چکیده

تردد وسائل نقلیه باعث آلودگی خاک و گیاهان اطراف جاده به عناصر سنگین می‌شود. این مطالعه به منظور بررسی مقادیر عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک و گیاهان حاشیه جاده ساری-قائمشهر که ناشی از تردد وسائل نقلیه می‌باشند، انجام شد. نمونه‌برداری از سه نوع خاک حاشیه جاده (خاک بستر علف هرز، خاک برنج و خاک مرکبات) و سه نوع گیاه ذکر شده انجام شد. نمونه‌برداری از خاک از فواصل ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۰۰ متری و از دو عمق ۰-۵ و ۵-۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک و در دو جهت جاده انجام شد. نمونه‌برداری از گیاهان نیز در فواصل مورد نظر صورت گرفت. این مطالعه در قالب طرح بلوک کاملا تصادفی و به صورت آزمایش فاکتوریل در ۴ تکرار انجام شد. غلظت سرب در هر سه نوع خاک با افزایش فاصله از جاده کاهش یافت. سرب قابل جذب در خاک شمالی از ۳/۴۶ $mg.kg^{-1}$ در فاصله ۴ متری به ۱/۵۵ $mg.kg^{-1}$ در فاصله ۱۰۰ متری رسید. مقدار سرب در خاک تحت کشت علف هرز جنوبی بیشتر از خاک علف هرز شمالی بود. مقادیر سرب در خاک جنوبی برای فواصل ذکر شده به ترتیب ۷/۸۳ و ۲/۰۲ $mg.kg^{-1}$ بود. غلظت سرب در لایه رویی خاک بیشتر از لایه زیرین بود. مقدار سرب کل در خاک تحت کشت برنج در فاصله ۸ متری برای لایه رویی ۳۹/۰۳ و لایه زیرین ۳۵/۵۴ $mg.kg^{-1}$ بود و این مقدار در فاصله ۱۰۰ متری به ترتیب ۳۵/۰۲ و ۳۴/۶۳ $mg.kg^{-1}$ رسید. تغییرات غلظت مس با افزایش فاصله از جاده به طور منظم تغییر نکرده است. غلظت عنصر روی نیز با افزایش فاصله از جاده کاهش یافت. در خاک تحت کشت علف هرز مقدار آن از ۲/۶۴ $mg.kg^{-1}$ در فاصله ۴ متری به ۱/۱۹ $mg.kg^{-1}$ در ۱۰۰ متری رسید. مقادیر روی نیز در لایه رویی خاک نسبت به لایه زیرین بیشتر است. نتایج حاصل از مطالعات گیاه نیز مشابه با نتایج خاک است. سرب در گیاه علف هرز با افزایش فاصله از جاده کاهش یافته است و مقدار آن در فاصله ۱۰۰ متری نسبت به ۴ متری ۴۰٪ کاهش داشته است. مقدار سرب در گیاه شسته نشده بیشتر از شسته شده است به طوری که در فاصله مشترک (۴ متری) غلظت سرب در گیاه شسته نشده ۳ واحد بیشتر است. مس در گیاهان نیز با افزایش فاصله از جاده به طور منظم کاهش نیافت. عنصر روی با افزایش فاصله کاهش داشت و مقادیر آن در گیاه شسته نشده بیشتر بود. غلظت سرب در همه اندام های گیاه برنج با افزایش فاصله کاهش داشت . مقدار سرب در اندام هوایی گیاه بیشرین مقدار و در ریشه کمترین مقدار را داشت. مقادیر کادمیوم در فواصل مختلف در قسمت‌های مختلف برنج اختلاف معنی‌دار نداشت. بیشترین مقدار روی در ریشه برنج و در اولین فاصله با مقدار ۷۱/۵۳ $mg.kg^{-1}$ مشاهده شد و این مقدار در فاصله ۱۰۰ متری به ۴۱/۷۰ $mg.kg^{-1}$ رسید. در برگ درخت مرکبات غلظت عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی با افزایش فاصله کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، سرب، کادمیوم، مس، روی، تردد وسائل نقلیه

عناوین صفحه

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تعریف فلزات سنگین ۲

۱-۳- عوامل مؤثر بر رفتار فلزات سنگین ۳

۱-۴- منابع ورود فلزات سنگین به خاک ۴

۱-۵- فلزات سنگین و اثرات سوء آن‌ها ۷

۱-۶- اهداف تحقیق ۱۴

فصل دوم: مروری بر منابع علمی پیشین

۲-۱- اثر تردد وسائل نقلیه و حجم ترافیک بر آلودگی فلزات سنگین ۱۶

۲-۲- اثر فاصله از جاده بر آلودگی عناصر سنگین ۱۷

۲-۲-۱- سرب ۱۷

۲-۲-۲- کادمیوم ۲۰

۲-۲-۳- مس ۲۰

۲-۲-۴- روی ۲۱

۲-۳- روند تغییرات غلظت عناصر با افزایش فاصله از حاشیه ۲۲

۲-۴- سایر عوامل مؤثر در آلودگی محیط های اطراف جاده به فلزات سنگین ۲۵

۲-۵- ترتیب غلظت عناصر ۲۷

۲-۶- گیاهان و آلودگی ناشی از تردد وسائل نقلیه ۲۸

۲-۷- عوامل مؤثر بر تغییر مقادیر آلودگی ناشی از وسائل نقلیه در گیاهان ۲۹

فصل سوم: مواد و روش

۳-۱- انتخاب منطقه نمونه گیری ۳۰
۳-۲- نمونه برداری ۳۱
۳-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها ۳۳
۳-۴- آنالیز شیمیایی ۳۳
۳-۵- اندازه گیری عناصر سنگین در خاک (فرم کل و قابل دسترس) ۳۴
۳-۶- اندازه گیری عناصر گیاه (عناصر سنگین و کم مصرف گیاه) ۳۴
۳-۷- طرح و تجزیه آماری داده‌ها ۳۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک بستر علف هرز جهت شمالی ۳۶
۴-۱-۱- سرب ۳۷
۴-۱-۲- کادمیوم ۳۷
۴-۱-۳- مس ۳۸
۴-۱-۴- روی ۳۸
۴-۲- عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک بستر علف هرز جهت جنوبی ۳۹
۴-۲-۱- سرب ۴۰
۴-۲-۲- کادمیوم ۴۱
۴-۲-۳- مس ۴۲
۴-۲-۴- روی ۴۲
۴-۳- عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک بستر برنج ۴۳
۴-۳-۱- سرب ۴۴

۴-۳-۲- کادمیوم ۴۴
۴-۳-۳- مس ۴۵
۴-۳-۴- روی ۴۵
۴-۴- عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک بستر درخت مرکبات ۴۶
۴-۴-۱- سرب ۴۶
۴-۴-۲- کادمیوم ۴۷
۴-۴-۳- مس و روی ۴۷
۴-۵- بحث خاک ۴۸
۴-۵-۱- سرب و روی ۴۸
۴-۵-۲ کادمیوم ۵۱
۴-۵-۳ مس ۵۲
۴-۵-۴ مقایسه غلظت عناصر در دو جهت جاده ۵۲
۴-۶- عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در گیاه علف هرز شمالی ۵۵
۴-۶-۱ سرب ۵۵
۴-۶-۲ کادمیوم ۵۶
۴-۶-۳ مس و روی ۵۶
۴-۷ عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در ریشه، اندام هوایی و دانه برنج ۵۷
۴-۷-۱ سرب ۵۸
۴-۷-۲ کادمیوم ۵۹
۴-۷-۳ مس و روی ۶۰
۴-۸ عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در برگ درخت مرکبات ۶۱
۴-۸-۱ سرب ۶۱
۴-۸-۲ کادمیوم ۶۳
۴-۸-۳ مس و روی ۶۳

۴-۹ همبستگی میان غلظت عناصر در خاک و خاک و گیاهان ۶۶

۴-۹-۱همبستگی میان غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق مختلف خاک بستر علف هرز ۶۶

۴-۹-۲ همبستگی میان غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق مختلف خاک بستر برنج و مرکبات ۶۶

۴-۹-۳ همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق خاک با علف هرز شسته شده و نشده ۶۸

۴-۹-۴ همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق خاک با اندام‌های مختلف برنج ۶۸

۴-۹-۵ همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق خاک با برگ مرکبات شسته شده و نشده ۷۱

۴-۱۰- نتیجه‌گیری ۷۳

۴-۱۱- پیشنهادات ۷۵

فصل پنجم: منابع ۷۶

فصل اول: مقدمه و کلیات

جدول۱-۱. مقادیر فلزات سنگین در لیتوسفر و دامنه تغییرات آنها در خاک بر حسب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)..... ۴

جدول۱-۲. حداکثر غلظت کل قابل قبول فلزات سنگین در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) با توجه به سمیت آنها برای گیاه..... ۶

جدول۱-۳. حد معمول و آستانه سمیت جذب فلزات سنگین توسط انسان (میلی‌گرم/روز)..... ۶

جدول ۱-۴. مقادیر غلظت های سرب، کادمیوم، مس، روی و نیکل در نقاط مختلف جهان (میلی‌گرم برکیلوگرم)..... ۱۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها

جدول۳-۱ برخی از مشخصات فیزیکو شیمیایی خاک..... ۳۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

جدول۴-۱ نتایج تجزیه واریانس (F) مقادیرغلظت عناصر درخاک بستر علف هرز(جهت شمالی) تحت تیمار فاصله از جاده و عمق خاک..... ۳۶

جدول ۴-۲. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم (کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر علف هرز (جهت شمالی)..... ۳۸

جدول ۴-۳. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر مس و روی (کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر علف هرز (جهت شمالی)..... ۳۹

جدول ۴-۴. نتایج تجزیه واریانس (F) مقادیرغلظت عناصر درخاک بستر علف هرز (جهت جنوبی) تحت تیمار فاصله از جاده و عمق خاک..... ۴۰

جدول ۴-۵. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم (کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر علف هرز (جهت جنوبی)..... ۴۱

جدول ۴-۶. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر روی و مس (کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر علف هرز (جهت جنوبی)..... ۴۳

جدول ۴-۷. نتایج تجزیه واریانس (F) مقادیرغلظت عناصر درخاک بستر برنج تحت تیمار فاصله از جاده و عمق خاک ۴۳

جدول ۴-۸. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم (کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر برنج ۴۴

جدول ۴-۹. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر روی و مس (کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر برنج ۴۵

جدول ۴-۱۰. نتایج تجزیه واریانس (F) مقادیرغلظت عناصر درخاک بستر درخت تحت تیمار فاصله از جاده و عمق خاک ۴۶

جدول ۴-۱۱. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر سرب و کادمیوم(کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر درخت مرکبات ۴۷

جدول ۴-۱۲. مقایسه میانگین اثر تیمار فاصله از جاده بر غلظت عناصر روی و مس(کل و قابل جذب) (میلی‌گرم برکیلوگرم) در دو عمق از خاک بستر درخت مرکبات ۴۸

جدول ۴-۱۳. نتایج تجزیه واریانس مقادیر غلظت عناصر در علف هرز (جهت شمالی) تحت تیمار فاصله از جاده و گیاه شسته شده و نشده ۵۵

جدول ۴-۱۴. مقایسه میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم و روی و مس (میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به تیمار فاصله از جاده در گیاه علف هرز (جهت شمالی) در دو حالت شسته شده و نشده ۵۷

جدول ۴-۱۵. نتایج تجزیه واریانس مقادیر غلظت عناصر سنگین در اندام های مختلف برنج تحت تیمار فاصله از جاده ۵۸

جدول ۴-۱۶. نتایج تجزیه واریانس مقادیر غلظت عناصر کم مصرف در اندام های مختلف برنج تحت تیمار فاصله از جاده ۵۸

جدول ۴-۱۷. مقایسه میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به تیمار فاصله از جاده در گیاه برنج ۵۸

جدول ۴-۱۸. مقایسه میانگین غلظت عناصر مس و روی (میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به تیمار فاصله از جاده در گیاه برنج ۶۰

جدول ۴-۱۹. نتایج تجزیه واریانس مقادیر غلظت عناصر در برگ درخت تحت تیمار فاصله از جاده و گیاه شسته شده و نشده ۶۱

جدول ۴-۲۰. مقایسه میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیوم و روی و مس (میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به تیمار فاصله از جاده در برگ درخت در دو حالت شسته شده و نشده ۶۱

جدول ۴-۲۱. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق از خاک بستر علف هرز ۶۵

جدول ۴-۲۲. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق از خاک بستر برنج ۶۶

جدول۴-۲۳. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در دو عمق از خاک بستر مرکبات ۶۶

جدول۴-۲۴. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب و کادمیوم در دو عمق خاک با علف هرز شسته شده و نشده ۶۷

جدول۴-۲۵. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر مس و روی در دو عمق خاک با علف هرز شسته شده و نشده ۶۸

جدول ۴-۲۶. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب و کادمیوم در دو عمق خاک با اندام های مختلف برنج ۶۹

جدول ۴-۲۷. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر مس و روی در دو عمق خاک با اندام های مختلف برنج ۶۹

جدول۴-۲۸. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر سرب و کادمیوم در دو عمق خاک با برگ مرکبات شسته شده و نشده ۷۰

جدول۴-۲۹. همبستگی غلظت قابل جذب عناصر مس و روی در دو عمق خاک با برگ مرکبات شسته شده و نشده ۷۱

عناوین

صفحه

شکل ۴-۱. نمودار مقایسه میانگین مقادیر قابل جذب سرب در دو عمق خاک بستر علف هرز در دو جهت شمالی و جنوبی ۵۳

شکل ۴-۲. نمودار مقایسه میانگین مقادیر قابل جذب روی در دو عمق خاک بستر علف هرز در دو جهت شمالی و جنوبی ۵۳

شکل ۴-۳. غلظت سرب در علف هرز و برگ درخت مرکبات در دو حالت شسته شده و نشده ۶۳

شکل ۴-۴. غلظت روی در علف هرز و برگ درخت مرکبات در دو حالت شسته شده و نشده ۶۵

فصل اول- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

زمین به عنوان بستری که موجودات بر روی آن زیست می نمایند حاوی بسیاری از مواد، ترکیبات و عناصری است که تقریبا تمامی آن ها به نحوی برای ادامه حیات ضروری می باشند. از طرفی بسیاری از این عناصر منجمله فلزات سنگین در صورتی که مقدار آن از حدود مجاز آن بیشتر باشد برای سلامت بشر و سایر موجودات زنده سمی و بسیار خطرناک ارزیابی شده اند. اما معمولا مقادیری که به صورت طبیعی وجود دارد بگونه‌ایست که طبیعت به طور خودکار قادر به کنترل و استفاده از آن می‌باشد. در این میان انسان با دخالت-های بی‌رویه خود نظم و چرخه‌ی طبیعی محیط اطرافش را به‌هم می‌ریزد و با تزریق این عناصر خطرناک در حجم‌های بسیار بالا باعث آلوده کردن محیط زیست اطراف خود می‌شود و به این ترتیب به صورت مستقیم و غیرمستقیم این مواد را وارد بدن خود نموده و اثرات خطرناک آن را به خود تحمیل میکند.

۱-۲- تعریف فلزات سنگین

از ۱۰۶ عنصر شناخته شده در طبیعت ۸۴ عنصر به عنوان فلز دسته‌بندی شده‌اند و از این جهت آلودگی فلزات متنوع می باشند. بعضی از آنها غیر سمی و بعضی اگر سمی باشند نادر بوده و ترکیبات آنها نا محلول و کم محلول است و در نتیجه تنها تعداد کمی از فلزات جزء آلاینده های محیطی در نظر گرفته می-شوند. در مباحث آلودگی‌های فلزی از عناوین فلزات سنگین و فلزات کمیاب استفاده می شود. فلزات کمیاب به آن دسته از آلاینده‌های فلزی گفته می‌شوند که ۰/۱ درصد از سطح پوسته زمین را در برگرفته اند (عباس پور۱۳۷۷و استینس و اندرسون۱۹۹۱). فلزات سنگین آن دسته از فلزات هستند که چگالی آن‌ها در حدود ۵ گرم بر سانتی متر مکعب است و در گروه عناصر واسطه جدول تناوبی قرار دارند. پویایی این فلزات در خاک کم بوده و معمولا به لایه های زیرین خاک انتقال نمی یابند، بنابراین با افزایش غلظت این عناصر به خاک تقریبا تمامی آنها در لایه سطحی خاک و حداکثر عمق ۳۰ سانتی‌متری تجمع می‌یابد و بنابراین بیشتر در معرض جذب و انتقال به گیاه قرار می گیرند (بقایی۱۳۸۲). از دید زیست محیطی، فلزات سنگین به آن دسته از عناصر گفته می شود که به شدت جذب بافتهای زنده شده، در آن انباشت کرده و خروج آنها از بافت به سختی صورت می گیرد (ریلی و همکاران ۲۰۰۲). به طور معمول عناصر سنگین شامل کادمیوم، سرب، آرسنیک، بر، سلنییوم، بریلیوم، جیوه، مس و روی و برخی دیگر از فلزات است (بالدوین و مارشال ۱۹۹۹). از آنجا که این فلزات نمی توانند از طریق شیمیایی یا فرایندهای زیستی در طبیعت تجزیه شوند، در خاک بدون تغییر باقی مانده و در فواصل زیادی توسط آب یا باد منتقل می‌شوند و در زنجیره غذایی موجودات وارد می‌گردند و از این طریق سلامت موجودات زنده را به مخاطره می‌اندازند. در بین عناصر سنگین کادمیوم و سرب به دلیل نیمه عمر طولانی آن‌ها در بدن انسان و سایر حیوانات از اهمیت زیادی برخوردارند. حدود ۹۵ درصد از سرب وارد شده به بدن انسان در استخوان‌ها به صورت فسفات‌های سرب با نیمه عمر ۲۰ تا ۳۰ سال رسوب می‌نمایند و مابقی آن در بافت‌ها به شکل قابل تبادل است. انباشته‌شدن این عنصر در بدن سیستم-های خون سازی، عصبی، گوارشی و کلیوی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پاگلیکا و همکاران ۱۹۹۰).

۱-۳- عوامل مؤثر بر رفتار فلزات سنگین

pH خاک:

اسیدیته یا pH خاک از عوامل مؤثر در میزان حلالیت و در نتیجه میزان دستیابی زیستی عناصر کمیاب در خاک است. با افزایش اسیدیته حلالیت و دست‌یابی زیستی کاتیون‌های فلزی افزایش می‌یابد (ربکا و همکاران ۲۰۰۱). pH بر فرایند جذب و رهاسازی عناصر سنگین از طریق تغییر بار سطح کلویید، حلالیت مواد آلی طبیعی خاک و گونه‌های فلزی محلول تأثیرگذار است (اسکندر ۲۰۰۱). معمولاً با افزایش pH، حلالیت اکثر کانی‌های حاوی سرب کاهش می‌یابد. به هر حال با افزایش pH به دلیل هیدرولیز سرب و تشکیل جفت یون‌های غیر آلی و افزایش حلالیت مواد آلی، غلظت سرب محلول خاک تغییر می‌کند (سو و همکاران ۲۰۰۰).

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک:

با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) خاک قابلیت دسترسی زیستی اکثر عناصر نادر کاهش می-یابد. بنابراین به صورت تئوریک افزایش CEC خاک یک روش بالقوه جهت کاهش قابلیت دسترسی عناصر نادر است (شیرانی ۱۳۸۶).

مواد آلی:

مواد آلی ممکن است از طریق تبادل یونی، کمپلکس شدن، جذب سطحی و رها سازی، رسوب و انحلال با یون های فلزی واکنش دهند و بر خواص فیزیکی و شیمیایی یونها از قبیل شکل شیمیایی، حالت اکسایش، حلالیت و توزیع آن در فازهای مختلف تأثیر گذارند. این فرایند نیز به نوبه خود بر تحرک، انتقال عناصر سنگین، غیر متحرک شدن و تجمع در خاک، قابلیت استفاده و سمیت برای موجودات زنده تأثیرگذار است (داوارانچه و بولینگر ۲۰۰۰).

۱-۴- منابع ورود فلزات سنگین به خاک

فلزات سنگین موجود درخاک یا از طریق منابع طبیعی و یا از منابع غیر طبیعی وارد خاک می‌شوند.

منابع طبیعی تأمین کننده فلزات سنگین خاک:

فلزات سنگین در مواد مادری:

پوسته از ۹۵درصد سنگ‌های آذرین و ۵ درصد سنگ‌های رسوبی تشکیل شده که از این میان ۸۰ درصد شیل و ۱۵ درصد ماسه سنگ و ۵ درصد آهک است. شیل‌ها که از رسوبات ریز تشکیل شده‌اند، از مقادیر زیادی فلزات مثل مس، روی، منگنز، کادمیوم و سرب تشکیل شده‌اند. بعضی از شیل‌های سیاه حاوی غلظت‌های بالایی از چندین فلز و شبه فلز مثل نقره، آرسنیک، کادمیوم، مس، سرب، مولیبدن و اورانیوم هستند. خاکهای تکامل یافته از رسوبات آواری روی کل کمتری (۱۹ تا ۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسبت به خاک با مواد مادری سنگ آهک (۲۳ تا ۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارند (هی و همکاران ۲۰۰۵). خاک‌های مشتق شده از سرپانتین غنی از نیکل و کادمیوم هستند (آلووی۱۹۹۰).

جدول۱-۱) مقادیر فلزات سنگین در لیتوسفر و دامنه تغییرات آنها در خاک بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (لید۱۹۹۷)

عنصر	مقدار عنصر در لیتوسفر	دامنه تغییرات در خاک	متوسط غلظت در خاک
آرسنیک	۵	۱ - ۵۰	۵
کادمیوم	۰/۲	۰/۰۱ – ۰/۷	۰/۰۶
کروم	۲۰۰	۱ – ۱۰۰۰	۱۰۰
مس	۷۰	۲ – ۱۰۰	۳۰
نیکل	۱۰۰	۵ – ۵۰۰	۴۰
سرب	۱۶	۲ – ۲۰۰	۱۰
روی	۸۰	۱۰۰ – ۳۰۰	۵۰

به طور کلی ماسه سنگ‌ها به دلیل این‌که عمدتا از کوارتز تشکیل شده اند، حاوی غلظت‌های کمی از فلزات هستند، در حالی که رسوبات رسی و شیل‌ها به دلیل توانایی بالا در جذب یون‌های فلزی، مقادیر بالای این فلزات را می‌توانند در خود داشته باشند (هی و همکاران۲۰۰۵). فلزات سنگین می‌توانند از طریق هوادیدگی مواد مادری به خاک وارد شوند. میزان ورود فلزات از این طریق رابطه مستقیم با عملکرد فاکتورهای خاکسازی از جمله مواد مادری در طول سالیان متمادی دارد. همه عناصر به طور طبیعی وجود

دارد و در تعریف غلظت طبیعی آنها در خاک باید تغییرات زمین شناسی و جغرافیایی در نظر گرفته شود (سوینگ ۱۹۹۰).

منابع غیر طبیعی (منابع حاصل از دخالت انسان)

جریان رو به رشد جمعیت و به تبع آن افزایش فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی باعث گردیده تا میزان زیادی از آلاینده های مختلف مخصوصا عناصر سنگین وارد محیط زیست آبی و خاکی گشته، زنجیره غذایی و سلامت انسان را به مخاطره بیندازند. از قبیل این فعالیت‌ها تردد بیش از حد وسائط نقلیه بنزین‌سوز در سطح جاده‌ها به خصوص بزرگراه‌هاست. جاده‌ها نقش مهمی در ایجاد و ازدیاد فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی دارند، اما با ساخت جاده‌ها آلودگی محیط‌زیست افزایش می‌یابد (بای و همکاران ۲۰۰۸). افزایش آلودگی هم در طی عملیات ساخت و ساز مانند بتن ریزی، رفت و آمد وسائط نقلیه، ساختمان‌سازی و جوشکاری ایجاد می شود و پس از آن نیز جاده به عنوان خط سیر وسائط نقلیه در طی شبانه روز حجم زیادی از اتومبیل‌ها را پذیراست و بنابراین آلودگی‌های ناشی از تردد آن‌ها محیط اطراف جاده‌ها را تهدید می کند. عناصر خطرناک در خاک های حاشیه جاده ممکن است از فعالیت های مختلف بشری مثل فعالیت های صنعتی، تولید انرژی، ساخت و ساز، دود اتومبیل ها ایجاد شود (لی و همکاران ۲۰۰۱). از سوی دیگر خاک‌های شهری می‌توانند مقادیر زیادی از عناصر سنگین را از منابع انسانی مختلف خصوصا انتشارهای خودرویی در خود ذخیره کنند (گارسیا و میلان ۱۹۹۸). حداکثر غلظت مجاز عناصر سنگین در خاک در کشورهای مختلف متفاوت گزارش شده است (جدول۱-۲).

واضح است که تجمع بیش از حد فلزات سنگین در خاک و ورود آن‌ها به گیاه، سبب مسمومیت و مرگ گیاه می‌شوند. گیاهانی که این آلودگی را تحمل کرده و به رشد خود ادامه می‌دهند، منبعی برای انتقال این آلودگی به سایر موجودات هستند. فلزات سنگین در بافت‌های گیاهی تجمع یافته و وارد زنجیره غذایی انسان می شوند و در بدن انسان باعث ایجاد بیماریهای خطرناک و گاه کشنده می شوند. جدول ۱-۳ حد معمول و آستانه سمیت فلزات سنگین را برای انسان نشان می دهد.

جدول۱-۲) حداکثر غلظت کل قابل قبول فلزات سنگین در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) با توجه به سمیت آنها برای گیاه (پاریس و جونز ۱۹۹۷)

فلز	استرالیا	کانادا	لهستان	ژاپن	انگلستان	آلمان
کادمیوم	۵۰	۲۵	۳۰	۱۵	۲۰	۴۰
کروم	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	-	۲۰	۲۰۰
مس	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۰۰	۵۰
سرب	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۱۰۰	۵۰۰
روی	۳۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۳۰۰
نیکل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۵۰	۲۰۰

جدول۱-۳) حد معمول و آستانه سمیت جذب فلزات سنگین توسط انسان (میلی‌گرم برکیلوگرم) (پاریس و جونز ۱۹۹۷)

فلز	حد معمول	شروع سمیت
کادمیوم	۰/۰۰۱ – ۰/۰۰۵	۰/۰۳
سرب	۰/۰۱ – ۰/۰۲	۱
روی	۱۰ – ۱۵	۶۰۰
مس	۲ – ۳	۲۰۰

برای شناخت فعالیت‌هایی که انسان از طریق آن محیط اطرافش را آلوده می سازد اولین قدم جدا نمودن اثرات عوامل طبیعی از عواملی است که انسان در آن دخیل می باشد. زیرا آلودگی هایی که توسط انسان ایجاد می شود اولا خطرناک تر هستند و ثانیا تنها این عوامل برای انسان قابل کنترل است. کارلوسنا و همکاران (۱۹۹۸)، در مطالعه‌ای عنوان می کند که حجم عناصر سنگین در خاک از دو طریق طبیعی و انسانی ایجاد می شود و جدا کردن اثرات این دو از هم آسان نیست. بدین منظور نمونه‌ها را به گروه‌های مختلف دسته بندی نمود و در هر کدام اثر مورد نظر را مورد بررسی قرار داد. به عنوان مثال گروهی با مواد مادری مختلف و گروهی دیگر با فواصل مختلف از بزرگراه‌ها تقسیم‌بندی شدند. گروه‌بندی نمونه‌ها در حقیقت نشان داد که تغییرات موجود در نمونه‌ها بیشتر در اثر ماهیت طبیعی خاک بوده یا به دلایل دخالت انسان. به طور ویژه در این بررسی اثر تردد وسائط نقلیه با در نظر گرفتن فاکتور فاصله از بزرگراه به عنوان عامل انسانی در نظر گرفته شده است. مقایسه چند متغیره و دو منظوره بین همه عناصر نشان داد در این مطالعه اثرات سنگ شناسی در مورد همه نمونه ها مهم تر از اثرات انسانی بود. نتایج نشان داد که عناصری

مثل Fe، Co و Zn بیشتر مرتبط با عوامل طبیعی (زمین شناختی) هستند و در مقابل عناصری مثل Cd، Cu، Cr، Pb و Ni مستقیماً به ترافیک وسائط نقلیه اشاره دارد (مقادیر این عناصر در خاک جاده‌های اصلی و بزرگراهها بیشتر از باغ‌ها به دست آمد). در ادامه برای مشخص کردن اثرات انسانی به طور مجزا متغیر های دیگر تا حد امکان حذف گردید تا تنها عناصری که متأثر از عوامل انسانی هستند مشخص شوند و این نتیجه به دست آمد که عناصر Cd، Cu، Pb و Zn به عنوان عناصری که عوامل انسانی بر روی مقادیر آن ها تأثیرگذار است انتخاب شدند.

۱-۵- فلزات سنگین و اثرات سوء آن ها

سرب : pb (عدد اتمی:۸۲)

منابع آلاینده

سوخت بنزین حاوی سرب در وسائط نقلیه، حجم وسیعی از سرب را وارد اتمسفر می کند، به گونه ای که مقدار سرب در اتمسفر با شدت ترافیک و فاصله از جاده همبستگی بالایی دارد. از هر لیتر بنزین سرب دار که در اتومبیل می سوزد، ۰/۰۰۳۲ گرم سرب وارد هوا می شود بنابراین به طور متوسط یک اتومبیل سالانه حجم زیادی سرب از خود خارج می کند (موتاز ۱۹۸۷). آلودگی سرب خاک حاشیه جاده و گیاهان آن اساسا ناشی از دودهای خارج شده از اگزوز وسائط نقلیه است. منبع سرب از تترا آلکیل سرب آلی و علاوه بر آن تترا متیل سرب، تترا اتیل سرب و مخلوط آلکیل های تری اتیل متیل سرب و دی اتیل دی متیل سرب و اتیل تری متیل سرب است(باکردر و یامان ۲۰۰۸). یکی از منابع جذب سرب به صورت مستقیم از خاک، زمین بازی کودکان در کشور های صنعتی است زیرا با آلوده شدن دست از طریق تماس با خاک آلوده و سپس تماس دست با دهان، آلودگی وارد بدن فرد می شود، چنین رفتاری در کودکان ۱ تا ۳ سال شایع است بنابراین در چنین مکان‌هایی کودکان بیشتر در معرض خطر آلودگی هستند (ویلهلم و همکاران ۱۹۹۴). همچنین کودکان با خوردن چیزهایی که با رنگ‌های حاوی سرب رنگ آمیزی شده‌اند می

توانند در معرض خطر دریافت سرب قرار گیرند. سرب در همه جوامع صنعتی وجود دارد. مقادیر سرب در مکان‌هایی که در آن‌ها کوره‌های آجرپزی باشد و یا بار ترافیک بالا داشته باشند و از گازوئیل سرب‌دار استفاده نمایند بیشتر است. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در شهرها و کشورهای مختلف تغییرات مقادیر سرب بازه گسترده‌ای دارد به طوری که غلظت آن از ۱۱/۲ تا ۱۹۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر است (جدول ۱-۴).

آثار سرب بر سلامتی انسان

- سمیت سرب باعث بیماری‌های پایدار عصبی، رشدی و رفتاری در کودکان می‌شود (لیدلا و همکاران ۲۰۰۵).
- به دلیل شباهت خواص شیمیایی، بدن انسان سرب را با کلسیم اشتباه می‌گیرد، هنگامی که آن را دریافت می‌کند به مغز استخوان، بافت های عصبی، مغز و کلیه ها می چسباند.
- سرب رشد مغز و بالا رفتن ظرفیت یادگیری را در کودکان متوقف می کند.
- مقادیر بالای غلظت سرب می تواند سیستم عصبی، کلیه ها و سیستم تولید مثل را نابود کند (فیض و همکاران ۲۰۰۹).

کادمیوم: Cd (عدد اتمی:۴۸)

کادمیوم یک عنصر سنگین است که در مقادیر کم یافت می شود و به طور طبیعی به صورت ترکیب با سایر فلزات یافت می‌شود. مطالعه‌ای که در اردن انجام شد نشان داد در میان فلزات مورد مطالعه مثل Pb ، Cd، Cu و Zn ، کادمیوم کمترین مقدار را داشت (الکاشمان ۲۰۰۷ و وی ۲۰۰۸).

منابع آلاینده

کادمیوم یکی از عناصر سنگین است که به طور طبیعی به صورت ترکیب با سایر فلزات یافت می شود (فیض و همکاران ۲۰۰۹). پوشش تایر وسائط نقلیه و اشتعال سوخت فسیلی نیز از منابع سرب و کادمیوم در محیط زیست حاشیه جاده هستند (ازکان و همکاران۲۰۰۵). این فلز در کاربراتور به عنوان آلاینده بعد از اشتعال آزاد می شود (باکردر و یامان ۲۰۰۸).

آثار کادمیوم بر سلامتی انسان

- بیش از حد قرار گرفتن در معرض کادمیوم می‌تواند منجر به بیماری‌های کلیوی، ریوی، هپاتیت، نارسایی‌های تناسلی و استخوانی و سرطان شود (نوردبرگ۲۰۰۳).

سازمان سلامت جهانی(WHO) گزارش داد حد قابل تحمل هفتگی جذب کادمیوم و سرب با تخمین برای همه گروه‌های سنی به ترتیب ۰/۰۰۷ و ۰/۰۲۵ میلی‌گرم درکیلوگرم وزن بدن فرد است (باکردر و همکاران ۲۰۰۸). به طور خلاصه به نظر می‌رسد که این دو فلز به طور خطرناکی می‌توانند سلامتی بشر را حتی در غلظت‌های ناچیز تحت تأثیر قرار دهند.

مس: Cu (عدد اتمی:۲۹)

مس معمولا به صورت عنصری مشاهده می‌شود، عنصری ضروری است که به صورت گسترده در طبیعت پخش شده است.

منابع آلاینده

معمولا منبع اصلی آلودگی اتمسفری مس از صنایع فلزی و اشتعال سوخت‌های فسیلی است (کرال و همکاران ۱۹۹۹). منابع دیگر مس شامل زه آب حاصل از فرسایش قسمت‌هایی از موتور، انتشار مواد حاصل از ترمز کردن و از لنت ترمز می‌باشند (فیض وهمکاران ۲۰۰۹). بنابراین در مکان‌هایی که مستعد انتشار بخارات عنصر مس به محیط قرار گرفتند مانند معادن مس، صنایع تبدیل و تولیدات مسی و مکان‌هایی که در معرض اشتعال سوخت‌های فسیلی هستند بیشتر در معرض خطر آلودگی با این عنصر می باشند. مقادیر مس گزارش شده در نقاط مختلف جهان از ۱۱/۳ تا ۱۰۷/۵ میلی گرم بر کیلوگرم متغیر است (جدول۱-۴).

آثار مس بر سلامتی انسان

- مس با وجود اینکه عنصری ضروری برای بدن انسان به شمار می‌رود، اگر غلظت آن از حد ایمن بیشتر شود هم برای انسان و هم حیوان ایجاد سمیت می کند.
- غلظت بالای مس در بعضی بافت‌های انسانی مثل تیروئید می تواند اندام‌های وابسته به آن را مختل نماید (یانگ و همکاران ۲۰۰۲ و یامان و ادکنیز۲۰۰۴).
- قرار گرفتن در معرض استنشاق شدید گرد و غبار حاوی مس یا بخار آن با غلظت ۰/۰۷۵ تا ۰/۱۲ ممکن است سبب تب بخار فلز با علائمی مثل سرفه، سرماخوردگی و درد عضلات شود.

مقادیر ایمن توصیه شده برای دریافت روزانه مس ۱/۵ تا ۳ میلی گرم در روز برای بزرگسالان، ۰/۷ تا ۲/۵ میلی گرم در روز برای نوجوانان و ۰/۴ تا ۰/۷ میلی گرم در روز برای کودکان می باشد (اهیو ۱۹۹۰).

روی: Zn (عدداتمی:۳۰)

روی عنصر ضروری کم مصرف است که در خاک یافت می شود. پروسه‌های میکروبی خاک به طور ویژه به روی حساس هستند.

منابع آلاینده

روی جزئی از تایر اتومبیل هاست که از پوشش آن‌ها آزاد می شود (نیانگابابو ۱۹۸۷). هنگامی که تایر اتومبیل‌ها در اثر اصطکاک با سطح جاده فرسوده می شوند ذرات حاصل از فرسایش در محیط اطراف پخش می شود. علاوه بر آن عناصری مثل آهن، مس و روی ترکیبات ضروری در لوله‌ها، سیم و لاستیک در وسائط نقلیه هستند و به محیط حاشیه جاده آزاد می شوند. همچنین در اثر خراشیدگی‌های مکانیکی و فرسایش و سائیدگی هایی که معمولا پیش می‌آیند این عنصر به محیط راه می یابد (هریسون و همکاران۱۹۸۱). مقادیر غلظت روی در نقاط مختلف جهان متفاوت است به طوری که در بازه ۱۳/۱ تا ۳۸۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم گسترده شده است (جدول ۱-۴).

آثار روی بر سلامتی انسان

- غلظت روی اگر کمتر از مقدار لازم باشد بدن انسان آثار کمبود روی را نشان می دهد از طرفی هنگامی که بیش از نیازهای فیزیولوژی در معرض آن قرار بگیریم سمیت ایجاد می کند.
- مقادیر بالای روی همچنین ممکن است سایر عناصر ضروری هم‌تراز آن را تخریب کند (فیض وهمکاران ۲۰۰۹).

جدول ۱-۴. مقادیر غلظت های سرب، کادمیوم، مس، روی و نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نقاط مختلف جهان (فیض وهمکاران ۲۰۰۹)