و نگرانی ها به وسیله ایجاد مشکلات برای سیستم گردش خون شده است (۱۱).

کروم[1] :

کروم یکی از عناصر معمول کمیاب است و به طور طبیعی در فرم عنصری وجود ندارد و تنها در ترکیبات وجود دارد. کروم در ابتدا به شکل کروم معدنی $FeCr_2O_4$ تولید می شود. منابع اصلی آلودگی کروم شامل رهاسازی از طریق فرایندهای آبکاری و مصرف پساب حاوی کروم می باشد. کروم (VI) یکی از فرم های کروم است که معمولا در مکان های آلوده شده پیدا می شود. کروم می تواند در حالت اکسایش III+ نیز وجود داشته باشد که بستگی به pH و شرایط اکسایش دارد. کروم (VI) فرم غالب کروم در آبخوان های کم عمق (سفره های آب زیرزمینی) در شرایط هوازی می باشد. کروم (VI) می تواند به کروم (III) به وسیله مواد آلی خاک، یون های S^{2-} و F^{2+} تحت شرایط غیر هوازی که اغلب در آب های زیرزمینی عمیقتر با آن مواجهه می شویم، تقلیل پیدا کند. کروم (III) شکل غالب در pH پایین می باشد. فرم های Cr^{3+} ترکیبات محلولی با NH_3، OH^-، Cl^-، F^-، CN^-، SO_4^{2-} و لیگاندهای آلی قابل حل تشکیل می دهند. کروم (VI) دارای سمیت بیشتری نسبت به دیگر اشکال کروم دارد که این به دلیل داشتن تحرک بالا است. تحرک کروم (III) به وسیله جذب شدن در سطح خاک رس و مواد معدنی اکسیدی کاهش می یابد. تحرک کروم بستگی به مشخصه های خاک جهت جذب سطحی دارد که شامل محتوای خاک رس، محتوای اکسید آهن و مقدار مواد آلی موجود می شود. کروم می تواند از طریق رواناب های سطحی وارد آب های سطحی شود. ترکیبات کروم که جذب شده و محلول هستند، می توانند از خاک وارد آب های زیرزمینی شوند. کروم با آماس پوست که بیماری آلرژیک در انسان است در ارتباط می باشد (۱۱).

نتیجه گیری :

بیشتر فلزات سنگین معمول که در مکان های آلوده به نسبت زیاد پیدا می شوند شامل سرب، کروم، آرسنیک، روی، کادمیوم، مس و جیوه می شود. آرسنیک، کادمیوم، کروم، جیوه و سرب باید به طور ویژه در گروهی که اثرات بالقوه سمی دارند، در نظر گرفته شوند. عناصر دیگر مانند آلومینیوم، آنتیموان، مس، مولیدن، منگنز، تالیم و روی نیز اگر غلظت آنها در یک منطقه بالا باشد، باید به دقت در نظر گرفته شوند. هر کدام از این عناصر اگر بیش از حد معمول وارد چرخه غذایی انسان شوند از لحاظ سلامتی بسیار خطر ساز خواهند بود. به عنوان مثال سرب بعد از انتقال در خون به نقاط مختلف بدن منتقل شده و در اندام هایی مانند کلیه، کبد، طحال، سیستم های عصبی، مغز استخوان و غدد فوق کلیوی جمع می شوند و بالا رفتن غلظت آن ایجاد سمیت شدیدی می کند که در اثر عدم درمان و جلوگیری از آلودگی بیشتر به مرگ منتهی می شود. حد معمول غلظت سرب در خاک های طبیعی بین ۱ تا ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم و حد بحرانی آن ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم است (۶).

مطالعات نشان می دهند که بعضی از کود های فسفاته حاوی مقادیری از عناصر آرسنیک، کادمیوم و سرب هستند که وجود فلزات سنگین در این کودها به مواد اولیه تولیدی آنها بر می گردد. در بین انواع کودها،کودهای فسفاته دارای بیشترین غلظت فلزات سنگین هستند (۲۳). استفاده از کود های شیمیایی مانند اوره و سوپر فسفات باعث افزایش غلظت سرب در خاک های کشاورزی می شود (۲۴). اگر غلظت روی در انسان از حد معمول آن (۲ میلی گرم در روز) بالاتر رود ایجاد مسمومیت می کند. تحت چنین شرایطی دستگاه ایمنی بدن خوب کار نمی کند و احتمال ابتلا به آسم بسیار زیاد می باشد. مهم ترین اثرات سوء کادمیوم، تجمع مزمن آن در قشر رویی کلیه بوده و زمانی که غلظت آن به ۲۰۰ میکروگرم در هر کیلوگرم وزن تر کلیه برسد، سبب از کار افتادن مجاری کلیوی می شود. نرم شدن استخوان ها به واسطه اختلال در موازنه کلسیم و فسفر از دیگر علائم مسمومیت کادمیوم می باشد (۶). نتایج مطالعات نشان می دهد که میانگین جهانی غلظت کادمیوم در خاک های طبیعی ۰/۵۳ میلی گرم بر کیلوگرم و نیز حد نرمال آن در خاک های طبیعی بین ۰/۰۷ تا ۱/۱ میلی گرم بر کیلوگرم است (۲۵). در تحقیقی

1 -Chromium

که امینی و همکاران (۱۳۸۵) در اصفهان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مهم ترین عامل وارد کننده کادمیوم به خاک های کشاورزی کودهای فسفاته هستند (۲۶).

داشتن دانش کافی از منابع، ساختار شیمیایی و پتانسیل خطرات ناشی از فلزات سنگین سمی که در خاک های آلوده وجود دارد، برای انتخاب روش مناسب جهت اصلاح و بازسازی خاک های آلوده شده ضروری است. ایجاد منابع قابل دسترس برای تولیدات کشاورزی، افزایش امنیت غذایی و کاهش مقیاس مشکلات اراضی اشغال شده از اهداف اصلاح خاک می باشد. عدم تحرک، شستشوی خاک و استفاده از گیاهان در بازسازی از جمله بهترین تکنولوژی های قابل دسترس برای پاک کردن خاک های آلوده شده به فلزات سنگین می باشد که به دفعات مکرر از آن استفاده می شود. اما از این روش ها بیشتر در کشورهای توسعه یافته استفاده می شود. این تکنولوژی ها را می توان در کشورهای در حال توسعه برای استفاده در اراضی که قابلیت اجرا و تجاری سازی دارند، به ویژه در مکان هایی که کشاورزی، شهرسازی و شهرک های صنعتی باعث آلوده شدن خاک شده اند، به کار برد.

منابع :

1- Rahmani poor, F., Bahrami, H., Rahimi, S., Zahra Fereidooni, Z. 2012. Quantitative Evaluation of Soil Quality and Its Spatial Distribution in Some Agricultural Regions of Qazvin Province, Iran. Journal of Iranian Journal of Soil and Water Research, 43 (1): 1 - 8. (In Persian)

2- Liu, X., Wu, J., Xu, J. 2006. Characterizing the risk assessment of heavy metals and sampling uncertainty analysis in paddy field by geostatistics and GIS. Journal of Environmental Pollution. 141: 257 – 264.

3- Zhao, K., Liu. X., Xu, J., Selim, H. 2010. Heavy metal contamination in soil – rice system: Identification of spatial dependence in relation to soil properties of paddy fields. Journal of Hazardous Materials. 181: 778 – 787.

4- Delijani, F., Kazemi, GH., Parvin nia, M., Khakshoor, M. 2009. Heavy metal enrichment and distribution in the soils of South Pars Special Economic Zone (Asaluyeh). 8th International Congress of Civil Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian)

5- Wu, C., Zhang, L. 2010. Heavy metal concentration and their possible sources in paddy soils of a modern agricultural zone, southeastern China. Journal of Environmental Earth. 60: 45 – 56.

6- Dayani, M., Mohammadi, J., Naderi, M. 2010. Geostatistical Analysis of Pb, Zn and Cd concentration in soil of Sepahanshahr suburb (south of Esfahan). Journal of Water and soil, Volume 23 (4) : 67 – 76. (In Persian)

7- Wong, S. C., Li, X. D., Zhang, G., Qi, S. H., Min, Y. S. 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. Journal of Environmental Pollution. 119: 33 – 44.

8- Salazar, M. J., Rodriguez, J. H., Nieto, G. L., Pignata, M. L. 2012. Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn, and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation and food safety in soybean [Glycine max (L) Merrill]. Journal of Hazardous Materials. 233: 244 – 253.

9- Sepehri, M., Saleh Rastin, N., Asadi Rahmani, H., Alikhani. H. 2006. Effects of Soil Pollution by Cadmium on Nodulation and Nitrogen Fixation Ability of Native Strains of Sinorhizobium meliloti. JCPP, 10 (1) :153-163 (In Persian)

10- Li, X., Liu, H., Meng, W., Liu, N., Wu, P. 2022. Accumulation and source apportionment of heavy metal(loid)s in agricultural soils based on GIS, SOM and PMF: A case study in superposition areas

of geochemical anomalies and zinc smelting, Southwest China. Journal of Process Safety and Environmental Protection, Volume 159 : Pages 964-977.

11- Wuana, R.A., Okieimen, F. E. 2011. Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. Journal of Internation Scholarly Research Network Ecology. 402647, 20 pp.

12- Makino, T. , Luo, Y. , Akahane, I. , Arao, T. , Maejima, Y. , Sakurai, Y. , Wu, L. 2010. Heavy metal pollution of soil and alleviation methods based on soil chemistry. Journal of Pedologist. 53(3): 38 – 49.

13- Kalantari, N., Sajjadi, Z., Makvandi, M., Keshavarzi, M., 2011. Chemical properties of soil and groundwater of Asaluyeh alluvial plain, with emphasis on heavy metal pollution. Journal of Geotechnical Geology, Volume 7 (4): 333-342. (In Persian)

14- Taghipour, M., khademi, H., Ayoubi, Sh. 2010. Spatial variability of Pb and Zn concentration and its relationship with land use and parent materials in selected surface soils of Hamadan province. Volume 24 (1): 132 – 144. (In Persian)

15- Yu, L., Xin, G., Gang, W., Qiang, Z., Qiong, S., Guoju, X. 2008. Heavy metal contamination and source in arid agricultural soil in central Gansu Province, China. Journal of Environmental Sciences. 20: 607 – 612.

16- Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homaee, M., Yunesian, M., Ahmadimoghaddam, M., Hossein Mahvi, A. 2010. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. Journal of Environmental Monitoring Assessment. 160: 83 – 89.

17- Ajayi, S. O., Odesanya,B . O., Avwioroko, A. O., Adebambo, G. S., Okafor, B. 2012. Effects of long term fertilizer use on trace metal levels of soil in a farm settlement. Journal of Agricultural Research and Development. 2: 44 – 51.

18- Boudaghi, H., Yonesian, M., Mahvi, A. H., Ali Mohammadi, M., Dehghani, M. H., Nazmara, S. 2012. Cadmium, Lead and Arsenic Concentration in Soil and Underground Water and its Relationship with Chemical Fertilizer in Paddy Soil. J Mazandaran Univ Med Sci. 21 (1) :20-28 (In Persian)

19- Bini, C., Wahsha, M., Fontana, S., Maleci, L. 2012. Effects of heavy metals on morphological characteristics of Taraxacum officinale Web growing on min soils in NE Italy. Journal of Geochemical Exploration. 123: 101 – 108.

20- Giaccio, L., Cicchella, D., Vivo, B., Lombardi, G., Rosa, M. 2012. Does heavy metals pollution affects semen quality in men? A case of study in the metropolitan area of Naples (Italy). Journal of Geochemical Exploration. 112: 218 – 225.

21- Rahmani, H., Kalbasi, M., Hajrasuliha, S. 2001. Lead-Polluted Soil along Some Iranian Highways. JWSS, 4 (4) :31-42 (In Persian)

22- Esmaili sari, A. Pollution, Health & Environmental Standards. 2002. Tehran: Naghsh Mehr. (In Persian)

23- Davodi, M., Shahbazi, K., Bazargan, K. Investigation of standard status of heavy metals in fertilizers. The First Congress of Fertilizer Challenges in Iran: Half a Century of Fertilizer Consumption, Tehran, Olympic Hotel. (In Persian)

24- Mico, C., Peris, M., Sanchez, J., Recatala, L. 2006. Heavy metal content of agricultural soils in a Mediterranean

semiarid area: the segura River Valley (Alicante, Spain). Journal of Agricultural Research. 4(4): 363 – 372.

25- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.

26- Amini, M., Afyuni, M., Khademi, H. 2007. Modeling Cadmium and Lead Balances in Agricultural Lands of Isfahan Region, Central Iran. JCPP, 10 (4) :77-90. (In Persian)